

トンガ王国
ヌクアロファ上水道整備計画
予備調査報告書

平成11年3月

JICA LIBRARY



J 1149305 (3)

国際協力事業団

208
618
GRO
LIBRARY

調無一
CR (3)
99 - 096

序文

日本国政府はトンガ王国政府の要請に基づき、同国のヌクアロファ上水道整備計画にかかる予備調査を行うことを決定し、国際協力事業団が財団法人日本国際協力システムとの契約により実施いたしました。

当事業団は、平成10年12月6日から12月24日まで予備調査団を現地に派遣いたしました。

この報告書が、今後予定されている基本設計調査の実施、その他関係者の参考として活用されれば幸いです。

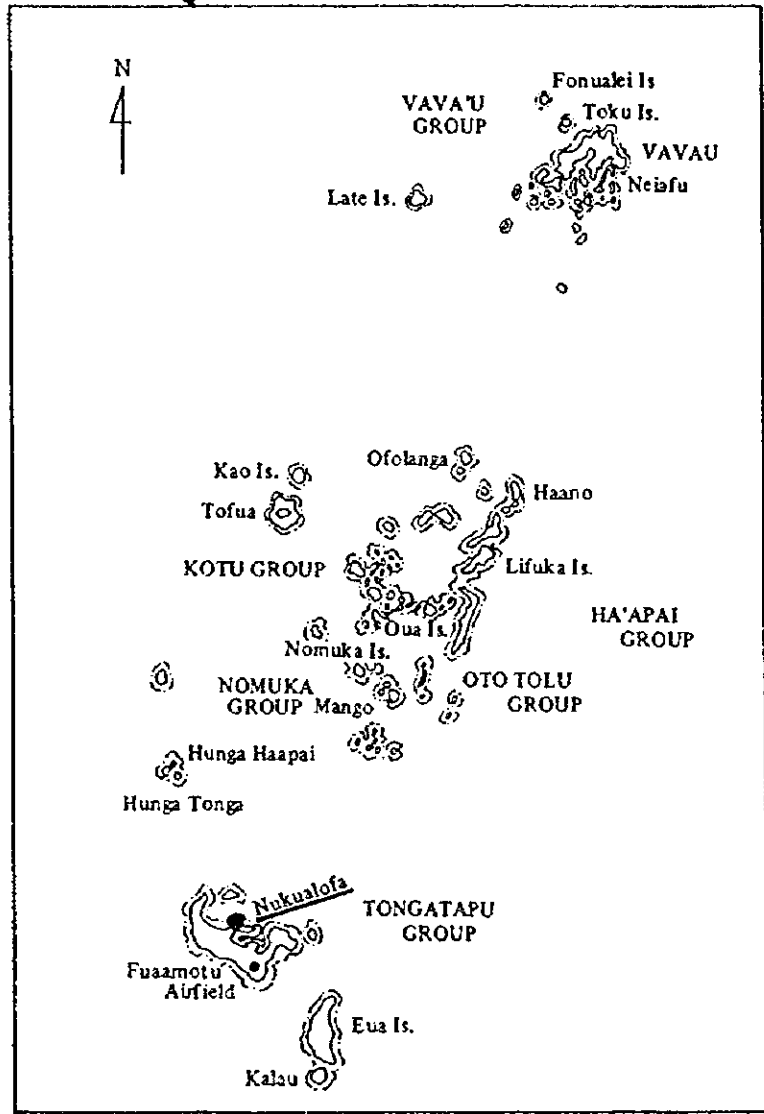
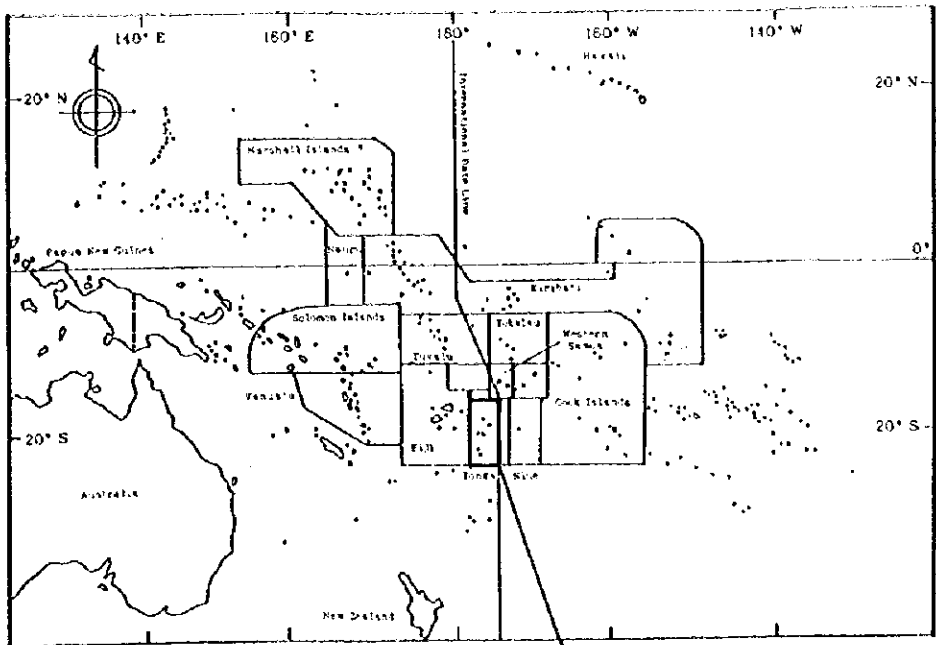
最後に、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成11年3月

国際協力事業団
理事 木谷 隆



1149305 (3)



サイト位置図

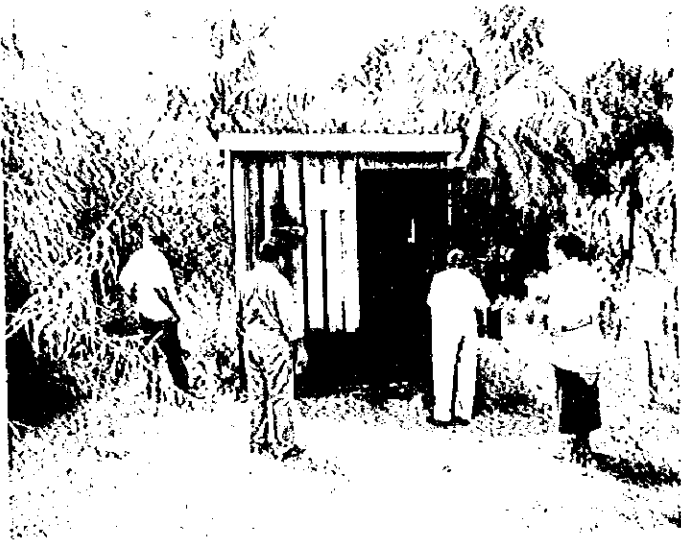


写真1. Matakiteua 井戸群のポンプ小屋。簡単な板張りで、老朽化が目立つ。

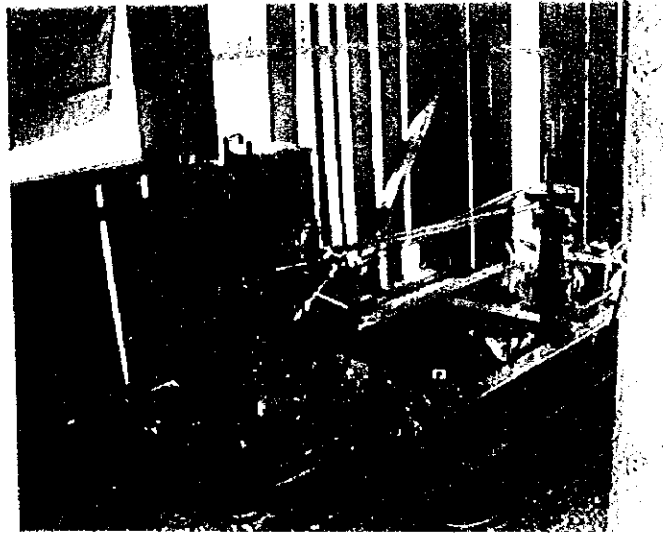


写真2. 井戸ポンプは、大半がディーゼルエンジンによるベルト駆動である。



写真3. 井戸群の中に7ヵ所設置されているモニター用井戸。水位、伝導率等を測定している。

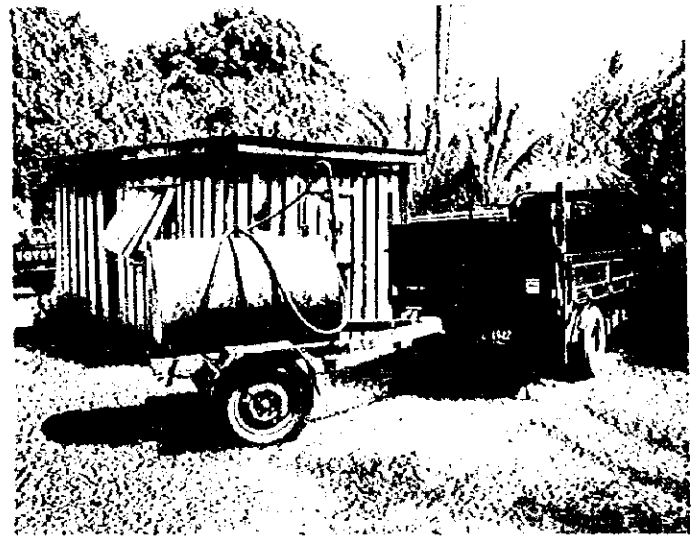


写真4. ポンプ用燃料は、2日に1度タンクローリーで補給して回る。



写真5. 標高約25mの丘の上に、合計6基の配水池が設置されている。

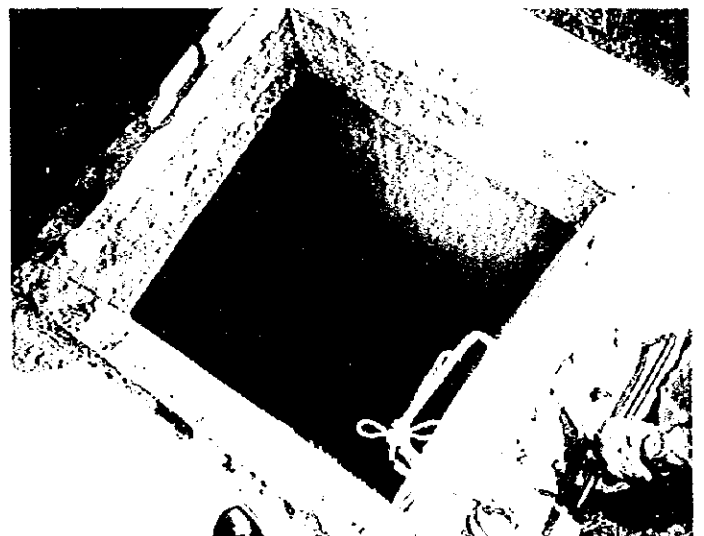


写真6. 主配水池の中に設置されているバッチ式の塩素減菌装置。



写真7. オーストラリア政府の援助により建設された配水池管理棟。1階がワークショップ、手前右は倉庫。左に配水池が見える。

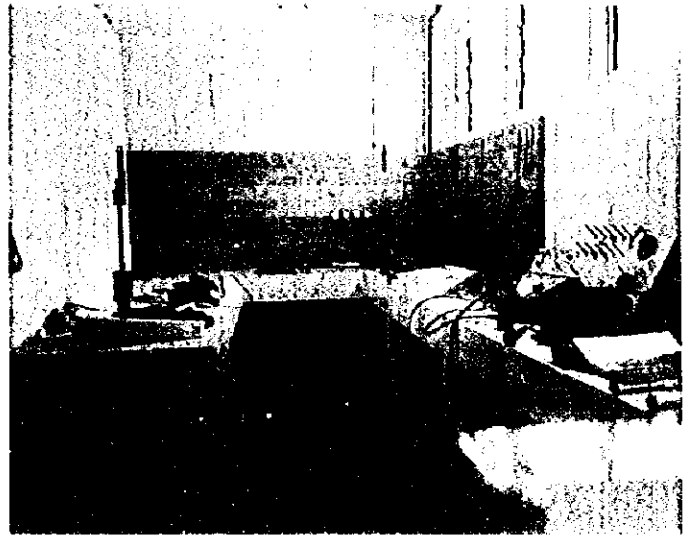


写真8. 管理棟1階にあるワークショップ。エンジン、ポンプ及び車両の整備が可能である。

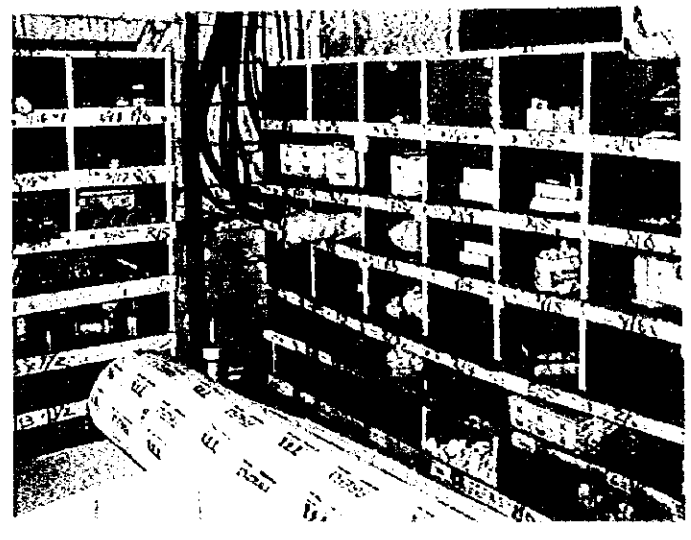
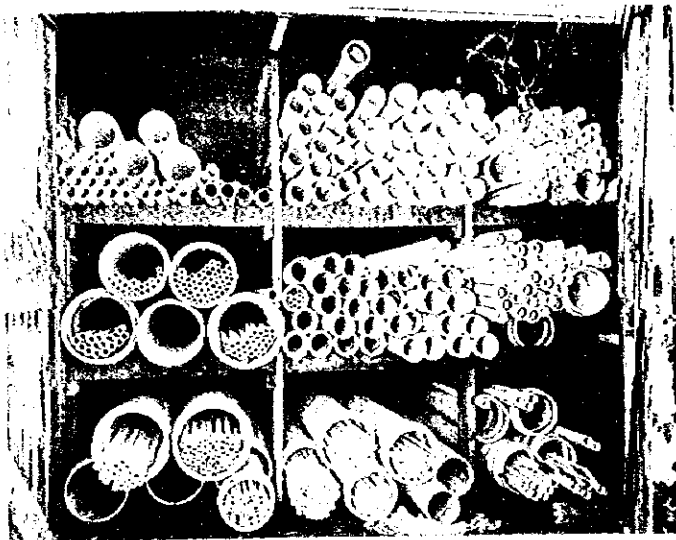


写真9, 10. 配水池旧保管倉庫。老朽化しているが保管状況は良好である。

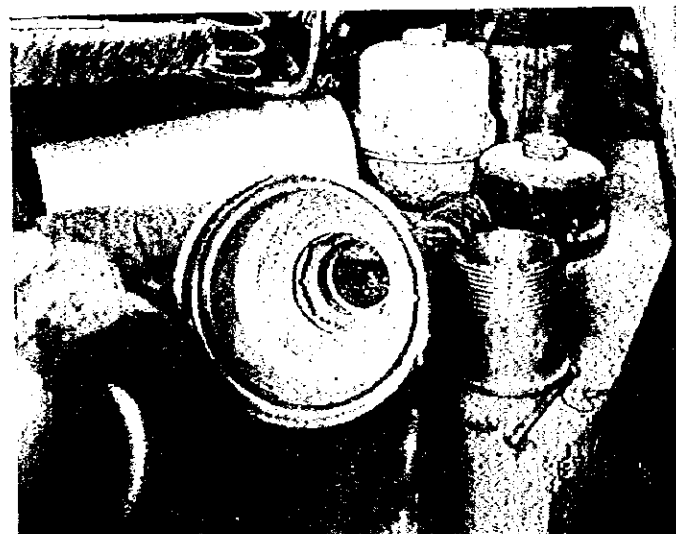


写真11. 長年の使用にも関わらず、交換された部品の内
部に堆積物はほとんど見られない。

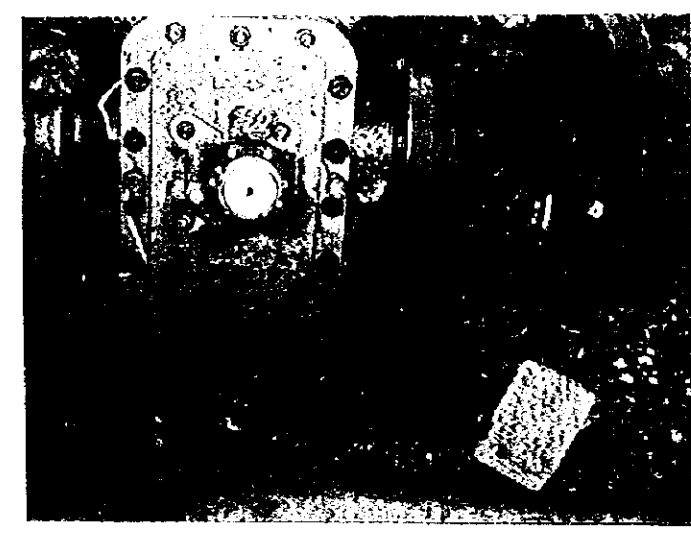


写真12. 配水池内の送水主管に設置されているメーター。

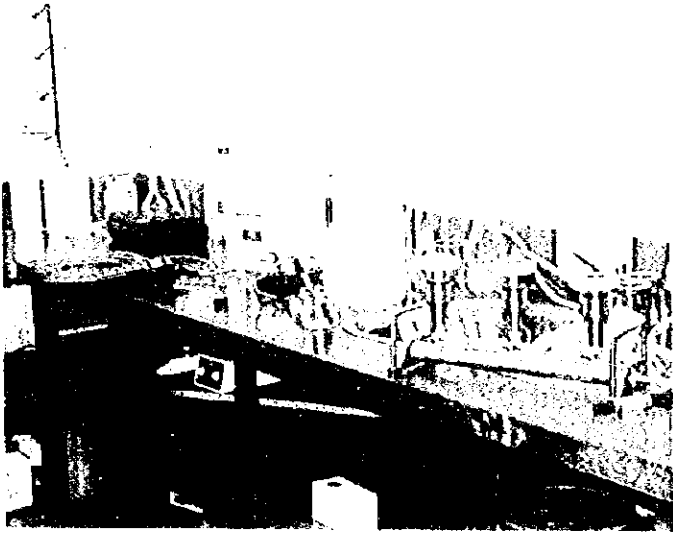


写真 13. TWB の水質検査室では、一般細菌、大腸菌、pH 測定等の検査が可能である。



写真 14. PVC 継手類が整然と保管されている TWB の倉庫。



写真 15. 14 同様、良好な保管状態の AC 管用継手。

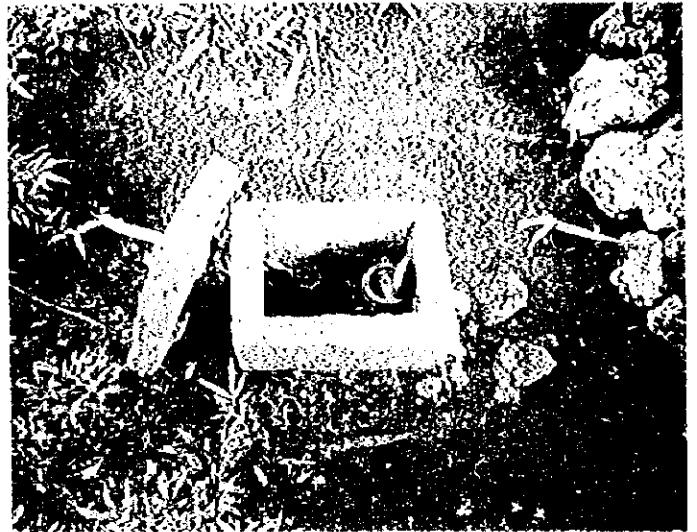


写真 16. 民家用水道メーターは、配水管より 1 m のところに取り付けられている。



写真 17. 主配水管の途中、給水地区の中央付近に設置されているブースターポンプ小屋。



写真 18. 送水管の漏水修理の状態。手掘りで掘削されているが、作業状態は良好である。

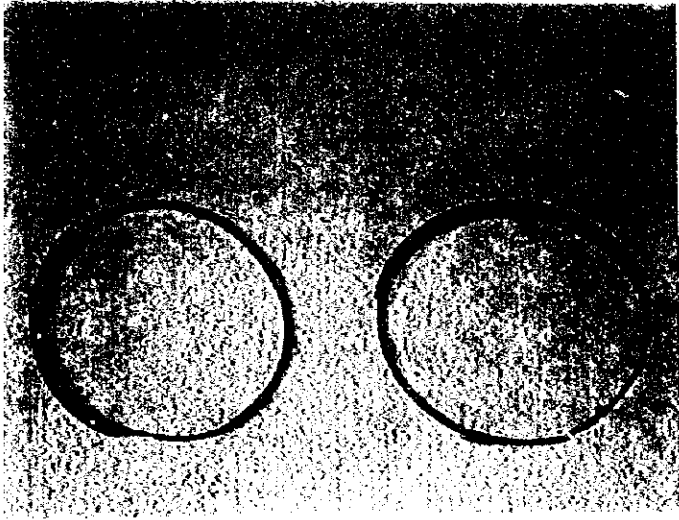


写真19. バクテリアにより数分の1にまで侵食されたAC管パッキング。

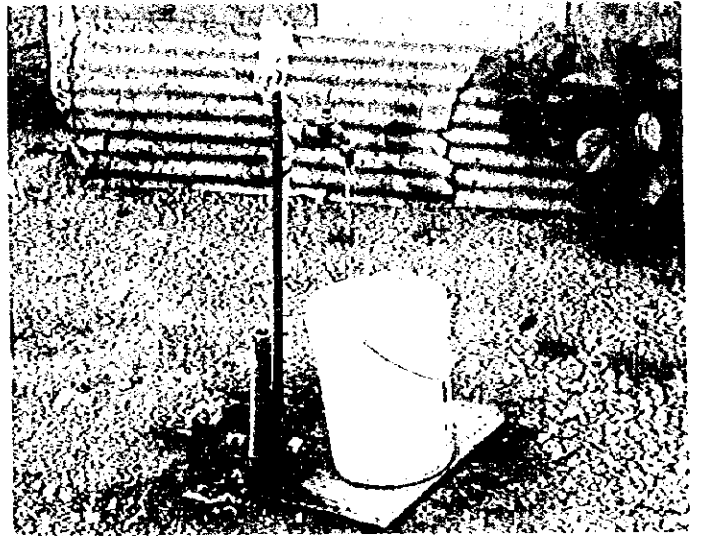


写真20. 低水圧地区では、早朝から水栓を開放して1日掛かりで貯水している。



写真21. ほとんどの家庭が3～5t程度の雨水貯留タンクを備え、主に飲料として利用している。



写真22. 東部配水池新設サイトは広大な石切り場である。



写真23. 西部配水池新設サイトはT字路の一角にある。



写真24. 東部配水主管新設サイトは、入り江沿いで泥濘地であるうえ、灌木に覆われている。

1. 要請の背景及び経緯	1
2. プロジェクトの概要	2
2-1 当該セクターの現状	2
2-1-1 給水人口	2
2-1-2 給水地区	2
2-1-3 給水諸元	5
2-1-4 給水圧の状況	5
2-1-5 雨水の利用状況	6
2-1-6 水因性疾病	6
2-1-7 国家開発計画	6
2-1-8 セクター計画	6
2-2 既存施設の概要	7
2-2-1 水源	7
2-2-2 配水施設	8
2-3 他ドナーの援助動向	9
2-3-1 オーストラリア (AusAID)	9
2-3-2 その他の援助	10
2-4 プロジェクトの効果	10
2-4-1 給水量の確保	10
2-4-2 維持管理の改善	10
2-4-3 給水水質の汚染防止	10
2-4-4 経営の改善	11
2-5 実施体制	11
2-5-1 組織	11
2-5-2 要員	12
2-5-3 財務状況	12
2-5-4 機材	13
2-5-5 ワークショップ及び倉庫	14
2-5-6 施設管理	15
2-5-7 水質管理	15
2-6 サイトの状況	16
2-6-1 地形	16
2-6-2 地質	16
2-6-3 気温	16
2-6-4 雨量	17
2-6-5 自然災害	17
2-6-6 地下水	18
3. 適正な協力範囲・規模等	21
3-1 本計画の妥当性	21
3-1-1 本計画の位置付け	21

3-1-2 本計画の無償資金協力としての妥当性.....	21
3-2 計画対象地区.....	21
3-2-1 重要性および優先度.....	21
3-2-2 用地取得.....	21
3-2-3 施工性.....	21
3-3 施設建設.....	22
3-3-1 井戸の新設.....	22
3-3-2 配水池の増設 (Mataki'eua 地区)	22
3-3-3 高架タンクと送配水本管の新設.....	22
3-3-4 既設 AC 配水本管の敷設替え.....	23
3-4 供与対象機材.....	23
3-4-1 漏水検知機材.....	23
3-4-2 配管工事用機材.....	23
3-4-3 車両.....	24
4. 本格調査実施の方向性.....	25
4-1 基本方針.....	25
4-2 必要な調査項目.....	26
4-2-1 水理地質.....	26
4-2-2 水質分析.....	26
4-2-3 土質調査.....	26
4-2-4 測量.....	26
4-2-5 配水管網の水理解析.....	26
4-2-6 漏水調査.....	27
4-2-7 管材の現況調査.....	27
4-3 調査スケジュール.....	27
4-3-1 調査実施上の留意点.....	27

資料

1. 協議議事録
2. 調査団構成
3. 調査日程
4. 主要面会者リスト
5. 協議経過 (記録)
6. 漏水調査依頼内容
7. 関連資料

1. 要請の背景及び経緯

トンガ王国（以下「ト」国）の首都ヌクアロファ市では、1966年に建設された井戸を水源とする上水道システムによって住民家屋の約80%に水が供給されている。しかし、30年以上経過した現在では、施設および機材の老朽化が著しく、井戸施設、配水管等が故障・破損しているものの適切な改修がなされていない。また、必要資材も十分確保されていないために、不明水は50%以上にも達しており、給水地区の人口増加（66年当時より倍増）に対して供給能力が追いつかない状況にある。このため、住民の40%が水不足に悩まされている。さらに、配水管の破損箇所から汚染水が逆流することにより水因性疾病の恐れも有り、同市の給水状況の悪化は深刻な問題となっている。一方、不足分を補うために水源の取水量を増やした結果、地下水の塩分濃度が上昇しWHOの水質基準の上限に近づいてきている等、限られた水源の有効活用が課題となっている。

現在、同国水道局に対しては、オーストラリア政府（AusAID）により組織強化・訓練プログラム（1995～2000）が実施されており、主に人材育成面での協力が進められているところであるが、今般、同国政府は施設整備及び資機材調達等に関し本計画を策定し、我が国の無償資金協力を要請してきた。

本調査団が確認した要請内容は、以下のとおりである。

(1) 施設

- ① 15本の井戸と3本のモニタリング用井戸及び配管の建設
- ② 既設配水池敷地内の配水池増設
- ③ 塩素消毒装置の設置
- ④ 2カ所の高架タンク及び配水本管の建設
- ⑤ 新設高架タンクへの送水本管の敷設
- ⑥ Popua及びSopu地区への配水本管の敷設
- ⑦ 既設アスベストセメント（AC）管の敷設替え

(2) 機材

- | | | |
|---|-------------------|----|
| ⑧ | 漏水探知器及び漏水探知用バルブ | 1式 |
| ⑨ | バックホー | 1台 |
| ⑩ | 溝掘削機 | 1台 |
| ⑪ | ダンプトラック（8t） | 1台 |
| ⑫ | バン | 1台 |
| ⑬ | ダブルキャブピックアップ（4WD） | 1台 |
| ⑭ | パイプ切断機 | 1台 |
| ⑮ | コンクリートカッター | 1台 |
| ⑯ | 突き固め機 | 1台 |
| ⑰ | 上記⑧～⑯用スペアパーツ | 1式 |

2. プロジェクトの概要

2-1 当該セクターの現状

2-1-1 給水人口

首都のヌクアロファ市が位置するトンガタブ島には河川がなく、水道水は全て地下水を水源としている。全国の都市給水を担当するトンガ水道局 (Tonga Water Board: TWB) はヌクアロファ近郊の Mataki'eua にある配水池を通してヌクアロファ市全域へ給水を行っている。

給水地区の人口は、1996 年の統計によると 29,509 人である。1986 年から 1996 年の 10 年間の人口増加率は地区全体で 7% (平均年率 0.45%) で、「ト」国全体の増加率約 3% を大幅に上回っている。首都圏の給水需要の拡大が顕著であるが、今後は年率 0.3% 程度の人口増加にとどまる見込みである。なお、TWB が給水を行っている給水地区は、人口統計区分上のヌクアロファ市に東西の地区を加えた地域である。表 1 に給水地区の人口推移を示す。

表 1 ヌクアロファ (給水地区) の人口推移

(単位: 人)

地区名	1986	1996
Kolofou	10,014	8,958
Maufanga	4,924	5,961
Popua	617	1,195
Takutonga	220	341
Kolomotu'a	6,415	7,064
Haveluloto	3,070	3,300
Tofoa/Koloua	2,298	2,690
合計	27,588	29,509

出典: 1996年人口統計

2-1-2 給水地区

ヌクアロファ市の給水地区は No. 1~19 までの 18 地区 (No. 9 は欠番) に分かれており (図 1 参照)、その状況は表 2 に示すとおりである。給水地区の面積は、約 45km² である。

図1 ヌクアロファア市給水ブロック

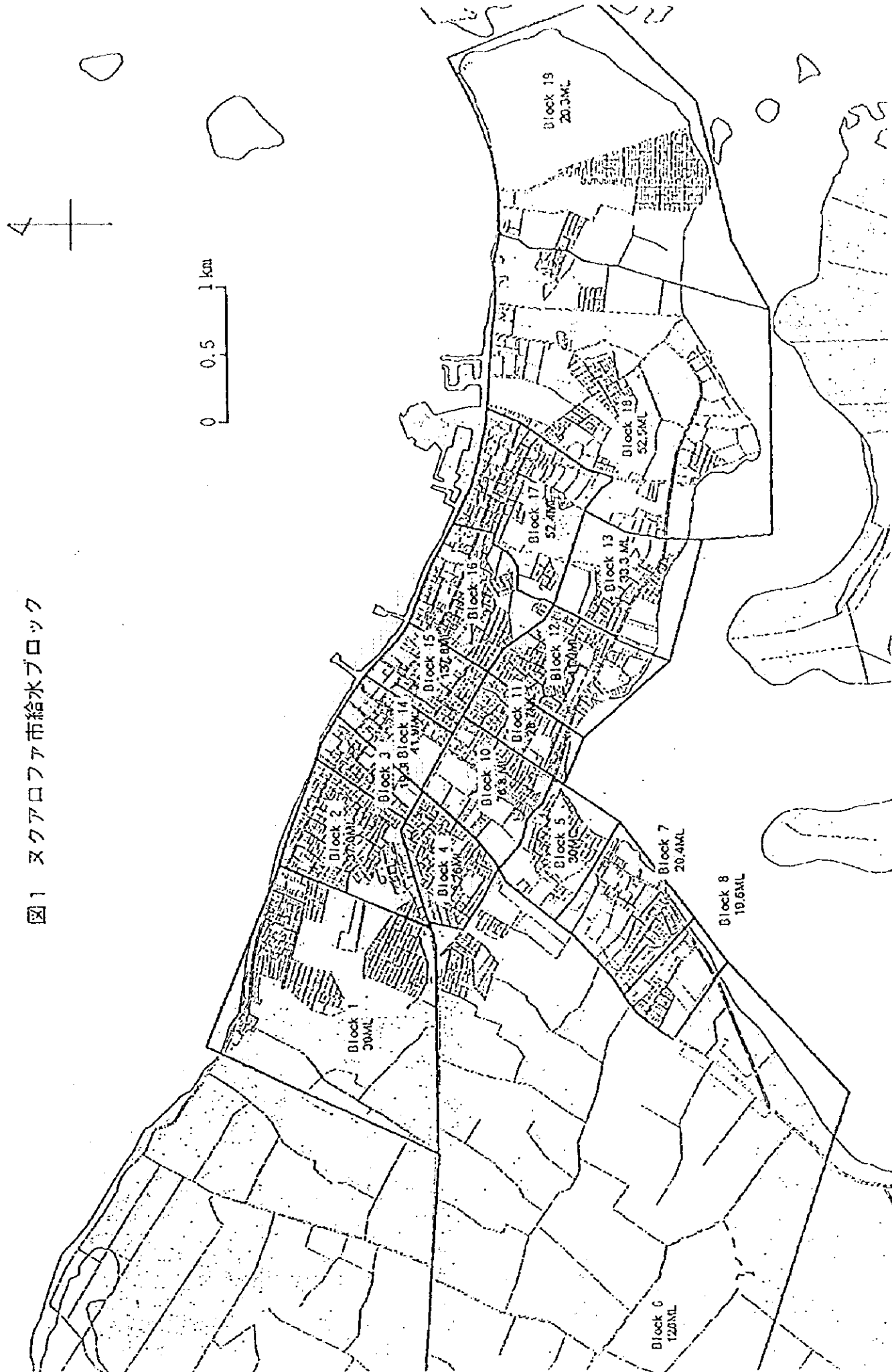


表 2 給水地区別給水状況 (1998年11月現在)

No.	地域名	面積(km ²)	給水世帯数	給水人口	消費量			水圧(kg/cm ²)			対計画値不足量	
					月(ML)	日(ML)	一人当り (l/c·d)	午前 0:00	午前 6:00	午後 12:00		
1	Sopu	4.706	379	1,832	4.67	0.155709	84.5	2.2	11.2	5.5	-45.5	-35%
2	Kolomotu'a	1.717	322	1,565	4.68	0.156149	99.8	8.0	10.2	5.4	-30.2	-23%
3	Kolomotu'a	0.563	97	471	1.74	0.057916	122.8	10.1	8.8	5.9	-7.2	-6%
4	Longoongo	1.119	261	1,269	3.48	0.115957	91.4	9.6	9.0	5.7	-38.6	-30%
5	Fanga	1.536	177	860	3.74	0.124544	144.8	10.4	7.2	8.7	14.8	11%
6	Tu'atakilangi-Tofoa	8.475	681	3,310	17.15	0.571606	172.7	10.9	10.8	10.9	42.7	33%
7	Havelu	1.250	319	1,550	3.98	0.132623	85.5	10.8	10.2	10.6	-44.5	-34%
8	Havelu	0.792	158	768	2.21	0.073750	96.0	10.7	8.9	2.2	-34.0	-26%
10	Kolofo'ou	1.450	224	1,089	6.09	0.203127	186.6	8.2	6.9	0.1	56.6	44%
11	Kolofo'ou	0.820	183	889	3.48	0.116037	130.5	8.4	7.2	3.6	0.5	0%
12	Ngele'a	1.493	317	1,516	4.63	0.154232	101.7	8.9	6.7	7.9	-28.3	-22%
13	Halaleva	1.583	182	885	3.23	0.107779	121.8	7.6	7.0	2.6	-8.2	-6%
14	Central	0.900	133	646	4.05	0.134565	208.6	9.7	5.6	9.0	78.6	60%
15	Kolofo'ou	1.117	239	1,162	6.02	0.200540	172.6	9.5	8.2	5.0	42.6	33%
16	Fasi-moe-Afi	1.675	333	1,618	4.26	0.141914	87.7	8.1	7.6	4.8	-42.3	-33%
17	Ma'ufanga	1.975	394	1,915	6.83	0.227708	118.9	6.9	6.1	3.9	-11.1	-9%
18	Houmakahekao	8.185	394	1,915	6.11	0.203590	106.3	5.7	5.9	2.5	-23.7	-18%
19	Popua-Patangata	5.988	178	865	1.33	0.044332	51.2	2.7	2.9	2.7	-78.8	-61%
合計/平均		45.344	4,966	24,136	87.67	2.922383	121.1	8.2	7.8	5.4	-8.9	-7%

出典：TWB

(1)西部地区 (No.1~4)

配水本管から比較的近い地区であるため、ある程度の水圧を確保できるが、時間帯によっては低水圧になり十分な給水を得られない。特に、海岸沿いの一部小高い地区では極端に水圧が低下する。最も西側の地区 Sopu(No.1)では、全体で2番目に低い給水量になっている。

(2)中央地区 (No.5~12,14~16)

官公庁、ホテル、商店等が集中する中心街を抱えるが、配水本管沿いの地区であり、スムーズに給水されている。

(3)東部地区 (No.13,17~18)

配水本管から最も遠い地区が広がり、東に行くほど低水圧傾向が大きくなる。特に、最東端の Popua 地区 (No.19) では、水圧がほとんどゼロに近い世帯もあり、地区全体の給水量も目標値 (140l/c·d) に対して60%以上と群を抜いて不足している。

給水地区では、平均 120l/c·d の給水を実現しており、絶対的に供給量が不足しているわけではないが、低水圧により十分な給水を得られない世帯が多数存在する。全地区の給水状況を改善するためには、給水のアンバランスを是正することが重要といえる。また、標高約 25m の配水池から自然流下で配水しているにも関わらず、給水地区内の最高水圧が 1.08kg/cm² (配水池に近いブロック No.7) に下がっており、配水管の途中で相当量の漏水が発生していることを窺わせる。

2-1-3 給水諸元

1998年11月現在、給水地区6,108世帯（配管済み）のうち4,966世帯に給水しており、給水率は81.3%となるが、残りの世帯は料金未払い等による給水停止世帯であり、1998年現在では、給水地区で約98%の世帯への給水を計画している。

表3にTWBの実績と計画に基づく需要量と供給量の推移を示す。

表3 需要量と供給量の推移

	1996	1998	2001	2011
給水地区人口 ^{*1} (人)	29,509	29,686	29,954	30,865
計画給水人口 (人)	28,919	29,092	29,654	30,556
計画1人1日平均給水量(1/c/d)	120	140	150	180
家庭用需要量 (m ³ /日)	3.47	4.07	4.45	5.50
その他 (m ³ /日)	0.18	0.21	0.23	0.29
需要量合計 (m ³ /日)	3.65	4.29	4.68	5.79
有収水量 ^{*3} (m ³ /日)	5.82	6.90	7.00	7.20
不明水 ^{*3} (m ³ /日)	2.50	3.63	2.10	1.45
全体比	43%	53%	30%	20%
供給量合計 (m ³ /日)	6.15	7.92	6.78	7.24
供給不足量 (m ³ /日)	-0.33	-1.02	0.22	-0.04

注) *1: 年間人口増加率0.3% (1996年人口統計より)

*2: 1998年の値は、中央10地区の平均給水値に基づく

*3: 1996年及び1998年は実績、2001年及び2011年はAC管の敷設替えとTWBの自助努力により漏水状況が改善された場合の仮定値

出典: TWB

1996年及び1998年の実績では計画給水量に対して不足が発生しているが、一方、現在の漏水が配水管の敷設替えとTWBの自助努力により大幅に改善されると仮定した場合には、現在のレベルの供給量で、相当年数に渡り需要量に応えられる見通しである。

2-1-4 給水圧の状況

配水本管から離れた遠隔地区では、主に漏水が原因と考えられる慢性的な水圧不足に直面しており、住民の苦情に応え、特に低水圧傾向が強い東側地区の給水圧を確保することを目的として、1986年に給水地区のほぼ中央東側に増圧ポンプを設置した。しかし、ポンプを稼働させると、ポンプに近い地区では十分な水圧が得られる一方で漏水量も増加し、ポンプから遠い地区まで十分な水圧を確保できない。このため、低水圧地区では早朝から水道栓を開放して、水道水を溜め置いている他、特に水圧が低い世帯では、雨水に頼らざるを得ない状態である。

また、市の西側にも低水圧地区が広がっているものの、効果的な対策がとられていない状況である。

2-1-5 雨水の利用状況

雨水は、水道水に比べ塩分・硬度共に低く（簡易水質分析器の測定結果では雨水の全溶解性物質(TDS)は水道水の 1/10～1/15 程度であった）、口当たりが良いため、給水地区全域に渡り飲料用として好んで利用されている。政府も雨水の補助的な利用を奨励しており、ほとんどの世帯がコンクリート製の雨水貯留タンク（容量 3m³～5m³）を備えている。住民は、雨水を飲料水と生活用水の一部（洗濯等）に限って利用しており、水道水と共用している限り年間を通じ利用できるが、雨水への依存度が高い低水圧地区では、乾季のピーク（6、7月）になるとタンクが干上がり、貯水容量に余裕のある近隣家庭から雨水を分けてもらっている家庭もある。

このように、雨水を飲料とすることへの住民の嗜好は強く、仮に十分な量の水道給水が行われたとしても、水質が抜本的に改善されたうえに水道料金引き下げ等の努力が払われない限り、この使い分けは続くものと見込まれる。

2-1-6 水因性疾病

1992 年のマスタープラン（2-1-8 参照）では、水道水の水質については健康上問題はないとしており、保健省でも、現在水因性疾病として特定している疾病はない。しかし、下水道施設が整備されてなく、各家庭の汚水処理は地下浸透式の浄化槽（腐敗式）を用いていることから、特に低水圧地区では汚水が給配水管内に進入することが懸念される。また、乾季に雨水貯留タンクの貯水量が減少した場合には、タンク内の水質悪化も危惧されるが、現在のところ雨水の水質が原因と見られる疾病の問題は顕在化していない。

2-1-7 国家開発計画

首相府中央計画局は、1998～2001 年を対象とした第 7 次国家開発計画を策定中であるが、これに先行して策定された同計画のガイドラインによると、公共投資の優先分野としては、保健・教育・交通基盤の他に給水および公衆衛生が重点的に位置付けられている。このため政府は、総合的な社会経済の発展を目標にこれらの分野に優先的に投資することを明示している。

2-1-8 セクター計画

「ト」国政府は、オーストラリア政府の援助を受けて、1992 年にトンガ給水計画マスタープラン(TONGA WATER SUPPLY MASTERPLAN(1992)) を策定した。このマスタープランでは、全国を 25 の地区に区分し地区毎のマスタープランを策定しており、本計画はヌクアロファ地区のマスタープランにおける緊急改善計画に基づいている。この改善計画では、特に増圧ポンプに代わる高架タンク新設による Popua 地区の低水圧改善を緊急課題としている。

マスタープラン策定後、オーストラリア政府の援助による組織強化等が実施されているが、施設の建設、配水管の敷設替え等の大規模な事業は行われていない。

2-2 既存施設の概要

2-2-1 水源

ヌクアロファ市の中心街より、西南へ向けて 5km の地点に、同市の水源である井戸群がある。28本の井戸が稼動しており、小高い丘の上に設置された配水池（標高 25m）へ 24 時間運転で揚水されている。

28本のうち、2本は据置型の電動遠心ポンプを使用しており、26本がディーゼルエンジンを動力としたベルト駆動方式のタービンポンプである（ただし、この内3本には電動ポンプが併設されている）。ポンプの能力は 2ℓ/sec～3ℓ/sec であり、現在の井戸 28本の合計揚水量は、6,940m³/日となっている。（表4参照）

表 4 既存井戸一覧

No.	深度 (m)	ケーシング径 (mm)	出口パイプ径 (mm)	ポンプタイプ	動力	モーター設置	1秒当り揚水量 (Vs)	1日当り揚水量 (m ³ /日)	稼動時間	耐井方法及び年		状況
										方法	年	
101	12.9	150	80	タービン	ディーゼル	有	3.98	0.34	24	手掘	1966	2.4
102	18.6	150	50	タービン	ディーゼル	有	3.79	0.33	24	手掘	1966	2.4
103	12.9	150	50	タービン	ディーゼル	有	2.98	0.26	24	手掘	1966	2.4
104	ケーシング落下により使用停止											
105	15.6	150	50	タービン	ディーゼル	有	2.53	0.22	24	手掘	1966	2.4
106	18	150	50	タービン	ディーゼル	有	2.79	0.24	24	手掘	1966	2.4
107	12.9	150	50	タービン	ディーゼル	有	2.96	0.26	24	手掘	1966	2.4
108	15.6	150	50	タービン	ディーゼル	無	2.59	0.22	24	掘削	1966	1.2,3,4
109	10.8	150	50	タービン	ディーゼル	有	1.23	0.11	24	手掘	1966	1.2,3,4
110	15.6	150	50	タービン	ディーゼル	有	1.54	0.13	24	手掘	1966	1.2,3,4
111	9.6	150	80	タービン	ディーゼル	無	2.59	0.22	24	手掘	1966	1.2,3,4
111E	-	-	50	遠心	電気	無	2.59	0.22	24	-	-	1.2,3,4
112	15	150	50	タービン	ディーゼル	有	1.10	0.10	24	手掘	1972	1.2,3,4
113	18.9	150	80	タービン	ディーゼル	有	4.39	0.38	24	手掘	1966	3
114	15.6	150	50	タービン	ディーゼル	有	1.86	0.16	24	掘削	1970	1.2,3,4
115	14.4	150	80	タービン	ディーゼル	有	2.32	0.20	24	手掘	1966	1.2,3,4
115E	-	-	50	タービン	電気	有	3.18	0.27	24	-	-	2.3
116	15.6	150	50	遠心	ディーゼル	有	2.49	0.22	24	掘削	1976	1.4
117	15.6	150	80	タービン	ディーゼル	無	2.59	0.22	24	手掘	1966	1.2,3,4
117E	-	-	50	遠心	電気	有	1.67	0.14	24	-	-	1.2,3,4
118	14.1	150	50	タービン	ディーゼル	有	3.08	0.27	24	掘削	1972	OK
119	14.1	150	50	タービン	ディーゼル	有	2.28	0.19	24	手掘	1966	1.2,3,4
120	14.1	150	50	タービン	ディーゼル	有	2.53	0.22	24	掘削	1972	1.3,4
121	11.7	150	50	タービン	ディーゼル	有	3.10	0.27	24	掘削	1972	OK
122	19.8	150	50	タービン	ディーゼル	有	2.95	0.25	24	掘削	1976	1.3,4
123	11.1	150	50	タービン	ディーゼル	有	3.56	0.31	24	掘削	1997	OK
124	26.7	150	50	タービン	電気	有	2.20	0.19	24	掘削	1983	1.3,4
125	9.9	150	50	タービン	ディーゼル	有	3.02	0.26	24	掘削	1987	1
127	9.3	150	50	タービン	ディーゼル	有	2.66	0.23	24	掘削	1987	1.4
129	8.7	150	50	タービン	ディーゼル	無	2.59	0.22	24	掘削	1987	1.4
130	塩水化により使用停止											
131	塩水化及びケーシング落下により使用停止											
211	18.9	150	65	タービン	電気	有	2.26	0.20	24	掘削	1980	1.4
212	18.9	150	50	タービン	ディーゼル	有	0.96	0.08	24	掘削	1980	1.2,3,4
							80.33	6.94				

注) 1. モーター無しのポンプの揚水量はその他のポンプの平均と仮定
2. 状況凡例: 1. 油漏れ, 2. ポンプ老朽化, 3. エンジン台座破損, 4. 可動部劣化

出典: TWB

井戸の中には建設から 30 年以上たった古いものもあり、ポンプ及びエンジンの老朽化等により、初期設計容量が確保されていないが、比較的メンテナンスが行き届いており、28 台のポンプ全部が稼動している。しかし、井戸のポンプ室回りの床及び土壤に燃料のディーゼル油がかなり漏れており、ディーゼル油の地下への浸透が懸念される状況である。

2-2-2 配水施設

(1) 配水池

井戸群より揚水された水は一旦小高い丘の上（標高 25m）に設置されたコンクリート製の配水池に貯水される。配水池は No. 1 から No. 6 まで 6 池あり容量は①314m³、②323m³、③479m³、④286m³、⑤1,055m³、⑥1,055m³、計⑥3,512m³である。各配水池（同水位）の水は地下配管を通して No. 4 に集められ、バッチ方式による塩素消毒を施した上で配水される。

(2) 配水管

配水池の水は、自然流下方式にて市内に送られているが、配水本管から直接給水もされており、非効率な配管構造となっている。配管の内訳は表 5 に示すとおりであり、材質はアスベストセメント管（AC 管）及び塩化ビニール管（PVC）である。

表 5 配管内訳一覧

径 (mm)	延長 (m)	材質	敷設年	使用目的	メーター 設置数
300	3,799	AC	1966	配水本管	1
250	5,079	AC	1966	配水本管	
200	1,710	AC	1966	配水本管	1
150	7,599	AC	1966	配水本管	1
100	16,551	AC	1966	配水本管	2
AC管延長	34,738				
80	13,581	PVC	1991	配水本管	6
65	38,746	PVC	1991	配水管	
50	11,253	PVC	1991	配水管	
40	1,515	PVC	1991	配水管	
32	1,565	PVC	1991	給水管	
25	1,251	PVC	1991	給水管	
20	45	PVC	1991	給水管	2,036
18	951	PVC	1991	給水管	
15	249	PVC	1991	給水管	4,072
PVC管延長	69,156				
配管総延長	103,894				

出典：TWB

最近3年間のAC管とPVC管の修理実績を比較すると、1km当たりの修理回数で、AC管はPVC管の約10倍の頻度になっており（表6参照）、1966年の建設当時から使用されているAC管の老朽化が、漏水の大きな原因となっていることが窺える。

AC管は4m毎に継手で接続されているが、この継手に使用されている生ゴム製のパッキンが土中のバクテリアに浸食されて、半分以下に欠損しパッキンの役目を果たしていない状態である。AC管からの漏水の大部分は、このパッキンの欠損に起因するものと推測される。なお、1998年の修理回数が20回と極端に少なくなっている

のは、修理個所の減少によるものではなく、需要家から給水管回りのクレームが多く、その修理に追われていたためである。

表 6 AC管とPVC管の修理実績の比較

単位：回

AC管 (Mataki'eua - Matelalona Rd間約3.5km)	1996			1997			1998		
	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1996	1997	1998
1月	7	5	12	7	19	0	7	19	0
2月	8	9	1	9	10	-	9	10	-
3月	5	6	0	6	7	4	6	7	4
4月	8	10	1	10	0	10	10	0	10
5月	4	13	0	16	0	11	16	0	11
6月	3	9	0	13	10	8	13	10	8
7月	6	3	0	28	10	17	28	10	17
8月	7	8	3	13	10	-	13	10	-
9月	9	9	2	20	12	11	20	12	11
10月	8	5	0	22	20	11	22	20	11
11月	6	7	1	13	12	8	13	12	8
12月	2	8	-	18	0	-	18	0	-
小計	73	92	20	175	110	80	175	110	80
修理回数合計	185			365			365		
延長	3.5km			69.2km			69.2km		
1kmあたり修理回数	52.9			5.3			5.3		

出典：TWB

(3) 給水管

配水管網により配水された水は、直径 20mm から 15mm の PVC 管で各家庭に給水されている。給水メーターは、道路脇に埋設されている配水管より 1m の位置に設置され、これを通して各家庭に接続されている。

給水管網の敷設は 1991 年と比較的新しいため、経年変化による劣化は少ないが、小経管のため外部からのダメージに弱く、パイプの破損修理、水道メーターの取替え等が増加している。

2-3 他ドナーの援助動向

2-3-1 オーストラリア (AusAID)

TWB 全体の組織強化と職員的能力向上を目的とした組織強化・訓練プログラムが 1995 年に開始されており、現在 4 年目を迎えている。予算規模は、計画全体で 5M 호주ドル (1A\$=72 円：平成 10 年 12 月現在) である。

オーストラリア政府との契約で 3 名からなる民間コンサルタントチーム (会社名：ACTEW Corporation) が結成され、チームリーダーが TWB に常駐している。組織の各部

署別に作成したプログラムに応じて10数人のスタッフが数週間から数ヶ月のペースで参加する。TWB内での研修の他、国内外への留学による人材育成を実施しており、オーストラリアを中心に年間数名ずつの留学生を派遣しているほか、ACTEWでも現在までに4名の研修生を受け入れている。最終的には計8名の受け入れを予定しており、プログラム終了後もTWBに対しフォローアップを行う体制とのことである。また、漏水対策担当班もこのプログラムを通じて組織され、漏水対策の専門家が数ヶ月に1度の割合で派遣されている。

機材としては、コンピュータ、データロガー、漏水対策用メーター、日常作業用の工具類等が供与された。また、1998年9月、本プログラムの一環として、Mataki'eua 井戸群敷地内にワークショップを備えた管理棟が建設され、ポンプ、エンジン等も併せて供与された。なお、予算を全て消化したため本プログラムにおける機材供与は終了した。

同プログラムでは、漏水対策チームの教育、データのコンピューター管理等を始めとして施設・機材の維持管理面において本計画と密接な関係を持っているが、1999年12月で終了し、現在のところ延長の予定はない。

2-3-2 その他の援助

1998年12月現在、AusAID以外の水道関連の援助は実施されてなく、将来の計画もない。

2-4 プロジェクトの効果

2-4-1 給水量の確保

現在の漏水は、AC管の老朽化が主な原因であり、AC管の敷設替えにより大幅な漏水の減少が可能であると考えられる。これにより、将来に渡り揚水量を増加させることなく需要量をカバーでき、同時に過剰揚水による地下水源の塩水化を防ぐことが期待できる。漏水の減少による給水量を確保した上で、給水地区の水圧のバランスを改善することにより、現在の低水圧地区でも十分な給水を受けられるようになり、恒常的な給水不良の状態を解消できる。

2-4-2 維持管理の改善

配水本管（AC管）からの漏水が減少すれば、TWBは、給水管周りの漏水等配水本管の漏水以外の不明水対策に集中的に取り組めることになり、効率的に維持管理の改善が行えると期待できる。

2-4-3 給水水質の汚染防止

現時点では水道水の水質は健康上問題がないとされているが、低水圧地区では漏水箇所からの汚染の恐れがあり、低水圧が改善されれば水質汚染を未然に防ぐことができる。

2-4-4 経営の改善

不明水の減少と有収水量の増加により、料金収入が増え財務状況が改善される。それにより、漏水対策の強化、老朽施設の更新などの支出を増額することができ、サステナブルな水道事業に踏み出す基礎ができる。

2-5 実施体制

2-5-1 組織

1966年、ヌクアロファ市に現在の給水システムが建設されると同時に、それまでWHOの協力を得て保健省が行っていた村落給水事業から、都市給水の担当機関としてTWBが独立した。TWBは、全国の都市給水について、水道水の供給と施設の維持管理・拡大の責務を負っており、建設大臣を議長とする理事会の議決に基づき運営管理されている。議長以外の理事会メンバーは、TWB局長、主席書記官、保健局長、建設局長、大蔵省会計長官および枢密院より指名された3名の消費者代表より構成される。理事会の下には、5名の委員からなる委員会が設置され、理事会への助言を行うと共に、TWBの運営管理のモニタリングを行っている。

TWBは、「ト」国を構成する3つの諸島の中心地に、局長直轄の4カ所の事務所を置き、各々配水管による給水を行っており、本計画はヌクアロファ事務所が実施を担当する。ヌクアロファ事務所はTWB最大の事務所で、総勢108名のTWB職員のうち、69名が従事している。TWBの組織図を図2に示す。

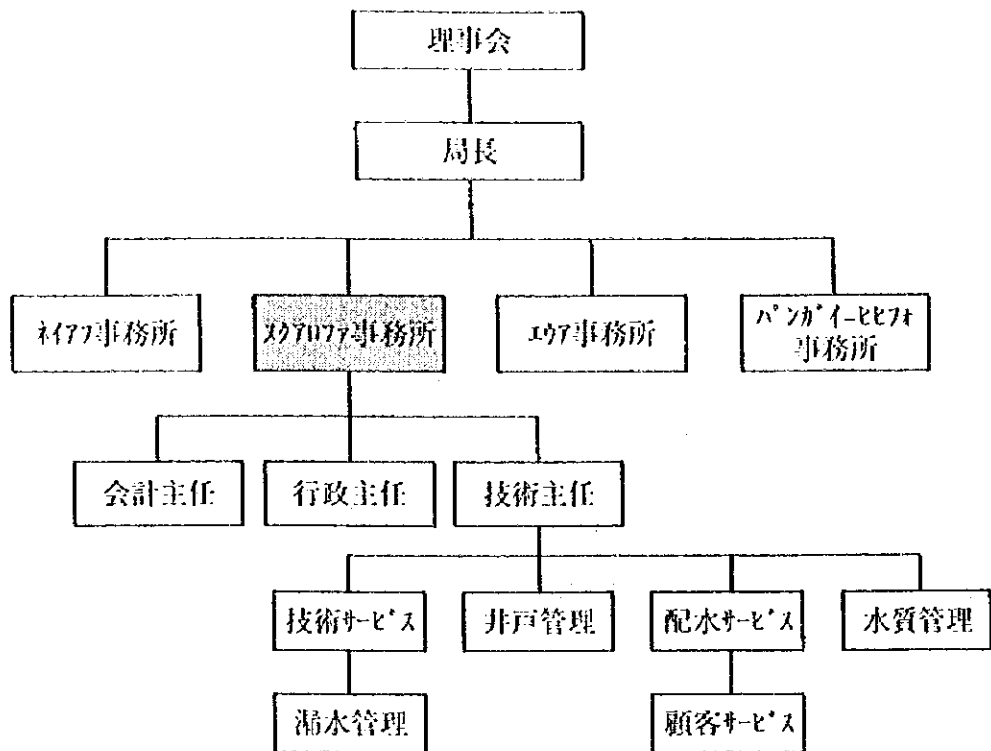


図 2 TWB 組織図

一方、村落給水は、依然として保健省が管轄している。ひとつの地下水源を効率よく管理して利用するためには、都市給水と村落給水の一元管理が望ましく、TWB もそのように要望しているが、現在のところ具体的な計画は存在しない。

2-5-2 要員

69名の職員のうち、給水に直接関与する技術サービス部門には32名が配置されている。主に職員の技術・経験不足が原因となり職員数が過剰傾向にあったが、AusAIDプログラムによる会計部門を中心としたコンピューター化とポスト削減により、1996年から1997年にかけて、大幅な人員削減が行われた。国内での人材育成機能が十分整備されていない状況の中、毎年オーストラリア、ニュージーランド等に海外留学を行って技術レベルの向上を図っている。1996-1997年度には、国内研修を含め延べ12名が外部機関での研修を受けており、人材面での強化は順調に進んでいる。

2-5-3 財務状況

国からの予算割当てではなく、水道料金徴収を唯一の財源としている。設立以来長期間の赤字経営が続いたが、1994年に黒字に転じ、ここ3年間は200,000～300,000T\$ (1T\$=75円：平成10年12月現在)の純益を計上しており、経営体質は大幅に改善されつつある。ただし、現在も組織の体制強化についてはオーストラリア政府の援助を受けているなど、施設の建設、AC管の敷設替え等の大規模な投資を行う余裕はない状況にある。

表 7 最近5年間の収支

項目	1993	1994	1995	1996	1997
収益					
水道料金収入	1,192,176	1,278,926	1,330,282	1,476,483	1,579,490
収益合計	1,192,176	1,278,926	1,330,282	1,476,483	1,579,490
支出					
管理費（人件費を含む）	712,682	617,445	292,132	394,269	447,573
運営費	64,712	154,281	168,320	178,994	192,515
化学薬品	3,558	1,853	3,205	8,518	3,333
電気	141,726	125,731	119,950	135,661	37,597
軽油	70,863	83,820	79,967	67,830	75,193
修理	22,412	27,874	25,414	14,840	129,243
運営費小計	1,015,953	1,011,004	688,988	800,112	885,454
非現金費用					
減価償却費	126,894	216,380	120,626	180,005	187,311
貸倒引当金	52,019	—	20,330	7,086	—
その他	—	33,074	33,009	33,803	29,494
非現金費用小計	178,913	249,454	173,965	220,894	216,805
財務費用	3,963	—	221,726	180,996	175,464
支払利息	18,037	15,042	9,405	3,036	2,976
財務費用小計	22,000	15,042	231,131	184,032	178,440
支出合計	1,216,866	1,275,500	1,094,084	1,205,038	1,280,699
損益	-24,690	3,426	236,198	271,445	298,791

出典：TWB

水道料金については、1996-1997年度まで、使用量に応じて4段階に区分した料金制度を採っていたが、住民から複雑で分かりにくいとの苦情が続いたため、1997-1998年度より、一律料金制度（0.00112seniti/l [100seniti=1T\$]：最低料金 T\$5.10）を採用した。1998年11月現在、料金を全く遅延なく納付している世帯は約25%に止まり、残る世帯はいくらかの滞納期間があるが、料金収入全体としては増加を維持しており大きな問題とはなっていない。料金滞納期間が相当以上に及んだ場合は、止水栓による一時的または恒久的な給水停止の措置をとるが、明文規定はなく担当者の裁量に委ねられている。

2-5-4 機材

現在 TWB では、現場の掘削等は全てスコップ等による手作業で行なっており、バックホー、掘削機等の動力機材はない。保有機材は、管路関係では圧力計、水量計、水質関係では電導率計、pH計等の測定機器が主体で、機材の使用状態は特に問題がないが、漏水検知器は熟練を要する聴診器式のものがあるだけで、漏水防止対策を実施するためには不十分である。その他移動・運搬用にピックアップトラック等9台の車両

を有する（表 8 参照）。また、建設省が牽引式のロータリー型掘削機（最大掘削深度 45m）を 1 台有しており、井戸掘削にはこれを使用している。

表 8 保有機材一覧

	機材名	数量	備考
測定器類			
1	圧力計	2	
2	分光式流量計	2	配管用メーターに使用
3	分光式圧力計	1	配管用メーターに使用
4	水準器	1	
5	聴診器	1	
6	ラップトップコンピュータ	1	
7	コンピュータ制御作図器	1	
8	プリンター	1	
9	細菌培養器	1	
10	電気伝導率測定器	1	
11	RH測定器	1	
12	紫外線滅菌器	1	
13	深度測定器	1	井戸用
14	小型分光流量計	1	家庭用メーターに使用
15	雨量測定器	1	
16	ハック式分光器	1	
17	蒸気滅菌器	1	
車両			
1	ピックアップ4WD	2	ダブルキャビン
2	ピックアップ2WD	2	ダブルキャビン
3	ワゴン	1	1BOX、7人乗り
4	ミニバン	1	8人乗り
5	トラック	1	ダブルキャビン、1トン
6	トラック	1	2トン、リフト付き
7	乗用車	1	4ドア

出典：TWB

2-5-5 ワークショップ及び倉庫

TWB 事務所と Mataki'eua 配水池敷地内に各々設備がある。

(1) TWB 事務所内

ワークショップは小規模で、水道メーターの修理及び小径管の仮組み等が主体である。倉庫には PVC 継手類、バルブ類がよく整理された状態で保管されている。

(2)配水池敷地内

1998年9月、AusAIDプログラムの一環として新設された管理棟にワークショップが設置されている。これは、井戸ポンプとポンプ用ディーゼルエンジンおよび電気モーターのメンテナンスを主目的としており、スペアパーツも専用棚を設置して整理されている。また、天井クレーン及び車両検査用の検査溝も備え車両の定期点検も行っている。パイプ、メーター等の配管資材は、従来から使用している倉庫に保管しており、建物は老朽化しているものの保管状況としては良好である。

2-5-6 施設管理

(1)井戸群

担当要員が2日に1回車で井戸小屋を巡回し、エンジン・ポンプの点検を行うとともに、エンジン燃料を補給している。

(2)配水管網

TWBの事務所には、夜間でも最低1人の維持管理要員が詰めており、緊急の事態に備えている。住民からの通報（パイプの破損、漏れ等）により、要員はただちに上司に報告、指示を仰いで修理機材及び配管工を手配し、現場に駆けつける体制となっている。住民の通報から修理班が現場に到着するまでの所要時間は、約4時間から5時間とのことである。

(3)漏水対策

1996年によく3名からなる漏水担当班を設置し、積極的な漏水対策に乗り出したばかりである。以下の3つの方法により漏水発見に努めている。

- ①配管網を踏査し、土壌の湿り等で発見する。
- ②聴診器で漏水音を探知する。
- ③流量測定器、圧力測定器等を用いて、特定地区の流量、圧力を測定し、漏水箇所を推定する。

また、最近では、配水管の途中にメーターを設置し、メーター間の流量と、全体の供給量および消費量との比較から漏水箇所を特定しようという試みを行っているが、まだ実績を上げるまでに至っていない。漏水担当班も、住民の苦情処理窓口としての機能を優先せざるを得ないのが実状で、本来の漏水対策への取り組みが後手に回っている。漏水量は年々増加傾向にあり、漏水対策の更なる強化が必要である。

2-5-7 水質管理

Mataki'eua 配水池で、朝夕各1回ずつ、バッチ方式による塩素消毒を行っており、給水管の管末における残留塩素（基準値0.2ppm）の測定を定期的に行なっている。

市内の公共ビル、商店、工場等各地域の要所から毎月2回定期的に採水し、TWB事務所の検査室で分析している。検査項目は、①一般細菌、②大腸菌、③亜硝酸塩、④アンモニア、⑤硬度、⑥pHの6項目で、基準値はWHOのガイドラインに準じている。表

9は、ブロック No. 3 (Kolofou) の郵便局の水道水を検査した結果であるが、硬度が634mg/ℓと、日本の基準 300mg/ℓ (WHO 基準はない) と比較すると非常に高いことが分かる。

表 9 水質検査結果例

項目	検査結果	WHO ガイドライン値	備考
一般細菌	0	0	
大腸菌群	0	0	
pH 値	7.02	6.5~8.5	
亜硝酸性窒素	0.01mg/ℓ	3mg/ℓ	
アンモニア性窒素	0.098mg/ℓ	1.5mg/ℓ	
硬度	634mg/ℓ	なし	日本の基準値 300mg/ℓ

出典：TWB

2-6 サイトの状況

2-6-1 地形

トンガタブ島の地形は、北西に向かって、およそカギ状の形をした地形となっている（図3参照）。内陸には北海岸の東よりを入り口とする大きな入り江があり、西部、東部、中部の3地域に広がっている。標高は最大で65mで、島の南東部沿岸から500m内陸の地点で最高となっている。給水地区（井戸群周辺を除く）の標高は1~10mである。

2-6-2 地質

トンガタブ島は、海底の広大な褶曲により形成された隆起珊瑚礁からなっており、トンガ海溝の西部とトファ海溝の東部に位置している。表層地質は、珊瑚石灰岩より形成されている。石灰岩層の厚さは、ヌクアロファ市近辺で170m、東部海岸に向かって徐々に厚さを増し230mの厚さにまで達している。これらの石灰岩に地下水が賦存しているために、地下水の硬度が高い値を示す。

2-6-3 気温

平均気温は、年間を通して23度前後で、過去5年間の月間最低気温は10.9度、最高気温は32.4度を記録しているが、給水に大きな影響を与える要素とはなっていない。

表10に過去5年間の最高気温と最低気温の平均データを示す。

表 10 最高気温と最低気温 (1992-1996 年平均)

	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
最高	31.0	31.6	31.8	30.2	28.8	27.9	27.5	27.7	27.8	28.5	29.6	31.5	29.5
最低	18.5	20.7	20.0	17.4	14.2	14.2	14.1	12.5	15.1	15.9	16.7	19.6	16.6

出典：TWB

2-6-4 雨量

季節は雨季と乾季に分けられる。11月から4月の雨季に記録される降雨量は通年の60%強であり、雨季乾季の降雨量に極端な違いはない。5月から10月が乾季で、中でも6月から7月の降雨量が最も少なくなり、低水圧地区では利用している雨水の不足が発生する。最近10年では、雨季も含め月20mm未満の小雨を合計6回記録している。

降雨量と蒸発量の関係を見ると降雨量が蒸発量を上回っており、雨水による地下水の涵養が行なわれている（表10参照）。

表 11 最近10年の降雨量

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
1988	280	242	114	215	69	32	101	45	333	113	27	206	1,777
1989	143	726	168	153	212	47	131	55	95	140	173	111	2,154
1990	220	58	116	122	191	104	194	192	175	25	223	229	1,849
1991	325	251	164	139	42	98	29	208	53	80	24	15	1,428
1992	42	68	39	68	33	40	160	160	58	135	44	186	1,033
1993	37	97	233	85	138	29	68	342	103	37	46	69	1,284
1994	227	85	51	285	145	158	213	49	75	8	197	145	1,638
1995	69	212	184	73	48	139	101	25	38	23	81	22	1,015
1996	469	87	411	70	166	163	29	80	69	233	68	210	2,055
1997	256	405	218	161	68	18	50	126	74	103	37	65	1,581
平均降雨量	207	223	170	137	111	83	108	128	107	90	92	126	1,581
蒸発量*	164	137	139	108	89	77	85	96	116	144	152	154	1,461

*1：建設省資料（1993年）より

出典：TWB

2-6-5 自然災害

1996年1月から1998年11月にかけて地震を3回記録しているが、大きいものではなく、水道施設に関しては被害も発生していない。

2-6-6 地下水

(1) 賦存状況

トンガタブ島の帯水層は、東部 (Kolonga)、中部 (Fua'amotu)、西部 (Liahona) と3カ所にかけて広がっている (図3参照)。全帯水層の安全揚水量は、1989年現在約 52m³/日である。ヌクアロファ市の水を賄っている西部の帯水層では、約 22m³/日と推量されている。1991年現在の Mataki'eua 井戸群及び近辺村落の井戸揚水量は安全揚水量の 38%となっており、約 8.4m³/日である。最近のデータは入手できなかったが、滴養が順調に行われていることから現在でも同水準の安全揚水量を確保していると推定できる。

(2) 水質

① 塩水化

Mataki'eua 井戸群に7ヶ所のモニター用井戸があり、3ヵ月ごとに水質・水位・電気伝導度を測定している。また、取水用井戸の水質も年に1度検査している。モニター用井戸では、主に、地下水の深さと塩水化の関係、取水用井戸では経年変化による塩水化を測定している。

TWB は、WHO のガイドライン (1978年) に準じ、電気伝導率 2,500 μ s/cm を飲料水の基準 (塩素イオン換算では 600mg/l) とし、これより上の数値は飲料に不适当としているが、平均値で約 1,300 μ s/cm であり、緊急に対策を講じるほどのものではないと考えられる。WHO は1987年に、より飲料に適した給水という観点から、塩素イオンの含有量について 600mg/l から 250mg/l にガイドライン値を変更している (電気伝導率に換算すると 1,300 μ s/cm) が、上記平均値はこのガイドライン値内であり、特に現在問題になるものではないと考えられる。ただし、モニター用の井戸による水深と塩水化の関係を見ると、深くなるにつれ電気伝導率は上昇している。現在のところ問題はないが、将来に向け注意深くモニタリングを続ける必要がある。

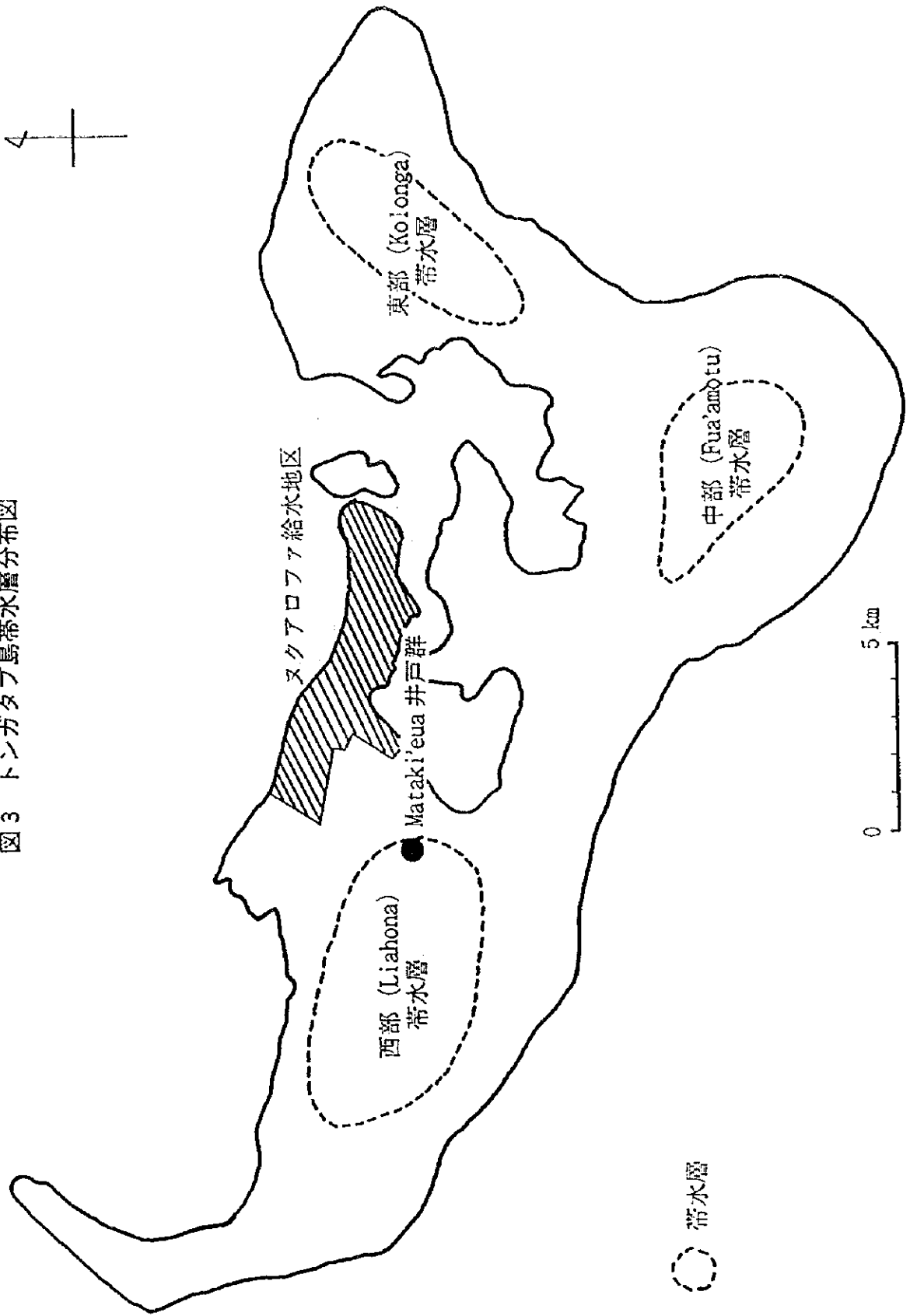
また、「ト」国の家庭のトイレは地下に浸透する方式のもので、現在のところ問題は顕在化していないものの、漏水箇所から汚水が配水管に流入し水質汚染が発生する恐れが大きい。

② 農薬その他の有害物質による汚染

トンガタブ島には椰子の木がたくさんあり、その下にカボチャが植えられている。これは日本の冬場用に輸出され、トンガの重要な輸出品となっている。日本に輸出するためにはきれいなカボチャとする必要があり、そのために農薬を使用するようである。地下水層は淡水レンズとなっているため、農薬による汚染のおそれがあり、貿易と環境という教科書的な例である¹。地下水源の農薬の分析は行われていないようであるが、本計画を実施することになれば、我が国としては、農薬汚染を避けて通れないことから、基本設計調査時に分析する必要がある。

¹外務省委託「水問題に係る包括的検討」2-14 ページ、(社)海外環境協力センター、1998

図3 トンガタブ島帯水層分布図



③ディーゼル油による汚染

2-2-1に記したとおり、井戸ポンプ室回りの土壤にディーゼル油が漏れており、地下に浸透し水源を汚染しているおそれがある。本計画を実施することになれば、基本設計調査時に分析する必要がある。

3. 適正な協力範囲・規模等

3-1 本計画の妥当性

3-1-1 本計画の位置付け

トンガ国側は、本計画を「水道施設の整備・リハビリのプロジェクト」としているが、我が国としては、環境問題への取り組みを ODA の重要な柱としていることもあり、別の位置付けとするべきである。特に、2-6-6 の水質の項でも記したような事情もあり、脆い生態系と水資源を抱えた南太平洋の島での、水資源保全、水質保全、水供給の改善の三面をアピールすることが望ましい。したがって、「トンガの水環境システムに貢献しつつ、首都の水供給を改善するプロジェクト」と位置付ける。

3-1-2 本計画の無償資金協力としての妥当性

給水地区内の給水状況は著しくアンバランスであり、低水圧地区では十分に安全な飲料水の確保という BHN が満たされていないため、これを改善する必要性は高い。また、老朽化した水道施設を自力で改善する経済力はなく、相当以上の規模の援助がなければ、給水状況が改善されないだけでなく、水道の水質汚染、地下水源の塩水化等新たな問題が生じる可能性も高い。

効果、緊急性、費用対効果の観点から、優先すべき課題に絞り込んで適切な投入を行えば、妥当性は確保されと考えられる。

3-2 計画対象地区

3-2-1 重要性および優先度

計画対象地区は既存の給水地区とする。TWB は西部地区の未給水地区を新たに含めたいとのことであったが、現地踏査の結果、ほとんど住宅がないため緊急性はないものと判断される。なお、配水管をループ状にする必要がある東部地区については、新規の配水本管敷設も考慮する。

3-2-2 用地取得

国内の土地はすべて王侯貴族または政府の所有であり、利用する場合はリース契約により借地権を得ることになる。契約は形式的なもので契約金もごく僅かであり、半年以上程度の余裕を持って申請さえすれば全く問題ないとのことである。

3-2-3 施工性

(1) 気象条件

気温、雨量、自然災害等の気象条件は概ね穏やかだが、雨季には台風が発生するため、施設建設時は留意する必要がある。

(2) 地形・地質

給水地区全体に渡り平坦で土質も比較的柔らかく施工性に問題はないが、東側サ

イト周辺は、狭い地域に高低差があり土質もやや硬い。東部地区の新規配水本管敷設予定地は、入り江に面した軟弱な土壌であるため、建設機材の足場を確保すると共に施工後の耐久性に留意する必要がある。

(3) アクセス

2カ所の高架タンク予定サイトは、双方とも舗装道路に面しておりアクセスは良好であるが、東側サイト周辺は、道路の整備が不十分である。また、東部地区の新規配水本管敷設予定地には、灌木に覆われた場所があり、配水管敷設の際は撤去作業が必要になる。

3-3 施設建設

3-3-1 井戸の新設

既設の井戸との交互運転を行うことにより、水質を均一に保ち塩水化を防ぐと共に、将来の需要増加に応じた給水量を確保する目的で、15基の井戸の新設が要請された。水質の均一化については、若干の塩水化傾向が見られるものの、WHOの水質ガイドラインの範囲内にあり、緊急に対処すべきことではない。また、給水量確保の観点から見ても、現在の漏水率を下げることにより、将来（5～10年）を見越しても、現在の井戸群の取水量で十分賄えるものと考えられる。

限られた地下水資源の開発は極力控えるべきであり、給水量の絶対的な不足が明らかにならない限り妥当性は認め難い。

3本のモニタリング用井戸については、3-1に記した本計画の位置付けから、トンガタブ島の水資源保全、水質保全のために、モニタリングが重要である。基本設計調査時における水理地質の分析により、3本に限らず、必要な本数のモニタリング用井戸を設置すべきである。

3-3-2 配水池の増設 (Mataki'eua 地区)

既設の配水池の全容量は 3,512m³ で、井戸の全揚水量 6,940m³ の 50% であり、設計容量としては十分であり、高架タンクが新設されるとすれば、さらに上積みされることになる。しかしながら、既存の配水池がかなり老朽化しているため、耐用年数から問題がある物の代替えとして、一部の増設が必要なことも考えられる。

塩素消毒設備については、現在の注入方法が手動バッチ式であり、問題が多いことから、新設すべきである。

3-3-3 高架タンクと送配水本管の新設

当初要請書では、マスタープランに沿って、地上配水池+ポンプ場+高架タンクの方式となっていた。この方式では、建設費、維持管理費ともに高くなることから、本調査団は、ポンプを使わないように提案した。

その場合に、既設の配水池から給水地区への送・配水方式には、次の3つのオールタナティブがある。いずれの場合も、送・配水本管と高架タンクは新設となり、事業費は

(1)→(2)→(3)の順に高くなる。

(1) 現在と同じ方式

配水池→配水本管→配水管→給水管

(2) 配水本管+高架タンク方式

配水池→配水本管→高架タンク (1or2) →配水本管→配水管→給水管

(3) 送水本管+高架タンク方式

配水池→送水本管→高架タンク (1or2) →配水本管→配水管→給水管

(1)or(2)でも、水理的に可能なことも考えられるが、本調査団は配水管網の水理解析をしていないことから、最適な方式を選定できない。一方、基本設計調査は要請の範囲内という制限があるため、要請としては、どの方式にも対応できる(3)とした。高架タンクも2カ所となっているが、1カ所で間に合う可能性が大きい。

基本設計調査では、水理解析、給水のアンバランス解消、維持管理、事業費などから、最適方式を選定すること。TWB側は(3)を希望すると思われるが、どれを選定するにしても、Minutes of Discussion の ATTACHMENT の 4 に記されている、However, feasibility and selection of the items will be determined by further studies. で対応可能である。

3-3-4 既設 AC 配水本管の敷設替え

現在の AC 管は、全て 1966 年の建設当時から使用されており、老朽化が顕著である。既設 AC 管の敷設替えは、抜本的な漏水対策のひとつとして要請された。主な漏水原因が AC 管であることが明らかになれば、敷設替えによる漏水率の大幅な減少が期待でき、給水量の確保と水圧バランスの是正に大きく貢献するものと考えられる。なお、AC 管は全延長が 35km と長いので、 $\phi 100$ 、 $\phi 150$ mm 管の敷設替えの必要性については、4-2-7 に記述した現況調査を基に、その必要性を十分検討すること。また、給水への影響と経済性を考慮すると、既存の配水本管を生かしながら、これに平行して新設するのが適当と考えられる。

3-4 供与対象機材

3-4-1 漏水検知機材

漏水調査及び防止対策については TWB の自助努力で対応すべきことであるが、機材調達の資金にも限度があることから、調査実施に不可欠な機材が要請された。漏水対策は、給水状況、給水水質、経営の改善に効果的であることから、供与することが妥当である。

3-4-2 配管工事用機材

現在、ほとんど全てを手作業で行っている配管工事及び維持管理作業を機械化することにより、作業効率の向上を図ることを主な目的として配管工事用機材（バックホ

一、溝掘削機等)の調達が要請された。同機材の供与により時間と労力の削減と作業精度の向上が期待でき、維持管理全体の水準向上に効果がある。ただし、TWBが、今後とも配管工事を直営で実施していくのかは十分確認する必要がある。

3-4-3 車両

主に施工時に必要とされる移動・運搬手段としての要請であるが、現在既に9台の車両を有しており、更なる必要性を認めるのは困難である。ただし、掘削後の残土処理を主目的としたダンプカーの必要性は高いと考えられる。

4. 本格調査実施の方向性

4-1 基本方針

以下の項目を基本方針として調査を実施する。

(1) 本計画の位置づけ

水道施設の整備・リハビリではなく、水環境システムに貢献しつつ、首都の水供給を改善するプロジェクトとして位置付ける。

(2) 給水状況の改善

給水地区の水圧のバランスを改善することにより、低水圧地区の給水量を確保し、恒常的な給水不良の状態を解消する。

(3) 水資源保全、水源の水質保全

地下水の新規開発については、先方の自助努力が図られれば、現在の取水量でも給水状況の改善が実現できる可能性もあることから、需要量と供給量を分析し必要最小限とする。

(4) 送・配水本管と高架タンク

市内に高架タンクを新設し給水源を振り分けることで、均等な水圧及び給水量を確保することを柱とするが、水理解析を行った上でコストとメンテナンス性に十分配慮して設計する。

(5) AC 管の敷設替え

漏水の主要な原因となっていると考えられるため、全面的に敷設替えすることを前提に調査を行う。

(6) 漏水防止対策と PVC 管の改修 (TWB の負担)

「ト」国側の自助努力によって対応されるべきであり、本計画の無償資金協力の対象とはしない。

(7) 財務状況の改善とサステナビリティ

TWB に本計画実施後の財務状況の見込みを作成させ、今後の水道事業のサステナビリティを確認する。

4-2 必要な調査項目

4-2-1 水理地質

水理地質に係る既存のレポート、データを参考としながら、既存井戸のうち10本程度を任意に選択して揚水試験を実施し、水位、電気伝導度などの測定を行う。ただし、新たな物理探査は行わない。

持参すべき機材は、井戸水位計、伝導度計など。

4-2-2 水質分析

水源の、カボチャ栽培による農業汚染、ディーゼル油による汚染、および重金属類による汚染を確認する必要がある。農業は、現地で使用されている種類と名前および散布時期を確認する。現地での分析はできないので、試料を日本に持ち帰り、分析機関に委託する。

持参すべき機材は、試料用ポリビン。

4-2-3 土質調査

新設する高架タンクの土質調査を行う。調査を委託できる民間会社は、以下のとおりである。

会社名	住所（郵便番号）	電話	FAX
SMECTONGA Ltd	PO Box2789, Nuku'alofa	676 23259	676 23259
Loketi Land and Surveying Engineering Ltd	PO Box2386, Nuku'alofa	676 23219	676 23219
Kinhill Kramers Ltd	PO Box938, Nuku'alofa	676 25212	676 23191

4-2-4 測量

高架タンクの平面測量（約10,000m²）、AC管の敷設替え区間（概算延長約35Km）の平面、縦断測量を行う。調査を委託できる民間会社は、土質調査と同様である。

4-2-5 配水管網の水理解析

TWBはAusAidから供与された、パソコン、解析ソフト（米国製MAPINFO）、プロッターを持っている。担当エンジニアは、既に管網のデータをパソコンに入力済みであり、十分に使いこなしている。基本設計調査では、担当エンジニアをC/Pとして水理解析することとなる。なお配水量をチェックするため、主要管路の流量を何カ所かで測定する必要がある。

持参すべき機材は、予備のパソコンとして、英語版Windows95パソコン（解析ソフトはWindows95上で使用されている）、ポータブル型超音波流量計、ポータブル型水圧計（特に0~2Kg/cm²で1以下が正確に計れるもの）。

4-2-6 漏水調査

漏水については、不明水率 53%という値しかなく、その内訳は分からない。基本設計調査では、本計画の完了後における給水の改善状況を把握するため、AC 管と PVC 管からの漏水量を推定する必要がある。

本調査団は、TWB にパイロット地区 3 カ所を選定し、PVC 管からの漏水状況を調査するよう依頼し（資料 6 参照）、先方は 1999 年 3 月までに調査結果を JICA に提出するとした。調査団帰国後の聞き取りによると、給水地区を漏水調査用に改めて地区割し、各地区毎への流量計の設置も完了し、既設バルブの動作確認と交換に時間を要している。少なくともひとつの調査地区で漏水調査を開始したとのことであるが、TWB によるこの調査が不十分な場合には、基本設計調査で支援するなどして結果を出す必要がある。その場合、バルブ、流量計、水圧計などの必要機材は TWB が保有しているものを使用し、掘削やバルブの設置は、調査団が作業員を雇い上げて実施する。

なお、給水地区全域の漏水調査は TWB の本来業務であるが、基本設計調査では、上記パイロット調査の結果を基に、TWB が行うべき漏水調査方法を想定し、それに必要なバルブなどの機材を算定する。

持参すべき機材は、TWB の機材と (1) を使用するため、特になし。

4-2-7 管材の現況調査

埋設されている AC 管を数カ所試験掘し（1 箇所/km 程度）、現況を確認する。掘削埋め戻しは、調査団が作業員を雇い上げて実施する。

持参すべき機材は、下記機材。

- ①ボックスロケータ ×1（フジテコム F-90M 同等以上）
- ②鉄管探知機 ×1（フジテコム PL - 960 同等以上）
- ③音波式管路探知機 ×1（フジテコム PL - 130 同等以上）

4-3 調査スケジュール

4-3-1 調査実施上の留意点

(1) 省エネ型の水道システム

トンガ国では電力費が高いこともあり、電力消費量が少ない省エネ型の水道システムを作る必要がある。送・配水管と高架タンクのオールタナティブでは、このことを十分配慮して計画する必要がある。

(2) サステナブルな水道事業

トンガ国への援助の多くを占める AusAid でも、ソフトを中心とした援助に限られており、TWB に対する大きな投資を伴うプロジェクトは、本計画が最初で最後になる。したがって、本計画の実施は、TWB がサステナブルな水道事業になるための最後のチャンスである。TWB にもこのことを認識してもらうため、本計画完了後における

財務状況の見込みは、TWB の担当者自ら作成してもらうことが重要である。その際、with project と without project で比較した財務諸表を作成すべきである。

(3) AusAID 専門家からの聞き取り

本件協力の実施に際しては、漏水状況の把握と今後の漏水対策が重要な要素となるが、漏水対策専門チームも 1996 年に結成されたばかりで、現在もトレーニング中であり、その能力は限られたものと言わざるを得ない。AusAID のチームリーダーを通じ、組織強化プログラムに参加している専門家に漏水状況、配管施工技術等について聞き取り、漏水減少に効果的な設計の参考とすることが望ましい。

MINUTES OF DISCUSSIONS
PREPARATORY STUDY ON THE PROJECT
FOR NUKU'ALOFA WATER SUPPLY
IN THE KINGDOM OF TONGA

In response to a request from the Government of the Kingdom of Tonga, the Government of Japan decided to conduct a Preparatory Study on the Project for Nuku'alofa Water Supply (herein after referred to "the Project") and entrusted the study to the Japan International Cooperation Agency (JICA).

JICA sent to the Kingdom of Tonga a study team (herein after referred to "the Team"), headed by Mr. Haruo IWAHORI, Development Specialist, Institute for International Cooperation, JICA from December 7 to December 22, 1998.

The Study Team held discussions with the officials concerned of the Government of the Kingdom of Tonga and conducted a field survey.

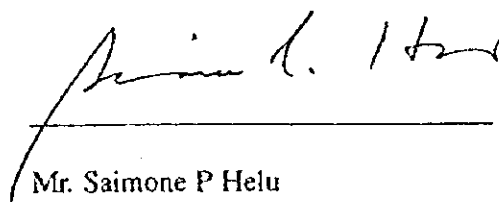
As a result of discussions and field survey, both parties confirmed the main items described in the attachment.

On condition that the Government of Japan approves the implementation of Basic Design Study on the Project, JICA will prepare the study, including the dispatchment of a study team.

Nuku'alofa, December 15, 1998

岩 堀 春 雄

Mr. Haruo IWAHORI
Leader
Preparatory Study Team
JICA



Mr. Saimone P Helu
Manager
Tonga Water Board

ATTACHMENT

1. Objective

The objective of the Project is to improve living standards of the Nuku'alofa residents by means of rehabilitation and upgrade of water supply system.

2. Project Site

The site is located in the Nuku'alofa.

3. Responsible and Executing Agencies

Tonga Water Board is responsible for executing of the Project.

4. Requested Items for Japan's Grant Aid by the Kingdom of Tonga

After discussions with the Team, items listed in Annex-1 were requested by the Government of the Kingdom of Tonga. However, feasibility and selection of the items will be determined by further studies.

5. Japan's Grant Aid system


- (1) The Government of the Kingdom of Tonga has understood the system of Japan's Grant Aid, described in Annex-2, explained by the Team.
- (2) The Government of the Kingdom of Tonga will take necessary measures, described in Annex-3, for smooth implementation of the Project on condition that the Grant Aid assistance by the Government of Japan is extended to the Project.

6. Schedule of the study

If the Project is found feasible as a result of the Study, JICA will send Basic Design Study team around April, 1999.

7. Other Relevant Issues

- (1) The Team stated that construction of additional wells, pipe size of the new transmission and distribution mains will be determined referring water demand and supply amount which will be analyzed in further studies.
- (2) The Team also stated that Tonga Water Board is responsible to implement the following works:
 - rehabilitation and remedial works of domestic services.
 - leakage detection and repair of pipeline networks.

$\frac{11}{12}$ 

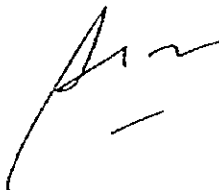
Items Requested by the Government of the Kingdom of Tonga

1. Facilities

- (1) Construction of additional fifteen production wells and three monitoring wells and associated pipe work
- (2) Construction of additional reservoir at Mataki'eua (main reservoir area)
- (3) Installation of chlorination equipment at Mataki'eua
- (4) Construction of two new elevated reservoirs and delivery mains at Houmakeli-kao and Longolongo
- (5) Construction of new transmission mains to new elevated reservoirs
- (6) Construction of new distribution mains to Popua and Sopus area
- (7) Replacement and upgrading of existing asbestos cement mains

2. Equipment

- (8) Leakage detection equipment and valves
- (9) Back hoe ×1
- (10) Trench digger ×1
- (11) Truck(8t.) ×1
- (12) Van ×1
- (13) Dual cab(4WD) ×3
- (14) Pipe cutting equipment ×2
- (15) Concrete diamond saw ×2
- (16) Trench compaction equipment ×1
- (17) Spare parts for No.(8) to No.(16)

$\frac{d_1}{k_2}$ 

JAPAN'S GRANT AID PROGRAM

1. Japan's Grant Aid Procedures

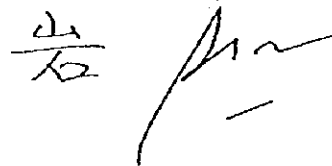
- (1) The Japan's Grant Aid Program is executed by the following procedures.
- **Application** (request made by a recipient country)
 - **Study** (Preparatory Study / Basic Design Study conducted by JICA)
 - **Appraisal & Approval** (Appraisal by the Government of Japan and Approval by the Cabinet of Japan)
 - **Determination of Implementation** (Exchange of Notes between both Governments)
 - **Implementation** (Implementation of the Project)
- (2) Firstly, an application or a request for a project made by the recipient country is examined by the Government of Japan (the Ministry of Foreign Affairs) to see whether or not it is suitable for Japan's Grant Aid. If the request is deemed suitable, the Government of Japan entrusts a study on the request to JICA (Japan International Cooperation Agency).

Secondly, JICA conducts the Study (Basic Design Study), using a Japanese consulting firm. If the background and objective of the requested project are not clear, a Preparatory Study is conducted prior to a Basic Design Study.

Thirdly, the Government of Japan appraises to see whether or not the Project is suitable for Japan's Grant Aid Program, based on the Basic Design Study report prepared by JICA and the results are then submitted for approval by the Cabinet.

Fourthly, the Project approved by the Cabinet becomes official when pledged by the Exchange of Notes signed by both Governments.

Finally, for the implementation of the Project, JICA assists the recipient country in preparing contracts and so on.

Handwritten signature and initials, possibly reading '山' (Yama) and '石' (Ishi) or similar characters, followed by a stylized signature.

2. Contents of the Study

(1) Contents of the Study

The purpose of the Study (Preparatory Study / Basic Design Study) conducted on a project requested by JICA is to provide a basic document necessary for appraisal of the project by the Japanese Government. The contents of the Study are as follows:

- a) to confirm background, objectives, benefits of the project and also institutional capacity of agencies concerned of the recipient country necessary for project implementation,
- b) to evaluate appropriateness of the Project for the Grant Aid Scheme from a technical, social and economical point of view,
- c) to confirm items agreed on by both parties concerning a basic concept of the project,
- d) to prepare a basic design of the project,
- e) to estimate cost involved in the project.

Final project components are subject to approval by the Government of Japan and therefore may differ from an original request.

Implementing the project, the Government of Japan requests the recipient country to take necessary measures involved which are itemized on Exchange of Notes.

(2) Selecting (a) Consulting Firm(s)

For smooth implementation of the study, JICA uses (a) consulting firm(s) registered. JICA selects (a) firm(s) through proposals submitted by firms which are interested. The firm(s) selected carry(ies) out a Basic Design Study and write(s) a report, based upon terms of reference made by JICA.

The consulting firm(s) used for the study is(are) recommended by JICA to a recipient country after Exchange of Notes, in order to maintain technical consistency.

(3) Status of a Preparatory Study in the Grant Aid Program

A Preparatory Study is conducted during the second step of a project formulation & preparation as mentioned above.

A result of the study will be utilized in Japan to decide if the Project is to be suitable for a Basic Design Study.

Based on the result of the Basic Design Study, the Government would proceed to the stage of decision making process (appraisal and approval).

It is important to notice that at the stage of Preparatory Study, no commitment is made by the Japanese side concerning the realization of the

Project in the scheme of Grant Aid Program.

3. Japan's Grant Aid Scheme

(1) What is Grant Aid?

The Grant Aid Program provides a recipient country with non reimbursable funds needed to procure facilities, equipment and services for economic and social development of the country under the following principles in accordance with relevant laws and regulations of Japan. The Grant Aid is not in a form of donation or such.

(2) Exchange of Notes (E/N)

The Japan's Grant Aid is extended in accordance with the Exchange of Notes by both Governments, in which the objectives of the Project, period of execution, conditions and amount of the Grant, etc. are confirmed.

(3) "The period of the Grant Aid" means one Japanese fiscal year which the Cabinet approves the Project for. Within the fiscal year, all procedure such as Exchange of Notes, concluding a contract with (a) consulting firm(s) and (a) contractor(s) and a final payment to them must be completed.

(4) Under the Grant, in principle, products and services of origins of Japan or the recipient country are to be purchased.

When the two Governments deem it necessary, the Grant may be used for the purchase of products or services of a third country origin.

However the prime contractors, namely, consulting, contractor and procurement firms, are limited to "Japanese nationals". (The term "Japanese nationals" means Japanese physical persons or Japanese juridical persons controlled by Japanese physical persons.)

(5) Necessity of the "Verification"

The Government of the recipient country or its designated authority will conclude into contracts in Japanese yen with Japanese nationals. Those contracts shall be verified by the Government of Japan. The "Verification" is deemed necessary to secure accountability to Japanese tax payers.

(6) Undertakings required to the Government of the recipient country

In the implementation of the Grant Aid, the recipient country is required to undertake necessary measures such as the following:

- a) to secure land necessary for the sites of the project and to clear and level the land prior to commencement of the construction work,

- b) to provide facilities for distribution of electricity, water supply and drainage and other incidental facilities in and around the sites,
- c) to secure buildings prior to the installation work in case the Project is providing equipment,
- d) to ensure all the expenses and prompt execution for unloading, customs clearance at the port of disembarkation and internal transportation of the products purchased under the Grant Aid,
- e) to exempt Japanese nationals from customs duties, internal taxes and other fiscal levies which will be imposed in the recipient country with respect to the supply of the products and services under the Verified Contracts,
- f) to accord Japanese nationals whose services may be required in connection with the supply of the products and services under the Verified Contracts, such facilities as may be necessary for their entry into the recipient country and stay therein for the performance of their work.

(7) Proper Use

The recipient country is required to maintain and use facilities constructed and equipment purchased under the Grant Aid properly and effectively and to assign staff necessary for their operation and maintenance as well as to bear all expenses other than those to be borne by the Grant Aid.

(8) Re-export

The products purchased under the Grant Aid shall not be re-exported from the recipient country.

(9) Banking Arrangement (B/A)

- a) The Government of the recipient country or its designated authority shall open an account in the name of the Government of the recipient country in a bank in Japan (hereinafter referred to as "the Bank"). The Government of Japan will execute the Grant Aid by making payments in Japanese yen to cover the obligations incurred by Government of the recipient country or its designated authority under the contracts verified.
- b) The payments will be made when payment requests are presented by the Bank to the Government of Japan under an Authorization to pay issued by the Government of the recipient country or its designated authority.



Necessary measures to be taken by the Government of the Kingdom of Tonga on condition that Japan's Grant Aid is extended.

- 1.To provide necessary data and information for the Project.
- 2.To bear commissions to the Japanese foreign exchange bank to execute the banking services based upon the banking arrangement.
- 3.To ensure prompt unloading and customs clearance at port of disembarkation in the Kingdom of Tonga and facilitate internal transportation therein of the products purchased under the Grant Aid.
- 4.To exempt Japanese nationals from custom duties, internal taxes and other fiscal levies which may be imposed in the Kingdom of Tonga with respect to the supply of the products and services under the verified contracts. And to take necessary measures for such tax exemption.
- 5.To accord Japanese nationals, whose services may be required in connection with the supply of products and services under the verified contracts, such facilities as may be necessary for their entry into the Kingdom of Tonga and stay therein for the performance of their work.
- 6.To use and maintain properly and effectively all the equipment purchased under the Grant Aid.
- 7.To bear all the expenses other than those covered by the Grant, necessary for the execution of the Project.
- 8.To assign exclusive counterpart engineers and technicians for the Project.

$\frac{21}{12}$ 

トンガ国「ヌクアロファ上水道整備計画」予備調査

- 調査団員構成 -

- ・ 総括：
Leader 岩堀 春雄 (Mr. IWAHORI, Haruo)
国際協力事業団 国際協力総合研修所 国際協力専門員
Development Specialist, Institute for International
Cooperation,
Japan International Cooperation Agency (JICA)
- ・ 計画管理：
Project Coordinator 田中 努 (Mr. TANAKA, Tsutomu)
国際協力事業団 無償資金協力調査部 調査第一課
First Project Study Division,
Grant Aid Project Study Department,
Japan International Cooperation Agency (JICA)
- ・ 調査・調達計画・：
(給水計画)
Fisheries Port Planner 大野 直美 (Mr. OHNO, Naomi)
日本国際協力システム 業務第二部 計画調査課
Planning and Survey Division,
Grant Aid Management Department,
Japan International Cooperation System (JICS)
- ・ 調査・調達計画・：
(機材計画)
Equipment Planner 大木 利幸 (Mr. OMOTO, Toshiyuki)
日本国際協力システム 業務第二部 計画調査課
Planning and Survey Division,
Grant Aid Management Department,
Japan International Cooperation System (JICS)

トンガ国「ヌクアロファ上水道改善計画」予備調査
 ー 調査日程表 ー

No.	月日	日程		宿泊
		①岩堀 / ②田中	③大野 / ④大本	
1	06/Dec/98	日	20:55 東京 (JL090) →	機中泊
2	07/Dec/98	月	11:25 オークランド 17:00 (NZ056) → 19:50 トンガタブ	トンガタブ
3	08/Dec/98	火	午前:保健省、トンガ水道公社表敬 午後:調査内容協議	"
4	09/Dec/98	水	調査内容協議	"
5	10/Dec/98	木	調査内容協議、サイト調査	"
6	11/Dec/98	金	ミニッツ案作成協議	"
7	12/Dec/98	土	サイト調査、国内打合せ	"
8	13/Dec/98	日	ミニッツ案作成、資料整理	"
9	14/Dec/98	月	ミニッツ案協議	"
10	15/Dec/98	火	ミニッツ署名 20:40 トンガタブ (FJ210) → 22:10 ナディ	①②ナディ ③④トンガタブ
11	16/Dec/98	水	08:45 ナディ (PC136) → 09:20 スバ 日本大使館、JICA事務所報告 16:00 スバ (PC165) → 16:30 ナディ	継続調査
12	17/Dec/98	木	11:05 ナディ (FJ210) → 16:00 東京	トンガタブ
13	18/Dec/98	金		"
14	19/Dec/98	土		"
15	20/Dec/98	日		"
16	21/Dec/98	月		"
17	22/Dec/98	火	20:40 トンガタブ (FJ210) → 22:10 ナディ	ナディ
18	23/Dec/98	水	08:45 ナディ (PC136) → 09:20 スバ 日本大使館、JICA事務所報告 16:00 スバ (PC165) → 16:30 ナディ	ナディ
19	24/Dec/98	木	11:05 ナディ (FJ210) → 16:00 東京	

- 主要面談者リスト -

- (1) 外務省 (Ministry of Foreign Affairs)
Mr. Tevita kolokihakaufisi, Principal Assistant Secretary
- (2) 建設省 (Ministry of Works)
Hon. James Cecil Cocker, Minister (Chairman of Tonga Water Board)
- (3) 中央計画局 (Central Planning Department)
Mr. Tevita P.Lavulo, Director of Planning
- (4) 保健省 (Ministry of Health)
Dr. Laumeesi Malolo, Director of Health
Mr. Taniela Sunia Soakai, Senior Health Planning Officer
- (5) トンガ水道局 (Tonga Water Board : TWB)
Mr. Saimone P Helu, Manager
Ms. Lesieli Niu, Acting Chief Engineer
Mr. Mosese K.Latu, Chief Administrative Officer
Mr. Tevita S.Latu, Acting Chief Accountant
Mr. Malakai J.Vakasiuola, Engineer(Planning)
Mr. Lisiate Bloomfield, Engineer(Operation)
- (6) ACTEW Corporation
Mr. Graham White, Team Leader(AusAID)
- (7) JOCVトンガ駐在員事務所
山口 廣治 所長
岡 裕子 ローカルスタッフ (プログラムオフィサー)
- (8) 在フィジー日本国大使館
小林 二郎 特命全権大使
蒔田 靖紀 一等書記官
- (9) JICAフィジー事務所
稲葉 泰 所長
澤田 寛之 所員

協議経過（記録）

1) 要請内容の確認

「ト」国側は、1992年にオーストラリアの援助によって策定されたマスタープランを基に本件を要請している。先方の要請では、市内の2カ所に高架水槽及び地上配水池を新設し、水源の配水池から送水管を兼ねた配水管により地上配水池に送水し、ポンプで高架水槽に揚水し、そこから重力により各地区へ給水するというものである。また、既存配水本管の交換、さら未給水地区への配水本管の新設も含まれている。水源については新たな井戸を掘削し、取水量を増やす計画となっていた。

2) 地上配水池の新設

高架水槽と地上配水池の併設は無駄であり、①水源地区との標高差を利用すれば地上配水池の設置のみで給水可能であること、②漏水が著しいと考えられる配水本管を通じて配水池までの送水を行うことは効果的でなく、それに代えて新たに送水管を敷設するほうが水のロスが少なくてすむことを提案した。先方は概ね当方の提案を理解しその旨要請内容を変更することとした。

3) 既存配水本管の交換（取り替え）

漏水原因は、管自体にあるのではなくむしろ管の継ぎ手部分であることも考えられるが、（サイト調査では管自体老朽化している様子は見られない）明らかに敷設後30年を経たAC管の老朽化が認められるデータ（過去のAC管の修理実績が他の管の修理実績に比べて多いもの）があれば、AC管に限って交換の対象とすることを検討することとした。

4) 配水本管の新設

低水圧の東部及び西部地区への配水本管新設については、配水管網の水理解析の結果により、必要とされる部分のみを要請として含めることとした。

5) 井戸の掘削

現在の不明水（大部分は漏水）は給水量の50%にも達していることから、まず不明水を低減させることが優先であり、その場合、現在の取水量でも賄える可能性があり、限られた地下水の開発は極力控えるべきであるとの見解を述べた。

6) 資機材調達

漏水調査及び防止対策についてはTWBの自助努力で対応すべきであり、無償資金協力

では対応が困難な旨伝えたと、WBで努力するとしながらも、資金に限度があることから、必要な調査機材及びバルブ等の調達を新たに要請したい旨提案があった。調査団としては妥当なものとして聞きおいた。

**PROPOSAL for
Leakage Detection and Control in Pilot Blocks**

15, Dec, 1998

Number of Blocks : at least 3
 Period : Jan. 99 ~ Mar. 99
 Selected Blocks : Household Numbers = around 30
 Pressure = higher is better

Procedure :

- ① put valves to isolate the block
 - ② measurement of night flows and daily flows
 - ③ meter reading of each house connection (daily)
 - ④ measurement of pressure of each house connection
 - ⑤ detection of leaking points and repairs
- ① → ② → ③ → ④ → ⑤ → ② → ③ → ④

Analysis :

Input · man power = person·day or person·hour
 · materials = valve, fitting, pipe, valve box etc.
 · cars = hour, km

Output · leakage reduction amount = ℓ/hr , $\ell/\text{day}\cdot\text{ha}$, $\ell/\text{m}^3\cdot\text{ha}$

Cost · input and output cost

Cost/Benefit · how many years to recover the cost

Strategy :

- a) Target year for leakage reduction
- b) Target % of leakage
- c) Leakage control plan = blocks plan, replace of service pipe etc.
- d) Schedule
- e) Funding plan = tariff structure, contribution of Japan for some materials
- f) Economic analysis = expected income statement

- 収集資料リスト -

No.	資料名	部数	オリジナル・コピー	入手先
1	TONGA WATER SUPPLY MASTERPLAN PROJECT NUKU'ALOFA MASTERPLAN MARCH 1992	1	コピー	TWB
2	TONGA WATER SUPPLY MASTERPLAN PROJECT WATER RESOURCES DEVELOPMENT MASTERPLAN VOLUME NO 1 OF 2 FEBRUARY	1	コピー	TWB
3	The Hydrogeology and Water Supply of the Kingdom of Tonga February 1993	1	コピー	TWB
4	Sixth Five-Year Development Plan 1991~1995	1	コピー	TWB
5	TONGA POPULATION CENSUS 1996	1	コピー	TWB
6	TONGA WATER BOARD 1996/97 Annual Report	1	コピー	TWB
7	TONGA WATER BOARD Estimates of Revenue and Expenditure for the Financial Year 1998-1999	1	コピー	TWB
8	MB1~MB7 Sanity Profiles	1	コピー	TWB
9	Average Salinity in Makati'eua TWB wells 1991~1998	1	コピー	TWB
10	Salinity in Makati'eua TWB wells	1	コピー	TWB
11	TWB Monthly Bacteriological Test Report November 98	1	コピー	TWB
12	TOPOGRAPHIC MAP OF TONGATAPU Scale 1:50,000	1	オリジナル	TWB
13	Nuku'alofa Existing Pipe Network Scale 1:15,000	1	オリジナル	TWB
14	Nuku'alofa Reticulation Network Scale 1:15,000	1	オリジナル	TWB
15	Nuku'alofa Existing Water Reticulation System Scale 1:5,000	1	オリジナル	TWB
16	Mataki'eua & Tongamai Wellfield Scale 1:5,000	1	オリジナル	TWB
17	Nuku'alofa Upgrade Master Plan	1	オリジナル	TWB
18	TWB Proposed Water Reticulation Network	1	オリジナル	TWB
19	Nuku'alofa Water Supply Meter Readers Block Areas	0	オリジナル	TWB
20	NUKU'ALOFA EXITING RETICULATION NETWORK	1	オリジナル	TWB

JICA