

厚生労働省委託事業

令和4年度

水道プロジェクト計画作成指導事業 (第1期)

トンガ王国水道復興支援計画

報告書

2023年3月

(令和5年3月)



株式会社 NJS

厚生労働省委託事業

令和4年度水道プロジェクト計画作成指導事業(第1期) トンガ王国水道復興支援計画

目 次

要約

基礎指標

位置図

写真集

用語説明

第1章 緒論	1-1
1.1 目的	1-1
1.1.1 背景	1-1
1.1.2 目的	1-2
1.2 工程・方法	1-2
1.3 団員の構成	1-4
第2章 対象案件の現状把握に関する事項.....	2-1
2.1 対象国・対象地区の概要.....	2-1
2.1.1 対象国・対象地区の概要.....	2-1
2.1.2 海底火山噴火の発生.....	2-2
2.1.3 海底火山噴火及び津波による影響.....	2-3
2.2 対象国の給水事業・問題点.....	2-3
2.2.1 水道分野の現状（国レベル）	2-3
2.2.2 水道事業における問題点（国レベル）	2-8
2.2.3 衛生関連並びに水系感染症に関する問題点（国レベル）	2-17
2.2.4 水道事業の現状（対象地区）	2-18
2.2.5 飲料水供給における問題点（対象地区）	2-28
2.2.6 その他.....	2-35
2.3 関連する計画.....	2-37
2.3.1 開発計画の概要.....	2-37
2.3.2 対象案件の上位計画・関連計画.....	2-37
2.3.3 対象案件に対する相手国側の緊急性・優先度.....	2-38
2.3.4 複数の候補案件がある場合の相互比較.....	2-39
2.3.5 その他の関連する分野情報.....	2-53

2.4 担当官庁と実施機関.....	2-53
2.4.1 関連官庁.....	2-53
2.4.2 実施機関の組織.....	2-54
2.4.3 実施機関の業務.....	2-56
2.5 我が国による協力の経過.....	2-56
2.5.1 資金協力の経過.....	2-56
2.5.2 技術協力の経過.....	2-59
2.5.3 相手国・機関による上記協力への意見.....	2-59
2.6 第三国／国際機関による協力の経過.....	2-60
2.6.1 対象案件に関連する協力実績・形態.....	2-60
2.6.2 対象案件に関する要請の有無・結果.....	2-61
2.6.3 対象案件の我が国の援助方針との整合性（国別援助方針、水と衛生に関する拡大パートナートナーシップ・イニシアティブ等）.....	2-61
2.6.4 対象案件と第三国／国際機関による協力とのリンケージの必要性.....	2-62
2.6.5 対象案件を第三国／国際機関が実施しない理由.....	2-62
第3章 指導する計画・プロジェクトに関する事項.....	3-1
3.1 問題点の改善への取り組み方.....	3-1
3.1.1 水道事業における問題点（国レベル）と対象案件との関係.....	3-1
3.1.2 水道事業の現状及び飲料水供給における問題点（対象地区）と対象案件との関係.....	3-2
3.1.3 協力の範囲.....	3-2
3.1.4 協力の形態.....	3-2
3.1.5 実施時期.....	3-2
3.2 案件の目的.....	3-2
3.2.1 短期的目的.....	3-2
3.2.2 中・長期的目的.....	3-3
3.3 案件の内容.....	3-3
3.3.1 計画の概要.....	3-3
3.3.2 計画の内容・規模・数量.....	3-4
3.3.3 専門家派遣・資機材供与等の内容・規模・数量.....	3-10
3.3.4 概算事業費.....	3-12
3.4 サイトの状況.....	3-13
3.4.1 位置（用地の確保、土地利用、汚染源となり得る施設等）.....	3-13
3.4.2 自然条件（特に、降水量、河川、地下水の状況など水源に関する記述など）等.....	3-17
3.4.3 交通.....	3-22
3.4.4 電力、通信手段.....	3-23
3.4.5 安全性.....	3-24
3.4.6 その他.....	3-24
第4章 指導する計画・プロジェクトの効果・インパクトに関する事項.....	4-1
4.1 案件実施の効果.....	4-1

4.1.1 水道分野の現状に対する解決の程度について	4-1
4.1.2 飲料水供給における問題点に対する解決の程度について	4-1
4.1.3 衛生関連並びに水系感染症に関する問題点に対する解決の程度について	4-1
4.2 案件実施のインパクト	4-2
4.2.1 政治的インパクト	4-2
4.2.2 社会的インパクト	4-2
4.2.3 経済的インパクト	4-2
4.2.4 技術的インパクト	4-2
4.2.5 外交的・広報的インパクト	4-3
第5章 指導するプロジェクトの妥当性に関する事項	5-1
5.1 主要な代替案との比較検討結果	5-1
5.2 案件を実施した場合の組織的妥当性・持続性	5-1
5.2.1 経営における組織の能力	5-1
5.2.2 施工時における組織の能力	5-2
5.2.3 維持管理における組織の能力	5-3
5.3 案件を実施した場合の財務的妥当性・持続性	5-3
5.3.1 相手国負担分の資金源	5-3
5.3.2 水道事業指標の現況	5-3
5.3.3 財政収支の推移	5-5
5.3.4 財政収支の見込み	5-5
5.4 案件を実施した場合の技術的妥当性・持続性	5-6
5.4.1 相手国側の技術水準との整合	5-6
5.4.2 要員の配置・定着状況	5-6
5.4.3 施設・機材の保守管理状況	5-6
5.5 環境への影響	5-7
5.5.1 見込まれる環境インパクト	5-7
5.5.2 環境影響の評価	5-7
第6章 総論	6-1
6.1 特記すべき事項	6-1
6.2 協力実施上注意すべき事項	6-1
6.3 結論	6-1
6.4 所感	6-2

【別添資料】

資料 1.	調査工程	資料-1
資料 2.	関係者（面会者）リスト	資料-2
資料 3.	収集資料一覧	資料-3
資料 4.	調査団派遣通知レター	資料-4
資料 5.	簡易水質試験の結果	資料-8

【図表リスト】

表 1-1	調査スケジュール	1-3
表 1-2	調査内容	1-3
表 1-3	調査団員	1-4
表 2-1	トンガ王国における各島の人口	2-2
表 2-2	TWB による給水事業の概況	2-3
表 2-3	トンガ王国の SDGs への取り組み（達成度）	2-4
表 2-4	水道施設の被害状況	2-6
表 2-5	トンガ王国の水道事業における問題点	2-8
表 2-6	TWB の財政収支（2017～2021 年度の 5 ヶ年）	2-11
表 2-7	TWB の水道料金	2-11
表 2-8	トンガタプ島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）	2-18
表 2-9	ババウ島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）	2-20
表 2-10	リフカ島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）	2-22
表 2-11	エウア島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）	2-24
表 2-12	原水種類と電気伝導度（塩分）の関係	2-30
表 2-13	トンガ王国に来襲したサイクロン（カテゴリー5）	2-36
表 2-14	トンガ王国における開発計画等	2-37
表 2-15	トンガ王国におけるインフラ・プロジェクトの優先度	2-38
表 2-16	候補案件の一次選定	2-40
表 2-17	候補案件の優先度付け	2-52
表 2-18	業務実施に係る関連官庁の一覧	2-53
表 2-19	TWB の職員構成	2-55
表 2-20	我が国のトンガ王国に対する援助実績	2-56
表 2-21	草の根・人間の安全保障無償資金協力案件	2-57
表 2-22	無償資金協力案件	2-57
表 2-23	ノン・プロジェクト無償資金協力案件	2-58
表 2-24	緊急援助案件	2-58
表 2-25	我が国水道事業体によるトンガ王国の研修実績	2-59
表 2-26	トンガ王国の水道分野に対するドナー協力実績	2-60
表 3-1	問題点（国レベル）と対象案件との関係	3-1
表 3-2	対象案件の実施時期（案）	3-2
表 3-3	計画の概要	3-3
表 3-4	電磁探査と電気比抵抗	3-5
表 3-5	観測井の仕様案	3-5
表 3-6	ソフトコンポーネントの対象	3-10
表 3-7	専門家派遣のスケジュール	3-11
表 3-8	概算事業費の内訳	3-12
表 3-9	ヌクアロファの年間の気温変化	3-19

表 3-10	トンガタプ島の既存水源の地下水塩分濃度（EC）計測結果	3-21
表 3-11	トンガ王国の人口推移	3-24
表 3-12	トンガ王国の行政区分/地区別人口推移	3-25
表 3-13	トンガタプ行政区の人口推移	3-25
表 5-1	TWB の経営能力評価	5-1
表 5-2	施工時における組織の能力	5-2
表 5-3	維持管理における組織の能力	5-3
表 5-4	TWB の水道事業指標	5-3
表 5-5	TWB の財政収支（2016～2020 年度の 5 ヶ年）※表 2-6 の再掲	5-5
表 5-6	TWB の財政収支見込み（2022～2026 年度の 5 ヶ年）	5-6
図 2-1	調査対象地域位置図	2-1
図 2-2	海底火山噴火による被害の状況	2-7
図 2-3	TWB の水道料金の推移	2-12
図 2-4	トンガ王国の水道水源の水理地質模式図	2-12
図 2-5	ババウ島の降水量・電気伝導度の経年変化とエル・ニーニョの関係	2-13
図 2-6	トンガタプ島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）	2-18
図 2-7	トンガタプ島の既存水道施設の位置	2-19
図 2-8	ババウ島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）	2-21
図 2-9	ババウ島の既存水道施設の位置	2-22
図 2-10	リフカ島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）	2-23
図 2-11	リフカ島の既存水道施設の位置	2-24
図 2-12	エウア島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）	2-25
図 2-13	エウア島の既存水道施設の位置	2-26
図 2-14	エウア島の配水システムの模式図	2-26
図 2-15	エウア島の既設浄水場の平面図	2-27
図 2-16	現状配水管網の潜在的な問題点	2-28
図 2-17	乾季及び雨季直後の水質と既存水源の塩水化	2-29
図 2-18	アスベスト管の埋設位置	2-30
図 2-19	リフカ島の降水量と水源の電気伝導率	2-31
図 2-20	中長期的に海岸浸食及び高波のリスクがある区域	2-32
図 2-21	エウア島浄水場の問題に関する模式図	2-34
図 2-22	エウア島の配水システムの概略	2-35
図 2-23	トンガ列島における地質横断図	2-35
図 2-24	案件概要図 自然災害に対する水道システムの強靱化（トンガタプ島）	2-45
図 2-25	案件概要図 水道水源の塩水化への対応（ババウ島）	2-47
図 2-26	案件概要図 水道水源の塩水化への対応（リフカ島）	2-49
図 2-27	候補案件のマッピング図	2-50
図 2-28	トンガ水道公社（TWB）の組織図	2-55

図 3-1	トンガタブ島の新規水源開発候補の位置	3-4
図 3-2	水道施設整備の全体像	3-7
図 3-3	施設整備後の水道システムのフロー	3-8
図 3-4	配水池計画図 (1,000m ³)	3-8
図 3-5	バイパス連絡管の整備案	3-9
図 3-6	プロジェクトサイトの位置	3-13
図 3-7	新規水源及び新規配水池の候補位置	3-14
図 3-8	バイパス連絡管布設予定ルート	3-16
図 3-9	トンガタブ島の地形と井戸の位置	3-18
図 3-10	トンガタブ島の月別降水量の推移 (1990-2020)	3-19
図 3-11	各観測井及びトンガタブにおける淡水レンズ厚さの推定	3-20
図 3-12	トンガタブ島の地下水塩分濃度(EC)の分布	3-20
図 3-13	ヌクアロファの年間降水量と地下水涵養量	3-22
図 5-1	水道事業指標の関連図	5-4

【要約】

1. 事業の背景

トンガ王国は、オーストラリア国シドニーの北東約 3,600km、ニュージーランド国オークランドの北約 2,000km の南太平洋に位置し、国土は南北に約 1,000km、東西 500km の広大な海域に点在する大小 172 余りの島々から成る島嶼国である。「トンガタプ」、「ハアパイ」、「ババウ」、「ニウアス」の主要 4 諸島とそのグループ島で構成され、陸地の総面積は 747 km² となっている。

トンガ王国の国勢調査（Tonga Census of Population and Housing 2021）によると、2021 年時点のトンガ王国の人口は 10 万 179 人であり、首都ヌクアロファが位置するトンガタプ島には人口の約 74%にあたる 7 万 4,320 人が居住している

トンガ王国では、2022 年 1 月 15 日、フンガトンガ・フンガハアパイ（HTHH: Hunga Tonga-Hunga Ha'apai）で大規模噴火が発生し、その後発生した津波によりトンガ王国のインフラ・ライフラインが被害を受けるなど、自然災害に対する脆弱性が改めて浮き彫りとなった。海底ケーブルの断線による電話・インターネットなどの通信網の途絶、火山灰の降灰に伴う国際空港の滑走路の閉鎖と津波による家屋の損壊など多くの被害が発生し、トンガ王国全人口の約 84%が影響を受けた。

水道に対する影響としては、トンガ国民の多くが飲料用に利用する雨水貯溜タンク内に火山灰が堆積し、飲料水の確保が困難となり、さらに津波の影響で配水管や給水管が破損するなど生活用水の確保が困難となった。また、火山噴火による降灰は電線への付着など電力供給において被害をもたらし、変圧器にフラッシュオーバーが発生した結果、井戸用水中ポンプのモータや電気操作盤等が損傷する事態となった。さらに、通信網システムに大きな被害をもたらしたことで、トンガ王国の主要都市で水道事業を運営するトンガ水道公社（以下、TWB）が、離島の水道施設の被害状況について詳細な被害状況を把握するまでに多くの時間を要した。

本業務では、以上の背景を踏まえ、トンガ王国の主要 4 島における海底火山噴火及び津波による水道施設の被害状況の調査、同国が抱えている気候変動や自然災害に対する水道システムの潜在的な課題把握のための現地調査を実施し、当該地域を対象とした水道復興支援計画の作成指導を行った。

2. 対象地区の水道事業の現状

トンガ王国の首都ヌクアロファが位置するトンガタプ島にはトンガ王国全体の約 74%の 7 万 4,320 人（国勢調査 2021 年）が居住しており、TWB の顧客の約 78%が集中する主要な収入源となっている。TWB は、トンガタプ島の全 1 万 3,565 戸（国勢調査 2021 年）のうち、2021 年時点で 9,841 戸（約 73%）に給水接続しており、そのうち 7,819 戸（約 58%）に水道サービスを提供している。一方、TWB の給水エリア外では、保健省の管轄のもと村落給水委員会により水道事業が運営されている。

トンガタプ島における TWB の水道水供給実績を図 S-1 及び表 S-1 に示す。直近 7 年間に於いて生産水量と有収水量は増加傾向に、配水量はほぼ横ばい、無収水量は減少傾向にある。特に無収水率は、ADB とオーストラリアの支援による DMA 構築を含む配水管網の整備やスマートメーターの導入により、2015/16 年度の 58%から 2021/22 年度の 31%と大きく減少（約 27%減少）している。2021/22 年度における日平均水量は、生産水量 13,665m³/日、配水量 9,341 m³/日、有収

水量 6,479m³/日、無収水率は約 31%となっている。

今後、ヌクアロファ市郊外には新興住宅地の建設や 2022 年 1 月に津波被害を受けた村民の移住に伴う新しい村の建設が予定されており、新規給水の増加により水需要が増加することが予想される。

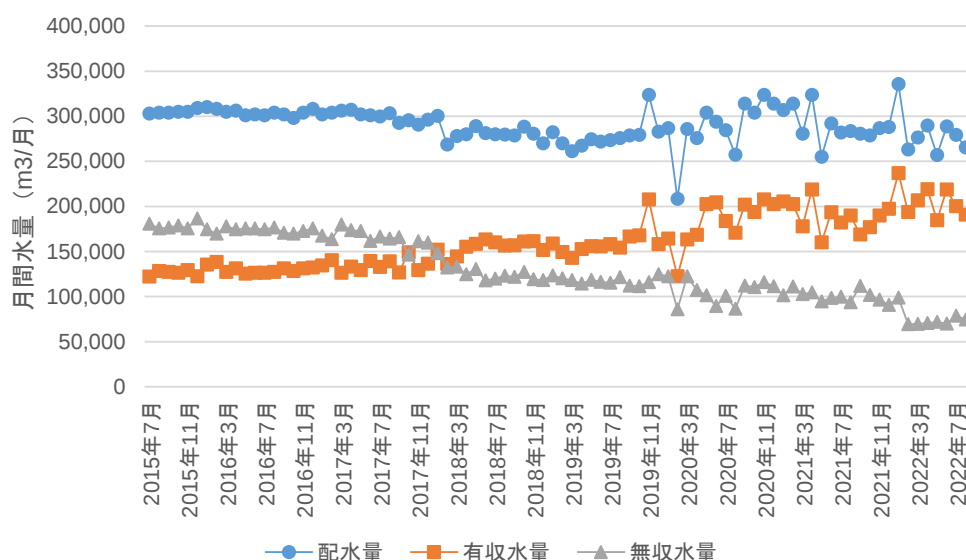


図 S-1 トンガタブ島における TWB の水道供給実績（月間水量、2015/16 年～2021/22 年度）

出典：TWB の月間水表 2-9 量実績を元に調査団作成

表 S-1 トンガタブ島における TWB の水道供給実績（日平均水量、2015/16 年～2021/22 年度）

年度	生産水量 (m ³ /日)	配水量 (m ³ /日)	有収水量 (m ³ /日)	無収水量 (m ³ /日)	無収水率
FY 15/16	10,796	10,033	4,218	5,814	58%
FY 16/17	10,772	9,970	4,328	5,642	57%
FY17/18	11,371	9,519	4,720	4,799	50%
FY18/19	12,326	9,051	5,102	3,949	44%
FY19/20	12,536	9,227	5,582	3,645	40%
FY20/21	14,427	9,777	6,350	3,427	35%
FY21/22	13,665	9,341	6,479	2,863	31%

出典：TWB の月間水量実績を元に調査団作成

ヌクアロファ市の水道は、1966 年に TWB によって開始されたが水圧が低く、以降は配水施設の老朽化が進行した。その後、2001 年の本邦無償資金協力「ヌクアロファ上水道整備計画」により、口径の大きい配管への布設替えが行われ、首都ヌクアロファの給水状況の改善と、水道水の安定供給が図られた。同事業では、マタキエウア配水池から市内への配水管約 41km（φ50～500mm）の整備が行われ、現在においても当時布設された配水管がトンガタブ島の配水管網の主要部を成している。さらに、2019 年 12 月には新たに 16 本の井戸の掘削、13 本の井戸の改修、3,000m³ の配水池の建設、9.5km の送水管の布設等が行われ、トンガタブ島内の主要な水道施設

整備は完成した。

図 S-2 にトンガタブ島内の TWB が所有する水道施設の位置を示す。トンガタブ島の水道システムは、マタキエウアの取水井戸群から取水した水を配水池（8 池で合計約 7,800m³）に揚水し、塩素消毒後に配水池から自然流下でヌクアロファ市内およびその周辺地域に配水している。



図 S-2 トンガタブ島の既存水道施設の位置

3. 問題点

(1) 国レベル

水道事業が抱える問題点（国レベル）は、以下のとおりである。

- 水道整備に関する様々な計画が立案されているが実施に至っておらず、計画の元となるマスタープランが 1992 年以降改訂されていない。
- 施設・設備投資に伴う減価償却費の増加による純利益の減少、トンガ政府への配当金の支払い義務・水道料金の値下げ要求による財務圧迫などの経営・財務上のリスクが存在し、自己資金による施設・設備投資が難しい。
- 気候変動による降水量の減少、地球温暖化による海面水位の上昇、津波による影響等で水道水源（淡水レンズ）の塩水化リスクが増大している。
- 水道水源の地下水は、石灰岩由来の硬度分を多量に含み味が悪いため慣習的に国民が飲料用途として好まない一方、飲料用水源を雨水に頼ることには安全性・安定性に係るリスクが存在する。
- TWB のオペレーターの水道施設の維持管理能力が不足しており、水量管理、水質管理、薬品注入制御、機器管理が適切に行われていない。
- 整備された水道施設・設備の改修に十分な予算が配分されず、老朽化による機能不全や漏水

の増加が生じている。

- TWB の給水エリア以外の村落地域の水道サービスでは、財政面や運転維持管理能力で問題を抱えており、また自然災害に対しても脆弱性である。
- 被災時の応急給水や応急復旧などの被災時への備え及び対応が十分でない。

(2) 対象地区レベル

対象地区の水道事業の現状及び飲料水供給における問題点は、以下の2点である。

- ① 大規模自然災害に対する水道システムの脆弱性
- ② 村落地域の水道サービスの脆弱性

①に対して、提案する案件では新規水源開発による水道水源の複数化と既存配水池への連絡管の設置により、被災時の都心部における水需要増加への対応を可能とする。また、既存配管網へのバイパス連絡管の設置により、配水本管の破断時でも配水可能とするための緊急時の配水ルートを確保する。もって、自然災害に対する水道システムの強靱化を図る。②に対しては、副次的な効果として新規水源の周辺村落に対して配水管網を拡大し、安全性・安定性の高い TWB の配水サービスへの統合を図る。

4. 計画概要

(1) 計画の目標

トンガ王国の開発政策・計画及び 2022 年 1 月に発生した海底火山噴火・津波による被災からの復旧・復興計画を踏まえ、提案する案件は、トンガタブ島において新規水源開発による水道水源の複数化、既存配水池への連絡管の整備、既存配水池からのバイパス連絡管の整備により水道システムの強靱化を図り、自然災害や気候変動の脅威に晒されたトンガ王国の水道の安定性の向上に寄与するものである。

(2) プロジェクトの概要

提案する案件は、上記目標を達成するために、新規水源の開発及び必要な水道施設の整備を実施するとともにソフトコンポーネントを実施することとしている。

提案する案件の計画概要を表 S-2 に示す。

表 S-2 計画の概要

分類	計画内容
基礎調査	水源開発調査
	地下水観測井の設置
施設建設	生産井戸の新設： 7 箇所（電磁流量計各井戸 1 個含む）
	太陽光発電システム：100kVA 相当 1 式
	非常用発電システム：100kVA 相当 1 式
	配水池の新設： 1,000m ³
	導水管の新設： 5km
	送水管の新設： 25km

	配水管の新設： 15km
	バイパス連絡管の新設： 5.5km
	電磁流量計の設置： 8 箇所
ソフトコンポーネント	水源管理に関する技術指導
	水道施設の運転・維持管理に関する技術指導
設計・施工監理	施設設計・施工監理等：一式

出典：調査団作成

新規水源の開発

現地下水源の塩水化リスク低減及び、中長期的な地球規模の気候変動による自然災害の強度化に耐える水道システムの強靱化を目的として、新規水源の開発を計画する。

水道施設の整備

図 S-4 に水道施設の整備の全体像を示す。トンガタプ島南東部のファアモツ地域に新規水源を設け、近郊の標高の高い丘陵地に配水池を建設し、そこから既存のマタキエウア配水池に緊急時にバックアップ

送水するための連絡管を設置する。新設配水池が標高 60～70m であるのに対し、マタキエウア配水池の標高は 20～30m であるため、自然流下による送水を計画する。また、配水池近隣の村落に対して給水区域を拡張し、通常時は自然流下にて配水を行う計画とする。対象村落は現時点ではファアモツ村、ナコロ（Nakolo）村、ハアシニ（Ha’asini）村の 3 村とするが、今後の詳細調査を通じて最終決定するものとする。

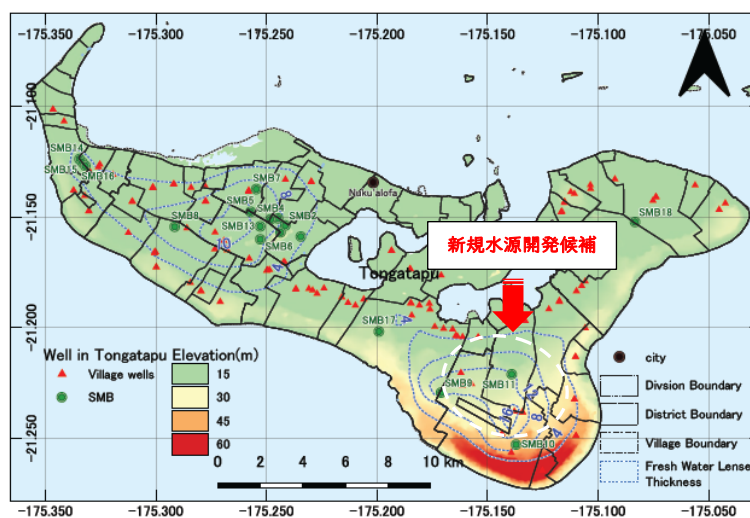


図 S-3 トンガタプ島の新規水源開発候補の位置



図 S-4 水道施設整備の全体像

緊急時バイパス連絡管の整備

緊急時バイパス連絡管の整備に関しては、既設マタキエウア配水池からの配水本管 $\phi 500$ mm が現状一部単一管であるところ、図 S-5 に示すようにバイパス連絡管を整備することで二条化し、緊急時の配水ルートを確認することで水道システムとしての冗長性を向上させる。バイパス連絡管は $\Phi 300 \sim 500$ mm で延長 5.5km を想定する。通常時も本バイパス管を活用することで既存の給水エリアに対する給水圧力の改善効果も見込める。

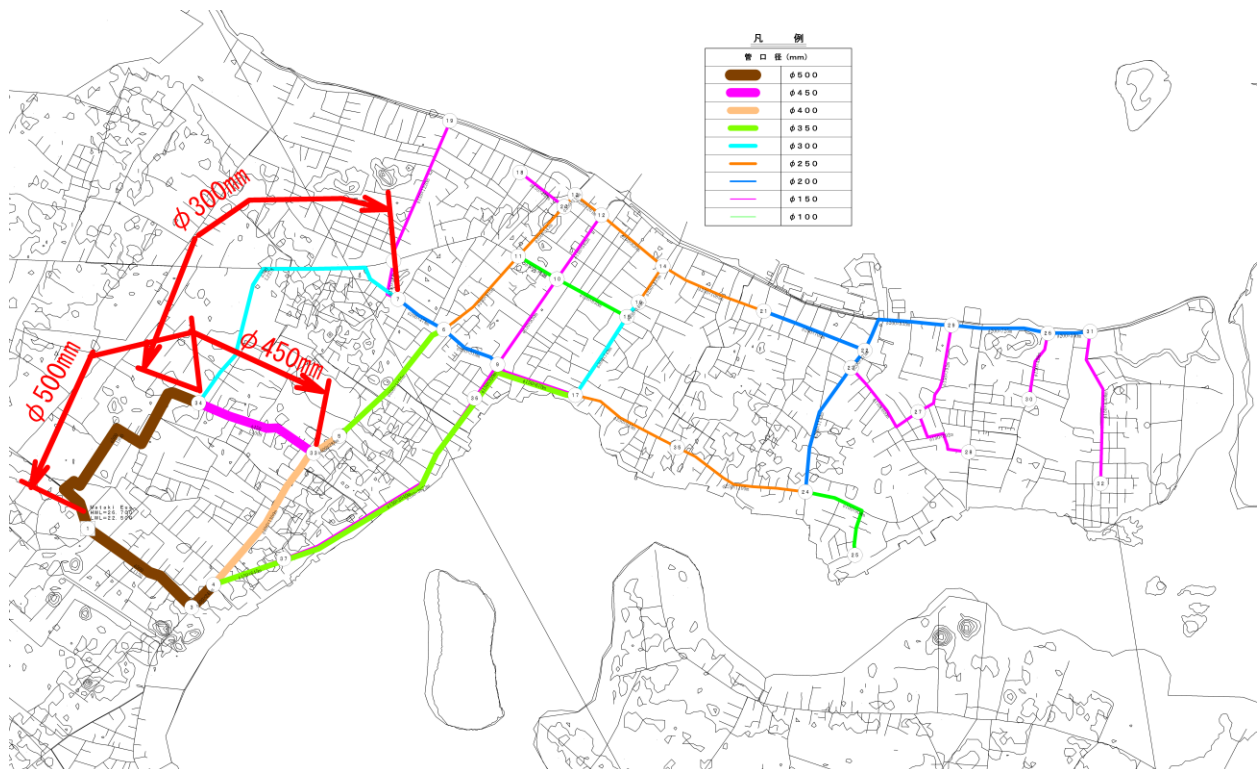


図 S-5 バイパス連絡管の整備案

ソフトコンポーネントの実施

提案する案件は、自然災害に対する水道システムの強靱化を目的に施設整備を実施することを想定している。一方で、水道施設の維持管理主体である TWB は、運転・維持管理に関する知識や経験が十分でないため、協力成果を最大限に発揮するためには、施設の運転維持管理に関する技術指導を実施し、施設の運用と緊急時対応の円滑化を支援する必要がある。

表 S-3 に示す 2 項目をソフトコンポーネントの対象とする。

表 S-3 ソフトコンポーネントの対象

対象	目的
水道施設の運転維持管理に関する技術指導	整備する施設・設備を活用した効率的な水道システムの運用および緊急時対応に関する能力の強化
水源管理に関する技術指導	新規および既存水源の持続可能な活用を目的とした水源の運営管理能力の強化

出典：調査団作成

5. 結論

トンガ王国は、自然災害や気候変動による海面上昇などの外部環境に対する様々な脆弱性を抱えており、2022 年 1 月に発生した HTHH 海底火山の噴火及び津波によりその脆弱性が露見することとなり、その克服がトンガ王国の社会・経済発展には不可欠な課題となっている。とりわけ、トンガタブ島には、首都であるヌクアロファを有するトンガ王国の政治経済の中心地であるとともに唯一の基幹病院などを抱えるなど同国において重要な拠点となっているため、災害時における各種インフラ・ライフラインの機能維持が今後の重要課題である。水道は、その中でも

災害時における人々の生命維持に直結するとともに、衛生面の確保、必要な医療行為の実施、復旧段階における社会活動に必要不可欠な要素である。

提案する案件は、トンガタブ島を対象とした「水道システムの強靱化」を目的とし、①新規水源開発による水道水源の複数化、②緊急時バイパス連絡管の整備、③水道施設運営及び水源管理に係る技術指導を実施するものである。これにより、トンガタブ島の水道システムが抱える外部環境に対する脆弱性が克服され、中長期的な水道の安定性の向上が図られることを目標とする。

本案件実施により、災害時において最も重要なライフラインの一つである水道水の安定供給を支援することは、トンガ国民の生活に安全と安心をもたらし、経済発展の基盤強化に貢献するものであり、我が国とトンガ王国のこれまでの関係性と同国に対する援助方針を鑑みても、実現の意義を大いに有するものとする。

【基礎指標】

表-1 トンガ王国の主要経済指標等

	2020 年	1990 年
人口	10.64 万人	10 万人
GNI 一人あたり	4,300 ドル	1,160 ドル
経済成長率	0.7%	-2.00%
対外債務残高	1.94 億ドル	0.54 億ドル
DAC 分類	高中所得国	低中所得国
世界銀行分類	iii／高中所得国	IBRD 融資（償還期間 17 年）適格国

出典：外務省国別データブック 2021、2005

表-2 ミレニアム開発目標（MDGs）の代表的な指標

ミレニアム開発目標（MDGs）の代表的な指標	最新データ	過去データ
目標 1：1 日 1.25 ドル未満で生活する人々の割合 5.9%（2008）	—	—
目標 2：初等教育における純就学率	84.6% (2013)	92.3% (1990)
目標 3：初等教育における男子生徒に対する女子生徒の比率 （男子を 1 とした時の女子の人数）	1.00 人 (2013)	0.99 人 (1990)
目標 4：5 歳未満児の死亡数（1,000 人あたり）	12.1 人 (2013)	22.8 人 (1990)
目標 5：妊産婦の死亡数（出生児 10 万人あたり）	120 人 (2013)	71 人 (1990)
目標 6：15～49 歳の HIV 感染率（100 人あたりの年間新規感染者数の推定値）	—	—
目標 7：改良飲料水源を継続して利用できる人口の割合	99.6% (2015)	98.6% (1990)

出典：外務省国別データブック 2016

表-3 乳幼児死亡率、5 歳未満児死亡率、妊産婦死亡率、出生時平均寿命の推移

	1990	2000	2010	2015	2019
乳幼児死亡率 (/1,000 出生)	10	17	13	14	14
5 歳未満児死亡率 (/1,000 出生)	22	18	16	17	17
妊産婦死亡率 (/1,000 出生)	-	-	36 (2010-2015 年報告値)	124 (2015 年 調整値)	52 (2017 年)
出生時平均寿命（歳）	-	70	72	73	71

出典：世界子供白書 2021 年、2016 年、2012 年、2002 年

Figure 10: Tonga's SDG Progress Wheel

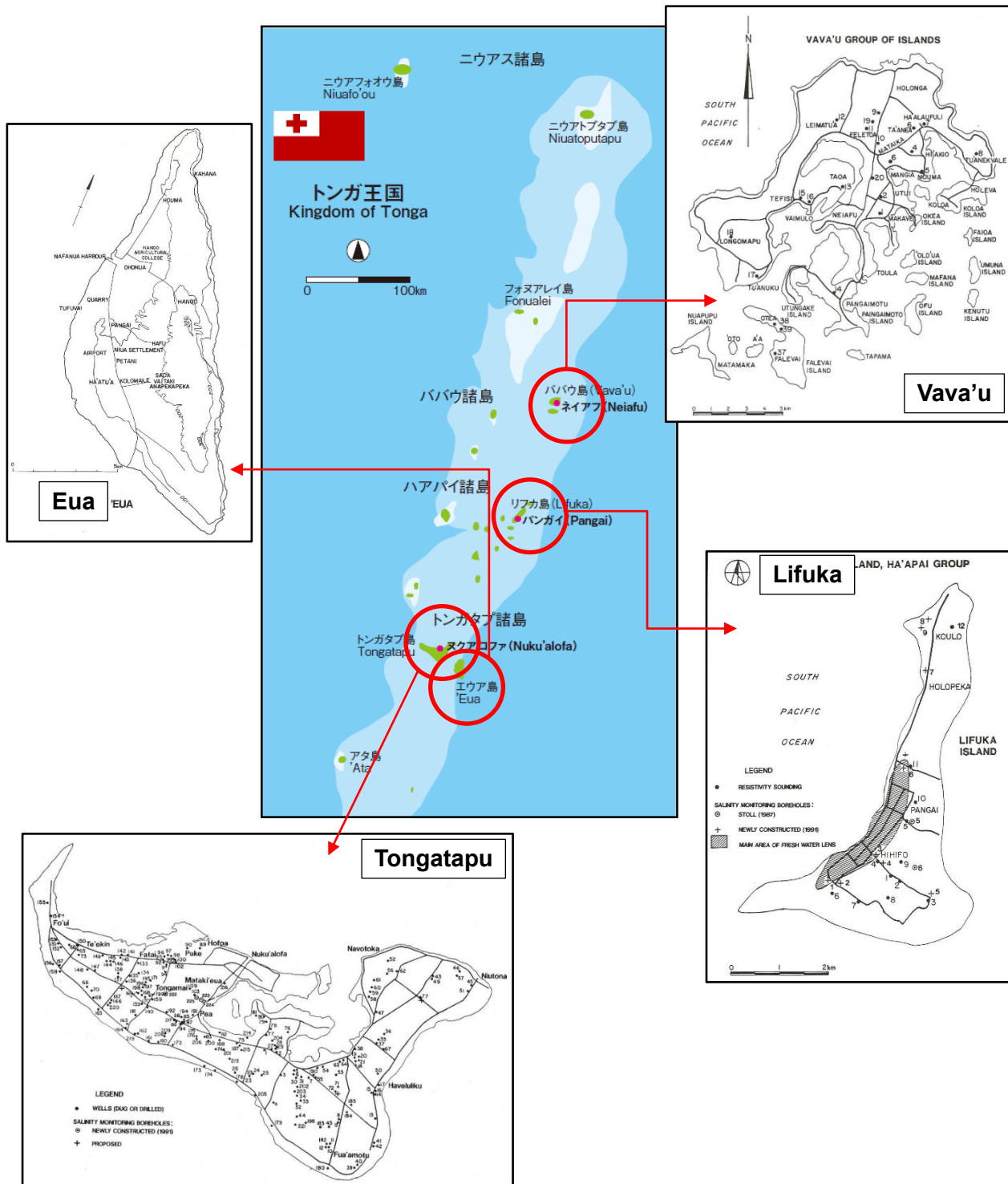


	BAR TYPE	VALUE
	Grey Bar	Tier 3 indicator. No established methodology
	Dashed Bar	None, or insufficient country data
	No colour bar	No achievement against the goal
	20% of colour bar shaded	Minimal achievement
	40% of colour bar shaded	Some achievement
	60% of colour bar shaded	Average Progress
	80% of colour bar shaded	Good Progress
	Full colour bar	Goal is fully achieved

図-1 トンガ王国の持続可能な開発目標（SDGs）の進捗率

出典： Voluntary National Review 2019, Kingdom of Tonga

【位置図】



【写真集】



写真-1: ファーン溪谷湧水源 (エウア島)

エウア島の水源は表流水(湧水)と地下水(井戸)から成る。湧水の電気伝導度は低いが、雨季の降雨時に 200NTU を越える高濁度となることがあり、その処理が課題である。



写真-2: マタヴァイ浄水場 (エウア島)

普通沈殿ろ過方式の 1,000 m³/日規模の浄水場。取水可能量が最も大きいマタヴァイ 洞窟からポンプアップで流入させており、エネルギー効率が悪い。



写真-3: マタヴァイ浄水場の故障した膜ろ過装置 (エウア島)

雨季の高濁度対策として、ニュージーランドの支援で 2008 年に膜ろ過装置が導入されたが、膜閉塞が著しく故障して機能不全となっている。



写真-4: マタヴァイ浄水場の故障したろ過機 (エウア島)

膜ろ過装置が故障したため、2013 年にろ過機が設置されたが、現在稼働していない。設置高さが沈殿池、浄水池よりも低く浄水池に水が貯まらない、設計上の問題がある。



写真-5: マタヴァイ浄水場の浄水池 (エウア島)

乾季には表流水の水量が減少するため地下水を汲み上げ浄水池(容量 563 m³)に補充している。



写真-6: マタヴァイの取水井戸 (エウア島)

乾季に浄水池に揚水している。現場測定時(2022 年 8 月)の、電気伝導度は 664μS/cm と問題ないレベルであった。



写真-7: アスベスト管の残存箇所(エウア島)
約 1km のアスベスト管が残存しており、更新が必要である。



写真-8: 减压槽(エウア島)
エウア島の配水エリアには約 120m の標高差があるため、2 つの减压槽が設置されている。



写真-9: 津波により露出した配水管(エウア島)
海底火山噴火後に発生した津波により露出した配水管。現在は復旧している。



写真-10: ハアパイ諸島の住民の移転場所(エウア島)
海底火山噴火及びその後に発生した津波により被災したハアパイ諸島の住民のために準備された移転先。



写真-11: 集水埋渠の揚水ポンプ設備①(リフカ島)
パンガイ地区にある延長約 100m、奥行き約 30m の U 字型の集水埋渠の角に位置するディーゼル駆動の揚水ポンプ (No.116)。現場測定時(2022 年 8 月)の電気伝導度は 5,200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と高く、WHO の基準値を大幅超過している。



写真-12: 集水埋渠の揚水ポンプ設備②(リフカ島)
ヒビフォ地区にある集水埋渠の角に位置する揚水ポンプ (No.115)。ソーラー電力駆動。現場測定時(2022 年 8 月)の電気伝導度は 1,380 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で、WHO の基準値以下であった。



写真-13: 集水埋渠の揚水ポンプ設備③(リフカ島)

No.115 の反対側の揚水ポンプ (No.114)。集水埋渠は、延長約 100m、奥行き約 25 m の U 字型で地表部は更地になっている。ポンプ設備周辺で野豚がたむろしている。



写真-14: 取水井戸 (リフカ島)

ヒヒフォ地区にある取水井戸 (No.118)。電気伝導度は $1,590\mu\text{S}/\text{cm}$ と WHO 基準値を超過している。揚水量 $3\text{l}/\text{sec}$ 。



写真-15: 水源移設先の候補用地 (リフカ島)

リフカ島北部の病院横に位置する既存水源の移設候補地。現状の水源位置よりも、淡水レンズの厚みに期待できる。



写真-16: TWB ハアパイ支所 (リフカ島)

支所の敷地内には、配水池、高架水槽等が整備されている他、顧客の料金支払窓口が配置されている。



写真-17: TWB ハアパイ支所内の配水池 (リフカ島)

配水池は 5 つのポリタンク ($45\text{ m}^3/\text{槽}$) から成るが、現在そのうち 4 つが稼働している。



写真-18: TWB ハアパイ支所内の高架水槽 (リフカ島)

配水池に隣接する高架水槽に揚水後、自然流下で市街に配水している。現場測定時 (2022 年 8 月) の配水水質の電気伝導度は、 $2,800\mu\text{S}/\text{cm}$ と WHO 基準値を超過している。



写真-19: 次亜塩素酸タブレットによる塩素消毒(リフカ島)
リフカ島では、次亜塩素酸タブレット(ニュージーランドから輸入)をペットボトルに入れ、配水池内に吊り下げることで、マニュアルにより滅菌処理を行っている。

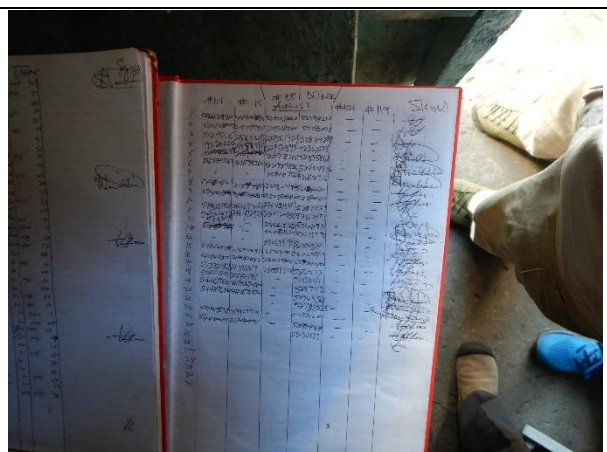


写真-20: TWB ハアパイ支所の日報(リフカ島)
リフカ島に限らず TWB の離島の支所では、流入水量及び配水量は流量計の目盛りを読み取り、毎日手書きによりノートで管理されている。



写真-21: 宿泊先の雨水貯水施設(ハアパイ諸島)
リフカ島に隣接するフォア島の宿泊先の雨水貯水施設。水道が通っておらず、飲用水を含めた生活用水を雨水に頼っている。ハアパイ諸島ではその傾向が特に顕著であった。



写真-22: ワークショップ内の新規井戸①(ババウ島)
TWB のワークショップ敷地内に 2020 年に新設された井戸 (No.119)。揚水量: 3.5l/sec、深度 35m、電気伝導度は 2,167 μ S/cm と WHO の基準値を超過している。



写真-23: ワークショップ内の新規井戸②(ババウ島)
TWB のワークショップ敷地内に 2020 年に新設された井戸 (No.120)。揚水量 3.4l/sec、深度 35m、電気伝導度は 1,385 μ S/cm と WHO の基準値よりやや低い。



写真-24: ワークショップ(ババウ島)
TWB のワークショップ内部の様子。



写真-25: 既設配水池 (ババウ島)

ババウ島の RC 製地上式の配水池 (3 池で合計 1,400m³)。現地測定の結果、電気伝導度は 1,620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と WHO の基準値より高く、残留塩素は 0.1 mg/l であった。既設水源の塩水化が進んでいる。



写真-26: レイマテュア村落給水の取水ポンプ (ババウ島)

レイマテュアの村落給水に用いられるソーラー電源駆動の取水ポンプ。日本による草の根無償援助で設置された。現場水質測定では、電気伝導度が 874 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と良好であった。



写真-27: レイマテュア村落給水の既設配水池 (ババウ島)

レイマテュアの村落給水の既設配水池。現場測定の結果、電気伝導度は 665 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で良好、残留塩素濃度 0.2 mg/l であった。



写真-28: Prison 内の取水井戸 (ババウ島)

新規水源候補地付近の Prison 内に設置された井戸。水質検査の結果、電気伝導度は 874 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と良好で、ネイアフ都心部の既存井戸のような塩水化の進行は見られない。



写真-29: 新規水源候補地 (ババウ島)

Prison 近傍の新規水源候補地。現状は建物等がない、更地である。



写真-30: 石灰岩から成る地層 (ババウ島)

ババウ島の地層が珊瑚由来の石灰岩から構成されていることが分かる。



写真-31: 既存の取水井戸群(トンガタブ島)

首都ヌクアロファのマタキエウアにある既存井戸群。トンガタブ島の TWB 給水エリアの全水量を賄っており、日平均生産水量は約 1.44 万 $\text{m}^3/\text{日}$ 。



写真-32: 既設配水池(トンガタブ島)

首都ヌクアロファのマタキエウアに位置する TWB の既設配水池。大小合わせて全部で 8 池、合計約 7,800 m^3 の容量となっている。



写真-33: 水質検査ラボ(トンガタブ島)

配水池と同じ敷地に TWB 唯一のラボが整備されており、各離島から月 1 回サンプルが空輸されてくる。測定可能項目は、糞便製大腸菌群数、電気伝導度、残留塩素のみで設備としては不十分である。



写真-34: 井戸掘削機(トンガタブ島)

TWB が所有する井戸掘削機。自己水源の井戸は自前で掘削する他、MLNR からの井戸掘削の依頼も受けている。深度 50m まで掘削可能とのこと。



写真-35: 故障した海水淡水化装置(トンガタブ島)

オーストラリアから 2009 年に供与を受けた RO 装置で 18 $\text{m}^3/\text{日}$ の水生産が可能。現在は故障しており使用されていないが、故障前はサイクロン被害を受けた際に離島まで輸送して使用していたとのこと。



写真-36: ペア 村の村落給水施設(トンガタブ島)

現在の TWB の給水エリア近くに位置する村落で、TWB は同村落を給水エリアに取り込むことを計画している。



写真-37: TWB 本部近くのスマートメーター(トンガタブ島)
トンガタブ島では 2019 年 10 月～2020 年 3 月にかけて、全面的に機械式の水道メーターから、スマートメーターへの更新を行っている。その結果、有収水量が大幅に増加したとして、TWB 内での評価は高い。



写真-38: TWB 本部での現地調査結果に関する協議
離島での現地調査からトンガタブ島に戻った後、現地調査結果をもとに、各離島における課題と対策案について協議を実施した。



写真-39: 土地・天然資源省との協議
土地・天然資源省 (MLNR) に対し、現地調査の内容と結果の共有・意見交換を行い、地下水、観測井戸及び関連データ等の提供を依頼した。



写真-40: 気象・エネルギー・情報・災害管理・環境・通信・気候変動省との協議
気象・エネルギー・情報・災害管理・環境・通信・気候変動省 (MEIDECC) に対し現地調査の内容と結果の共有・意見交換を行った。



写真-41: 保健省との協議
保健省 (MOH) に対し、現地調査の内容と結果を共有し、村落部の給水に関して意見交換を行った。



写真-42: TWB との帰国前会議
TWB の CEO 出席のもと、帰国前に現地調査結果の報告、問題点及び提言される支援内容についての協議を行った。

【用語説明】

AC	Asbestos Cement Pipe	アスベスト管
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AS	Australian Standard	オーストラリア規格
ASTM	American Society for Testing and Materials	米国試験材料協会
AusAID	Australian Agency for International Development	オーストラリア国際開発庁
AWWA	American Water Works Association	米国水道協会
BCP	Business Continuity Plan	事業継続計画
CEO	Chief Executive Officer	最高経営責任者
Covid-19	Coronavirus Disease 2019	コロナウイルス 19
DMA	District Metered Area	配水ブロック
DTH	Down The Hole Hammer	ダウンザホールハンマー
EC	Electrical Conductivity	電気伝導度
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EM	Electromagnetic	電磁
ENSO	El Niño Southern Oscillation	エル・ニーニョ 南方振動
EU	European Union	欧州連合
EWSUP	Eua Water Supply Upgrade Project	エウア水道改善事業
FRP	Fiber Reinforced Plastics	繊維強化プラスチック
FS	Feasibility Study	導入可能性調査
HTHH	Hunga Tonga-Hunga Ha'apai	フンガトンガ - フンガハアパイ
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	国連気候変動に関する政府間パネル
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
IWRM	Integrated Water Resources Management	総合水資源管理
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JOCV	Japan Overseas Cooperation Volunteers	青年海外協力隊
KPI	Key Performance Indicator	重要業績指標
MCA	Multi Criteria Assessment	多基準評価
MDGs	Millennium Development Goals	ミレニアム開発目標
MEIDECC	Ministry of Meteorology, Energy, Information, Disaster Management, Environment, Climate Change and Communications	気象・エネルギー・情報・災害管理・環境・通信・気候変動省
MLNR	Ministry of Lands and Natural Resources	土地天然資源省
MOF	Ministry of Finance	財務省
MOH	Ministry of Health	保健省
MOI	Ministry of Infrastructure	社会インフラ省
MPE	Ministry of Public Enterprise	公共事業省
NEMO	Tonga National Emergency Management Office	国家災害管理庁

NGO	Non-Government Organization	非政府組織
NPAT	Net Profit After Tax	税引後純利益
NRW	Non-Revenue Water	無収水
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	比濁法濁度単位
NZAID	New Zealand International Aid and Development Agency	ニュージーランド国際開発機構
NZS	New Zealand Standard	ニュージーランド規格
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PALM	Pacific Islands Leaders Meeting	太平洋・島サミット
PEC	Pacific Environment Community	太平洋環境共同体
PIF	Pacific Islands Forum	太平洋諸島フォーラム
PRIF	Pacific Region Infrastructure Facility	太平洋地域インフラ整備機構
PVC	Poly Vinyl Chloride	ポリ塩化ビニル
RWH	Rainwater Harvesting	雨水貯溜
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SIDS	Small Island Developing States	小島嶼開発途上国
SOPAC	South Pacific Applied Geoscience Commission	南太平洋応用地球科学委員会
SPCZ	South Pacific Convergence Zone	南太平洋収束帯
SPREP	South Pacific Regional Environment Programme	南太平洋地域環境計画
TCC	Tonga Communications Corporation	トンガ電話通信局
TDS	Total Dissolved Solids	総溶解固形物
TEPB	Tonga Electric Power Board	トンガ電力公社
TERM	Tonga Energy Road Map	トンガ・エネルギー・ロードマップ
TMS	Tonga Meteorological Service	トンガ気象サービス
TOP	Tongan Pa'anga	トンガパアング
TVB	Tonga Visitor's Bureau	トンガ観光局
TWB	Tonga Water Board	トンガ水道局
UNICEF	United Nations Children's Fund	国際連合児童基金
VES	Vertical Electric Survey	電気比抵抗垂直探査
VWC	Village Water Committee	村落給水委員会
WASABI	Water and Sanitation Broad Partnership Initiative	水と衛生に関する拡大パートナーシップ・イニシアティブ
WatBal	Water Balance	水収支
WHO	World Health Organization	世界保健機関

第1章

緒論

第1章 緒論

1.1 目的

1.1.1 背景

2000年に採択されたミレニアム開発目標（MDGs）の1つである「安全な飲料水を利用できない人々の割合を1990年比で2015年までに半減する」を2010年に達成し、安全な飲料水へのアクセス状況は、2000年以降、世界全体では大きな改善が見られている。

しかし、そうした安全な飲料水へのアクセスや水質、給水サービスを受けられるかどうかは、地域や収入などによって格差があり、UNICEFの調べによれば、2020年時点、世界では20億人が安全に管理された飲み水を使用できず、そのうち世界人口の7%にあたる4億9千万人が、外部からの汚染の可能性がある井戸、湖や河川、用水路などの未処理の地表水を利用している。

そのような中、2015年に採択された「持続可能な開発目標（SDGs）」の目標6「2030年までに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。」の達成に向け、我が国では、水道の普及で培った経験・知見を活用し、ODA資金協力による水道施設の建設や技術協力プロジェクトによる水道専門家の派遣等によって開発途上国を継続的に支援している。

我が国の水道は、1952年を境に全国的に急速に普及し、現在では水道普及率が98.1%（厚生労働省「水道の基本統計2019」）に達しており、低い漏水率、地震への対策など、世界のトップランナーたる水道を形成してきた。

その普及の過程では、高度経済成長や人口増加に伴う水質悪化や水源の不足、高い無収水率など多くの課題を克服し、コレラやチフス等水系感染症の減少に大きく貢献し、水道は感染症対策にも重要であることが認識されている。

2019年以降、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が世界的に流行した中、一般的な感染予防策として、石鹸を用いてきれいな水で手を洗うことが推奨されたものの、WHOによれば、パンデミック発生時点で、世界人口の約3割の23億人が基本的な衛生行動ができなかったと推定している。

さらに近年、地球温暖化に伴う平均気温の上昇、海水温の上昇、海面水位の上昇などの気候変動の影響により、豪雨や洪水、渇水などの気象災害が激甚化・頻発化し、水量・水質の両面において、水道システムへの影響は既に世界各地で現れている。

水道システムは、重要な基幹インフラ・ライフラインであるため、気象災害に伴う水道サービスの機能停止は、世界各地の国民生活や事業活動にも甚大な被害を与えることとなる。そのため、WHOは、各国に対して、気候変動影響を考慮した水安全計画を作成し、気候変動に対する強靱さを求めている。

地球環境問題は、世界的規模での課題としてその対策の重要性がより一層高まっており、その深刻化は循環資源である水を利用する水道においても大きな影響を及ぼし得るものである。そのため、我が国を含む各国が、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする『カーボンニュートラル』の実現を目指すことを表明しており、水道分野においても脱炭素社会や循環型社会の構築に向けた各種環境保全の取組が求められている。

水道分野を取り巻く状況は、途上国におけるSDGs達成支援や、多くの開発途上国が直面している気候変動や感染症対策の必要性和相俟って、我が国水道事業の経験及び本邦技術の活用等

による支援が期待されている。

このような状況の中、我が国が有する高い技術力と豊富な知見を水道支援に活用することは、国際社会の一員としての責務であるとともに、我が国企業や地方自治体等の水道事業体の海外展開を後押しするものである。

一方で、我が国 ODA は、原則として開発途上国からの要請に基づき実施されているが、被援助国が我が国政府に支援を要請する際の水道プロジェクト計画は内容的に未熟なものが多く、優良な水道案件形成の阻害要因となっている。

そのため、開発途上国の水道担当行政官及び水道事業体職員とともに課題解決の具体的方策を検討し、開発途上国の中央及び地方府による水道プロジェクト計画作成能力、水道政策立案能力及び水道事業運営能力の向上を図ることが求められている。

1.1.2 目的

本業務の目的は、我が国企業や地方自治体等の水道事業体が独自に把握している開発途上国における水道分野の個別の具体的な課題（施設整備、経営・維持管理、人材育成等）や潜在的ニーズに係る情報に基づき、専門的・技術的見地から課題解決のための計画作成に資する助言・指導を官民協力の下に実施することで、当該国の計画策定能力の向上を図るとともに、我が国の知見や経験を十分に発揮することができる良質かつ熟度の高い案件形成を促進するものである。

1.2 工程・方法

本業務の調査スケジュールは、表 1-1 に示すとおりであり、業務期間は約 10 ヶ月で、報告書等の提出時期は、表 1-1 に示すとおりである。主たる調査内容については、表 1-2 に示すとおりである。なお、現地調査はトンガ政府の COVID-19 に対する水際対策のため、8 月下旬～9 月上旬に実施した。

表 1-1 調査スケジュール

項目		暦年	2022年																								2023年								
			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月			1月			2月			3月					
			上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬						
1.国内作業その1																																			
(1) 委託事業実施計画書の作成・提出			▼																																
(2) 水道プロジェクト計画作成指導の実施準備																																			
2.現地調査																																			
(1) 現況調査及び将来計画の確認																																			
(2) 水道整備計画に関する説明・協議																																			
3.国内作業その2																																			
(1) 報告書ドラフトの作成・協議																																			
(2) 要請書ドラフトの作成・協議																																			
(3) 報告書の及び要約版の作成																																			
(4) 報告書の提出																																			

出典：調査団作成

表 1-2 調查內容

実施時期	実施内容	作業項目
2022 年 6 月中旬	委託事業実施計画書の作成	・ 業務の目的の確認 ・ 基本方針の確認 ・ 業務内容の確認 ・ 作業計画の確認
2022 年 6 月下旬～8 月中旬	水道プロジェクト計画作成指導の実施準備	・ 基礎情報の収集・整理 ・ 質問票の作成・送付 ・ 火山噴火・津波の被災状況に関する情報の収集 ・ 対象機関等との日程調整 ・ 渡航先におけるロジ調整
2022 年 8 月下旬 ～9 月上旬	水道プロジェクト計画作成指導	・ 現況把握 ・ 現況及び将来の問題点・課題の整理 ・ 現況及び将来計画関連資料の収集・整理 ・ プロジェクト内容の検討・協議
2022 年 9 月中旬 ～12 月上旬	報告書ドラフトの作成・協議	・ 現状及び将来の問題点・課題の整理 ・ プロジェクト内容の検討 ・ 報告書ドラフトの作成・協議
2023 年 1 月下旬	要請書ドラフトの作成・協議	・ 要請書ドラフトの作成指導 ・ 要請書ドラフトの協議
2023 年 2 月初旬～下旬	報告書及び要約版の作成	(事後指導の実施)
2023 年 3 月下旬	報告書の提出	・ 報告書の提出 ・ 事業実績報告書の提出

出典：調査団作成

1.3 団員の構成

調査団員構成を表 1-3 に示す。

表 1-3 調査団員

氏名	担当業務	所属先
吉富 萌子	業務監督	厚生労働省大臣官房国際課国際保健・協力室
八代 大輔	業務主任者	(株) N J S
佐藤 匡史	上水道計画及び設計（水源）	(株) 地球システム科学
林 健太	上水道計画及び設計（施設）	(株) N J S
新城 圭太	上水道計画及び設計（施設）	(株) 隆盛コンサルタント
中西 三平	水道資機材調達	(株) N J S
高良 求	水道施設運転維持管理	(株) 隆盛コンサルタント

第 2 章

対象案件の 現状把握に関する事項

第2章 対象案件の現状把握に関する事項

2.1 対象国・対象地区の概要

2.1.1 対象国・対象地区の概要

本業務の調査対象地域を図 2-1 に示す。

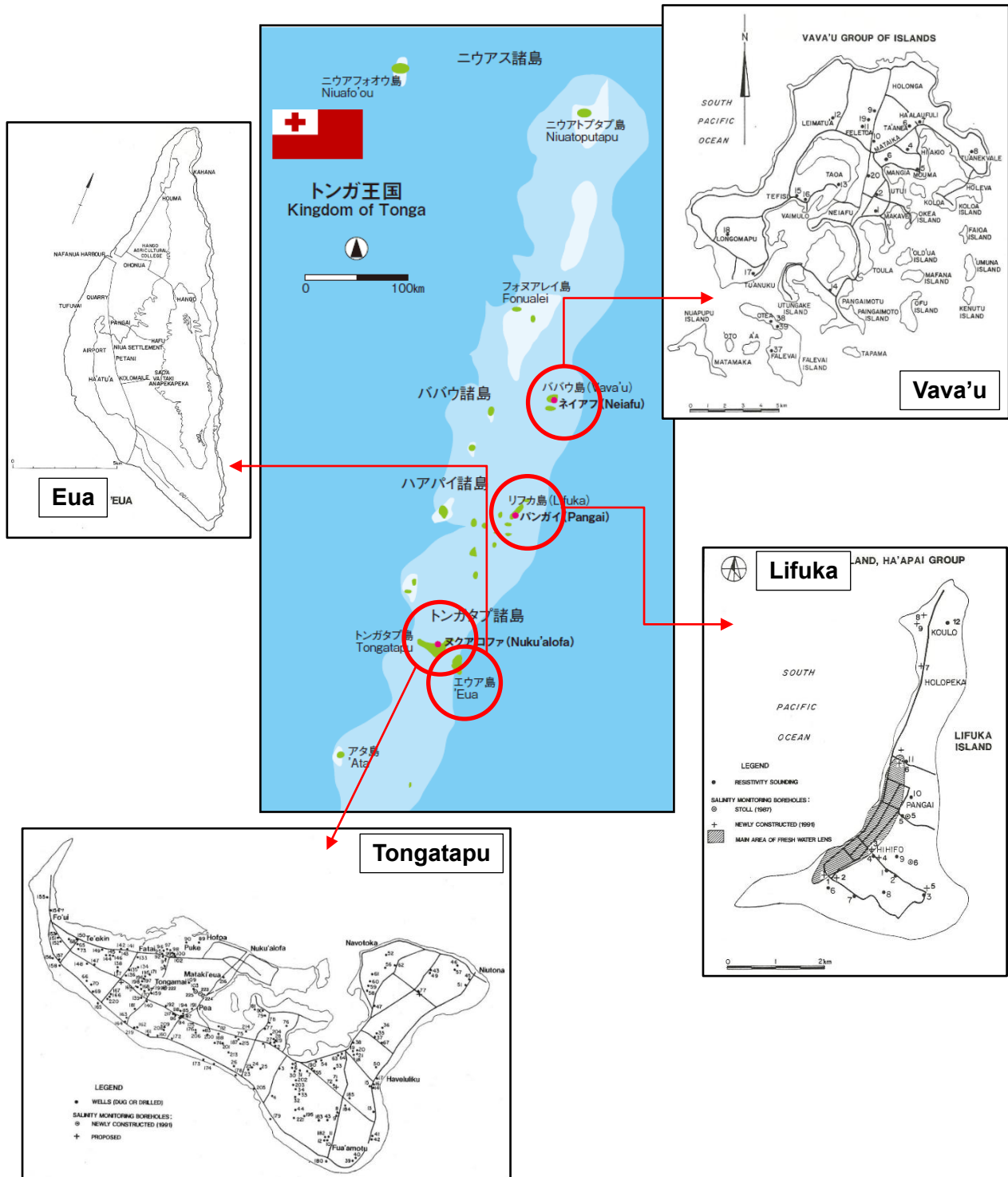


図 2-1 調査対象地域位置図

出典 調査団作成

トンガ王国は、オーストラリア国シドニーの北東約 3,600km、ニュージーランド国オークランドの北約 2,000km の南太平洋に位置し、国土は南北に約 1,000km、東西 500km の広大な海域に点在する大小 172 余りの島々から成る島嶼国である。「トンガタプ」、「ハアパイ」、「ババウ」、「ニウアス」の主要 4 諸島とそのグループ島で構成され、陸地の総面積は 747 km² となっている。

トンガ王国は基本的には火山群島であり、西側の諸島の方が地質年代的に新しく、東側の諸島は火山島が沈下したことによるサンゴ礁から形成され、トンガタプ島は地盤の大部分が隆起した石灰岩となっている。気候は亜熱帯の海洋性であり、12 月から 3 月にかけて気温が最も高く、6 月から 10 月にかけては南東からの季節風によって涼しい気候となり、トンガタプ島の 7 月の平均気温は 21.3℃である。また通常、12 月から 4 月にかけての夏場にサイクロンが多く発生しており、特に 1 月から 2 月に集中する傾向がある。

トンガ王国の国勢調査（Tonga Census of Population and Housing 2021）によると、2021 年時点のトンガ王国の人口は 10 万 179 人であり、首都ヌクアロファが位置するトンガタプ島には人口の約 74%にあたる 7 万 4,320 人が居住している。調査対象地域であるトンガタプ島、ババウ諸島、ハアパイ諸島及びエウア島の各人口を表 2-1 に示す。

表 2-1 トンガ王国における各島の人口

島名	男性（人）	女性（人）	計（人）	%
トンガタプ島	35,959	38,361	74,320	74.2
ババウ諸島	7,044	7,138	14,182	14.2
ハアパイ諸島	2,787	2,878	5,665	5.6
エウア島	2,386	2,478	4,864	4.9
ニウアス諸島	574	575	1,148	1.1
合計	48,749	51,430	100,179	100.0

出典：Tonga Census of Population and Housing 2021

2.1.2 海底火山噴火の発生

トンガ王国では 2021 年 12 月 20 日 9 時 35 分頃（トンガ現地時間）フンガトンガ・フンガハアパイ（HTHH: Hunga Tonga-Hunga Ha'apai）で火山噴火が発生し、高度 18km に達する大きさの噴煙が立ち上った。その後も火山活動は継続し、12 月 25 日に撮影された衛星画像では、島の面積が拡大したことが確認された。火山活動は 2022 年 1 月 5 日には一旦弱まったが、1 月 14 日 4 時頃に活動を再開して大規模噴火が発生し、高度 17 km にも達する噴煙が上がった。トンガ政府は住民に津波警報を発出した。この頃、同国のトンガタプ及びエウア島の住民は、硫黄臭の影響を受けた。同国国家津波警報センターにより発令された津波警報は、14 日夕刻にはババウ島及びオンゴ・ニウア島に対して、15 日朝には全島に対して解除された。

そして 1 月 15 日 17 時頃（日本時間 15 日 13 時頃）、さらに大規模な噴火が発生し、トンガ国内のみならず、火山から 500km 以上離れたフィジーや、さらに遠く離れたニュージーランドとオーストラリアでも爆発音が聞こえたことが多数報告されている。噴煙は高度約 16,000m まで上昇し、半径 260km に広がった。衛星の観測によると、約 40 万トンの二酸化硫黄が放出された。15 日の大規模噴火で、火山から 65km 離れた首都ヌクアロファでは爆発音を観測し、やがてヌクアロファのあるトンガの本島トンガタプ島に噴石と火山灰が空から降り注いだ。トンガに比較

的に近いフィジーのバトア島とオノ・イ・ラウ島でも降灰が観測され、気象衛星による宇宙からの観測で、巨大な噴煙が上がり衝撃波（空振）が太平洋を横切って伝播するのが確認された。ニュージーランド・オークランド大学の科学者は、1000年に1回の出来事であるとした。

2.1.3 海底火山噴火及び津波による影響

2022年1月15日に発生した大規模噴火および津波は、トンガ王国のインフラ・ライフラインの自然災害に対する脆弱性を改めて浮き彫りにした。海底ケーブルの断線による電話・インターネットなどの通信網の途絶、火山灰の降灰に伴う国際空港の滑走路の閉鎖と津波による家屋の損壊など多くの被害が発生し、トンガ王国全人口の約84%が影響を受けた。

水道に対する影響としては、トンガ国民の多くが飲料用に利用する雨水貯溜タンク内に火山灰が堆積し、飲料水の確保が困難となり、さらに津波の影響で配水管や給水管が破損するなど生活用水の確保が困難となった。また、火山噴火による降灰は電線への付着など電力供給において被害をもたらした。変圧器にフラッシュオーバーが発生した結果、井戸用水中ポンプのモータや電気操作盤等が損傷する事態となった。さらに、通信網システムに大きな被害をもたらしたことで、トンガ王国の主要都市で水道事業を運営するトンガ水道公社（以下、TWB）が、離島の水道施設の被害状況について詳細な被害状況を把握するまでに多くの時間を要した。

本業務では、以上の背景を踏まえ、トンガ王国の主要4島における海底火山噴火及び津波による水道施設の被害状況の調査、同国が抱えている気候変動や自然災害に対する水道システムの潜在的な課題把握のための現地調査を実施し、当該地域を対象とした水道復興支援計画の作成指導を行った。

2.2 対象国の給水事業・問題点

2.2.1 水道分野の現状（国レベル）

(1) 水道分野の概況

トンガ王国の水道は、都市部を対象とした都市給水と村落部を対象とした村落給水に大別される。都市給水は、公共事業省（MPE）の管轄の下、TWBが実施しており、トンガタプ島、ババウ諸島、ハアパイ諸島、エウア島の主要都市に対して、給水サービス及び運転・維持管理業務を実施している。TWBによる給水事業の概況を表2-2に示す。

表 2-2 TWB による給水事業の概況

島名	総人口	世帯数	接続世帯数	非接続世帯数	長期非接続世帯数	閉塞世帯数	総計	普及率
トンガタプ	74,320	13,565	7,819	699	1,317	6	9,841	58%
ババウ	14,182	2,723	1,126	0	170	0	1,296	41%
ハアパイ	5,665	1,136	387	0	77	0	464	34%
エウア	4,864	913	777	1	107	0	885	85%
オンゴ・ニウア	1,148	262	-	-	-	-	-	0%
総計	100,179	18,599	10,109	700	1,671	6	12,486	54%

出典：Tonga Water Board Business Plan 2022-2027、Tonga Census of Population and Housing 2021

「Tonga Water Board Business Plan 2022-2027」（以下、ビジネスプラン）によると、TWBによる水道事業への接続戸数は2021年時点で1万2,486戸あり、そのうち稼働中のものが1万109戸、非稼働のものが2,377戸となっている。2021年版の全戸数1万8,599戸に対するトンガ王国全体での水道普及率（稼働中/全戸数=10,109/18,599）は約54%となる。TWBの給水サービスに未接続の家庭の大半は、村落給水委員会（以下、VWC）が運営する村落給水を利用している。

続いて、「目標6：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」に関するSDGsへの取り組み状況を表2-3に示す。

表2-3 トンガ王国のSDGsへの取り組み（達成度）

★目標6：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★

ターゲット	指標	2000年（%）			2015年（%）		
		全体	都市	地方	全体	都市	地方
6.1 2030年までに、すべての人々の、安全で安価な飲料水の普遍的かつ平等なアクセスを達成する。	6.1.1 安全に管理された飲料水サービスを利用する人口の割合	98	97	99	100	100	100
6.2 2030年までに、すべての人々の、適切かつ平等な下水施設・衛生施設へのアクセスを達成し、野外での排泄をなくす。女性及び女兒、ならびに脆弱な立場にある人々のニーズに特に注意を払う。	6.2.1 石けんや水のある手洗い場等の安全に管理された公衆衛生サービスを利用する人口の割合	89	99	86	93	97	92
6.3 2030年までに、汚染の減少、有害な化学物質や物質の投棄削減と最小限の排出、未処理の下水の割合半減、およびリサイクルと安全な再利用を世界全体で大幅に増加させることにより、水質を改善する。	6.3.1 安全に処理された廃水の割合	—	—	—	—	—	—
	6.3.2 良好な水質を持つ水域の割合	—	—	—	—	—	—
6.4 2030年までに、全セクターにおいて水の利用効率を大幅に改善し、淡水の持続可能な採取および供給を確保し水不足に対処するとともに、水不足に悩む人々の数を大幅に減少させる。	6.4.1 水の利用効率の経時変化	—	—	—	—	—	—
	6.4.2 水ストレスレベル：淡水資源量に占める淡水採取量の割合	—	—	—	—	—	—
6.5 2030年までに、国境を越えた適切な協力を含む、あらゆるレベルでの統合的な水資源管理を実施する。	6.5.1 統合水資源管理（IWRM）実施の度合い（0-100）	—	—	—	—	—	—
	6.5.2 水資源協力のための運営協定がある越境流域の割合	—	—	—	—	—	—
6.6 2020年までに、山地、森林、湿地、河川、帯水層、湖沼などの水に関連する生態系の保護・回復を行う。	6.6.1 水関連生態系範囲の経時変化	—	—	—	—	—	—
6.a 2030年までに、集水、海水淡水化、水の効率的利用、廃水処理、リサイクル・再利用技術など、開発	6.a.1 政府調整支出計画の一部である上下水道関連のODAの総量	—	—	—	—	—	—

ターゲット	指標	2000 年 (%)			2015 年 (%)		
		全 体	都 市	地 方	全 体	都 市	地 方
途上国における水と衛生分野での活動や計画を対象とした国際協力とキャパシティ・ビルディング支援を拡大する。							
6.b 水と衛生に関わる分野の管理向上への地域コミュニティの参加を支援・強化する。	6.b.1 上下水道管理への地方コミュニティの参加のために制定し、運営されている政策及び手続のある地方公共団体の割合	—	—	—	—	—	—

出典：WHO unicef JMP, Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2017

(2) 水道施設

TWB の水道システムは、淡水レンズと呼ばれる淡水の地下帯水層を水源として井戸から取水を行い、塩素消毒後、自然流下で給水区域に配水している。TWB はトンガ王国の首都ヌクアロファが位置するトンガタブ島を中心に、さまざまなドナーの援助を受けながら、上水道の普及に取り組んできた。しかしながら、周辺離島地域においては、水道施設の老朽化、既存取水井戸の塩水化および水源水量の不足、アスベスト管の残存、老朽配水管からの漏水の頻発とそれに伴う高い無収水率、塩素注入設備や水道メーターの故障など様々な問題が顕在化し、適切な水道サービスの運営に支障をきたしている。

一方で、村落給水については、保健省（MOH）が管轄しているが、給水時間が1日3時間程度しかない村落も存在し、塩素注入設備が未整備のため水系感染症が発生しており、また、水源管理が不十分で水源汚染が懸念されるなど、水量・水質の両面で満足な水道サービスが得られない状況にある。

(3) 海底火山噴火及び津波による水道への影響

前述の2022年1月15日に発生した海底火山噴火及び津波により、TWB の水道事業が受けた影響に関する調査結果の概要を下記に、各島の被害状況を表2-4に示す。結果として、水道施設への大きな致命的な影響は確認されず、調査時点において今後の給水サービスの支障となるような事象は確認されなかった。

- 津波により配水管網への影響は生じなかったが、ヌクアロファの沿岸部265戸、エウア島の57戸、リフカ島の25戸の給水管が損傷を受けた。
- 海底火山噴火後に離島の都市部で水需要が増加し、生産能力を超過した。
- 火山灰が引き起こした停電が、噴火後の水生産と供給を妨げた主要因となった。
- 火山灰の除去に水道を使用したため、配水管網における水不足と圧力低下を引き起こした。
- 火山灰の堆積により井戸群の変圧器がフラッシュオーバーし、結果、ババウ島の2つの取水ポンプと1つの予備発電機の故障に繋がった。
- リフカ島の沿岸部にある TWB の集水埋渠の近くまで津波が浸入したが、水源への影響は無かった。なお、沿岸部の観測井には海水が浸入し、被災後は一時的に電気伝導度が高く

なったが、現在は通常のレベルまで回復している。

- 表流水を原水とするエウア島の水道システムは、火山灰が浄水場に流入することが懸念されたため、取水停止した。
- 全ての水道システムが回復するのに、2022年1月16日～30日の2週間を要した。

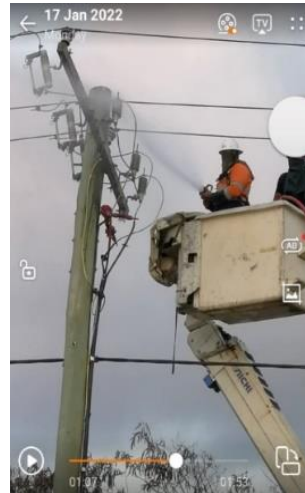
表 2-4 水道施設の被害状況

No.	島名	被害概況
1	トンガタブ	降灰により、飲料用の雨水貯留タンクに火山灰が堆積した家庭もあるが、火山灰の堆積状況により使用可能かどうか確認を行った上で、生活用水として利用可能である。 井戸水源は、沿岸部から遠く離れており、大きな影響は発生していない。 村落部の水道水については、pH値及び塩水化の指標であるTDSも、それぞれ、WHOのガイドライン値未満に収まっており影響は確認されていない。
2	エウア	水源の一つである湧水については、降灰の影響を受け、飲用には向かない恐れがあるが、他の用途（洗濯や食器の洗浄等）での利用には問題ない。 一方、井戸水源については、降灰や津波の影響も無いことから、安全と考えられている。
3	ババウ	主要な水源は、市街地から北へ約3 kmに位置しており、降灰や津波の浸水による影響は小さく、4島の中でも火山噴火による被害は最も小さい。
4	リフカ	島西部（パンガイ地区）の沿岸部に位置する取水井戸群が津波の影響を受けており、井戸水源に影響が及んでいる懸念がある。

出典：TWB より入手した情報を元に調査団が作成



津波による配水管の被害状況(エウア島)



電線に付着した火山灰の除去の様子(トンガタブ島)



津波により被害を受けた配水本管の修復状況(トンガタブ島)



図 2-2 海底火山噴火による被害の状況

出典：TWB 提供

2.2.2 水道事業における問題点（国レベル）

(1) 水道事業全般の問題

トンガ王国における水道事業の問題点を表 2-5 に示す。

表 2-5 トンガ王国の水道事業における問題点

区分	問題点	問題の大きさ			説明
		小	中	大	
制度・組織	自助努力の意志が感じられない。		○		新規プロジェクト実施のための資金ソースについては、他国の援助に頼っているが、維持管理面は、ある程度予算面も確保され TWB 自身によってなされている。
	整備量に比べて技術者数が足りない。		○		技術者数については問題ないが、よりスキルを有する技術者が求められている。
計画・調整	水道施設整備の上位計画（マスタープランなど）が整っていない。			○	水道施設整備の現マスタープランは 1992 年に策定された後、一度も改訂されていない。個々の施設整備計画は存在するが、それらの大元となるマスタープラン策定が必要である。
	援助国/国際機関の間の調整ができていない。		○		水道システムの新規整備や改善に必要な資金調達や技術支援は、各プロジェクトで TWB がその都度支援を求めており、中央政府レベルや各ドナー間の調整が必要になっている。
	水道施設間のバランス（水量的、進捗度等）が取れていない。		○		TWB は都市給水サービスを行い、村落部では保健省管轄の下で村落委員会が給水を行っているが、配水時間が短く（3 時間/日）、都市部と村落部でサービスのアンバランスが生じている。
	関連分野（水資源、下水、都市計画等）とのバランスが悪い。		○		水源管理は土地天然資源省が一元的に実施しており、TWB は同省の許可を受けて水源開発し、給水サービスを実施している。これら管轄面におけるバランスについては、大きな問題は生じていない。しかし、水源の汚染管理の点では、野豚の放し飼い等に見られるように水源地の汚染防止等環境面の配慮が求められる。
経営・財務	整備すべき事業量に比べて資金が足りない。			○	TWB は公益事業体として独立採算による事業経営を実施できているが、水道設備整備の新規プロジェクト実施のための資金調達については、TWB 単独では実施不可能であり、国際機関等による資金援助に頼らざるを得ない。
	料金徴収体制・政策が整っていない。		○		TWB の事業経営については、水道料金徴収のみの事業収入だけでなく配管工事や事業関連の教育・研修サービス提供等幅広く行っており、事業収入面でみた場合、問題ないと考えられるが、水道メータの普及が不十分であり、従量方式による適切な料金を徴収できていない。さらに、村落部への給水サービスを拡張する場合、サービス提供前の水道料金との格差に対する住民意識に対する住民教育及び合意形成が必要と考える。
保守・管理	保守管理基準が整備されていない。	○			ニュージーランド国の保守管理基準が実際の維持管理に活用されているが、TWB 独自の保守管理基準は策定されていない。

区分	問題点	問題の大きさ			説明
		小	中	大	
	適切な施設の保守が行われていない。		○		老朽化した水道施設を保守する努力をしているが、不十分である。特に維持管理関連の資機材の確保が十分でない。
	水質やアセットマネジメント等のデータ・情報管理が行われていない。			○	コンピューターを用いた水量・水質データ管理が行われていない。
	維持管理の量に比べて技術者数が足りない。		○		技術者数は問題ないが、熟練の技術者が求められている。
技術	水源が自然条件（地形・地質、災害、気候変動等）の影響を受けやすく、脆弱である。			○	珊瑚礁地質の独特の水利地質条件で形成される帯水層が高潮、津波及び気候変動等の自然条件の影響を受けやすい。
	現水源に塩水化が進行しており、飲用の水供給ができない。			○	主要水源である淡水レンズは、上記特有の水利地質条件や度重なるポンプ施設の故障や井戸の閉塞等により揚水の集中により塩水が遡上し、塩水化が進行しやすい環境となっている。また、湧水が水源となっている場合でも、降水量の影響を受けやすく、雨季には濁度が高く乾季には水量が減少するなど、既設浄水場の運転に支障をきたしている。今後、気候変動の影響により、さらに塩水化が進行することが懸念される。
	施設の老朽化等により十分な配水量が確保できない。			○	アスベスト管が依然として残存していることや配管が老朽化しており漏水が進行している。また、無収水率も依然として高くなっている。
	消毒設備が機能しておらず、水供給で衛生上の問題がある。			○	塩素ガスの調達が困難なため、既存の消毒設備が機能しておらず、安全な水の供給ができていない。消毒は機械化が行われておらず、適切な消毒ができていたとは言い難い。
	設計基準が整備されていない。			○	プロジェクト毎に国際的な基準が適用されており、TWB 独自の設計基準を有さない。
	水道施設の計画・設計・プロジェクト管理に関する技術者レベルが不十分である。		○		水道施設の計画・設計・プロジェクト管理に関して、技術者能力の向上が求められる。
	計画する施設の運転維持管理に関して技術者レベルが不十分である。	○			水道施設の運転維持管理において技術者能力の向上が求められる。

出典：調査団作成

(2) 実現性の高い長期的計画の欠如

TWB はトンガ王国の水道の将来の方向性を示すため、1992 年に「Tonga Water Supply Master Plan」を策定したが、同計画はその後一度も改訂されていない。また、整備が遅れている周辺離島の水道施設の再整備に着手することとし、2012 年に「Outer Islands Water Supply Improvement Project」を策定し、ババウ島、リフカ島、エウア島における水道施設整備の方向性を取りまとめている。さらに、2016 年 10 月に PRIF（Pacific Region Infrastructure Facility）の支援のもと策定された「Draft Investment Proposals」では、水道に関して以下の 2 つの投資案が提案されている。

- a) アセットマネジメントと地下水源管理の改善、水質改善、無収水削減、水道料金の見直し

と検針・請求の改善を含む TWB の水道事業運営の改善（投資案 1）

b) トンガタブの村落部や離島地域の一部を含む給水エリアの拡大（投資案 2）

また、「Tonga Water Board Business Plan 2022-2027」では、今後 5 年間の投資計画が策定されている。

以上のように、TWB では様々な計画が立案されているが実施に至っていない計画も多く、全ての計画の元となるマスタープランの改訂が課題であると考ええる。

(3) 経営・財務上のリスクと施設整備投資資金の不足

直近 5 ヶ年分の財政収支を表 2-6 に示す。TWB の収支は 2012 年度以降、黒字で推移している。後述の水道料金改訂の影響もあったが、顧客数の増加を背景に年間の水道料金収入(売上高)及び売上総利益は 2016 年度以降増加傾向にある。一方、販売費及び一般管理費が増加しておりその要因の一つとして施設・設備投資に伴う減価償却費の増加が挙げられ、その結果、2017 年度以降、純利益は減少傾向にある。以上のように、TWB では水道サービスの拡大に伴い料金収入が堅調に伸びている一方で、急速な水道施設整備に伴う支出増加が大きく、純利益は減少傾向にある。

さらに、トンガ政府はトンガ王国内の公営企業に対して、政府への配当金の支払いを命じており、その支払負担が TWB の財務を圧迫している。配当金の支払義務は「Public Enterprises Act 2002」で定められており、会計年度終了後 6 ヶ月以内に大臣との会合により、当該年度に支払うべき金額が決定される。

実際に TWB が政府に支払う配当金は、当会計年度のキャッシュフローと財務能力を加味して、税引後純利益に基づき決定される。金額は毎年度異なるが、「令和元年度水道プロジェクト計画作成指導事業（第 2 期）トンガ王国ババウ島給水施設改善計画」（以下、令和元年度業務）の調査時には純利益の 100%を配当金の支払い義務を課せる新しい法律を導入しようとしているという話があり、実際に 2019 年度の政府への配当金は純利益の約 98%となっている。一方、2021 年度は純利益の 75%となっており、TWB へのヒアリングによると政府の方針変更により今後は 40%が目標となる見込みであるとのこと。以上のように、配当率は政治による影響を受け易く、今後も配当金の支払いが TWB の財務上の脅威となる可能性が考えられる。

表 2-6 TWB の財政収支（2017～2021 年度の 5 ヶ年）

（単位：TOP \$）

ITEMS	項目	FY 2016/2017	FY 2017/2018	FY 2018/2019	FY 2019/2020	FY 2020/2021
Operating Revenue	売上高	6,311,631	6,386,174	6,808,915	7,857,679	7,679,560
Cost of Sales	売上原価	(2,132,520)	(2,116,363)	(1,960,865)	(2,759,756)	5,924,474
(Depreciation)	(うち、減価償却費)	(586,895)	(586,895)	(586,895)	(755,673)	
Gross Profit	売上総利益	4,179,111	4,269,811	4,848,050	5,097,923	
Other Income	その他収入	1,828,099	2,011,227	2,125,348	2,345,468	2,342,887
Administrative Expenses	販売費及び一般管理費	(4,366,310)	(4,604,454)	(5,464,881)	(6,162,395)	5,924,474
(Depreciation)	(うち、減価償却費)	(1,382,649)	(1,366,030)	(1,622,196)	(1,724,934)	
Profit from Operations	営業利益	1,640,900	1,676,584	1,508,517	1,280,996	
Finance Income	営業外収益	38,234	38,234	38,234	7,907	
Finance Costs	営業外費用	(14,531)	(17,488)	(120,924)	(69,551)	
Net Profit before Tax	税引前当期純利益	1,664,603	1,697,330	1,425,827	1,219,352	1,425,827
Income Tax Expenses	税金支払額	(416,151)	(424,333)	(332,002)	(304,838)	332,002
Net Profit after TAX	税引後当期純利益	1,248,452	1,272,997	1,093,825	914,514	1,093,825
Dividend	分配金	1,030,000	323,663	1,067,074		
Dividend % to NPAT	分配金の割合	82.50%	25.43%	97.55%		

※1 TOP \$ = 57.7461 円（2023 年 2 月時点）

※1 FY2020/2021 はビジネスプランを参照して記載しており、損益の内訳が不明。

※2 分配金は FY2019/2020、FY2020/2021 の金額が不明のため空欄とした。

※3 NPAT: Net Profit after Tax

出典：TWB Audit Account 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020, Tonga Water Board Business Plan 2022-2027 を元に作成

表 2-7 および図 2-3 に TWB の水道料金の推移を示す。十分な水道料金収入は健全な水道事業運営のための基本的な要件であり、運営・維持管理費、施設・設備等の減価償却費を賄い、必要な投資を行うための適切な収入が得られる水準の料金設定とする必要がある。

トンガ政府は TWB に対して度々の水道料金の値下げ要求をしており、TWB は 2016 年から 2018 年にかけて 25%の値下げを行っており、料金収入で年間 140 万 TOP に相当する損失が発生した。今後のさらなる水道料金の値下げ要求が TWB の財務を圧迫する可能性がある。

表 2-7 TWB の水道料金

（単位：TOP \$ / m³）

支所 年	家庭用				非家庭用			
	ヌクアロファ	ババウ	ハアパイ	エウア	ヌクアロファ	ババウ	ハアパイ	エウア
2016	2.98	3.04	3.01	1.33	3.14	3.20	3.16	1.40
2017	2.71	2.76	2.74	1.21	2.85	2.91	2.87	1.27
2018～現在	2.55	2.59	2.58	1.14	2.85	2.91	2.87	1.27

※1 TOP \$ = 57.7461 円（2023 年 2 月時点）

出典：Tonga Water Board Business Plan 2022-2027 を元に調査団作成

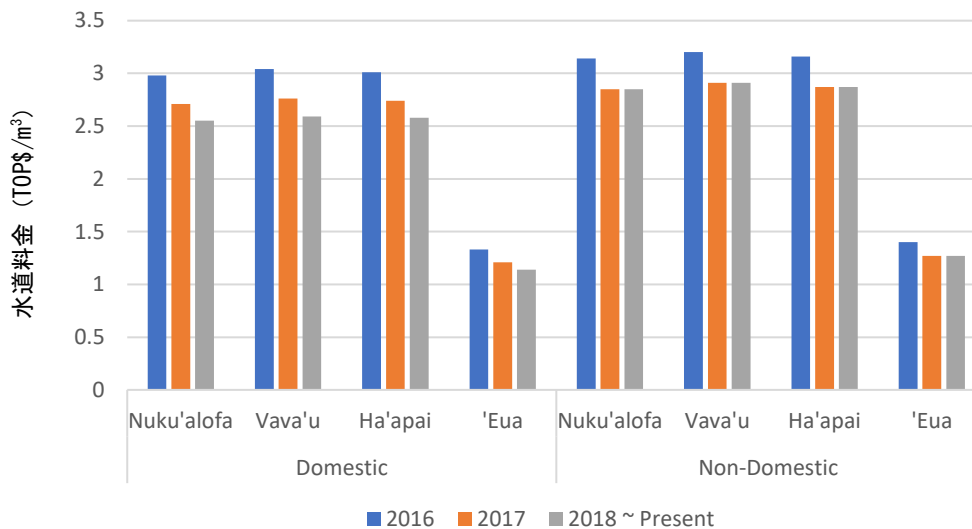


図 2-3 TWB の水道料金の推移

出典：Tonga Water Board Business Plan 2022-2027 を元に調査団作成

以上のように、TWB は公営企業という特性上、水道料金の設定や配当金の支払額など政府の方針による影響を受け易く、現状の水道施設に関する運転・維持管理に当てる予算はあるものの、自己予算からの新規施設の建設や設備への資金投入は難しい状況である。また、これまで様々なドナーの支援により、新規水道施設・設備の整備が行われてきたが、十分な水道施設の更新・改修への投資が行われて来なかったため、老朽化した配水管網からの漏水、機器類の故障(ろ過機、塩素注入装置、取水ポンプ、流量計、水道メーター等)などの問題が顕在化している。

(4) 水道水源の塩水化の進行

島嶼国の地下水は地質条件により、地表から涵養された淡水と、海から侵入する塩水が帯水層内で塩淡境界を形成する。この塩淡境界の深度は、淡水と塩水の密度差と圧力バランスによって決定され、淡水域は島の中央部で厚く、縁辺部で薄くなるレンズ状を呈することから、「淡水レンズ」と呼ばれ(図 2-4 参照)、トンガ王国の水道はこの淡水層を主要な水源としている。

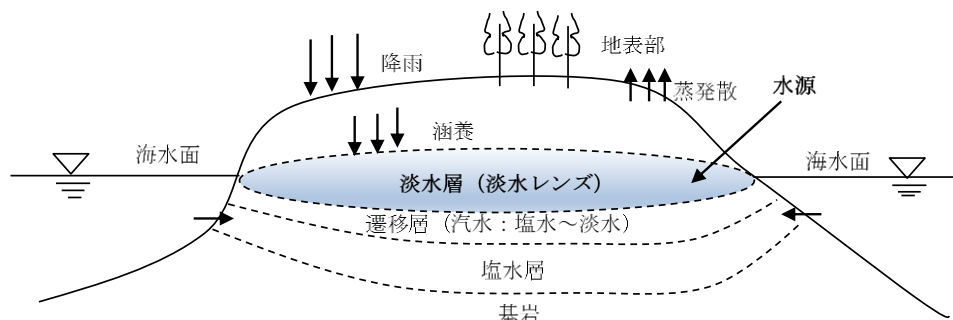


図 2-4 トンガ王国の水道水源の水理地質模式図

出典：調査団作成

淡水地下水を利用するには帯水層上部の淡水域に設置した井戸や集水埋渠により揚水を行うが、揚水によって周辺圧力が低下するため、複数の井戸による揚水が集中し過度に揚水を行った

場合、帯水層下部から井戸に向かって塩水が遡上する「アップコーニング」と呼ばれる現象が発生し、地下水が徐々に塩水化する。

トンガ王国は、近年の気候変動による降水量の減少、地球温暖化による海面の水位上昇、環太平洋地震帯に位置することにより発生する津波の影響等を受け、淡水レンズの塩水化へのリスクが増大している。

図 2-5 は過去 26 年間のババウ島における月平均降水量と TWB の取水井戸・配水池・水道水の電気伝導度 (EC) の経年変化を示したものである。トンガ王国近傍の南太平洋では、1997～98 年、2009～10 年及び 2015～16 年に、エル・ニーニョ現象が発生したものと考えられている。これらの期間中は、降水量が極端に少なくなっており、期間中及びその直後に EC 値が急上昇していることから、過去のエル・ニーニョ現象により降水量が減少した結果、地表からの地下水涵養が十分に行われず、取水井戸が塩水化の影響を受けたことがわかる。トンガ王国におけるエル・ニーニョの発生頻度は、20 年に一回程度だったものが 10 年に一度程度と 21 世紀の間に発生頻度が増加しており、地下水への影響はより強くなっている。

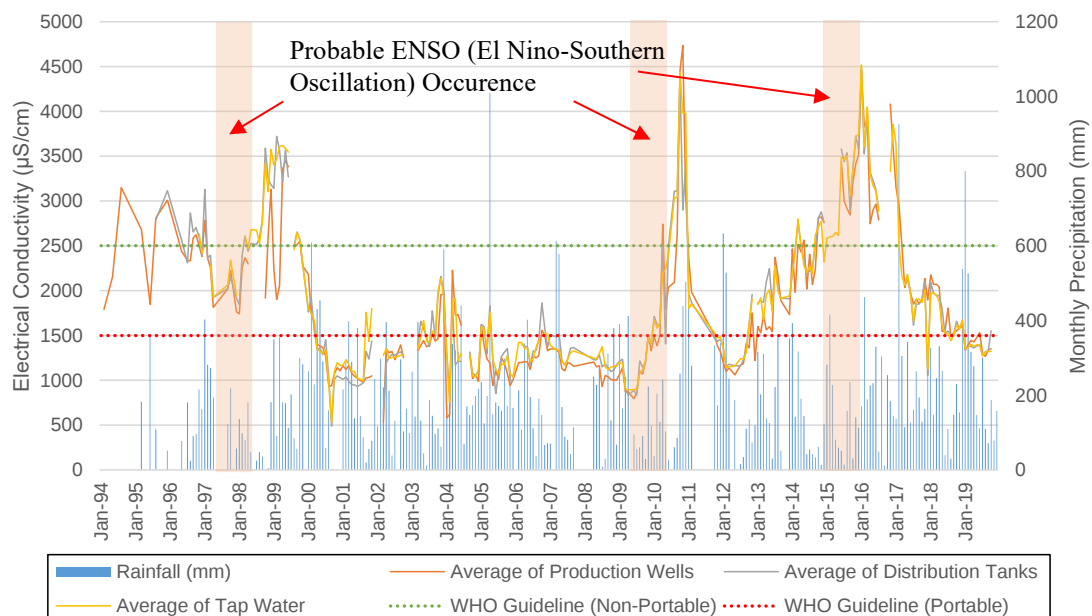


図 2-5 ババウ島の降水量・電気伝導度の経年変化とエル・ニーニョの関係

出典 TWB の提供データに基づき調査団作成

(5) 硬度の高い水道原水と安全・安定性の低い雨水の飲料用利用

トンガ王国では、慣習的に雨水が飲用水として利用されており、現在でも一般家庭や学校・病院などの公共施設等では FRP 製（繊維強化プラスチック）あるいはコンクリート製のタンクを建物の横又は地下に設置し、雨水を屋根の樋からタンク内に集水し、飲料用として利用している（写真 2.1）。

2021 年のトンガ王国国勢調査によると、トン



写真 2.1 学校に設置された雨水集水設備

ガ王国全体の約 65%が雨水を飲料用水として利用しており、トンガタブ島では約 58%、ババウ島では約 79%、ハアパイ島では約 90%、エウア島では 81%と離島地域の方がその傾向が強い。一方、水道水の飲料用利用はトンガ王国全体で 6%程度と非常に低く、水道水は飲用用途以外（調理、風呂、洗濯等）を主目的に利用されている。その理由の一つに、トンガ王国の主要な水道水源である地下水は、石灰岩由来のカルシウムを硬度分として多量に含むため、味が悪く住民が好まないことが挙げられる。しかしながら、飲料用水源を雨水に頼ることは、下表に示すような安全性、安定性に係るリスクが存在するため、安全な水道水の利用を促進することが重要である。

分類	リスクの内容
気候変動	- エル・ニーニョ現象や降雨量減少による干ばつ発生時に十分な水量が得られない。 - サイクロン発生時に風により巻き上げられた海水がタンク内に混入し、飲用水用途で使用できない。
自然災害	2022 年 1 月の火山噴火時には、降灰でタンク内が汚染され、タンクを洗浄するまで飲用水用途で使用できなかった。
衛生面	- 小動物による糞便汚染や木々の枯れ葉の混入による汚染。 - タンク内における細菌類の繁殖。

(6) 施設の運転維持管理の能力不足

水量管理については、流量計が必要な箇所に設置されてない他、故障等で機能していない流量計も散見された。また、水道メーターの故障も多い。さらに、井戸ポンプの運転管理も適切に行われておらず、流量管理のための設備が十分に整っていない。また、流量管理の方法も離島地域においては、毎日手書きのノートで管理されており、日々の運転管理にデータが活用されているとは言えない状況である（写真 2.2）。適切に流量を管理し、流量実績を把握することは、水道事業運営の基本的要素であり、改善が求められる。

薬品注入に関して、現状は塩素消毒のみ実施されている。過去にドナー支援により離島地域も含めて塩素注入設備が導入されてきたが、現在はいずれも故障しており、ニュージーランドから調達した次亜塩素酸ナトリウムのタブレットを定期的に配水池に投入している（写真 2.3）。また、残留塩素は日常的に管理されておらず、時間帯によっては必要な残留塩素が確保されず、未消毒の水道水が配水される安全面のリスクが考えられる。

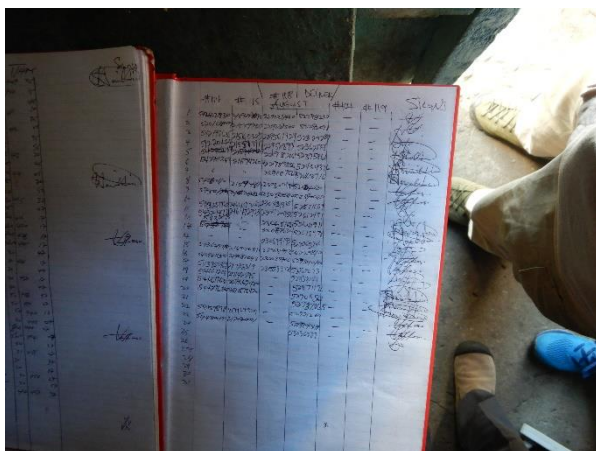


写真 2.2 手書きの運転管理日報



写真 2.3 次亜塩素酸タブレットによる消毒

水質管理については、残留塩素、濁度、pH、電気伝導度等の日常項目が管理されていない。

TWB はトンガタブ島のマタキエウア配水池の隣接地に水質検査ラボを有するが、測定可能項目は糞便性大腸菌群数、電気伝導率、残留塩素の3項目のみであり、鉄・マンガン等の重金属やクロロエチレン等の有害物質の測定は不可で、TWB 唯一の水質検査ラボの機能としては不十分である（写真 2.4）。離島支所では水質検査機器を有しておらず、トンガタブ島に試料を月 1 回空輸し、ラボで上記 3 項目の水質検査を実施し、メールで結果を受領する体制となっている。

機器の維持管理に関して、浄水施設が整備されているのはエウア島のみであり、その他の島では取水施設、送水施設、配水施設のみである。そのため、機器の種類はポンプ、電気盤、塩素消毒設備、流量計、水道メーター等の基本的なものが大半となっている。機器の保全は、基本的に事故が起きてからの事後保全による対応となっており、計画的な予防保全による管理が行われていない。また、事後保全での故障対応も不十分であり、前述のとおり流量計や水道メーターは故障したまま放置されているものも多い（写真 2.5）。機器が故障しスペアパーツが必要な場合は国外からの調達が必要なケースも多い。調査時にもスペアパーツの到着待ちで機器類が使用できていない状況が確認され、ドナーから供与された塩素消毒設備やエウア島の膜ろ過設備、急速ろ過機などは故障した後、修理されていない。直近では、2019 年にオーストラリアより災害時の応急給水用の海水淡水化装置が供与されたが、同装置も故障しており現在は稼働していない。以上のように、トンガの地理的要因も重なり機器の維持管理に関する問題は大きい。そのため、本事業により海水淡水化装置などの高度な機器を導入しても一旦故障すると使用されず、持続的な効果が得られない可能性が考えられる。



写真 2.4 トンガタブ島の水質検査ラボ



写真 2.5 故障したままの流量計



写真 2.6 故障した海水淡水化装置

(7) 施設・設備の老朽化

TWB の水道は 1966 年にトンガタブ島で開始され、これまでに様々なドナーの支援を受けながら、水道施設整備を推し進め、給水エリアの拡張により収入基盤を拡大してきた。その一方で、一度整備した施設・設備の改修には十分な予算が配分されず、老朽化に伴う問題が顕在化している。また、TWB は今後、都市化地域に給水エリアを拡大していく意向であり、増加する水道資産をいかに適切に管理するか、アセットマネジメントの重要性が増している。なお、TWB の水道資産は、現在エクセルのデータベース「TWB Fixed Asset Register 20-21」で管理されており、専用の管理システムは未導入である。

特に配慮すべき問題として、配水管網の老朽化に伴う漏水の増加が挙げられる。「Tonga Water Board Business Plan 2022-2027」によると、トンガタブ島、ババウ島、エウア島の直近の無収水率は 30～40%、リフカ島は約 20%となっており、その主要因として漏水が挙げられている。ババウ島とエウア島の一部の配水本管には未だアスベスト管が残存しており、漏水や耐久性の観点から早期の更新が必要である。「Business Plan 2022-2027」によると TWB の所有する配水管網は、uPVC またはダクタイル鋳鉄管、口径 40mm～500mm、総延長約 270km であり、「TWB Fixed Asset Register 20-21」によると取得原価ベースで総資産の約 40%を占める。そのため、計画的に予算を確保し、長期的な取組みとして管路更新を実施することが必要である。

(8) 村落地域の水道サービスの脆弱性

トンガ王国では TWB の給水エリア以外では、保健省の管轄のもと、VWC により水道事業が運営管理されている。VWC の水道施設は写真 2.7 に示すように、井戸と高架水槽から構成され

るものが一般的であるが、下記のような問題を抱えている。

- 水道サービスの質、水道料金の設定は運営する VWC によって異なり、村落の規模によって財政面や運転維持管理面で差が生じている。特に運転維持管理能力やモラルの欠如が大きな問題となっており、能力開発や研修が必要である。
- TWB の給水エリアでは 24 時間給水を達成している一方で、村落給水では 1 日の給水時間が短く 3 時間程度の地域も存在する。
- 家庭の浄化槽からのし尿の地下浸透や野豚等の動物の糞便等による水源汚染のリスクがある。加えて、塩素消毒が徹底されておらず、水系感染症の発生リスクが高い状況にある。
- 農業活動に起因する農薬や肥料の化学物質による地下水源汚染のリスクがある。
- 2022 年 1 月の海底火山噴火・津波による被災時には、電力供給の停止により自家発電設備を持たない村落部では取水ポンプが稼働できず、水が得られないなど自然災害に対する脆弱性が浮き彫りとなった。



写真 2.7 村落部の水道施設

(9) 被災時対応

1) 被災時の応急給水

2022年1月15日の海底火山噴火・津波では、TWBの給水エリアに水需要が集中し、配水池がほぼ空となる状態が被災後の16日から27日に渡って継続し、また、各離島の都市地域において水需要が水道の生産能力を超過する状態が続いたと報告されている。特に離島に関しては、自然災害や気候変動の影響を受けやすく、一旦被災すると飲料水を確保することが容易ではないため、応急給水の必要性が高い。新規水源の開発や海水淡水化装置の供与などによりバックアップ水源を確保し、被災時には一時的に生産水量を増加させるなど冗長性のある水道システムを構築すること、また必要な給水車の配備や応急給水体制の整備、応急給水マニュアルの整備などにより、応急給水体制を強化することが必要である。

2) 被災時の応急復旧

2022年1月の海底火山噴火・津波によりヌクアロファの沿岸部265戸、エウア島の57戸、リフカ島の25戸の給水管が損傷を受けた。また、火山灰の堆積により変圧器がフラッシュオーバーし、井戸の取水ポンプや電気盤、発電機の故障が発生した。その結果、TWBの全ての水道システムが回復に至るまでに2週間を要した。さらに、海底ケーブルが遮断されるとトンガ王国の通信網システムに大きな被害をもたらし、これによりTWB本部には離島の水道施設の被害状況について、断片的な情報しか得られず、詳細な被害状況を把握するまでに多くの時間を要した。トンガ王国は火山噴火・津波の他にも、大規模な地震やサイクロン等も多く発生しており、場合によっては配水本管が破損するなどの可能性も十分考えられる。

以上のことから、自然災害に対して脆弱なトンガ王国の水道では、被災後の水道システムの被災状況の早期把握及び復旧が大きな課題となる可能性が高い。TWBでは、現状、事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）を策定しているが、緊急時対応等のマニュアル類は十分に整備されておらず、これらへの取組みも早期復旧のために重要と考える。

2.2.3 衛生関連並びに水系感染症に関する問題点（国レベル）

トンガ王国では下水道は整備されておらず、腐敗槽による汚水処理が主流となっている。多くの浄化槽はサイズが小さく能力不足で構造も不適切であるため、激しい降雨時などに浄化槽から流出する汚染水が、海岸沿いやラグーン地域の藻類の過剰繁殖の原因と考えられており、生態系への影響が懸念されている。なお、TWBは汚水処理に関する権限は持っておらず、トンガ王国で排水処理を管轄する機関は明確に定められていない状況である。

水系感染症に関しては、保健衛生関連のデータは保健省で管理されているが、水系感染症の症例数などの体系的な管理はなされていない状況である。

2.2.4 水道事業の現状（対象地区）

(1) トンガタブ島

1) 水道事業の現状

首都ヌクアロファが位置するトンガタブ島にはトンガ王国全体の約74%の7万4,320人（国勢調査2021年）が居住しており、TWBの顧客の約78%が集中する主要な収入源となっている。TWBは、トンガタブ島の全1万3,565戸（国勢調査2021年）のうち、2021年時点で9,841戸（約73%）に給水接続しており、そのうち7,819戸（約58%）に水道サービスを提供している。一方、TWBの給水エリア外では、MOH管轄のもとVWCにより水道事業が運営されている。

トンガタブ島におけるTWBの水道水供給実績を図2-6及び表2-8に示す。直近7年間ににおいて生産水量と有収水量は増加傾向に、配水量はほぼ横ばい、無収水量は減少傾向にある。特に無収水率は、ADBとオーストラリアの支援によるDMA構築を含む配水管網の整備やスマートメーターの導入により、2015/16年度の58%から2021/22年度の31%と大きく減少（約27%減少）している。2021/22年度における日平均水量は、生産水量13,665m³/日、配水量9,341m³/日、有収水量6,479m³/日、無収水率は約31%となっている。

今後、ヌクアロファ市郊外には新興住宅地の建設や2022年1月の津波で被災した村民の移住に伴う新しい村の建設が予定されており、新規給水の増加により水需要が増加することが予想される。

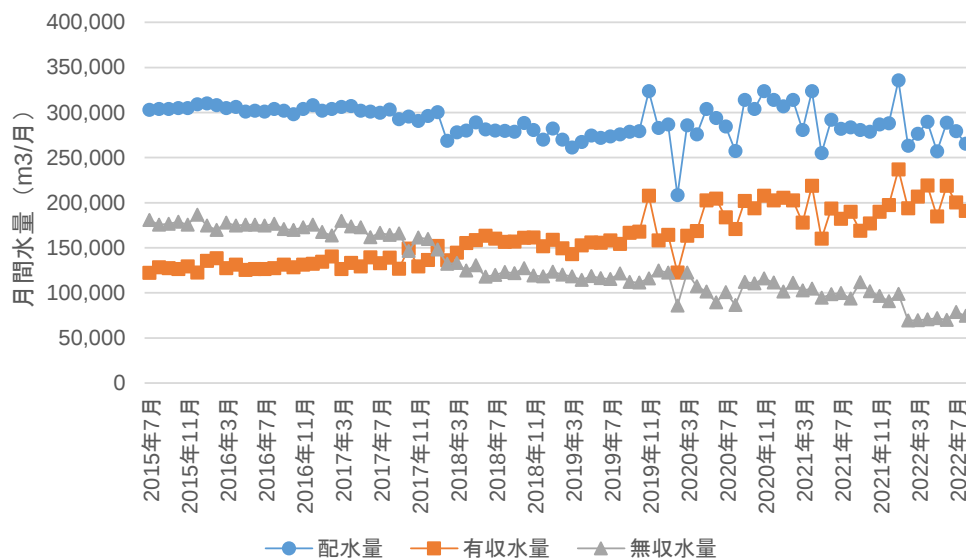


図 2-6 トンガタブ島における水道供給実績（2015/16年～2021/22年度）

出典：TWBの月間水表 2-9 量実績を元に調査団作成

表 2-8 トンガタブ島における水道供給実績（2015/16年～2021/22年度）

年度	生産水量 (m ³ /日)	配水量 (m ³ /日)	有収水量 (m ³ /日)	無収水量 (m ³ /日)	無収水率
FY 15/16	10,796	10,033	4,218	5,814	58%
FY 16/17	10,772	9,970	4,328	5,642	57%
FY17/18	11,371	9,519	4,720	4,799	50%

年度	生産水量 (m ³ /日)	配水量 (m ³ /日)	有収水量 (m ³ /日)	無収水量 (m ³ /日)	無収水率
FY18/19	12,326	9,051	5,102	3,949	44%
FY19/20	12,536	9,227	5,582	3,645	40%
FY20/21	14,427	9,777	6,350	3,427	35%
FY21/22	13,665	9,341	6,479	2,863	31%

出典：TWB の月間水量実績を元に調査団作成

水質については、現地調査の結果、トンガタブ島の水質は電気伝導度が低く、塩素注入も適切に行われており、問題ない水準であることが確認された（詳細については資料5を参照）。一方、水道水は地質由来で硬度が高く、住民は飲料水としての利用を好まない傾向がある。

2) 水道施設の概要

ヌクアロファ市の水道は、1966年にTWBによって開始されたが水圧が低く、以降は配水施設の老朽化が進行した。その後、2001年の本邦無償資金協力「ヌクアロファ上水道整備計画」により、口径の大きい配管への布設替えが行われ、給水状況の改善と水道水の安定供給が図られた。同事業では、マタキエウア配水池から市内への配水管約41km（φ50～500mm）の整備が行われ、現在も当時布設された配水管がトンガタブ島の配水管網の主要部を構成している。さらに、2019年12月には新たに16本の井戸の掘削、13本の井戸の改修、3,000m³の配水池の建設、9.5kmの送水管の布設等が行われ、トンガタブ島内の主要な水道施設整備は完成した。

図2-7にトンガタブ島内のTWBが所有する水道施設の位置を示す。トンガタブ島の水道システムは、マタキエウアの取水井戸群から取水した水を配水池（8池で合計約7,800m³）に揚水し、塩素消毒後に配水池から自然流下でヌクアロファ市内およびその周辺地域に配水している。

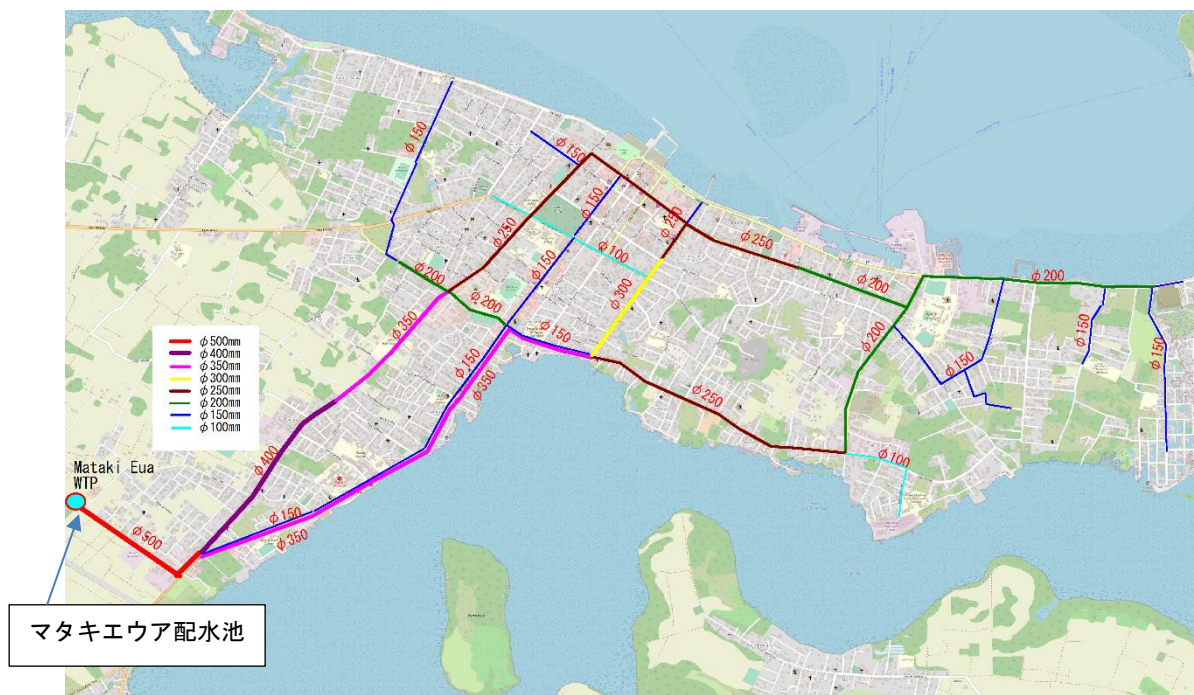


図 2-7 トンガタブ島の既存水道施設の位置

TWB は 2019 年 10 月～2020 年 3 月にかけて、各戸の機械式の水道メーターをスマートメーターに全面更新している。トンガ王国の水道水は硬度が高く、カルシウム等の硬度分に起因するスケール発生により機械式メーターの故障が相次いだところ、超音波式のスマートメーターに更新した（耐用年数 15 年、バッテリーは 5 年毎に交換予定）。このスマートメーターの導入により有収水量及び水道料金収入が増加したため、TWB 内部での評価は高く、離島部にも順次導入を進めていく計画である。



写真 2.8 スケールがこびり付いた従来の機械式のメーター



写真 2.9 新規導入されたスマートメーター

(2) ババウ島

1) 水道事業の現状

ババウ島は、首都のあるトンガタブ島から北方約 200km に位置するババウ諸島の本島で、トンガ王国全体の約 14%にあたる 14,182 人（国勢調査 2021 年）が居住している。ババウ島の中心地であるネイアフは、首都ヌクアロファに次ぐトンガ第 2 の都市であり、ババウ島の人口の約 38%が居住している。TWB はネイアフを中心にババウ島の 2,723 戸（国勢調査 2021 年）のうち、2021 年時点で 1,296 戸（約 48%）に給水接続しており、そのうち 1,126 戸（約 41%）に水道サービスを提供している。TWB の給水エリア外では、トンガタブ島と同様に VWC により水道事業が運営されている。

ババウ島における TWB の水道水供給実績を図 2-8 及び表 2-9 に示す。直近 7 年間に於いて生産水量、配水量は増減はあったもののほぼ横ばい、有収水量は微増、無収水量は微減傾向にある。2019 年末まで増加傾向にあった生産水量・配水量が、2020 年以降に微減に至った理由の一つとして、ババウ島が世界的に知られたヨットの寄港地で観光地であったことから、新型コロナウイルス感染症による渡航制限が影響した可能性がある。2021/22 年度における日平均水量は、生産水量 1,621 m³/日、配水量 1,302 m³/日、有収水量 630 m³/日、無収率は約 37%であった。

表 2-9 ババウ島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）

年度	生産水量 (m ³ /日)	配水量 (m ³ /日)	有収水量 (m ³ /日)	無収水量 (m ³ /日)	無収水率
FY 15/16	1,638	1,267	630	636	50%
FY 16/17	1,763	1,295	643	652	50%

年度	生産水量 (m ³ /日)	配水量 (m ³ /日)	有収水量 (m ³ /日)	無収水量 (m ³ /日)	無収水率
FY17/18	1,987	1,216	677	540	44%
FY18/19	1,984	1,348	798	598	42%
FY19/20	2,113	1,504	879	625	41%
FY20/21	1,822	1,467	892	575	39%
FY21/22	1,621	1,302	820	484	37%

出典：TWB の月間水量実績を元に調査団作成

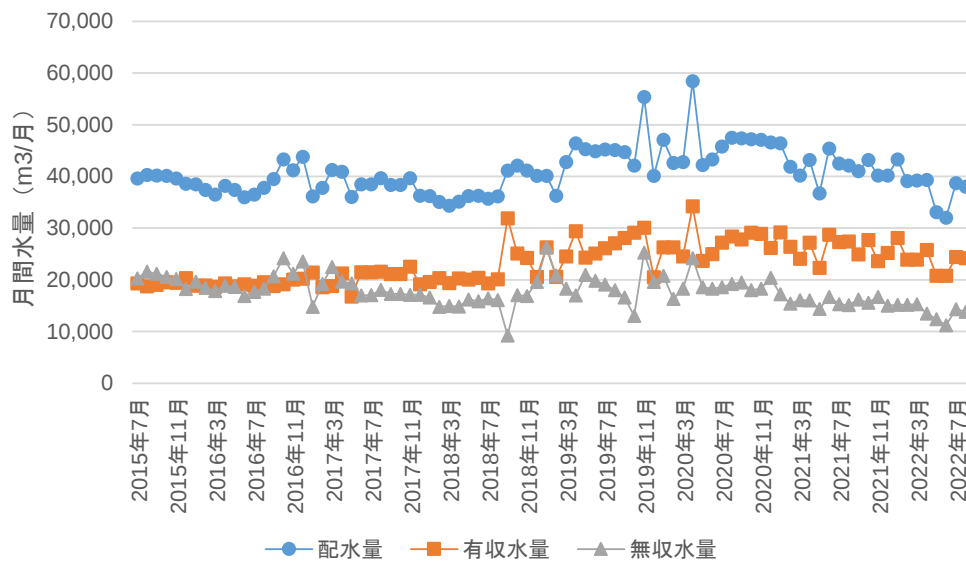


図 2-8 ババウ島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）

出典：TWB の月間水量実績を元に調査団作成

2) 水道施設の概要

ババウ島の水道施設は、1970 年代に 5 本の取水井戸を水源とし水道供給サービスを開始し、1997 年から 1999 年にかけて、EU の援助のもと 15 本の取水井戸と揚水ポンプ設備、8.9km に及ぶ配水本管、1,000m³ の配水池の整備が行われたが、その後、水道施設の改修は行われていない。TWB の取水井戸は、2000 年以降ポンプの故障や井戸の閉塞等により、次第に稼働する井戸の数が減少している。また、ネイアフ市内の配水管には、約 4km のアスベスト管が残存している。

図 2-9 にババウ島内の既存水道施設の位置を示す。ババウ島の水道システムは、ネイアフ市内の取水井戸群から取水した水を配水池（3 池で合計約 1,400m³）に揚水し、塩素消毒後、自然流下でネイアフ市内およびその周辺部に配水している。

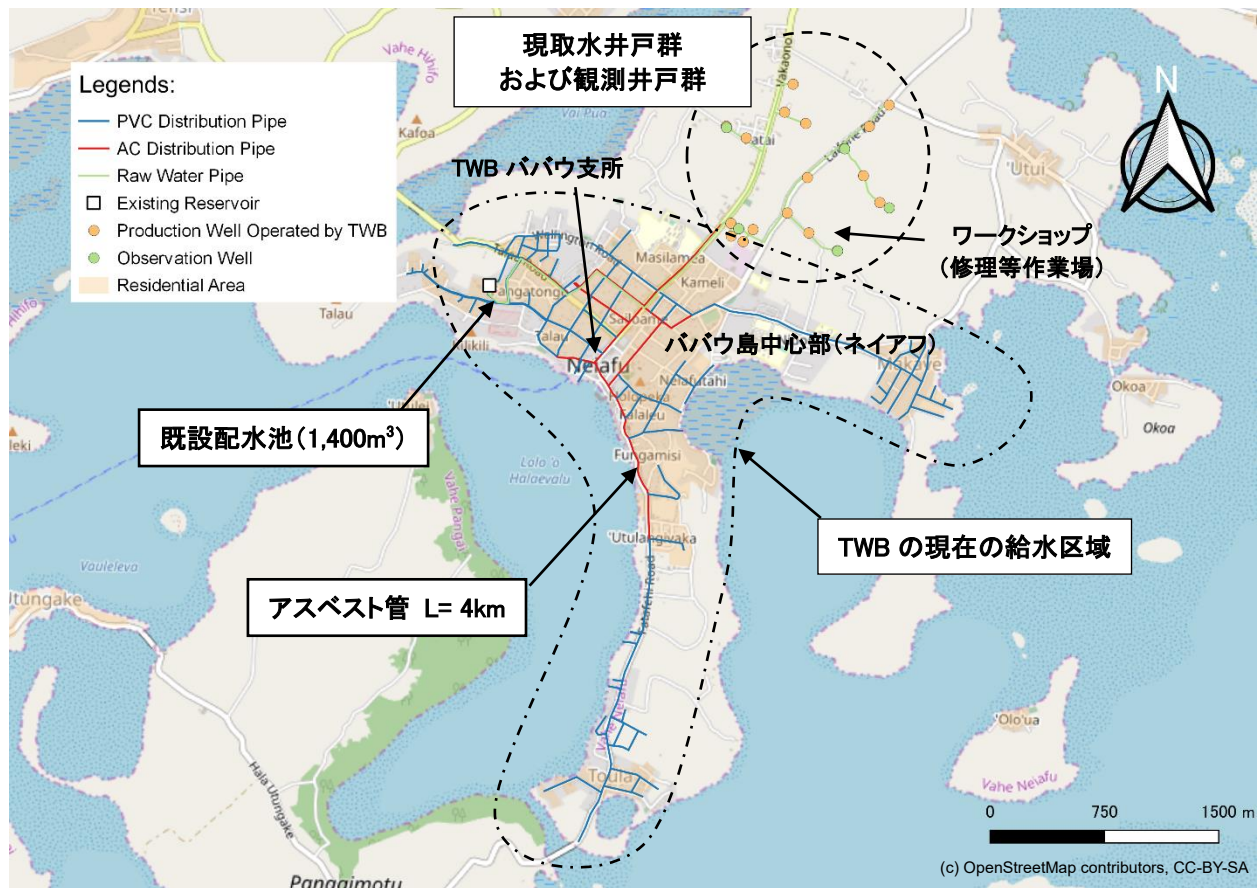


図 2-9 ババウ島の既存水道施設の位置

出典：2019 年度業務報告書より

(3) リフカ島

1) 水道事業の現状

TWB はハアパイ諸島のうちリフカ島のパンガイ、ヒヒフォ地区で水道供給を行っており、ハアパイ諸島の全 1,136 戸（国勢調査 2021 年）のうち、2021 年時点で 464 戸（約 41%）が TWB の水道に接続しており、そのうち 387 戸（約 42%）に水道サービスを提供している。一方、TWB の配水エリア外では、MOH 管轄のもと VWC による水道事業が運営されている。

リフカ島における TWB の水道水供給実績を図 2-10 及び表 2-10 に示す。直近 7 年間において生産水量、配水量、有収水量は増加傾向にあり、配水量は 2015/16 年度から 2021/22 年度にかけて約 31%増加している。無収水量はほぼ横ばいであるが、無収水率としては 2015/16 年度の 30% から 2021/22 年度の 22%と約 8%減少している。2021/22 年度における日平均水量は、生産水量 690 m³/日、配水量 347 m³/日、有収水量 270 m³/日であった。

表 2-10 リフカ島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）

年度	生産水量 (m³/日)	配水量 (m³/日)	有収水量 (m³/日)	無収水量 (m³/日)	無収水率
FY 15/16	520	264	185	79	30%
FY 16/17	552	247	190	57	23%
FY17/18	581	275	208	67	24%

年度	生産水量 (m ³ /日)	配水量 (m ³ /日)	有収水量 (m ³ /日)	無収水量 (m ³ /日)	無収水率
FY18/19	813	315	237	77	25%
FY19/20	685	284	225	59	21%
FY20/21	570	329	263	66	20%
FY21/22	690	347	270	77	22%

出典：TWB の月間水量実績を元に調査団作成

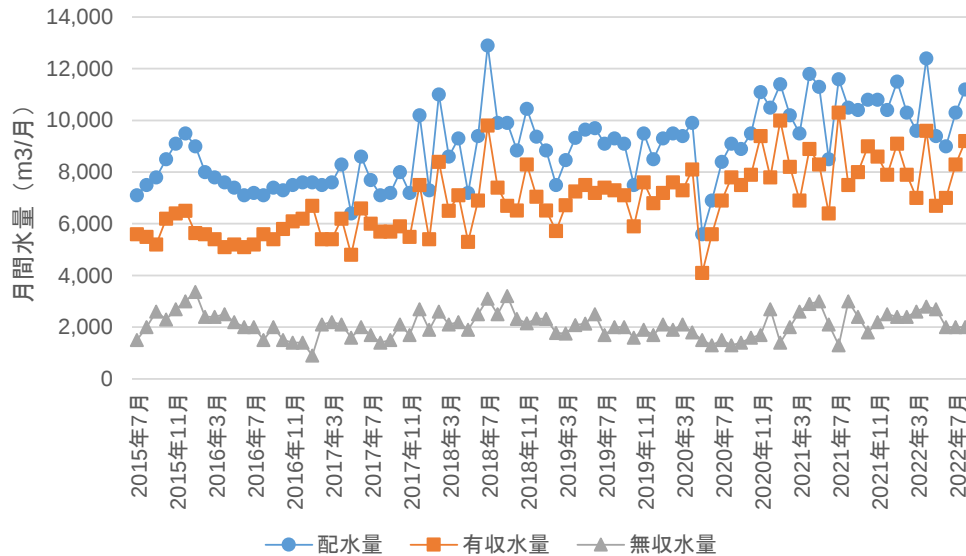
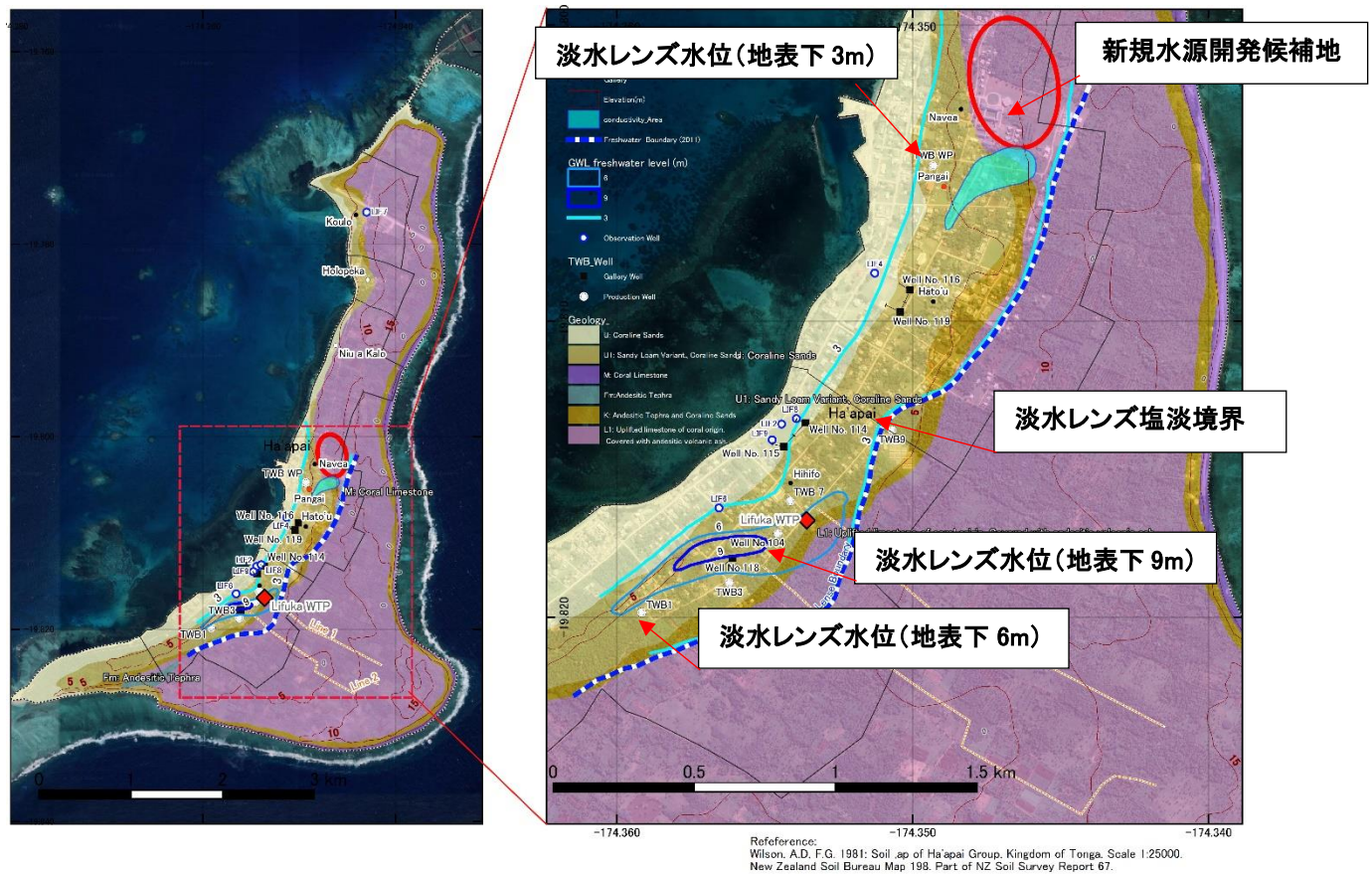


図 2-10 リフカ島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）

出典：TWB の月間水量実績を元に調査団作成

2) 水道施設の概要

図 2-11 にリフカ島の既存水道施設の位置を示す。リフカ島の水源は外部環境の影響を受けやすい淡水レンズ(地下水)に依存しており、3箇所集水埋渠と1つの浅井戸から取水した水を、高台の配水池(5池で合計約200m³)に揚水し、塩素消毒後に同じ敷地内に設置された高架水槽に揚水して、自然流下で市街中心部に配水している。主要な配水管は1996年に整備された後、1999年にPVC管に更新され、その後23年間が経過しているため、高い水圧や老朽化により漏水が多発している。配水池・高架水槽は、TWB ハアパイ支所と同じ敷地に整備されており、事務所には顧客の料金支払窓口も設置されている。



全体概要図

詳細拡大図

図 2-11 リフカ島の既存水道施設の位置

出典：調査団作成

(4) エウア島

1) 水道事業の現状

エウア島は首都ヌクアロファの位置するトンガタブ島の南西に位置し、4,903 人が居住し、戸数にして 913 戸（国勢調査 2021 年）となっている。2021 年時点で 885 戸（約 97%）が TWB の水道に接続し、そのうち 777 戸（約 85%）に水道サービスを提供しており、TWB が水道事業を行う 4 島の中では最も給水率が高い。

エウア島における TWB の水道水供給実績を表 2-11 及び図 2-12 に示す。直近 7 年間に於いて生産水量、配水量、有収水量は変動がやや見られるが微増しており、配水量は 2015/16 年度から 2021/22 年度にかけて約 15% 増加している。無収水量は微減しており、無収水率としては 2015/16 年度の 47% から 2021/22 年度の 33% と約 14% 減少している。2021/22 年度における日平均水量は、生産水量 1,162 m³/日、配水量 965 m³/日、有収水量 648 m³/日であった。

表 2-11 エウア島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）

年度	生産水量 (m ³ /日)	配水量 (m ³ /日)	有収水量 (m ³ /日)	無収水量 (m ³ /日)	無収水率
FY 15/16	1,113	841	445	396	47%
FY 16/17	1,227	900	480	420	46%

年度	生産水量 (m ³ /日)	配水量 (m ³ /日)	有収水量 (m ³ /日)	無収水量 (m ³ /日)	無収水率
FY17/18	1,237	844	488	356	42%
FY18/19	1,155	789	473	317	40%
FY19/20	1,241	944	572	371	39%
FY20/21	1,123	938	605	332	36%
FY21/22	1,162	965	648	318	33%

出典：TWB の月間水量実績を元に調査団作成

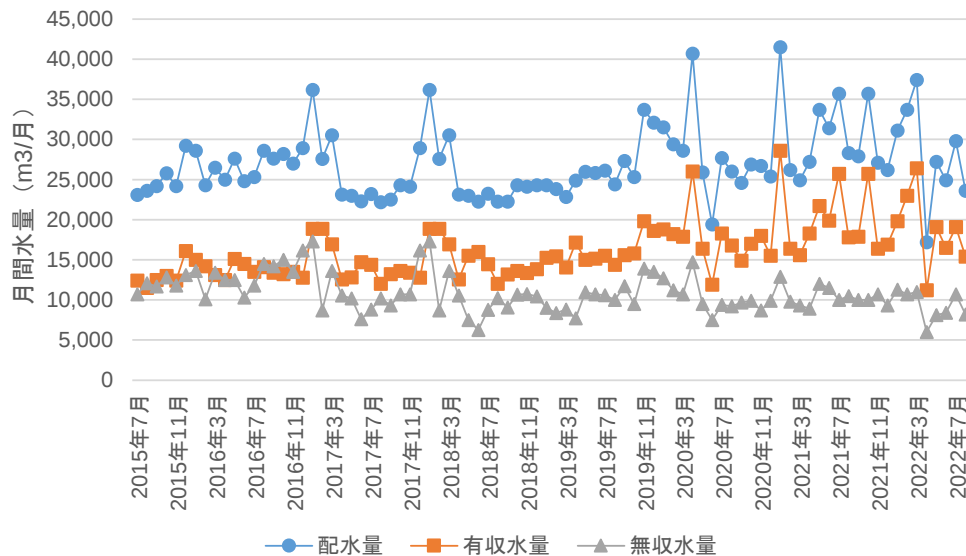


図 2-12 エウア島における水道供給実績（2015/16 年～2021/22 年度）

出典：TWB の月間水量実績を元に調査団作成

2) 水道施設の概要

図 2-13 にエウア島の既存水道施設の位置を示す。エウア島の水道水源は 4 箇所の表流水源（マタヴァイ洞窟、ペケペカ洞窟、サオア洞窟、ファーン峡谷の 4 つの湧水）と 5 箇所の井戸（マタヴァイに 3 箇所、オホヌアに 2 箇所）から構成される。表流水は、乾季は 5 NTU 程度と水質は良好であるが、雨季の降雨時には 200 NTU を越える高濁度となることもあるため、エウア島には TWB で唯一の浄水場が整備されている。浄水場は 2006～2008 年にかけて Eua Water Supply Upgrade Project (EWSUP) でニュージーランドの資金援助により整備されており、普通沈殿池、膜ろ過装置、塩素注入装置、浄水地（536m³）から構成される。水源からの配管、島内の配水管も合わせて整備された。雨季のみ浄水処理を行い、乾季はバイパス管を経由させて塩素消毒のみ実施している。しかし、運転開始直後から雨季の大雨後に浄水場に流れ込む高濁度原水に対して、浄水設備は期待された性能を発揮できず、2014 年頃に追加で急速ろ過機が導入された。その急速ろ過機も現在故障しており、雨季の高濁度水がバイパス管を経由して、塩素消毒後に配水されている。

表流水源は上述のとおり、雨季の大雨時に高濁度となるため、雨季にはマタヴァイの 3 箇所の取水井戸を併用している。2022 年 8 月の現地調査時には、そのうち 1 つの井戸ポンプが故障しており取り外されていた。オホヌアの 2 箇所の取水井戸は、表流水源からの取水量が減少する乾

季のみ補足的に運用しており、一旦減圧槽に揚水後、表流水と混合して自然流下で配水している。

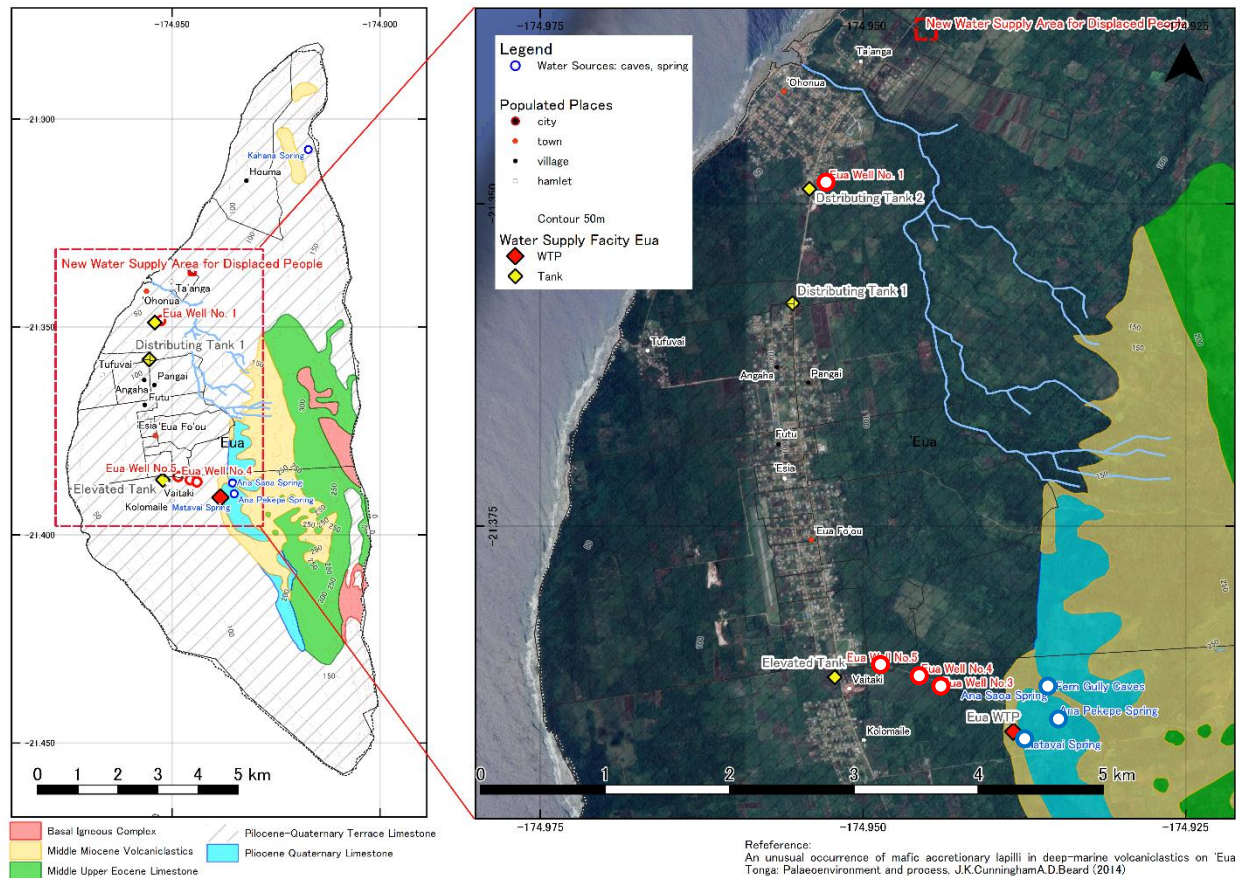


図 2-13 エウア島の既存水道施設の位置

出典：調査団作成

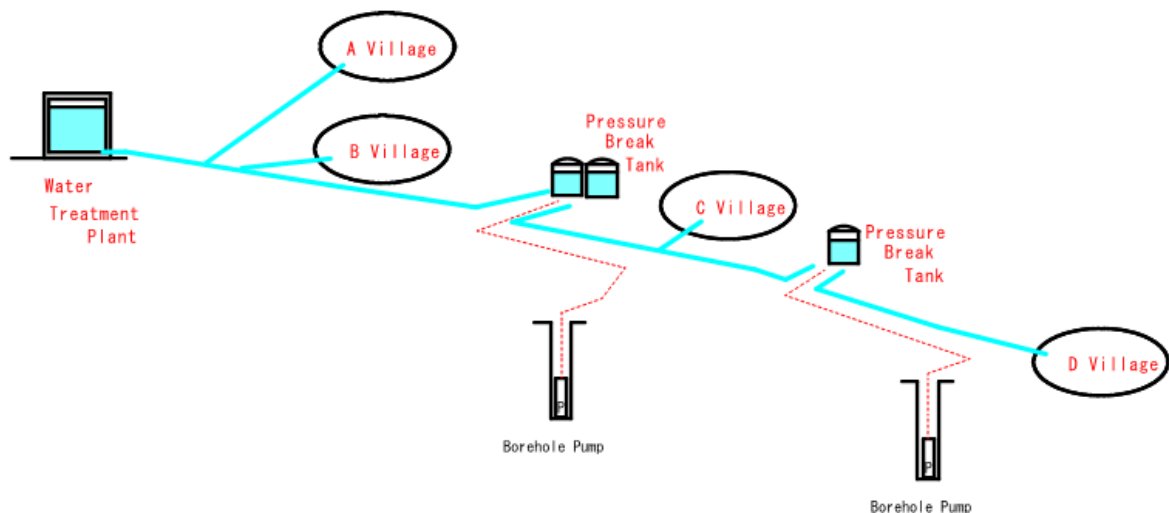


図 2-14 エウア島の配水システムの模式図

出典：調査団作成

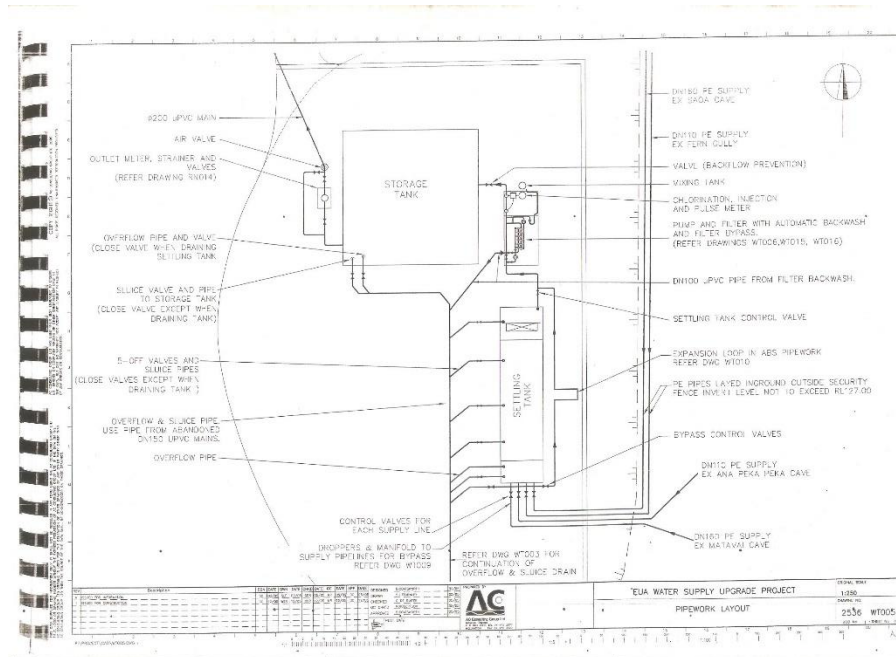


図 2-15 エウア島の既設浄水場の平面図

出典：TWB から受領した EWSUP 図面集より

2.2.5 飲料水供給における問題点（対象地区）

(1) トンガタブ島

1) 大規模自然災害に対する水道システムの脆弱性

2022年1月15日に発生した海底火山噴火では、トンガタブ島全体で電力の供給が停止した。TWBでは非常用発電機を備えていたため給水への影響はなかったが、周辺の村落給水では取水ポンプが停電により停止し、周辺住民が水を求めてマタキエウア配水場に殺到した。その際、TWBは現地で住民に対して直接給水を実施したため、市内への水供給が逼迫する事態となった。TWBの給水エリアと村落給水の境界に住んでいる住民は、「道の向こう側（TWB側）では水が使えるのにこちら側（村落側）では水が出ない」という不満の声も聞こえたとのことである。

また、図2-16に示すようにマタキエウア配水場からの配水本管（ $\phi 500\text{mm}$ ）は一部単一管となっており、この配管が自然災害時に破断した場合、ヌクアロファ市内全域が断水となる潜在的な脆弱性を抱えている。仮に断水となった場合、トンガタブ島最大の病院であるヴァイオラ国立病院への給水が不可能となり、災害時の医療活動にも支障を来す恐れがある。さらに、島嶼国であるトンガでは、管資材は全て輸入である。大口径管の輸入には、発注⇒制作⇒輸入と長い期間が必要であり、災害時の混乱した状況では、資材輸送に時間がかかると予想され、結果的に断水は長期間におよぶ恐れがある。

以上のとおり、トンガタブ島のヌクアロファ近郊はTWBの水道サービスへの依存度が高く、危機管理の観点から大規模自然災害に対する水道システム全体の冗長化、強靱化が課題である。



図 2-16 現状配水管網の潜在的な問題点

2) 村落地域の水道サービスの脆弱性

前述のとおり VWC による村落給水は、自然災害や気候変動に対する脆弱性、水道施設の運転維持管理能力の不足、水源汚染と水系感染症のリスクなど様々な問題を抱えており、安全な水道の安定供給の観点からは可能な限り TWB の水道サービスへ統合することが望ましい。一方、TWB は現在の給水エリア近隣の村落から順次統合する意向を示しているが、統合のためには TWB の管網拡張のための資金等のリソースの確保が必要である。また、安価な村落給水や雨水利用を好み、TWB の水道サービスへの接続を望まない可能性も考えられ、安全な水道水の利用を促進するための啓発活動も必要と考えられる。



写真 2.10 既存給水エリア近隣に位置する
ペア村の給水施設

(2) ババウ島

1) 既存水源の塩水化

ババウ島における TWB の既存地下水源は、比較的塩水化の傾向が色濃く、塩水化への対応が喫緊の課題となっている。図 2-17 に示すようにババウ島の地下水源は乾季・雨季で電気伝導度が大きく異なる。表 2-12 は、原水の種類と電気伝導度（塩分）の関係を表したものである。ババウ島の雨季においては電気伝導度が 500～3,000 μ S/cm となり WHO が定める飲料用原水の限界値 1,500 μ S/cm を超える時があり、乾季においては、電気伝導度が 5,000 μ S/cm 以上となるなど、WHO が定める非飲料用原水の限界値 2,500 μ S/cm を大きく超過している。

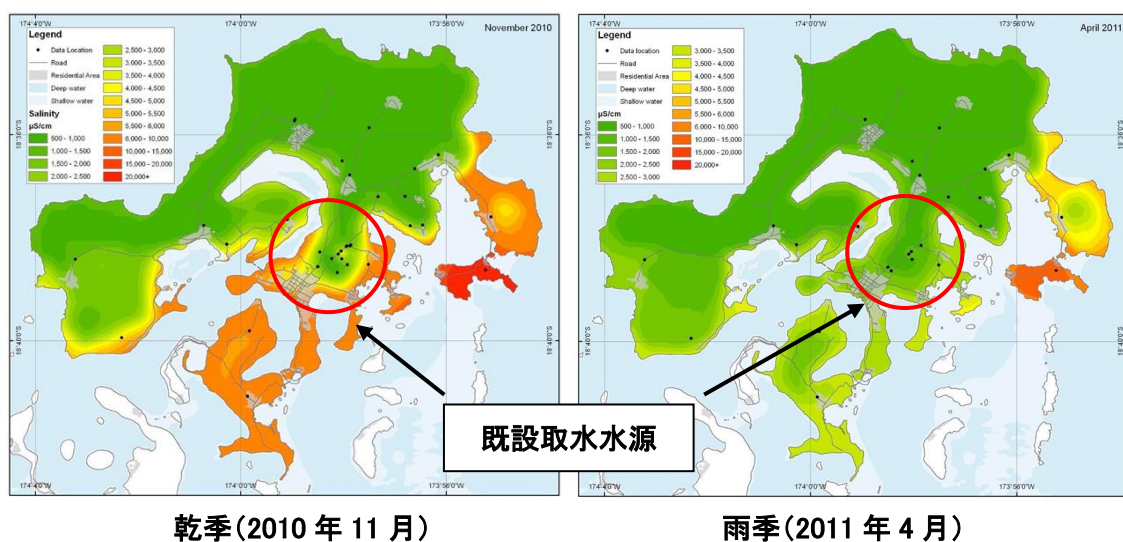


図 2-17 乾季及び雨季直後の水質と既存水源の塩水化

出典：「Neiafu Groundwater Resources Assessment and Sustainable Management Report, Nicola Fry and Tony Falkland, December 2011」より調査団作成

注) 緑色は塩分濃度（電気伝導度）が低く（500～3,000 μ S/cm）、橙～赤色は塩分濃度（電気伝導度）が高い（5,000 μ S/cm 以上）

表 2-12 原水種類と電気伝導度（塩分）の関係

原水種類	電気伝導度：EC（ μ S/cm）	備考
雨水	50 - 100	
淡水化レベルの高い地下水	250 - 500	
通常の地下水	500 - 1,500	
飲料用原水(限界)	1,500	WHO ガイドラインの飲料用原水のための許容塩化物濃度（250 mg/l）に相当
非飲料用原水（限界）	2,500	水浴や洗濯に使用可能な水質限界
塩分濃度の低い汽水	2,500 - 5,000	
塩分濃度の高い汽水	10,000 - 50,000	
海水	50,000 - 55,000	

出典：「Neiafu Groundwater Resources Assessment and Sustainable Management Report, Nicola Fry and Tony Falkland, December 2011」より調査団作成

また、前述したとおり、近年の気候変動による降水量の減少、地球温暖化による海面の水位上昇、環太平洋地震帯に位置することにより発生する津波の影響、エル・ニーニョの発生頻度の増加など、淡水レンズの塩水化のリスクが増大しており、対応が必要である。

2) アスベスト管の残存

現在のババウ島の水道システムの無収水率は40%～50%となっており、その主な原因は老朽化した配水管からの漏水である。とりわけ、ネイアフ市内の配水本管の約4kmに未だにアスベスト管が残存しているなど、老朽管の更新が急務となっている（図 2-18）。

アスベスト管は施工性がよく、また安価であったことなどから、過去に水道管として多く使用されてきたが、強度が弱く、破損率が他の管種より高いことが特徴であり、漏水防止や耐久性の観点から更新する必要がある。

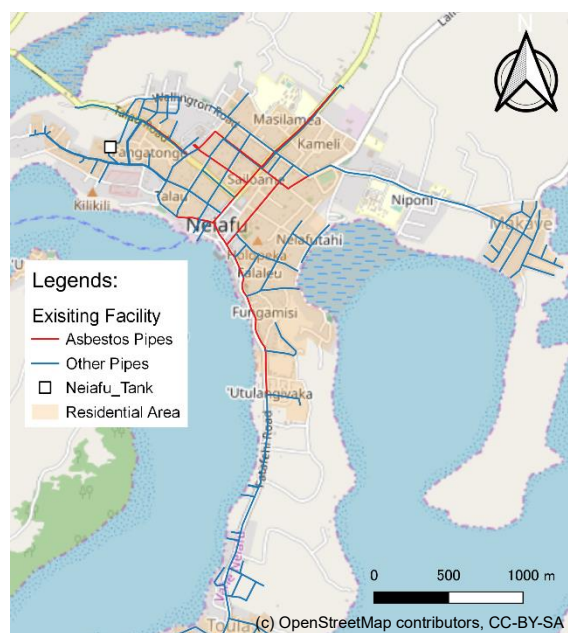


図 2-18 アスベスト管の埋設位置

出典：令和元年度業務報告書

(3) リフカ島

1) 既存水源の塩水化

2007 年から 2021 年までの気象データによると、図 2-19 に示すように、エル・ニーニョが発生した年はその発生期間及びその後数ヶ月間、極端な降水量の減少により地下水涵養量が減少し、電気伝導度値が上昇し、淡水レンズの塩水化が発生している。地球規模の気候変動の影響を受けて、極端な少雨や多雨といった異常気象の発生リスクが高まる中で、このような少雨時における地下水資源の減少に対しては、喫緊の対応が必要と言える。

調査団が既存水源の電気伝導度の実測したところ、3つの集水埋渠のうち、2つの集水埋渠でWHOの飲料水質基準 1,500 μ S/cm を上回っており、配水池における配水水質においても基準値

を超過する結果であった。

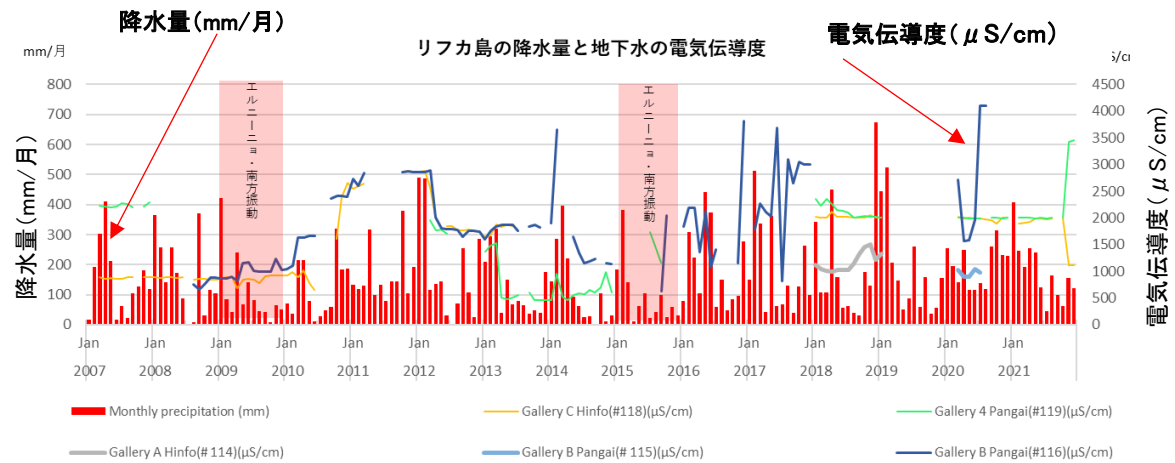


図 2-19 リフカ島の降水量と水源の電気伝導率

加えて、IPCC 第6次評価報告書（2021年）において、長期的な気候変動の影響により、トンガ王国では2100年までに海水面が0.28~1.01m上昇することが予想されている。また、サイクロンの強大化などにより、これまで以上に高潮被害などのリスクも高まっている。このような海水面の上昇や高潮の発生により、淡水レンズの塩水化や縮小、既往の給水施設への被害が懸念される。1990年代に実施された電磁波探査（EM34）によると、リフカ島の淡水レンズは西海岸に偏在し、東側には有望な淡水地下水が存在しないことが明らかになっており、新規水源の開発は限られた範囲にしか期待できない。そのような状況の中、図2-20に示すように、西海岸に近いギャラリーや観測井においても、潮位の上昇により海水が地下水に浸入し、淡水レンズが縮小する危険性があり、対応策が求められる。

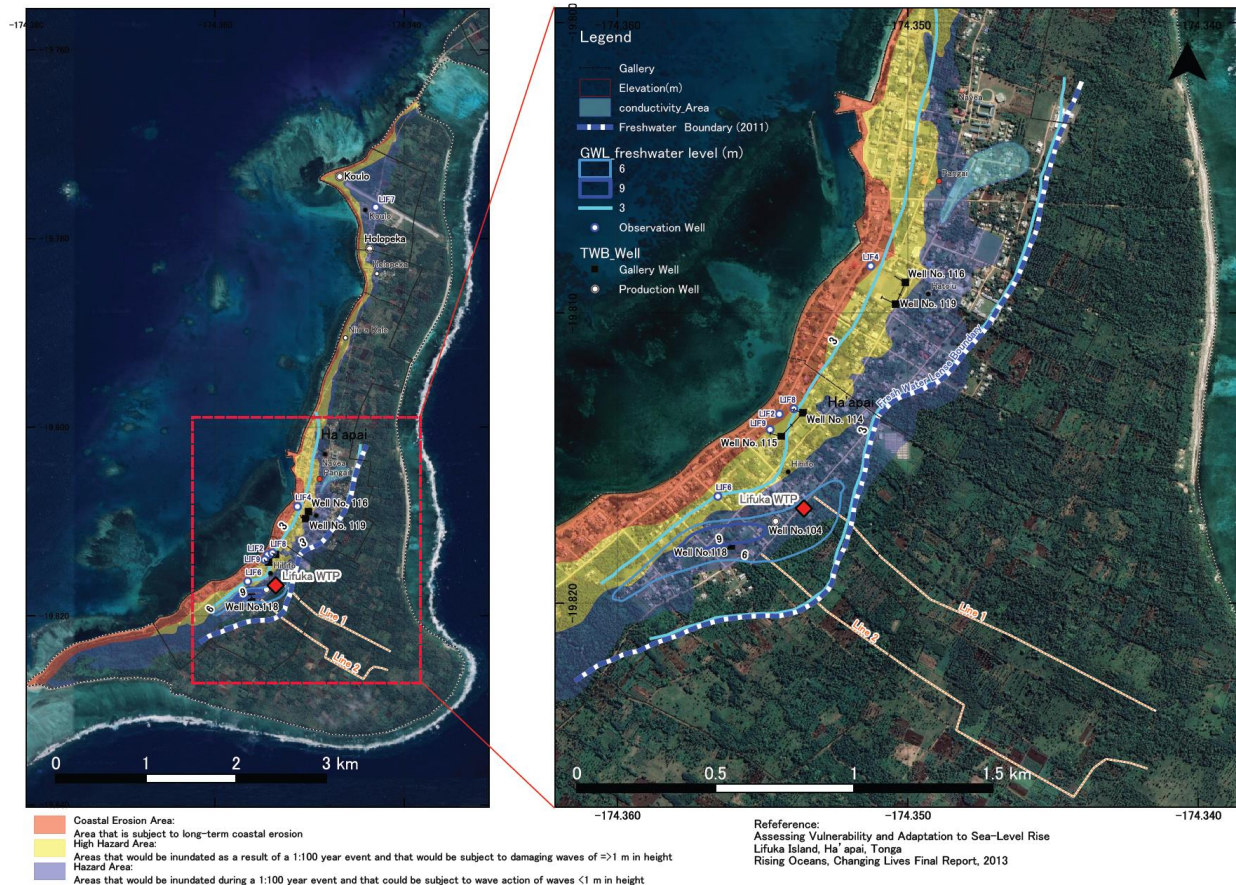


図 2-20 中長期的に海岸浸食及び高波のリスクがある区域

出典：Assessing Vulnerability and Adaptation to Sea-Level Rise, Lifuka Island, Ha'apai, Tonga (2013)

(4) エウア島

1) 雨季の高濁度原水の処理

エウア島の浄水場整備の経緯

エウア島は TWB の水道の中で唯一表流水を水源に持ち、乾季には 5 NTU 以下と原水水質は良好であるが、雨季の降雨時には 200 NTU を越える高濁度となることもある。そのため、エウア島には濁度処理のための TWB の唯一の浄水場が整備されている。2006～2008 年にかけて Eua Water Supply Upgrade Project (EWSUP) でニュージーランドの資金援助により整備されており、普通沈殿池、膜ろ過装置、塩素注入装置、浄水地から構成される。水源からの配管、島内の配水管も合わせて整備された。雨季のみ浄水処理を行い、乾季はバイパス管を経由させて塩素消毒のみ実施している。

しかし、運転開始直後から雨季の大雨後に浄水場に流れ込んでくる高濁度原水に対して、浄水設備は期待された性能を発揮できず、2014 年頃に追加で急速ろ過機が導入された。その導入された急速ろ過機も現在は故障しており、雨季の高濁度水がバイパス管を経由して、塩素消毒後にそのまま配水されている。

JICA シニアボランティアによる調査

エウア島の浄水場整備後の 2012～2014 年にかけて、JICA シニアボランティアがエウア島の

水道施設について調査を行っている。レポートによれば降雨後にエウア浄水場に流入してくる原水は白濁しており、 $5\mu\text{m}$ のろ紙でろ過しても濁りが残っているとされている。原水の濁質は、重力沈殿できないコロイド状の物質とされている。

同報告書では整備された膜ろ過装置は、フランスの Aqua Source 社のディスクタイプ $20\mu\text{m}$ のフィルターであり、通常膜ろ過装置のプレフィルターとして使われるもので、濁質を完全には除去できていないと指摘している。膜ろ過装置は、濁質による膜閉塞が原因で洗浄が 10 分以内毎に繰り返されるため浄水をほとんど生産できず、膜ろ過装置の運用は停止されることとなった。



降雨後の白濁した原水（沈殿池着水井）



導入された膜ろ過装置



使用されている膜ユニット



濁度の変化がない処理水
(左：ろ過前の原水、右：ろ過後の処理水)

写真 2.11 エウア島に導入された膜ろ過装置による高濁度原水の処理状況

出典：JICA シニアボランティアレポート Oct. 2012

2) 標高差を活かせない施設配置

エウア島の浄水場は、4つの表流水源（マタヴァイ洞窟、ペカペカ洞窟、サオア洞窟、ファーン峡谷）と3つの井戸から原水を得ている。ペカペカ洞窟、サオア洞窟、ファーン峡谷からは自然流下で浄水場内の沈殿池に導水可能だが、マタヴァイ洞窟からはポンプで沈殿池に揚水する必要がある。現在そのポンプが故障中であるため、マタヴァイ洞窟からの取水は行われていない。一方、マタヴァイ洞窟は3つの表流水源の中で取水可能水量が最も大きいいため、マタヴァイ洞窟から自然流下で流入できない施設配置となっていることが問題である。

また、前述した急速ろ過機が沈殿池、浄水池より低い位置に設置されていることから、急速ろ過機の使用時には浄水池の水位 1m までしか水が貯まらず、ピーク時の配水量を賄いきれない。浄水池よりも低い位置に急速ろ過機が設置されているのは設計ミスである可能性も考えられる。



沈殿池と急速ろ過池
浄水池天端から撮影



拡大写真
原地盤より低い位置に急速ろ過機がある

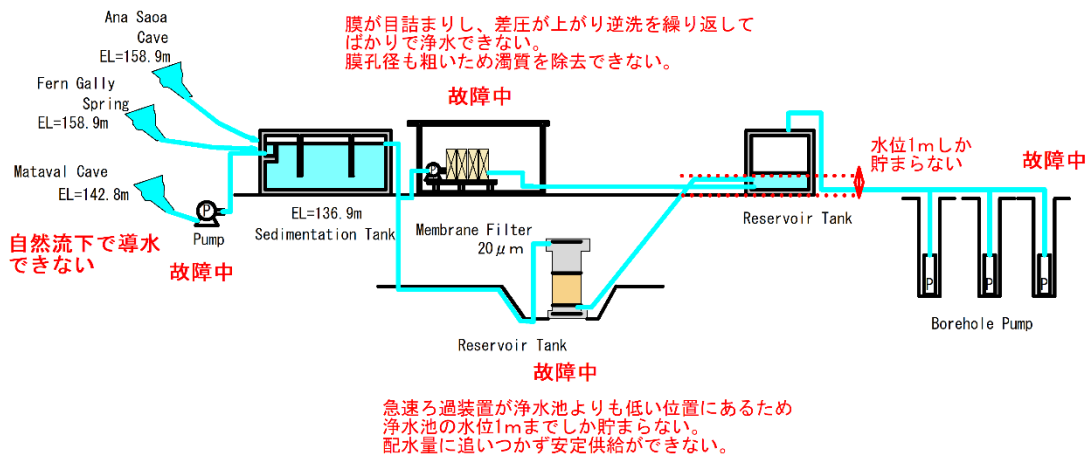


図 2-21 エウア島浄水場の問題に関する模式図

3) エネルギー効率の悪い配水システム

エウア島の配水システムの高さ関係を図 2-22 に示す。浄水場と最下流の配水エリアとの間には標高差が約 120m 程度あるため、途中で 2 箇所の減圧槽にて段階的に減圧し、各々の配水エリアに自然流下で配水している。オホヌアの 2 箇所の取水井戸は、表流水源からの取水量が減少する乾季のみ補足的に運用しており、一旦減圧槽に揚水後、表流水と混合して自然流下で配水しているためエネルギー効率が悪い。仮に前述したマタヴァイ洞窟の取水ポテンシャルを浄水場で最大限に活用できれば、乾季においてもオホヌアの 2 箇所の取水井戸は使用する必要がなくなる可能性があるため検討の余地がある。

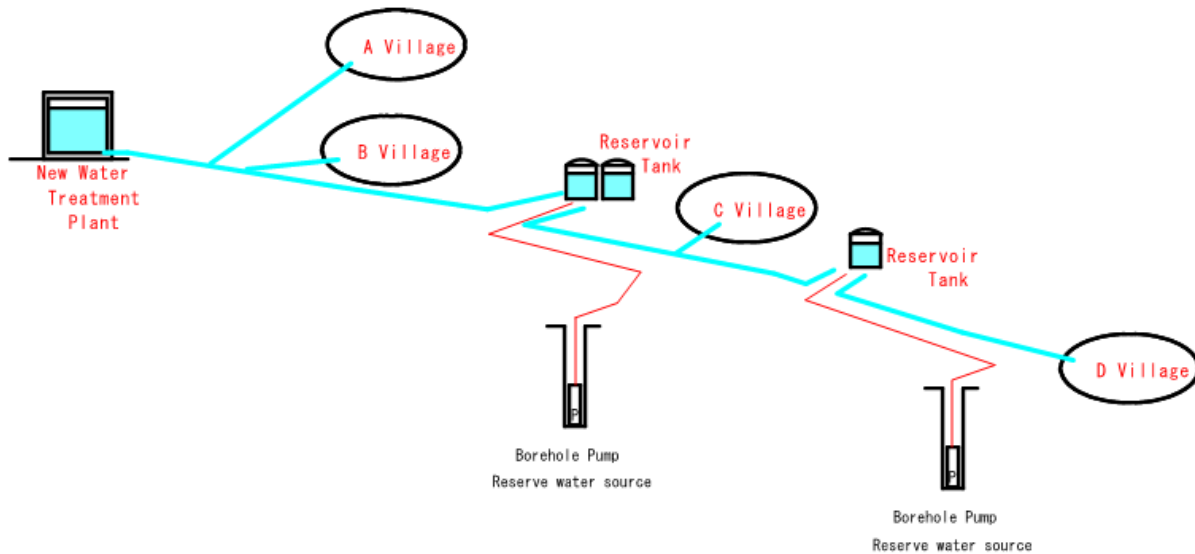


図 2-22 エウア島の配水システムの概略

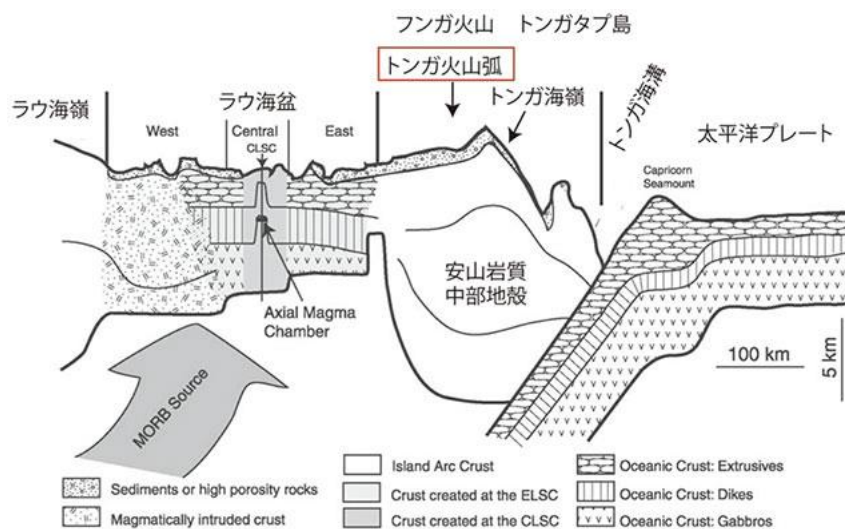
4) アスベスト管の更新

オホヌアの取水井戸からの導水管に約 1km のアスベスト管が残存しており、漏水防止や耐久性の観点から更新が必要である。

2.2.6 その他

(1) 火山噴火・津波

トンガの火山は、図 2-23 に示すように、日本の伊豆大島、三宅島、西之島、福徳岡ノ場などと同じように太平洋プレートの沈み込み帯において形成された火山である。今回のフンガトンガ・フンガハアパイ（HTHH）火山は西之島と同じように薄い地殻（最大層厚 20 km 程度）の上にできた海底火山で、さらに西之島のように安山岩マグマを噴出する地殻構造となっている。



出典：JAMSTEC（海洋研究開発機構）

図 2-23 トンガ列島における地質横断面図

HTHH 火山については、1988 年には火山のカルデラの南側海底部から噴火があり、2009 年には西側のフンガハアパイ付近の海域から噴火があり二島が形成された。この二島は、2013 年にはそれぞれ 2km の長さ、噴火高さも海面から 114m まで成長した。2014 年と 2015 年にこの二島の間から噴火が起こり、この噴火によって二島は火山噴出物と再堆積した火山灰によって繋がった。つまり、巨大なフンガ火山の直径 4km の山頂部で従来から何回も噴火が起きていたことになる。しかしながら、2022 年 1 月 15 日の大噴火により再び陸地が二つに分断された。

(2) 気候変動

トンガ王国は、地震や火山爆発、サイクロンと様々な自然災害に襲われてきたが、近年は気候変動という新たな脅威にさらされている。

気候変動は、トンガ王国に対してサイクロンに関連する強風と高潮、海面上昇、降雨パターンの変化による極端な降雨と干ばつ、気温と海面温度の上昇などの多くの脅威をもたらしている。

トンガ王国における最高気温は 10 年で 0.1℃ずつ上昇しており、世界規模の上昇傾向と一致している。また、1950 年以降のデータにおいて、雨季のトンガタブ島の雨量は連続して減少傾向となっている。

海水位については、1993 年から 6mm ほど上昇しており、世界規模の年間平均 2.8mm～3.6mm より上昇率が大きくなっており、海水位の上昇は、2030 年までに 3～17cm になるものと予想されている。

2018 年 10 月にトンガ王国で開催された世界気象機関の会合において、アキリシ・ポヒヴァ首相が生活、安全、福利に対する最大の脅威であり、温暖化を 1.5℃以下に抑える必要があると訴えるなど、トンガ政府も気候変動対策に重点を置いている。

(3) 過去のサイクロン被害

トンガ王国周辺は、地理的条件からサイクロンが発生・発達しやすい自然環境であることに加え、気候変動の影響により巨大化したと見られる強い勢力のサイクロンが増加しており、サイクロンによる高潮・津波などの被害も増加している。

2014 年 1 月にはサイクロン「イアン」がハアパイ諸島に、2016 年 2 月にはサイクロン「ウインストン」がババウ諸島に大きな被害をもたらした。

さらに 2018 年 2 月には、トンガ王国史上最大規模のサイクロン「ジータ」がトンガタブ島に直撃し、壊滅的な被害をもたらした。

過去にトンガ王国を襲ったカテゴリー5 に分類されるサイクロンを表 2-13 に示す。

表 2-13 トンガ王国に来襲したサイクロン（カテゴリー5）

名称	来襲年月	中心気圧	最大瞬間風速	主な被害地域
Cyclone Ron	1998 年 1 月	900 hPa	270 km/h (75.0m/s)	トンガタブ島
Cyclone Heta	2003 年 12 月	915 hPa	260 km/h (72.2m/s)	トンガタブ島
Cyclone Ian	2014 年 1 月	930 hPa	285 km/h (79.2m/s)	ハアパイ島
Cyclone Winston	2016 年 2 月	884 hPa	285 km/h (79.2m/s)	ババウ島
Cyclone Gita	2018 年 2 月	927 hPa	230 km/h (63.8m/s)	トンガタブ島、エウア島

出典 調査団作成

2.3 関連する計画

2.3.1 開発計画の概要

持続可能な開発目標 (SDGs) に関する取り組みとして、トンガ王国では、「TONGA STRATEGIC DEVELOPMENT FRAMEWORK (TSDF I) 2011 - 2014」を 2015 年に改訂し、「TONGA STRATEGIC DEVELOPMENT FRAMEWORK (TSDF II) 2015-2025 ~A more progressive TONGA」を策定し、短期、中期、長期目標の Key Performance Indicator (KPI)を設定し、総合的・包括的な持続的開発を促進するための開発計画に取り組んでいる。

上記の開発計画を具現化するため、国家インフラ開発計画「National Infrastructure Investment Plan 2013 to 2023」が策定され、セクターごとに優先事業が提案された。この中で、水分野の開発事業としては、トンガタプ島の都市化地域への給水拡張の取組として「Expand Nulu'alofa system to growth areas」と離島給水改善への取組として「Outer islands water supply improvement project」の2つが挙げられている。

また、太平洋島嶼国の開発計画として「パシフィック・プラン」が、太平洋諸島フォーラム (PIF) で「太平洋地域主義枠組み」として、持続可能な開発、経済成長、ガバナンスの強化、及び安全保障が主要目的とした開発計画が策定されている。

表 2-14 トンガ王国における開発計画等

策定年	開発計画等
2011 年	TONGA STRATEGIC DEVELOPMENT FRAMEWORK (TSDF I) 2011 – 2014 (トンガ戦略開発枠組み (2011～2014 年))
2013 年	National Infrastructure Investment Plan 2013 to 2023 (国家インフラ投資計画 (2013～2023 年))
2015 年	TONGA STRATEGIC DEVELOPMENT FRAMEWORK (TSDF II) 2015–2025 ~A more progressive TONGA (トンガ戦略開発枠組み～さらなる革新的なトンガへ～ (2015～2025 年))

出典：調査団作成

2.3.2 対象案件の上位計画・関連計画

TWB は 1992 年にトンガ水道の将来の方向性を示した「Tonga Water Supply Master Plan」を策定したが、それ以降マスタープランの改訂は行われていない。一方、整備が遅れている離島地域の水道施設の再整備に着手することとし、2012 年に周辺離島における水道施設の再整備の方向性を取りまとめた「Outer Islands Water Supply Improvement Project Plan」を策定している。

その他の上位計画として、PRIF (Pacific Region Infrastructure Facility) の支援のもと 2016 年に策定された「Investment Proposals Tonga Water Board」では、水道に関して以下の 2 つの投資案が提案されている。

- アセットマネジメントと地下水源管理の改善、水質改善、無収水削減、水道料金の見直しと検針・請求の改善を含む TWB の水道事業運営の改善 (投資案 1)
- トンガタプの村落部や離島地域の一部を含む給水エリアの拡大 (投資案 2)

また、TWB では「Tonga Water Board Business Plan 2022-2027」を策定しており、今後 5 年間の投資計画について記載されている。

上記の水道に関連する計画の他、2022 年 1 月 15 日の海底火山噴火及び津波による被災からの

復旧・復興計画に関する指針として同3月にトンガ王国政府が開発パートナーの支援を受けて「HungaHunga-Tonga-Hunga-Ha'apai Volcanic Eruption and Tonga Tsunami (HTHH Disaster) Recovery and Resilience Building Plan 2022-2025」を策定している。同計画は復旧・復興への取り組みが必要な全ての分野が対象となっており、全体予算として少なくとも240億USDが必要であるとされている。また、計画では特に住宅再興、食料確保と生活、観光産業、公共インフラの4つを重点分野として掲げており、そのうち公共インフラの中には水道に関する費目「Water supply including tanks, pipes, and water channels」が含まれている。一方で、その費用の内訳については明示されていない。

2.3.3 対象案件に対する相手国側の緊急性・優先度

(1) 相手国側の案件実施に対する緊急性

トンガ王国における水道施設、特に、その水源環境は、近年の気候変動によるものとされる海面上昇、サイクロンや火山爆発等の自然災害に対して脆弱であり、主要水源である淡水レンズの塩水化の危機に曝されている。また、外国のドナーによる資金や技術支援を受けて整備された既設の水道施設は、配管の破損やポンプ類、塩素注入設備及び水道メーターの故障等に見られるように、老朽化が進行している。また、今回の大規模火山噴火やその後の津波の発生に見られるように、一旦、大規模災害が発生した場合、応急給水を行い住民の生活を維持させる必要がある。さらには、直近で発生したCOVID-19の世界的な蔓延は、手洗い等、清浄な水の供給が必須である教訓をもたらし、WHO/UNICEFにより「COVID-19に関する水、衛生、廃棄物の管理の暫定ガイダンス」が2020年7月に策定された。これら経緯を踏まえ、次のパンデミックへの備えとしても衛生上安全で安定的に供給できる水道施設の整備が必要である。この意味において、トンガ王国における水道整備は緊急的に整備する必要があるものとする。

(2) 相手国側の案件実施に対する優先度

トンガ国政府が2021年に作成した「Tonga National Infrastructure Investment Plan 2021 to 2030」によれば、インフラ事業を同国の開発戦略に基づき、社会面、政治面、技術面及び自然環境面という多角的に評価した結果、表2-15に示すように上位10位の中で同国における水道部門への投資は優先度の高い位置に位置付けられている。

表 2-15 トンガ王国におけるインフラ・プロジェクトの優先度

No.	プロジェクト	セクター	スコア*1
1	スクアロファ配電網改善プロジェクト	電力	91.1
2	トンガタブ水道事業（村落部のTWBによる集中管理）	水道	91.1
3	発電機の追加供給/交換（トンガタブ、ババウ、ハアパイ、エウア）	電力	91.1
4	災害早期警報/緊急時オペレーション・センター（ニウアス）	防災	88.9
5	オープンダンプサイトから衛生処分場への改善整備（ハアパイ、エウア）	衛生	88.9
6	ババウ島ネイアフ市の都市水道施設改善	水道	88.9
7	インターネット用通信ケーブルプロジェクト	通信	84.4

No.	プロジェクト	セクター	スコア*1
8	エウア島水道施設改善プロジェクト	水道	84.4
9	エウア島携帯及び固定電話改善拡張プロジェクト	通信	84.4
10	トンガタプ島トゥリキ地区護岸工事	港湾	84.4

出典：Tonga National Infrastructure Investment Plan 2021 to 2030

注：1*：MCA (Multi Criteria Assessment)に基づく評価、<http://www.ejolt.org/2015/02/multi-criteria-assessment-mca/>参照

2.3.4 複数の候補案件がある場合の相互比較

(1) 候補案件の一次選定

「2.2 対象国の給水事業・問題点」で記述したトンガ王国の水道が抱える問題点を踏まえ、TWB が取り組む必要性が高い課題を以下のとおり整理した。

全島共通

- ① 水量管理の改善
- ② 水質管理の改善
- ③ 被災時の応急復旧の強化
- ④ 被災時の応急給水の強化

トンガタプ島

- ① 自然災害に対する水道システムの強靱化
- ② 村落給水地域の TWB 水道ネットワークへの統合

ババウ島

- ① 水道水源の塩水化への対応
- ② 残存するアスベスト管の更新

リフカ島

- ① 水道水源の塩水化への対応

エウア島

- ① 標高差を活かした水道システムの構築
- ② 残存するアスベスト管の更新

以降では、これらのうち無償資金協力事業として実施するに相応しい事業内容について、一次選定を行った。一次選定では、水道復興支援事業としての適合性について、復興支援、防災支援、気候変動対策のいずれかに該当するものを選定した。ただし、前述のとおり今般の海底火山噴火・津波による既存の水道施設への直接的な影響は軽微であったため復興支援に該当する課題はなく、防災面、気候変動面の課題解決の観点での適合性評価となった。

一次選定の結果を表 2-16 に示す。ここで『適合』と評価した事業のうち、「被災時の応急給水の強化（共通）」については、可搬式淡水化装置、給水車の供与について検討したが、「2.2.2(6) 施設の運転維持管理の能力不足」に前述したとおり、多くのドナーからの供与機材が故障し使用されていない現状や島嶼国におけるスペアパーツ調達の難易度を踏まえると、淡水化装置のような高度な機材を導入しても持続的な効果が得られない可能性が高いと考えられる。そのため、新規水源開発による水源の複数化やバイパス連絡管の整備等による防災面での強化を優先すべきと判断し、事業案として採用しないこととした。

表 2-16 候補案件の一次選定

対象	課題	支援内容（案）	復興支援	防災支援	気候変動対策	評価	評価理由
4 島共通	水量管理の改善	➤ 流量計測機器の整備（記録用 OA 機器の供与を含む）	—	—	△	不適合	取水量削減（過剰揚水による水源塩水化の防止）による間接的な効果に留まり、 <u>適合性が相対的に低い</u> 。
	水質管理の改善	➤ 水質検査ラボの整備・改良（水質検査機器、記録用 OA 機器の供与を含む）	—	○	○	適合	自然災害や気候変動による水質への影響を正しく評価する重要性が高い。
	被災時の応急復旧の強化	➤ ワークショップの整備・改良（補修用各種設備、水道資機材、衛星電話の供与を含む）	—	○	—	適合	被災状況の早期把握と迅速な応急復旧は、自然災害が多いトンガ王国にとって取り組みの必要性が高い。
	被災時の応急給水の強化	➤ 可搬式淡水化装置、給水車の供与	—	○	—	適合（※）	特に離島地域は自然災害や気候変動の影響を受けやすく、一旦被災すると飲料水の確保が容易でないため、応急給水の強化の必要性が高い。
トンガタプ島	自然災害に対する水道システムの強靱化	➤ 新規水源開発による水源の複数化 ➤ バイパス連絡管の設置による緊急時配水ルートの確保	—	○	—	適合	2022 年 1 月の海底火山噴火・津波による被災時に、TWB の水道に需要が集中した経緯から、水道システムの強化の必要性が高い。
	村落給水の統合	➤ 既存配水管網の拡張・配水池の整備（村落給水への接続を含む）	—	△	—	不適合	村落給水を TWB の水道に統合することは防災面で一定の効果があるが、 <u>費用対効果が小さい</u> 。
ババウ島	水道水源の塩水化への対応	➤ 新規水源開発による水源の複数化 ➤ 水源管理能力の強化	—	—	○	適合	気候変動対策としての適合性が高い。既存水源の塩水化が進行しており、長期的な取組みが必要なため早期着手が求められる。
	残存するアスベスト管の更新	➤ アスベスト管の更新	—	—	△	不適合	緊急性は高いが、漏水削減による取水量削減の間接的な効果に留まり、 <u>適合性は相対的に低い</u> 。
	村落給水の統合	➤ 既存配水管網の拡張・配水池の整備（村落給水への接続を含む）	—	△	—	不適合	村落給水を TWB の水道に統合することは防災面で一定の効果があるが、 <u>費用対効果が小さい</u> 。
エウア島	標高差を活かした水道システムへの再構築	➤ 自然流下の配水システムの構築 ➤ 自然流下で導水可能な浄水場の建設 ➤ 機電設備を最小限にする緩速ろ過方式の新規浄水場への採用	—	△	—	不適合	防災面で機電設備の少ない緩速ろ過方式の採用は一定の効果があるが、予算規模が大きく長期的な O&M 支援が必要となり <u>費用対効果が小さい</u> 。
	残存するアスベスト管の更新	➤ アスベスト管の更新	—	—	—	不適合	緊急性は高いが、漏水削減による取水量削減の間接的な効果に留まり、 <u>適合性は相対的に低い</u> 。
リフカ島	水道水源の塩水化への対応	➤ 新規水源開発による水源の複数化 ➤ 水源管理能力の強化	—	—	○	適合	気候変動対策としての適合性が高い。既存水源の塩水化が進行しており、長期的な取組みが必要なため早期着手が求められる。

(2) 候補案件の概要

一次選定で抽出した5つの候補案件の概要（案）を下記に示す。

①水質管理の改善（4島共通）

項目	概要
名称	水質管理の改善
対象	TWB トンガタブ本部、各離島支所（ババウ島、リフカ島、エウア島）
背景	TWB が水道事業を運営しているトンガタブ本島及び各離島支所では基本的な水質分析機器が整備されておらず、毎日検査の必須項目である濁度、pH、残留塩素等が測定・管理されていない。TWB はトンガタブ島のヌクアロファには水質検査ラボを有するが、測定可能項目は糞便性大腸菌群数、電気伝導度、残留塩素の3項目のみで、唯一のラボの機能としては不十分である。また、離島支所では水質分析機器を有しておらず、ヌクアロファのラボに月1回空輸し、上記3項目の水質検査の結果をメールで受領する体制を採っているが、日常的な水質管理ができていない。 トンガ王国の主要な水道水源である地下水水源（淡水レンズ）は、自然災害や気候変動、外部汚染等の環境影響を受けやすく、一度影響を受けると元の状態に戻るためには長期間を要する。そのため、日常から水源水質・給水水質を把握・管理し、自然災害や気候変動による水質への影響を正しく評価することが極めて重要である。特にトンガ王国では地下水水源の塩水化リスクの増大に伴い水源管理の重要性が増しているが、その基本となるのは水質管理である。 以上の経緯を踏まえ、本件では『水質管理の強化』を目的に、水質検査ラボの整備と水質管理の能力育成を小規模無償資金協力として提案する。
プロジェクトの概要	施設建設： - 水質検査ラボの整備 機材供与： - 水質検査機器（日常項目） - 記録・分析用のOA機器 ソフトコンポーネント： - 水質管理の指導（水質試験・データ分析、マニュアル整備等）
概算費用	約0.4億円
期待される成果	1) 給水水質の改善 2) 日常的な水質管理の改善 3) 自然災害や気候変動等に起因する水質異常の把握と対応の迅速化
実施上の留意点	- ラボの建屋は新規建設でなく既存施設を有効活用し、TWB 事務所又はワークショップの1室をラボとして整備することを想定。 - 定期検査項目は外部委託での水質分析を想定するが、実際に導入する水質分析機器については委託先の能力やコストを踏まえて精査する。 - 水質分析技術の習得と効果の持続性を確保するため、整備した水質検査ラボを利用したソフト面の支援を想定。

②被災時の応急復旧の強化（4 島共通）

項目	概要
名称	応急復旧の強化支援
対象	TWB トンガタプ本部、各離島支所（ババウ島、リフカ島、エウア島）
背景	2022 年 1 月 15 日の海底火山噴火・津波によりヌクアロファの沿岸部 265 戸、エウア島の 57 戸、リフカ島の 25 戸の給水管が損傷を受け、また、火山灰の堆積により取水ポンプ、電気盤、発電機の故障が発生した。さらに、海底ケーブルの遮断により通信網に大きな障害が発生し、離島の水道施設の被災状況が把握できず、水道システムの復旧に約 2 週間を要した。上記の他、トンガ王国では過去に大規模地震やサイクロンも多く発生しており、配水本管が破損し長期的な断水に陥る潜在的なリスクを有している。そのため、大規模災害発生時の水道システムの被災状況の早期把握及び復旧が大きな課題といえる。 以上の背景を踏まえ、本件では『水道システムの応急復旧の強化』を目的に、ワークショップの整備と必要な資機材の供与、応急復旧に係る能力育成を小規模無償資金協力として提案する。
プロジェクトの概要	施設建設： - ワークショップの整備 機材供与： - 修理用の各種設備 - スペアパーツ等の水道資機材 - 小型発電機 - 衛生電話（被災時のコミュニケーション手段として） - 記録・管理用 PC ソフトコンポーネント： - 設備使用方法、水量管理の指導
概算費用	約 1.0 億円
期待される成果	1) 災害発生時の各島の水道施設の被災状況の早期把握 2) 応急復旧期間の短縮 3) 水量管理の改善と被災時の水供給への影響箇所の早期把握
実施上の留意点	- トンガタプ島・ババウ島は既存ワークショップの改修、リフカ島、エウア島は新規建設を想定するため用地取得の調査が必要。 - 供与資機材については、使用目的、仕様、数量等の精査が必要。 - 効果の持続性を確保するため、整備したワークショップを利用したソフト面の支援を想定。 - 別途、JOCV または専門家派遣による「応急復旧」に関する技術支援を検討。

③自然災害に対する水道システムの強靱化（トンガタブ島）

項目	概要
名称	自然災害に対する水道システムの強靱化（その1）（新規水源開発及び関連水道施設の整備）
対象	トンガタブ島
背景	トンガタブ島にはトンガ王国の全人口の約74%（7万4,454人）が集中しており、TWBは地下水（淡水レンズ）を水道水源とし、首都ヌクアロファを中心に、そのうちの約60%に水道サービスを提供している。 2022年1月15日に発生した海底火山噴火では、トンガタブ島全体で電力の供給が停止した。TWBの給水エリアでは非常用発電機を備えていたため給水への影響は発生しなかったが、周辺の村落給水では取水ポンプの停電により給水が停止し、住民が水を求めてTWBが運営するマタキエウア配水場に殺到した。その際、TWBは現地で住民に対して直接給水を実施したため、市内への水供給が逼迫する事態となった。今回の被災経験からTWBは自然災害時の水道システムの冗長性を確保することの重要性を強く認識することとなった。 以上の経緯を踏まえ、本件では「自然災害に対する水道システムの強靱化」を目的とし、新規水源開発による水道水源の複数化と既存配水池への連絡管の整備を提案する。なお、新規水源の候補地としては、10m以上の厚さの淡水レンズが期待できる島の南東部のファアモツが有力視されている。
プロジェクトの概要	基礎調査： - 水源調査、地下水観測井の設置 施設建設： - 取水井戸の新設（7箇所×訳400m³/日、電磁流量計各1箇所を含む） - 太陽光発電システム、非常用発電システムの整備（新規水源） - 配水池の新設（V = 1,000 m³） - 導水管の布設（L = 5 km、新規水源～新配水池） - 送水管の布設（L = 25 km、新配水池～マタキエウア配水池） - 配水管の布設（L = 15 km、周辺村落のTWB水道への統合） - 電磁流量計の設置（7箇所：配水池、配水本管、送水管等への設置） ソフトコンポーネント： - 施設の運転維持管理、水源管理の指導
概算費用	約28.2億円（基礎調査0.8億円＋施設建設24.65億円＋ソフトコン0.15億円＋コンサル料2.6億円）
期待される成果	1) 自然災害発生時の水需要増加に対する緊急時対応の改善 2) 塩水化の影響を受けにくい水源の開発による水道サービスの長期的安定性の向上 3) TWBの地下水資源管理能力の向上 4) 運営が脆弱な村落給水のTWB水道への統合による水道サービスの改善 5) 給水エリア拡張によるTWBの収益改善
実施上の	新規水源開発や配水池・管路の建設については用地取得の詳細調査が必要。

項目	概要
留意点	・ 供与機材は、その使用目的や効果を精査し、仕様、数量の検討が必要。 ・ 別途、被災時の新規水源の運用を含む「応急給水」に関する技術支援、地下水源管理の能力強化のための「水源管理」に関する技術支援を検討。JOCV または専門家派遣による支援を想定。

項目	概要
名称	自然災害に対する水道システムの強靱化（その2）（バイパス連絡管の整備）
対象	トンガタブ島
背景	トンガタブ島にはトンガ王国の全人口の約 74%（7 万 4,454 人）が集中しており、TWB は地下水（淡水レンズ）を水道水源とし、首都ヌクアロファを中心に、そのうちの約 60% に水道サービスを提供している。 TWB の水道は、マタキエウアの取水井戸群から高台にある近隣の配水池に揚水し、塩素消毒後に配水しているが、現在の配水システムは 2001 年に本邦無償資金協力「ヌクアロファ上水道整備計画」により整備された配水管網がベースとなっている。一方、配水場からの配水本管 φ500 mm が一部単一管となっており、同配管が自然災害時に破断した場合、ヌクアロファ市内全域が断水となる潜在的なリスクが存在する。仮に断水となった場合、トンガタブ島最大の病院であるヴァイオラ国立病院への給水が不可能となり、被災時の医療活動に支障を来す恐れがある。トンガ王国では過去に大規模地震やサイクロンも多く発生しており、配水本管が破損した場合、長期的な断水に陥る可能性も考えられる。 以上の理由から、本件では配水本管が破断した場合でも配水可能とするため、「緊急時の配水ルートの確保」を目的としたバイパス連絡管の整備を提案する。
プロジェクトの概要	施設建設： ・ バイパス連絡管の布設（L = 5.5 km、φ300～φ500mm） ・ 電磁流量計の設置（1 箇所）
概算費用	約 5.0 億円（施設建設 4.55 億円＋コンサル料 0.45 億円）
期待される成果	1) 自然災害など緊急時の配水ルートの確保 2) 常時の配水ルートが複数化されることによる既存給水エリアの給水水圧の改善
実施上の留意点	・ 計画地周辺は道路交通量が多いと想定されるため、事業の実施に際しては交通障害及び騒音・振動に配慮する必要がある。 ・ 別途、JOCV または専門家派遣による、被災時のバイパス連絡管の運用を含む「応急給水」に関する技術支援を検討。



図 2-24 案件概要図 自然災害に対する水道システムの強靱化（トンガタブ島）

④水道水源の塩水化への対応（ババウ島）

項目	概要
名称	気候変動による水道水源の塩水化への対応（その1）
対象	ババウ島
背景	ババウ島はトンガ王国で随一の観光産業の拠点として今後の発展が見込まれており、TWB はババウ島の中心地ネイアフで水道事業を運営している。ネイアフ近傍の TWB の生産井では塩水化の進行が認められ、水源（淡水レンズ）及び給水水質の双方において WHO の飲料水基準値である電気伝導度 $1,500\mu\text{S}/\text{cm}$ を超過している。また、近年の気候変動によるエル・ニーニョの発生頻度の増加とそれに伴う降雨量の大幅な減少、海面水位の上昇等により水源の塩水化リスクが増大しており、水道水源の塩水化への対応が喫緊の課題となっている。（※過去のエル・ニーニョ発生に伴い降雨量が減少した際には $5,000\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上を記録している）。一方、既存水源地の北部（Prison Area 近傍）の地下水は、淡水レンズが厚く電気伝導度にして $500\mu\text{S}/\text{cm}$ 前後であり新規水源地として高いポテンシャルを有する。 以上を踏まえ、本件では「気候変動による水道水源の塩水化への対応」を目的として、既存水源の運用に加え新規水源開発を併せた水道水源の複数化と水源管理の強化を提案する。
プロジェクトの概要	基礎調査： - 水源調査、地下水観測井の設置 施設建設： - 取水井戸の新設（7 箇所×約 $400\text{m}^2/\text{日}$、電磁流量計各 1 箇所を含む） - 太陽光発電システム、非常用発電システムの整備（新規水源） - 配水池の新設（$V = 1,000 \text{ m}^3$） - 導水管の布設（$L = 3 \text{ km}$、新規水源～新配水池） - 送水管の布設（$L = 10 \text{ km}$、新配水池～既設配水池） - 配水管の布設（$L = 16 \text{ km}$、周辺村落への給水拡張、AC 管更新） - 電磁流量計の設置（7 箇所：配水池、配水本管、送水管等への設置） ソフトコンポーネント： - 施設の運転維持管理、水源管理の指導
概算費用	約 14.2 億円（基礎調査 0.5 億円＋施設建設 12.3 億円＋ソフコン 0.1 億円＋コンサル料 1.3 億円）
期待される成果	1) 取水位置の分散による既存水源の塩水化の防止 2) 水源複数化による水道システムの冗長性の確保 3) 塩水化の影響を受けにくい水源の開発と水道サービスの長期的安定性の向上 4) TWB の地下水資源管理能力の向上 5) 給水水質の改善 6) 運営が脆弱な村落給水の TWB 水道への統合による水道事情の改善 7) 給水エリア拡張による TWB の収益改善 8) 安全な水道サービスの安定的な提供による観光需要の享受
実施上の	新規水源開発や配水池や管路の建設については用地取得の詳細調査が必要。

項目	概要
留意点	- 供与機材は、その使用目的や効果を精査し、仕様、数量の検討が必要。 - 別途、地下水源管理の能力強化のための「水源管理」に関する技術支援を検討。JOCV または専門家派遣による支援を想定。

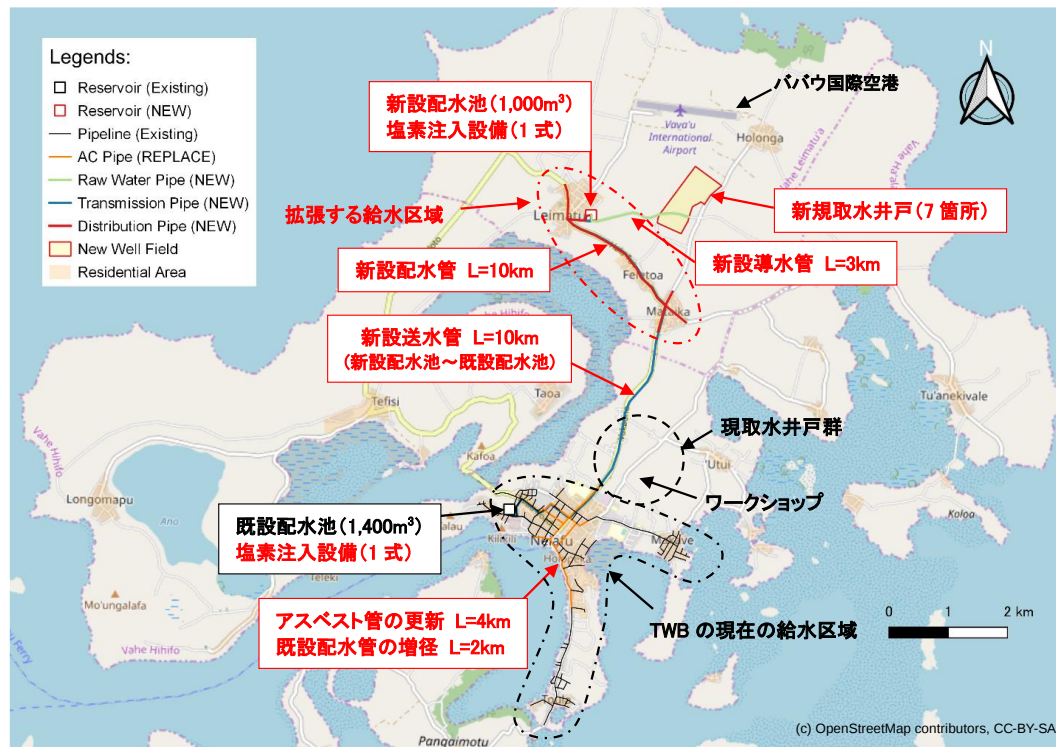


図 2-25 案件概要図 水道水源の塩水化への対応（ババウ島）

⑤気候変動による水道水源の塩水化への対応（リフカ島）

項目	概要
名称	気候変動による水道水源の塩水化への対応（その2）
対象	リフカ島
背景	ハアパイ諸島に属するリフカ島は、トンガ王国の中でも地下水の塩水化が最も進行した地域にあたり、TWBの既存水源の多くは、WHOが定める飲料水限界を大きく超えている。さらに利用可能な地下淡水層（淡水レンズ）の分布域は西海岸からわずか200～600mの範囲に留まり、厚さは最大約9mしかないため、地下水涵養が減少する乾期には、深刻な水不足が慢性化している。 中・長期的な観点からは、IPCC第6次評価レポート（2021）によると、トンガ王国では海面水位が2100年までに0.28～1.01m上昇すると報告されている。これによりリフカ島のように低平な島では、サイクロンの強度化などと相まって高潮被害などのリスクも高まっており、淡水レンズの塩水化や既往の給水施設への影響がますます懸念されている。 以上を踏まえ、本件では「気候変動による水道水源の塩水化への対応」を目的として塩水化の影響を軽減するための新規水源の開発と地下管理の強化を提案する。新規水源の候補地としては、海岸から離れた現配水場近傍または、パンガイ地区北部が有力視されている。
プロジェクトの概要	基礎調査： - 水源調査、地下水観測井の設置 施設建設： - 既存浄水場近傍またはパンガイ地区の新規水源開発（3箇所） - 太陽光発電システム、非常用発電システムの整備（新規水源） - 導水管の布設（L＝2 km、新規水源～既存配水場） - 電磁流量計の設置（1箇所） ソフトコンポーネント： - 施設の運転維持管理、水源管理の指導
概算費用	約3.1億円（基礎調査0.3億円＋施設建設2.45億円＋ソフコン0.05億円＋コンサル料0.3億円）
期待される成果	1) 塩水化の影響を受けにくい水源の開発と水道サービスの長期的安定性の向上 2) 気候変動を誘因とする自然災害に対する給水施設の被害軽減 3) TWBの地下水資源管理能力の向上 4) 給水水質の改善
実施上の留意点	- 新新規水源開発や管路の建設については用地取得や補償の詳細調査が必要。 - 地下水位が浅いため新規水源施設建設に当たっては地下水汚染への対策が必要。 - 供与機材は、その使用目的や効果を精査し、仕様、数量の検討が必要。 - 別途、地下水源管理の能力強化のための「水源管理」に関する技術支援を検討。JOCVまたは専門家派遣による支援を想定。

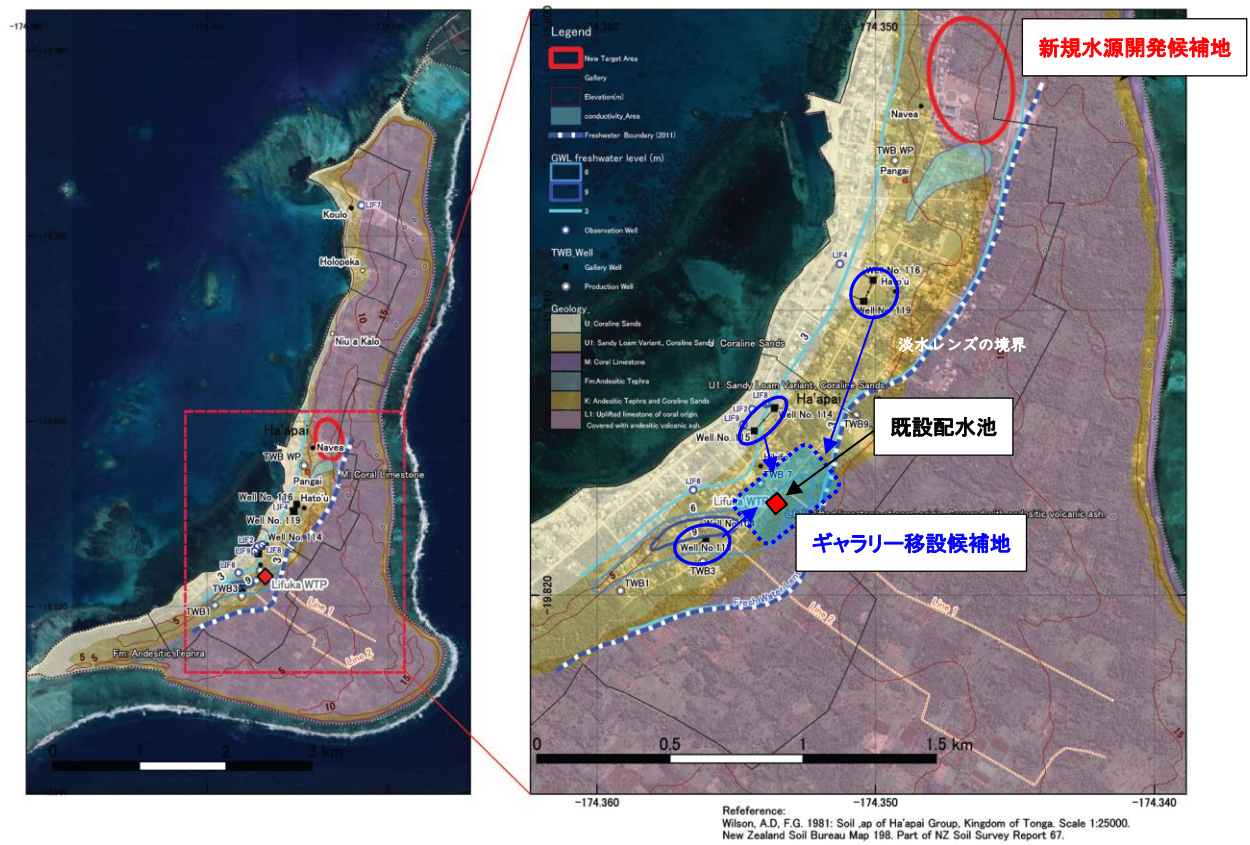


図 2-26 案件概要図 水道水源の塩水化への対応（リフカ島）

上記の5案件を、取り組み期間（短期～長期）と支援分野（気候変動対策支援、防災対策支援）の2軸で位置付けたマッピング図を図2-27に示す。

4島共通の取り組みとなる『水質管理の改善』及び『応急復旧の強化』は、防災対策寄りの支援内容で、機材供与及び供与機材を使用したソフトコンポーネントによる技術指導がメインとなり、短期での成果が見込まれる。一方、『自然災害に対する水道システムの強靱化（トンガタブ島）』、『水道水源の塩水化への対応（ババウ島、リフカ島）』の3案件は、水源調査から水源開発や水道施設の整備を伴うため、長期での取組が必要となる。前者は防災対策寄り、後者は気候変動対策寄りの位置付けとなる。

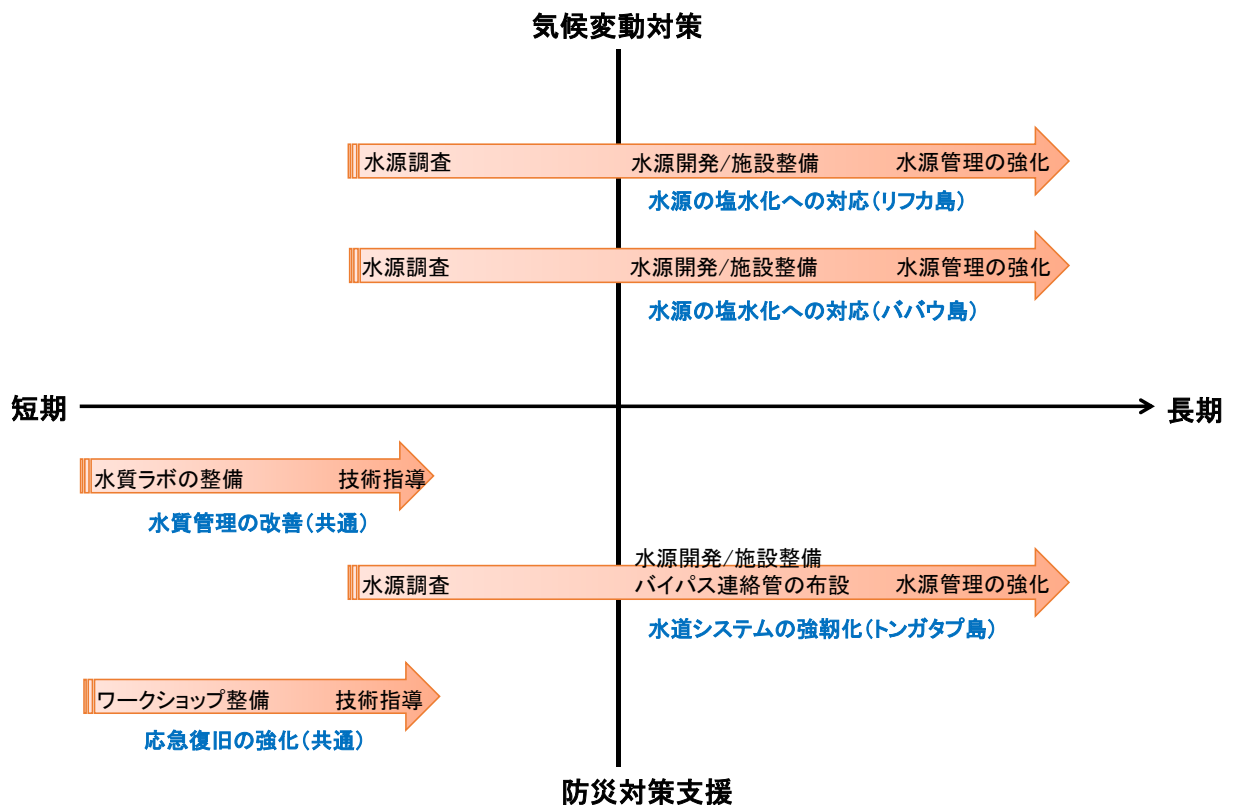


図 2-27 候補案件のマッピング図

(3) 候補案件の優先度付け

無償資金協力事業として採択に際しては予算枠の制約があることから、上述の 5 案件について、有効性、即効性、経済性、緊急性、裨益性、費用対効果から総合的に事業実施の優先度を評価した。表 2-17 に事業の優先度付けの結果を示す。

優先度の高いものから順に、『自然災害に対する水道システムの強靱化（トンガタブ島）』、『応急復旧の強化（4 島共通）』、『水質管理の改善（4 島共通）』、次いで『水道水源の塩水化への対応（ババウ島）』と『水道水源の塩水化への対応（リフカ島）』となる。

トンガタブ島の水道システムの強靱化は、予算規模は候補案件の中で最も大きいですが、同島にはトンガ王国の全人口の約 74%を占め、TWB の顧客の約 78%が集中するため裨益性が高く、今般の海底火山噴火・津波被災を受けての支援内容として緊急性・妥当性が高い。そのため、本業務においては、『自然災害に対する水道システムの強靱化（トンガタブ島）』を最優先案件として選定し、第3章以降に詳述するものとする。

表 2-17 候補案件の優先度付け

案件	水質管理の改善	被災時の応急復旧の強化	自然災害に対する 水道システムの強靱化	水道水源の塩水化への対応	水道水源の塩水化への対応
対象地域	共通		トンガタブ島	ババウ島	リフカ島
概要	水質検査ラボの整備・改良（水質検査機器、記録用 OA 機器の供与を含む）	ワークショップの整備・改良（補修用各種設備、水道資機材、衛星電話等の供与を含む）	新規水源開発による水源の複数化、バイパス連絡管の設置による緊急時配水ルートの確保	新規水源開発による水源の複数化、水源管理能力の強化	新規水源開発による良質な水源の確保
有効性	1 水質管理が改善される	2 応急復旧が改善される 事故対応や機器管理が改善される	6 給水率が改善される 給水圧が改善される 応急給水が改善される	4 給水率が改善される 水源管理が改善される	2 水源管理が改善される
即効性	3 機材供与がメインで比較的短期での効果が期待できる	3 機材供与がメインで比較的短期での効果が期待できる	2 水源開発と施設整備を伴うため、中長期的な施策となる	2 水源開発と施設整備を伴うため、中長期的な施策となる	2 水源開発と施設整備を伴うため、中長期的な施策となる
経済性	3 施設整備に比べ費用は小さい	3 施設整備に比べ費用は小さい	1 最も費用は大きい	2 費用は中程度	2 費用は中程度
緊急性	3 水質管理は水道運営の基礎であり、改善の緊急性は高い。	3 火山・津波被災を受けての改善点であり、緊急性が高い。	3 火山・津波被災を受けての改善点であり、緊急性が高い。	2 既存水源の塩水化の程度は、リフカ島よりも低い。	3 既存水源の塩水化が進行しており、緊急性が高い。
裨益性	3 4 島全てを対象とする	3 4 島全てを対象とする	3 4 島で裨益人口が最も多い	2 トンガタブ島に次いで裨益人口が多い	2 4 島で裨益人口が最も少ない
合計	13 点	14 点	15 点	12 点	11 点
優先順位	3	2	1	4	5

※有効性のみ 6 点満点とし、その他は 3 点満点とした。

2.3.5 その他の関連する分野情報

海底火山噴火及び津波による被害に対し、JICA 防災チームが 2022 年 5 月から港湾、住宅及び道路等のインフラ整備の復旧復興計画策定のための調査を行っており、その中には水道分野の調査も含まれている。一方、水道分野については、本業務で詳細に調査を実施する予定であったため、JICA との合同会議にて概要を説明し、本業務の調査結果・策定支援する事業計画の内容を防災チームに共有し、防災チームの業務成果に反映することで合意した。以上の経緯から、本業務で策定支援する事業は、JICA による復興支援事業の一部として実施される可能性が高く、今後の防災チームの進捗や復旧復興計画の内容との調整・整合を図ることが重要となる。

2.4 担当官庁と実施機関

本案件の実施機関となる TWB は 1966 年に設立され、「Public Enterprise Act 2002」の元、公共事業省（MPE）の管轄下にある公営企業の一つとして、トンガ王国内における主要都市部で水道事業を運営している。TWB はヌクアロファ（トンガタブ島）に本部を持ち、ババウ島、ハアパイ島、エウア島に支所を設けており、都市部における水道施設の運転・維持管理から水道料金の徴収までの水道事業全般を担っている。

業務実施に直接または間接的に関わる関連官庁・機関を表 2-18 に示す。トンガ王国における水道水源管理・保護は、土地天然資源省（MLNR）の管轄下であり、2022 年 1 月 15 日に発生した大規模火山噴火及びその後の津波の発生による被害対策に対しては、防災面から MEIDECC（Ministry of Meteorology, Energy, Information, Disaster Management, Environment, Climate Change and Communications）、また、水道セクターを含むインフラ全体の概算の対策費用を取りまとめた MOI（Ministry of Infrastructure）等が関係している。

表 2-18 業務実施に係る関連官庁の一覧

機関・官庁名	英語表記
実施機関	トンガ水道公社（TWB: Tonga Water Board）
関連官庁	公共事業省（MPE: Ministry of Public Enterprise）
	保健省（MOH: Ministry of Health）
	土地天然資源省（MLNR: Ministry of Lands and Natural Resources）
	気象・エネルギー・情報・災害管理・環境・気候変動・通信省（MEIDECC : Ministry of Meteorology, Energy, Information, Disaster Management, Environment, Climate Change and Communications）
	社会インフラ省（MOI : Ministry of Infrastructure）

出典：調査団作成

2.4.1 関連官庁

(1) 公共事業省(MPE)

トンガ王国の水道は、公営企業の一つである TWB が実施主体となっているが、公共事業省は、TWB を含む公営企業を管轄する政府機関となっている。同省はトンガ王国内の公共事業、運輸、テレコミュニケーション、公共事業等に関連する業務、プロジェクトに関する政策策定、事業計画、設計、調整と事業実施を担当している。

(2) 保健省(MOH)

保健省はトンガ王国において予防的・治療的な保健サービスを提供している。同省の水道事業に関連する業務は、以下のとおり。

- 健康条例の管理、公衆衛生データベースの維持管理、環境衛生に関する教育の提供
- 健康条例の元に設立された村落給水委員会（VWC）の活動の監視および必要なサポート
- 村落部の水道管理に対する定期的な視察及び指導（1回/月）

(3) 土地天然資源省(MLNR)

土地天然資源省の役割は、土地、水資源を含む天然資源およびエネルギーを管理し、計画の発展または実施に寄与することであり、主要な活動は、調査、図化（マッピング）、解析、地質調査などの実施および技術的サポートである。同省の案件実施に関連する業務は、以下のとおり。

- 水源管理および取水井戸の位置決定
- 水資源モニタリング計画の実施（塩化物濃度、水温、pH、水位等の井戸に関するデータの取得を含む）

(4) 気象・エネルギー・情報・災害管理・環境・気候変動・通信省(MEIDECC)

MEIDECC は、自然災害や近年の気候変動等地球規模の脆弱性を抱えるトンガ王国において、災自然災害リスクや気候変動リスクに対応する警報システム及び通信システムの整備や災害防止対策面の施策策定を行っている。

同省は、本年1月15日のHTHHの火山噴火・津波の被害実態及び復興対策における同国の取り纏め機関となっており、本年3月に発足したJICA防災チームに対する同国の窓口機関となっている。

(5) 社会インフラ省(MOI)

社会インフラ省は、主としてトンガ王国の港湾、道路、及び空港の運輸部門、都市排水や住宅整備等インフラ全般を管轄する省である。同省は、本年1月15日のHTHHの火山噴火・津波により被害に対して世銀支援の下、首相府（Prime Minister's Office）が窓口となって実施された復興計画策定において、住宅や水道設備を含むインフラ全般の被害額算定や復興のための費用算定を行いデータの提供を行った。

2.4.2 実施機関の組織

TWBの組織図を図2-28に、組織構成の人数内訳を表2-19に示す。TWBは、Finance Department、Engineering Department、Administration Departmentの3つの組織に大別され、2022年現在、正職員135名、日雇い職員6名の計141名が在籍しており、ヌクアロファ本社勤務が98名、離島支所勤務が43名となっている。

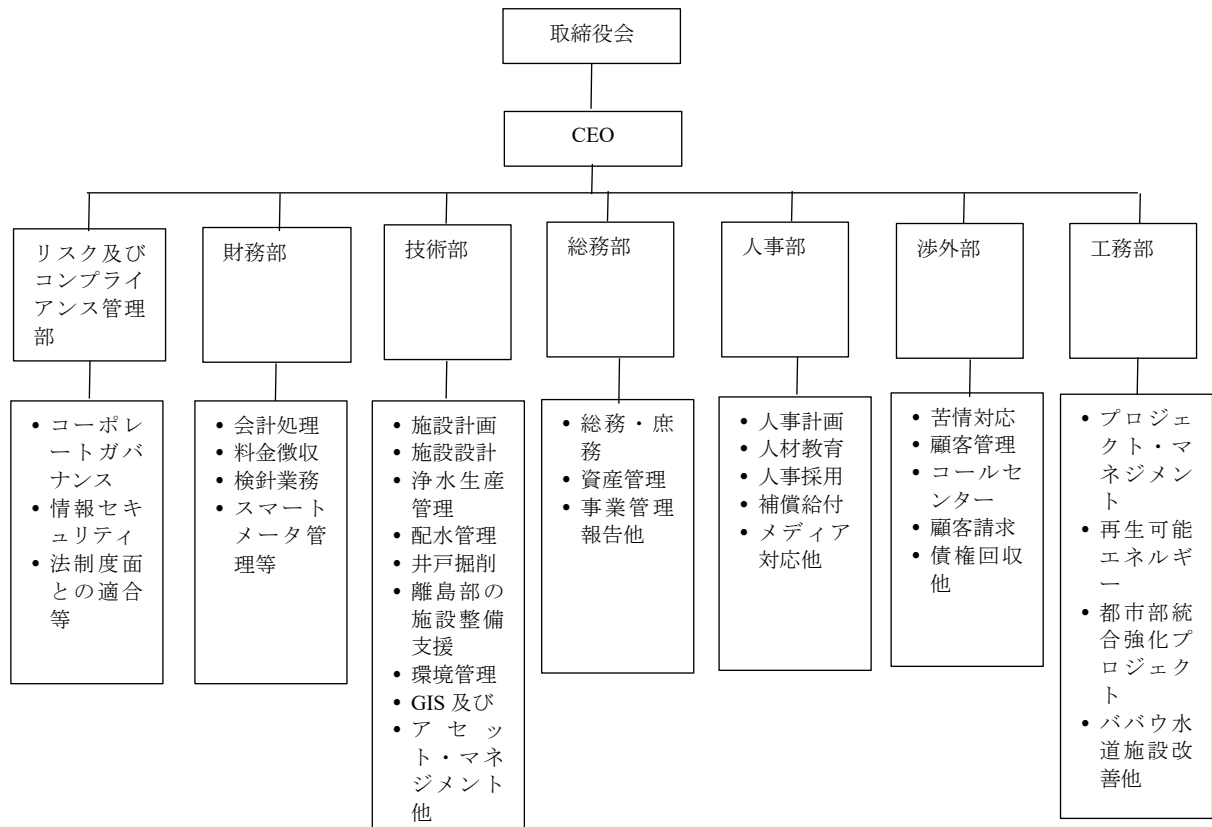


図 2-28 トンガ水道公社 (TWB) の組織図

出典：TWB の資料を元に調査団が作成

表 2-19 TWB の職員構成

項目	職員数		
	計	正社員	契約社員
1. ヌクアロファ			
1.1 総務・人事・渉外関係	20	18	2
1.2 財務関係	35	34	1
1.3 技術関係	43	42	1
2. 離島支所			
2.1 ババウ	18	16	2
2.2 ハアパイ	11	11	0
2.3 エウア	14	14	0
総計	141	135	6

出典：TWB

2.4.3 実施機関の業務

TWB では組織として、以下の Vision と Mission を掲げている。

Vision

To be recognized by our customers and communities that we serve for supplying high quality water in an environmentally friendly and reliable manner at a reasonable price.

適正な料金で環境にやさしく安定的に高品質の水を供給することにより顧客やコミュニティから信頼されること

Mission

To develop and expand Tonga Water Board network and related services to provide customers with a reliable and high-quality water supply.

TWB の給水ネットワークやサービスを発展・拡張させ、顧客に安定的で高品質の水を供給すること

出典：TWB Annual Report 2019-2020

2.5 我が国による協力の経過

2.5.1 資金協力の経過

(1) 我が国の援助実績

最近5年間の我が国のトンガ王国に対する援助実績（金額）を表 2-20 に示す。

表 2-20 我が国のトンガ王国に対する援助実績

（単位：億円）

年度	円借款	無償資金協力	技術協力
2016 年度	—	15.94	3.52
2017 年度	—	24.80	2.31
2018 年度	—	29.14	2.34
2019 年度	—	0.62	1.73
2020 年度	—	3.02	0.89
累計	—	73.52	10.79

出典：外務省政府開発援助（ODA）国別データ集 2021

近年の水資源・防災分野に関する協力は、草の根・人間の安全保障無償による給水設備計画を筆頭に、一般無償、ノンプロ無償、緊急援助等、各スキームを通じて実施されている。以下に各スキームの概要について記載する。

(2) 草の根・人間の安全保障無償資金協力

在トンガ日本大使館が主にネイアフより離れた村落に対し、「草の根・人間の安全保障無償資金協力事業」を実施し、取水井戸と高架水槽を建設する支援を行っている。

2013 年以降にトンガで実施された草の根・人間の安全保障無償の一覧を表 2-21 に示す。このうち、2015 年及び 2014 年の協力対象となったフェレトア村に供与された設備の例を以下に示すが、他の村についても概ね同様の設備が供与されている。

- ・ 給水ポンプ 2 基（ソーラー電源、ディーゼル各 1 基）
- ・ ポンプ建屋

- ・ 水タンク（5000 ガロン、土台）
- ・ フェンス、パイプなどの付随設備

表 2-21 草の根・人間の安全保障無償資金協力案件

時期	案件名
2022 年 1 月竣工	ヴァイニ村給水設備計画
2021 年 4 月竣工	ヌクヌク村給水設備整備計画
2021 年 3 月竣工	ヒヒフォ地区給水設備整備計画
2020 年 12 月竣工	バイニ村給水設備整備計画
2018 年 12 月竣工	トンガタプ島ペレハケ村給水施設整備計画
2018 年 12 月竣工	トンガタプ島アラキフォヌア地区給水施設整備計画
2018 年 8 月竣工	トンガタプ島ラベンガトンガ村給水施設整備計画
2018 年 8 月竣工	トンガタプ島タラフォオウ村給水施設整備計画
2017 年 9 月竣工	フォラハ村給水施設整備計画
2017 年 9 月竣工	タタカモトンガ村給水施設整備計画
2016 年 12 月竣工	ヌクレカ村給水施設整備計画
2016 年 11 月竣工	ナプトカ村給水施設整備計画
2016 年 6 月竣工	ヒヒフォ村給水施設整備計画
2016 年 6 月竣工	バイポア村給水施設整備計画
2016 年 6 月竣工	ファレハウ村給水施設整備計画
2016 年 5 月竣工	プケ村給水施設整備計画
2015 年 8 月引渡	バイマロ村給水施設整備計画
2015 年 8 月引渡	オバカ村給水施設整備計画
2015 年 6 月竣工	ファアモトゥ村給水施設整備計画
2014 年 9 月引渡	ハウラウフリ村給水施設整備計画
2014 年 9 月引渡	ホロンガ村給水施設整備計画
2014 年 9 月引渡	フェレットア村給水施設整備計画
2013 年 10 月引渡	マラエバカプナ・コミュニティー給水施設整備計画

出典：在トンガ日本大使館ホームページ

(3) 無償資金協力

無償資金協力としては、トンガタプ島のヌクアロファ市を対象に、老朽化したアスベスト管の改修および浄水場の整備、流速計や漏水探知機等の機材の供与が実施されている。

表 2-22 無償資金協力案件

時期	案件名
2001 年 8 月完工	ヌクアロファ市上水道整備計画

出典：JICA ホームページ

(4) ノン・プロジェクト無償資金協力

自然災害に対する対応力強化を目的とし、ノンプロ無償を通じ、トンガ王国の国家災害管理庁（NEMO）に対し、機材の供与が実施されている。

表 2-23 ノン・プロジェクト無償資金協力案件

時期	案件名
2017 年 8 月引渡	平成 26 年度防災機材ノン・プロジェクト無償資金協力
2015 年 6 月引渡	平成 25 年度中小企業ノン・プロジェクト無償資金協力

➤ 2017 年 8 月引渡：

貨物クレーン車（4 台）、給水車（2 台）、浄化槽トラック（1 台）、テント（15 セット）、ポータブルトイレ（20 基）、救命艇（2 隻）、チェーンソー（15 台）、発電機付非常灯（10 基）、手動フォークリフト（5 台）、小型掘削機（1 台）

➤ 2015 年 6 月引渡：

テント(200 張)、海水淡水化装置(2 機)、エンジンポンプ(4 機)、ポリタンク(2000 個)

2022 年 1 月に発生したトンガ王国の火山噴火・津波からの復旧・復興に対する支援として、トンガ政府から日本大使館へと無償資金協力「経済社会開発計画」の枠組みで支援要請書（資料 6）が提出されたのを受け、8 月 12 日に以下の支援について書簡の交換が行われた。

- 離島給水インフラ整備関連機材の支援（経済社会開発計画）（供与額 1.5 億円）
作業車両、小型掘削機、発電機等

出典：外務省ホームページ

(5) 緊急援助

2014 年及び 2018 年にトンガ王国に上陸し、甚大な被害をもたらしたサイクロン（それぞれイアン、ジータ）に同国政府から非常事態宣言が出されたことを受け、緊急援助として、日本からテント、防水プラスチックシート、ジェネレーター、ポリタンク等を供与している。

2022 年 1 月に発生したトンガ王国での火山噴火及び津波による被害に対し、同国政府からの支援要請を受けて、JICA から緊急援助物資として、飲用水、缶詰、火山灰撤去のための用具等を供与し、同援助物資が国際緊急援助隊・自衛隊部隊により現地に輸送された。

表 2-24 緊急援助案件

時期	案件名
2022 年 1 月～2 月	トンガ王国における火山噴火及び津波被害に対する緊急援助
2018 年 2 月	トンガ王国におけるサイクロン被害に対する緊急援助
2014 年 1 月	トンガ王国におけるサイクロン被害に対する緊急援助

出典：調査団調べ

(6) その他

我が国が拠出する PEC 基金（太平洋環境共同体基金・Pacific Environment Community Fund）を通じ、トンガ王国ではババウ島及びハアパイ島を対象に「太陽光発電式給水施設及び冷凍庫整備事業」が実施されている。同事業では、ババウ島 17 村に太陽光発電式給水施設 22 基、ババウ諸島及びハアパイ諸島の離島部に太陽光発電式冷凍庫 36 基を設置した（2017 年 7 月起工）。また、

JICA のシニアボランティア（漏水検査）や関連分野の課題別研修を通じ、TWB 等の職員に対し、技術的な協力が継続的に実施されている。

2.5.2 技術協力の経過

トンガ王国を含む太平洋諸国から研修員を受け入れ、沖縄県企業局が主体となって島嶼国に適応性の高い水道事業システムが構築されることを目標に研修を実施してきた。

研修では、①水道に関連する政策・法体系等の理解、②生物浄化法（緩速ろ過システム）の理解・技術指導、③水資源が乏しい地域での水源開発手法の理解、④水道事業運営の在り方についての理解、⑤水源保全管理の手法の理解、など多岐に亘る研修が実施された（表 2-25 参照）。

また研修では、主に太平洋島嶼国で抱える「安定的な水源の不足」、「適切な浄水施設の不足」、「漏水問題」などの水道に関する様々な課題に対し、沖縄で蓄積された技術やノウハウを移転している。

表 2-25 我が国水道事業体によるトンガ王国の研修実績

実施機関	名称	実施形態	年度
沖縄県企業局	島嶼における水資源保全管理	本邦での講義・実習・見学等	2010 年 H22
沖縄県企業局	島嶼における水資源保全管理 (13 名) 内トンガ 2 名	本邦での講義・実習・見学等	2011 年 H23
沖縄県企業局	島嶼における水資源保全管理 (13 名) 内トンガ 2 名	沖縄県での講義・実習・見学等	2012 年 H24
沖縄県企業局	島嶼における水資源管理・水道事業運営 (9 名) 内トンガ 0 名	県内市町村等水道事業関係機関及び JICA 沖縄と連携した講義・実習・見学等	2013 年 H25
沖縄県企業局	島嶼における水資源管理・水道事業運営(11 名) 内トンガ 0 名	県内市町村等水道事業関係機関及び JICA 沖縄と連携した講義・実習・見学等	2014 年 H26
沖縄県企業局	島嶼における水資源管理・水道事業運営 (12 名) 内トンガ 0 名	県内市町村等水道事業関係機関及び JICA 沖縄と連携した講義・実習・見学等	2015 年 H27
沖縄県企業局	島嶼における水資源管理・水道事業運営	県内市町村等水道事業関係機関及び JICA 沖縄と連携した講義・実習・見学等	2016 年 H28

出典：調査団作成

2.5.3 相手国・機関による上記協力への意見

TWB ババウ支所の Manager である Mr. Waterski Ma’afu は、表 2-25 に示した沖縄県での JICA 研修に参加し、水道施設の運転管理等の研修を受講している。研修により得られた知識は非常にすばらしく、トンガ王国の水道に大きな影響をもたらすものであったと非常に感謝している。しかし、一方でババウ島内において、運転・維持管理に必要な設備等が不足しており、それらの知識を十分に活かせていないと述べている。

また、2015 年の研修生による研修成果報告会において、特に有益であった科目として、配水ブロックの導入、流域管理、効果的な漏水修理方法、生物浄化法などが挙げられた。

2.6 第三国／国際機関による協力の経過

2.6.1 対象案件に関連する協力実績・形態

調査団がこれまでに把握できているトンガ王国の水道分野に対するドナーによる協力実績を表 2-26 に示す。トンガ王国では水道分野以外でもオーストラリアやニュージーランドのドナーによる協力実績が多く、水道分野においても同様の傾向が見られる他、首都ヌクアロファの位置するトンガタブ島への ADB の支援や、第2の都市ネイアフの位置するババウ島への EU による支援が過去に行われている。

表 2-26 トンガ王国の水道分野に対するドナー協力実績

島名	プロジェクト名	ドナー名	実施年	支援内容
トンガタブ島	ヌクアロファ上水道整備計画	JICA	2001	- 取水施設（取水ポンプ：3 台、O&M 用クレーントラック：1 台） - 消毒設備 - 石綿管の更新 - 配水管（総延長：約 33 km） - 漏水対策機材の調達 - 既存給水管の復旧工事
	ヌクアロファ水道改善事業	ADB/Aus Aid	2019	- 新規井戸（16 本） - 井戸の改修（13 本） - 配水池の建設（3,000 m³） - 送水管の布設（9.5 km）
ババウ島	ネイアフ水道施設改善事業	EU	1997 – 1999	- 新規水源（井戸：15 本） - 揚水ポンプ（15 台） - 送水管（200 mm 径 x 8.9 km） - 配水本管（8.9 km） - 配水池の改修（1,000 m³） - 事務所とワークショップ - 塩素注入設備 - 水位伝送システム
リフカ島	Pangai, Hihifo, , Lifuka Water Supply Improvement Project	AusAid	1998	- 集水埋渠の建設（4 箇所） - 揚水ポンプ（ソーラータイプ：2 台、電動式：2 台） - 送水管（1,300 m） - 高架タンク（12 m³） - 送水ポンプ（1 台） - 道具類（1 式）
エウア島	Eua Water Supply Upgrade Project	New Zealand Aid	2008	- 新規浄水場（1,000 m³/日）（沈殿池、膜ろ過装置、塩素注入装置、浄水池 536 m³） - 配水管（3.6 km） - 揚水井戸（2 本）
	マタバイ浄水場の改善事業	New Zealand Aid	2013	急速ろ過機（2 ユニット）

今後実施予定の案件として、ADB のローンによるトンガタブ島での管網整備事業が計画されている。事業内容は、無収水削減を目的とした配水管網更新および既存 DMA への Flow Control Valve の設置で、予算は 1.5 mil. USD、本年夏頃に設計が開始されたところである。その他、エウア島では SIONE（Private Fund）民間基金による出資で、マタバイ浄水場の普通沈殿池の改修（凝集沈殿プロセスの追加）とろ過池の建設が計画されており、こちらはオーストラリアのコンサルタントが設計中で、2023 年中に着工予定である。

2.6.2 対象案件に関する要請の有無・結果

現在、TWB の水道事業に対しては、上述のとおり ADB によるトンガタブ島の管網改善と SIONE プライベートファンドによるエウア島の浄水場改善がプロジェクトとして実施中である。一方、火山噴火・津波被災後の緊急復旧支援としては、日本政府へのノン・プロジェクト無償事業の支援要請等がなされ実現に至っているが、復興支援の観点ではプロジェクト立案には至っておらず、TWB から具体的なプロジェクトの要請もなされていない状況である。

2.6.3 対象案件の我が国の援助方針との整合性（国別援助方針、水と衛生に関する拡大パートナーシップ・イニシアティブ等）

(1) 我が国との関係

我が国は 1973 年の青年海外協力隊（JOCV）派遣以来、トンガ王国の主要なドナー国であり、無償資金協力や技術協力を通じ、同国の開発に大きく寄与してきた。ミクロネシア、メラネシア、ポリネシアの国々からなる太平洋島嶼国は、非常に親日的で、国際社会において日本の立場を支持するなど、日本にとって重要な国々である。そのなかでもトンガ王国は、我が国皇室とトンガ王室との間で親密な交流が積み重ねられているほか、1970 年 7 月以来、公式な外交関係が維持され、2020 年には日本・トンガ外交関係樹立 50 周年を迎えており、次の 50 年に向け継続した支援、更なる関係性の発展が望まれている。

太平洋島嶼国は、「国土が狭く分散している」、「国際市場から遠い」、「自然災害や気候変動等の環境変化に脆弱」などの困難を抱えており、太平洋島嶼地域の安定と繁栄を目指した太平洋・島サミット（Pacific Islands Leaders Meeting：PALM）が 3 年ごとに日本で開催されるなど、我が国をあげて地域の自立的・持続的な発展に向けて支援を実施している。2021 年 7 月に開催された PALM9 では、当時の菅内閣総理大臣が、日本と太平洋島嶼国との間の協力を更に強化する政策である「太平洋のキズナ政策」の下で、5 つの重点分野（①新型コロナへの対応と回復、②法の支配に基づく持続可能な海洋、③気候変動・防災、④持続可能で強靱な経済発展の基盤強化、⑤人的交流・人材育成）について日本が太平洋島嶼国と共に取り組んでいくことを表明した。

これを受けて、トンガ王国を含む太平洋島嶼国は、「唯一最大の脅威」である気候変動問題への更なる取組を呼びかけるとともに、自然災害に対する脆弱性に対する継続的支援の重要性を訴え、日本による質の高いインフラ整備事業の実施に期待が寄せられている。

(2) 対象案件の国別援助方針との整合性

我が国は、トンガ王国の国家開発計画及び「太平洋・島サミット」における我が国の支援方針を踏まえ、対トンガ王国国別援助方針を策定している。同方針では、環境保全や気候変動に対する支援をはじめとして、基礎的な社会サービスの向上やインフラ整備を含む持続的な経済成長基盤の強化に対して支援を行うことを示しており、本案件と整合している。

(3) 対象案件の水と衛生に関する拡大パートナーシップ・イニシアティブとの整合性

本イニシアティブは、我が国の水と衛生に関する豊富な経験、知見や技術を活かし、国際機関、

他の援助国、NGO 等と連携しつつ、開発途上国の自助努力を一層効果的に支援することを目的としている。水と衛生に関する我が国援助の基本方針のうち「1.水利用の持続可能性の追求」及び「2.人間の安全保障の視点の重視」と整合している。

2.6.4 対象案件と第三国／国際機関による協力とのリンケージの必要性

対象案件に対して、現在まで他ドナーによる援助または協力によるプロジェクトの実施予定はないが、在トンガ日本大使館が実施する「草の根・人間の安全保障無償資金協力事業」とは引き続き強力にリンケージする必要がある。

2.6.5 対象案件を第三国／国際機関が実施しない理由

これまでにオーストラリア、ニュージーランド、イギリス、アメリカ等により火山噴火・津波被災後の緊急復旧支援が実施されているが、施設整備を伴う復興支援は実施に至っていない。現在のところ、調査は未だ実施されていないが、ADB がトンガ王国の復興支援に関心を示している。また、トンガ王国の水道事業に対してはニュージーランドやオーストラリアがこれまでに支援してきており、2023 年 3 月現在は調査に入ってなくとも今後プロジェクトが新たに計画・実施される可能性も考えられる。

第 3 章

指導する計画・プロジェクト に関する事項

第3章 指導する計画・プロジェクトに関する事項

3.1 問題点の改善への取り組み方

3.1.1 水道事業における問題点（国レベル）と対象案件との関係

水道事業が抱える問題点（国レベル）は、以下のとおりである。

- 水道整備に関する様々な計画が立案されているが実施に至っておらず、計画の元となるマスタープランが 1992 年以降改訂されていない。
- 施設・設備投資に伴う減価償却費の増加による純利益の減少、トンガ政府への配当金の支払い義務・水道料金の値下げ要求による財務圧迫などの経営・財務上のリスクが存在し、自己資金による施設・設備投資が難しい。
- 気候変動による降水量の減少、地球温暖化による海面水位の上昇、津波による影響等で水道水源（淡水レンズ）の塩水化リスクが増大している。
- 水道水源の地下水は、石灰岩由来の硬度分を多量に含み味が悪いいため慣習的に国民が飲料用途として好まない一方、飲料用水源を雨水に頼ることには安全性・安定性に係るリスクが存在する。
- TWB のオペレーターの水道施設の維持管理能力が不足しており、水量管理、水質管理、薬品注入制御、機器管理が適切に行われていない。
- 整備された水道施設・設備の改修に十分な予算が配分されず、老朽化による機能不全や漏水の増加が生じている。
- TWB の給水エリア以外の村落地域の水道サービスでは、財政面や運転維持管理能力で問題を抱えており、また自然災害に対しても脆弱性である。
- 被災時の応急給水や応急復旧などの被災時への備え及び対応が十分でない。

上記のうち、対象案件と関係する問題点とその関係性は、表 3-1 に示すとおりである。

表 3-1 問題点（国レベル）と対象案件との関係

問題点	対象案件
経営・財務上のリスクと施設整備資金の不足	新規水源開発と給水拡大による料金収入基盤の強化
水道水源の塩水化リスク	水源の複数系統化と水源管理に関する技術指導による水源塩水化の防止
水道施設の運転維持管理能力の不足	水道施設の運転維持管理に関する技術指導による能力向上
村落地域の水道サービスの脆弱性	村落給水の TWB 配水管網への統合による脆弱性の克服
被災時対応が不十分	水源の複数系統化と緊急時バイパス連絡管の整備、技術指導による被災時対応の改善

出典：調査団作成

3.1.2 水道事業の現状及び飲料水供給における問題点（対象地区）と対象案件との関係

対象地区の水道事業の現状及び飲料水供給における問題点は、前述の 2.1.4 節及び 2.1.5 節に整理したとおり、①大規模自然災害に対する水道システムの脆弱性、②村落地域の水道サービスの脆弱性である。①に対して、提案する案件では新規水源開発による水道水源の複数化と既存配水池への連絡管の設置により、被災時の都心部における水需要増加への対応を可能とする。また、既存配管網へのバイパス連絡管の設置により、配水本管の破断時でも配水可能とするための緊急時の配水ルートを確認する。もって、自然災害に対する水道システムの強靱化を図る。②に対しては、副次的な効果として新規水源の周辺村落に対して配水管網を拡大し、安全性・安定性の高い TWB の配水サービスへの統合を図る。

3.1.3 協力の範囲

日本側の協力範囲は、①トンガタプ島の水道システムの強靱化を実現するための新規水源開発及び水道施設の整備と②新規整備する水源及び水道施設が持続的に活用されるように、効果・効率的に運転・維持管理するための技術指導（ソフトコンポーネント）を想定する。

3.1.4 協力の形態

協力の形態は、プロジェクト型の無償資金協力事業とソフトコンポーネントを想定する。プロジェクト型無償資金協力は、相手国政府に資金を贈与し、相手国政府がコンサルタントや施工業者などと契約を締結して、施設の整備や機材の調達などを実施するものである。

3.1.5 実施時期

本案件の実施時期としては、JICA による復興支援事業のスケジュールと合わせる目的で、現時点において表 3-2 を想定している。

表 3-2 対象案件の実施時期（案）

実施内容	実施時期
トンガ政府からの要請書の提出	2023 年度
日本政府による要請内容の評価	2023 年度～2024 年度
協力準備調査（基本設計）	2024 年度～2025 年度
詳細設計	2026 年度
案件実施	2027 年度～2028 年度

出典：調査団作成

3.2 案件の目的

3.2.1 短期的目的

新規水源開発による水道水源の複数化、マタキエウア配水池への連絡管の整備による自然災害発生時の水需要量増加への緊急時対応の改善、マタキエウア配水池からのバイパス連絡管の設置による被災時の配水ルートの確保により、トンガタプ島の水道システムの強靱化を図ることを短期的目的とする。

3.2.2 中・長期的目的

塩水化の影響を受けにくい新規水源を開発し、水源管理の強化を図ることで持続可能な地下水資源の活用と水道サービスの安定性を向上させること、水道施設の運転・維持管理を強化し、日常の運転・維持管理データを活用することで水道供給の適正化を図ることを中・長期的目的とする。

3.3 案件の内容

3.3.1 計画の概要

(1) 計画の目標

トンガ王国の開発政策・計画及び2022年1月に発生した海底火山噴火・津波による被災からの復旧・復興計画を踏まえ、本案件は、トンガタブ島において新規水源開発による水道水源の複数化、既存配水池への連絡管の整備、既存配水池からのバイパス連絡管の整備により水道システムの強靱化を図り、自然災害や気候変動の脅威に晒されたトンガ王国の水道の安定性の向上に寄与するものである。

(2) 計画の概要

本案件は、上記目標を達成するために、新規水源の開発及び必要な水道施設の整備を実施するとともにソフトコンポーネントを実施することとしている。

本案件で実施される計画概要を表3-3に示す。

表 3-3 計画の概要

分類	計画内容
基礎調査	水源開発調査
	地下水観測井の設置
施設建設	生産井戸の新設： 7箇所（電磁流量計の設置を各井戸1個含む）
	太陽光発電システム：100kVA相当 1式
	非常用発電システム：100kVA相当 1式
	配水池の新設： 1,000m ³
	導水管の新設： 5km
	送水管の新設： 25km
	配水管の新設： 15km
	バイパス連絡管の新設： 5.5km
	電磁流量計の設置： 8箇所
ソフトコンポーネント	水源管理に関する技術指導
	水道施設の運転・維持管理に関する技術指導

出典：調査団作成

3.3.2 計画の内容・規模・数量

本事業における計画内容は以下のとおりである。

(1) 新規水源の開発

現地下水源の塩水化リスク低減及び、中長期的な地球規模の気候変動による自然災害の強度化に耐える水道システムの強靱化を目的として、代替水源開発のための調査を実施する。新規水源開発候補は、3.4.2 節に後述する厚さ 10m 以上の淡水レンズが期待できる島の南東部のファアモツエリアとする（図 3-1）。目標とする開発水量は、ヌクアロファの 2021 年における配水量実績 $9,341\text{m}^3/\text{日} \times 30\% = 2,800\text{m}^3/\text{日}$ をバックアップ水量として計画する。アップコーニングによる塩水化を避けるため井戸 1 箇所あたりの揚水量を $5\text{ L/秒} = 432\text{m}^3/\text{日}$ に制限するため、新規で 7 箇所の井戸を生産井として掘削する。

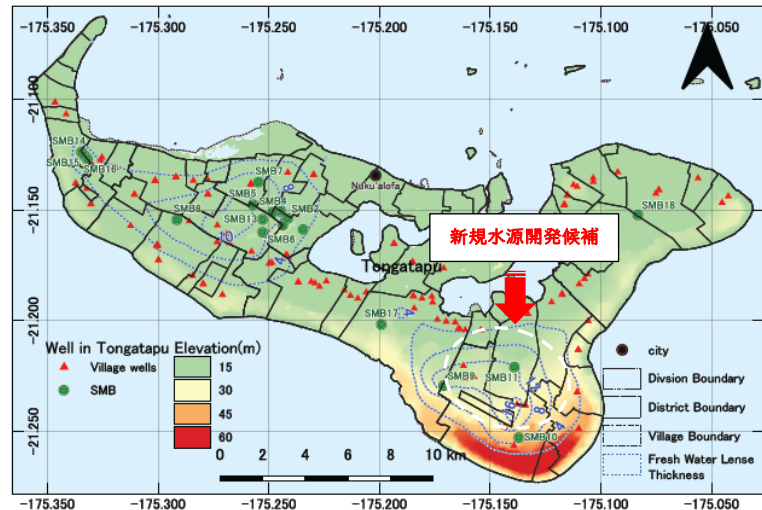


図 3-1 トンガタプ島の新規水源開発候補の位置

井戸 1 箇所あたりの揚水量： $5\text{ L/秒} = 432\text{m}^3/\text{日}$ （24 時間運転）
必要な井戸の箇所数： $2,800\text{m}^3/\text{日} \div 432\text{m}^3/\text{日} \div 7$ 箇所

1) 新規水源開発に係る調査

以下に新規水源開発に係る調査項目を説明する。

地下水涵養量の推定

対象地域における地下水の涵養量推定し、開発可能な地下水量を評価するために以下の業務を実施する。

- ◇ 既存の気象データ(降水量、気温、日照時間等)や植生の情報を収集して蒸発散量の算出
- ◇ 既存の土壌条件、水理地質情報の収集(透水係数、貯留係数、有効間隙率等)する
- ◇ 簡易地下水涵養モデルを作成する
- ◇ 新規水源開発候補地における地下水涵養量の推定
- ◇ 地下水の開発可能量について評価を行う

物理探査の実施

掘削地点を選定するための物理探査を実施し、新規水源開発候補地の淡水レンズの形状（分布域、深度、賦存量）を推定する。

トンガタプ島の地質構造は基本的に火山灰の土壌と石灰岩層で構成されているため複雑ではない。したがって、地下水開発の物理探査手法は、これまでの実績や作業性を考慮して、電磁探査(EM34)と電気比抵抗垂直探査(VES)を中心に検討する。以下にそれぞれの、探査方法の

利点を挙げる。

表 3-4 電磁探査と電気比抵抗

探査法	手法	1点当たりの測定時間	利点	短所	適用性
電磁探査	ループループ法 (EM34)	約 20 分	作業性が良い。	層構造が3層を超える場合、各層の導電率・層厚が一意的に決めることができない。	概査に適している。 探査で検出された電気伝導度を、観測孔の実測値と比較・検証して塩淡境界として設定する。
電気比抵抗探査	垂直法 (VES)	約 90 分	多層の解析には優位性がある。	淡水レンズの調査では適用事例が少ない。作業性は電磁探査と比較して良くない。	多層での見かけ電気伝導率が推定できるため、精査に適している。ただし塩淡境界の電気比抵抗値(電気伝導率)の設定のためには、電磁探査同様に観測孔内の実測値を基に補正する必要がある。

井戸掘削地点の選定

物理探査の結果を基にして、井戸の掘削地点を選定する。選定に当たっては、探査で得た物性値（電気比抵抗値）だけでなく、各掘削地点の間隔、土地利用状況、地下水の汚染リスクについても調査する。特に生産井の掘削地点の間隔については、過剰揚水を避けるため 0.75～1.0km の間隔を空けることに留意する。

試掘井の掘削

生産井の適正揚水量、EC の値、帯水層の水理定数を推定するために試掘井を掘削する。掘削数量は、試掘井の観測井への転用も見据え、7箇所とする。以下の表 3-5 に試掘井の仕様案を示す。井戸は自然水位以下をすべてスクリーンとして、任意の地下水深で電気伝導率を計測できる構造とする。

表 3-5 観測井の仕様案

	試掘井の仕様	数量	単位
1.	井戸掘削 (掘削口径：9 インチ以上)	100	m
2.	ケーシングパイプ (口径：5 インチ、UPVC 製)	20	m
3.	ケーシングスクリーンパイプ(口径：5 インチ、UPVC 製)	80	m
4.	グラベルパッキング (深度：15-100m、ベントナイトによる遮水、埋め戻し、セメント充填含む)	85	m
5.	電気検層 (100m)	1	
6.	揚水試験(5 段階、24-48 時間連続揚水、回復試験)	1	式
7.	井戸ヘッド、フェンスの設置	1	
8.	水質試験	25	項目

揚水試験の実施

試掘井の現場揚水試験を実施する。淡水レンズを胚胎する珊瑚起源の隆起石灰岩は、非常に透水性が高いため、一般的な定常法や非定常法のような現場揚水試験では、透水量係数や貯留係数をはじめとする水理定数を求めるのは困難である。したがって、本開発調査の揚水試験ではこういった水理定数を求めることよりむしろ、電気伝導率の変化を詳細に計測することで適正な揚水量を把握することを推奨する。

水質試験

トンガ王国では国が定める水質基準は存在しないため、WHO が推奨する水質基準値を参考として水質試験を実施する

2) 観測井の設置

観測井の掘削

既存の観測井（3 箇所）と合わせて 10 箇所の塩淡境界観測井を整備する。追加の 7 箇所の井戸については、試掘井から転用するため改めて掘削はしない。

地下水の観測計器の設置

観測井へ転用する 7 箇所の井戸に自記水位・電気伝導度計を設置する。

3) 新規生産井戸の設置

物理探査の実施

水源開発調査時の物理探査結果と試掘井の掘削結果を比較検証し、必要であれば追加で物理探査を実施し、生産井の掘削成功率を向上させる。

井戸掘削地点の選定

物理探査結果を基にして、生産井 7 箇所分の掘削地点を選定する。掘削工法は、トンガ国内で実績のある DTH 工法または泥水循環工法を主体に検討する。

井戸掘削・建設

生産井を掘削し付帯施設の建設を行う。推定される淡水レンズの分布・形状、そして揚水量の制限（約 5.0 L/秒）から、比較的小型の水中ポンプを備えた小規模な施設設計となる。このため、小規模施設に対して優位性があり、トンガ国内でも普及が進む太陽光発電と商用電源のハイブリットシステムの導入を検討する。自然災害の多いトンガ王国において有事の停電が想定されるため、防災対策の一貫として、自家発電設備を併せて導入する。以上により、電力供給源における水道システムの冗長性を確保する。

(2) 水道施設の整備

図 3-2 に水道施設の整備の全体像を図 3-3 に施設整備後の水道システムのフローを示す。トンガタブ島南東部のファアモツ地域に新規水源を設け、近郊の標高の高い丘陵地に配水池を建設し、そこから既存のマタキエウア配水池に緊急時にバックアップ送水するための連絡管を設置する。新設配水池が標高 60～70m であるのに対し、マタキエウア配水池の標高は 20～30m であるため、自然流下による送水を計画する。また、配水池近隣の村落に対して給水区域を拡張し、

通常時は自然流下にて配水を行う計画とする。対象村落は現時点ではファアモツ村、ナコロ（Nakolo）村、ハアシニ（Ha'asini）村の3村とするが、今後の詳細調査を通じて最終決定するものとする。



図 3-2 水道施設整備の全体像

出典 調査団作成

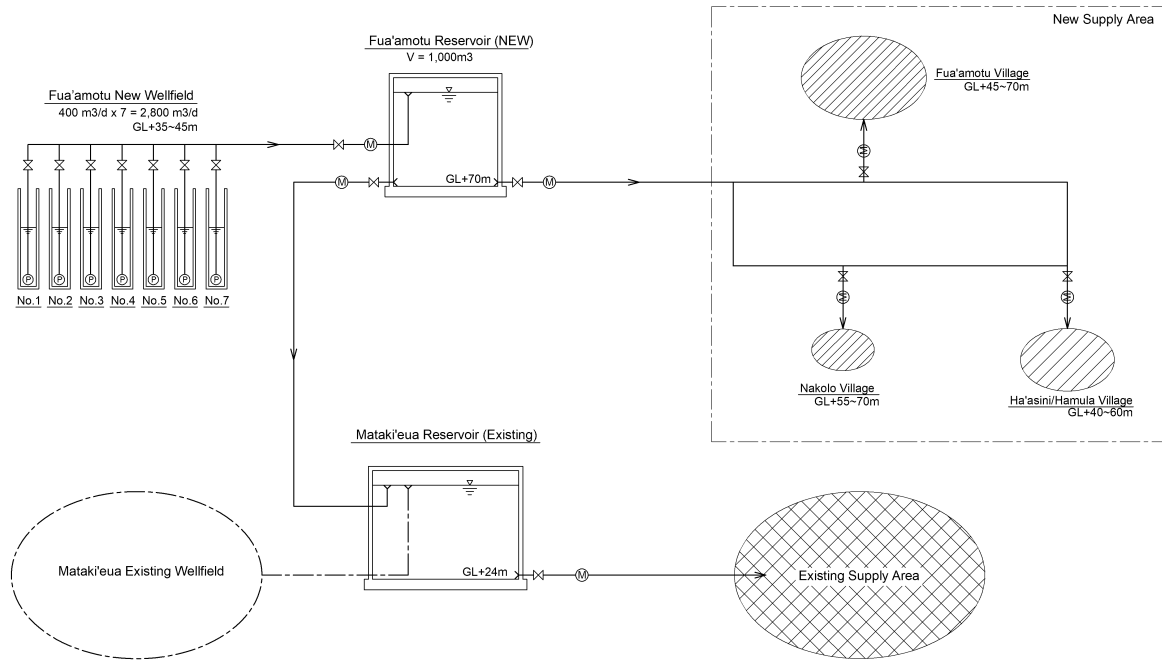


図 3-3 施設整備後の水道システムのフロー

出典 調査団作成

1) 新設配水池の整備

新設配水池の容量は、新規水源の開発水量の約 2,800m³/日の 9 時間分の 1,000m³とする。本案件の開発水量は首都ヌクアロファへの緊急時のバックアップ送水を前提とした最低水量として設定しているため、今後のさらなる水源開発及び給水拡張に合わせて配水池の増設を検討する必要がある。候補用地の詳細については 3.4.1 節に後述する。

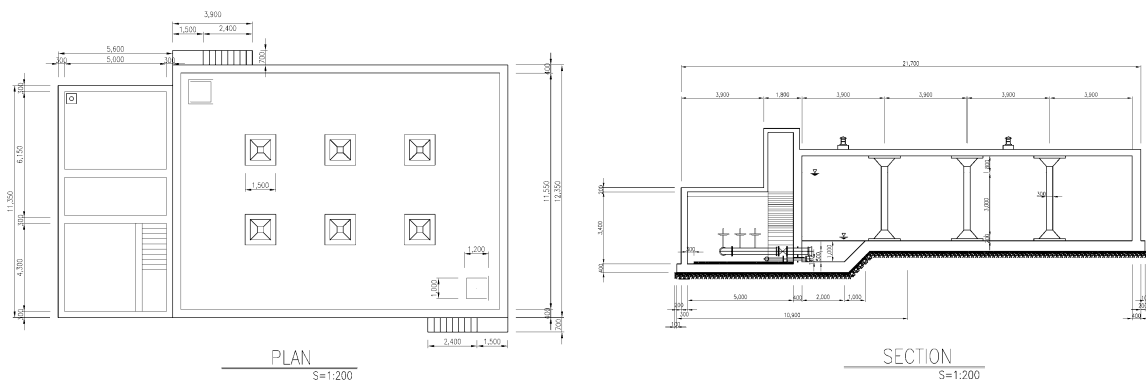


図 3-4 配水池計画図 (1,000m³)

出典：調査団作成

2) 新設導・送・配水管の整備

新規生産井戸群から新設配水池への導水管 (約 5km)、新設配水池から既設のマタキエウア配水池への送水管 (約 25km)、新設配水池周辺で給水区域に取り込む村落地域への配水本管・支管 (約 15km) の合計 45km の配管を布設する。なお、給水拡張する村落地域については、流量管理の向上のため DMA (District Metered Area) の構築を検討する。

3) 緊急時バイパス連絡管の整備

緊急時バイパス連絡管の整備に関しては、2.2.5(1)に示したとおりマタキエウア配水池からの配水本管φ500mmが現状一部単一管であるところ、図3-5に示すようにバイパス連絡管を整備することで二条化し、緊急時の配水ルートを確認することで水道システムとしての冗長性を向上させる。バイパス連絡管はΦ300～500mmで延長5.5kmを想定する。管網計算を実施した結果、通常時も本バイパス管を活用することで既存の給水エリアに対する給水圧力の改善効果が期待できることが明らかとなった。

水は生体活動、社会活動を行うために不可欠なものである。災害時に断水した状況が続くと、水の確保が優先となるため、復旧活動も進まなくなる。バイパス連絡管を整備して備えておくことによって、いざ大規模災害が起こった場合でも水確保の憂いがない状態であれば、他の復旧作業に集中することが可能となる。

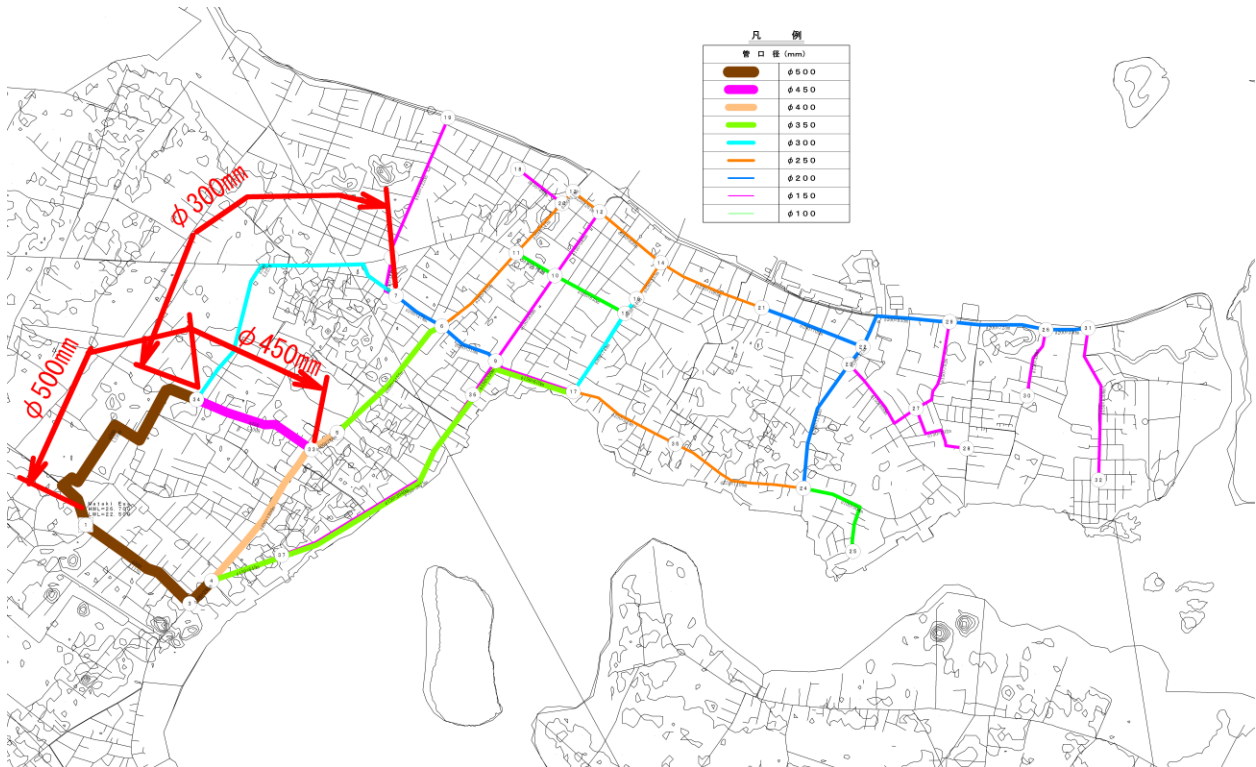


図 3-5 バイパス連絡管の整備案

4) 電磁流量計

新規井戸の流量計7ヶ所以外に、電磁流量計を新設配水池の流入管1ヶ所、配水本管1ヶ所、送水管の2ヶ所、給水拡張する村落地域の各DMAの流入部3ヶ所、マタキエウア配水池のバイパス連絡管に1ヶ所の計8ヶ所に設置する。

(3) ソフトコンポーネントの実施

1) ソフトコンポーネントを計画する背景

提案事業は、自然災害に対する水道システムの強靱化を目的に施設整備を実施することを想定している。一方で、水道施設の維持管理主体である TWB は、運転・維持管理に関する知識や

経験が十分でないため、協力成果を最大限に発揮するためには、施設の運転維持管理に関する技術指導を実施し、施設の運用と緊急時対応の円滑化を支援する必要がある。なお、TWB では緊急時に対する事業継続計画が策定されており、同計画の添付資料に緊急時対応についても記載がある。その中に今回整備する施設の運用について明記することで、円滑な被災時対応が可能となると考える。

また、前述のとおりトンガ王国の水道事業では地下水水源の塩水化の進行が大きな問題となっており、提案事業で整備する新規水源の管理に関する技術指導を計画する。対象は取水施設の運用主体である TWB だけでなく、水源管理を統括する MLNR を対象とした観測データの収集・分析方法や、観測結果を基にした地下水の揚水制限等、持続可能な地下水源の活用を念頭に置いた技術指導を実施する。

計画策定にあたっては、上記観点から、表 3-6 に示す 2 項目をソフトコンポーネントの対象とする。

表 3-6 ソフトコンポーネントの対象

対象	目的
水道施設の運転維持管理に関する技術指導	整備する施設・設備を活用した効率的な水道システムの運用および緊急時対応に関する能力の強化
水源管理に関する技術指導	新規および既存水源の持続可能な活用を目的とした水源の運営管理能力の強化

出典：調査団作成

2) ソフトコンポーネントの目標

ソフトコンポーネントの実施を通じて、無償資金協力事業完了の一定期間後には、「TWB が整備した施設を適切に運転・維持管理し、緊急時対応が円滑に実施するための体制が構築されること、水源管理に関して習得したノウハウを活用してトンガ王国全土で体系的な水源管理が実施されるようになること」を本ソフトコンポーネントの目標とする。

3) ソフトコンポーネントの成果

ソフトコンポーネントの実施により期待される成果を以下にまとめる。

① 水道施設の運転・維持管理に関する技術指導

TWB の担当職員が、無償資金協力事業によって整備される取水施設、送・配水施設等の上水道システム全体の構成内容・目的を理解し、適切に運転・維持管理し、緊急時対応を円滑に行うための能力を修得する。

② 水源管理に関する技術指導

TWB の担当職員が、無償資金協力事業によって整備される新規水源を長期に渡って継続的に活用するために必要な水源管理に係る知識・技術を修得し、トンガタブ島以外の離島の各支所職員に共有され、各支所の既存水源の管理にも役立てられる状態になることを成果とする。

3.3.3 専門家派遣・資機材供与等の内容・規模・数量

プロジェクト型無償資金協力事業及びソフトコンポーネントとしての専門家派遣スケジュール

ルは表 3-7 に示すとおりである。

表 3-7 専門家派遣のスケジュール

実施時期 実施内容	1年目												2年目												3年目												4年目						計 (月)
	概略設計												詳細設計												施工監理												施工監理&ソフトコン						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
【概略設計】																																											
基本事項(計画給水人口・計画給水量)に関する調査																																											2
新規水源開発に関する基礎調査																																											3
水道システムに関する調査																																											3
取水施設・導水施設に関する調査																																											6
送水・配水施設に関する調査																																											5
積算・調達/施工計画に関する調査																																											3
環境社会配慮に関する調査																																											2
【詳細設計・施工監理】																																											
水源井戸の設計・施工																																											15
太陽光・非常用発電システムの設計・施工																																											7
配水池の設計・施工																																											11
導送配水管・配水ネットワークの設計・施工																																											20
積算/入札																																											5
【ソフトコンポーネント】																																											
水道施設の運転・維持管理に関する技術指導																																											2
水源管理に関する技術指導																																											2
1.上水道計画																																											11
2.水源計画																																											18
3.配水施設計画・維持管理																																											11
4.管路計画・維持管理																																											18
5.環境社会配慮																																											2
6.機械設備・維持管理																																											9
7.電気設備・維持管理																																											9
8.積算/入札																																											8

出典：調査団作成

(1) 専門家派遣

専門家	活動内容
①総括・上水道計画	1. プロジェクトのとりまとめ 2. 施設整備に向けた計画策定 3. ソフトコンポーネント計画策定 4. 施設の運転・維持管理に関する技術指導
②水源計画	1. 施設整備に向けた計画策定 2. 新規水源開発に係る基礎調査 3. 新規観測井の設置 4. 新規および既存水源の評価 5. 涵養量の再評価 6. 水源管理に関する技術指導
③配水施設計画・維持管理	1. 施設整備に向けた計画策定 2. 新規配水施設の検討 3. 配水施設の運転維持管理方法の指導 4. 緊急時の施設運用等の対応の指導
④管路計画・維持管理	1. 施設整備に向けた計画策定 2. 水道管路計画(導・送・配) 3. 管路施設の維持管理方法の指導 4. 安全対策指導
⑤環境社会配慮	1. 施設整備に向けた計画策定 2. 新規水源及び配水池の用地に係る土地状況調査 3. 新規水源に係る水利権状況調査

専門家	活動内容
	4. TWB による水道プロジェクト実施のための EIA 支援 5. 新規水道供給事業に関するステークホルダー協議に対する支援
⑥機械設備・維持管理	1. 施設整備に向けた計画策定 2. 新規取水井戸の機械設備の検討 3. 新規配水施設の機械設備の検討
⑦電気設備・維持管理	1. 再整備に向けた計画策定 2. 新規取水井戸の電気設備の検討 3. 新規配水施設の電気設備の検討 4. 太陽光発電・非常用発電システムの検討
⑧積算/入札	1. 施設整備に向けた計画策定 2. 概略設計・詳細設計の積算 3. 施工/調達計画の策定 4. 入札図書の作成

出典：調査団作成

(2) 資機材供与等

提案事業においては資機材の供与等の計画は含まない。

3.3.4 概算事業費

プロジェクト型無償資金協力事業の概算事業費として約 33.2 億円が見込まれる。表 3-8 に見込まれる費用の内訳を示す。

表 3-8 概算事業費の内訳

(単位：1,000 円)

分類	計画内容	金額
基礎調査	水源調査：物理探査×7 箇所、観測井の設置×7 箇所	61,000
施設建設 (水源複数化)	取水井戸の新設：7 本（ポンプ、電磁流量計、電気盤等を含む） 太陽光発電設備：100kVA 1 式 非常用発電設備：100kVA 1 式 配水池の新設：1,000m ³ 導送配水管の新設：45km 電磁流量計の設置：7 基（配水池、配水本管、送水管等）	1,898,000
施設建設 (バイパス連絡管)	バイパス連絡管の新設：5.5km 電磁流量計の設置：1 基	353,000
直接工事費		2,312,000
諸経費（直工×30%）		694,000
工事費		3,006,000
ソフトコンポーネント	水道施設の運転・維持管理 水源管理	15,000
コンサルタント料	詳細設計/施工監理	301,000
設計監理費		316,000
概算事業費		3,322,000

出典：調査団作成

3.4 サイトの状況

3.4.1 位置（用地の確保、土地利用、汚染源となり得る施設等）

(1) 自然災害に対する水道システムの強靱化事業(1)（新規水源開発及び関連水道施設の整備）

1) 用地の確保

図 3-6 に示す新規水源及び配水池からなるプロジェクトサイト用地は現ヌクアロファの空港近傍に位置し、空港の管轄地となっているが、土地所有については、貴族（Noble）の所有地となっており、今後 TWB により当該計画内容説明及び計画実施に向けた公式のレターを発出し、用地取得の手続きが必要となる。また、マタキエウア配水池に繋がる管路ルートは、既存の道路用地にあり、新たな用地取得の必要性はない。

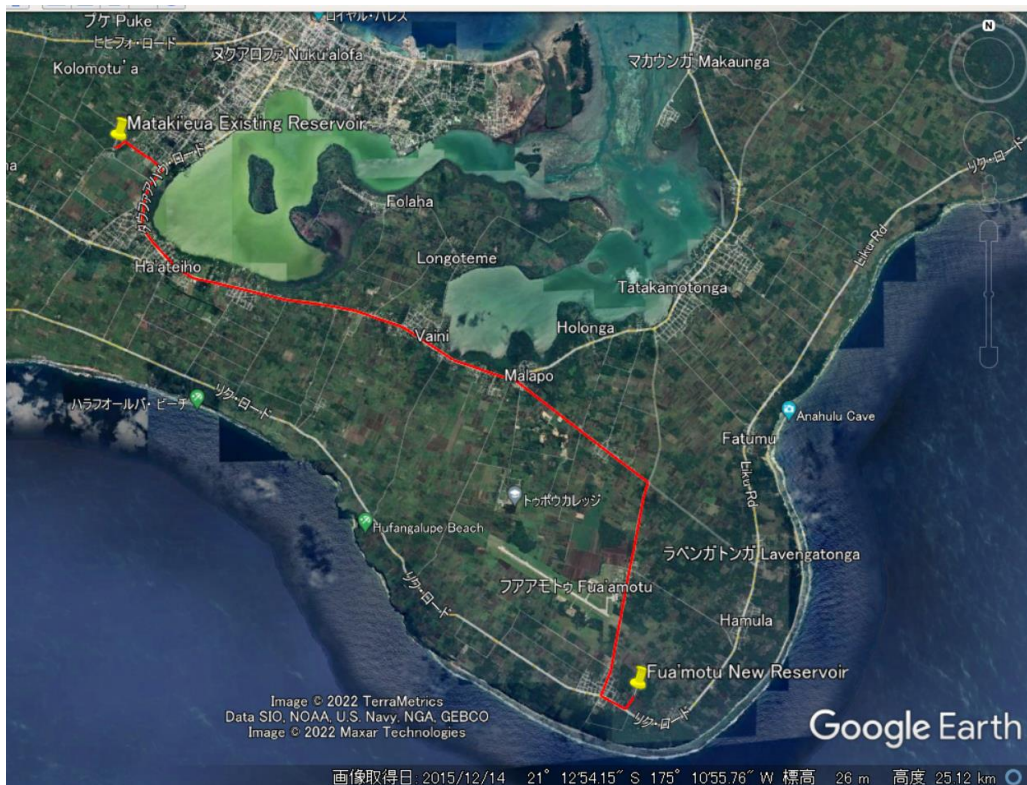


図 3-6 プロジェクトサイトの位置

出典：調査団作成

2) 土地利用

a) 新規水源地及び配水池サイト

新規水源地域及び配水池周辺部は、ほとんど草地やココナツ林で覆われ、一部、キャサバやタロイモの耕作が行われているが、取水する原水への影響は少ないと考えられる。また、汚水を排水する住居から数百 m も離れており、汚水による水質汚染による影響も軽微であると想定される。



図 3-7 新規水源及び新規配水池の候補位置



新規井戸群候補地周辺状況（1）



新規井戸群候補地周辺状況（2）



新規配水池候補地周辺状況（3）



新規配水池候補地周辺状況（4）

b) 配管を布設する道路

配管類については基本的に道路下に埋設する予定であるが、トンガ王国内の道路は交通省(MOI)が管理している。TWB へのヒアリングによると、水道工事のための道路工事の許可は容易に取得可能とのことである。

新規配水池から既存マタキエウア配水池に繋がる道路状況を写真 3.1 に示す。新規配水池近傍の道路は、村道は道路幅 4m 未満かつ非舗装で、主要道路は 4m を超え舗装されている状態となっている。主要道路の舗装は珊瑚礁石灰岩(Coral Limestone)を用いた骨材を使用したコンクリート舗装となっている。計画予定地の交通量は少なく、配管工事による交通への影響は比較的小さいと考えられる。



配管布設予定道路及び周辺状況 (1)



配管布設予定道路(トゥクアホ道路) (2)

写真 3.1 新規配水池候補地から既設配水池に繋がる道路状況

3) 汚染源となり得る施設

新規水源地域及び配水池周辺部は、ほとんど草地やココナツ林で覆われ、一部、キャサバやタロイモの耕作が行われているが、取水する原水への影響は少ないと考えられる。また、汚水を排水する住居から数百 m 離れており、汚水による水質汚染による影響も軽微であると想定される。

(2) 自然災害に対する水道システムの強靱化事業(その2)(バイパス連絡管の整備)

1) 用地の確保

図 3-8 に示すバイパス連絡管ルートは、マタキエウア既設配水池を起点としてトフォア(Tofoa)地区にある村道沿いを通過し、その後 2 つのルートで整備する予定である。すなわち、1 つは、バハアコロ(Vaha'Akolo)道路と交差する地点まで村道を通過し交差点を既設配水管との接合部とするルート、2) もう 1 つは、トゥアタキランギ(Tu'atakilangi)地区の村道及びヒヒフォ(Hihifo)道路を通過し、アライバハママオ(Alai'vahamama'o)バイパス道路との交差点を既設配水管との接合部とするルートである。

布設予定ルートは、既設の道路用地で政府所有の土地であり、前述したとおり新規水道施設整備の場合の用地取得は容易となっている。



図 3-8 バイパス連絡管布設予定ルート

2) 土地利用

新規配水管布設予定の道路は、写真 3.2 に示すように、郊外部で 4m、市街地の主要道路で 7m 程で、それぞれ、舗装非舗装の混在する地域となっている。主要道路の舗装は珊瑚礁石灰岩 (Coral Limestone) を用いた骨材を使用したコンクリート舗装となっている。計画予定地の交通量は郊外部では少ないが市街地では多くなっている。



配管布設予定道路及び周辺状況 (1)



配管布設予定道路及び周辺状況 (2)



配管布設予定道路交差点 (3)



配管布設予定道路交差点 (4)

写真 3.2 バイパス管布設予定道路

3.4.2 自然条件（特に、降水量、河川、地下水の状況など水源に関する記述など）等

(1) 地形地質

トンガ王国は、インドーオーストラリアプレートの最東縁に位置しており、太平洋プレートの沈み込みによる圧力によって、インドーオーストラリアプレート縁辺部が隆起して形成された弧状列島である。計画予定地である首都ヌクアロファが位置するトンガタプ島は、北西－南東方向に 31.5km、北東－南西方向に約 18.5km の広がり呈し、全体的に北方向に傾斜した地形を有している。新規水源候補地の候補地である島南東部のファアモツ近傍では最大標高約 65m 丘陵地帯が分布し北部沿岸の低地に向かって傾斜している。南側の海岸には切り立った海食崖が続き、島中央部には外海から隔てられた水深の浅いラグーンが広がっている。島の東部には石灰岩の化学的浸食作用によって形成されたカルスト地形が分布し、鍾乳洞や陥没地形が多く認められる。

トンガタプ島は当初、現在の島南東部に形成された小さな岩礁であったと考えられている。その後徐々に隆起し、北西側に新しいリーフが形成されたことで現在の島のような地形になったとされる。

地質である基盤岩は、中新世の火山岩類であるが島内は露頭していない。その火山岩類に不整合で重なる同島の地質の主体は、珊瑚起源の鮮新世～更新世の隆起石灰岩で、その厚さはヌクアロファ周辺で約 134m、ファアモツ周辺では約 247mに達する。表層は厚さ約 5m の細粒安山岩質火山灰層に覆われており、肥沃で生産性の高い農地として利用されている。

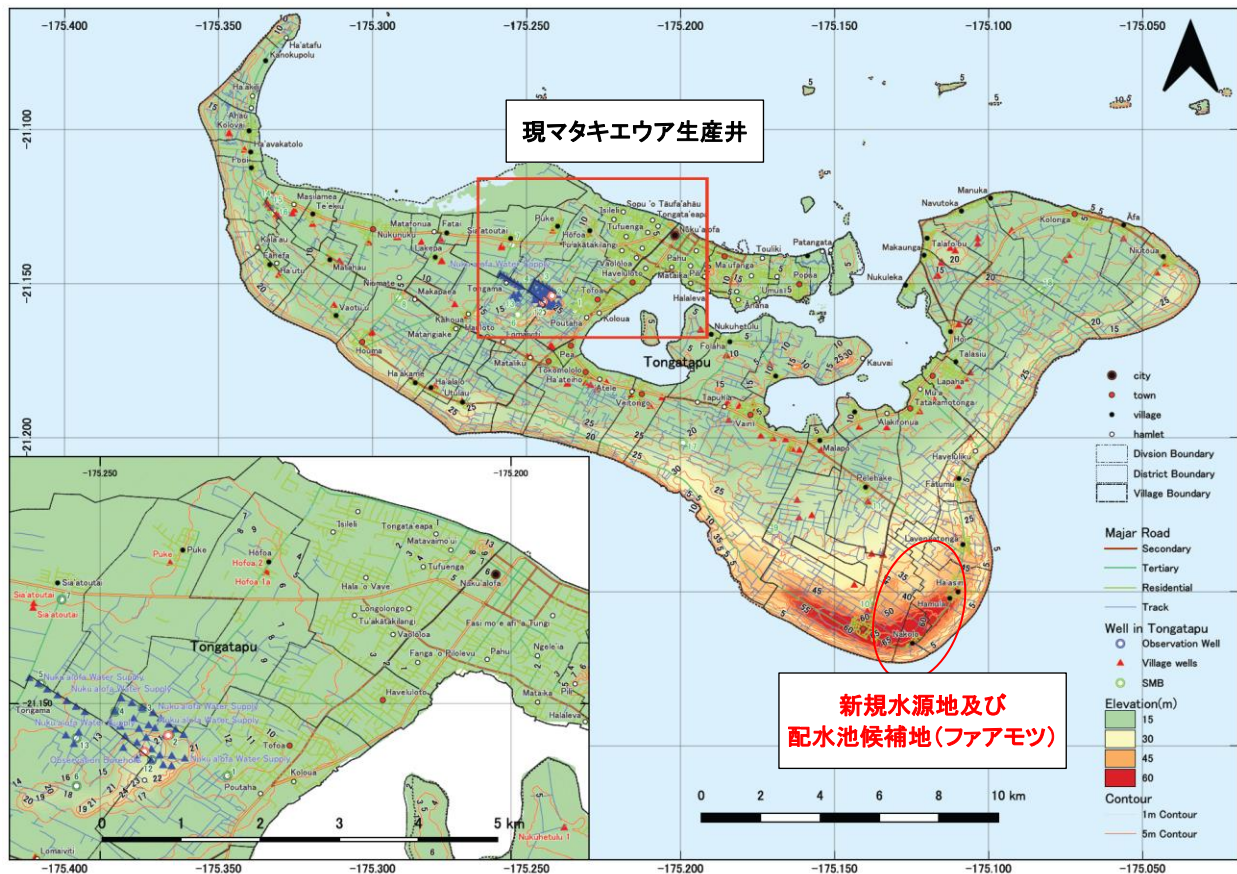


図 3-9 トンガタブ島の地形と井戸の位置

出典：TWB より提供された情報を基に調査団作成

(2) 気象

首都のヌクアロファの気温は最高が 30℃前後、最低が 20℃前後で推移しており、2 月に最も上昇し、7～8 月に最も低下する。降雨は 11 月から 4 月の雨季と、5 月から 10 月の乾期に大別され、1 年間の降水量の 60%程度が雨季に集中する。調査団がトンガ気象サービスから収集した 1990 年から 2020 年の 30 年分のデータを分析した結果、トンガタブ島の南東部ファアモツ地域では平均で約 1,900mm/年の降水量があった。降水量は、サイクロンの強度や発生頻度、そしてエル・ニーニョ南方振動の影響を強く受けている。とくにエル・ニーニョ南方振動が発生した期間には、トンガタブ島では極端な少雨となることが明らかになっている。例えば 1991 年のエル・ニーニョ発生時には、年間降水量は約 1,060mm/年を記録する深刻な少雨となった。なお同じトンガタブ島内のヌクアロファでは、1945 年から 2006 年の平均降水量は 1727mm/年となっており標高が高い新規水源候補地が位置するファアモツと比較して 1 割程度少ない。

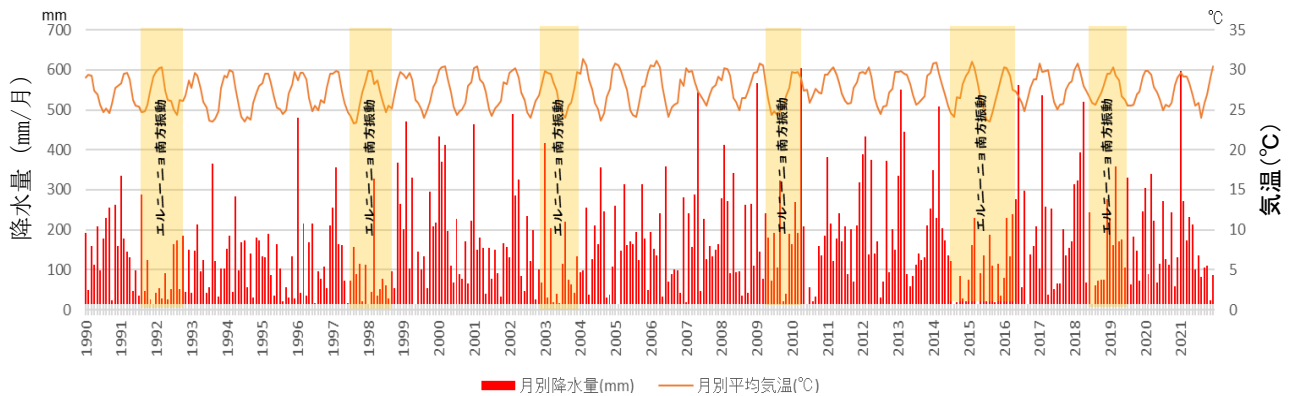


図 3-10 トンガタブ島の月別降水量の推移（1990-2020）

出典：TMS より提供された情報を基に調査団作成

表 3-9 ヌクアロファの年間の気温変化

月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
Min (°C)	23.3	23.6	23.4	22.5	21.1	20.2	18.9	18.9	19.2	20.1	21.3	22.4	21.2
Max (°C)	29.8	29.9	29.8	28.6	27.2	25.9	25	25	25.6	26.6	28	29	27.5
Mean (°C)	26.6	26.8	26.6	25.6	24.2	23	22	22	22.4	23.4	24.6	25.7	24.4

出典：<https://www.climatestotravel.com/climate/tonga>

(3) 水源

1) 水源の地域格差

他の島嶼と同様に、トンガタブ島は大部分が透水性高い珊瑚起源の石灰岩層に覆われ、表流水が殆ど存在しない。このため、主な水源は淡水レンズに生成される地下水である。淡水地下水は沿岸部と一部の地域を除く島全域に分布すると推定されている。トンガタブ島の地下水の平均水頭は海水面より 0.4m で、生活用水として利用可能な電気伝導率 $2500 \mu \text{S/cm}$ を上限とする淡水レンズの厚さは、最大で 14m と見積もられている。

首都ヌクアロファをはじめとした都市給水地域の水源となる既存の生産井は、ヌクアロファの南東約 5km のマタキエウア地域の約 0.57km^2 の範囲に全部で 52 箇所設置されているが、2022 年 8 月時点で稼働しているのは 39 箇所、2016 年時点では平均で $10,410 \text{m}^3/\text{日}$ の地下水が揚水されていた。一方で VWC 管理下の村落給水用の井戸は、トンガタブ島全域 200 箇所程度あるとされるが、MLNR が把握しているのは 136 箇所、揚水量は記録されていない。その他、塩淡水境界を観測し淡水レンズ塩水化を調査するための観測井が全部で 18 箇所設置（SMB1～18）されており、1 年間にそれぞれ数回データが収集されている。

観測井による塩淡水境界のモニタリング結果を基にした地下水流動シミュレーションの結果(図 3-11 参照)からは、10m 以上の厚さの淡水レンズが分布するのは、島の南東部ファアモツ周辺の丘陵地帯と推定され、同地域は新たな水源開発の候補地として期待できる。

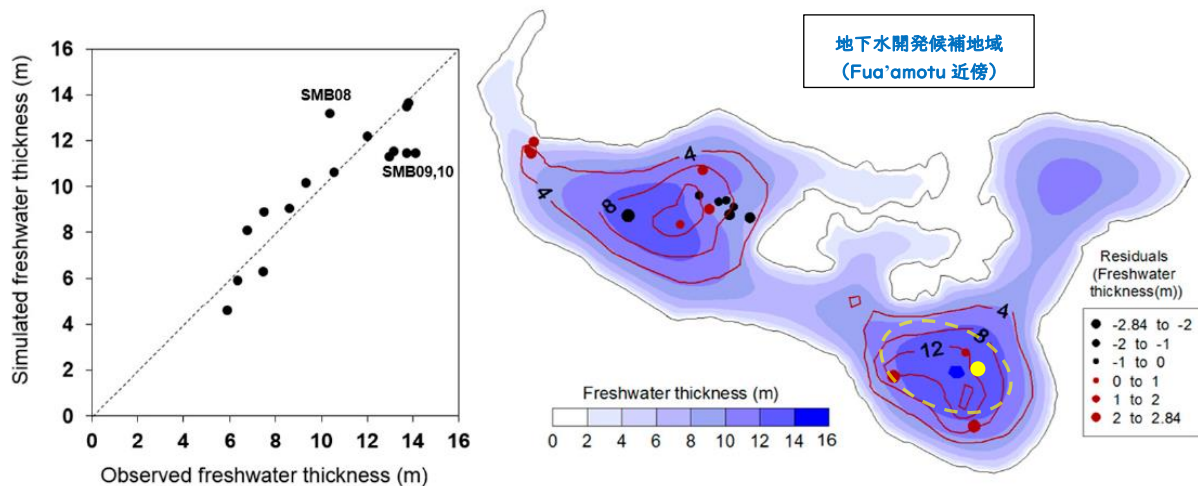


図 3-11 各観測井及びトンガタブにおける淡水レンズ厚さの推定

出典：Roshina Babu 2018, Sharp Interface Approach for Regional and Well Scale Modeling of Small Island Freshwater Lens Tongatapu Island

2) 水源の塩水化

MLNR は 2007 年に、55 箇所の生産井の電気伝導率を測定して、トンガタブ島の地下水塩分濃度分布図を作成した（図 3-12 参照）。この地下水塩分濃度分布図によれば、マタキエウアの現生産井群及び新規水源候補地であるファアモツ周辺では $1,500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下と塩分濃度は WHO の基準値を下回っている。2022 年 8 月に調査団が計測した 2 箇所井戸（表 3-10 参照）でも $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 前後の数値が確認されている。一方で、北西部のヒヒフォ地区では WHO の基準値を大きく超える $5,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ の深刻な値が検出されている。

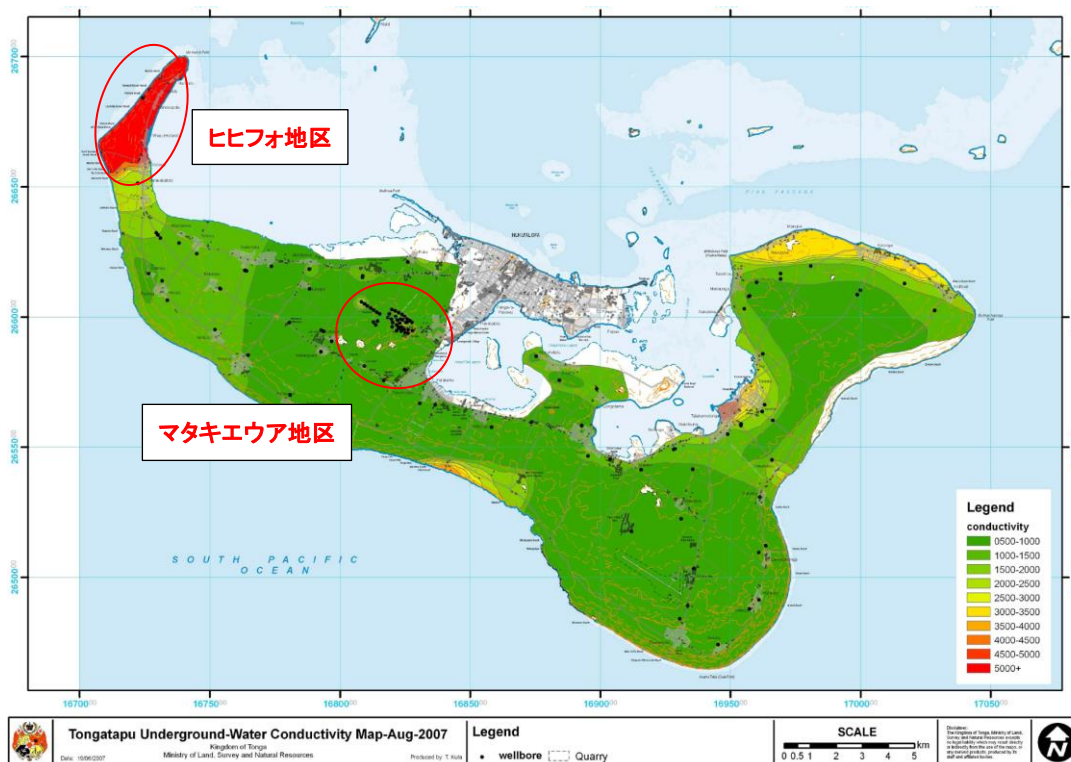


図 3-12 トンガタブ島の地下水塩分濃度(EC)の分布

出典：MLNR が 2007 年 8 月に 55 箇所の生産井の計測結果を用いて作成

表 3-10 トンガタブ島の既存水源の地下水塩分濃度（EC）計測結果

井戸名.	種別	電気伝導率* ($\mu\text{S/cm}$)	揚水量* (L/S)	備考
Well No. 214	TWB 生産井	1090 $\mu\text{S/cm}$	3.9	マタキエウア井戸群内の施設
Well PW-6	TWB 生産井	980 $\mu\text{S/cm}$	5.0	同上
ペア-1	VWC の生産井	791 $\mu\text{S/cm}$	-	マタキエウア井戸群の南約 1km に位置する

*: 2022 年 8 月 26 日の現地調査時に計測

3) 地下水水収支と涵養量

「Tongatapu Groundwater Vulnerability, June 2009」では、植生と土壌が異なる条件下で地下水涵養を比較するため、遮断貯留量と土壌水分貯留量等を変更可能なパラメーターとして設定して、複数のシナリオで地下水涵養量を WatBal モデルで分析した。その結果、トンガタブ島では年間降水量の約 25～30%が涵養されると推定された。平均降水量 1,724mm/年のヌクアロファの場合は、約 430～520mm/年が平均地下水涵養量となる。

図 3-13 に、平均的なシナリオにおけるヌクアロファの年間降水量と地下水涵養量を示す。地下水涵養量率は、多雨となった 1971 年に最大の約 47%を記録し、記録的な少雨の年となった 1981 年、1983 年、1992 年は 0%と推定されている。

「UNESCO (1991)」は、トンガ王国を含む太平洋の島嶼国における持続的利用可能な地下水量として平均涵養量の約 20～50%を設定した。さらに「Tongatapu Groundwater Vulnerability, June 2009」は、トンガタブ島のような中程度の雨量の島嶼では、より安全な数値として平均涵養量の 20～30%を持続的利用可能な地下水量として採用している。このことから、上述の 430～520mm/年を平均涵養量とした場合、トンガタブ島では約 86～156mm/年が持続的に利用可能な地下水量となる。単位面積当たりでは、236～427 $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{日}$ 、2.7～4.9L/ km^2/S が揚水可能量として推定されている。

トンガタブ島では、潮汐の影響を受ける海岸線から 500m 以内及びラグーンから 100m 以内の地域、そしてヌクアロファの都市部を除く島の総面積の 70%を、淡水地下水の有効涵養域として設定している。島の総面積は 257～260 km^2 であることから、トンガタブ島の地下水涵養面積は約 180 km^2 となる。このため、持続的に利用可能な地下水量として 236～427 $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{日}$ を採用した場合、約 42000～77,000 $\text{m}^3/\text{日}$ がトンガタブ島全体の利用可能な淡水地下水量と推定されている。

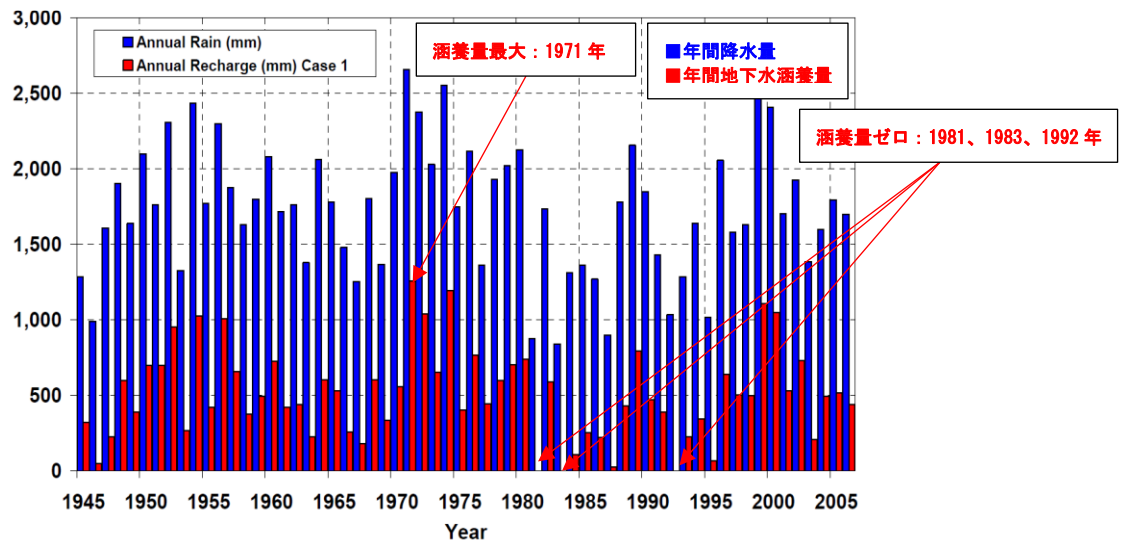


図 3-13 ヌクアロファの年間降水量と地下水涵養量

出典: Tongatapu Groundwater Vulnerability, June 2009

4) 火山噴火及び津波による水源への影響

TWB が運営する都市給水の水源である現マタキエウア井戸群は、海岸より 2km 以遠に位置しているため、火山噴火で発生した津波による影響はなかったと報告されている。火山灰による地下水の汚染等の影響についてもなかったとされ、現地で計測した EC や pH の値も基準値を超える異常は認められなかった。

一方、VWC が管理する北西部のヒヒフォ地区では、水源には直接的な影響はなかったが、火山噴火で発生した津波や降灰によって発電機等の電源設備が故障し、井戸からの給水が長期間停止していた。

3.4.3 交通

トンガ王国の交通網は、陸路・海路・空路の 3 つから成る。幹線道路の総延長は 680km で舗装路は 184km である。主要な港湾は 3 つで、ババウ島のネイアフ、トンガタブ島のヌクアロファ、ハアパイ諸島のパンガイがある。国内の島嶼間の交通はフェリーなどの船舶が主である。

トンガ王国内には 6 つの空港がある。そのうち、舗装された滑走路を持つ国際空港はトンガタブ島のファアモツ国際空港とババウ島のババウ国際空港の 2 港あり、フィジー航空、ニュージーランド航空、トンガ航空やヴァージン・オーストラリア、エア・パシフィック航空などの国内外の多くの航空会社が就航している。

特に、フィジー航空は 2016 年 4 月 2 日からフィジー（ナンディ）からトンガ（ババウ島）に週 2 便（水・土曜日）、直行便を運行している。理由としては、ババウ島では、ホエールウォッチングを筆頭に、シュノーケリング、カヤッキング、カイトサーフィン、セイリング、ダイビング、フィッシングなどの魅力的なマリンスポーツを体験できることがある。

2019 年 12 月には、JICA が主体となり、トンガ王国において観光や島嶼間・国際通商の移動・輸送の手段のみならず、社会、教育、医療サービス等の面でも重要な役割を担っている空路に関して、二つの主要空港（ファアモツ国際空港、ババウ国際空港）に関して、滑走路の延伸及びターミナルの拡張等についての情報収集調査を開始した。

さらに、ファアモツ国際空港については、2022 年 1 月に発生した海底火山噴火時に日本を含む各国からの緊急援助物資受入れの拠点となったが、降灰被害を受け空港機能が一時停止を余儀なくされたほか、降灰除去作業による建物への損傷が一部で確認されている。2022 年 6 月には JICA により、復旧・復興、本島と離島との連結性向上による離島支援、既存国際旅客ターミナルビル（PTB）の拡張及び改修を目指した調査が着手された。

新規水源候補地に至る道路（トゥクアホ道路）及びバイパス連絡管の計画地の道路はほとんど舗装されており、本プロジェクトの工事実施に及ぼす影響はないものとする。



3.4.4 電力、通信手段

(1) 電力

トンガ王国における電力供給事業はトンガ電力公社により行われている。トンガ王国は、エネルギー資源に乏しく、電力供給は輸入石油資源に依存してきたが、近年はエネルギー多消費型経済への移行を反映し、石油需要が更に増加しており、化石燃料の国際市場価格の変動等外部要因の影響を大きく受けるなど、エネルギー安全保障上の脆弱性を抱えている。

こうした状況を踏まえ、同国政府は、多様な電力供給源を確保し、安定的な電力供給を実現するため、「トンガ・エネルギー・ロードマップ（TERM）2010-2020」において、2020 年までに電力供給の 50%を再生可能エネルギーで賄うことを目標に導入を進めてきたが、目標達成に至っていない。

日本政府としては、2021年に開催された「第9回太平洋・島サミット（PALM9）」において、日本は、太平洋島嶼国の電力を含むインフラ等の整備に向け、開放性、透明性、経済性、債務持続可能性を重視した質の高いインフラ支援を行っていく旨述べた。

トンガ王国においても無償資金協力の「風力発電システム整備計画」など、再生可能エネルギーの導入促進、電力供給源の多様化を図り、同国のエネルギーの安定供給に関する支援が実施さ

れている。

なお、HTHH の火山噴火及び津波による電力設備関係の被害については、当初、電線への火山灰の付着により電力網への影響が出たり、電力供給において被害をもたらし、変圧器にフラッシュオーバーが発生した結果、井戸用水中ポンプのモータや電気操作盤等が損傷する事態となった。TWB や VWC の給水に支障をきたしたが、TWB は自家発電設備を有していたため緊急時の給水サービスは実施できたが、村落部における VWC による給水は自家発電設備を保有していなかったため、コミュニティ自身による給水はできず、TWB による給水サービスに殺到した。

(2) 通信手段

トンガ王国の通信市場は、2016 年 7 月時点において固定電話回線が 11,000 回線で 14%、携帯電話回線が 80,000 回線で 70%となっている。インターネットの普及率は 2016 年 7 月時点で 40%程度とされている。メインの通信事業者は、1984 年に設立された政府所有の会社である Tonga Communications Corporation (TCC)と民間企業の Digicel の 2 社となっている。

2022 年 1 月 15 日に発生した大規模噴火および津波は、海底ケーブルの断線による電話・インターネットなどの通信網の途絶を引き起こし通信網システムに大きな被害をもたらしたことで、トンガ王国の主要都市で水道事業を運営するトンガ水道公社（以下、TWB）が、離島の水道施設の被害状況について詳細な被害状況を把握するまでに多くの時間を要した。

現在（2022 年 12 月）、通信網は全て回復しており支障は確認されていない。

3.4.5 安全性

トンガ王国は、大洋州島嶼国の中でも比較的治安の良い国とされている。2022 年 7 月時点では、外務省海外安全情報（危険情報）において、トンガ王国全土に渡って危険情報は発表されていない。

3.4.6 その他

(1) 人口

トンガ王国では、1956 年以降、国勢調査を 10 年ごとに、2011 年からは 5 年ごとに実施しており、2021 年が最新の国勢調査である。トンガ王国の人口は 10 万 179 人、1 万 8,559 世帯、248 施設となっている。人口増加率は 1986 年の 1.1%から徐々に減少してきており、2016 年以降は減少に転じている。都市部と農村部の人口割合は、2006 年以降ほぼ横ばいで推移しており、直近では都市部が約 21%で農村部が約 79%となっている。

表 3-11 トンガ王国の人口推移

項目	1986 年	1996 年	2006 年	2011 年	2016 年	2021 年
総人口(人)	94,649	97,784	101,991	103,252	100,651	100,179
年平均増加率(%)	1.1	0.5	0.4	0.2	-0.5	-0.1
平均年齢(歳)	19	20	-	21	22	22
都市部人口(人)	-	-	23,658	24,229	23,221	21,185
都市部人口(%)	-	-	23.2	23.5	23.1	21.1
村落部人口(人)	-	-	78,333	79,023	77,430	78,994
村落部人口(%)	-	-	76.8	76.5	76.9	78.9

出典：Tonga Census of Population and Housing 1996, 2006, 2011, 2016 and 2021

トンガ王国の行政区分（Division）は、北からニウアス（Ongo Niua）、ババウ（Vava'u）、ハアパイ（Ha'apai）、エウア（'Eua）、トンガタプ（Tongatapu）の5つがある。そこから23の地区（District）に分かれており、各区はさらに複数の村（Village）から構成されている。

2016年と2021年の人口の地区別の推移を表3-12に示す。最も人口が多い地区がトンガタプ行政区の7万4,320人で、トンガ王国全体の約74%を占める。次いでババウ行政区が1万4,182人でトンガ王国全体の約14%となっている。また、ババウ行政区以外、近年は減少傾向にあり、特に2021年1月の海底火山噴火・津波の被害の大きかったハアパイ行政区が年平均で約1.6%減、ニウアス行政区が約1.4%減となっている。

表 3-12 トンガ王国の行政区分/地区別人口推移

島名	2021年センサス (人)	2016年センサス (人)	人口増減 2016-2021 (人)	人口増減率 2016-2021 (%)	Average Annual Growth 2016-2021(%)
トンガタプ	74,320	74,611	-291	-0.4	-0.1
ババウ	14,182	13,738	444	3.2	0.6
ハアパイ	5,665	6,125	-460	-7.5	-1.6
エウア	4,864	4,945	-84	-1.6	-0.3
オンゴ・ニウア	1,148	1,232	-84	-6.8	-1.4
全国計	100,179	100,651	-472	-0.5	-0.1

出典：Tonga Census of Population and Housing 2021

トンガタプ行政区の人口推移を表3-13に示す。現在、TWBは首都ヌクアロファを中心に水道水供給を行っており、給水エリアであるコロフォオウ（Kolofo'ou）とコロモトゥア（Kolomotu'a）の地区でトンガタプ島の全人口の約46%を占める。一方、提案する案件の水源候補地のファアモツはタカモトンガ（Takamotonga）に位置し、人口は7,192人と全体の約10%となっている。

表 3-13 トンガタプ行政区の人口推移

地区	2011年	2016年	2021年
コロフォオウ（Kolofo'ou）	18,957	18,064	17,274
コロモトゥア（Kolomotu'a）	17,088	17,120	16,868
ヴァイニ（Vaini）	12,949	12,999	13,199
タカモトンガ（Takamotonga）	7,233	7,043	7,192
ラパハ（Lapaha）	7,380	7,117	7,309
ヌクヌク（Nukunuku）	7,733	8,001	8,177
コロヴァイ（Kolovai）	4,046	4,267	4,301
総計	75,416	74,611	74,320

出典：Tonga Census of Population and Housing 2021

第4章

指導する計画・プロジェクトの
効果・インパクトに関する事項

第4章 指導する計画・プロジェクトの効果・インパクトに関する事項

4.1 案件実施の効果

4.1.1 水道分野の現状に対する解決の程度について

2022年1月15日のHTHH海底火山の大規模噴火及びその後に発生した津波によりトンガ王国における水道の脆弱性が露見し、近年の気候変動による降水量の減少、温暖化による海面水位の上昇による影響も併せて、主要な水道水源である淡水レンズの塩水化が進行するなど、同国の水道分野を取り巻く外部環境リスクは年々増大している。今回の火山及び津波の発生では、水道事業に不可欠な電力や通信網に大きな被害がもたされ、自家発電設備を持たない村落部では取水ポンプの稼働が不能となり給水ができなくなり、TWBが水道水供給を担っている各島の都市部に需要が集中したことで、一時的に水需要が生産能力を超過する事態となった。また、今回の大災害により海底通信ケーブルが遮断したことにより、島嶼国特有の多くの離島を抱える同国で離島の水道施設の被害状況の把握に支障が出るなど、同国の脆弱な水道事業の現実が浮き彫りになった。

本案件では、トンガ王国の人口の約74%を占め、TWBの全顧客の約78%が集中するトンガatap島における新規水源の開発及び送配水システムの整備を実施することで水道水源の複数化を図る。これにより中長期的な水道水源の安定性を向上させると同時に、被災時における水道システムの運用、塩水化を進行させないための適切な水源管理について、ソフトコンポーネントによる技術指導を計画する。また、バイパス連絡管の整備により緊急時の配水ルートを確保することで水道システムの冗長性を向上させる。以上により、上述したトンガ王国の水道分野における問題点の解決へ大きく貢献するものである。

4.1.2 飲料水供給における問題点に対する解決の程度について

トンガatap島の飲料水供給における問題点としては、以下が挙げられる。

- 大規模自然災害に対する水道システムの脆弱性
- 村落地域における水道サービスの質の低さ

本案件では、無償資金協力事業により新規水源の開発及び送配水システムの整備、緊急時バイパス連絡管の整備、緊急時対応を含む水道施設の運転・維持管理および水源管理に関するソフトコンポーネントを実施することを計画する。

本案件を実施することで安全な飲料水を安定的な給水サービスで提供できるようになり、以下の効果が期待される。

- 持続可能な取水量の順守率の改善（％）
- 水道水源の地下水塩分濃度（EC）の維持・低減（mg/L）
- 自然災害による年間断水日数の低減（日／年）
- 村落部における水道へのアクセス率の向上（％）

4.1.3 衛生関連並びに水系感染症に関する問題点に対する解決の程度について

良質な新規水源を整備し、塩素注入を含む水道施設の運転維持管理に関する技術指導を行うことで、給水サービスの安全性及び安定性の向上が期待される。衛生的な水道水を使用でき

ることで、衛生環境が改善され、水系感染症による健康被害の減少につながる。

4.2 案件実施のインパクト

4.2.1 政治的インパクト

本件において対象とするプロジェクトサイトは、官庁をはじめとして政治機能が集中するトンガ王国の首都であり、本件プロジェクトの実施により上述した諸々のリスク低減に向け緊急時にも安定して安全な給水の実現により持続可能な首都機能の維持に貢献できるものとする。

4.2.2 社会的インパクト

首都ヌクアロファが位置するトンガタプ島は、トンガ王国唯一の中核病院であるヴァイオラ病院を有するが、現マタキエウア井戸群から取水されている水が単一管路として当該病院に配水されており、突発的に発生する災害時には、これらの施設への給水に支障をきたす恐れがあるなど、現配水システムは非常に脆弱なものになっている。また、トンガタプ島は、災害に被災した離島住民の受け入れ先となっており新規の住宅整備のための給水が必要になっている。この意味において、本案件のバイパス管路の整備による上記リスクの低減により中核病院への清浄な水の給水を行うことにより医療活動が持続でき、かつ、新規水源の開発により移転する被災住民への安全で安定した給水を行うことが可能になる。以上の理由から、本プロジェクトは社会的な便益をもたらすものとする。

4.2.3 経済的インパクト

トンガタプ島は首都ヌクアロファが位置し、トンガ王国の全人口の 74%が居住する同国の経済の中心地であり、水道システムの安定性の向上はさらなる経済発展のために必要な要件である。また、今回のプロジェクト対象地域のファモツには国際空港が位置しており、同港は今後、無償資金協力事業による拡張・改修が予定されている。一方で、ファモツ周辺は現在 TWB の給水エリア外となっているため、新規水源開発により給水拡張を行うことで経済成長基盤を強化することに繋がり、経済的な効果が期待できる。

4.2.4 技術的インパクト

新たな水源開発や水道施設の整備により水道システムを改善するプロジェクト型無償資金協力事業を実施した上で、ソフトコンポーネントによる技術指導を実施することで、無償資金協力にて建設・調達された水源・水道施設を効果的に活用することを可能とすることは、TWB 職員の技術レベルの向上につながり、TWB を介したトンガ王国全土（村落給水地域を含む）の水道分野への技術普及が期待できる。特にトンガ王国において水源管理の重要度は増しており、トンガタプ島で整備する新規水源を活用した技術指導の効果が、TWB の離島支所が管轄する既存水源の管理にまで波及することが期待される。

また、ソフトコンポーネントでは、日本の被災時の経験を活かした技術指導を実施することで、より実践的な指導が可能であり、技術的インパクトは非常に高い。

4.2.5 外交的・広報的インパクト

トンガ王国の水・衛生セクターへの無償資金協力及びソフトコンポーネントを日本政府が実施することは、日本とトンガ王国の結びつきをさらに強固なものにするとともに、気候変動や自然災害等の環境変化に脆弱な島嶼国の課題解決の架け橋となり、島嶼国全体への波及効果を生み出すこととなる。PALM9においてトンガ王国を含む太平洋島嶼国は、「唯一最大の脅威」である気候変動問題への更なる取組を呼びかけるとともに、自然災害に対する脆弱性に対する継続的支援の重要性を訴えており、日本による質が高く、気候変動影響に強靱で持続可能なインフラ整備の期待に応えることとなり、外交的・広報的なインパクトは大きいと考えられる。

特に経済の中心であるトンガタプ島の水道システムを改善することは、同国の経済発展に貢献するだけでなく、生活環境の改善にも寄与するため、広報的なインパクトも大きいものと考えられる。また、ソフトコンポーネントで実施する運転・維持管理技術や水質管理技術が大洋州の周辺島嶼国に普及することとなれば、外交的なインパクトも広がる可能性がある。

第 5 章

指導するプロジェクトの妥当性 に関する事項

第5章 指導するプロジェクトの妥当性に関する事項

5.1 主要な代替案との比較検討結果

本案件は、新規水源の開発による水道水源の複数化、緊急時バイパス連絡管の設置による、大規模自然災害に対するトンガタプ島の水道システムの強靱化を目的とする。被災時の水需要増加への対応のためには生産能力の増強につながる新規水源の開発が必要であり、TWBにより既に淡水レンズが厚く水源ポテンシャルの高い候補用地が選定されており、これを開発することが最も合理的である。また、緊急時配水ルート確保についてもバイパス連絡管の設置により配水本管を2系統化することで断水リスクに備える他ないと思える。

5.2 案件を実施した場合の組織的妥当性・持続性

5.2.1 経営における組織の能力

以下に示す各能力評価は、「良：3、中：2、悪：1」とし、TWBの経営における組織能力、施工時における組織能力、維持管理時における組織能力をそれぞれ表5-1～表5-3に示す。

表 5-1 TWB の経営能力評価

問題点	程度（良⇨悪）			説明
	3	2	1	
組織の活気				
一上部機関、上司任せになっていないか	○			給水サービスの通常のオペレーションについては、各職員が役割分担をわきまえ、誇りを持って仕事をしており、実際の業務態度にも活気が見られる。
一あきらめ気分になっていないか		○		新規水道施設整備には莫大な資金や技術が必要でTWB単独により実施することが困難であり、TWBの技術・財務能力を超え、国際機関による資金及び技術支援が必要であると認識している。しかしながら、通常のオペレーション及び維持管理業務については、十分な組織体制を形成しており、各スタッフは誇りを持って業務を遂行している。
上層部の姿勢				
一問題点を正確に把握しているか	○			技術面、経営面の問題点を把握している。
一将来ビジョンを持っているか		○		都市給水サービス事業運営に関する事業計画については、TWBは逐次事業計画を公表しており、直近では、「Business Plan 2022-2027」を発表するなど更新されている。しかしながら、長期プランという観点では、給水計画に係る現マスタープランは1992年に策定されたものであり、マスタープランの改訂が求められている。
一自助努力の考えがあるか		○		新規プロジェクト実施のための資金ソース及び技術支援については、他国の援助に頼っているが、維持管理面は、ある程度予算面も確保されTWB自身によって実施されている。また、経営についても、水道料金収入以外に井戸掘削等の

問題点	程度（良⇔悪）			説明
	3	2	1	
				事業の多角化を行っており、TWB 自身で経営を継続している努力が見受けられる。
経営を独立して行う権限が与えられているか				
—組織を編成する権利	○			TWB には事業経営のための組織を編成する権利が与えられている。
—職員の採用・配置の権限	○			TWB には人事部（Human Resources Department）があり、職員の採用や配置についての権限が与えられている。
—契約締結の権限	○			TWB 役員会は、水道関連施設や関連設備の建設及び調達に係る契約締結の権限を有する。
—独立会計での収入・支出を決定する権限	○			独立会計となっている。
水道使用者の管理を行う組織が確立しているか				
—使用者の情報管理	○			使用者の水道使用量を管理する部門は組織として確立している。PC を使った顧客管理のデータベース化は首都ヌクアロファでは実施されているが、離島では PC で収集されたデータがヌクアロファに送信され処理されている。
—料金請求、徴収の管理	○			料金請求及び徴収のための組織とシステムを確立している。顧客管理のデータベース化は首都ヌクアロファでは実施されており離島においても実施されている。
会計情報を管理し、予算・決算・長期見込みを作成できる組織が確立しているか				
—予算・決算・長期見込み	○			財務部（Finance Department）があり予算及び決算管理を行っている。
—資材（材料）管理	○			工務部（Engineering Department）があり資材管理を行っている。
—資産（土地、施設、建物）	○			管理部（Administration Department）が資産管理を行っている。
人事を行う組織が確立しているか	○			TWB には他部署とは別に人事部（Human Resources）が確立されている。
その他	○			TWB は広報部（Public Relations Department）を新設した。

出典 調査団作成

5.2.2 施工時における組織の能力

表 5-2 施工時における組織の能力

問題点	程度（良⇔悪）			説明
	3	2	1	
施工を統括する部課があるか	○			TWB には工務部（Engineering Department）の中に Project Management Section として、施工を統括する課がある。
その部課に十分な発言力・権限があたえられているか	○			上記 Section には、十分な発言力・権限が与えられている。

問題点	程度（良⇔悪）			説明
	3	2	1	
施工時に援助国任せにすることはないか	○			援助国と協調して工事管理を適切に行うことができる。
自分達が計画・設計・施工に参加したいという積極性があるか	○			組織的にも工務部の中に技術担当があり、援助国が行う計画や設計業務に参画したいという積極性が伺える。
これまで実施された類似案件の経験が蓄積されているか	○			TWB には過去のプロジェクトの実績や経験が蓄積されている。

出典 調査団作成

5.2.3 維持管理における組織の能力

表 5-3 維持管理における組織の能力

問題点	程度（良⇔悪）			説明
	3	2	1	
保守管理を統括する部課があるか	○			工務部（Engineering Department）の中に保守管理を行う課がある。
その部課に十分な発言力・権限があたえられているか	○			上記課に十分な発言力・権限があたえられている。
資機材を整然と保管・供給するセンターがあるか	○			ワークショップがあることを確認している。
資機材を整然と保管・供給されているか	○			ワークショップで関連資機材が保管され供給されている。
修理を統括するセンター・修理工場があるか	○			ワークショップで修理を行っている。
これまで実施された類似案件の経験が蓄積されているか	○			TWB には過去のプロジェクトの実績や経験が蓄積されている。

出典 調査団作成

5.3 案件を実施した場合の財務的妥当性・持続性

5.3.1 相手国負担分の資金源

トンガ王国側の負担分は、給水拡張に伴う給水メーター、給水管の布設に関する材工費用とカウンターパートに係る人件費であり、TWB の自己資金より捻出する。

5.3.2 水道事業指標の現況

TWB では、水道事業全般における指標として、「Strategic Plan 2018 to 2023」の中で6つの Key Performance Indicator (KPI)を設定している。

表 5-4 TWB の水道事業指標

KPI 1: Delivery Service	- Customer survey records a satisfaction level of >95% - All customer complaints resolved within 1 working day. - Increased number of customer new installations.
-------------------------	--

KPI 2:Infrastructure Upgrading Products & Technology	• Quality of water meets WHO Guideline 2003 • Water pressure to be $\geq 3\text{m}$ at all customer installations at peak times • Overall reduction of NRW losses by 20% • Complete removal of all AC pipes from reticulation system
KPI 3: Leadership & Governance	• All projects have a staff and contractor risk management plan • Toolbox meetings are routine • Integrate Customer focus in all Staff Job Description and Work-Plan Activities • Management review health and safety at each monthly meeting with view to continuously improving the safety culture
KPI 4: Infoamtion Policy & Planning	• Lost time accidents are routinely reported and are within annual targets • Non-compliances with safety procedure are reducing annually • Improve health standard and perception of customers.
KPI 5: Tonga Water Board Finance	• \$30,000 of domestic plumbing repairs income in the first year and \$40,000 in the following years; • \$50,000 of new installation income in the first years and \$65,000 in the following years; • Drilling rig operational within first year and 3 drills completed each year to earn \$100,000 consecutively. • Consultancy income of \$30,000 • Revenue increases by more than 10%
KPI 6: Intiative New Business Activities	• 200 domestic plumbing repairs in the first year and 500 repairs in each of the following years; • 100 new installations in the first year and 200 in each of the following years • NPAT of the water bottling venture to be >TOP1.5m pa after FY 18-19 and TOP2m pa after each following FY 20-21

出典：TWB「Strategic Plan 2018 to 2023」より抜粋し、調査団作成



図 5-1 水道事業指標の関連図

出典：TWB「Strategic Plan 2018 to 2023」

5.3.3 財政収支の推移

TWB の現在の財務状況の詳細については、2.2.2 (3)に前述したとおりであり、収支は 2012 年以降、黒字で推移している。水道サービスの拡大に伴い料金収入が順調に伸び売上が増加している一方で、減価償却費の増加など急速な水道施設整備に伴う支出増加のため、税引き後純利益は減少傾向にある。また、税引き後純利益から政府への配当金の支払が求められており、TWB の財務を圧迫している。さらに、政府は TWB に対して度々の水道料金の値下げ要求をしており、2016 年から 2018 年にかけて 25%の値下げを行った。その結果、料金収入で年間 140 万 TOP に相当する損失が発生しており、今後のさらなる水道料金の値下げ要求により、TWB の財務状況が悪化する可能性がある。

表 5-5 TWB の財政収支（2016～2020 年度の 5 ヶ年）※表 2-6 の再掲

（単位：TOP \$）

ITEMS	FY 2016/2017	FY 2017/2018	FY 2018/2019	FY 2019/2020	FY 2020/2021
Operating Revenue	6,311,631	6,386,174	6,808,915	7,857,679	7,679,560
Cost of Sales	(2,132,520)	(2,116,363)	(1,960,865)	(2,759,756)	8,193,685
(Depreciation)	(586,895)	(586,895)	(586,895)	(755,673)	
Gross Profit	4,179,111	4,269,811	4,848,050	5,097,923	
Other Income	1,828,099	2,011,227	2,125,348	2,345,468	2,342,887
Administrative Expenses	(4,366,310)	(4,604,454)	(5,464,881)	(6,162,395)	
(Depreciation)	(1,382,649)	(1,366,030)	(1,622,196)	(1,724,934)	
Profit from Operations	1,640,900	1,676,584	1,508,517	1,280,996	
Finance Income	38,234	38,234	38,234	7,907	
Finance Costs	(14,531)	(17,488)	(120,924)	(69,551)	
Net Profit before Tax	1,664,603	1,697,330	1,425,827	1,219,352	1,828,762
Income Tax Expenses	(416,151)	(424,333)	(332,002)	(304,838)	589,898
Net Profit after TAX	1,248,452	1,272,997	1,093,825	914,514	1,238,864
Dividend	1,030,000	323,663	1,067,074		
Dividend % to NPAT	82.50%	25.43%	97.55%		

※1 TOP \$ = 57.7461 円（2023 年 2 月時点）

5.3.4 財政収支の見込み

TWB の今後 5 ヶ年分の財政収支見込みは TBW の”Final Draft Business Plan for the Period 2019-2024”に記載されており、概要は表 5-6 のとおりである。今後 5 年間について黒字予想となっている一方、2020 年度から 2022 年度には純利益が大きく減少し、その後微増傾向ではあるが現状よりも減少する予想となっている。政府への配当金は、2019 年度調査時には、今後、税引き後純利益の 100%となる計画であったが、政権交代により 2022 年度以降は約 40%を支払う計画に変更となっている。配当後の残存利益としては、年間約 510,000～530,000TOP（日本円で約 30 百万円～32 百万円）となる見込みであるが、自己資金による大規模な水道施設整備は難しい状況であると判断される。

表 5-6 TWB の財政収支見込み（2022～2026 年度の 5 ヶ年）

（単位：TOP \$）

ITEMS	FY 2022/2023	FY 2023/2024	FY 2024/2025	FY 2025/2026	FY 2026/2027
Total Revenue	10,625,745	10,794,420	10,962,039	11,082,930	11,260,348
1) Operating Revenue	8,413,753	8,582,428	8,750,047	8,870,938	9,048,356
2) Other Revenue	2,211,992	2,211,992	2,211,992	2,211,992	2,211,992
Total Expense	9,501,338	9,653,285	9,799,316	9,911,460	10,085,002
1) Operating Expenses	7,339,280	7,452,772	7,554,793	7,647,046	7,775,300
2) Depreciation	2,162,058	2,200,513	2,244,523	2,264,414	2,309,702
Net Profit before Tax	1,124,407	1,141,135	1,162,723	1,171,470	1,175,346
Income Tax Expenses	281,101	285,283	290,680	292,867	293,836
Net Profit after TAX	843,306	855,852	872,043	878,603	881,510
Dividend	335,112	339,863	346,681	351,978	362,537
Dividend Percentage	39.74%	39.71%	39.76%	40.06%	41.13%

※1 TOP \$ = 57.7461 円（2023 年 2 月時点）

出典：Tonga Water Board Business Plan 2022-2027 を元に調査団が作成

5.4 案件を実施した場合の技術的妥当性・持続性

5.4.1 相手国側の技術水準との整合

トンガ王国の水道に関する技術基準は、トンガ王国独自のものは無く、プロジェクトや援助国に依拠して国際基準（ISO、AWWA/ASTM、AS、NZS）が用いられている。また、飲料水の水質基準についてもトンガ王国独自のものは無く、WHO ガイドラインに準じている。

本案件で計画する施設整備は、既存水道施設と大きく異なるものではなく、現在の TWB の運営維持管理の水準を鑑みるに、技術水準の妥当性は高い。

また、ソフトコンポーネントで実施する運転・維持管理に係る技術指導についてもこれまでのトンガ王国における運転・維持管理内容と大きく異なるものではなく、技術的に持続性が確保できると判断される。

5.4.2 要員の配置・定着状況

本案件が効果的に実施されるためには、TWB 本部の技術職員、維持管理職員などのカウンターパートの配置が不可欠である。TWB には 2022 年時点で 141 人の職員がおり、そのうち 135 人（約 96%）が正社員であり、運転・維持管理に関する技術指導を実施した場合においても、技術の持続性は担保されられると考えられる。

5.4.3 施設・機材の保守管理状況

2.2.2 (6)に前述したとおり、機器の保守管理は、基本的に事故が起きてからの事後保全による対応となっており、計画的な予防保全による管理が行われていない。また、トンガ王国の地理的要因からスペアパーツの調達も容易でなく、事後保全による故障対応も十分に行われていない。

そのため、機材類に関しては基本的な機器の導入に留めるべきであり、ソフトコンポーネントによる技術指導により保守管理状況の改善し、技術的な持続的を担保することに留意が必要である。また、アセットマネジメントについて、現在はエクセルベースで水道資産が管理されており、改善は必要なものの取組みには着手している状況である。

5.5 環境への影響

5.5.1 見込まれる環境インパクト

地下水を水源とする水道事業の場合、一般的に、揚水による地盤沈下が考えられる。しかしながら、この影響は、主として粘土層地質の場合に引起される可能性が高いが、今回の対象地質は石灰岩層からなるものであり、地盤沈下に及ぼす影響は軽微と考えられる。

考えられる環境影響として、道路下の配管布設工事による、交通への影響や騒音・振動の発生や工事従事者への健康影響が考えられる。

5.5.2 環境影響の評価

環境影響評価の実施に関する基本法令として、環境影響評価法（Environmental Impact Assessment Act）が2003年12月3日に公布され、同法により、環境影響評価（Environmental Impact Assessment、以下EIA）が法的拘束力を持つことになった。

2010年8月制定の環境管理法（Environmental Management Act）では、環境・気候変動省が環境管理部門に係る権限を持つ部門として創設され、法の施行が推進された。さらに同年10月には、環境影響評価規約（Environmental Impact Assessment Regulations）が公布され、2003年の環境影響評価法の施行のための実施細則が定められた。

環境影響評価法に基づいた場合、食肉処理場、醸造所、飛行場、家畜飼育場、化学薬品工場、発電所、0.5ヘクタール以上の樹木や植生の伐採、観光施設等、水系や生態系など周辺環境に恒久的に変化を与える可能性や汚染物質を発する可能性のある29分野のプロジェクトに対し、EIAの実施が義務付けられている。

本案件については、水系への変化をもたらすおそれがあり、EIAの実施が必要である。その他、村落部へのTWBによる都市給水サービスへの統合を行う場合、従前の水道料金からの上昇に対する住民への意識調査に基づく合意形成のための住民説明が必要と考える。

第 6 章

総論

第6章 総論

6.1 特記すべき事項

トンガ王国は、その地理的要因からサイクロン、洪水、干ばつ、地震、火山噴火、津波、また近年の地球温暖化による海面水位の上昇などの様々な自然災害リスクに晒されており、「世界リスク報告（2020年）」によると、国際的な比較となる国別の危険度順位では、「災害リスク」の項目で181カ国中、バヌアツに次ぐ2位に位置付けられる。昨年1月に発生した HTHH 海底火山噴火及び津波では、同国のインフラ・ライフラインは甚大な被害を受け、自然災害に対する脆弱性が改めて露見することとなった。

この現状を受け、現在、我が国政府の支援により、港湾、住宅、道路等のインフラの復旧復興計画策定の調査が実施中であり、今後、復旧復興支援事業が実施される計画である。同事業では、復興段階において次の災害発生に備えてより災害に対して強靱な地域づくりを行う「Build Back Better」をテーマに掲げており、本業務で提案する案件はトンガタブ島を対象とした「水道システムの強靱化」を目的としており主旨が一致するものである。トンガタブ島は、トンガ王国最大の面積と人口を有し、首都ヌクアロファが位置する同国の政治経済の中心地となっている。ヌクアロファはまた、国民の生命や健康を保全するための同国唯一の中核病院であるヴァイオラ病院を抱えており、災害発生時のような緊急時においても清浄な水を給水可能とする機能を停止することなく維持する必要がある。また、ヌクアロファは、離島被災住民の受入先としての新たな給水の必要性があり、さらに、水源である淡水レンズの中長期的な塩水化に対応するために、対象地域で複数の水源地を確保することは、水道水源としての安定性を担保することになる。

提案する案件は、こうした課題に応え、トンガ国民の生活に安全と安心をもたらし、経済発展の基盤強化に貢献するものであり、実施する意義を大いに有するものとする。

6.2 協力実施上注意すべき事項

本業務では TWB が水道事業を運営する全ての島について、短期間で網羅的な調査を実施し、調査結果に基づき優先度の高い案件を選定した。そのため、協力準備調査においては実施機関の能力、案件実施に係る外部環境についてより詳細な調査を行い、実現可能性について評価することが必要と考える。特に本業務ではファアモツ地域での新規水源の開発を提案したが、本業務では文献調査や TWB からのヒアリングに留まるため、実地調査により精度の高い結果を得て、実際の水運用を想定したうえで取水可能量及び持続可能な揚水量を検討する必要がある。また、生産井戸の管理に関しては TWB ではなく MLNR の管轄となるため、水源管理に関する技術指導を計画する際には、対象となる C/P をその実効性を考慮して決定することに留意が必要である。

また、トンガ王国における土地取得に関しては、王族地、貴族地、政府地のそれぞれに異なる手続きが必要となることから、取水施設及び配水池建設用地の取得には注意を要し、協力準備調査において詳細な手続きについて確認する必要がある。

6.3 結論

トンガ王国は、自然災害や気候変動による海面上昇などの外部環境に対する様々な脆弱性を

抱えており、2022年1月に発生した HTHH 海底火山の噴火及び津波によりその脆弱性が露見することとなり、その克服がトンガ王国の社会・経済発展には不可欠な課題となっている。とりわけ、トンガタブ島には、首都であるヌクアロファを有するトンガ王国の政治経済の中心地であるとともに唯一の基幹病院などを抱えるなど同国において重要な拠点となっているため、災害時における各種インフラ・ライフラインの機能維持が今後の重要課題である。水道は、その中でも災害時における人々の生命維持に直結するとともに、衛生面の確保、必要な医療行為の実施、復旧段階における社会活動に必要不可欠な要素である。

提案する案件は、トンガタブ島を対象とした「水道システムの強靱化」を目的とし、①新規水源開発による水道水源の複数化、②緊急時バイパス連絡管の整備、③水道施設運営及び水源管理に係る技術指導を実施するものである。これにより、トンガタブ島の水道システムが抱える外部環境に対する脆弱性が克服され、中長期的な水道の安定性の向上が図られることを目標とする。

本案件実施により、災害時において最も重要なライフラインの一つである水道水の安定供給を支援することは、トンガ国民の生活に安全と安心をもたらし、経済発展の基盤強化に貢献するものであり、我が国とトンガ王国のこれまでの関係性と同国に対する援助方針を鑑みても、実現の意義を大いに有するものと考ええる。

6.4 所感

当調査団と先方実施機関の TWB との関係性は、2019 年に厚生労働省により業務発注された「令和元年度水道プロジェクト計画作成指導事業（第2期）トンガ王国ババウ島給水施設改善計画」より始まる。案件の実現に向け継続的に連絡を取り合っていたところ、2022年1月15日13時頃（日本時間）、HTHH 海底火山で大規模噴火が発生した。その後、現地の被災状況について TWB 副 CEO の Quddus Fielea 氏から情報を得て、トンガ王国の水分野に対する復興支援の必要性を感じ、本業務の提案・実施に至った。

現地渡航前には、駐日トンガ王国特命全権大使 Tevita Suka Mangisi が当調査団代表企業の NJS を訪問され、水分野への復興支援に対する高い関心が示された。また、当調査団は2022年8月中旬から現地調査を実施したが、全ての調査には TWB の副 CEO らが同行した。2週間にも満たない短期間で4つの島を調査する必要がある、島での宿泊先、移動手段、COVID-19 検査の手配等の現地ロジ関係も含めて、TWB の手厚いサポートがなければ調査の完遂は困難であった。帰国後も情報提供への積極的な協力があり、我が国による復興支援への強い期待を実感するに至った。

TWB によると第三国/国際機関からの HTHH 海底火山噴火の被災に対する水道分野への復興支援はこれまでに実施されていない。一方、水道と防災の両分野は我が国の強みとするところであり、提案する案件の実施は、より一層我が国政府とトンガ王国との結びつきを強固とし、太平洋島嶼国への国際貢献における我が国のプレゼンスを向上させるものと期待される。また、災害発生からは既に1年以上が経過しているため、本案件が速やかに実施に至ることを所望する。

資料

資料 1 調査工程

日程		訪問先	調査内容
8月21日	AM	成田出発→香港到着	
日	PM	香港出発→オークランド到着（翌朝）	
8月22日	AM	オークランド出発→トンガ到着	
月	PM	トンガ水道公社（本部）	表敬訪問、案件概要説明、情報交換
8月23日	AM	エウア島へ移動・調査	被災状況・現況の確認、問題点/課題の整理
火	PM	トンガタブ島へ移動	
8月24日	AM	リフカ島へ移動	被災状況・現況の確認、問題点/課題の整理
水	PM	リフカ島の調査	
8月25日	AM	リフカ島の調査	被災状況・現況の確認、問題点/課題の整理
木	PM	ババウ島へ移動	
8月26日	AM	ババウ島の調査	被災状況・現況の確認、問題点/課題の整理
金	PM	トンガタブ島へ移動	
8月27日	AM	団内ミーティング	現況及び将来の課題の整理、対策案の検討
土	PM	各自	
8月28日	AM	団内ミーティング	対策案の検討、水道施設整備計画案の検討
日	PM	各自	
8月29日	AM	トンガ水道公社（本部）	現地調査結果の確認、問題点/課題の確認、既存計画の確認
月	PM	トンガタブ島の調査	被災状況・現況の確認、問題点/課題の整理
8月30日	AM	気象・エネルギー・情報・災害管理・環境・通信・気候変動省/土地・天然資源省/保健省	表敬訪問、案件概要説明、情報交換
火	PM	在トンガ日本国大使館/JICAトンガ事務所	同上
8月31日	AM	トンガ水道公社（本部）	Wrap Up Meeting、水道施設整備計画案の提示、意見交換
水	PM	トンガ水道公社（本部）、トンガタブ島の調査	計画作成指導・意見交換、追加調査
9月1日	AM	トンガ水道公社（本部）	計画作成指導・意見交換
木	PM	トンガ出発→オークランド到着	
9月2日	AM	オークランド出発→シンガポール到着	
金	PM	シンガポール出発→成田到着	

資料 2 関係者(面会者)リスト

所属	名前	役職（和名）	（西名）
在トンガ王国日本国大使館	藤原 一成	二等書記官	Chief of Political and Economic Section, Second Secretary
国際協力機構 トンガ事務所	高島 宏明	駐在代表	Resident Representative
	中曽根 徹治	企画調査員（案件作成・実施監理）	Project Formulation Advisor Project Formulation and Management
トンガ水道公社 本部	Mr. Sione Finau	最高経営責任者	Chief Executive Officer
	Mr. Quddus Fielea	副最高経営責任者 （技術部門）	Deputy Chief Executive Officer - Engineer
土地・天然資源省 （MLNR）	Ms. Rosamond C. Bing	最高経営責任者	Chief Executive Officer
	Mr. Taaniela Kula	副長官 トンガ地質調査所長	Deputy Secretary Head of the Tonga Geological Services
保健省（MOH）	Dr. Siale Akauola	最高経営責任者	Chief Executive Officer
気象・エネルギー・情報・災害管理・環境・通信・気候変動省 （MEIDECC） 国家災害管理局 （NEMO）	Ms. Moana Kioa	NEMO 主席次官補	Principal Assistant Secretary of NEMO

資料 3 収集資料一覧

No.	資料名
1	Tonga Water Board Business Plan 2022-2027, TWB
2	Annual Audit Accounts (2017-2018, 2018-2019, 2019-2020), TWB
3	Tonga Census of Population and Housing 2021
4	Tonga National Infrastructure Investment Plan 2021-2030, GOT
5	Tonga Strategic Development Framework 2015-2025, GOT
6	Neiafu Groundwater Resources Assessment and Sustainable Management Report, Nicola Fry and Tony Falkland (2011)
7	Vulnerability of Groundwater in Tongatapu, Kingdom of Tonga (2009), Australian National University
8	Integrated Catchment Management in 'Eua, Kingdom of Tonga (2002), TWB
9	Assessing vulnerability and adaptation to sea-level rise: Lifuka Island Ha'apai, Tonga
10	Vulnerability of Groundwater Resources in Tongatapu (2011), Australian National University (2006), Secretariat of the Pacific Community (SPC)
11	Report on Water Monitoring Borehole Installation Lifuka, Ha'apai (1997), Bryan Turner
12	Location of fresh-water supplies on Lifuka, Ha'apai Group, Kingdom of Tonga (1991), MLSNR
13	Water Monitoring Component Integrated Urban Development Sector Project ヌクアロファ, Kingdom of Tonga (2013), Tony Falkland
14	Tonga Water Supply System Description ヌクアロファ/ Lomaiviti, AusAID
15	The Hydrogeology and Water Supply of the Kingdom of Tonga (1993), GOT
16	Reducing the Risk of Water Related Disasters (2016), Dutch Risk Reduction Team
17	多深度自記電気伝導率観測により把握された淡水レンズ地下水の挙動の要因 (2020), 白旗 克志 他

資料 4 調査団派遣通知レター

Ministry of Health, Labour and Welfare
Japanese Government
1-2-2, Kasumigaseki,
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8916
Tel + 81-3-5253-1111



日本国厚生労働省
〒100-8916
東京都千代田区
霞が関 1 - 2 - 2
電話 03-5253-1111

July 26th, 2022

Attention: Mr. Sione Tutulu Finau, Chief Executive Officer, Tonga Water Board
Subject: Request for acceptance of a study group of “the Project for Water Supply Recovery Assistance Plan in the Kingdom of Tonga from HTHH Volcanic Eruption,” organized by the Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan

Dear Sir,

I am writing to you to seek a possibility of your arrangements for the study in Tonga.

The Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan (MHLW) has a program called “the Water Supply Project Formation Program” to encourage international cooperation in the field of water supply. This program technically reviews a potential plan with support from the local water supply authority so that the Government of Japan will provide appropriate guidance and support and transfers the technical expertise of Japan.

This year the MHLW will work together with the NJS Co., Ltd (NJS). NJS awarded their proposal on “the Project for Water Supply Recovery Assistance Plan in the Kingdom of Tonga.” We heard that the water supply facilities over there in Tonga were seriously damaged by the submarine volcanic eruption of Hunga Tonga–Hunga Ha’apai (HTHH) and its subsequent tsunami and they would be in need to be recovered. Our team would like to assess the damages on the water supply facilities in the main four islands in late August, 2022 and to discuss what could be the best replacement.

It is sincerely appreciated if you could kindly accept our study team and coordinate visits and consultations with the related institutions.

Sincerely yours,

井谷 哲也

ITANI Tetsuya

Director, Office of Global Health Cooperation,
International Affairs Division, Minister’s Secretariat,
Ministry of Health, Labour and Welfare,
Government of Japan

Ministry of Health, Labour and Welfare
Japanese Government
1-2-2, Kasumigaseki,
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8916
Tel + 81-3-5253-1111



日本国厚生労働省
〒100-8916
東京都千代田区
霞が関 1 - 2 - 2
電話 03-5253-1111

RESUME

1. SUMMARY OF THE PROGRAM

Japanese ODA is implemented by the Ministry of Foreign Affairs (MOFA) and Japan International Cooperation Agency (JICA). The Ministry of Health, Labour and Welfare (MHLW) is indirectly associated with ODA on water supply sector through consultation with MOFA and JICA as the ministry holding jurisdiction over water supply sector in Japan. The Water Supply Project Formation Program is provided by the MHLW to promote improvement projects in the countries having a wide range of challenges on the sector.

This year the MHLW will work together with NJS Co., Ltd., proposing “the Project for Water Supply Recovery Assistance Plan in the Kingdom of Tonga.”

2. PURPOSE OF THE STUDY

The study team conducts a fact-finding investigation from professional and technical points of view, aiming to support formulating a recovery plan for improvement in the water supply sector for the main four islands in Tonga where their water supply facilities have been seriously damaged by the submarine volcano eruption of HTHH and its subsequent tsunami.

3. STUDY ITEMS

Here are the major study items:

- (1) To examine the current situations of water supply system in Tongatapu, Eua, Lifuka and Vava'u islands such as water resources, water supply facilities, operation and maintenance;
- (2) To determine the current situation of water supply materials and equipment funded by the Government of Japan and the other donors;
- (3) To interview the local water authorities; and
- (4) To confirm water recovery plan.

4. EXPECTED INTERVIEWEE

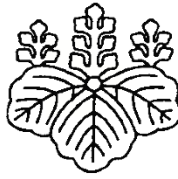
- (1) Mr. Taniela Kula, Deputy Director, Ministry of Land Survey and Natural Resources;
- (2) Dr. Renold 'Ofanoa, Chief Medical Officer, Ministry of Health;
- (3) Mr. Sione Tutulu Finau, Chief Executive Officer Tonga Water Board; and
- (4) Mr. Quddus Fielea, Deputy CEO, Manager - Engineer, Tonga Water Board.

Our team consists of the following members:

The survey area is the water supply areas of Tongatapu, Eua, Lifuka and Vava'u islands.



Ministry of Health, Labour and Welfare
Japanese Government
1-2-2, Kasumigaseki,
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8916
Tel + 81-3-5253-1111



日本国厚生労働省
〒100-8916
東京都千代田区
霞が関 1 - 2 - 2
電話 03-5253-1111

7. STUDY SCHEDULE

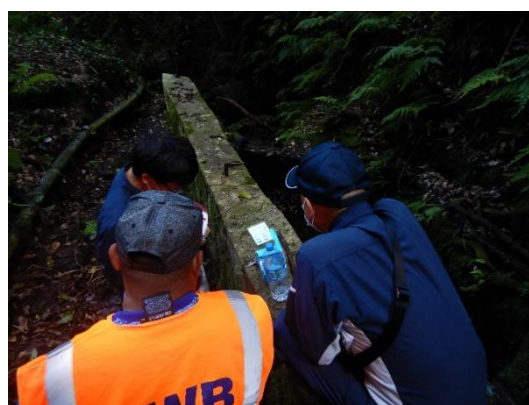
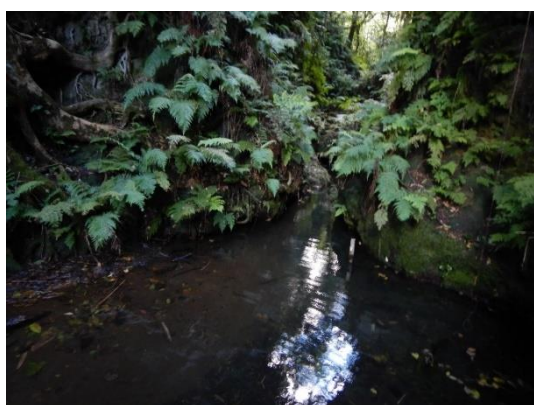
Item	Year	2022						2023		
		July	August	September	October	November	December	January	February	March
1.Preparation in Japan		←→								
(1) Submission of Planning Documents		▼								
(2) Submission of Questionnaire			▼							
(3) Analysis of Problem after Disaster			▼							
2.Survey in Tonga				←→						
(1) Survey of current issue and future plan			▼							
(2) Explanation of water supply development plan				▼						
3.Reporting in Japan				←→						
(1) Discussion of the report							▼			
(2) Explanation of Draft request letter								▼		
(3) Submission of Draft Report									▼	
(4) Submission of Final Report with request letter										▼

資料 5 簡易水質試験の結果

1. エウア島（2022 年 8 月 23 日）

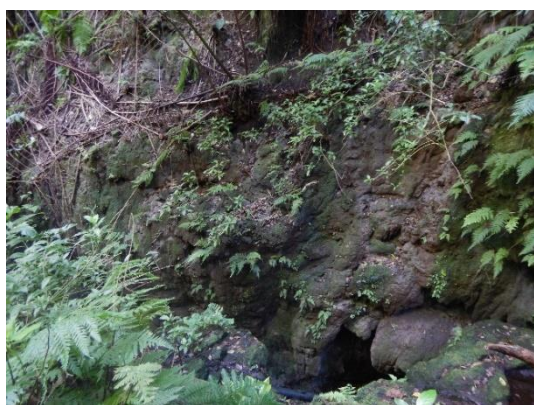
(1) ファーン溪谷

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒	10.0		
電気伝導度（EC）	μS/cm	289	1,500 (WHO)	OK
pH	-	7.2	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	0.2 未満	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	200 未満	250 (WHO)	OK



(2) サオア湧水

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒			
電気伝導度（EC）	μS/cm	427	1,500 (WHO)	OK
pH	-	7.2	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	0.2 未満	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	200 未満	250 (WHO)	OK



(3) マタバイ浄水場 浄水地

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒			
電気伝導度 (EC)	μS/cm	305	1,500 (WHO)	OK
pH	-	7.6	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	-	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	-	250 (WHO)	OK
残留塩素	mg/L	2.0	0.1 以上	OK



(4) 生産井戸 (No.2)

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒			
電気伝導度 (EC)	μS/cm	664	1,500 (WHO)	OK
pH	-	7.3	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	-	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	-	250 (WHO)	OK



2. ハアパイ島（2022 年 8 月 24 日）

(1) 生産井戸 No.116（ディーゼルポンプ）

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒			
電気伝導度（EC）	μS/cm	5,200	1,500 (WHO)	NG
pH	-	7.6	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	0.2 未満	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	300 以上	250 (WHO)	NG



(2) 生産井戸 No.115（ソーラー駆動ポンプ）

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒			
電気伝導度（EC）	μS/cm	1,380	1,500 (WHO)	OK
pH	-	7.4	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	0.2 未満	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	300 以上	250 (WHO)	NG



(3) 生産井戸 No.104 (素掘り井戸)

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒			
電気伝導度 (EC)	μS/cm	3,200	1,500 (WHO)	NG
pH	-	7.7	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	0.2 未満	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	200 - 250	250 (WHO)	OK

(4) 配水池

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒			
電気伝導度 (EC)	μS/cm	2,800	1,500 (WHO)	NG
pH	-	7.7	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	-	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	200 - 250	250 (WHO)	OK
残留塩素	mg/L	0.4 - 1.0	0.1 以上	OK



3. ババウ島（2022 年 8 月 24 日）

(1) 生産井戸 No.119（2020 年新設）

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒	3.5		
電気伝導度（EC）	μS/cm	2,167	1,500 (WHO)	NG
pH	-	7.5	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	0.2 未満	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	200 - 250	250 (WHO)	OK



(2) 生産井戸 No.120（2020 年新設）

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒	3.4		
電気伝導度（EC）	μS/cm	1,385	1,500 (WHO)	OK
pH	-	7.3	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	-	1.5 (WHO)	
Cl ⁻	mg/L	-	250 (WHO)	



(3) 配水池

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒	3.4		
電気伝導度 (EC)	μS/cm	1,620	1,500 (WHO)	NG
pH	-	7.0	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	0.2 未満	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	200 未満	250 (WHO)	OK
残留塩素	mg/L	0.1	0.1 以上	OK



(4) Prison 地区の井戸 (ディーゼル駆動ポンプ)

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒			
電気伝導度 (EC)	μS/cm	617	1,500 (WHO)	OK
pH	-	7.4	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	0.2 未満	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	200 未満	250 (WHO)	OK



(5) レイマテュア村の井戸（ソーラー駆動ポンプ）

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒			
電気伝導度（EC）	μS/cm	874	1,500 (WHO)	OK
pH	-	7.3	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	0.2 未満	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	200 未満	250 (WHO)	OK



(6) レイマテュア村の配水池（コミュニティセンター付近）

項目	単位	結果	基準値	評価
流量	L/秒			
電気伝導度（EC）	μS/cm	665	1,500 (WHO)	OK
pH	-	7.0	6.5 – 8.5 (USEPA)	OK
NH ₄ ⁺	mg/L	0.2 未満	1.5 (WHO)	OK
Cl ⁻	mg/L	200 未満	250 (WHO)	OK
残留塩素	mg/L	0.2	0.1 以上	OK



この印刷物は、「環境物品等の調達の推進に関する基本方針 平成 30 年 2 月」に基づき、古紙パルプ 100%、白色度 80%の用紙を使用しています。