

厚生労働省委託事業

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

報告書

2020年3月

(令和2年3月)



株式会社 NJS コンサルタンツ

厚生労働省委託事業

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

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	1-1
1.2 工程・方法	1-1
1.3 団員の構成	1-2
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
2.2 対象国の給水事業・問題点	2-2
2.2.1 水道分野の現状（国レベル）	2-2
2.2.2 水道事業における問題点（国レベル）	2-4
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）	2-5
2.2.4 水道事業の現状（対象地区）	2-5
2.2.5 飲料水供給における問題点（対象地区）	2-7
2.2.6 衛生関連並びに水系感染症に関する問題点（対象地区）	2-14
2.2.7 その他	2-14
2.3 関連する計画	2-16
2.3.1 開発計画の概要	2-16
2.3.2 対象案件の上位計画・関連計画	2-16
2.3.3 対象案件に対する相手国側の緊急性・優先度	2-16
2.3.4 複数の候補案件がある場合の相互比較	2-17
2.3.5 その他の関連する分野情報	2-17
2.4 担当官庁と実施機関	2-17

2.4.1 関連官庁.....	2-18
2.4.2 実施機関の組織.....	2-18
2.4.3 実施機関の業務.....	2-19
2.5 我が国による協力の経過.....	2-20
2.5.1 資金協力の経過.....	2-20
2.5.2 技術協力の経過.....	2-22
2.5.3 相手国・機関による上記協力への意見.....	2-22
2.6 第三国／国際機関による協力の経過.....	2-23
2.6.1 対象案件に関連する協力実績・形態.....	2-23
2.6.2 対象案件に関する要請の有無・結果.....	2-23
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）.....	2-23
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.....	2-24
2.6.5 対象案件を第三国／国際機関が実施しない理由.....	2-24
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.....	3-1
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.....	3-2
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.....	3-13
3.3.4 概算事業費.....	3-15
3.4 サイトの状況.....	3-15
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）.....	3-15
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.....	3-19
3.4.3 交通.....	3-23
3.4.4 電力、通信手段.....	3-24
3.4.5 安全性.....	3-24
3.4.6 その他.....	3-25
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	4-2
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	5-2
5.2.1 経営における組織の能力	5-2
5.2.2 施工時における組織の能力	5-4
5.2.3 維持管理における組織の能力	5-4
5.3 案件を実施した場合の財務的妥当性・持続性	5-4
5.3.1 相手国負担分の資金源	5-4
5.3.2 水道事業指標の現況	5-5
5.3.3 財政収支の推移	5-6
5.3.4 財政収支の見込み	5-6
5.4 案件を実施した場合の技術的妥当性・持続性	5-7
5.4.1 相手国側の技術水準との整合	5-7
5.4.2 要員の配置・定着状況	5-7
5.4.3 施設・機材の保守管理状況	5-8
5.5 環境への影響	5-8
5.5.1 見込まれる環境インパクト	5-8
5.5.2 環境影響の評価	5-8
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. 資料収集リスト	資料-3
資料4. 調査団派遣通知レター	資料-4

【図表リスト】

表 1.1	調査スケジュール.....	1-1
表 1.2	調査内容.....	1-1
表 1.3	調査団員.....	1-2
表 2.1	トンガ王国の上水道普及率.....	2-2
表 2.2	トンガ王国の SDGs への取り組み（達成度）	2-2
表 2.3	トンガ王国の水道事業における問題点.....	2-4
表 2.4	ババウ島における TWB の水道供給実績（2015 年～2018 年）	2-6
表 2.5	原水種類と電気伝導度（塩分）の関係.....	2-9
表 2.6	TWB の財政収支（2014～2018 年度の 5 ヶ年）	2-13
表 2.7	TWB の水道料金（2016～2018 年）	2-13
表 2.8	トンガ王国に来襲したサイクロン（カテゴリー5）	2-15
表 2.9	トンガ王国における開発計画等.....	2-16
表 2.10	業務実施に係る関連官庁の一覧.....	2-17
表 2.11	TWB の職員構成.....	2-19
表 2.12	我が国のトンガ王国に対する援助実績.....	2-20
表 2.13	草の根・人間の安全保障無償案件.....	2-20
表 2.14	無償資金協力案件.....	2-21
表 2.15	緊急援助案件.....	2-21
表 2.16	我が国水道事業体によるトンガ王国の研修実績.....	2-22
表 3.1	問題点（国レベル）と対象案件との関係.....	3-1
表 3.2	問題点（対象地区）と対象案件との関係.....	3-1
表 3.3	対象案件の実施時期（案）	3-2
表 3.4	計画諸元.....	3-3
表 3.5	計画の概要.....	3-3
表 3.6	将来の水需要量の算定結果.....	3-4
表 3.7	井戸位置と塩水化の傾向.....	3-7
表 3.8	協力準備調査における水源調査（案）	3-7
表 3.9	ソフトコンポーネントの対象業務.....	3-12
表 3.10	専門家派遣のスケジュール.....	3-13
表 3.11	概算事業費の内訳.....	3-15
表 3.12	ババウ島の気候特性.....	3-20
表 3.13	想定される持続可能な揚水量.....	3-23
表 3.14	トンガ王国の人口推移.....	3-25
表 3.15	トンガ王国の行政区分/地区別人口推移.....	3-25
表 3.16	ババウ行政区の人口推移.....	3-26
表 5.1	TWB の経営能力評価.....	5-2
表 5.2	施工時における組織の能力.....	5-4
表 5.3	維持管理における組織の能力.....	5-4

表 5.4	TWB の水道事業指標.....	5-5
表 5.5	TWB の財政収支（2014～2018 年度の 5 ヶ年）※表 2.6 の再掲.....	5-6
表 5.6	TWB の財政収支見込み（2019～2023 年度の 5 ヶ年）.....	5-7
図 2.1	調査対象地域位置図.....	2-1
図 2.2	ババウ島における TWB の水道供給実績（2015 年～2019 年度）.....	2-6
図 2.3	ババウ島の既存水道施設の位置.....	2-7
図 2.4	ババウ島における水理地質模式図.....	2-8
図 2.5	乾季及び雨季直後の水質と既存水源の塩水化.....	2-8
図 2.6	アスベスト管の埋設位置.....	2-11
図 2.7	ババウ島の水道料金の推移（2016～2019 年）.....	2-13
図 2.8	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.....	2-15
図 2.9	トンガ水道公社（TWB）の組織図.....	2-19
図 3.1	将来の水需要量の算定結果.....	3-5
図 3.2	現水源井戸群.....	3-6
図 3.3	現水源から北に位置する新規水源候補地.....	3-6
図 3.4	各井戸における深度毎の電気伝導度の変化.....	3-6
図 3.5	水道施設再整備の全体計画.....	3-9
図 3.6	施設再整備後の水道システムのフロー.....	3-9
図 3.7	配水池計画図（1,000m ³ ）.....	3-10
図 3.8	小型淡水化装置のイメージ.....	3-11
図 3.9	プロジェクトサイトの位置.....	3-16
図 3.10	配水池の候補用地の位置（左）および状況（右）.....	3-17
図 3.11	Leimatua～Neiafu の高度プロファイル.....	3-17
図 3.12	取水井戸の候補用地の位置（左）および周辺の刑務所敷地の様子（右）.....	3-18
図 3.13	ババウ島平面図・地形断面図.....	3-19
図 3.14	ババウ島の気候特性.....	3-21
図 3.15	エル・ニーニョの発生と年間降水量の関係.....	3-21
図 3.16	ババウ島における降水量と地下水涵養量の過去における経年変化.....	3-22
図 3.17	トンガ王国の海外観光人口（1995～2018 実績）.....	3-27
図 5.1	既存井戸を利用した淡水化装置のイメージ図.....	5-1
図 5.2	水道事業指標の関連図.....	5-6

【要約】

1. 事業の背景

トンガ王国は、南北 620km の範囲に散らばる大小 172 余りの群島からなる人口 100,651 人の島嶼国であり、その首都ヌクアロファが位置するトンガタブ島には人口の約 74.1%にあたる 74,611 人が居住している（Tonga 2016 Census of Population and Housing: 以下、2016 年トンガ国勢調査）。

トンガ王国は国内市場の規模が小さく国際市場から地理的に遠いなど、太平洋島嶼国に共通する開発上の困難を抱えている上、自然災害や海面上昇などの気候変動の影響を受けやすいなど様々な脆弱性を抱えている。これら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。特に、トンガ王国は毎年のようにサイクロンの脅威に晒されるなど、世界リスク報告書（2016）において、バヌアツに次ぐ世界で 2 番目に災害リスクが高い国と報告されている。

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 (Pacific Islands Leaders Meeting: PALM)」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、トンガ王国に対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意向を示している。

本業務の対象地域であるババウ島は、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ある。ババウ諸島全域の人口は、トンガ王国全体の約 13.6%にあたる 13,738 人で、このうち約 38.2%の 5,251 人がババウ島の中心地ネイアフに集中し、それ以外は村落部に居住地域が点在する状況となっている（2016 年トンガ国勢調査）。

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、ヨットの寄港地としても世界的に知られている。美しい風景と良港に惹かれた観光客が多く訪れ、特にマリンスポーツが盛んであり、世界中から年間約 80,000 人の観光客が訪れることから、トンガ王国にとって経済的に重要な地域と言える。さらに、ババウ国際空港に関して、現在、滑走路の延伸及びターミナルの拡張等が計画されるなど、今後の観光開発が一層加速することが期待されている。

トンガ王国の都市水道は、公共事業省（Ministry of Public Enterprise: MPE）の管轄のもとトンガ水道公社（Tonga Water Board: TWB）が実施している。これまでに TWB は、さまざまなドナーの援助を受けながら、首都があるトンガタブ島を中心に上水道の普及に取り組み、優先的に水道施設整備を行ってきた。しかしながら、ババウ島などの周辺離島地域においては、水道施設の整備・改修に対して十分な投資が行われず、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（ババウ島では 40~50%）、塩素注入装置や水道メータ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維持に支障が生じている。

一方、村落給水については保健省（Ministry of Health: MOH）が管轄しているが、給水時間が 1 日 3 時間程度しかなく、塩素消毒が未実施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。

上記の状況を鑑み、トンガ王国の国家インフラ開発計画「National Infrastructure Investment Plan 2013 to 2023」において、優先すべき水分野の開発事業として挙げられている「Outer Islands Water

Supply Improvement Project」の中で、ババウ島が開発対象の一つとして明記されており、トンガ王国の政策における「ババウ島の水道システムの改善」の重要性が認知される場所である。

2. 対象地区の水道事業の現状

TWB はババウ島の中心地ネイアフおよびその周辺地域における水道水供給を担っており、ババウ諸島全域の 2,745 戸のうち約 45%にあたる 1,240 戸（2019 年時点）に対して給水サービスを提供している。

TWB ババウ支所の水道水供給実績を表 S-1 および図 S-1 に示す。生産水量、配水量、有収水量ともに近年は増加傾向にある。2018 年における配水量は平均 1,348m³/日、最大 1,525 m³/日、有収水量は 798m³/日、無収水率は約 41%となっている。

表 S-1 ババウ島における TWB の水道供給実績（2015 年～2018 年）

項目 / 年度	2015	2016	2017	2018
平均生産水量 (m ³ /日)	1,638	1,762	1,987	1,984
最大生産水量 (m ³ /日)	1,683	1,976	2,176	2,282
平均配水量 (m ³ /日)	1,267	1,295	1,216	1,348
最大配水量 (m ³ /日)	1,325	1,440	1,305	1,525
有収水量 (m ³ /日)	630	643	677	798
無収水率	50%	50%	44%	41%

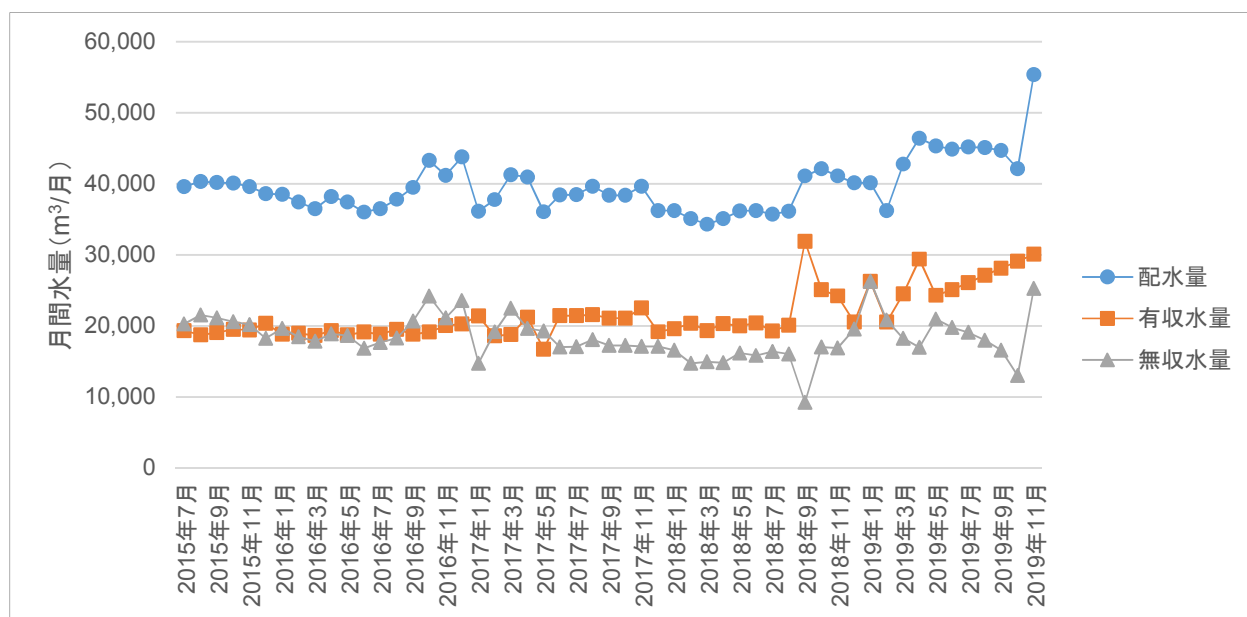


図 S-1 ババウ島における TWB の水道供給実績（2015 年～2019 年）

図 S-2 にババウ島内の既存水道施設の位置図を示す。ババウ島の水道システムは、稼働中の 5 台の取水井戸から取水し、その水を配水池（3 池で合計約 1,400m³）に送水し、配水池から自然流下にて、ネイアフ市街およびその周辺部に配水している。

一方、TWB の配水エリア外では、村落単位で水道施設が設けられ、取水井戸から取水した後、高架水槽に送水され、村落内に自然流下で配水されている。

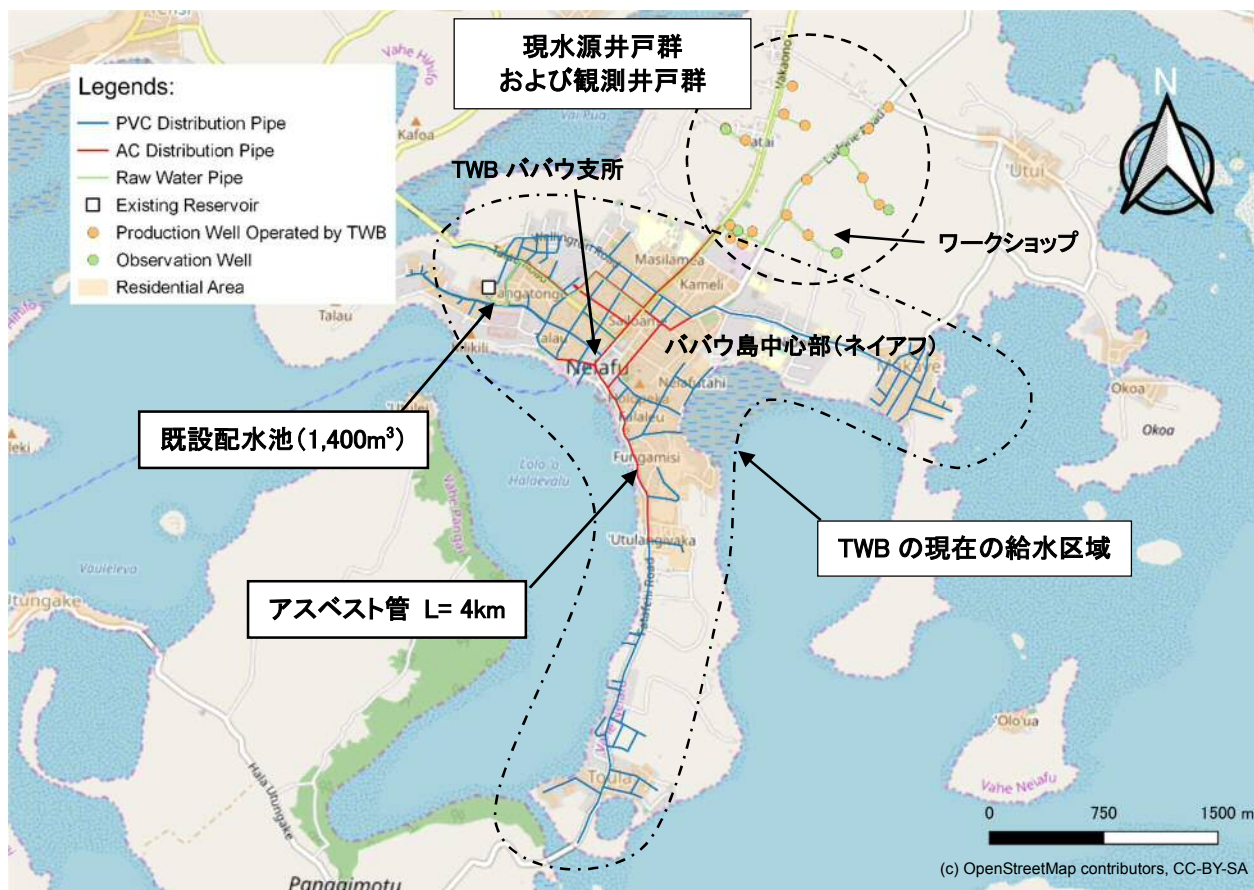


図 S-2 ババウ島の既存水道施設の位置

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。

- 周辺離島部において、水道施設の老朽化による配水機能低下、水質低下が生じている。
- 配水機能低下については、特に既設老朽管からの漏水が、現在の高い無収水率の大きな要因になっている。また、水源である地下水を狭い涵養域で集中的に揚水を行うことによる塩水の侵入が発生し、取水井戸の塩水化を進行させる恐れがある。
- 水質低下については、塩素消毒の未実施による腸チフス等の水因性疾患の潜在的な発生リスクや既存アスベスト管による健康被害のリスクがある。
- 周辺離島部において、利用可能な水源水量が確保されず、24 時間給水ができていない地域が存在する。
- 無収水対策が機能していないため、依然として高い無収水率となっている。
- 資機材不足及び職員の経験・技術の不足のため維持管理が適切に行われていない。

水道事業が抱える問題点（国レベル）に対する対象案件との関係は、表 S-2 に示すとおりである。

表 S-2 問題点（国レベル）と対象案件との関係

問題点	対象案件
周辺離島部において、水道施設の老朽化による配水機能低下、水質低下が生じている。	水道施設の再整備
周辺離島部において、利用可能な水源水量が確保されず、24 時間給水ができていない地域が存在する。	新規水源の確保
無収水対策が機能していないため、依然として高い無収水率となっている。	水道施設の再整備
資機材不足及び職員の経験・技術不足のため維持管理が適切に行われていない。	資機材の供与・ソフトコンポーネント

(2) 対象地区レベル

ババウ島の水道事業の問題点と対象案件との関係は、表 S-3 に示すとおりである。

表 S-3 問題点（対象地区）と対象案件との関係

分類	問題点	対象案件
水道全体	再整備に向けたマスタープランの見直し	適切な水需要予測に基づく水道整備計画の策定
水源	既存水源の塩水化	新規水源の確保
送配水施設	1) 既存施設の機能不全	水道施設の再整備
	2) 残存するアスベスト管と高い無収水率、	
	3) 村落地域における水道サービスの質の低さ	
維持管理	運転維持管理資機材の不足	資機材の供与
財務	適正な水量管理や財務管理能力の欠如	ソフトコンポーネントの実施

4. 計画概要

(1) 計画の目標

トンガ王国の開発政策・計画を踏まえ、本案件は、ババウ島において適切な水需要予測に基づく将来の水需要量を把握し、水道水源の妥当性、必要性を検討した上で、水道システムの再構築を図り、安全で安心できる水質で、安定的な水量を確保した水道供給サービスの提供に寄与するものである。表 S-4 に計画諸元を示す。

表 S-4 計画諸元

計画目標年次	2030 年
計画給水人口	8,200 人
計画一日最大給水量	2,730m ³ /日

(2) プロジェクトの概要

本案件は、上記目標を達成するために、新規取水井戸の建設、配水池の建設、新規導・送・配水管の整備、アスベスト管の更新を実施するとともに、運転維持管理に必要な資機材の供与及び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内容を表 S-5 に、水道施設再整備のための全体計画図を図 S-3 に、再整備後の水道システムのフローを図 S-4 に示す。

表 S-5 計画内容

分類	計画内容
施設建設	取水井戸の新設： 7 本（電磁流量計各井戸 1 個含む）
	自家発電設備： 100KVA 3 基
	配水池の新設： 1,000m ³
	送配水管の新設： 25km
	アスベスト管の更新： 4km
	塩素注入設備の導入： 2 ヶ所
	電磁流量計の設置：（φ200～φ100）7 基
	流量モニタリングシステム 1 式
機材供与	小型淡水化装置：（250L/h×3 台）
	小型発電機 7.5KVA 3 基
	水質検査機器 1 式
	漏水探知機器 1 式
	建設機械等：（小型バックホー0.06m ³ 1 台、ピックアップトラック 1 台）
	水道給水メータ及び付属設備（600 個）、給水管（10m/水道メータ）
ソフトコン ポーネン	水道施設の運転・維持管理に関する技術指導
	水道事業の経営基盤強化に関する技術指導
	配管布設工事の施工監理及び漏水探知技術能力向上に関する技術指導

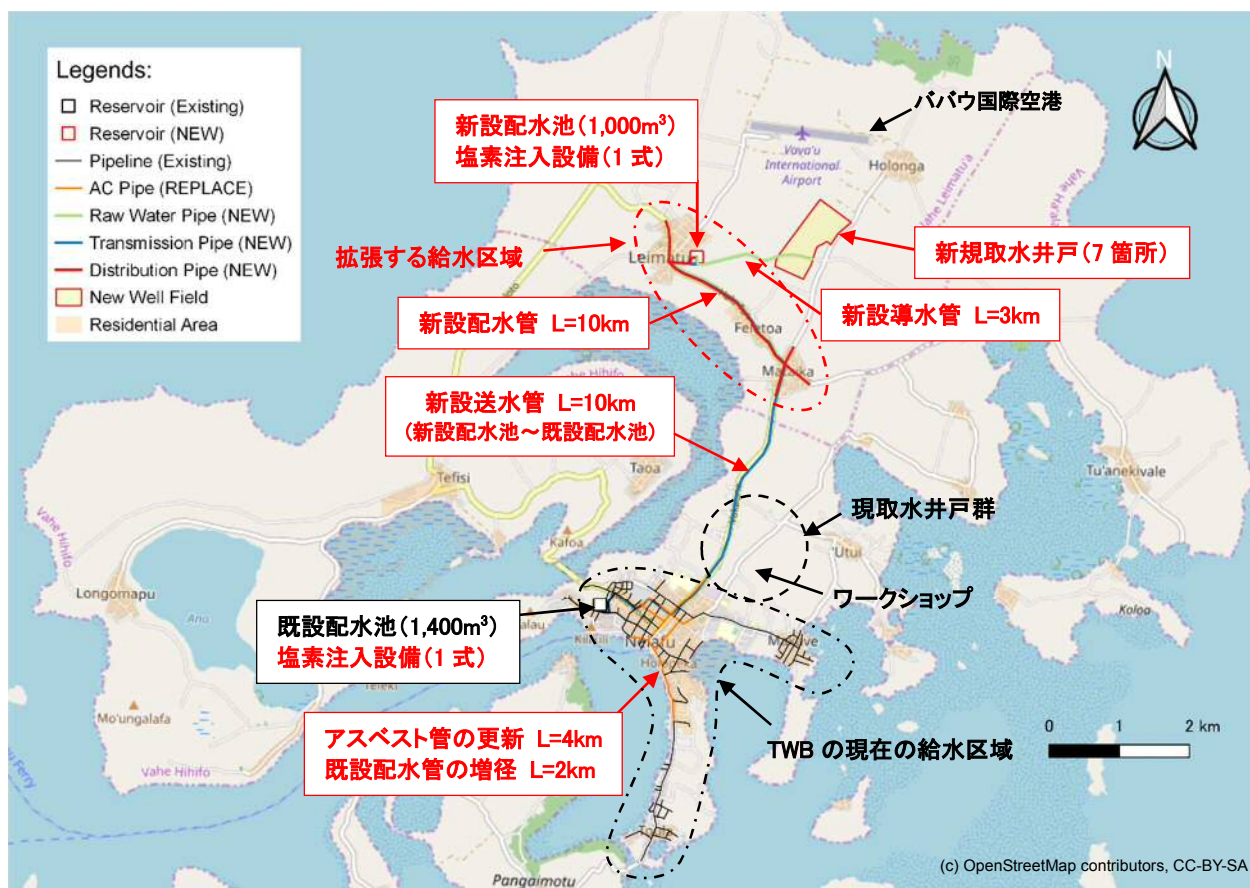


図 S-3 水道施設再整備の全体計画

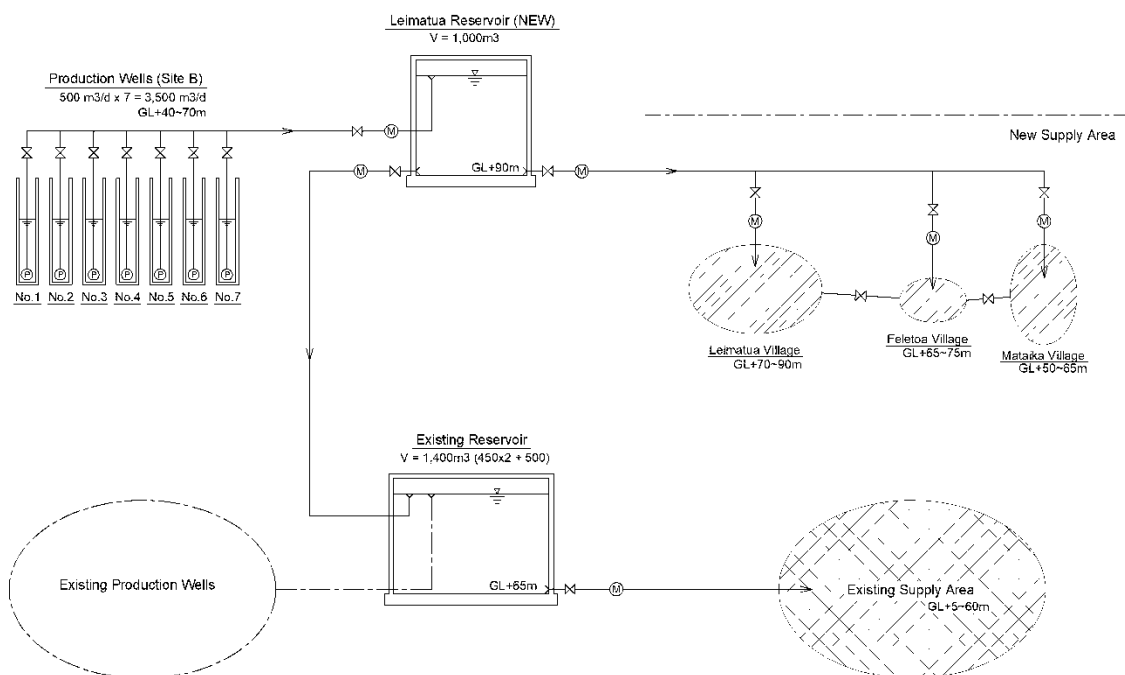


図 S-4 施設再整備後の水道システムのフロー

5. 結論

トンガ王国は、自然災害や海面上昇などの気候変動の影響を受けやすいなどの様々な脆弱性を抱えており、これら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、ババウ島は、マリン・アクティビティが豊富で、フィジー航空が直行便を運行するなどトンガ王国の観光産業の中心地としてトンガ経済において重要な拠点となっている。

一方で、ババウ島の上水道分野は、主要なドナーがつかず、既存水源の塩水化、水道施設の老朽化、アスベスト管の残存などが問題となり、十分な水道施設整備が実施されていない。

経済の発展のためにも、取水井戸の塩水化による水供給への影響を解消する必要がある、新規取水井戸の確保は不可欠と言える。また、新規取水井戸からの水供給のためには、配水池の新設、導水、送水及び配水管の布設が必要であり、さらに安全な水を供給するためのアスベスト管の更新や老朽管の更新も重要である。

本案件は、ババウ島における水道施設の現状と上水道施設整備の必要性、我が国のトンガ王国に対する援助方針に鑑み、適切な水需要予測に基づき将来の水需要量を把握し、水道水源の妥当性、必要性を検討した上で、水道システムの改善を図るものである。それにより、安全で安心できる水道水を安定的に供給できる水道サービスを実現するための一助となり、地域住民の生活環境の向上に貢献するものである。

我が国の無償資金協力事業による援助の枠組みにより、水道施設の再整備及び技術支援（ソフトコンポーネント）を実施し、ババウ島の水道システムを改善することは、地域住民の生活環境の向上及び公衆衛生の向上という直接の裨益効果以上に大きなインパクトをトンガ王国政府に与えるものと考えられ、今後、より一層我が国政府との結びつきが強くなるものと期待される。

また、我が国皇室とトンガ王室との間では親密な交流が積み重ねられているほか、2020年は日本・トンガ外交関係樹立50周年記念となっていることから、本案件によりトンガ王国において我が国が無償資金協力事業を実施することは非常に大きな意義を有していると考ええる。

【基礎指標】

表-1 トンガ王国の主要経済指標等

	2017 年	1990 年
人口	10.8 万人	10 万人
GNI 一人あたり	4,010 ドル	1,160 ドル
経済成長率	2.70%	-2.00%
対外債務残高	1.69 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 2018、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
乳幼児死亡率 (/1,000 出生)	21	17	13	14
5 歳未満児死亡率 (/1,000 出生)	25	21	16	17
妊産婦死亡率 (/1,000 出生)	-	-	36 (2010-2015 年 報告値)	124 (2015 年調 整値)
出生時平均寿命（歳）	-	-	72	73

出典：世界子供白書 2016 年、2012 年、2002 年

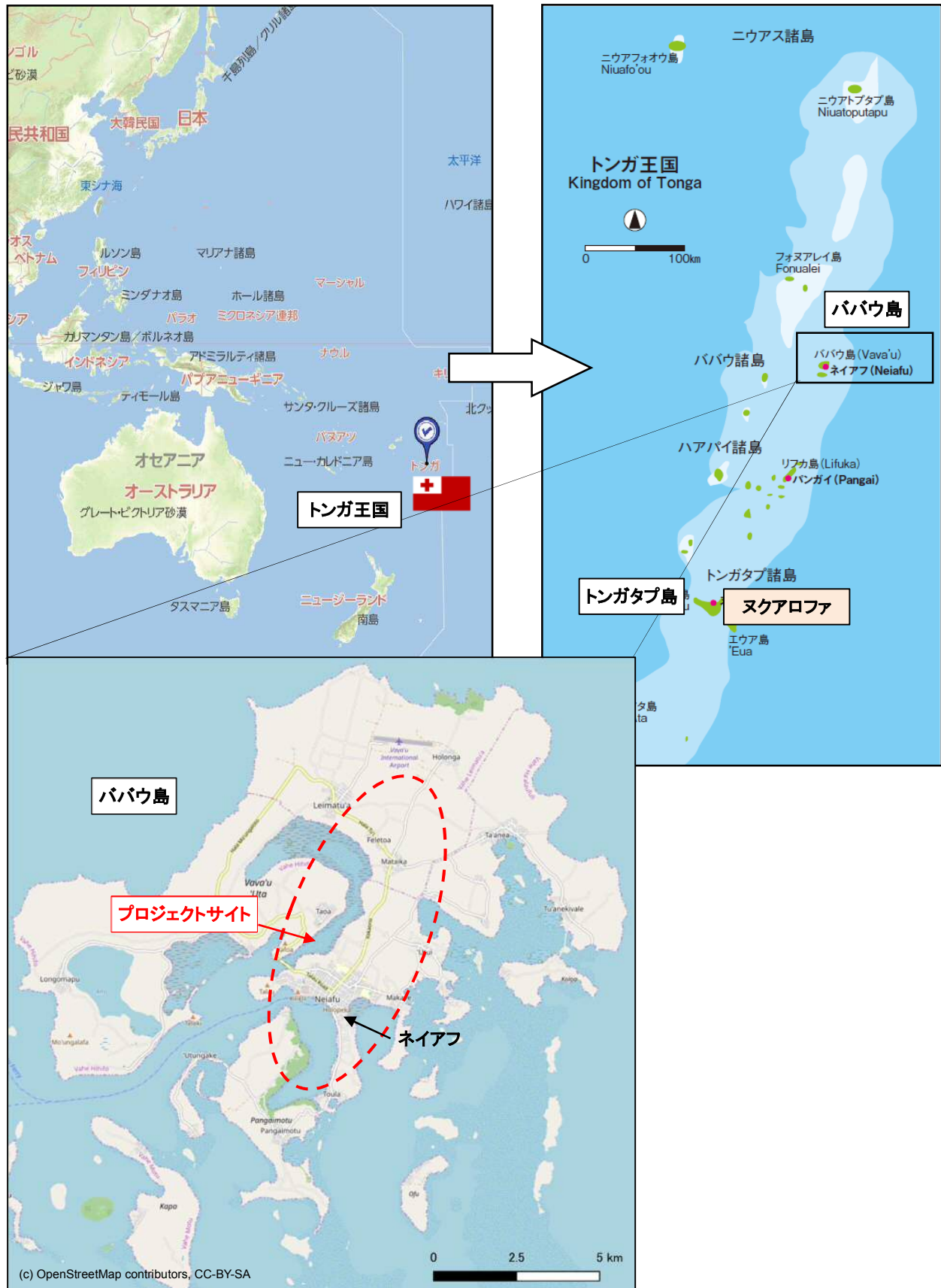
Figure 10: Tonga's SDG Progress Wheel



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:トンガ水道公社 本社(トンガタブ島)
2018年に庁舎が建替えられ、現在は電気・ガス・水道・廃棄物の公社が全て同じ建物に入っている。



写真-2:トンガ水道公社との協議
CEOをはじめ毎回10名近くの参加があり、プロジェクト形成に対する真摯な姿勢を感じるものであった。



写真-3:土地天然資源省との協議
ババウ島の調査にも同行してもらい、土地状況や井戸水源に関わる情報提供やサポートを受けた。



写真-4:保健省との協議
村落部の給水を管轄しており、プロジェクト形成に関わる問題点などについて議論した。



写真-5:トンガ水道公社 ババウ管理事務所
ババウ島ネイアフ市内の中心部に位置し、水道料金の支払い窓口等となっている。



写真-6:既設配水池(ババウ島)
容量約1,400m³(450m³×2、500m³×1)の鉄筋コンクリート造。老朽化により部分的に壁面漏水がある。



写真-7:アスベスト管(地上露出部)

ババウ島には約 4km のアスベスト管が残存しており、老朽化に伴う漏水及び健康被害の懸念から早急な布設替えが望まれている。



写真-8:塩素ガス保管庫(ワークショップ敷地内)

塩素ガスの調達が困難なため、現在は使用されていない。現在、毎朝 1 回、塩素タブレットにより消毒されているが、夜間には残留塩素が残っていない。



写真-9:主要配水流量計

配水池の流量計は正常に作動している。

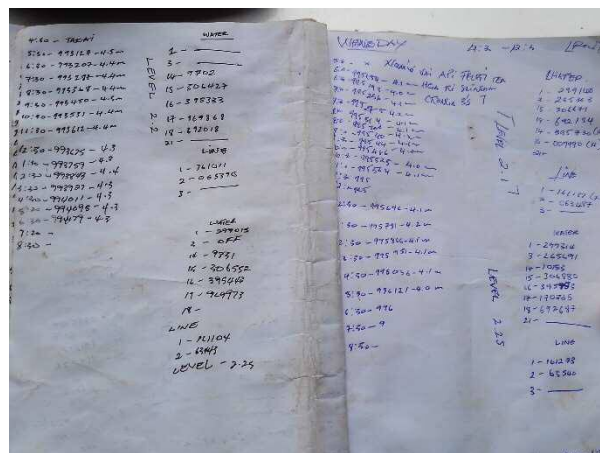


写真-10:運転管理データの記録状況

配水池における流量および水位を 1 時間毎にノートに記録している。電子データ化は実施していない。



写真-11:取水井戸の状況

取水井戸本体及び電気制御盤は建屋内に収納されている。



写真-12:村落部の水道施設

村落単位のコミュニティで運営され、井戸から取水し、高架水槽から自然流下で配水される。概ね 3 時間しか給水されず、塩素消毒も行われていない。



写真-13: 村落部の水道施設 (Leimatua 村)

Leimatua 村では、2019 年秋頃に水系感染症の腸チフスが発生しており、衛生環境の悪さが窺われる。



写真-14: 新規配水池の候補用地 (Leimatua 村)

現在は広場で十分な用地が確保可能。丘陵に位置し、自然流下による島全土への配水拠点となり得る。



写真-15: ババウ島の道路状況

郊外は珊瑚礁石灰岩を用いた骨材を使用したコンクリート舗装が主体。交通量は市街もさほど多くない。



写真-16: 井戸用の掘削機

トンガ王国の水道は地下水源に依存しており、トンガ水道公社では井戸用掘削機を所有している。



写真-17: 日本の援助で設置された太陽光発電とポンプ設備

日本政府の援助により太陽光発電とポンプ設備が設置されており、取水ポンプの運転に太陽光発電が効果的に機能している。



写真-18: ババウ国際空港

ODA による空港拡張事業が計画されている。ババウ島はトンガ王国の中でも観光資源が豊富なため、観光産業の発展が見込まれる。

【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
CEO	Chief Executive Officer	最高経営責任者
DANIDA	Danish International Development Agency	デンマーク国際開発援助庁
DMA	District Metered Area	配水ブロック
EC	Electrical Conductivity	電気伝導度
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EU	European Union	欧州連合
FS	Feasibility Study	導入可能性調査
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
KPI	Key Performance Indicator	重要業績指標
MDGs	Millennium Development Goals	ミレニアム開発目標
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	交通省
MOT	Ministry of Tourism	観光省
MOW	Ministry of Works	労働省
MPE	Ministry of Public Enterprise	公共事業省
NGO	Non-Government Organization	非政府組織
NRW	Non-Revenue Water	無収水
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
PACC	Pacific Adaptation to Climate Change	気候変動に対する太平洋適応策
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
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
SWMP	Solid Waste Management Project	固形廃棄物管理プロジェクト
TCC	Tonga Communications Corporation	トンガ電話通信局
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
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

第1章

緒論

第1章 緒論

1.1 目的

1.1.1 背景

ミレニアム開発目標（MDGs）「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」は、2010 年にその目標を達成し、多くの人が安全な飲料水を利用できるようになった。その一方で、2015 年時点で約 6.6 億人が未だ安全な飲料水の供給を受けられない状況にあり、2015 年に採択された「持続可能な開発目標（SDGs）」では「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。」という目標が掲げられている。

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 98.0%（厚生労働省 水道の基本統計 2017）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てきたが、現在、多くの開発途上国が同様の課題に直面しており、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を阻害する要因の一つとなっている。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 6 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。

表 1.1 調査スケジュール

項目	暦年	2019年									2020年								
		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
1.国内作業その1																			
(1) 委託事業実施計画書の作成・提出					▼														
(2) 報告書ドラフトの提出							▼												
2.現地調査																			
(1) 現況及び将来の課題/問題点の整理							▼												
(2) 要請書ドラフトの作成指導							▼												
3.国内作業その2																			
(1) 報告書の提出・協議														▼					
(2) 報告書の再提出																	▼		
(3) 事業実績報告書の提出																		▼	

出典：調査団作成

表 1.2 調査内容

実施時期	実施内容	作業項目
2019 年 10 月下旬	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
2019 年 11 月上旬 ～12 月上旬	報告書ドラフトの作成	・ 基礎情報の収集・整理 ・ 質問票の作成・送付 ・ マスタープランのレビュー ・ 現況及び将来の問題点の整理 ・ 報告書ドラフトの作成 ・ 報告書ドラフトの協議
2019 年 12 月上旬	報告書ドラフトの協議	・ 協議内容の反映 ・ 現地指導の準備
2019 年 12 月中旬	水道プロジェクト計画作成指導	・ 現況把握 ・ 現況及び将来の課題/問題点の整理 ・ 現況及び将来計画関連資料の収集・整理 ・ 代替案の検討 ・ 要請書ドラフトの作成指導
2019 年 12 月下旬 ～2020 年 3 月中旬	報告書及び要約版の作成	(事後指導の実施)
2020 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
田口 一穂	業務監督	厚生労働省大臣官房国際課国際保健・協力室
森下 龍一	業務調整	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 コンサルタンツ
中西 三平	上水道計画及び設計（水源）	(株) N J S コンサルタンツ
林 健太	上水道計画及び設計（水道施設）	(株) N J S コンサルタンツ
今井 健太	連絡調整及び現地ロジ関連	(一社) 沖縄パシフィックパートナーズ
米田 善治	水道事業運営維持管理	(株) 沖縄水道管理センター

出典：調査団作成

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

本業務の調査対象地域を図 2.1 に示す。

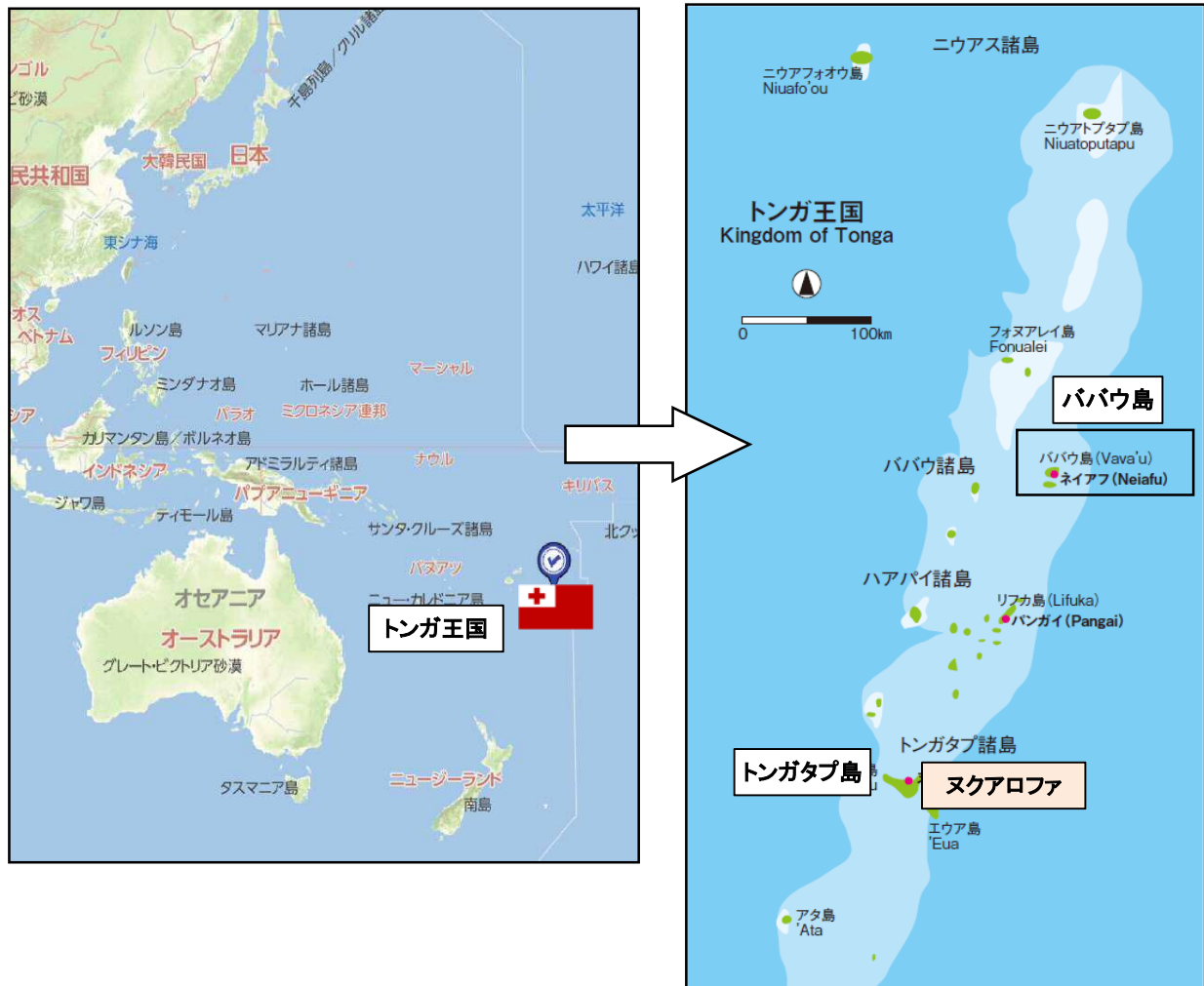


図 2.1 調査対象地域位置図

出典 調査団作成

調査対象国であるトンガ王国は、南北 620km の範囲に散らばる大小 172 余りの群島からなる人口 100,651 人の島嶼国であり、その首都ヌクアロファが位置するトンガタブ島には人口の約 74.1%にあたる 74,611 人が居住している（Tonga 2016 Census of Population and Housing: 以下、2016 年トンガ国勢調査）。

調査対象地域であるババウ島は、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ある。ババウ諸島の人口はトンガ王国全体の約 13.6%にあたる 13,738 人で、このうち約 38.2%の 5,251 人がババウ島の中心地ネイアフに集中し、それ以外は村落部に居住地域が点在している（2016 年トンガ国勢調査）。ネイアフは、ヨットの寄港地として世界的に知られ、首都ヌクアロファに次ぐトンガ第 2 の都市である。現在、ババウ国際空港の滑走路の延伸及びターミナルの拡張等が計画されるなど、今後の観光開発が一層加速することが期待されている。

トンガ王国の国家インフラ開発計画「National Infrastructure Investment Plan 2013 to 2023」の中で、水分野の優先開発事業として挙げられる「Outer Islands Water Supply Improvement Project」にも、ババウ島が対象の一つとして明記されており、ババウ島の水道システムの改善が強く望まれている。

以上の背景を踏まえ、本業務においてババウ島を調査対象とし、水道施設の現状と上水道施設整備の必要性について調査を実施し、当該地域を対象とした「トンガ王国ババウ島給水施設改善計画」について計画作成指導を行った。

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) 水道の普及状況

トンガ王国の上水道普及率を表 2.1 に示す。

表 2.1 トンガ王国の上水道普及率

上水道接続戸数	9,751 戸
上水道普及率	53.5% (9,751/18,198)

※トンガ王国内には公共下水道システムは無く、下水処理は各戸の合併浄化槽で行われている。

出典：トンガ水道公社（TWB）

トンガ王国の SDGs 達成状況を表 2.2 に示す。

表 2.2 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	6.4.1 水の利用効率の経時変化	—	—	—	—	—	—

ターゲット	指標	2000 年 (%)			2015 年 (%)		
		全 体	都 市	地 方	全 体	都 市	地 方
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。	6.4.2 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.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	—	—	—	—	—	—
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

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、トンガ水道公社（以下、TWB）が実施し、トンガタブ諸島、ハアパイ諸島、ババウ諸島、ニウアス諸島の主要 4 諸島に対して、給水サービス及び運転・維持管理業務を実施している。都市給水の水道システムは、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があ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、ババウ島などの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（ババウ島では 40~50%）、塩素注入設備や水道メータの故障などの問題が顕在化し、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 時間程度しかなく、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。

2.2.2 水道事業における問題点（国レベル）

トンガ王国における水道事業の問題点を表 2.3 に示す。

表 2.3 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	水道事業の制度的位置づけが明確でない。	○			TWB による水道供給サービスは、法（Tonga Water Board Act 2000/20016, Public Enterprises Act 2002）により明確に位置づけられている。
	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。
	整備を進めるための組織が整っていない。	○			組織体制は出来上がっている。
	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	上位計画（マスタープランなど）が整っていない。			○	現マスタープランは 1992 年に策定されているが、その後、一度も改訂されていない。したがって、新たに改訂する必要がある。
	援助国/国際機関の間の調整ができていない。		○		プロジェクト・サイトが位置するババウ島については、過去、Danida（デンマークの援助機関）により水供給の小規模な支援が実施されたが、本格的な水道施設整備については、国際機関の援助が必要とされる。
	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）、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。	○			水源計画及び水源管理については、土地天然資源省の管轄となっており、給水サービスを行っている TWB との管轄面におけるバランスについては、問題が生じていない。
経営・財務	整備すべき事業量に比べて資金が足りない。			○	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、水道メータが不十分であり、適切な料金を徴収できていない。
	独立採算性を維持できない。	○			TWB の事業経営は国からの補助金による財務支援も行っておらず、独立して財務運営できている。
	修繕費が確保されていない。	○			修繕費は、毎年の予算で確保されている。
	薬品購入費が確保されている。	○			薬品購入費は、毎年の予算で確保されている。

区分	問題点	問題の大きさ			説明
		小	中	大	
保守・管理	保守管理基準が整備されていない。	○			TWB による保守管理基準は策定されていないが、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適切に活用されている。
	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。
	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。			○	PC による水質データ等の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、飲用用の水供給が出来ない。			○	現取水井戸群は、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、塩水化が進行している。
	施設の老朽化等により十分な配水量が確保出来ない。			○	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。
	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、安全な水の供給が出来ていない。
	設計基準が整備されていない。			○	トンガ王国では水道設備関連の設計基準が策定されておらずプロジェクト毎に国際的に利用されている基準が適用される。
	適用技術が適切でない。	○			維持管理における技術レベルは適切である。
	整備レベルに比べて技術者レベルが適切でない。		○		整備レベルにおいて熟練の技術者が求められている。
	維持管理レベルに比べて技術者レベルが適切でない。	○			維持管理における技術レベルは適切である。
その他の問題点		○			維持管理関連機器の数量が十分でない。

出典：調査団作成

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、浄化槽による汚水処理が主流となっている。保健衛生関連のデータは保健省で管理しているが、水系感染症については症例数などの体系的な管理はなされていない。腸チフスについては保健省から入手出来たデータによると、トンガ王国内において 2017 年で 14 件、2018 年で 40 件ほど発生している。

2.2.4 水道事業の現状（対象地区）

(1) 水道事業の現状

TWB はババウ諸島全域の 2,745 戸のうち、約 45%の 1,240 戸に対して給水サービスを提供し

ている（2019年時点）。一方で村落部等遠隔地は、保健省管轄のもと村落単位のコミュニティにより水道事業が運営されている。

TWB ババウ支所の水道水供給実績を表 2.4 および図 2.2 に示す。生産水量、配水量、有収水量ともに近年は増加傾向にある。2018 年における配水量は平均 1,348m³/日、最大 1,525 m³/日、有収水量は 798m³/日、無収水率は約 41%となっている。

表 2.4 ババウ島における TWB の水道供給実績（2015 年～2018 年）

項目 / 年度	2015	2016	2017	2018
平均生産水量（m ³ /日）	1,638	1,762	1,987	1,984
最大生産水量（m ³ /日）	1,683	1,976	2,176	2,282
平均配水量（m ³ /日）	1,267	1,295	1,216	1,348
最大配水量（m ³ /日）	1,325	1,440	1,305	1,525
有収水量（m ³ /日）	630	643	677	798
無収水率	50%	50%	44%	41%

出典：TWB の実績を元に調査団作成

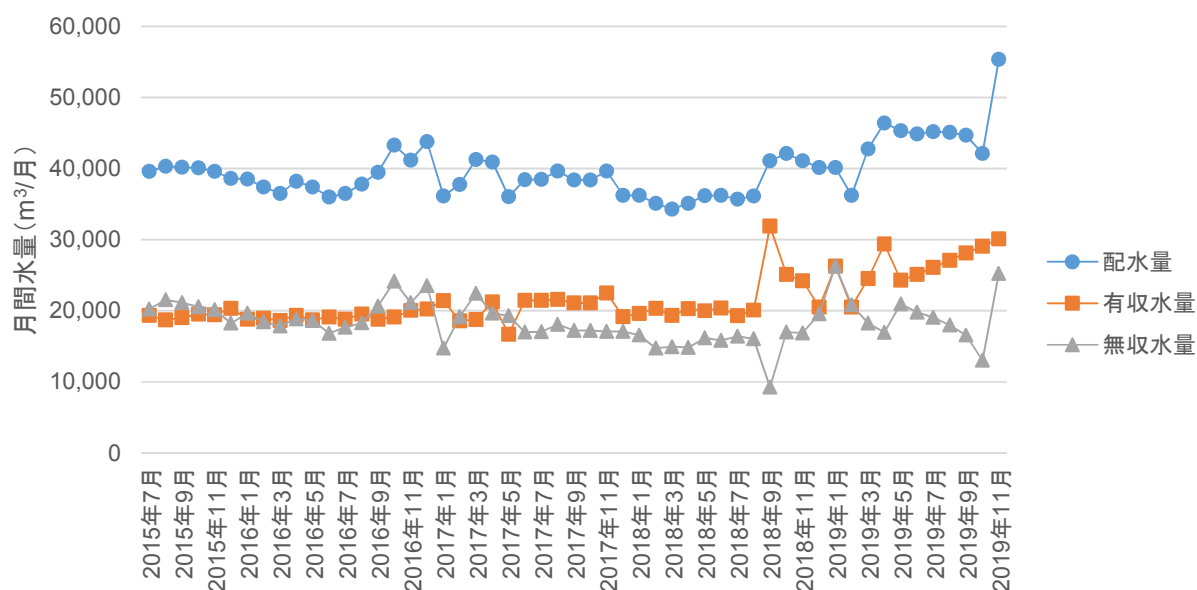


図 2.2 ババウ島における TWB の水道供給実績（2015 年～2019 年度）

出典：TWB の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 本の井戸の揚水により水道供給サービスを開始し、1997 年から 1999 年にかけて、EU の援助の下、15 本の井戸とポンプ施設、8.9km に及ぶ配水本管、1,000m³ の配水池の改修が行われたが、その後、水道施設の改修は行われていない。

TWB の取水井戸については、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、現時点で 5 井のみが稼働（調査団調べ（2019 年））している。

図 2.3 にババウ島内の既存水道施設の位置を示す。ネイアフの水道システムは、稼働中の 5 台の取水井戸から取水し、その水を配水池（3 池で合計約 1,400m³）に送水し、配水池から自然流

下でネイアフ市内およびその周辺部に配水している。一方、TWB の配水エリア外では、村落単位で水道施設が設けられ、取水井戸から取水した後、高架水槽に送水し、村落内に自然流下で配水されている。

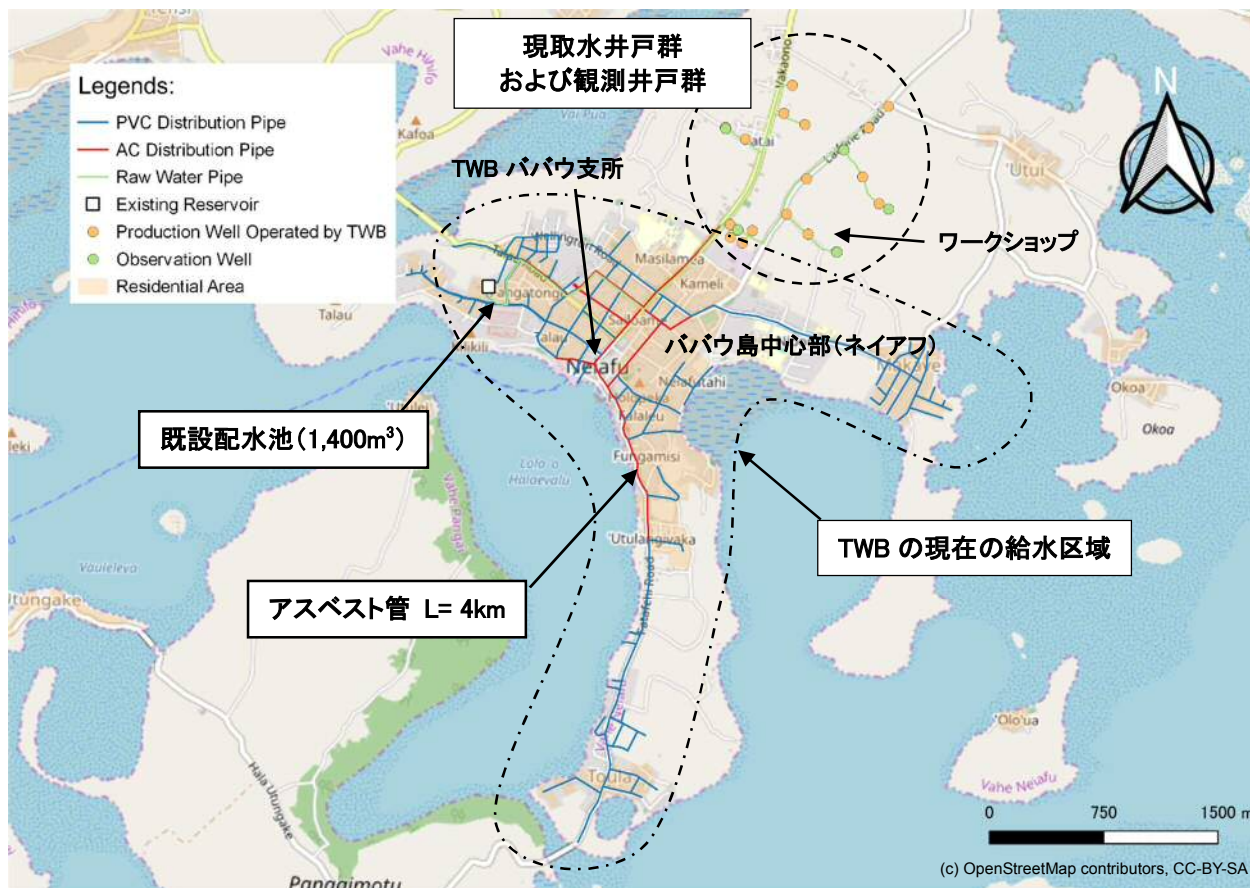


図 2.3 ババウ島の既存水道施設の位置

出典：調査団作成

2.2.5 飲料水供給における問題点（対象地区）

(1) 水道全体の問題点

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、また整備が遅れている周辺の島々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、ハアパイ島、エウア島における水道施設の再整備の方向性を取りまとめている。

水道事業においては、特に長期的視点を踏まえた戦略的な水道事業の計画立案が必要であり、また給水区域の住民に対して事業の安定性や持続性を示していく責任があり、最低限必要と考えられる経営上の事業計画について、水道事業の基本計画として策定することが重要である。

しかし、現在、TWB が有する水道事業の基本計画では、再整備を実現するための詳細な計画の立案に至っていないため、再整備の実施に結びついていない。

特にネイアフは、観光都市でもあることから、将来の水需要に観光産業の要因も加味するなど、基本計画の見直しを行うことが必要である。

(2) 水源の問題点

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水境界を形成する。この塩淡水境界の深度は、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」と呼ばれる形で存在する（図 2.4 参照）。淡水層と塩水層の2つの帯水層の中間部は、塩分濃度が変化する遷移層となっており、ババウ島の水道水源は、淡水層を供給源としている。

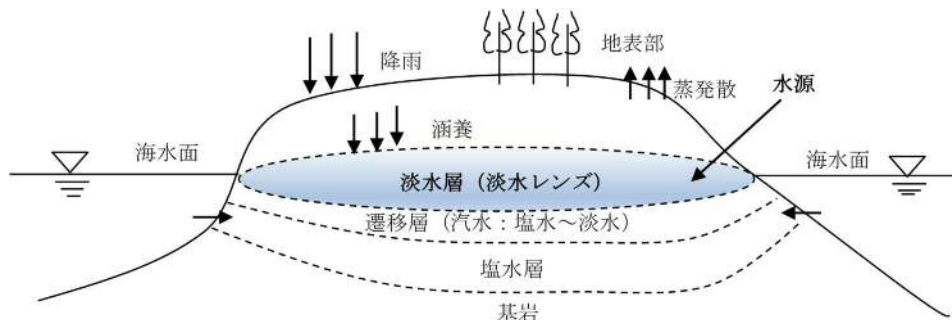


図 2.4 ババウ島における水理地質模式図

出典：調査団作成

ババウ島のように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暗渠により揚水を行うが、揚水によって周辺の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、近年の地球温暖化による海面の水位上昇や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を受け、図 2.5 に示すように、淡水レンズの塩水化へのリスクが増大している。

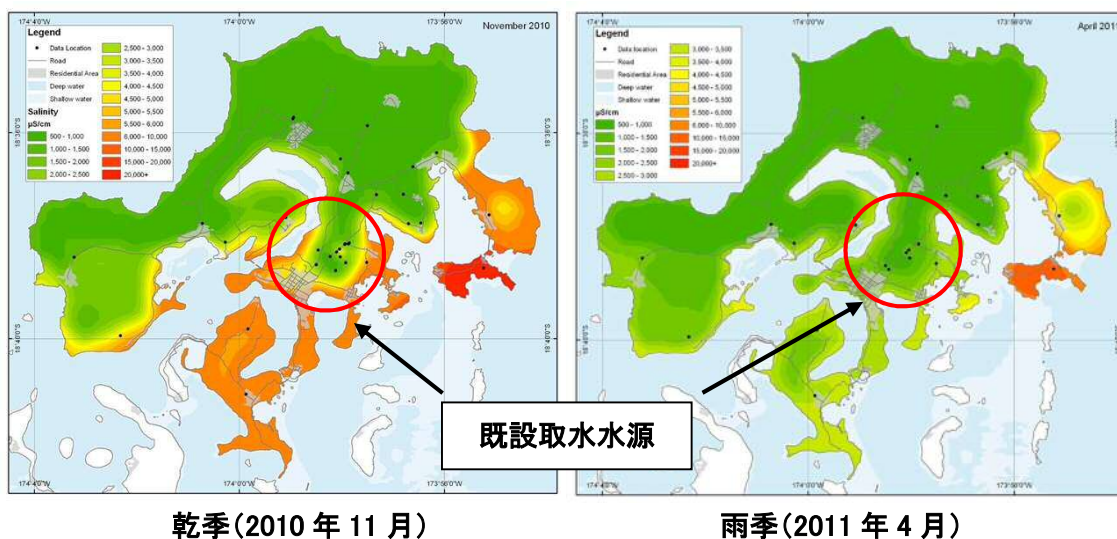


図 2.5 乾季及び雨季直後の水質と既存水源の塩水化

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 2.5 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「飲料用原水（1,500 μ S/cm）」の限界を超える時があり、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、「非飲料用原水（2,500 μ S/cm）」の限界を超えている。

表 2.5 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

(3) 送配水施設の問題点

1) 既存施設の機能不全

既存の水道施設において、多くの機器で機能不全が見受けられ、運転・維持管理が困難となっている。

① 流量計

一部の取水ポンプの流量計が故障しているものの、修理や更新の予算が確保されず、放置されている（写真 2.1）。そのため、正確な揚水量を把握することが出来ず、適切な流量管理が行われているとは言い難い状況である。適切に流量を管理し、実績を蓄積することは、財務面の改善及び将来の水道整備計画における基礎情報となるため、早急な対応が必要である。



写真 2.1 故障して正常に機能していない流量計

② 塩素注入設備

ネイアフ市内にあるワークショップの塩素ガス設備は、過去の援助で設置されたものの、塩素ガスの調達が困難なため現在は使用されておらず（写真 2.2）、職員が、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毎朝 1 回配水池に直接投入することで対応している。

2019 年 12 月の現地調査では、午後 2 時頃に給水末端の Toulā において 0.1mg/L 以上の残留塩素を確認したが、夜間になるとネイアフ中心部でも残留塩素は検出されず、未消毒の水道水がそのまま給水されている現状が確認された（写真 2.3）。



写真 2.2 使用されていない塩素ガス設備



写真 2.3 残留塩素 PAC テストの結果

左：給水末端（午後 2 時頃）、右：ネイアフ中心部（午後 10 時頃）

2) 残存するアスベスト管と高い無収水率

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 2.6）。

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。

一方、高い無収水率のその他の要因としては、次の事項が想定される。

- 漏水箇所が特定出来ず放置されている。あるいは、漏水箇所の修理が適切に行われていない。
- 技術力または財源不足のため、計画的な管路更新が実施されず、配水管網が老朽化している。
- 流量計、水道メータが正常に機能しておらず、井戸ポンプの運転管理や使用水量の管理が出来ていない。また、そのため無収水による営業損失を正しく評価出来ていない。

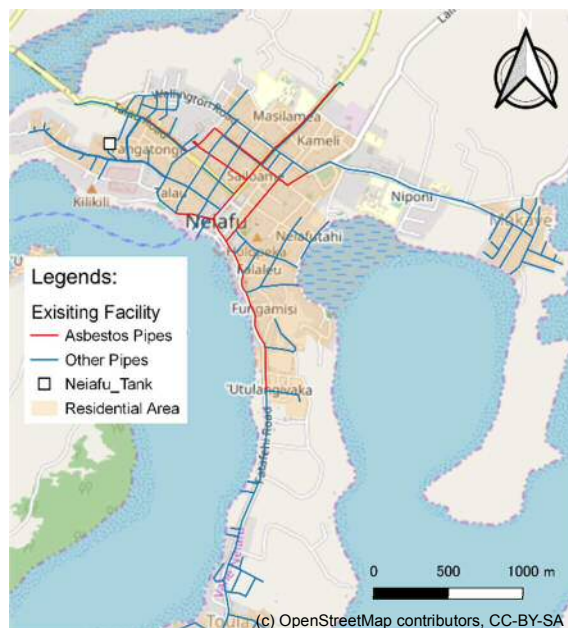


図 2.6 アスベスト管の埋設位置

出典：調査団作成

3) 村落地域における水道サービスの質の低さ

ババウ島の多くの学校や家庭の水道は、保健省の管轄のもと、村落単位の村落給水委員会（以下、VWC）が運営管理する水道施設（写真 2.4）から給水されているが、取水井戸から十分な量を確保できず、1日の給水時間は3時間程度に留まっている。

また、学校や家庭のし尿処理は合併浄化槽により行われているが、一部のし尿が地下に浸透し、大腸菌が検出されるなど、取水井戸の汚染が懸念される。加えて、VWCの水道施設は消毒設備を有しないため、未消毒のまま水道水が配水されており、水系感染症の発生リスクが高い状況にある。さらに、水源地域では農業活動に起因する農薬や化学肥料の使用による化学物質が検出されるなど取水井戸の汚染が問題となっている。



写真 2.4 村落部の水道施設

4) 雨水の飲料用利用

トンガ王国では、水道整備の事情から、慣習的に雨水が水源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 2.5）。2016 年トンガ国勢調査の結果によると、トンガ王国全体の 60%が雨水を飲料用水として利用しており、ババウ島においてはさらに割合が高く 70%となっている。一方で、水道水の飲料用利用はトンガ王国全体・ババウ島ともに 10%程度となっている。

飲料用水源を雨水に頼ることには様々なリスクが存在する。例えば、気候変動によるリスクとして、エル・ニーニョ現象による干ばつ発生時に十分な水量が得られない可能性がある。また、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、数日間、飲料用の用途で利用出来ないなどの事象が発生している。また、衛生面でもリスクがあり、小動物による糞便汚染や木々の枯れ葉の混入によるタンク内部の汚染の恐れがある。



写真 2.5 学校に設置された雨水集水設備

(4) 維持管理の問題点

水量の管理については、上述のとおり、流量計、水道メータが正常に機能せず、井戸ポンプの運転管理や使用水量の管理が適切に行われていない。一方で、配水池の水位および配水量については TWB 職員により 1 時間毎に日報に手書きで記録されている（写真 2.6）。

水質の管理については、ババウ支所では水質検査機器を有しておらず、トンガタブ島に採水試料を月 1 回空輸し、水質検査結果をメールで送付してもらう体制を取っている。検査項目は、糞便性大腸菌群数（給水水質）、電気伝導率（取水井戸、配水池、給水水質）、残留塩素の 3 項目のみである。

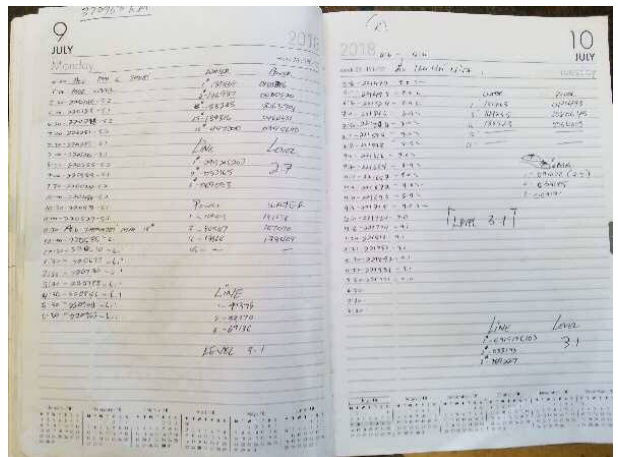


写真 2.6 ババウ支所の運転管理日報

以上のように、必要最低限のデータは自ら収集する努力が見られる一方、十分なデータの取得及び管理がなされておらず、また、取得したデータを日常業務にどのように活用するのかというデータ活用に関する知識が不足している。

(5) 財務の問題点

直近 5 ヶ年分の財政収支を表 2.6 に示す。TWB の収支は確認出来た 2012 年以降、黒字で推移している。

一方で、トンガ政府は、トンガ王国内の公営企業に対し、政府への配当金の支払いを命じており、その支払額は 2014 年度～2016 年度には年間 1,000,000TOP（日本円換算で 4,500 万円）を越えるなど TWB の財務を圧迫している。なお、2018 年度の政府への配当金は減少し、341,921TOP で純利益の約 27%となっているが、今後、トンガ政府は、公営企業に純利益の 100%の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おり、将来、配当金の支払いが TWB の財務運営上の脅威となる可能性がある。

表 2.6 TWB の財政収支（2014～2018 年度の 5 ヶ年）

（単位：TOP \$）

ITEMS	FY 2014/2015	FY 2015/2016	FY 2016/2017	FY 2017/2018	FY 2018/2019
Total Revenue	7,219,396	7,487,214	8,151,833	8,435,635	8,972,497
1) Operating Revenue	5,767,958	6,019,450	6,446,644	6,424,408	6,847,149
2) Other Revenue	1,451,438	1,467,764	1,705,189	2,011,227	2,125,348
Total Expense	5,378,337	5,655,502	6,487,230	6,738,304	7,546,670
1) Operating Expenses	-	-	5,104,581	5,372,274	5,924,474
2) Depreciation	-	-	1,382,649	1,366,030	1,622,196
Net Profit before Tax	1,841,059	1,831,712	1,664,603	1,697,331	1,425,827
Income Tax Expenses	460,265	457,928	416,151	424,333	332,002
Net Profit after TAX	1,380,794	1,373,784	1,248,452	1,272,998	1,093,825
Dividend	1,000,000	1,027,000	1,030,000	341,921	-
Dividend Percentage	72.42%	74.76%	82.50%	26.86%	-

※1 TOP \$ = 45.13 円（2019 年 11 月時点）

出典：Tonga Water Board Final Draft Business Plan を元に調査団が作成

表 2.7 および図 2.7 に TWB の水道料金の推移を示す。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、直近では TWB は 2017 年に 9%の値下げ、2018 年に更なる 6%の値下げを行っており、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（2016～2018 年）

（単位：TOP \$ / m³）

Branch Year	Domestic				Non-Domestic			
	Nuku'alofa	Vava'u	Ha'apai	'Eua	Nuku'alofa	Vava'u	Ha'apai	'Eua
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	2.55	2.59	2.58	1.14	2.85	2.91	2.87	1.27

※1 TOP \$ = 45.13 円（2019 年 11 月時点）

出典 TWB 提供の料金表を元に調査団作成

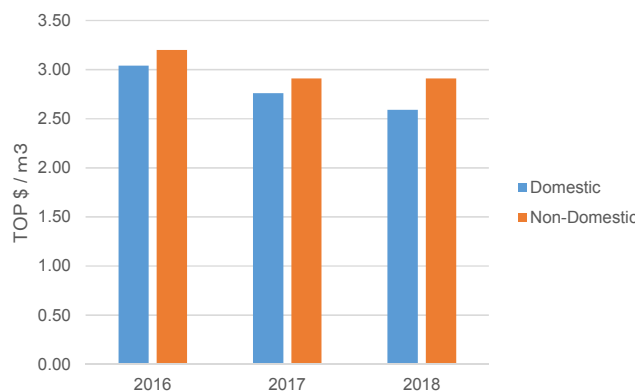


図 2.7 ババウ島の水道料金の推移（2016～2019 年）

出典 調査団作成

以上のような状況から、TWB は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、これまでのドナーによる支援はトンガタプ島の水道施設・設備の整備に対して優先的に行われてきた経緯があり、ババウ島のような離島については、適切な水道サービスの提供に必要な水道施設整備・改修への十分な投資が行われていない。そのため、老朽化した配水管網により漏水率が高くなり、流量計や水道メータが設置されていない、あるいは正常に機能していないなど、適正な水量管理や課金管理が行われておらず、水道経営上の問題となっている。

2.2.6 衛生関連並びに水系感染症に関する問題点（対象地区）

(1) 水系感染症の発生率

2019 年秋頃にババウ島で 2 番目に大きな村落である Leimatua 村（235 世帯 1215 人（2016 年トンガ国勢調査））で腸チフスが発生していたことが、TWB 職員へのヒアリングにより明らかになった。村落給水では塩素消毒が未実施であるため、住民は常に水系感染症のリスクに晒されており、適切な塩素消毒がなされた水道水を供給することの必要性が改めて確認された。

(2) 水質基準

TWB は独自の水道水質基準は有しておらず、WHO の飲料水質基準に準拠している。

2.2.7 その他

(1) 気候変動

1) トンガ王国における気候変動

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、雨季のトンガタプ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いる。これはエル・ニーニョ現象の影響を受けているものと考えられ、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。

2) 気候変動と塩水化の傾向

図 2.8 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。ま

た、これらの期間中、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、過去の気候変動（エル・ニーニョ現象）により取水井戸が塩水化の影響を受けることがわかる。

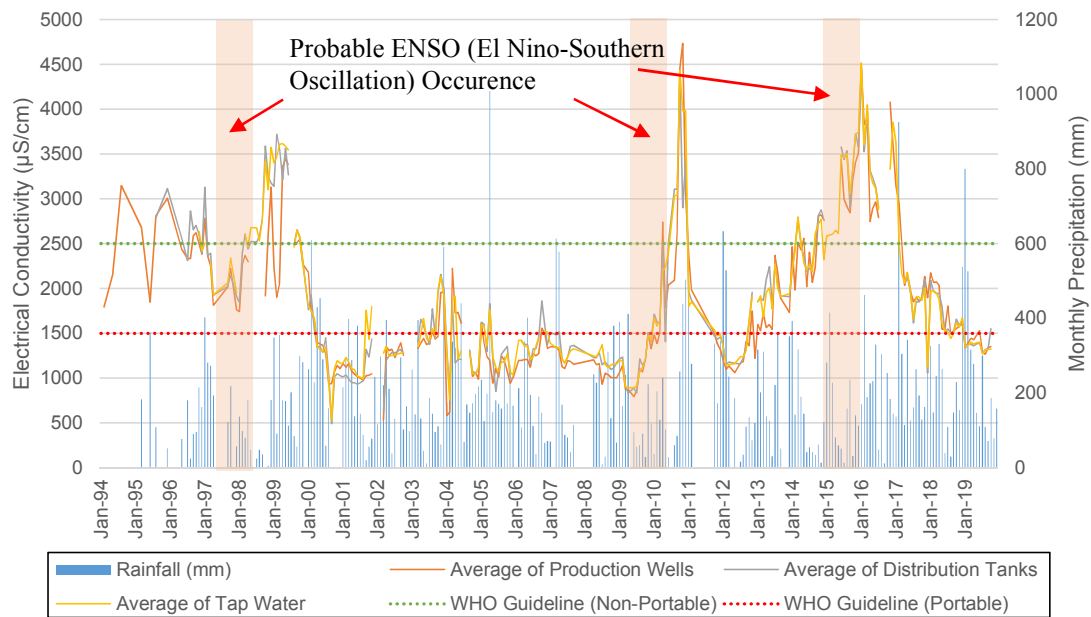


図 2.8 ババウ島の降水量・電気伝導度の経年変化とエル・ニーニョの関係

出典 TWB の提供データに基づき調査団作成

(2) 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は表 2.8 に示すとおりである。

表 2.8 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挙げられている「Outer Islands Water Supply Improvement Project」には、ババウ島が対象の一つとして明記されている。

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 2.9 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。

一方で、整備が遅れている周辺の島々の水道施設の再整備に着手することとし、2012 年にババウ島をはじめとする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。

なお、本案件においては、「Tonga Water Supply Master Plan 1992」が実質的なマスタープランと位置づけられる。

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

トンガ王国は、自然災害や海面上昇などの気候変動の影響を受けやすいなど様々な脆弱性を抱えており、これら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。特に

ババウ島は地方・離島部であり、サイクロンを始めとした自然災害に対して都市部よりも脆弱であるため、水供給に支障が生じた場合、復旧・復興に時間を要する。それにも関わらず、ババウ島を始めとした離島に対しては水道施設の整備に十分な投資が行われてきたとは言い難く、水道施設の老朽化、既存取水井戸の塩水化、塩素注入装置や水道メータの故障などの問題が顕在化している。そのため、適切な水道サービスの維持のための早急な水道施設の改善が望まれるとともに、災害に強い水道が求められている。加えて、老朽化した配水管の一部にはいまだに有害なアスベスト管が使用されており、保健衛生上の観点からも改善が急務となっている。

(2) 相手国側の案件実施に対する優先度

ババウ島は、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・アクティビティを体験できることから、フィジー航空がフィジー・ナンディからババウ島へ直行便を運行するなどトンガ王国の観光産業の中心地としてトンガ経済においても重要な拠点となっている。

そのため、「National Infrastructure Investment Plan 2013 to 2023」においても、ババウ島の水道施設の再整備が明記されているものの、ババウ島の水道施設の再整備を実現するための詳細な計画の立案が進んでいないため、再整備の実施に結びつかず、計画的な水道施設の整備が実施できない状況にある。

ババウ島の水道施設の再整備や運転・維持管理能力の向上など、課題は山積しており、課題解決に向けた具体的な対策を検討し、改善するためにも本案件実施の優先度は高く、これまでのトンガ王国に対する我が国のハード・ソフト両面から質の高い支援を実施してきた実績があることから、我が国による支援に強い期待が寄せられている。

2.3.4 複数の候補案件がある場合の相互比較

複数の候補案件は無い。

2.3.5 その他の関連する分野情報

その他の関連する分野情報は無い。

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（トンガタプ島）に本部を持ち、ババウ島、ハアパイ島、エウア島に営業所を設けており、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 2.10 に示す。

表 2.10 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）
関連官庁	保健省（MOH: Ministry of Health）
関連官庁	土地天然資源省（MLNR: Ministry of Lands and Natural Resources）

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、主管庁として公共事業省が管轄している。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。

トンガ王国内の都市部の水道事業は、主に同省が管轄する公営企業の一つである TWB が実施主体となっている。

(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。同省の案件実施に関連する業務は、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

(3) 土地天然資源省(MLNR)

土地天然資源省の役割は、土地、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、製図、計算、物的計画、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）

2.4.2 実施機関の組織

TWBの組織図を図 2.9に、組織構成の人数内訳を表 2.11に示す。TWBは、Finance Department、Engineering Department、Administration Department の3つの組織に大別され、2020年現在、TWBには正職員85名、日雇い職員23名の計108名が在籍しており、ヌクアロファ本社勤務が69名、ババウ支所勤務が17名となっている。

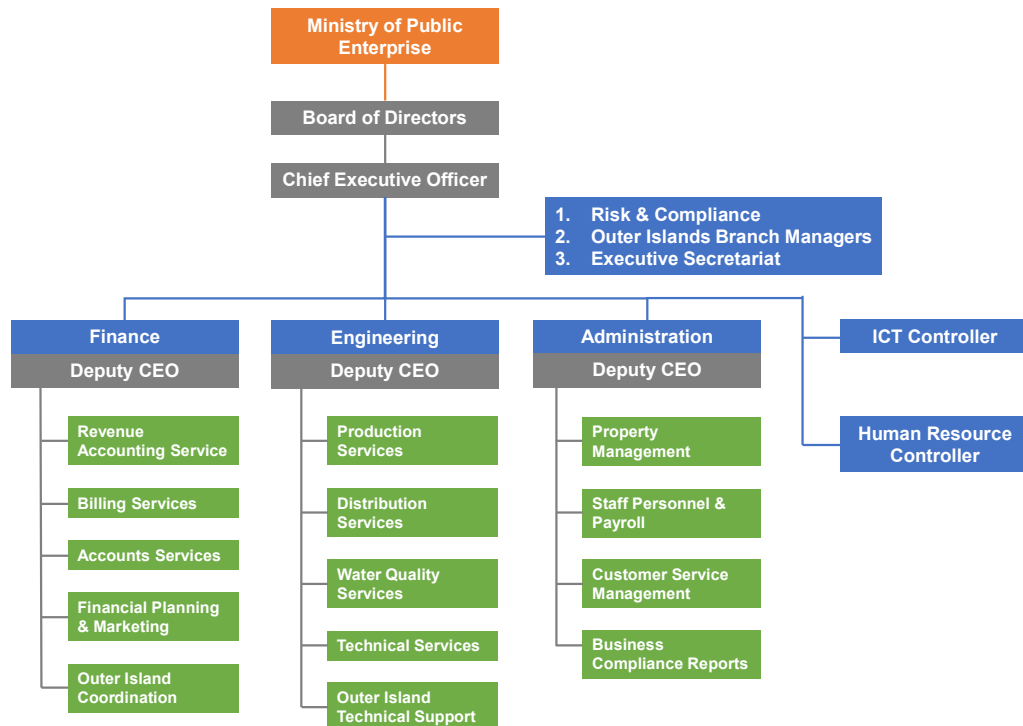


図 2.9 トンガ水道公社（TWB）の組織図

出典：TWB の資料を元に調査団が作成

表 2.11 TWB の職員構成

Descriptions	Number of Staff		
	Whole Staff	Proper	Daily
1. Nuku'alofa			
1.1 Corporate/ Admin Services	19	14	5
1.2 Finance Services	28	23	5
1.3 Engineering Services	22	20	2
2. Outer Islands			
2.1 Vava'u	17	14	3
2.2 Ha'apai	10	8	2
2.3 'Eua	12	6	6
Total	108	85	23

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

Our priority is to provide a reliable, safe and clean water supply twenty-four hours and seven days a week.
私たちの優先事項は、信頼性が高く、安全で清潔な水を 24 時間、週 7 日提供することである。

Mission

To achieve the maximum satisfaction of customers through the services we provide and in accordance with the Public Enterprise Act as amended in 2010.

2010 年に改正された公営企業法に基づき、提供するサービスを通じて顧客の最大の満足を達成する。

出典：TWB ホームページ

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

これまでの我が国のトンガ王国に対する援助実績（金額）を表 2.12 に示す。

表 2.12 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
2013 年度	—	2.86	2.35
2014 年度	—	5.53	3.16
2015 年度	—	17.37	2.15
2016 年度	—	15.94	3.52
2017 年度	—	24.80	2.31
累計	—	257.93	114.36

出典：外務省政府開発援助（ODA）国別データ集 2018

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

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 2.13 に示す。このうち、2015 年及び 2014 年の協力対象となった 5 つの村（バイマロ村、オバカ村、ハウラウフリ村、ホロンガ村、フェレトア村）はババウ諸島に属する。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 2.13 草の根・人間の安全保障無償案件

時期	案件名
2018 年 8 月 GA	トンガタブ島ラベンガトンガ村給水施設整備計画
2018 年 8 月 GA	トンガタブ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

時期	案件名
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	ブ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	ホロング村給水施設整備計画
2014年9月引渡	フェレ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：調査団調べ

(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 2.14 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：調査団調べ

(4) ノン・プロジェクト無償

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、トンガ王国の緊急事態管理庁（NEMO）に対し、下記の機材を供与している。

- 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)

(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。

表 2.15 緊急援助案件

時期	案件名
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 2.16 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 2.16 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 2.16 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

1997 年から 1999 年にかけて、EU は、ババウ島ネイアフの水道施設改善のために資金提供を行い、TWB は以下の水道施設の更新を実施した。

- 15 本の新設井戸と付随するポンプ
- 水源から配水池までの送水管 200mm×8.9 km
- uPVC パイプによる配水管の延長
- 1,000m³ の配水池
- 事務所と作業場の新設
- 塩素注入設備と水位伝送システム

その後、2003 年に TWB は、DANIDA (Danish International Development Agency) が特定のプロジェクトに対して、タイドの混合クレジットローンを用いて、資金提供する意思があることを通知された。ローンは FS (Feasibility Study) を実施することが条件であったため、スウェーデンの信託基金からの助成金を受けて FS が実施され、ババウ島におけるプロジェクトコンポーネントが特定された。

主なプロジェクトコンポーネントは、ババウ島において、Okoa と Utui の 2 つの村を TWB の配水管で接続し、TWB の給水区域に取り込むことと、ネイアフ市内に布設されているアスベスト管の更新であった。

2.6.2 対象案件に関する要請の有無・結果

上記の FS を踏まえて、2006 年に TWB はデンマーク政府に対して、ババウ島でのクレジットローンの要請を行ったが、TWB の財務状況が良好で無かったことから、プロジェクトの実施は見送られることとなった。

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

我が国と太平洋島嶼国との関係を強化する目的で、1997 年に初めて開催された太平洋・島サミット (PALM) では、「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」などの太平洋島嶼国が抱える困難を解決するため、3 年に一度、日本で太平洋島嶼地域の安定と繁栄を目指して首脳レベルで議論が行われている。

2018 年に開催された第 8 回太平洋・島サミット (PALM8) では、水供給に関連するインフラ整備関連の支援として下記首脳宣言が採択された。

- 強靱で、持続可能かつ自立的な社会の形成のために、島嶼国固有の脆弱性を踏まえた、気候変動、防災及び環境保全の取組の重要性を確認
- 主権及び平和的利用を尊重し、国際スタンダードに則った、開かれ、透明で、非排他的かつ

持続可能な形で、そして、主権及び平和的利用を尊重する質の高いインフラ整備の重要性の強調

- 安倍総理による、日本が PALM7 で約束した「550 億円以上の支援並びに 4,000 人の人材育成及び人的交流の実施」を達成した旨の表明

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。

(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無いが、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

TWB は、ADB や AusAID 等の支援を受けながら、これまで首都ヌクアロファがあるトンガタプ島の水道施設の更新や拡張に注力し、水道事業の運営を進めてきた。

2019 年 12 月に新たに 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、トンガタプ島内の主要な水道施設整備は完成した。

今後、TWB はトンガタプ島内の配水管の延長を実施するとともに、周辺離島における水道施設の再整備の実施にシフトしていく計画であり、将来的に第三国/国際機関の支援によりプロジェクトが実施される可能性がある。

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。

- 周辺離島部において、水道施設の老朽化による配水機能低下、水質低下が生じている。
- 配水機能低下については、特に既設老朽管からの漏水が、現在の高い無収水率に繋がっている。また、同時に必要以上の取水に繋がり、取水井戸の塩水化を進行させる恐れがある。
- 水質低下については、塩素消毒の未実施による腸チフス等の水系感染症の潜在的な発生リスクや既存アスベスト管による健康被害のリスクが存在する。
- 周辺離島部において、利用可能な水源水量が確保されず、24 時間給水ができていない地域が存在する。
- 資機材不足及び職員の経験・技術の不足のため維持管理が適切に行われていない。

水道事業が抱える問題点（国レベル）と対象案件との関係は、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
周辺離島部において、水道施設の老朽化による配水機能低下、水質低下が生じている。	水道施設の再整備
周辺離島部において、利用可能な水源水量が確保されず、24 時間給水ができていない地域が存在する。	新規水源の確保
資機材不足及び職員の経験・技術不足のため維持管理が適切に行われていない。	資機材の供与・ソフトコンポーネント

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については、前述の 2.1.4 節及び 2.1.5 節に整理している。

水道事業の問題点（対象地区）と対象案件との関係は、表 3.2 に示すとおりである。

表 3.2 問題点（対象地区）と対象案件との関係

分類	問題点	対象案件
水道全体	再整備に向けたマスタープランの見直し	適切な水需要予測に基づく水道整備計画の策定
水源	既存水源の塩水化	新規水源の確保
送配水施設	1) 既存施設の機能不全	水道施設の再整備
	2) 残存するアスベスト管と高い無収水率、	
	3) 村落地域における水道サービスの質の低さ	
維持管理	運転・維持管理資機材の不足	資機材の供与
財務	適正な水量管理や財務管理能力の欠如	ソフトコンポーネントの実施

出典：調査団作成

3.1.3 協力の範囲

日本側の協力範囲は、①本邦技術の活用を踏まえた安心・安全な水の安定的な供給を実現するための水道施設の再整備と②整備する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、現時点において表 3.3 を想定している。

表 3.3 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	2020 年度
日本政府による要請内容の評価	2020 年度～2021 年度
協力準備調査（基本設計）	2021 年度～2022 年度
詳細設計	2023 年度
案件実施	2024 年度～2025 年度

出典：調査団作成

3.2 案件の目的

3.2.1 短期的目的

新規水源の確保による水需要量の増加への対応、老朽化した既存施設の更新及び新たな水道施設の建設による効果的且つ効率的な水運用、アスベスト管の更新及び塩素注入設備の再整備による安心・安全な水道水の供給を実現することで、ババウ島の住民の生活環境の向上並びに衛生環境の改善を図ることを短期的目的とする。

3.2.2 中・長期的目的

水道施設の運転・維持管理体制を強化し、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り、以って施設機能維持のための投資財源を確保することで、健全な水道事業経営を実現し、将来における生活環境の向上、衛生環境の改善、加えて観光産業の発展を図ることを中・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・計画を踏まえ、本案件は、ババウ島において適切な水需要予測に基づく将来の水需要量を把握し、水道水源の妥当性、必要性を検討した上で、水道システムの再構築を図り、安全で安心できる水質で、安定的な水量を確保した水道水の配水に寄与するものである。表 3.4 に計画諸元を示す。

表 3.4 計画諸元

計画目標年次	2030 年
計画給水人口	8,200 人
計画一日最大給水量	2,730m ³ /日

出典：調査団作成

(2) 計画の概要

本案件は、上記目標を達成するために、新規取水井戸の建設、配水池の建設、新規送・配水管の整備、アスベスト管の更新を実施するとともに、運転・維持管理に必要な資機材の供与及び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 3.5 に示す。

表 3.5 計画の概要

分類	計画内容
施設建設	取水井戸の新設： 7 本（電磁流量計各井戸 1 個含む）
	自家発電設備： 100KVA 3 基
	配水池の新設： 1,000m ³
	送配水管の新設： 25km
	アスベスト管の更新： 4km
	塩素注入設備の導入： 2ヶ所
	電磁流量計の設置：（φ200～φ100）7 基
	流量モニタリングシステム 1 式
機材供与	小型淡水化装置：（250L/h×3 台）
	小型発電機 7.5KVA 3 基
	水質検査機器 1 式
	漏水探知機器 1 式
	建設機械等：（小型バックホー0.06m ³ 1 台、ピックアップトラック 1 台）
	水道給水メータ及び付属設備（600 個）、給水管（10m/水道メータ）
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
	水道事業の経営基盤強化に関する技術指導
	配管布設工事の施工監理及び漏水探知技術能力向上に関する技術指導

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) 適切な水需要予測に基づく水道施設整備計画

水需要の算定結果を表 3.6 及び図 3.1 に示す。計算は以下に示す条件で行った。

算定の結果、事業完了後の将来の給水区域における 2030 年時点の水需要量は約 **2,700m³/日**となり、この結果を元に以降の水道施設整備計画の検討を行った。

【算定条件】

- 2020 年現在の 10 年後である 2030 年を計画年として設定した。
- 事業完了後の将来の給水区域として、TWB の現在の給水区域+3 村 (Leimatua、Feletoa、Mataika) を対象に水需要量の算定を行った。
- 2016 年センサスによると、ババウ島における 1 世帯当たり人員は 5.00 人である。2019 年現在の TWB の給水戸数 1,240 戸を元に、現時点の給水人口を 1,240 戸×5.00 人/戸 = 6,200 人として設定した。
- 過去 20 年の傾向から、ババウ島の人口は今後 10 年間横ばいと想定した（詳細は 3.4.6 節を参照）。
- TWB の実績から 2019 年現在の水使用量原単位は 93 L/人/日程度と推定され、2030 年まで段階的に 120 L/人/日まで増加するものと想定した。
- 計画給水区域における水道接続率は 95%と想定した。
- 非家庭用水（業務・営業用水、工場用水、その他）の割合は、既往計画を参考に 28%と想定した。
- 無収水率は、本案件による水道整備により、直近の 41%から 30%程度まで改善されるものと想定した。
- トンガ王国における既往計画及び水道施設設計指針 2012（（社）日本水道協会）の「給水人口規模と負荷率」を参考に、計画負荷率は 71%（既往報告値：1.40 = 「最大生産水量」 / 「平均生産水量」 = 1 / 0.71）とした。

表 3.6 将来の水需要量の算定結果

	項目	単位	計算式	2018	2020	2025	2030	備考
(1)	給水戸数	戸		1,240	1,240	1,639	1,639	2025年に給水エリア拡張
(2)	給水人口	人		6,200	6,200	8,197	8,197	2025年に給水エリア拡張
(3)	水使用量原単位	L / (人・日)		93	100	110	120	段階的に120L/(人・日)まで増加と想定
(4)	水需要量	m ³ / 日	(5) / (1-0.28)	801	861	1,252	1,366	
(5)	家庭用水使用量	m ³ / 日	(2) x (3)	577	620	902	984	
(6)	非家庭用水使用量	m ³ / 日	(4) x 0.28	224	241	351	383	非家庭用水の割合は28%と想定
(7)	無収水率	%		41%	41%	35%	30%	漏水率は段階的に30%まで改善と想定
(8)	無収水量	m ³ / 日	(4) x (7)	557	598	674	585	
(9)	生産水量	m ³ / 日	(4) + (8)	1,357	1,460	1,927	1,952	
(10)	計画負荷率	%		71%	71%	71%	71%	計画負荷率は71%と想定
(11)	必要生産水量	m ³ / 日	(9) / (10)	1,900	2,043	2,697	2,732	

出典：調査団作成

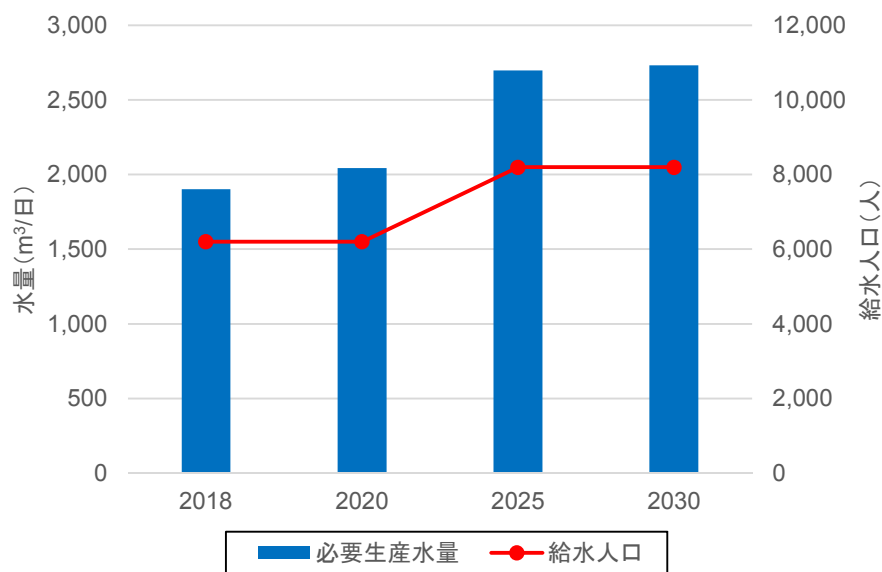


図 3.1 将来の水需要量の算定結果

出典：調査団作成

(2) 新規水源の確保

水源である淡水レンズの水量及び水質は、気象条件のみならず、地形条件、海面水位や水源地地表部の土地利用にも関係する。そのため、水源となりうる淡水レンズの潜在水量を想定し、新規水源位置を検討する。

「トンガ王国ババウ島およびリフカ島における淡水レンズ地下水塩水化の要因と課題」（石田ら、農耕技研報 217-2015）によれば、Neiafu 市内近傍の現 TWB 生産井戸群（図 3.2 の No.10 及び No.15）の地下水水質は、電気伝導度（EC）が高く、8m 及び 11m の水深で WHO のガイドライン値（EC: 150 mS/m）を超えている。

これは、現取水井戸群については、前述したように、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きたことによる 1 井あたりの揚水量が増加し、地下水位も低下してアップコーニングが生じ、塩水化が進行したものと考えられる。

一方、現水源から北に位置する井戸群（図 3.3 の No.18: Mataika 及び Prison）においては、地下水水深 13m を超えても、WHO のガイドライン値より低い値を示している。さらに、表 3.7 に示すように、Neiafu 市内から北方向に位置する井戸ほど EC 値が低くなっている。

これは、現水源から北に位置する地域（Prison を中心とした地域）は、塩水化が進行しておらず淡水レンズの厚さも厚いことから、新規水源の候補地として開発可能であると考えられる。



図 3.2 現水源井戸群

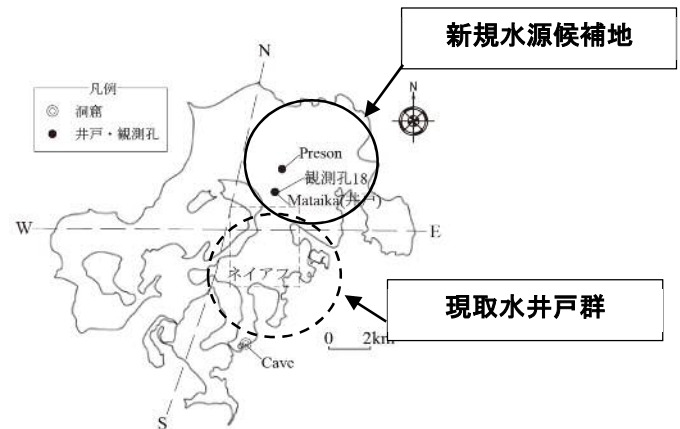


図 3.3 現水源から北に位置する新規水源候補地

出典：トンガ王国ババウ島およびリフカ島における淡水レンズ地下水塩水化の要因と課題

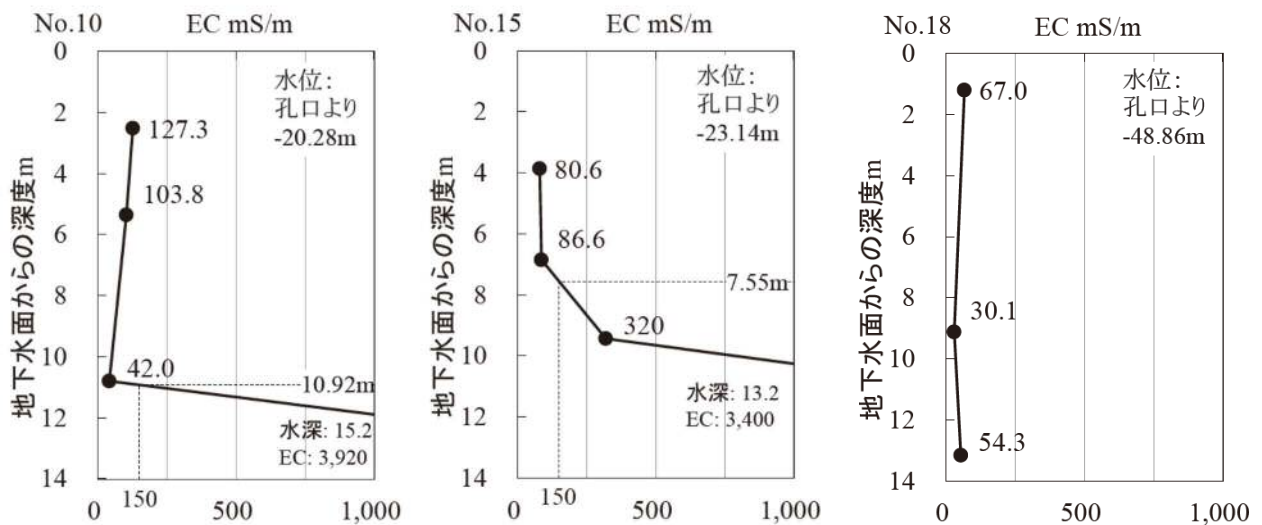


図 3.4 各井戸における深度毎の電気伝導度の変化

出典：トンガ王国ババウ島およびリフカ島における淡水レンズ地下水塩水化の要因と課題

表 3.7 井戸位置と塩水化の傾向

井戸	EC 値 (mS/m)	
	石田らによる測定値 (2015 年)	調査団による水質測定値 (2019 年 12 月)
現配水池 (現水源地)	-	190
現ワークショップ内掘抜き井戸 (現水源地)	-	158.0
10 (現水源地)	160	-
15 (現水源地)	121	-
19 (現水源地)	219	-
Prison (北部新規水源候補地)	59.8	60.3
Mataika (観測井戸 18)	88.2	-
新規配水池候補地 (Leimatua)	-	69.9

注) WHO ガイドライン値 (EC) : 150mS/m

出典 : 調査団作成

一方、新規水源の候補地については、上述したように、観測用井戸及び村落給水用の井戸において電気伝導度の測定は行われているが、水理地質的情報、淡水レンズ層の面的及び立体的情報及び複数の井戸による揚水の干渉による水位低下の影響等の情報については、本調査では入手できなかった。このため、協力準備調査において表 3.8 に示す水源調査を実施する。

表 3.8 協力準備調査における水源調査 (案)

検討項目	プロジェクト実施における必要要件	協力準備調査における調査内容
新規井戸位置 (試掘調査地点)	- 水道施設計画との整合 (新設配水池との位置関係、ポンプ能力及び管路延長等) - 井戸建設にかかる恒久的な土地の占有に支障がないこと - 井戸施工に必要な作業スペース及び工事車両が安全にアクセスできるルートが確保できること - ババウ島住民の理解が得られること - 井戸建設後の管理責任について TWB を含む関係機関 (MLNR 等) 間に合意が得られること - 井戸周辺環境が汚水等の流入により汚染されていないこと	- 新規水源周辺部での現地踏査 - 関係機関からの聞き取り - 新規水源候補地 (刑務所近傍) 周辺部の住宅や汚水を排出する恐れのある施設等 (養豚場等) の立地環境
水理地質情報	- 帯水層範囲 - 帯水層深度	新規水源候補地である刑務所近傍は、地層の著しい変化はないと考えられるため、垂直電気探査 (比抵抗探査) を実施し、探査結果及び周辺の既設深井戸等に関する既往の情報を総合的に分析し、帯水層の範囲及び深度を決定する。
試掘井戸による揚水の影響、透水性	- 帯水層能力 - 井戸効率 - 透水性 (透水係数) - 水源貯留能力 - 複数の取水井戸揚水の干渉による地下水位変動の有無 - 井戸の適正揚水量	試掘地点における揚水試験及びボーリングを実施する。

地下水水質	• 水道水源としての適正 • 塩水化の程度 • 水源汚染の有無 • 既存取水井戸を利用した小型淡水化装置の適性（ファウリング等への影響）	• 井戸毎の水質検査の実施 • 水質結果と WHO 水質ガイドラインとの比較検証（電気伝導度） • 既存取水井戸のファウリングに影響を及ぼす水質項目測定（硬度、カルシウム分、有機物、鉄分、マンガン等）
水源としての季節変動による影響	• 季節変動に伴う取水に影響を与えない淡水層深さ • 限界揚水量	乾季及び雨季における地下水位、地下水質及び淡水層水位の測定

出典：調査団作成

取水井戸の本数は、1本当たりの取水限界量を 5 L/秒=432m³/日とし、432m³/日×7本=3,024m³/日≥2,700m³/日（※必要生産水量）として、7本を想定する。

なお、各取水井戸については、それぞれに流量計を設置する（7ヶ所）。

(3) 水道施設の再整備

中長期的財政収支に基づき施設の更新等を計画的に実行し、持続可能な水道を実現していくためには、長期的な視点に立ち水道施設のライフサイクル全体にわたって効果・効率的に水道施設を管理運営することが必要不可欠である。

ババウ島の水道施設においても、1900 年代後半に整備された施設の多くが耐用年数を迎え、老朽化に伴う更新需要が増大している。前述した (1) に示すように適切な水需要予測に基づき、ババウ島における水道施設の再整備を図る。

図 3.5 に水道施設の再整備の全体計画を図 3.6 に施設再整備後の水道システムのフローを示す。ババウ島北部に新規水源を設け、標高の高い丘陵地に配水池を建設し、そこから拡張後の給水区域に対して自然流下にて配水を行う。加えて、現在の給水区域に対しては、新設配水池から既設配水池に自然流下で一旦送水し、既設配水池から自然流下で配水を行う計画とした。

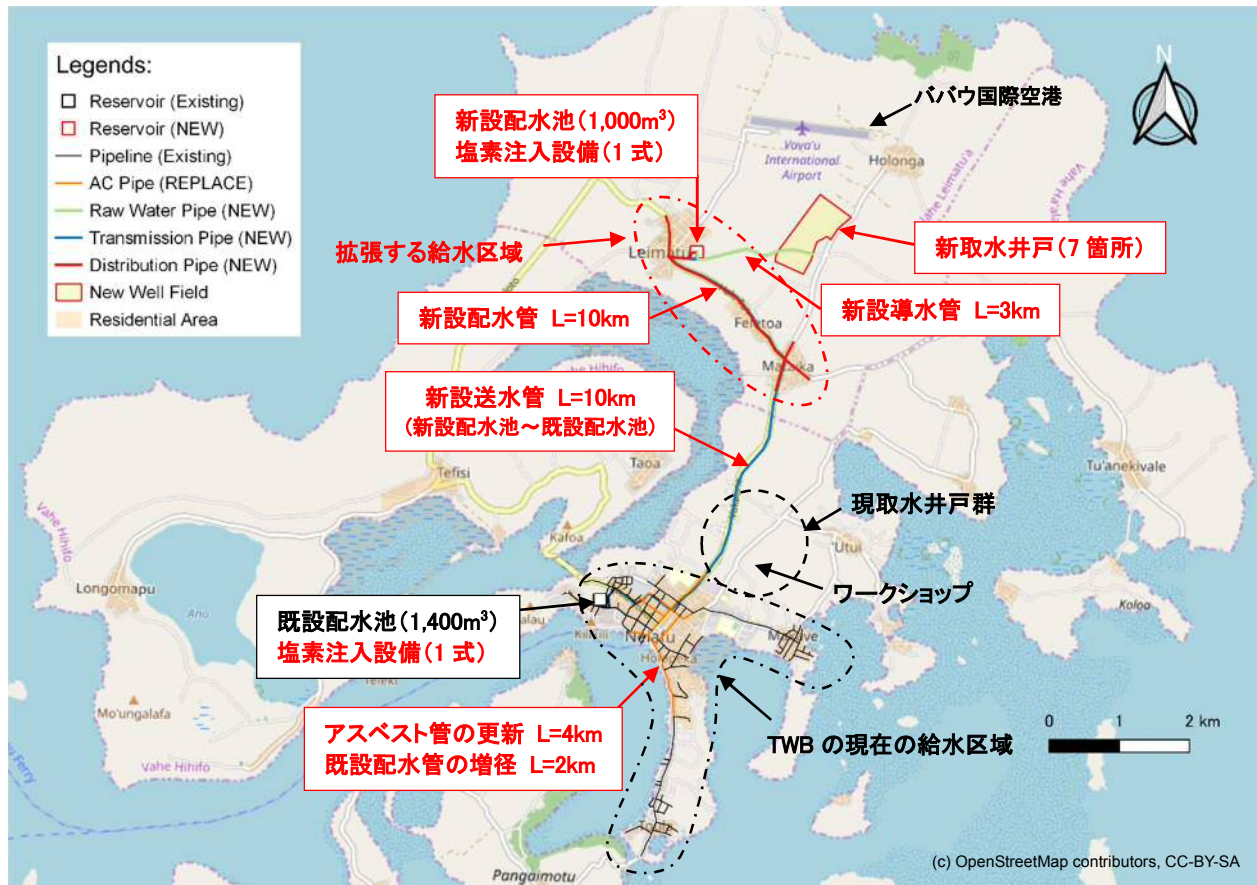


図 3.5 水道施設再整備の全体計画

出典 調査団作成

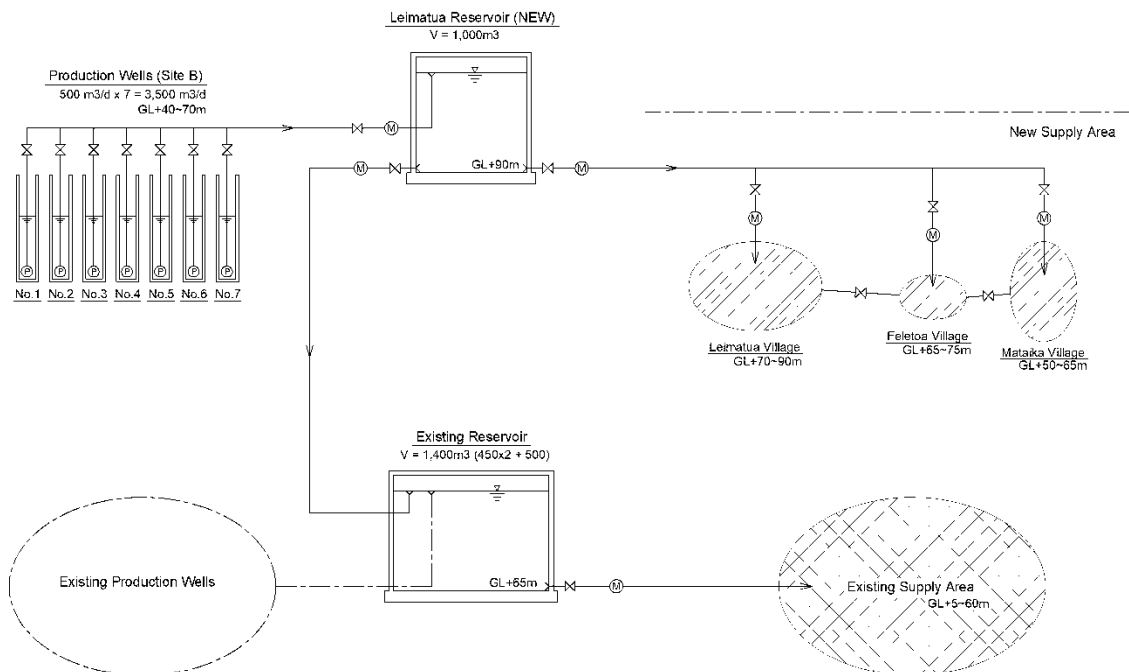


図 3.6 施設再整備後の水道システムのフロー

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、拡張後の将来の給水区域における水需要量の約 2,700m³/日の 9 時間分の 1,000m³ に設定する。現行の水道施設設計指針 2012 では、配水池容量について計画一日最大給水量の 12 時間分を確保するとあるが、ババウ島の現在の水道事情を考慮するとやや過大であるため、旧指針の 8~10 時間分で現地のニーズを充足すると判断し、中間値である 9 時間分として設定した。候補用地の詳細については 3.4.1 節に後述する。

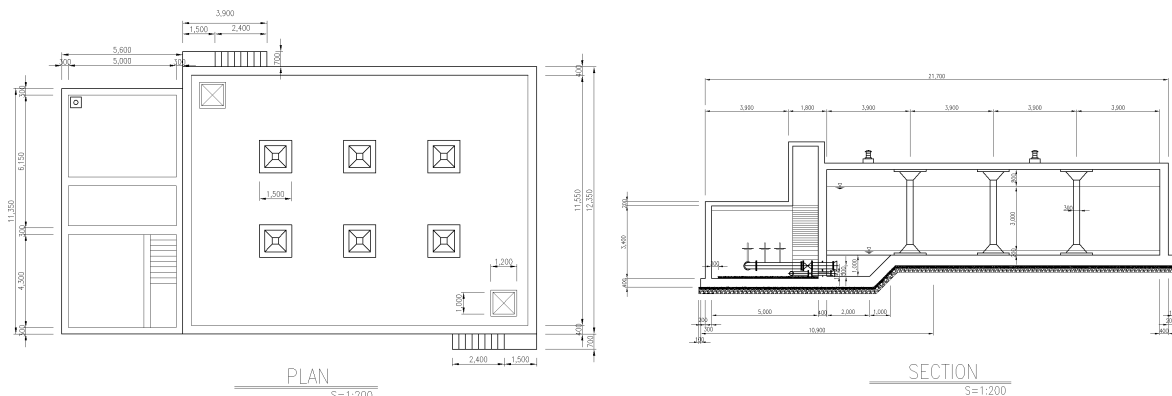


図 3.7 配水池計画図 (1,000m³)

出典：調査団作成

2) 新設導・送・配水管の整備

新規取水井戸群から新設配水池への導水管（約 3km）、新設配水池から既設配水池への送水管（約 10km）、新たに給水区域に取り込む 3 村の配水本管・支管（約 10km）を対象に合計 23km の配管を布設する。なお、給水拡張区域の 3 村については、配水流量管理の向上のため DMA（District Metered Area）の構築を検討する。

3) アスベスト管の更新及び既存配水管の増径

ネイアフ市内の配水本管に残存するアスベスト管（約 4km）を全面的に更新する。また、現在の給水区域の末端部の配水本管（約 2km）について、布設替えによる増径を行い、水压不足を解消する。

4) 塩素注入設備の導入

新設・既設配水池の出口側に塩素注入設備（2ヶ所）を導入する。ババウ島では過去の援助で塩素ガス注入設備が導入されているが、塩素ガスの調達が困難との理由から使用されていない。

そのため、現在、トンガタブ島で稼働している次亜塩素酸ナトリウムによる消毒を念頭に、協力準備調査にて薬品の調達容易性について確認の上、塩素注入設備の導入について検討する。

5) 配水流量管理システムの導入

電磁流量計および配水流量の管理のための PC 及び周辺機器を導入し、日常業務における配水流量の管理及びデータ活用のためのベースを構築する。

新規取水井戸の流量計 7ヶ所に加えて、電磁流量計を新設配水池の流入部 1ヶ所、流出部 2ヶ所（送水管および配水本管）、既設配水池の流出部 1ヶ所、給水拡張区域の 3 村の各 DMA の流入部 3ヶ所の計 7ヶ所に設置する。各流量計から遠隔でデータ送信を行い、ワークショップに設置する PC 及び周辺機器によりオフサイトで配水流量を管理できるシステムを構築する。

6) 自家発電設備の設置

基本的に新規取水井戸は電動ポンプとするが、自然災害の多いトンガ王国においてはサイクロンなどの有事の停電が想定されるため、防災対策の一貫として、自家発電設備を導入することで被災時にも水供給が可能な柔軟な水道システムの構築を目指す。

(4) 運転・維持管理のための機材供与

1) 小型淡水化装置

トンガ王国ではサイクロンなどの自然災害の頻発や近年は気候変動という新たな脅威にさらされている。とりわけ、離島部においては、自然災害や気候変動に対して脆弱性を抱えており、被災時に飲料水を確保することは容易では無く、場合によっては、被害が数日間から数週間におよぶことが懸念される。

そのため、被災時の短期的な飲料水確保の手段として、本案件において可搬式の小型淡水化装置を供与する。装置の規模としては、造水量 250L/h×100kg×3 台を想定し、合わせて動力源となる小型発電機についても供与を行う。



(公財)東京都中小企業振興公社 マーケットサポート事業支援対象製品

図 3.8 小型淡水化装置のイメージ

出典：メーカーホームページ

2) 水質検査機器

TWB ババウ支所では水質検査機器を有さないため、トンガタブ島にサンプリング水を定期便で空輸し、水質検査結果をメールで送ってもらう体制を取っている。実際には毎日測定する必要がある水質項目についても検査機器を所有していない状況であるため、必要な水質検査機器を本案件で供与する。

3) 漏水探知機器

トンガ王国では取水可能な水量が限られているにもかかわらず、TWB による水道供給事業ではその 40～50%が無収水となっている。限りある水資源の効率的な活用と保全是、安定した水道経営に不可欠であり、無収水対策は水道経営の独立採算を推進するための開発途上国における共通の課題となっている。本案件では、効果・効率的な無収水対策を実施するため、漏水探知機器を供与し、ソフトコンポーネントにより機器を用いた漏水探知手法を指導する計画とする。

4) 建設機械等

TWB としては、将来的にババウ島内の村落給水エリアを給水区域に取り込み、24 時間給水の実現を目指したい意向である。本案件に含まれない給水区域の拡張については、配水管の布設など、TWB が独自の予算で実施する必要がある。そのため、本案件で小型バックホー、ピックアップトラック等の建設機械を供与し、その実行を支援する計画とする。

5) 給水管及び給水メータ

本案件において、TWB の給水区域に新たに取り込む 3 村について、1 村あたり 200 個の給水メータ（3 村×200 個＝600 個）を供与する。また、給水メータの供与と合わせて、分水栓、止水栓、メータボックスなどの付属設備と 1 メータにつき、10m の給水管（GI 管）を供与する。（600 個×10m＝6,000m）

(5) 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

「ババウ島給水施設改善計画」は、塩水化した取水井戸の更新、既存水道施設の老朽化及び給水能力不足に起因する不安定な給水状況を改善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 については、①運転・維持管理に関する知識や経験が十分でなく、②本案件実施により既存水道施設に比べ事業規模が増大し、より効率的な事業運営が必要になる、③配管布設工事について品質管理を改善する必要がある、と考えられることから、プロジェクトの円滑な立ち上がりを支援し、協力成果の持続性を確保する観点からソフトコンポーネントの実施を計画する。

計画策定にあたっては、上記観点から、表 3.9 に示す 3 項目をソフトコンポーネントの対象とする。

表 3.9 ソフトコンポーネントの対象業務

対象業務	業務の目的
1. 水道施設の運転・維持管理に関する技術指導	取水施設から各戸給水施設までの水道システム全体に対する効率的な施設運用能力の強化
2. 水道事業の経営基盤強化に関する技術指導	料金請求・徴収及び会計業務の徹底、また顧客管理・顧客サービスの充実を通じた経営能力の強化
3. 配管布設工事の施工監理能力向上に関する技術指導	配管布設工事の品質確保ならびに漏水探知技術の強化

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、給水事業の使命である、「TWB が、健全な経営基盤の基に施設を適切に運転・維持管理し、受益者である住民に対して安全な水を安定的に供給できる」状態が達成されることを、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・維持管理する能力を修得する。また供与する小規模淡水化装置の操作方法を習得する。

② 水道事業の経営基盤強化に関する指導

TWB の担当職員が、財務管理（予算管理、原価分析）、業務管理及び顧客管理・顧客サービス等、水道事業経営に必要な知識を修得し、水道料金の請求・徴収、会計事務を確実に実施する能力を修得する。また、受益者である住民に対し、水道事業について十分な情報を提供し、住民の衛生意識を向上させるための広報/啓発活動に関する手法を習得する。

③ 配管布設工事の施工監理能力向上に関する技術指導

TWB の担当職員が、配管布設における施工監理の重要性を理解し、施工品質の向上を図るための適切な施工監理に関する能力を習得する。また、供与する漏水探知機を用いて、漏水探知手法を習得する。

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は表 3.10 に示すとおりである。

表 3.10 専門家派遣のスケジュール

[illegible]

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. 再整備に向けた計画策定 3. 水道料金の見直し支援 4. ソフトコンポーネント計画策定
②水源計画	1. 再整備に向けた計画策定 2. 新規水源及び既存水源の評価 3. 地下水調査（物理探査及び揚水試験による帯水層調査、透水性の把握及び地下水位低下の程度） 4. 涵養量の再評価 5. 防災対策としての小規模淡水化装置の導入
③配水施設計画・維持管理	1. 再整備に向けた計画策定 2. 新規配水施設の検討 3. 既存配水施設の有効利用検討 4. 配水施設の維持管理方法の指導 5. アセットマネジメントの概念指導 6. 施設更新計画手順の指導
④管路計画・維持管理	1. 再整備に向けた計画策定 2. アスベスト管の更新検討 3. 水道管路計画（導・送・配） 4. 管路施設の維持管理方法の指導 5. 量水器設置方法の指導 6. 安全対策指導
⑤環境社会配慮	1. 再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 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よる新たな料金システム導入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. 再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. モニタリングシステムの検討
⑧積算/入札	1. 再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. 入札図書作成
⑨経営管理	1. 水道事業運営状況の調査 2. 水道料金の見直し支援 3. 水道事業経営の技術指導
⑩漏水探知技術	1. 漏水探査技術指導 2. 供与機材の使用法指導 3. 無収水削減のための基礎知識教育
⑪水質管理	1. 水質管理技術指導 2. 供与機材の使用法指導 3. データ活用方法の指導

出典：調査団作成

(2) 資機材供与等

- 小型淡水化装置・小型発電機の機材供与
- 水質検査機器の機材供与
- 漏水探知機器の機材供与
- 建設機械の機材供与
- 給水メータ及び付属設備、給水管の機材供与

3.3.4 概算事業費

プロジェクト型無償資金協力事業及、資機材供与びソフトコンポーネントとして概算事業費は、約 7.0 億円が見込まれる。表 3.11 に見込まれる費用の内訳を示す。

表 3.11 概算事業費の内訳

(単位：1,000 円)

分類	計画内容	金額
施設建設	取水井戸の新設：7 本（電磁流量計各井戸 1 個含む） 自家発電設備：100KVA 3 基 配水池の新設：1,000m ³ 送配水管の新設：25km アスベスト管の更新：4km 塩素注入設備の導入：2 ヶ所 電磁流量計の設置：（φ200～φ100）7 基 流量モニタリングシステム 1 式	570,000
機材供与	小型淡水化装置：（250L/h×3 台） 小型発電機：7.5KVA 3 基 水質検査機器 1 式 漏水探知機器 1 式 建設機械等：（小型バックホー0.06m ³ 1 台、ピックアップトラック 1 台） 水道給水メータ及び付属設備（600 個）、給水管（10m/水道メータ）	41,000
ソフトコンポーネント	水道施設の運転・維持管理 水道事業の経営基盤強化 配管布設工事の施工監理及び漏水探知技術能力向上	21,000
コンサルタント料	詳細設計/施工監理	61,000
合計		693,000

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) 用地の確保

本案件においては、以下の水道施設の用地確保が必要であり、図 3.9 に示す場所が現時点での

候補用地となっている。

1. 新規配水池の建設用地
2. 新規取水井戸の建設用地

トンガ王国の国土は、王族の保有する王族地（Royal Land）、貴族が保有する貴族地（Noble Estates）、政府によって管理される政府地（Government Land）の3つに分類される。このうち、新規配水池の候補用地は貴族地であることを現地調査時に確認している。

一方で、新規取水井戸の用地については広範囲に渡ることから、その土地区分については協力準備調査で明確にする必要がある。なお、用地取得に関して、今回の現地調査時に TWB の Quddus 氏（Deputy CEO (Engineering)）同行のもと、ババウ島の知事に面会し、協力依頼を行った。帰国後、TWB のフォローにより本案件に係る政府地の取得に関して知事の公認文書を取付けた（写真 3.1）。

王族地・貴族地については政府地に比べて用地取得の難易度が高いことが想定されるため、TWB 及び MLNR に協力を要請するとともに、事業の妨げとならないよう、用地取得に係るプロセスとスケジュールについての詳細な調査が必須となる。



図 3.9 プロジェクトサイトの位置

出典：調査団作成



写真 3.1 政府地の取得に係る知事の公認文書

(2) 土地利用

土地利用に関しては、MLNR が管轄している。同省は TWB および村落給水の井戸の管理も担っている。

1) 新規配水池の建設候補地

配水池の候補用地の位置および状況写真を図 3.10 に示す。Leimatua 村の市民会館の前面に位置し、現在はグラウンドとして利用されている貴族地 (Noble Estates) である。敷地は 80m×100m 程度あり、容量 1,000m³ 程度の配水池 (例: 10m×15m×3.5m×2 池=1,050m³) であれば十分に建設可能である。また、標高 90m 程度の丘陵地であることから、TWB の現在の給水区域であるネイアフ周辺に対しても、自然流下により十分な水压を保って配水可能である (図 3.11)。



出典：GoogleMap に加工して作成

図 3.10 配水池の候補用地の位置 (左) および状況 (右)



図 3.11 Leimatua～Neiafu の高度プロファイル

出典：Google Earth に加工して作成

2) 新規取水井戸の候補地

新規取水井戸の候補地は、図 3.12 に示す Mataika と Holonga の中間に位置する Prison (刑務所) の周辺となる。周辺地域には島民の住居も少なく、し尿や生活排水による水源汚染のリスクは低いと水源保全の観点からも好ましい。また、現在、刑務所の敷地内に井戸が設置されているが、石田ら (2015) の調査により、同井戸の水質が良好であること、また淡水レンズが現取水井戸群の位置する南部に比べて厚いことが確認されている。

なお、標高は 40～50m 程度のため、揚水ポンプにより新規配水池に導水する必要がある。



図 3.12 取水井戸の候補用地の位置（左）および周辺の刑務所敷地の様子（右）

出典：Google Earth に加工して作成

3) 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。

ババウ島の道路状況を写真 3.2 に示す。ババウ空港からネイアフに向かう主要道路はコンクリート舗装となっており、郊外の道路は珊瑚礁石灰岩（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。島全体で交通量は少なく、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。



写真 3.2 ババウ島の道路状況（左：Co 舗装、右：珊瑚石灰岩骨材の Co 舗装）

(3) 汚染源となり得る施設

ババウ島の水道は井戸を取水源としているため、井戸周辺部の人間活動が水源汚染の要因となり得ることから、新規取水井戸の位置は、生活雑排水および農業エリアを考慮し、水源保全の観点から決定する必要がある。特にババウ島では、豚の放し飼いが日常的に行われており、糞便汚染に留意する必要がある。また、既存取水井戸の一部ではポンプの動力にディーゼルエンジン

が用いられており、オイルの地中への浸透による取水井戸の汚染が懸念されている。その他、既存の老朽管の漏水部からの汚水浸入による水道水の汚染等が考えられる。

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。ババウ島、ハアパイ島、トンガタブ島を結ぶ一連の島々の火山活動は不活発であるが、これより西部には比較的若く活動的な火山弧（Tofua Arc）が連なる。

ババウ島は全体的に南方向及び南東方向に傾斜しており、北海岸は切り立った海食崖が続く一方で、南海岸は不規則な溺れ谷を形成している。地質は海食崖の最下位に分布する鮮新世以降の石灰岩、これを覆う珊瑚起源の石灰岩、石灰藻を起源とする石灰岩から成る。これらを Tofua Arc を起源とする細粒の火山灰起源の赤褐色土が覆っており、その層厚は 10m 未満程度となっている。島の基盤は火山岩であると考えられているが露出してはいない。

表層の石灰岩は透水性が高く、降水は速やかに地下に浸透するため、川や湖などの表流水は殆ど存在しない。このため、降水によって涵養され最下層の塩水とバランスし、透水係数の高い石灰岩の中に包蔵される地下水淡水レンズが主要な水源となっている。

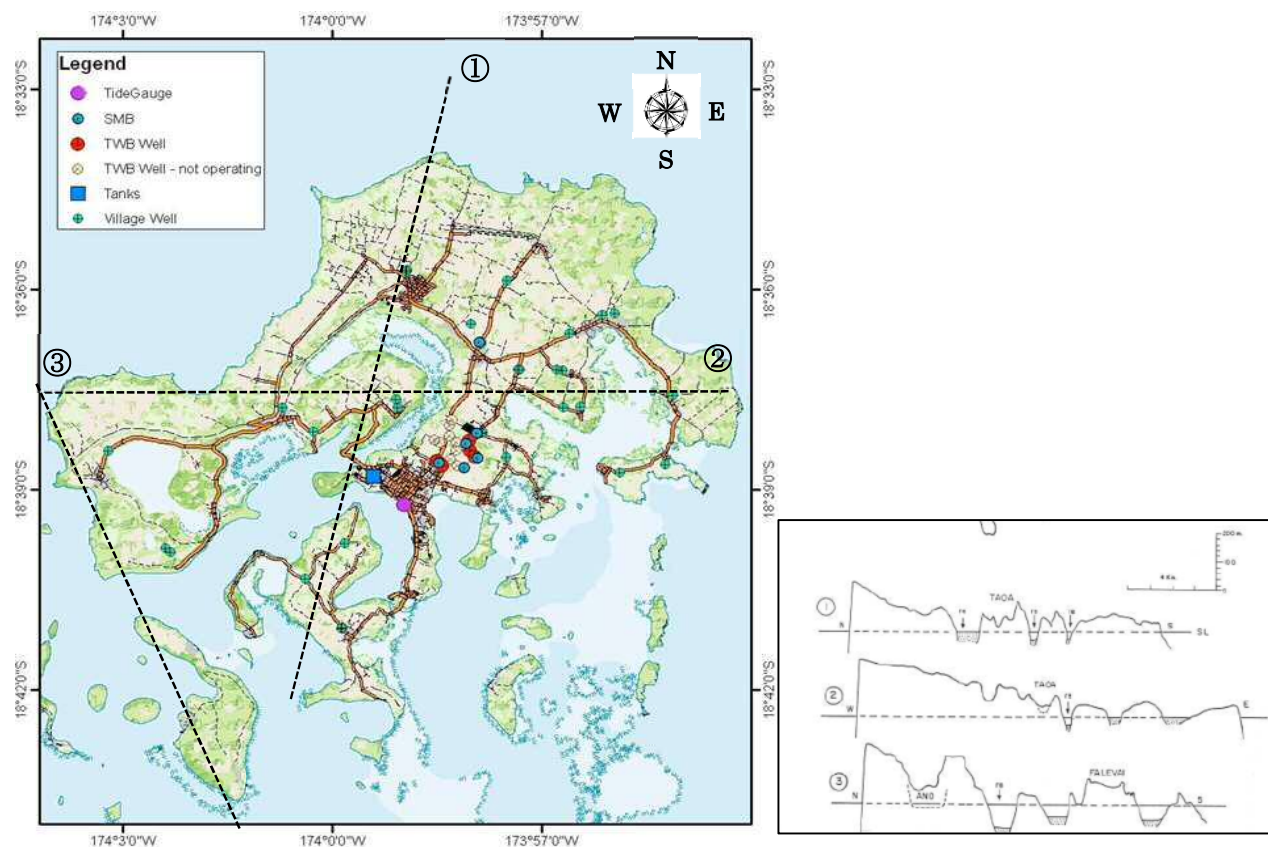


図 3.13 ババウ島平面図・地形断面図

出典：TWB 提供の報告書に調査団加筆

(2) 気象

1) 気温

トンガ王国の気候は、湿潤性の亜熱帯性気候に分類される。年間の平均気温は 23～28℃で、湿度は約 75%である。年間平均気温は北部で 27℃、南部で 24℃と緯度によってもやや異なる。

表 3.12 及び図 3.14 に示すとおり、過去 30 年（1981-2010 年）におけるババウ島の最高気温は 30℃前後、最低気温は 20℃前後で推移しており、2 月が最も気温が高く、7～8 月に最も気温が低くなる。1979 年 2 月 11 日にババウ島でトンガ王国の過去最高気温の 35℃が記録されている。

2) 降雨量

トンガ王国は 11 月から 4 月が雨季、5 月から 10 月が乾季に分類され、1 年間の降雨量のうち 60～70%が雨季に生じる。トンガ王国の降雨は主にサイクロンと南太平洋収束帯（SPCZ）の移動によって生じる。

ババウ島をはじめ北部の島々は SPCZ の影響を受けやすく、最北部では年間 2500 mm 程度の降雨が生じる。一方、南部の島々の年間降水量は 1700 mm 程度である。表 3.12 及び図 3.14 に示すとおり、過去 30 年（1981-2010 年）において、ババウ島では雨の多い月は 3 月で 270mm 程度、少ない月は 7 月と 8 月で 80～90mm 程度となっている。

降雨量の変動要因は 2 つあり、1 つはサイクロンで雨季の降雨量が通常より多くなることがある。2 つ目はエル・ニーニョ現象で、特にトンガ中部と南部で長期の干ばつを引き起こす要因となることがある。

表 3.12 ババウ島の気候特性

Month	Mean Temperature(°C)		Mean Total Rainfall (mm)	Mean Number of Rain Days (>0.1mm)
	Daily Max.	Daily Min.		
January	30.1	23.4	244.4	19
February	30.4	23.5	234.7	19
March	30.3	23.4	270.8	20
April	29.4	23.0	265.6	17
May	28.1	21.6	173.4	15
June	26.9	20.8	139.9	14
July	26.4	19.6	93.5	14
August	26.4	19.8	79.5	13
September	26.9	20.5	145.9	13
October	27.6	21.1	141.8	13
November	28.8	22.2	141.6	13
December	29.4	23.1	244.0	16

出典：Climatological Information-Lupepau'u Airport (Vava'u) based on monthly averages for the 30-year period 1981-2010, Tonga Meteorological Service

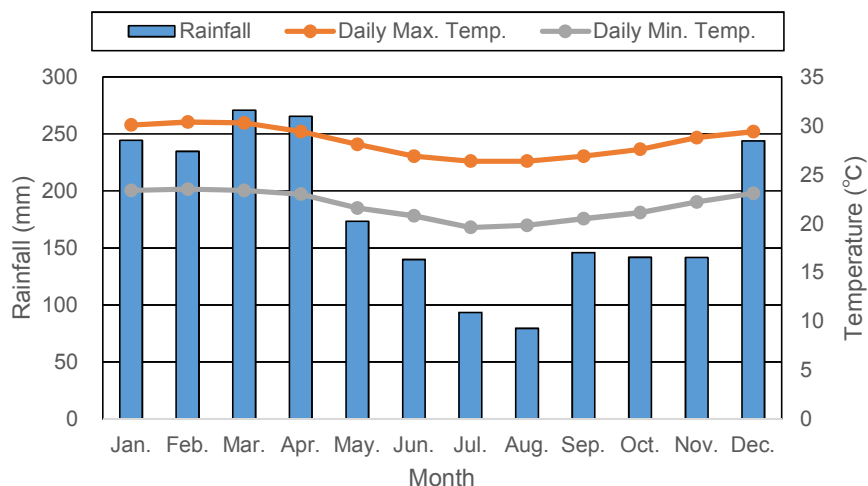


図 3.14 ババウ島の気候特性

出典：調査団作成

図 3.15 は、過去 40 年間におけるババウ島の年間降雨量の推移を示したものであるが、1982、1991～1992 年、1998 年及び 2009～2010 年にエル・ニーニョ現象が発生し降雨量が極端に減少しており、1998 年には 1131.9mm の最少降雨量を記録している。

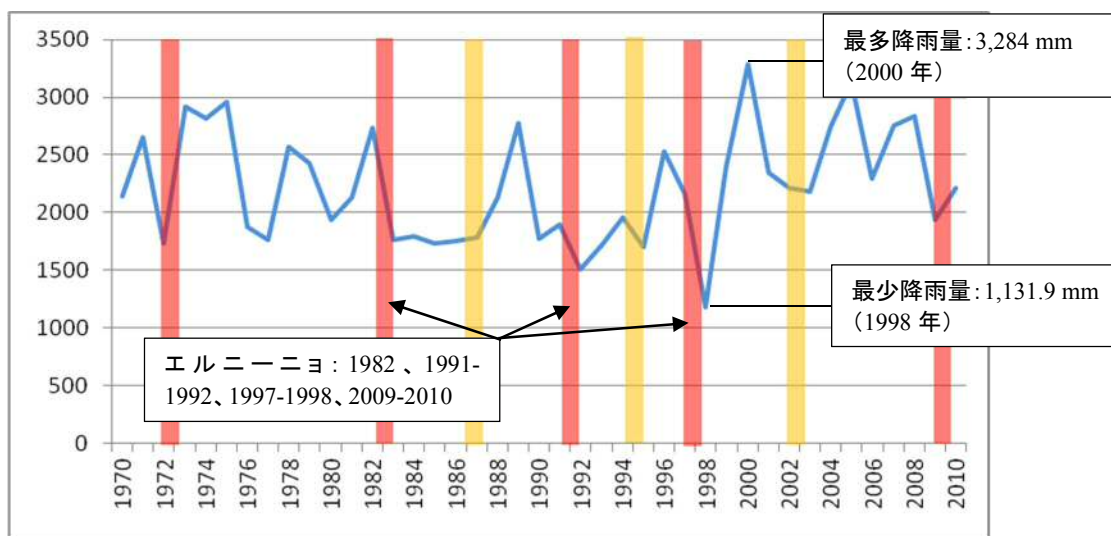


図 3.15 エル・ニーニョの発生と年間降水量の関係

出典："Neiafu Groundwater Resources Assessment and Sustainable Management Report", Nicola Fry, and Tony Falkland, December 2011

(3) 地下水涵養

1) ババウ島における水理地質

ババウ島の主要水源である淡水レンズは、火山岩を基盤とし、その上部を珊瑚起源の透水性の高い石灰岩からなる地質構造で形成される塩分濃度の低い淡水の帯水層である。既往の文献では、こうしたババウ島の地質構造に対して、透水係数、透水量係数及び比湧出量等の水理地質情報については関連調査も実施されておらず入手できなかった。

2) ババウ島における地下水涵養特性

ババウ島のような島嶼部の地下水涵養特性としては、淡水レンズの表層部が地下水位となるが、淡水層及び汽水域である遷移層の層厚については、下記に示される様々な要因により影響を受ける。

- 降水量及び降水分布
- 蒸発散量に影響を与える地表部の植生及び土壌特性
- 涵養量に影響を与える島嶼の大きさ
- 対象である島嶼部の地質特性である透水係数、空隙率や空洞の存在
- 潮位
- 揚水方法及び揚水量

ババウ島における地下水涵養量は、文献（”Neiafu Groundwater Resources Assessment and Sustainable Management Report”, Nicola Fry, and Tony Falkland, December 2011）により、過去の降水量、Penman 式により求められる蒸発散量及び土壌中の蒸発散量を用いた水収支計算により検討された。1947～2011 年の 65 年間の月間降雨量に対して、月間降雨量に対する求められた涵養量の比率は 0.0 から 0.57、平均で 0.37 となり、地下水涵養は降水量の平均で約 37% となっている。

エル・ニーニョ現象が発生した年とされる 1998 年は、降水量が平年に比べ 1,132mm と極端に少なく涵養量も 0mm となっている。月間涵養量がゼロの期間については、1951 年 10 月から 1953 年 3 月の 17 ヶ月間、最も長く涵養量ゼロの期間が続いたことが分析された。

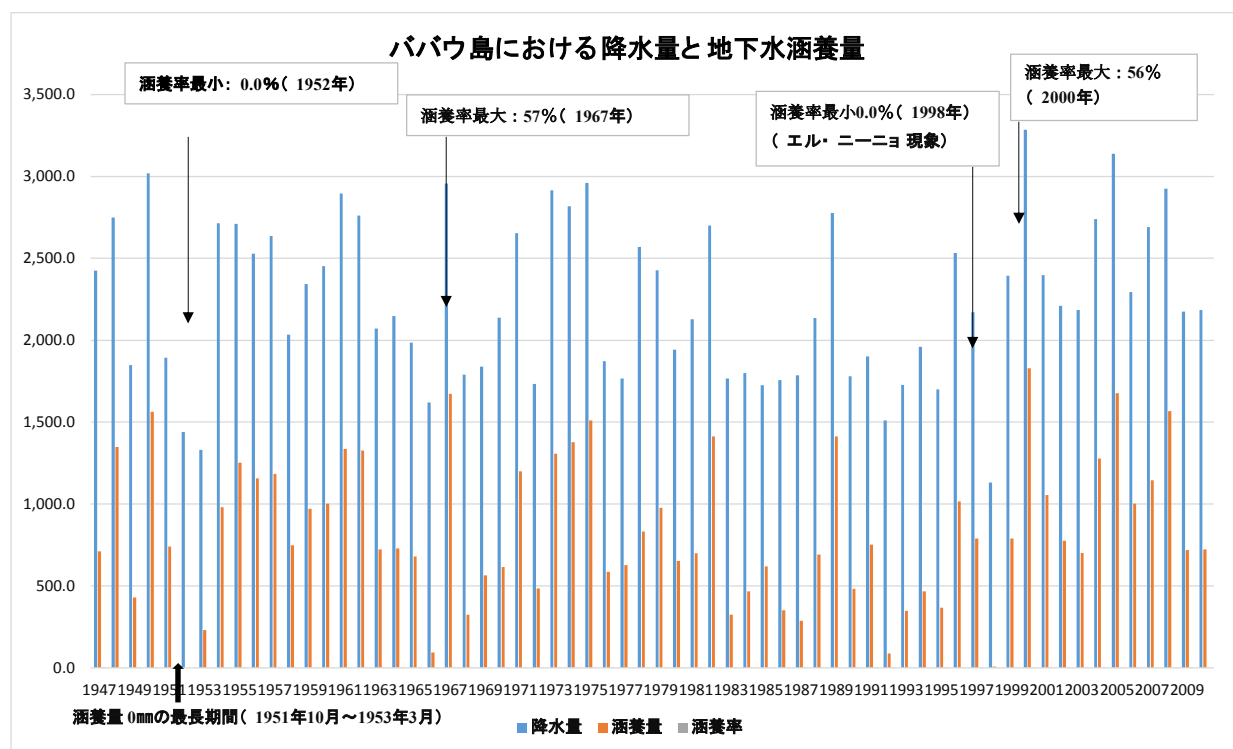


図 3.16 ババウ島における降水量と地下水涵養量の過去における経年変化

出典 ” Neiafu Groundwater Resources Assessment and Sustainable Management Report, Nicola Fry, and Tony Falkland, December 2011” を基に調査団作成

(4) 揚水量

1) 持続可能な揚水量

持続可能な揚水量とは、長期的な帯水層の枯渇や環境への悪影響をもたらすことなく、旱魃季も含め連続して揚水可能な量と定義される。本案件で問題となっている島嶼地域での淡水レンズの場合、持続可能な揚水量が平均涵養量に近い大陸の内陸部の帯水層の状況と異なり、帯水層である淡水レンズに包蔵される地下水は、淡水層下部の塩水層の水量を減ずる必要があり、揚水量は涵養量より低く抑えられる必要がある。

Falkland によれば（1992 年）、ババウ島のように比較的降雨量の多い地域では、持続的に揚水可能な揚水量は涵養量の 30～40%、即ち、降水量 11～15% という調査結果が得られており、年間平均降水量が 2,250mm のババウ島の場合、248mm/年～338mm/年という結果が得られ、安全を考慮し、248mm/年が持続的に取水できる揚水量と推定される。

新規水源候補地の淡水レンズの範囲に対する日あたりの持続可能な揚水量については、表 3.13 に示すとおりである。

なお、淡水レンズの範囲及び深度の詳細情報については、協力準備調査で物理調査（比抵抗探査等）、揚水試験及び地下水の水質調査等を実施し、特定する必要がある。

表 3.13 想定される持続可能な揚水量

淡水レンズ範囲 (km ²)	年間降雨量 (mm/年)	降雨量に対する揚水量 の比率 (%)	想定される持続可能な揚水量 (m ³ /日)
5	2,250	11	3,390
6	2,250	11	4,068
7	2,250	11	4,747

出典：調査団作成

2) 長期的な水源の問題

本案件による最大給水量は、約 2,700m³/日と持続可能な揚水量約 3,000m³/日より下回っており、新規水源の開発により長期的には安定した水供給が期待できると考えられる。

一方で、涵養域の限界、自然条件、揚水方法・揚水パターンにより影響を受け易いという脆弱な淡水レンズの特性上、長期的にはにはその淡水域が縮小するリスクも考えられるため、将来的には、雨水の効率的な利用、海水の淡水化等により複数の水源オプションの検討も必要である。

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。

またJICAは、大洋州において、観光が主幹産業となるポテンシャルを有しながらも、観光インフラの整備が進まず、観光産業が発展しないという状況を打開するため、観光開発及びその関連産業の持続可能な発展に資する協力の方向性を検討する情報収集調査を開始するなど、今後、ババウ島の観光開発が一層、加速することが期待される。

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いる。

日本政府としては、2015年に開催された「第7回太平洋・島サミット（PALM7）」において、大洋州島嶼国において再生可能エネルギーの導入を促進するとともに、電力供給の多様化とエネルギー安定供給に貢献すると宣言しており、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。

(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。

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。2020年2月時点では、外務省海外安全情報（危険情報）において、トンガ王国全土にわた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、2016 年が最新の国勢調査である。2016 年の国勢調査において、トンガ王国の人口は100,651 人、18,005 世帯、193 施設となっている（表 3.14）。人口は 1986 年の 1.1%から徐々に減少してきており、2016 年には-0.5%と減少に転じている。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、都市部が約 77%で農村部が約 23%となっている。

表 3.14 トンガ王国の人口推移

Census	1986	1996	2006	2011	2016
Population	94,649	97,784	101,991	103,252	100,651
Average Annual Growth (%)	1.1	0.5	0.4	0.2	-0.5
Median Age (years)	19	20	-	21	22
Urban	-	-	23,658	24,229	23,221
Urban (%)	-	-	23.2	23.5	23.1
Rural	-	-	78,333	79,023	77,430
Rural (%)	-	-	76.8	76.5	76.9

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

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。

2011 年と 2016 年の人口の地区別の推移を表 3.15 に示す。最も人口が多い地区がトンガタプ行政区の 74,611 人で、トンガ王国全体の 74.1%を占める。次いでプロジェクト対象地区のババウ行政区が 13,378 人でトンガ王国全体の 13.6%となっている。また、どの行政区も近年は一律に減少傾向にあり、特に 2011 年から 2016 年においては、ババウ行政区が年平均で 1.65%減、ハアパイ行政区が 1.54%減となっている。

表 3.15 トンガ王国の行政区分/地区別人口推移

Division	2016 Census (Person)	2011 Census (Person)	Population Change 2011-2016 (Person)	Population Change 2011-2016 (%)	Average Annual Growth 2011-2016(%)
Tongatapu	74,611	75,416	-805	-1.1	-0.21
Vava'u	13,378	14,922	-1184	-7.9	-1.65
Ha'apai	6,125	6,616	-491	-7.4	-1.54
Eua	4,945	5,016	-71	-1.4	-0.29
Ongo Niua	1,232	1,282	-50	-3.9	-0.8
TONGA (Total)	100,651	103,252	-2601	-2.5	-0.51

出典：2016 年トンガ国勢調査

ババウ行政区の人口推移を表 3.16 に示す。ネイアフが最も人口が多く、2016 年時点で 5,251 人と全体の約 38%を占める。一方で、新規配水池候補地は Leimatua に位置しており、同行政区はネイアフに次いで人口が多く、2016 年時点で 2,489 人と全体の約 18%となっている。

表 3.16 ババウ行政区の人口推移

District	1996	2006	2011	2016
Neiafu	5,650	5,787	5,774	5,251
Pangaimotu	1,298	1,412	1,325	1,242
Hahake	2,291	2,422	2,297	2,021
Leimatua	2,753	2,742	2,436	2,489
Hihifo	2,375	2,267	2,105	1,990
Motu	1348	875	985	745
Total	15,715	15,505	14,922	13,738

出典：1996、2006、2011、2016 年トンガ国勢調査

(2) 観光産業

トンガ王国は、観光資源が豊富なことから、将来にわたりトンガ王国の経済を発展させていくためには観光産業を拡大していくことが有効な手段といえる。これまでも様々な先進国及び援助機関がトンガ王国の観光業に対する援助を行ってきており、日本政府としてもトンガ王国を含む大洋州地域における下記の計画・調査の準備を進めている。

- 大洋州地域空港整備計画情報収集・確認調査（トンガ・マーシャル）
- 大洋州地域における観光開発分野情報収集・確認調査

1 年間にトンガ王国を訪れる観光人口の推移を図 3.17 に示す。海外からの観光客は年々増加傾向にあり、2018 年はトンガ王国史上最大のサイクロンジータの影響により減少しているが、2017 年には過去最大の約 62,500 人がトンガ王国を訪れている。なお、同データは旅客機でトンガ王国を訪れた観光人口のみを集計対象としており、実際には船舶で年間約 20,000～25,000 人、ヨットで約 2,000 人がトンガを訪れており、トータルで年間約 8 万人近くの観光客がトンガ王国を訪れていることになる。

ババウ島のみを対象とした観光人口は入手不可であったが、ババウ島はトンガ王国の中でも観光産業のポテンシャルが高く、美しい海岸を有することからヨットの寄港地として世界的に有名である。

近年はホテル数も 2017 年の 41 件から 2019 年では 52 件と着実に増加しており、このことからババウ島へ訪れる観光客が増加傾向にあることが分かる。さらに、今後、ババウ島の空港整備が進み、国際路線が拡大することでさらなる観光客の増加が見込まれる。今後のババウ島の観光産業の発展のためには、安全・安心な水道水の安定供給は必要不可欠といえ、本案件の重要性が改めて認識されるところである。

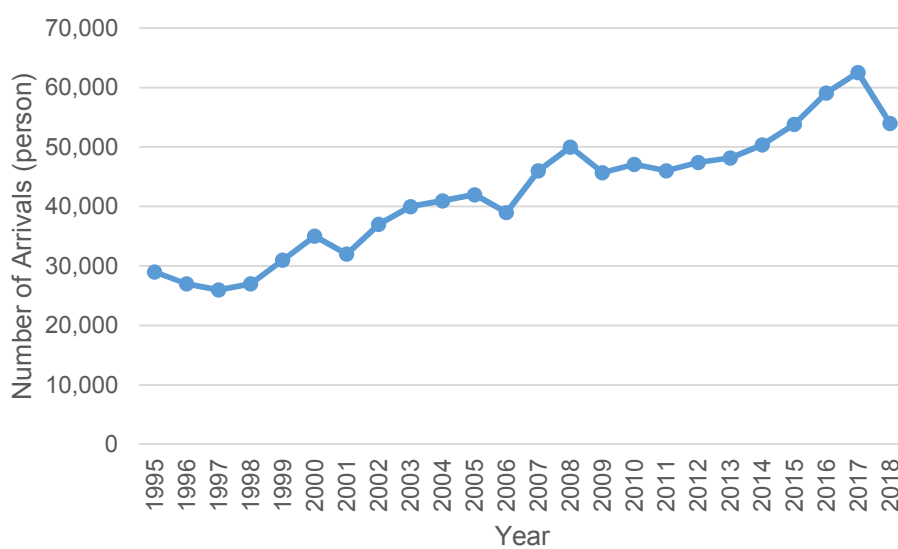


図 3.17 トンガ王国の海外観光人口（1995～2018 実績）

出典：Ministry of Tourism Tonga, Yearbook of Tourism Statistics (World Tourism Organization)

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

トンガ王国の水道分野では、周辺離島部において、水道施設の老朽化による配水機能低下、水質低下が生じている。配水機能低下については、特に既設老朽管からの漏水が、現在の高い無収水率に繋がっている。また、同時に必要以上の取水に繋がり、取水井戸水源の塩水化を進行させている。一方、水質低下については、塩素消毒の未実施による腸チフス等の水系感染症の潜在的な発生リスクや既存アスベスト管による健康被害のリスクが存在している。

本案件では、新規取水井戸の新設や老朽化した配水管の更新、塩素注入設備の更新を実施することで、上記の問題の解決に大きく寄与し、トンガ王国の水道分野における問題点の解決が期待される。

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

ババウ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。

- 既存水源の塩水化
- 既存施設の機能不全
- 残存するアスベスト管と高い無収水率
- 村落地域における水道サービスの質の低さ
- 運転・維持管理資機材の不足
- 適正な水量管理や財務管理能力の欠如

本案件では、無償資金協力事業により新規取水井戸の新設、配水池の新設、塩素注入設備の更新などの施設建設、小型淡水化装置、水質検査機器、漏水探知機器などの機材供与、運転維持管理能力の強化、経営能力の強化、漏水探知技術の強化を実施する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。

【都市部における効果指標】

- 無収水率の改善（現状 40～50%→将来 30%）
- 塩素注入設備の設置に伴う配管内残留塩素濃度の確保（現状 0ppm→将来 0.1ppm 以上）

【村落部における効果指標】

- 連続給水時間の増加（現状 3 時間→将来 24 時間）
- 水系感染症の指標となる一般細菌及び大腸菌の未検出

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

老朽化した水道施設を更新し、塩素注入設備を導入することで、給水サービスの安全性及び安定性が向上する。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

我が国大使館からの聞き取りによれば、ババウ島からは国会議員が3人選出されており、また、トンガ王国では、2021年に総選挙が実施される予定であることから、本案件に対する我が国政府の支援がコミットされ、成功裡に実施されたならば、本案件による政治的意義は大きいものと考えられる。

4.2.2 社会的インパクト

水需要に対する十分な水源水量が確保されず、老朽化した水道施設が更新されなければ、安心して安全な水道水を安定的に利用できず、良好な生活レベルを維持することは困難である。

そのため、ババウ島において、新たな水道水源を確保し、アスベスト管を更新し、塩素注入設備を新たに導入することで水道システムが改善され、地域住民に安定的に衛生的で良質な水道水を24時間にわたって供給することが可能となる。生活環境の改善に直接的に寄与することで地域社会へ及ぼすインパクトは大きいものと考えられる。

4.2.3 経済的インパクト

ババウ島における観光産業の推進は、国家としての戦略的取り組みであり、その収益は国家予算への影響も大きいことから、国家インフラ開発計画2013-2023において水分野の開発事業として、「離島に対する給水システム改善計画」を謳い、明確にババウ島を対象としている。

そのため、ババウ島の水道システムの改善は、観光産業をさらに発展させる要因となり、経済的に多大な効果が期待できる。

4.2.4 技術的インパクト

新たな水源開発や老朽化した水道施設を更新し、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を実施することで、無償資金協力にて建設・調達された施設・資機材を効果的に活用することができ、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）への技術普及も期待できる。

また、ソフトコンポーネントで日本の経験を活かした技術指導を実施することで、世界で最先端の水道技術を理解することにも繋がり、技術的インパクトは非常に高い。

さらに、日本の中小企業が有する技術である小型淡水化装置を機材供与することで、災害に対する脆弱性を克服する一助となり、合わせて日本の技術力の高さを示すこととなる。

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。PALM8において、内閣総理大臣が表明された「自律的で、持続可能な繁栄ができるよう、ハード・ソフトの両面で質の高いインフラ整備」にも合致することとなり、外交的・広報的なインパクトは大きいと考えられる。

特に観光産業の中心となるババウ島の水道システムを改善することは、産業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

既存水源の塩水化が進行しており、将来の水需要量の増加、24 時間給水に対応するための安定した水源の確保を目的として、新規水源を開発する必要がある。

そのような中、新規水源として、本案件では新たな場所へ取水井戸を設けることとしているが、新規水源のオプションとして、日本が高い技術力を有する淡水化技術による塩水化した既存取水井戸の利用可能性について検討した結果を報告する。

(1) 淡水化装置の概要

取水井戸の塩水化問題への対策として、塩水化した取水井戸を水源とした淡水化装置の活用が有効であると考えられるが、最大の技術的課題は、造水コストに占めるエネルギーコストの大きな割合である。

トンガ王国周辺国も含め、島嶼国においては、海水を利用する海水淡水化装置の導入は、様々な側面から検討されているものの、海水淡水化装置を動かすためのエネルギー源(電源、燃料等)の確保の問題があり、進んでいないのが現状である。そのような中、クリーンな太陽エネルギーの利用が有望視され、現在までに種々のプロセスの研究開発が活発に進められてきた。太陽エネルギーの利用にあたり、最大の課題は、密度が低くかつ時間的に大きく変動するエネルギーをいかに効率よく利用するかにある。太陽エネルギーを利用した海水淡水化装置としては、太陽エネルギーの低密度性から小規模淡水化装置に適している。

とりわけ、トンガ王国は、エネルギー資源に乏しく、その 93%以上を輸入ディーゼルに依存しているため、国際的な石油価格の変動等外部要因の影響を受けやすいほか、輸送コストも割高であり、エネルギー安全保障上の脆弱性を抱えるとともに、主要な温室効果ガスの排出源となっている。こうした状況を受け、トンガ王国政府は 2010 年 6 月に策定した「Tonga Energy Road Map 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掲げている。

以上の背景を踏まえ、塩水化した既存取水井戸を利用した淡水化装置の導入に当たって、オプションとして、太陽光発電システムを活用を含めて検討を行った(図 5.1)。

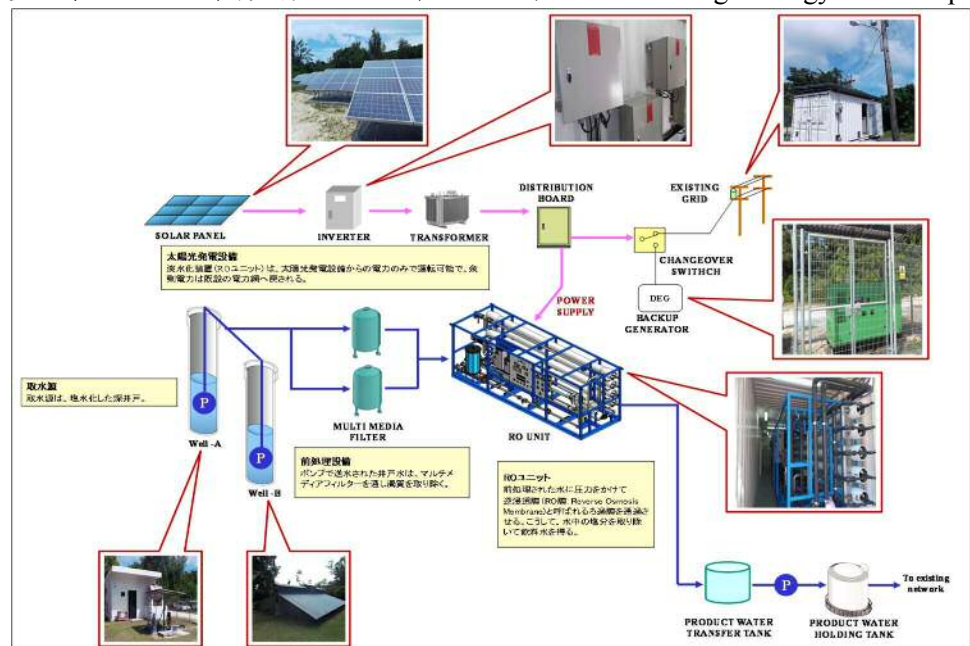


図 5.1 既存井戸を利用した淡水化装置のイメージ図

出典：メーカーカタログから調査団作成

(2) 検討結果

塩水化した井戸の利用を前提とした淡水化装置の導入については、TWB も非常に興味を持っている。また、過剰取水による井戸の塩水化の進行や気候変動の影響による海水面の上昇などにより、水源水質の塩水化は今後とも進行していくと想定され、将来的には整備される必要がある造水システムと考えられる。

しかし、太陽光発電を備えた淡水化装置とした場合、サイクロンにより太陽光パネルが破損する恐れがあり、一旦、破損した場合、その復旧には相当の期間と資金を要する。そのため、安定的な水供給のためには電力グリッドにも接続して運用する必要があるが、淡水化装置の運用に際しては多くの電力を消費することから、ババウ島全体の電力に十分な余力がなければ運用できない。我が国の援助によりトンガタブ島に風力発電設備が導入されるなど、トンガ王国内の電力事情も改善されつつあるが、淡水化装置を安定的に賄うだけの十分な電力量を担保することは現状では難しいと判断される。

また、淡水化装置に関しては、膜のファウリング（膜閉塞）が膜処理装置全般の共通課題として挙げられる。そのため、淡水化装置を導入する際には、十分な水源水質の分析と、水源水質に応じた適切な前処理や適切な膜を選定するための専門知識が求められる。さらに、淡水化装置の運転・維持管理に際しては、十分な経験と知識を有する技術員でなければ、長期に亘り運用することは困難であり、実機を用いた習熟訓練も重要となる。

以上のように、現状においてババウ島に淡水化装置を導入するには種々の課題が存在しており、まず優先すべきは、確実に淡水が得られる新たな水源の開発とそれをベースにした水道システムの改善である。

しかしながら、今後、電力システムが改善されれば、塩水化や水質汚染等の危機に直面している淡水レンズの代替水源としての活用がさらなる脚光を浴び、導入の機運も高まるだろう。

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が必要であり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が、通常のオペレーション及び維持管理業務については、各スタッフは誇りを持って業務を遂行している。

トンガ王国ババウ島給水改善計画
第5章 指導するプロジェクトの妥当性に関する事項

問題点	程度（良⇔悪）			説明
	3	2	1	
上層部の姿勢				
—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。
—将来ビジョンを持っているか			○	都市給水サービス事業の運営に関するビジョン及びミッションを持っている。しかしながら、長期プランという観点では、現マスタープランは1992年に策定されたものであり、給水サービス及び事業運営の将来ビジョンを描いたマスタープランの改訂が求められている。
—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限が与えられている。
—職員の採用・配置の権限	○			TWBには人事部（Human Resources）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。
—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。
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・権限があたえられている。
施工時に援助国任せにすることはしないか	○			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、機材供与で提供する給水メータ、給水管の布設に関する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 ≥ 3m 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: Initiative 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 5.2 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 の直近 5 ヶ年分の財政収支を表 5.5 に示す。TWB の収支は確認出来た 2012 年以降、黒字で推移している。

一方で、トンガ政府は、国内の公営企業に対して実施してきた投資額に対して配当金の支払いを命じており、その支払額は 2014 年度～2016 年度には年間 1,000,000TOP（日本円換算で 4,500 万円）を越えるなど TWB の財務を圧迫している。

表 5.5 TWB の財政収支（2014～2018 年度の 5 ヶ年）※表 2.6 の再掲

（単位：TOP \$）

ITEMS	FY 2014/2015	FY 2015/2016	FY 2016/2017	FY 2017/2018	FY 2018/2019
Total Revenue	7,219,396	7,487,214	8,151,833	8,435,635	8,972,497
1) Operating Revenue	5,767,958	6,019,450	6,446,644	6,424,408	6,847,149
2) Other Revenue	1,451,438	1,467,764	1,705,189	2,011,227	2,125,348
Total Expense	5,378,337	5,655,502	6,487,230	6,738,304	7,546,670
1) Operating Expenses	-	-	5,104,581	5,372,274	5,924,474
2) Depreciation	-	-	1,382,649	1,366,030	1,622,196
Net Profit before Tax	1,841,059	1,831,712	1,664,603	1,697,331	1,425,827
Income Tax Expenses	460,265	457,928	416,151	424,333	332,002
Net Profit after TAX	1,380,794	1,373,784	1,248,452	1,272,998	1,093,825
Dividend	1,000,000	1,027,000	1,030,000	341,921	-
Dividend Percentage	72.42%	74.76%	82.50%	26.86%	-

※1 TOP \$ = 45.13 円（2019 年 11 月時点）

出典：Tonga Water Board Final Draft Bussiness Plan を元に調査団が作成

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で、純利益の 100%をトンガ政府への配当金として支払う計画としている。

以上のことから、自己資本による水道施設整備は難しく、また、ローンの返済能力も有さないため、有償資金によるプロジェクト形成も困難な状況にある。

表 5.6 TWB の財政収支見込み（2019～2023 年度の 5 ヶ年）

（単位：TOP \$）

ITEMS	FY 2019/2020	FY 2020/2021	FY 2021/2022	FY 2022/2023	FY 2023/24
Total Revenue	8,670,589	8,742,048	8,910,066	9,083,539	9,261,705
1) Operating Revenue	6,234,900	6,297,249	6,425,909	6,558,211	6,695,474
2) Other Revenue	2,435,689	2,444,799	2,484,157	2,525,328	2,566,231
Total Expense	7,752,858	7,713,816	7,820,611	7,965,727	8,091,413
1) Operating Expenses	5,311,067	5,187,024	5,278,820	5,408,935	5,534,622
2) Depreciation	2,441,791	2,526,792	2,541,791	2,556,792	2,556,791
Net Profit before Tax	917,731	1,028,232	1,089,455	1,117,812	1,170,292
Income Tax Expenses	229,433	257,058	272,364	279,453	292,573
Net Profit after TAX	688,298	771,174	817,091	838,359	877,719
Dividend	688,298	771,174	817,091	838,359	877,719
Dividend Percentage	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

※1 TOP \$= 45.13 円（2019 年 11 月時点）

出典：Tonga Water Board Final Draft Bussiness Plan 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応じて国際基準（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。

本案件の給水施設改善計画は、ババウ島内の既存水道施設と大きく異なるものではなく、トンガ王国の技術的水準で十分に対応可能であることから、技術的に妥当であると判断される。

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、TWB ババウ支所の技術職員及び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 108 人の職員がおり、そのうち 85 人（78.7%）が正社員であり、ババウ支所では 17 人のうち 14 人（82.4%）が正社員であることから、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と考えられる。

5.4.3 施設・機材の保守管理状況

ババウ島の施設・機材の保守管理は、データ管理をはじめとして、必ずしも十分に行われていないため、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が期待される。

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・振動の発生やアスベスト管の布設替え工事による周辺環境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。

第 6 章

総論

第6章 総論

6.1 特記すべき事項

ババウ島の中心地ネイアフは、首都ヌクアロファに次ぐトンガ第2の都市であると同時に、美しい風景と良港を有し、ヨットの寄港地としても世界的に知られ、世界中から年間約80,000人の観光客が訪れる、トンガ王国にとって経済的に重要な地域となっている。

今後、我が国政府の支援によりババウ国際空港の整備が進み国際路線が拡大することで、ババウ島の観光開発がより一層、加速することが期待される。その際に観光産業の基盤とも言える安全・安心な水道水の安定供給は必要不可欠といえ、本案件の重要性が改めて認識されるところである。

一方、トンガ王国においては自然災害や気候変動による都市機能への影響も重視すべき課題となっている。トンガ王国の都市給水を担うTWBとしては、近年の気候変動による海面の水位上昇により、トンガタブ島の政府機能や公共輸送機能が長期間停止した場合に備えて、トンガタブ島よりも地形の起伏があり、潜在的な水道水源に期待できるババウ島において、安全・安心な水道水を安定的に供給できる態勢を整えておきたいという意向を有している。このことから、本案件により、被災時にも水供給が可能な柔軟性を有した水道システムを整備する事には大きな意義があると考えられる。

6.2 協力実施上注意すべき事項

本業務において、新規取水井戸の確保を提案し、各種文献や現地調査により関連資料を収集し、想定される取水可能量を算出した。しかしながら、取水地点の選定においては、現地で実際に詳細な調査を実施することが肝要である。そのため、協力準備調査で詳細な調査を行い、揚水方法・パターンについて検討の上、取水可能量及び持続可能な揚水量を決定する必要がある。

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、自然災害や海面上昇などの気候変動の影響を受けやすいなどの様々な脆弱性を抱えており、これら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、ババウ島は、マリンスポーツが豊富で、フィジー航空が直行便を運行するなどトンガ王国の観光産業の中心地としてトンガ経済において重要な拠点となっている。

一方で、ババウ島の上水道分野は、主要なドナーがつかず、既存水源の塩水化、水道施設の老朽化、アスベスト管の残存などが問題となり、十分な水道施設整備が実施されていない。

経済の発展のためにも、取水井戸の塩水化による水供給への影響を解消する必要があり、新規取水井戸の確保は不可欠と言える。また、新規取水井戸からの水供給のためには、配水池の新設、導水、送水及び配水管の布設が必要であり、さらに安全な水を供給するためのアスベスト管の更新や老朽管の更新も重要である。

本案件は、ババウ島における水道施設の現状と上水道施設整備の必要性、我が国のトンガ王国に対する援助方針に鑑み、適切な水需要予測に基づき将来の水需要量を把握し、水道水源の妥当性、必要性を検討した上で、水道システムの改善を図ることで、安全で安心できる水道水を安定的に供給できる水道サービスを実現するための一助となり、地域住民の生活環境の向上に貢献するものである。

6.4 所感

2019年12月に当調査団が実施した現地調査を通じて、本案件実施に対する先方実施機関の強い期待を感じ取り、現地滞在中および帰国後の情報提供においても手厚いサポートを受けた。

また、ババウ島での調査には土地資源省の副長官も同行し、知事から本案件に対する政府地取得に係る公認文書が得られるなど、トンガ王国において水分野の援助に対する関心がいかに高く、本案件の実施が待ち望まれるかを体感するに至った。

先方実施機関が抱えるババウ島の水道サービス運営に係る諸問題、トンガ王国における観光産業の発展および自然災害・気候変動に対する課題等を考慮すれば、本案件は早急に実施される必要があると考える。

そのため、本案件の実施によりこうした課題を改善することは、地域住民の生活環境の向上及び公衆衛生の向上という直接の裨益効果以上に大きなインパクトをトンガ王国政府に与えるものと思料され、今後、より一層我が国政府との結びつきが強くなるものと期待される。

また、我が国皇室とトンガ王室との間では親密な交流が積み重ねられているほか、2020年は日本・トンガ外交関係樹立50周年記念となっていることから、本案件によりトンガ王国において我が国が無償資金協力事業を実施することは非常に大きな意義を有していると考ええる。

資料

資料 1 日程

日程		目的地	調査内容
12月13日	AM		
金曜日	PM	成田出発	
12月14日	AM	ニュージールランド・オークランド到着	
土曜日	PM	オークランド出発・トンガ到着	
12月15日	AM	調査団内ミーティング	現況及び将来の課題/問題点の整理
日曜日	PM		
12月16日	AM	トンガ水道公社（本部） 土地及び水資源省、保健・衛生省	表敬訪問、案件概要説明、情報交換、ババウ島の基本計画の確認
月曜日	PM	在トンガ日本国大使館 JICAトンガ事務所	表敬訪問、案件概要説明、情報交換
12月17日	AM	ババウ島へ移動	
火曜日	PM	トンガ水道公社（ババウ）	表敬訪問、案件概要説明、情報交換、現況把握
12月18日	AM	TWBババウオフィス 既存水道施設	課題・問題点の整理、建設予定地の調査・周辺状況調査、代替案の検討、計画作成指導
水曜日	PM	施設建設予定地	
12月19日	AM	トンガタブへ移動	
木曜日	PM	トンガ水道公社（本部） トンガタブ出発	課題・問題点の共有、整備内容の整理、代替案の検討、計画作成指導
12月20日	AM	ニュージールランド・オークランド到着	
金曜日	PM	オークランド出発・成田到着	

資料 2 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	石井 哲也	特命全権大使	Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary
	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	林 泰史	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
	Mr. Kolo Peau Tonga	副最高経営責任者（財務部門）	Deputy Chief Executive Officer - Finance
	Ms. Elisiva Tapueluelu	副最高経営責任者（運営部門）	Deputy Chief Executive Officer - Administration
トンガ水道公社 ババウ支所	Mr. Water Ski Maafu	ババウ支所管理者	Vava'u Branch Manager
土地天然資源省 （Ministry of Land and Natural Resources）	Ms. Rosamond C. Bing	最高経営責任者	Chief Executive Officer
	Mr. Tukua Tonga	最高執行責任者	Chief Operations Officer
	Mr. Tamiele Kula	副長官	Deputy Secretary
	Mr. Seei Tounfa	副最高経営責任者（土地管理部門）	Deputy Chief Executive Officer - land administration division
保健省（Ministry of Health）	Ms. Sela Akolo Fau	主任公衆衛生検査官	Supervising Public Health Inspector

資料 3 収集資料一覧

No.	資料名
1	Water Resources Report (1992), Australia
2	Neiafu Masterplan (1992), Australia
3	Summary Report Wellfield Development Proposals (1997), EU
4	Neiafu Water Supply Scheme Development Feasibility Study (1997), EU
5	Feasibility study for water supply improvement, Kingdom of Tonga (2004), Sweden
6	Appraisal of Water Supply Improvement Project (2006), Danish
7	Methodology for undertaking Economic Analysis of Water Infrastructure Projects (2006), Danish
8	Neiafu Groundwater Resources Assessment and Sustainable Management Report (2011), GEF-IWRM
9	Outer Islands Water Supply Improvement Project (2012), TWB
10	トンガ王国ババウ島およびリフカ島における淡水レンズ地下水塩水化の要因と課題 (2015), 石田 聡 他
11	Annual Audit Accounts (2016-2017, 2017-2018, 2018-2019), TWB
12	Tonga Water Board Final Draft Business Plan 2019-2024, TWB
14	Tonga National Infrastructure Investment Plan 2013-2023, GOT
15	Tonga Strategic Development Framework 2015-2025, GOT
13	Voluntary National Review 2019, GOT

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

December 9, 2019

Attention: Mr. Sione Tutulu Finau
Chief Executive Officer Tonga Water Board

Subject: Request for acceptance of a survey team of “The Project for Improving Water Supply System in VaVa’u Island” 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 an on-site survey.

The Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan (MHLW) has a program “Water Supply Project Formation Program” to encourage international cooperation in the field of water supply. This program technically reviews a potential program or plan together with water supply authority in a country which has challenges to be addressed on their water supply, provides appropriate guidance and advice, and transfers the technical expertise of Japan, in order for those countries to become able to form a carefully designed good project.

This year, the MHLW commissioned the program to NJS Consultants Co., Ltd. The Company proposed an idea for water supply improvement in VaVa’u Island in Tonga, and would like to dispatch the survey team in December, 2019. Resume is given in the enclosed document and Detail schedule will be informed by the survey team later.

It is highly appreciated if you could kindly accept the survey team and coordinate visits and consultations with institutions concerned.

I thank you for your consideration and I look forward to hearing from you.

Sincerely yours,

Mr. Kazuho TAGUCHI

Director, Office of Global Health Cooperation, International Affairs Division
Minister's secretariat, Ministry of Health, Labour and Welfare

RESUME

1. SUMMARY OF PROGRAM

Japanese ODA is implemented by Ministry of Foreign Affairs (MOFA) and Japanese International Cooperation Agency (JICA), 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 in Japan. The Water Supply Project Formulation Program is provided by MHLW to stimulate improvement projects in countries having big challenges on water supply sector.

This time, NJS Consultants Co., Ltd. proposed the study plan for VaVa'u Island, to the MHLW and the MHLW decided to entrust the study.

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 water supply improvement project in VaVa'u Island in Tonga.

3. SURVEY ITEM

Major Survey items are following;

- A) Survey on the current situation of water supply system in VaVa'u Island (Water resources, water supply facilities, operation and maintenance and etc.)
- B) Interview of the current situation (facilities, organization, O&M, water quality and finance, etc.)
- C) Confirmation of water supply master plan
- D) Investigation of project site
- E) Study on the business planning

4. EXPECTED INTERVIEWEE

- A) Mr' Taniela Kula, Deputy Director, Ministry of Land Survey and Natural Resources
- B) Dr. Renold 'Ofanoa, Chief Medical Officer, Ministry of Health
- C) Mr. Sione Tutulu Finau, Chief Executive Officer Tonga Water Board
- D) Mr. Quddus Fielea, Deputy CEO, Manager - Engineer, Tonga Water Board

5. MEMBERS OF THE SURVEY TEAM

The Survey Team consists of the following members;

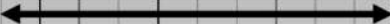
Name	Job Title	Occupation
Mr. Kazuho TAGUCHI	Project Management	The Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan (MHLW)
Mr. Ryuichi MORISHITA	Project Planning	The Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan (MHLW)
Mr. Daisuke YASHIRO	Chief Consultant	NJS Consultants Co., Ltd.
Mr. Sampei NAKANISHI	Water Supply Engineer	NJS Consultants Co., Ltd.
Mr. Kenta HAYASHI	Water Supply Engineer	NJS Consultants Co., Ltd.
Mr. Yoshiharu YONEDA	Water Supply operation and maintenance	OKINAWA Water Management Center Co., Ltd.
Mr. Kenta IMAI	Coordination and local logistics	OKINAWA pacific partners Co., Ltd.

6. SURVEY AREA

The survey area is the water supply area in VaVa'u Island



7. SURVEY SCHEDULE

Item \ Year	2019			2020		
	Ocober	November	December	January	February	March
1.Preparation in Japan						
(1) Submission of Planning Documents		▼				
(2) Submission of Draft Report			▼			
2.Survey in Tonga						
(1) Arrangement of current/future issue			▼			
(2) Explanation of Draft request letter			▼			
3.Reporting in Japan						
(1) Discussion of the report					▼	
(2) Submission of Draft Report						▼
(3) Submission of Final Report with request letter						▼

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。