

パラオ共和国
パラオ公共事業公社 (PPUC)

パラオ国 上水道改善計画 準備調査報告書

平成 27 年 4 月
(2015 年)

独立行政法人国際協力機構
(JICA)

委託先
八千代エンジニアリング株式会社
日本水工設計株式会社

環境
CR(1)
15-062

パラオ共和国
パラオ公共事業公社 (PPUC)

パラオ国
上水道改善計画
準備調査報告書

平成 27 年 4 月
(2015 年)

独立行政法人国際協力機構
(JICA)

委託先
八千代エンジニアリング株式会社
日本水工設計株式会社

要約

要 約

1. 国の概要

パラオ共和国（以下、パラオ国という）は、中西部太平洋に位置する島嶼国の一つである。パラオ国は 16 州で構成されており、国土面積は 171mi² (444km²)、総人口は 17,500 人 (2012 年) である。パラオ国の経済の中心地であるコロール州とアイライ州には、人口の 81%が集中しており、コロール島、アラカベサン島、マラカル島で構成されるコロール州は、11,665 人 (2012 年) の人口を有している。また、バベルダオブ島の最南部に位置するアイライ州の人口は、2,537 人 (2012 年) である。

2. プロジェクトの背景、経緯及び概要

コロール州とアイライ州の最初の給水システムは、我が国が委任統治していた 1940 年代に構築された。このシステムは、アメリカ合衆国が信託統治していた 1970 年代にリハビリされ、現在の給水システムの原型が築かれた。その後、何回かの拡張・改善を経て、現在のシステムが形成された。我が国は、1990 年から 1992 年にかけて無償資金協力を実施し、送水管の敷設を支援した。同支援により、送配水分離と配水池を利用した配水ブロックシステムによる給水を可能とした。

コロール州とアイライ州では、人口 14 千人 (2013 年) に対し、一日平均約 3.69MG/日 (13,967m³/日) の給水が実施されている。両州では、依然として、1940 年代や 1970 年代の配水管が活用されている。これらの配水管はアスベスト管である上、老朽化が進んでおり、漏水の頻発を招いている。このため、一人一日平均給水量は、261G/人/日 (988L/人/日) に上り、無収水率も約 48%と推定される。

上水道事業の実施機関のパラオ公共事業公社 (Palau Public Utilities Corporation : 以下、PPUC という) の原価回収率は約 40%であり、給水原価を徴収料金で補うことが出来ない。支出の約 60%をパラオ国政府の助成金に依存しており、無収水削減による財政改善は、PPUC が直面している緊急課題の一つである。

2009 年にアジア開発銀行の支援で、2009～2014 年に実施する中期開発計画が作成された。同計画では、1) 代替・予備水源の開発、2) 既存ダム及び既存取水ポンプ場の改修・修理、3) アイライ浄水場の改修及びマラカル配水区の創設に係る送配水システム改修、4) 水道メーターの設置・較正、5) 漏水探知機の調達・訓練、6) 配水管の更新が提案された。

しかし、同計画で提案される主要施設の改善に必要な資金調達は具体化していない。そのため、パラオ国政府は、2013 年、緊急性・重要性が高いコンポーネントを対象とする上水道改善計画 (以下、本プロジェクト) について無償資金協力を要請した。我が国政府は、本プロジェクトの準備調査を実施することとし、独立行政法人国際協力機構 (JICA) は、2014 年の 6 月から 11 月にかけて概略設計調査団を二回派遣した (第一次現地調査 : 2014 年 6 月 22 日～8 月 6 日、第二次現地調査 : 2014 年 9 月 13 日～11 月 6 日)。調査団は、パラオ国政府、PPUC 等の関連機関との要請内容の協議、計画地域の現況把握、関連資料収集を行い、第一次調査で簡易マスタープランの策定を実施した。また、簡易マスタープランの結果及びプロジェクトの緊急性・妥当性を検討し、

第二次調査で協力対象事業の概略設計案を策定した。

同調査では、1) 送水能力の不足、2) コロール州の高台地域の低給水圧、3) 漏水による高い無収水率が、安定給水の障害になっていると確認された。

3. 調査結果の概要とプロジェクトの内容

コロール・アイライ給水システムの現在の水需要（一日最大給水量）は、約 4.0MG/日（15,140m³/日）であり、1990～1992 年度に実施された前回無償資金協力（目標年次 2000 年）で計画された 2.1MG/日（7,950m³/日）に対して大幅に増加した。このため、送水能力は大きく不足している。PPUC は、コロール・バベルダオブ橋（KB 橋）周辺を直接配水区にして、不足送水量を補っているが、配水池を介さず浄水場と配水区を直結する現在のシステムは、安定的な配水が出来ない。また、2013 年 11 月及び 2014 年 10 月に発生した直接配水区での海底管破断事故（KB 橋付近）で、コロール・アイライ給水システムは十分に送配水できない状況に陥った。したがって、送配水の安定化を目指した給水システム改善計画の緊急性は高い。

コロール・アイライ給水システムは、5 つの配水区（アイライ配水区、ゲルミド配水区、ゲルケソワル配水区、アラカベサン配水区、直接配水区）から構成されている。現在の 5 つの配水区のうち、ゲルケソワル配水区は、広範囲の面積を担当しており、水使用量は全体の約 65%を占めている。配水管網に対する配水量が多いため、パラオ国の給水圧基準の 20psi（0.14MPa）を下回る低給水圧地域（ゲルベエツド地区）が発生している。同地区では、2psi（0.014MPa）以下の給水圧が記録されている。この改善のために、マラカル配水区創設を含む配水区割の再整理が必要である。

コロール・アイライ給水システムの無収水率が 48%に上り、その多くは漏水と推定される。浄水・送水に使用されているエネルギー（電力）が浪費されており、非効率である。そのため、効率改善（無収水削減）や漏水事故防止を目的に、老朽化した主要配水管を更新する。更新は、管径 6in（150mm）以上の全長約 20.3mi（32.5km）に対して必要と考えられる。すべてを一度に更新することは工事管理上困難なので、第 1 段階として、優先度の高い約 8.08mi（12,920km）の更新が必要である（給水管分岐を含む）。

これらの調査結果から対象地域の上水道施設の改善必要性を確認し、PPUC の施設運営・維持管理能力を踏まえたうえで、ソフトコンポーネント計画を含む概略設計案を作成した。JICA はこの概略設計案に関して、2015 年 2 月 19 日～2 月 28 日まで概略設計概要説明調査団をパラオ国に派遣し、計画内容の説明・協議を行った。

準備調査に基づく施設建設及びソフトコンポーネントの計画概要は、下表の通りである。

施設建設計画概要

大分類	中分類 (目的)	要請施設
施設建設	1. 送水システム改善	1-1 アイライ浄水場からゲルケソワル配水池までの送水管増設 ➤ L=3.39mi (5,416m)、DCIP DN16in (400mm)
	2. 配水システム改善 (配水区割整理)	2-2 マラカル配水区創設に伴う専用送水管の敷設 ➤ L= 1.93mi (3,094m)、DCIP DN10in (250mm)
		2-3 配水区割再整備 (マラカル配水池建設、各配水池への流量計設置) ➤ 配水池：1 箇所、容量：0.25MG (950m ³)、RC 造、矩形 ➤ 流量計設置：DN6-8in (150-200mm)、5 基
	3. 配水システム改善 (主要配水管更新)	3-1 老朽アスベスト管更新 ➤ 対象配水管路線延長：8.08mi (12,920m)、PVC DN 8-12in (200-300mm) ➤ 取付管接続：308 箇所、PVC DN2in (50mm)

注： DCIP：ダクタイル鋳鉄管、DN：管径、RC：鉄筋コンクリート、PVC：硬質ポリ塩化ビニル管

ソフトコンポーネント計画概要

大分類	中分類 (目的)	内 容
ソフトコンポーネント	1. 配水・無収水管理に関する指導	➤ 給水システム全体の送配水量及び無収水量の管理、管理データの活用
	2. 漏水探知に関する指導	➤ 漏水探知技術の習得及び、漏水調査の作業計画の作成、実施

4. プロジェクトの工期及び概略事業費

本プロジェクトを日本の無償資金協力で実施する場合、概略事業費は約 16.44 億円（日本国の負担事業の概算額は約 16.19 億円、またパラオ国側の負担事業の概算額は約 0.25 億円である。なお、積算レートは、USD 1.00 = 107.02 円）である。ただし、本概略事業費は交換公文の供与限度額を示すものではない。

本プロジェクトの実施期間は、実施設計：約 3 ヶ月、入札・業者選定：約 5 ヶ月、準備・工事・検査／試運転：約 21 ヶ月（ソフトコンポーネントの約 1 ヶ月を含む）を予定している。5.

5. プロジェクトの評価

本プロジェクトの妥当性は、以下のように整理される。

- (1) 現在の水需要（一日最大給水量）は、約 4.0MG/日（15,140m³/日）である。これに対し、既存送水施設の送水能力は 2.1MG/日（7,950m³/日）であるため、送水能力が大きく不足している。そのため、送水能力の増強は不可欠である。
- (2) コロール島の高台地域（ゲルベエッド地区）では、所定の給水圧に届かない低給水圧が頻発しており、給水に係る便益に不均衡が生じている。そのため、マラカル配水区の創設を含む配水区割の再整理を通して配水量バランス改善し、低給水圧地区の解消をする必要性が高い。
- (3) 現在の無収水率は 48% と高く、その多くが漏水に起因すると推定される。そのため、送水及び浄水に使用されているエネルギー（電力）が浪費されている。無収水率を低減する事で、

送水及び浄水に係る費用を削減し、効率改善する必要がある。したがって、漏水の主原因と考えられる老朽化したアスベスト管の更新は重要である。

また、プロジェクト対象地域はパラオ国の経済の中心地であり、パラオ国の経済を牽引している外国人訪問客は増加している。そのため、コロール州中心部とアイライ州の安定給水は、パラオ国の経済にとって重要である。

本プロジェクト実施により期待される効果（目標年次 2020 年時点）は、以下のとおりである。

定量的効果

指標名	基準値（2013 年）	目標値（2020 年） 【事業完成 3 年後】
設計送水施設能力 (MG/日 (m ³ /日))	2.1MG/日 (7,950m ³ /日)	4.0 MG/日 (15,140m ³ /日)
給水圧 (psi (MPa))	コロール州中心部及びアイライ州 全域における最低給水圧が 2psi (0.014MPa) 以下	コロール州中心部及びアイライ州全 域で給水圧が 20psi (0.14MPa) 以上*

注：*モニタリング対象地域は、対象地域で最も給水圧が低いゲルベエッド地区とする。

定性的効果

安定的かつ均等な給水が実現されることにより、住民の生活環境が改善される。また、配水区が整理されることにより、配水管理、漏水探知等が容易になる。

パラオ国 上水道改善計画準備調査 準備調査報告書 目次

要約

目次

位置図／完成予想図／写真

図表リスト／略語集／単位換算表

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題.....	1
1-1-1 現状と課題.....	1
1-1-1-1 人口.....	1
1-1-1-2 外国人訪問客数.....	2
1-1-1-3 コロール・アイライ給水システム.....	3
1-1-2 開発計画.....	9
1-1-2-1 長期国家開発計画（1995年）.....	9
1-1-2-2 中期開発戦略（2009年）.....	10
1-1-2-3 バベルダオブ島給水プロジェクト（2009年）.....	10
1-1-3 社会経済状況.....	11
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要.....	12
1-2-1 プロジェクトの背景.....	12
1-2-2 上位目標とプロジェクト目標.....	13
1-2-3 第1次現地調査時の要請確認.....	13
1-2-3-1 バベルダオブ島の小規模給水システムの改善.....	14
1-2-3-2 アイライ州の代替水源開発の早期着手について.....	14
1-2-3-3 マラカル配水池のリハビリについて.....	15
1-2-3-4 アイライ浄水場のリハビリについて.....	15
1-2-4 第2次現地調査時の要請確認.....	15
1-3 我が国の援助動向.....	16
1-4 他ドナーの援助動向.....	16
1-4-1 ADBの上水道整備支援.....	17
1-4-2 ADBの下水道整備支援.....	18
1-4-3 その他の開発パートナーの活動.....	18

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制.....	19
----------------------	----

2-1-1	組織・人員	19
2-1-1-1	PPUC 全体の組織構成	19
2-1-1-2	PPUC 管理部門の組織構成	20
2-1-1-3	PPUC 上下水道部門の組織構成	20
2-1-2	財政・予算	21
2-1-2-1	会計収支	21
2-1-2-2	水道料金	22
2-1-3	技術水準	23
2-1-3-1	浄水場の運営・維持管理・水質管理	23
2-1-3-2	導水量・送水量の管理	24
2-1-3-3	配水量・無収水量の管理	24
2-1-3-4	施設・機材維持管理	24
2-1-3-5	漏水探知	24
2-1-3-6	作業標準手順書（SOP）	25
2-1-3-7	事業開発計画・施設更新計画	25
2-1-4	既存施設・機材	25
2-1-4-1	水源	25
2-1-4-2	アイライ浄水場	26
2-1-4-3	送水システム	30
2-1-4-4	配水池	33
2-1-4-5	配水池水位制御設備の状況	34
2-1-4-6	配水区	35
2-1-4-7	各戸接続・メーター設置	42
2-1-4-8	送配水量の検証	43
2-1-4-9	水質調査の結果	45
2-1-4-10	前回無償の施設及び事業の状況	46
2-2	プロジェクトサイト及び周辺の状況	50
2-2-1	関連インフラの整備状況	50
2-2-1-1	下水道	50
2-2-1-2	道路	50
2-2-2	自然条件	51
2-2-2-1	気象	51
2-2-2-2	湧水と代替・予備水源	52
2-2-2-3	土質	53
2-2-3	環境社会配慮	55
2-2-3-1	環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要	55

2-2-3-2	ベースとなる環境及び社会の状況、その他	56
2-2-3-3	相手国の環境社会配慮制度・組織	58
2-2-3-4	代替案（ゼロオプションを含む）の比較検討	62
2-2-3-5	スコアリング及び環境社会配慮の TOR	64
2-2-3-6	スコアリング	66
2-2-3-7	環境社会配慮調査結果（予測結果を含む）	70
2-2-3-8	影響評価	74
2-2-3-9	緩和策及び緩和策実施のための費用	77
2-2-3-10	潜在的な影響と緩和策のスクリーニング	78
2-2-3-11	モニタリング計画	78
2-2-3-12	ステークホルダー協議	79
2-2-4	用地取得及び住民移転	80

第3章 プロジェクトの内容

3-1	協力対象事業の概略設計	81
3-1-1	設計方針	81
3-1-1-1	基本方針	81
3-1-1-2	自然環境条件に対する方針	81
3-1-1-3	社会経済条件に対する方針	82
3-1-1-4	建設事情／調達事情もしくは業界の特殊事情／商慣習に対する方針	82
3-1-1-5	現地業者（建設会社、コンサルタント）の活用に係る方針	83
3-1-1-6	運営・維持管理に対する方針	83
3-1-1-7	施設、機材等のグレードの設定に係る方針	84
3-1-1-8	工法／調達方法、工期に係る方針	84
3-1-2	基本計画（施設計画／機材計画）	84
3-1-2-1	計画諸元の設定	84
3-1-2-2	土質	97
3-1-3	施設全体配置計画	98
3-1-3-1	配水区修正（前後）概念図	98
3-1-3-2	施設全体配置図	100
3-1-3-3	水位高低図	101
3-1-3-4	配水管更新対象の位置図	101
3-1-4	送水管	102
3-1-4-1	送水計画	102
3-1-4-2	計画送水管	102
3-1-4-3	管種・管径・工法・標準断面	107

3-1-4-4	舗装復旧.....	116
3-1-5	配水区.....	117
3-1-5-1	配水量.....	117
3-1-5-2	各配水区の計画一日最大給水量及び計画時間最大給水量.....	119
3-1-5-3	管網解析.....	120
3-1-5-4	配水池流量計.....	123
3-1-6	マラカル配水池.....	126
3-1-6-1	設計に対する考え方.....	126
3-1-6-2	配水池の形式、寸法及び材料.....	128
3-1-6-3	水位監視設備.....	128
3-1-7	配水管.....	129
3-1-7-1	対象路線選定.....	129
3-1-7-2	管種・管径・工法・標準断面.....	134
3-1-7-3	舗装復旧.....	140
3-1-7-4	給水管計画.....	143
3-1-8	概略設計図.....	145
3-1-9	施工計画／調達計画.....	152
3-1-9-1	施工方針／調達方針.....	152
3-1-9-2	施工上／調達上の留意点.....	153
3-1-9-3	施工区分／調達・据付区分.....	154
3-1-9-4	施工管理計画／調達管理計画.....	156
3-1-9-5	品質管理計画.....	159
3-1-9-6	資機材等調達計画.....	161
3-1-9-7	初期操作指導・運用指導等計画.....	162
3-1-9-8	ソフトコンポーネント計画.....	162
3-1-9-9	実施工程.....	167
3-2	相手国側分担事業の概要.....	168
3-3	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	170
3-3-1	基本方針.....	170
3-3-2	定期点検項目.....	170
3-3-3	予備品購入計画.....	171
3-3-4	運営維持管理体制.....	171
3-4	プロジェクトの概略事業費.....	172
3-4-1	協力対象事業の概略事業費.....	172
3-4-2	運営・維持管理費.....	173

第4章 プロジェクトの評価

4-1 事業実施のための前提条件.....	174
4-2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項.....	174
4-3 外部条件.....	175
4-4 プロジェクトの評価.....	175
4-4-1 妥当性.....	175
4-4-2 有効性.....	176

[資料]

1	調査団員・氏名
2	調査行程
3	相手国関係者（面会者）リスト
4	討議議事録（M/D）
5	ソフトコンポーネント計画書
6	簡易マスタープラン
7	自然条件調査（水質試験）結果（国内再委託）
8	自然条件調査（水質試験）結果（現地再委託）
9	自然条件調査（試掘調査）結果（現地再委託）
10	自然条件調査（地盤調査）結果（現地再委託）
11	自然条件調査（地形測量）結果（現地再委託）
12	自然条件調査（既存管路の漏水状況調査）結果（国内再委託）
13	社会条件調査結果（現地再委託）
14	テクニカルノート
15	環境チェックリスト
16	モニタリングフォーム（案）

MAP:1
パラオ共和国全図



MAP:2
調査対象地域
(コロール州、アイライ州)



位置図



完成予想図

写真(1 / 6)

【写真1】



【水源】
ギーメルダム
(左が堤体、右がダム湖。)

【写真2】



【水源】
ギーメルダム堤体の管理橋
(管理橋が破壊されている。)

【写真3】



【水源】
ゲリギル取水ポンプ場の取水口
(高濁時に異物が入りやすい。)

【写真4】



【水源】
ゲリギル取水ポンプ場の取水ポンプ
(老朽化が観察される。)

【写真5】



【水源】
アイライの代替水源(予備水源)の井戸フィールド
(写真奥の緑のジャングル帯。)

【写真6】



【水源】
アイライ代替水源(予備水源)の既存井戸
(1985年から現在にかけて10本以上の井戸の地下
水生産能力が調査された。)

写真(2 / 6)

【写真7】



【水源】
マラカル独自水源
(湧水保護用建屋、内部に湧水池がある。湧水量が少ないので使われなかった。)

【写真8】



【アイライ浄水場】
原水ポンプ
(4台中1台が故障しており、3台の運転モードにより所要の流量を送水している。老朽化が激しいため、更新が推奨される。)

【写真9】



【アイライ浄水場】
凝集剤注入設備
(薬品注入設備は、更新を計画する時期に来ている。)

【写真10】



【アイライ浄水場】
送水ポンプ
(一部に老朽化が始まっており、現在、送水ポンプ2基の新設事業に着手している。)

【写真11】



【アイライ浄水場】
1993年完工(前回無償)の送水管
(1本の送水管で浄水場を出ており、継続使用する。)

【写真12】



【送水管】
KB橋の添架用ブラケット
(橋梁添架の事業に着手している。現況は海中管であり、2013年及び2014年に破断事故が生じた。)

写真(3 / 6)

【写真13】



【アイライ浄水場】
フロック形成池(機械攪拌方式)
(凝集剤が原水ポンプ直後に注入されており、フロックの成長が阻害されている可能性がある。)

【写真14】



【アイライ浄水場】
急速ろ過池(バルブレス重力式ろ過装置)
(5基のろ過池のうち3基の路床底版が破損している。)

【写真15】



【アイライ浄水場】
急速ろ過池の逆洗水排出
(サイフォンによる自動逆洗方式であるが、ほぼ1日おきに手動で強制的に逆洗されている。)

【写真16】



【アイライ浄水場】
汚泥乾燥床
(凝集沈殿池からの汚泥流下直後(左上)と乾燥汚泥の(右下)の様子。乾燥期間は乾季で1ヶ月間、雨期で2ヶ月間を要す。)

【写真17】



【アイライ浄水場】
水質検査機器
(濁度と残留塩素しか計測されていない(左上)。凝集剤の注入量はジャーテスト(右下)により計算されている。大腸菌や一般細菌の検査はしていない。)

【写真18】



【送水管】
マラカル用送水管(新設)の海峡横断
(ミナトバシ及びコーズウェイ沿いの配管が必要である。)

写真(4 / 6)

【写真19】



【配水池】
既存アイライ配水池
(比較的美しく保っているが塗装は、剥げている。)

【写真20】



【配水池】
既存ゲルミド配水池
(塗装は剥げていて、錆も目立つ。漏水は認められない。)

【写真21】



【配水池】
既存ゲルケソワル配水池
(塗装は剥げていて、錆も目立つ。漏水は認められない。)

【写真22】



【配水池】
既存アラカベサン配水池
(前回無償で塗装したが、剥げ始めている。錆も出てきているが、漏水は認められない。)

【写真23】



【配水池】
既存マラカル配水池
(塗装は剥げていて状態は良くない。一度も使われた事がなく、漏水の可能性があり、耐水性も保証できないため、配水池を新設する。)

【写真24】



【配水管】
コロールの目ぬき通り(国道)
(約80年前の主要配水管が布設されている。写真中央の舗装修理は漏水修理跡。)

【写真25】



【小規模給水システム】
モガミ浄水施設

(アイメリーク州モガミにある給水システム。バルブレス重力式フィルターによるろ過と塩素殺菌を行っている。28世帯及び学校1校へ給水している。)

【写真26】



【小規模給水システム】

モガミ給水システムの塩素注入機器

(現在故障中であり、塩素を直接配水槽に投入し塩素殺菌を行っている。)

【写真27】



【小規模給水システム】
ゲアンミゲル浄水施設

(アイメリーク州ゲアンミゲルにある給水システム。バルブレス重力式フィルターによるろ過と塩素殺菌を行っている。80世帯、発電所へ給水している。タンク底部から水漏れが発生していた。)

【写真28】



【小規模給水システム】

メゲラン浄水施設

(ガラロン州メゲランにある給水システム。バルブレス重力式フィルターによるろ過と塩素殺菌を行っている。100世帯へ給水している。全体的に錆びついており、階段等は壊れている。)

【写真29】



【給水メーター】

給水メーター及び給水管

(民家に設置された給水メーター及び給水管。)

【写真30】



【給水メーター】

新設給水メーター

(ネプチューン社製の給水メーターをADBのプログラムローンで設置している。)

写真(6 / 6)

【写真31】



【水位計】 水位監視設備

(既存の4配水池には水位監視設備が設置されている。水位情報がオペレーターや上下水道の管理スタッフへ定期的に伝送されている。新設されるマラカル配水池には、同設備が導入される。)

【写真32】



【消火栓】 消火栓

(アイライ～マラカルのメイン道路のゲルミド分岐点に設置された消火栓。)

【写真33】



【配水池の更新予定地】 マラカル配水池更新予定地

(既存配水池の隣接地に、容量0.25MG(950m³)、RC造、矩形を築造する。)

【写真34】



【土質】 岩掘削

(アイライコーズウェイ西側終点から約440mの区間について、路線西側は石灰岩が露頭しており、送水管敷設には、岩掘削を要する。)

【写真35】



【道路】 コンクリート道路

(コロールの目ぬき通りから民家へ伸びる州道は、ほとんどがコンクリート舗装されている。)

【写真36】



【道路】 アスファルト道路

(コロールの目ぬき通り(国道及び一部の州道)は、ほとんどがアスファルト舗装されている。比較的状态は良い。)

図表リスト

図 1-1-1	人口推移.....	2
図 1-1-2	コロール・アイライ給水システムの概要.....	4
図 1-1-3	アイライ浄水場の月間給水量.....	5
図 2-1-1	PPUC 組織図.....	19
図 2-1-2	PPUC 管理部門の組織図.....	20
図 2-1-3	WWO の組織図.....	21
図 2-1-4	アイライ浄水場システムフロー図.....	27
図 2-1-5	現在の送水システム概念図.....	31
図 2-1-6	配水系統図.....	35
図 2-1-7	配水区割図.....	35
図 2-1-8	給水圧の分布図（2014 年 5 月の測定）.....	37
図 2-1-9	管網計算による現況分析結果：水圧分布図（最小動水圧）.....	38
図 2-1-10	給水圧実測箇所位置図.....	39
図 2-1-11	管種別延長割合 全体及び管径 6in（150mm）以上.....	40
図 2-1-12	漏水箇所位置図.....	41
図 2-1-13	給水管責任区分.....	42
図 2-1-14	アイライ浄水場における流量の経時変化.....	44
図 2-1-15	前回無償の施設位置図.....	47
図 2-2-1	年平均気温.....	51
図 2-2-2	月平均気温.....	51
図 2-2-3	月平均降水量.....	52
図 2-2-4	年平均降水量.....	52
図 2-2-5	2 月～4 月の月平均降水量.....	53
図 2-2-6	コロール・アイライ給水システム（現況）.....	56
図 2-2-7	コロール・アイライ給水システム（計画）.....	56
図 2-2-8	アイライ州の環境社会配慮に必要な史跡、歴史的な集落、段丘、 地下水環境図.....	58
図 2-2-9	アイライ州の環境保全地域図.....	58
図 2-2-10	アイライ州とコロール州の環境社会配慮図.....	58
図 2-2-11	パラオ国 EIA 審査までの一般的手順.....	60
図 2-2-12	マラカル配水池を中心とする土地区画.....	71
図 3-1-1	人口推移実績と予測.....	86
図 3-1-2	老朽化アスベスト管位置図.....	91
図 3-1-3	給水量の年間変動.....	95
図 3-1-4	試掘調査地点.....	97
図 3-1-5	地盤調査地点.....	98
図 3-1-6	現状の配水系統図（配水区割図）.....	99
図 3-1-7	計画配水系統図（配水区割図）.....	99

図 3-1-8	計画施設全体配置図	100
図 3-1-9	コロール・アイライ送水システム計画概念図（水位高低図）	101
図 3-1-10	老朽配水管更新優先路線図	102
図 3-1-11	送水システム計画概念図	104
図 3-1-12	計画送水管配置図-1（アイライ浄水場～KB橋（アイライ側））	105
図 3-1-13	計画送水管配置図-2（KB橋（コロール側）～ゲルケソワル）	105
図 3-1-14	計画送水管配置図-3（PVA交差点～マラカル配水池）	106
図 3-1-15	KB橋添架管への接続方法	106
図 3-1-16	流量計算用位置図	109
図 3-1-17	計画送水管標準掘削断面図	110
図 3-1-18	計画送水管標準断面図-1（アイライ浄水場～KB橋）	111
図 3-1-19	計画（追加）送水管標準断面図-2（KB橋～ゲルケソワル）	111
図 3-1-20	計画送水管標準断面図-3（PVA交差点～ミナトバシ）	112
図 3-1-21	計画送水管標準断面図-4（マラカルコースウェイ）	112
図 3-1-22	計画送水管標準断面図-5（マラカルコースウェイ～マラカル配水池）	112
図 3-1-23	水撃検討モデル	113
図 3-1-24	水撃検討結果（対策前）	113
図 3-1-25	水撃検討結果（対策後）	114
図 3-1-26	ミナトバシの添架管	115
図 3-1-27	ミナトバシの既存添架管	116
図 3-1-28	岩掘削区間	116
図 3-1-29	配水計画概念図	121
図 3-1-30	計画配水系統図（配水区割図）	122
図 3-1-31	計画配水管の管網計算結果：水圧分布図（最小動水圧）	123
図 3-1-32	配水流量計の設置場所	124
図 3-1-33	配水流量計設置概念図（ゲルケソワル配水池・アラカベサン配水池）	125
図 3-1-34	配水池位置図	127
図 3-1-35	マラカル配水池の電力供給に関するパラオ国側施工範囲	129
図 3-1-36	更新優先順位検討フロー	130
図 3-1-37	老朽配水管の更新優先度	132
図 3-1-38	老朽管更新優先路線図	134
図 3-1-39	配水管掘削断面図（1）	137
図 3-1-40	配水管掘削断面図（2）	138
図 3-1-41	既設配水管との接続標準図	139
図 3-1-42	消火栓への接続	140
図 3-1-43	舗装復旧路線概要図	142
図 3-1-44	給水管の施工範囲と接続標準図	144
図 3-1-45	施設建設請負業者の実施体制	156
図 3-1-46	事業実施関係図	158
図 3-3-1	施設管理フロー図	170

表 1-1-1	コロール・アイライ給水システムの現況総括表	1
表 1-1-2	人口	2
表 1-1-3	外国人訪問客数	3
表 1-1-4	コロール・アイライの上水道契約者数	4
表 1-1-5	平均給水量と登録使用水量	5
表 1-1-6	負荷率	6
表 1-1-7	登録上の給水量・使用水量	6
表 1-1-8	登録使用水量の内訳	7
表 1-1-9	使用水量の補正係数	8
表 1-1-10	補正後の給水量・使用水量	8
表 1-1-11	バベルダオブ島の給水改善計画の概要	11
表 1-1-12	産業別 GDP の推移	12
表 1-1-13	全体及び関係産業の GDP 増加量	12
表 1-2-1	当初の要請内容	14
表 1-2-2	整理後の要請内容	16
表 1-3-1	我が国の無償資金協力の実績	16
表 1-4-1	ADB のフィージビリティ調査の提案事業	17
表 1-4-2	PPUC の ADB プログラムローン利用計画	17
表 1-4-3	その他の開発パートナーの活動	18
表 2-1-1	PWSC 以前の上下水道事業管理部門	19
表 2-1-2	上下水道部門の職員数	21
表 2-1-3	WWO の会計収支	21
表 2-1-4	上下水道料金の改定	22
表 2-1-5	近年の上下水道料金請求金額	23
表 2-1-6	アイライ浄水場 (KAWTP) の主施設内容	27
表 2-1-7	原水ポンプの主な仕様	27
表 2-1-8	原水ポンプの運転モード	28
表 2-1-9	フロック形成池の主な仕様	28
表 2-1-10	薬品沈殿池の主な仕様	28
表 2-1-11	急速ろ過池の主な仕様	29
表 2-1-12	汚泥乾燥床の主な仕様	30
表 2-1-13	アイライ浄水場における水質検査項目	30
表 2-1-14	更新送水ポンプの仕様	32
表 2-1-15	ブースターポンプの仕様	33
表 2-1-16	配水池 (鋼製) の板厚測定結果	34
表 2-1-17	各配水区の配水量	36
表 2-1-18	給水圧実測結果	39
表 2-1-19	各配水区域の管種、管径別延長	40
表 2-1-20	PPUC 管理内での漏水箇所内訳	41
表 2-1-21	既存給水管の状況	42

表 2-1-22	測定条件一覧.....	43
表 2-1-23	アイライ浄水場における流量測定結果.....	44
表 2-1-24	水質調査の結果（国内再委託）.....	45
表 2-1-25	簡易水質試験結果.....	46
表 2-1-26	主要施設の現況.....	48
表 2-1-27	前回無償実施時の主要提言事項の現況.....	48
表 2-2-1	2月-4月 月平均降水量.....	54
表 2-2-2	エルニーニョ発生期間.....	54
表 2-2-3	本プロジェクトの事業コンポーネント.....	55
表 2-2-4	組織、制度、環境影響評価（EIA）審査手順ほか.....	59
表 2-2-5	下水道整備計画の排水水質目標値.....	61
表 2-2-6	計画案と代替案の比較（ゼロオプション含む）.....	63
表 2-2-7	スコーピング及び環境社会配慮の TOR.....	64
表 2-2-8	評定区分.....	66
表 2-2-9	環境への影響評価結果.....	66
表 2-2-10	社会への影響評価結果.....	68
表 2-2-11	地球温暖化、気象、水質に係わる調査結果.....	72
表 2-2-12	スコーピング及び調査結果.....	75
表 2-2-13	緩和策及び緩和策実施のための費用.....	78
表 2-2-14	モニタリング計画案.....	79
表 3-1-1	計画諸元.....	85
表 3-1-2	人口予測（高シナリオ）.....	86
表 3-1-3	人口予測（低シナリオ）.....	86
表 3-1-4	人口予測（中間シナリオ： 計画人口）.....	86
表 3-1-5	外国人訪問客数の実績及び予測数.....	87
表 3-1-6	ADB 調査の需要予測（2009 提示）.....	88
表 3-1-7	GDP 増加率.....	89
表 3-1-8	既存配水管の漏水への影響度.....	92
表 3-1-9	管種ごとの事故発生頻度.....	92
表 3-1-10	現在の無収水量の推定内訳.....	93
表 3-1-11	配水管更新による無収水削減の推定（現在の使用水量ベース）.....	94
表 3-1-12	2020 年までの需要計画.....	95
表 3-1-13	過去 5 年間の負荷率.....	96
表 3-1-14	配水区別計画給水量（一日最大給水量ベース）.....	96
表 3-1-15	土性値.....	98
表 3-1-16	各配水池への計画送水量.....	102
表 3-1-17	送水システム代替案の簡易比較結果(1).....	103
表 3-1-18	送水システム代替案の簡易比較結果(2).....	103
表 3-1-19	計画送水管の概要.....	104
表 3-1-20	管種検討一覧.....	107

表 3-1-21	計画送水管の流量計算結果.....	108
表 3-1-22	管厚計算.....	111
表 3-1-23	鋼管柱 1 本当りの押込み力の照査（橋軸直角方向）.....	115
表 3-1-24	舗装復旧方法.....	117
表 3-1-25	現況配水区毎の有収水量実績.....	118
表 3-1-26	計画配水区毎の有収水量実績.....	118
表 3-1-27	現況及び計画配水区の一日最大給水量及び時間最大給水量.....	120
表 3-1-28	配水池の水位.....	121
表 3-1-29	配水流量計の口径.....	126
表 3-1-30	配水池の計画容量.....	126
表 3-1-31	配水池の形式、寸法及び材料.....	128
表 3-1-32	配水池の支持力.....	128
表 3-1-33	評価項目と評価点.....	130
表 3-1-34	管路の評価点区分.....	131
表 3-1-35	老朽配水管の更新優先路線.....	133
表 3-1-36	配水管の管種比較表.....	136
表 3-1-37	送配水管の舗装復旧.....	141
表 3-1-38	施設建設に係る両国間負担区分.....	155
表 3-1-39	請負業者の施工管理体制.....	157
表 3-1-40	品質管理計画の内容.....	160
表 3-1-41	施設建設材料（主要資機材）の調達区分.....	161
表 3-1-42	施工業者による初期操作指導・運用指導内容（案）.....	162
表 3-1-43	成果達成の確認方法.....	164
表 3-1-44	研修日程（案）.....	165
表 3-1-45	ソフトコンポーネントの実施工程（案）.....	166
表 3-1-46	本ソフトコンポーネントの成果品.....	166
表 3-1-47	実施工程表.....	168
表 3-2-1	相手国側分担事業の項目と実施時期.....	169
表 3-2-2	相手国（PPUC）分担事業の概算事業費.....	169
表 3-3-1	本プロジェクト施設の運営・維持管理の主な項目.....	171
表 3-3-2	本プロジェクト運営・維持管理要員.....	172
表 3-4-1	概略事業費.....	172
表 3-4-2	本プロジェクト実施後の運営・維持管理費（増加分）.....	173
表 3-4-3	本プロジェクトにおける機材の更新時期.....	173
表 4-4-1	本プロジェクトの対象地域の定量的効果指標.....	176

略語集

[組織・機関]

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ANSI	American National Standards Institute	米国国家規格協会
ASTM	American Society for Testing and Materials	米国試験材料協会
AWWA	American Water Works Association	米国水道協会
BAC	Bureau of Arts and Culture	政府芸術文化局
BBP	Bureau of Budget & Planning	財務省予算・計画局
BLS	Bureau of Land and Survey	政府土地調査局
BPW	Bureau of Public Works	公共事業局
CIP	Capital Improvement Program	首都圏改善計画部
EPA	United States Environmental Protection Agency	アメリカ合衆国 環境保護庁
EQPB	Environmental Quality Protection Board	環境保護局
EU	European Union	欧州連合
ISO	International Organization for Standardization	国際標準規格
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JIS	Japanese Industrial Standards	日本工業規格
JWWA	Japan Water Works Association	日本水道協会
KSPLA	Koror State Public Lands Authority	コロール州公有地管理局
MPIIC	Ministry of Public Infrastructure, Industries and Commerce	公共基盤・産業・商業省
NCDC	National Climatic Data Center	アメリカ合衆国 国立気候データ・センター
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PIF	Pacific Islands Forum	大平洋諸島フォーラム
PPUC	Palau Public Utilities Corporation	パラオ公共事業公社
PVA	Palau Visitors Authority	パラオ来訪者庁
PWSC	Palau Water and Sewer Corporation	パラオ上下水道公社
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
WHO	World Health Organization	世界保健機構
WWO	Water and Wastewater Operation	上下水道部門

[一般]

AC	Asbestos Cement	石綿セメント
BP	Booster Pump	ブースターポンプ
CI	Cast-Iron	鋳鉄
DCIP	Ductile Cast Iron Pipe	ダクタイル鋳鉄管
Dia.	Diameter	直径、口径
DN	Nominal Diameter	呼び径

E/N	Exchange of Notes	交換公文
EA	Environmental Assessment	環境評価
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIS	Environmental Impact Statement	環境影響調査書
G/A	Grant Agreement	贈与契約
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GL	Ground Level	地盤高
GNI	Gross National Income	国民総所得
GS	Galvanized Steel	亜鉛メッキ鋼
HDPE	High Density Polyethylene	高密度ポリエチレン
HWL	High Water Level	高水位
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境評価
KAWTP	Koror-Airai Water Treatment Plant	アイライ浄水場
KB	Koror-Babeldaob	コロール・バベルダオブ
LG	Length	距離
LWL	Low Water Level	低水位
NEPA	National Environmental Policy Act	米国国家環境政策法
NRW	Non-Revenue Water	無収水
O&M	Operation and Maintenance	運営維持管理
pH	Potential of Hydrogen	水素イオン指数
PVC	Poly-Vinyl Chloride	硬質ポリ塩化ビニル
RC	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
SCH	Schedule No.	スケジュール番号方式
SOP	Standard Operational Procedure	作業標準手順書
SP	Steel Pipe	鋼管
SS	Structural Rolled Steel	一般構造用圧延鋼
SUS	Steel Use Stainless	ステンレス鋼
TOR	Terms of Reference	委託条件書

[単位]

%	percentage	パーセント
°C	degrees Celsius	摂氏
°F	degrees Fahrenheit	華氏
cm	centimeter	センチメートル
ft	feet	フィート
G	gallon	ガロン
G/min	gallon per minute	ガロン/分
HP	horse power	馬力
in	inch	インチ
km	kilometer	キロメートル

km ²	square kilometer	平方キロメートル
kW	kilowatt	キロワット
m	meter	メートル
m ³	cubic meter	立方メートル
MG	million gallons	百万ガロン
MG/d	million gallons per day	百万ガロン/日
mi	mile	マイル
min	minute	分
mm	millimeter	ミリメートル
MPa	megapascal	メガパスカル
NTU	nephelometric turbidity unit	ネフェロメ濁度単位
psi	pound-force per square inch	重量ポンド毎平方インチ
rpm	revolution per minute	毎分回転数
USD	United States Dollar	米国ドル

單位換算表

$$1\text{mi} = 1.6\text{km}$$

$$1\text{ft} = 30\text{cm}$$

$$1\text{in} = 2.5\text{cm}$$

$$1\text{G} = 3.785\text{L}$$

$$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$$

$$1\text{psi} = 6.895\text{kPa}$$

為替レート

USD1.00=119.64 円 (JICA 精算レート 2015 年 4 月)

第1章

プロジェクトの背景・経緯

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

パラオ共和国（以下、パラオ国という）の上水道の歴史は、我が国の統治時代（1914～1945年）にさかのぼる。人口約1.2万人（2013年推定）の旧首都コロールでは、70年以上前に敷設された同統治時代の配水管が今も活用されている。また、1970年代後半、米国支援で上水道改善事業が実施され、アイライに浄水場が設置されるとともに、現在のコロール・アイライ給水システムの原型が形成された。この当時の配水管網も約40年にわたって活用されている。これらの配水管網は強度の劣る石綿セメント管（アスベスト管：以下、AC管という）である上、老朽化しており、頻発する漏水の主要原因と推測されている。

パラオ公共事業公社（Palau Public Utilities Corporation：以下、PPUCという）がパラオ国の上水道事業を実施しており、コロール州とアイライ州は、コロール・アイライ給水システムと呼ばれる一群の施設（ダム、取水ポンプ場、浄水場、送配水管、配水池）から給水される。その規模や事業実施状況を表1-1-1に総括する。現在の平均給水量は3.69MG/日（13,967m³/日）と推定され、一人一日平均給水量が約261G/人/日（988L/人/日）である一方、無収水率が約48%と試算される。1-1-1-1章以降に、事業実施状況の詳細を述べる。

表 1-1-1 コロール・アイライ給水システムの現況総括表

項目	規模・現況数値	備考
一日最大給水量	4.03MG (15,253m ³)/日	2009 - 2013 年の期間中最大
一日平均給水量	3.69MG (13,967m ³)/日	2013 年：261G/人/日 (988L/人/日)
一日平均使用水量（有収水量）	1.91MG (7,229m ³)/日	13%の固定料金制接続の推定使用水量含む
- 一般家庭	0.96MG (3,634m ³)/日	
- 事業系	0.95 MG(3,596m ³)/日	
無収水量（NRW）	1.78MG (6,737m ³)/日	
無収水率	48%	
接続数	3,710 接続	稼働接続:3,341、家庭:2,499、事業系:842
メーター設置率	約 90%	
給水人口	14,126 人	2013 年推定
普及率	100%	
単位当たり使用水量	572G (2,165L)/接続/日	事業系を含む総給水量からの平均値
一般家庭	386G (1,461L)/接続/日	
一般家庭	68G (257L)/人/日	
事業系	1,128G (4,269L)/接続/日	
給水時間（一日当たり）	24 時間	
職員数	51 人	下水道や地方部要員を除く
- 1000 接続当たり職員数	13.7 人	
原価回収率	38%	PPUC 全体の数値、収入÷支出

注： 無収水：Non-Revenue Water（以下、NRWという）

出典： JICA 調査団

1-1-1-1 人口

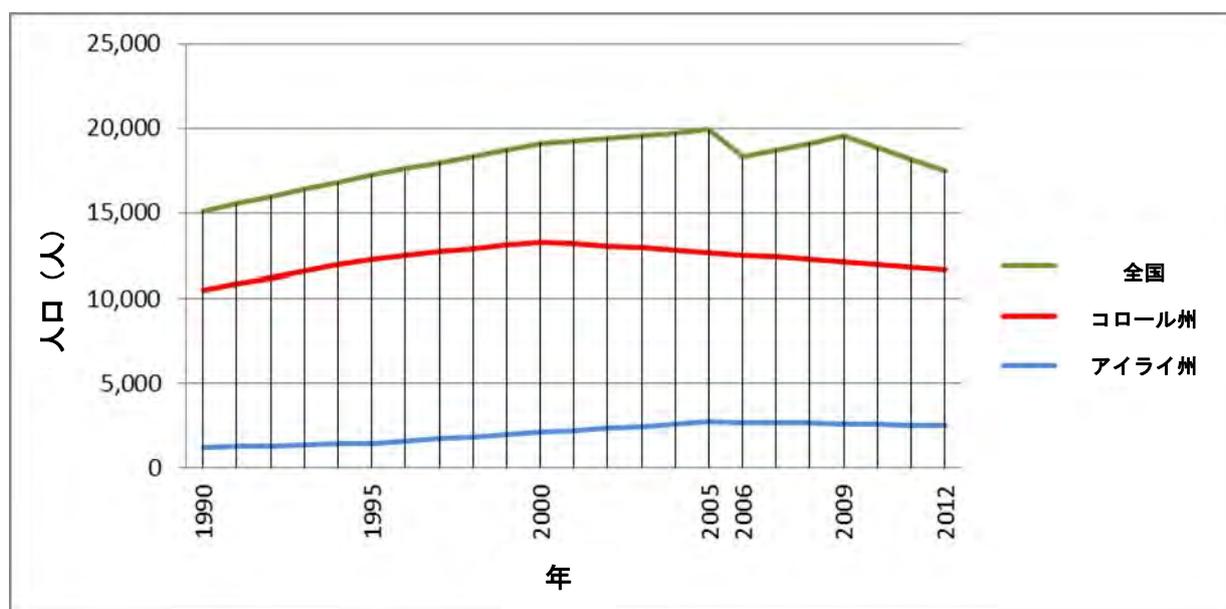
パラオ国の財務省予算・計画局は、2012年までの統計書で人口減少を明言していなかった。しかし、2014年7月に公開された統計書(2013年版)で、人口が減少していることを明言した。

全国の人口は、2005年以降、減少傾向にあり、2012年で18千人とされる。また、本件の給水人口に関係するコロール州とアイライ州の人口は、14千人（2012年）である。同書に基づく人口推移を、表 1-1-2 及び図 1-1-1 に示す。

表 1-1-2 人口

地域	1990年	1995年	2000年	2005年	2006年	2009年	2012年	増加率
パラオ全国（人）	15,122	17,225	19,129	19,907	18,324	19,535	17,501	-1.7%
コロール（人）	10,501	12,299	13,303	12,676			11,665	-1.1%
アイライ（人）	1,234	1,481	2,104	2,723			2,537	-1.0%

注： 人口増加率は、2005年から2012年のものを記している。空白は、統計書に掲載がないことを示す。
 出典： 2005 センサス総括及びパラオ国統計書（2013）



出典： 2005 センサス総括及びパラオ国統計書（2013）

図 1-1-1 人口推移

1-1-1-2 外国人訪問客数

パラオ国は、2万人未満の人口に対し、年間10万人以上の外国人訪問客を受け入れる。外国人訪問客の人数やその社会・経済活動は水の需要に影響を与える。したがって、外国人訪問客数の動向には留意が必要である。

過去6年間の外国人訪問客数を表 1-1-3 に示す。外国人訪問客数は増加傾向にあり、2011年に年間10万人を超えた。パラオ来訪者庁（Palau Visitors Authority：以下、PVA という）によれば、2013年は韓国の不況と航空会社の機材確保問題でフライト就航数が減じ、訪問客数が減少した。しかし、2014年はそれらの問題が落ち着き、過去最高レベルで訪問客数が推移した。

表 1-1-3 外国人訪問客数

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
2008	8,467	8,726	7,500	6,623	4,945	4,817	5,801	7,281	6,389	6,327	5,719	6,664	79,259
2009	7,656	6,964	7,148	5,329	4,878	4,428	5,385	6,456	6,411	5,300	5,345	6,587	71,887
2010	6,909	8,630	7,463	5,233	5,568	4,610	10,008	9,078	7,203	6,833	6,096	7,962	85,593
2011	9,308	8,905	7,515	7,979	7,240	7,489	11,091	12,335	10,327	8,286	8,693	9,889	109,057
2012	11,161	10,577	9,909	8,402	7,770	9,627	11,591	12,002	8,949	8,829	10,075	9,862	118,754
2013	10,141	11,030	10,657	7,558	5,879	6,909	9,264	9,140	9,173	7,722	7,909	9,679	105,061
2014	10,597	11,073	11,528	8,975	8,691								50,864

注1： 空白は資料に掲載がないことを示す。

注2： PVA は、2014年に訪問客数が年間14万人になったと報告している。

出典： PVA

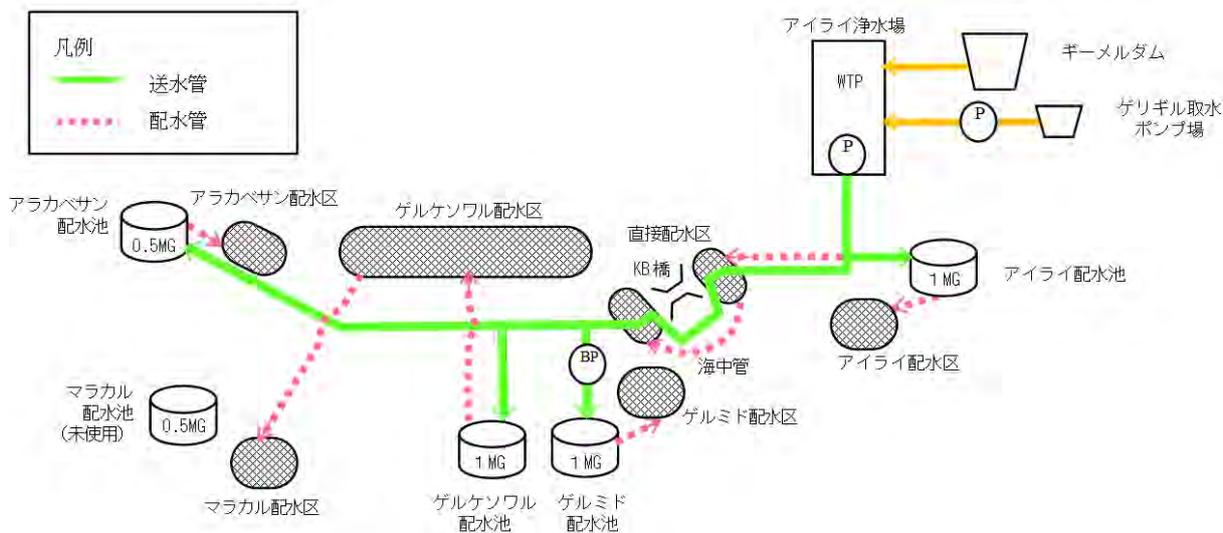
1-1-1-3 コロール・アイライ給水システム

(1) 上水道システムの概況

図 1-1-2 にコロール・アイライ給水システムの概要を示す。コロール・アイライ給水システムの水源は、エデン川のゲリギル取水ポンプ場とゲーメルダムである。ゲリギル取水ポンプ場では、ポンプ2台が24時間運転しており、ここから約3MG/日（11,355m³/日）の水を浄水場へ導水していると推定される。ゲーメルダムからは、約1MG/日（3,785m³/日）の水が自然流下で導水される。基本的に、取水ポンプ場からの導水量が固定されており、ゲーメルダムからの流下量をアイライ浄水場のバルブで調節することによって導水量が調節される。

浄水場はアイライ州に設置されている。凝集沈殿と重力式バルブレスろ過装置を備えた浄水場で、公称能力は4MG/日（15,140m³/日）である。2012～2013年の送水データから、現在の平均給水量は3.69MG/日（13,967m³/日）と推定される。

浄水場から1本の送水管でコロール州とアイライ州へ送水される。送水管は、浄水場を出たところでコロール州向けとアイライ州向けに分岐される。その後、送水管は、マラカル配水池以外の4箇所の配水池へ送水する。マラカル配水池へは、送水管は整備されておらず、同配水池も使われていない。マラカル島へは、ゲルケソワル配水池から配水されている。



出典： JICA 調査団

図 1-1-2 コロール・アイライ給水システムの概要

なお、現在、コロール・バベルダオブ橋（以下、KB 橋という）の東西地区が、配水池を介さない直接配水区になっている。この直接配水区へは、アイライ浄水場の送水ポンプの圧力で配水される。上述の送水管と直接配水区の配水管は、KB 橋の下の海中管で海峡を渡る。海中の配水管は、2013 年 11 月と 2014 年 10 月に管路破断事故（漏水事故）を起こし、コロール州とアイライ州に大規模な給水制限を招いた。

(2) 給水普及率・契約者数

コロール州とアイライ州のほぼすべての家庭・事業所が上水道に接続にしていると考えられており、普及率はほぼ 100%とされている。そのため、給水人口は、約 14,126 人（2013 年推定）である。

上水道における契約者数は 3,700 を超える。しかし、休眠契約も多く、稼働中の有効契約者数は、表 1-1-4 に示す 3,341 件である。アイライに固定料金制の契約者が多いものの、有効契約者数の 87%にメーターが設置されている。

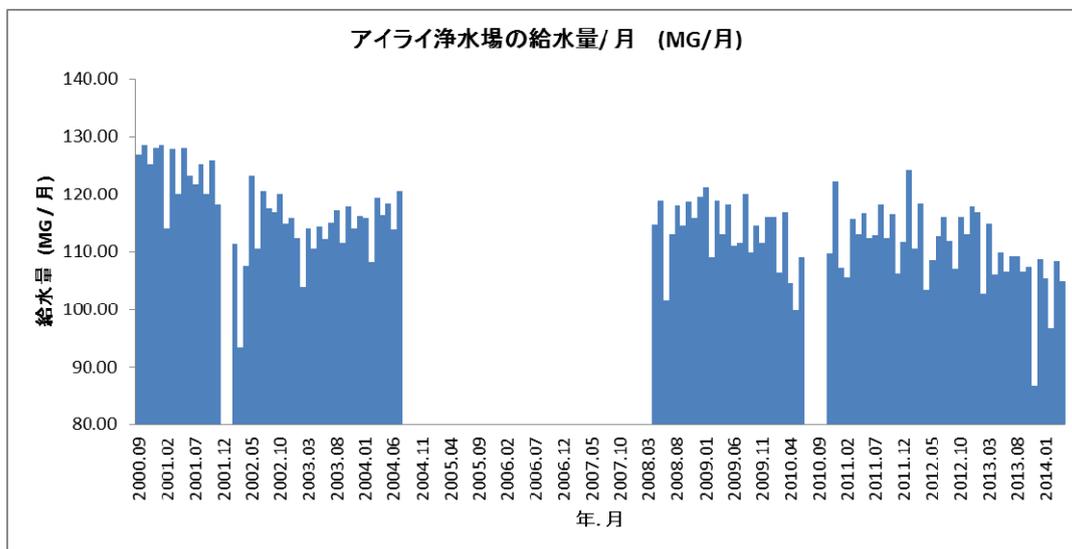
表 1-1-4 コロール・アイライの上水道契約者数
(2012 年 10 月-2013 年 5 月の平均)

項目	件数／人口
稼働中の契約接続 (合計)	3,341 件
うち一般家庭 (固定料金制)	345 件
うち一般家庭 (メーター制)	2,154 件
うち政府機関 (固定料金制)	81 件
うち政府機関 (メーター制)	63 件
うち商業施設 (固定料金制)	24 件
うち商業施設 (メーター制)	674 件
人口 (2013 年)	14,126 人

出典： PPUC

(3) 給水量

2000年以降の月間給水量の推移を図1-1-3に示す。2004～2008年及びその他の数年にデータ欠損があるものの、全般的に減少傾向にあることがわかる。これは、前述の人口減少と符合する。



出典： PPUC

図 1-1-3 アイライ浄水場の月間給水量

2012年～2013年のデータから、現時点の一日平均給水量は、約3.69MG/日（13,967m³/日）と推定される。給水量と登録されている使用水量¹の比較を表1-1-5に示す。また、負荷率は、表1-1-6に示すように、最近5年間の平均から、93%（一日最大給水量は、一日平均給水量の1.07倍）と推定される。そのため、一日最大給水量を約4.0MG/日（15,140m³/日）と推定する。

表 1-1-5 平均給水量と登録使用水量

区分	2012年			2013年					合計	一日平均 (MG/日)
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月		
給水量(MG/月)	115.99	112.95	117.87	116.84	102.75	115.01	106.09	109.85	897.35	3.69
合計使用水量 (MG/月)	56.96	58.32	61.44	59.46	49.71	65.37	55.80	52.25	56.96	1.89
一般家庭 (固定料金制)	3.72	3.72	3.71	3.72	3.70	3.69	3.67	3.68	3.72	0.12
一般家庭 (メーター制)	26.28	24.73	24.25	26.87	21.15	27.35	27.21	24.01	26.28	0.83
政府機関 (固定料金制)	1.10	1.27	1.28	1.28	1.15	1.27	1.28	1.28	1.10	0.04
政府機関 (メーター制)	1.37	0.85	1.41	1.08	0.94	0.94	1.86	1.26	1.37	0.04
商業施設 (固定料金制)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.31	0.31	0.31	0.31	0.35	0.01
商業施設 (メーター制)	24.14	27.40	30.44	26.16	22.46	31.81	21.47	21.71	24.14	0.85

出典： PPUC

¹登録されている使用量とは、PPUCに記録されている、固定料金制の顧客のみならずメーター料金制の顧客のメーター読み使用量をいう。

表 1-1-6 負荷率

No.	項目	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	平均
1	一日平均給水量 (MG/日)	3.77	3.62	3.69	3.71	3.58	3.67
2	一日最大給水量 (MG/日)	4.02	3.88	3.86	3.94	4.03	3.94
3=2/1	日変動係数	1.07	1.07	1.05	1.06	1.10	1.07
4=1/2	負荷率	94%	93%	96%	94%	89%	93%

注： 2013年11月は大規模漏水事故で通常と大きく異なる状態であったため、計算から除外した。

出典： PPUC

上述の給水量及び使用水量を単位人口及び接続数当りに換算したものを表 1-1-7 に示す。なお、同表の数値は、固定制顧客の使用水量を補正する前の登録上の数値である。次節で述べるように、固定料金制顧客の実際の使用水量は登録されている量より大きいと考えられるため、技術的な能力診断に適さない。本プロジェクトでは、同表の数値を次節で述べるように補正し、補正した数値を概略設計に適用する。

表 1-1-7 登録上の給水量・使用水量

No.	項目	期間水量 (243日間) 2012.10月-2013.5月		単位量当たり給水量/使用水量			
		MG	MG/日	G/人/日	L/人/日	G/接続/日	L/接続/日
1	給水量	897.35	3.69	261	988	1,105	4,182
2	一般家庭 (固定) 使用量	29.61	0.12	67	254	353	1,336
3	一般家庭 (メーター) 使用量	201.85	0.83			386	1,461
4	事業所：政府機関 (固定) 使用量	9.91	0.04			503	1,904
5	事業所：政府機関 (メーター) 使用量	9.71	0.04			634	2,400
6	事業所：商業施設 (固定) 使用量	2.64	0.01			453	1,715
7	事業所：商業施設 (メーター) 使用量	205.59	0.85			1,255	4,750
8	使用水量合計	459.31	1.89			566	2,142
9 = 1 - 8	無収水量 (NRW)	438.04	1.80				
10 = 9 / 1	無収水率	49%					

出典： JICA 調査団

(4) 使用水量の補正

表 1-1-8 に、前述の登録使用水量の内訳を示す。この内訳から、以下の留意点が明確になり、技術的な水量把握のために補正が必要になる。そのため、表 1-1-9 の係数を用いて補正する。

- 固定料金制接続は 13% に上る。固定料金制の顧客の実際の使用水量は、PPUC に記録されているみなし使用水量 (登録使用水量) より大きい可能性がある。
- メーター制顧客の 1 接続当たりの平均使用水量は、固定料金制顧客の 1 接続当たり登録使用水量より 1.09 倍多い。
- 政府機関の 56% は固定料金制である。メーター制顧客の 1 接続当たり平均使用水量は、固定料金制顧客のものより 1.26 倍多い。
- 商業施設の使用水量は、業務内容や規模により、さまざまである。一概に固定料金制とメーター制の登録使用水量を比較することは適切ではない。しかし、固定料金制顧客の使用水量は、一般家庭や政府機関と同様に、過小推定であると推定される。したがって、一般家庭や政府機関の平均である、1.18 倍程度の補正が必要と考えられる。

表 1-1-8 登録使用水量の内訳

月	固定料金制契約者			メーター制契約者			合計		
	接続数	登録使用水量(G/月)	平均使用水量(G/接続/月)	接続数	登録使用水量(G/月)	平均使用水量(G/接続/月)	接続数	登録使用水量(G/月)	平均使用水量(G/接続/月)
一般家庭									
2012.10	347	3,724,359	10,733	2,197	26,278,881	11,961	2,544	30,003,240	11,794
2012.11	347	3,724,359	10,733	2,174	24,725,624	11,373	2,521	28,449,983	11,285
2012.12	346	3,713,676	10,733	1,988	24,254,906	12,201	2,334	27,968,582	11,983
2013.1	347	3,724,359	10,733	2,194	26,866,495	12,245	2,541	30,590,854	12,039
2013.2	345	3,702,992	10,733	2,164	21,149,726	9,773	2,509	24,852,718	9,905
2013.3	344	3,690,171	10,727	2,180	27,353,077	12,547	2,524	31,043,248	12,299
2013.4	342	3,668,803	10,727	2,166	27,205,812	12,560	2,508	30,874,615	12,310
2013.5	343	3,679,487	10,727	2,169	24,010,402	11,070	2,512	27,689,889	11,023
平均	345	3,703,526	10,735	2,154	25,230,615	11,713	2,499	28,934,141	11,578
政府機関									
2012.10	81	1,102,941	13,617	64	1,374,791	21,481	145	2,477,732	17,088
2012.11	81	1,265,707	15,626	64	847,047	13,235	145	2,112,754	14,571
2012.12	81	1,276,178	15,755	65	1,407,974	21,661	146	2,684,152	18,385
2013.1	81	1,276,178	15,755	63	1,084,571	17,215	144	2,360,749	16,394
2013.2	81	1,145,288	14,139	64	939,911	14,686	145	2,085,199	14,381
2013.3	80	1,265,707	15,821	64	939,911	14,686	144	2,205,618	15,317
2013.4	81	1,276,178	15,755	65	1,862,503	28,654	146	3,138,681	21,498
2013.5	81	1,276,178	15,755	57	1,262,215	22,144	138	2,538,393	18,394
平均	81	1,235,544	15,254	63	1,214,865	19,284	144	2,450,410	17,002
商業施設									
2012.10	24	353,403	14,725	671	24,139,261	35,975	695	24,492,664	35,241
2012.11	24	347,120	14,463	678	27,398,979	40,411	702	27,746,099	39,524
2012.12	24	353,403	14,725	679	30,440,152	44,831	703	30,793,555	43,803
2013.1	24	353,403	14,725	676	26,162,508	38,702	700	26,515,911	37,880
2013.2	24	305,882	12,745	672	22,461,555	33,425	696	22,767,437	32,712
2013.3	24	305,430	12,726	674	31,813,639	47,201	698	32,119,069	46,016
2013.4	25	312,217	12,489	668	21,471,319	32,143	693	21,783,536	31,434
2013.5	25	312,217	12,489	670	21,706,691	32,398	695	22,018,908	31,682
平均	24	330,384	13,766	674	25,699,263	38,129	698	26,029,648	37,305
事業系 使用量合計									
2012.10	105	1,456,344	13,870	735	25,514,052	34,713	840	26,970,396	32,108
2012.11	105	1,612,827	15,360	742	28,246,026	38,067	847	29,858,853	35,252
2012.12	105	1,629,581	15,520	744	31,848,126	42,807	849	33,477,707	39,432
2013.1	105	1,629,581	15,520	739	27,247,079	36,870	844	28,876,660	34,214
2013.2	105	1,451,170	13,821	736	23,401,466	31,795	841	24,852,636	29,551
2013.3	104	1,571,137	15,107	738	32,753,550	44,382	842	34,324,687	40,766
2013.4	106	1,588,395	14,985	733	23,333,822	31,833	839	24,922,217	29,705
2013.5	106	1,588,395	14,985	727	22,968,906	31,594	833	24,557,301	29,481
平均	105	1,565,929	14,914	737	26,914,128	36,518	842	28,480,057	33,829
一般家庭・ 事業系総計									
平均	450	5,269,455	11,710	2,891	52,144,743	18,037	3,341	57,414,198	17,185

出典： PPUC

表 1-1-9 使用水量の補正係数

区分	平均使用量 (G/接続/月)		補正係数	備考
	a: 固定制	b: メーター制	c=b / a	
一般家庭	10,735	11,713	1.0911	固定料金制顧客の1接続当たりの実際の使用水量はメーター制顧客の1接続当たり平均使用水量のものと同程度になると考え、1.0911倍または1.2642倍と推定する。
事業系：政府機関	15,254	19,284	1.2642	
事業系：商業施設	13,766	16,244	1.1777	

出典： JICA 調査団

上述の補正係数を用い、単位当たりの給水量/使用水量に整理したものを表 1-1-10 に示す。3.69MG/日 (13,967m³/日) の一日平均給水量に対し、使用水量が 1.91MG/日 (7,229m³/日) と計算され、無収水量率が 48%になる。本プロジェクトでは、同表の数値をベースラインとし、概略設計へ適用する。なお、事業系給水量も加えた全体給水量を単純に給水人口当たりに換算すると、一人一日平均給水量は 261G/人/日 (988L/人/日) になる。一般家庭接続だけに着目すると、一人一日平均使用水量は 68G/人/日 (257L/人/日) と計算され、先進国に匹敵する規模の使用水量になる。

表 1-1-10 補正後の給水量・使用水量

No.	項目	人口	接続数	単位給水量/使用水量		一日平均給水量/使用水量	
		人	箇所	G/人/日 (L/人/日)	G/接続/日 (L/接続/日)	MG/日	m ³ /日
1	給水量	14,126	3,341	261 (988)	1,105 (4,182)	3.69	13,967
2	一般家庭使用量	14,126	2,499	68 (275)	386 (1,461)	0.96	3,634
3	事業所：政府機関使用量		144		634 (2,400)	0.09	341
4	事業所：商業施設 (固定) 使用量		24		533 (2,017)	0.01	38
5	事業所：商業施設 (固定) 使用量		674		1,255 (4,750)	0.85	3,217
6	合計使用水量	14,126	3,341	135 (511)	572 (2,165)	1.91	7,229
7 = 1 - 6	無収水量					1.78	6,737
8 = 7 / 1	無収水率 (%)					48%	48%

出典： JICA 調査団

(5) 課題

ここまでの情報整理から、給水状況の課題を以下のように整理する。なお、施設的能力や技術的な課題については、第2章以降に詳述する。

一人一日平均給水量は、261G/人/日（988L/人/日）になる。家庭使用水量も 68G/人/日（257L/人/日）と先進国と同等以上に高い。普及率は、ほぼ 100%と推定され、量的な市民需要は満たされている。その一方、無収水率が 48%になる上、メーター以降の上水道契約者管理の給水設備の漏水も年間に 500 件近く報告されている。給水量の面で無駄が多いと言える。漏水等の無効水を削減するとともに、節水に努めることで、無収水を含む需要を削減することが課題であり、投入するエネルギーや水資源等の低減化を図る必要がある。また、送水の面では、需要増に対して送水能力が限界を超えているため、市民全体の安定給水を保証できないことや、給水圧の低い地域が存在することが課題であり、これらの送配水システムを改善する必要がある。

1-1-2 開発計画

1-1-2-1 長期国家開発計画（1995 年）

パラオ国は、自立国家の確立に向け、全ての国民や次世代の生活の質の向上を目指し、1995 年、国連開発計画（United Nations for Development Programme：以下、UNDP という）と米国政府の協調支援で長期国家開発計画を策定した。これは、2020 年を計画年次にしており、ここで述べられる上下水道分野の現況（1995 年当時）と計画は以下の通りである。

(1) 上水道分野

パラオ国最大のコロール・アイライ給水システムは、エデン川とギーメルダムで取水し、アイライ浄水場で浄水処理して給水している。また、バベルダオブ島全域には、小規模給水システムが設置されている。同システムは、表流水を堰で取水する仕組みが中心である。

コロール・アイライ給水システムは、将来の人口増加や外国人訪問客の増加を考慮しても、平均的には十分な水資源がある。ただし、1983 年の渇水時は、水量が 0.8MG/日（3,028m³/日）まで減少し、給水不足が発生した。

1993 年のアイライ浄水場からの送水量は平均 3.7MG/日（14,005m³/日）であった。しかし、公共基盤・産業・商業省（Ministry of Public Infrastructure, Industries and Commerce：以下、MPIIC という）の公共事業局（Bureau of Public Works：以下、BPW という）の有収水量報告では、1.6MG/日（6,056m³/日）しかなかった。このため、漏水が多いものと考えられる。また、水道メーターは利用者の約 80%にしか設置されていないため、2.0MG/日（7,570m³/日）の NRW には、メーター未設置利用者が登録使用水量以上に使用している水量も含まれる。

将来、1983 年のような渇水が発生した場合、高い無収水率が原因で市民の要求を満たすことができない。そのため、無収水や給水不足の問題対策として、以下のプロジェクトが必要である。

- 水理解析及び漏水調査の実施
アイライ浄水場からの給水量損失を明確にするため、コロール・アイライ給水システムの水理解析や漏水調査。
- 水道メーターの設置
コロール州とアイライ州への新規メーターの設置及び交換（500 箇所）。
- 予備水源の確立
コロール・アイライ給水システムへの予備水源の確立。

- 給水システムの設備改善
停電時のポンプ用発電機の設置（アイライ浄水場とゲリギル取水口の二箇所）と送水ポンプ井の容量の拡張。

(2) 下水道分野

下水処理システムはコロール州のみに導入されている。汚水は、自然流下式と圧送式の組み合わせで、マラカル下水処理場へ送られている。

マラカル下水処理場の処理能力は 1.0MG/日（3,785m³/日）で 1970 年初頭に設計された。しかし、雨期の流量は、最大 2.4MG/日（9,084m³/日）に達する場合もあり、処理能力を超える。下水管渠はコロール州内のほとんどの集落へ敷設されているが、近年の経済成長・市街地拡張に伴い、未敷設地域が広くなりつつある。1994 年には、コロール州内の 126 軒の民家及び 12 軒の商業施設を含む 775 人に対して下水処理が適切に提供されていなかった。同地域をカバーするために、サテライト型下水処理システムの必要性が高い。

地方州では、適切な衛生施設が普及していないため、地下水利用者への影響が懸念されている。

この状況の下、以下のプロジェクトが必要である。

- コロール州の下水道処理システムの拡充
- 下水ポンプ場の更新
コロール州に 37 箇所ある下水ポンプ場の更新
- 地方の衛生プログラムの拡大
衛生プログラムが実施されていない地方州での実施

1-1-2-2 中期開発戦略（2009 年）

アジア開発銀行（Asian Development Bank：以下、ADB という）の支援で、2009～2014 年に実施する中期開発計画が作成された。上水道分野に係る現況・計画は、以下の通りであるが、完了しておらず、計画で述べられている料金改定作業やメーター設置が継続されている。

- 給水システムについては改善が進んでいる。しかし、運営・維持管理は不十分である。
- 現在の水道料金収入は、必要経費の 50% 以下であり、政府の助成金で補っている。
- 水道メーターが未設置の地域が多いため、メーターの設置を進める。
- 現行の料金で上下水道サービスの運営・維持管理することは難しいため、料金の改定に着手する。

1-1-2-3 バベルダオブ島給水プロジェクト（2009 年）

2007 年、パラオ国はバベルダオブ島の上下水道分野における技術支援を ADB へ要請した。その結果、2009 年、ADB によりコロール州とアイライ州を中心にした上下水道事業改善にかかるフィージビリティ調査が実施され、コロール州及びバベルダオブ島の住民へ供給する水の安全性の向上及びコロール・アイライ給水システムのアイメリーク州への拡張が計画された。表 1-1-11 に計画された事業の内容・想定費用を整理する。

表 1-1-11 バベルダオブ島の給水改善計画の概要

No.	項目	内容	予算 (USD)
1	セクター開発計画・管理・規制強化	上水道分野の強化、及び持続可能な開発を目標とする。上水専門の統括部門を設立し、水道法管理部門と連携して、パラオ国の上水道分野を管理・維持する。	750,000
2	井戸・水源開発	渇水時の給水安定性の向上、及び多雨の時期の浄水処理・水質問題を改善する。	1,501,000
3	地域住民参加型プログラム	給水システムの維持管理やシステム改善能力の向上。	270,000
4	コロール・アイライ給水システムの改修及び拡張	<ul style="list-style-type: none"> ・給水安定性向上や効率的な運営、及びコロール・アイライ給水システムにおける水道メーターの設置。 ・全域の漏水調査や修理の実施。 ・アイメリーク州への配水管の拡張。 	4,270,000
5	プロジェクトの遂行及びキャパシティビルディング	<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクトを通じ、プロジェクト実施機関 (PMU*) へ技術移転を行い、プロジェクト管理能力の向上にかかるキャパシティビルディングを行う。 ・PMU へ、運営・管理支援として、手当/車両/事務所/コンピューターなどの提供。 	1,450,000
小計			8,241,000
予備費			1,190,000
金利等			463,000
合計			9,894,000

注： *プロジェクト実施機関 (Project Management Unit : 以下、PMUという)

出典： TA 4977-PAL Preparing The Babeldaob Water Supply Project

1-1-3 社会経済状況

表 1-1-12 に示すように、最近 5 年間のパラオ国の GDP は増加傾向にある。その増加への寄与は、表 1-1-13 に示すように、宿泊・飲食産業や交通・輸送業等の外国人訪問客関連産業の発展が大きい。宿泊・飲食産業及び交通・輸送業は、GDP 全体の約 26% を占める主要産業である。

その一方、官公庁総務・事務やその他の産業の GDP は横ばいであり、この約 5 年間、ほぼ同じ規模の経済活動をしている。

表 1-1-12 産業別 GDP の推移

Industry	Constant Prices of FY2005, in US\$ millions						
	FY07	FY08	FY09	FY10	FY11	FY12	FY13 ¹
Agriculture and forestry	2.6	2.7	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2
Fishing	7.5	7.0	5.7	5.4	5.4	5.5	5.5
Mining and quarrying	1.5	1.5	1.1	0.8	0.8	0.9	0.6
Manufacturing	1.4	1.6	1.4	1.3	1.5	1.7	1.9
Electricity, gas, steam and air conditioning supply	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8
Water supply, sewerage, waste management and remediation activities	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.1
Construction	20.8	14.9	9.6	10.5	11.4	10.2	7.5
Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	26.7	26.8	21.8	23.1	24.4	26.0	28.5
Transportation and storage	8.5	8.3	7.7	8.5	10.1	11.4	10.6
Accommodation and food service activities	26.6	24.7	22.4	25.6	29.4	35.3	35.1
Information and communication	6.8	7.5	7.2	6.8	6.9	7.6	7.7
Financial Intermediation	9.0	7.9	7.7	7.7	8.3	9.5	9.5
Real estate activities	16.4	16.9	16.7	16.1	16.5	16.0	16.3
Professional, scientific and technical activities	2.4	2.0	1.7	2.0	1.7	1.5	1.6
Administrative and support service activities	2.3	2.0	1.7	2.0	2.2	2.4	2.5
Public Administration	29.0	28.8	28.5	28.4	27.6	27.5	27.9
Education	9.2	9.0	8.9	8.9	8.7	8.4	8.0
Human health and social work activities	6.0	5.9	5.6	5.9	6.0	6.1	6.6
Arts, entertainment and recreation	1.6	1.4	1.4	1.6	1.9	2.2	1.9
Other service activities	2.2	1.8	1.7	1.7	1.8	1.9	1.8
Private Households With Employed Persons	3.9	3.6	3.4	3.3	3.0	2.6	2.3
less intermediate FISIM	-2.6	-2.5	-2.6	-2.8	-2.8	-2.7	-2.7
GDP at basic prices	183.7	173.9	156.2	160.9	168.9	178.0	177.3
Taxes on products	23.6	22.0	18.8	19.8	21.4	23.1	23.1
less subsidies	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
GDP at purchasers prices	206.9	195.4	174.4	180.2	189.8	200.6	199.9

出典： 2013 統計書（財務省予算・計画局）

表 1-1-13 全体及び関係産業の GDP 増加量

分類	2009	2010	2011	2012	2013
GDP 合計（百万 USD）	156.2	160.9	168.9	178.0	177.3
前年からの増減（百万 USD）		4.7	8.0	9.1	-0.7
外国人訪問客と関係が深い産業					
宿泊・飲食業	22.4	25.6	29.4	35.3	35.1
交通・輸送業	7.7	8.5	10.1	11.4	10.8
小計	30.1	34.1	39.5	46.7	45.9
前年からの増減（百万 USD）		4.0	5.4	7.2	-0.8
官公庁総務・事務	28.5	28.4	27.6	27.5	27.9
前年からの増減（百万 USD）		-0.1	-0.8	-0.1	0.4

出典： 2013 統計書（財務省予算・計画局）

1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

1-2-1 プロジェクトの背景

パラオ国の社会経済の中心地であるコロール州とアイライ州では、人口 14 千人（2013 年）に対し、一日平均約 3.69MG/日（13,967m³/日）の給水が実施されている。両州では、80 年以上前に敷設された我が国の委任統治時代の配水管や、1970 年後半に敷設された米国の信託統治時代の配水管が活用されている。これらの配水管は強度の劣る AC 管である上、老朽化が進んでおり、漏水の頻発を招いている。このため、一人一日平均給水量は、261G/人/日（988L/人/日）に上り、無収水率も約 48%と推定される。

上水道事業の実施機関の PPUC では、多くの無効な水が発生していることでエネルギー消費等の給水コストが高くついており、徴収料金で給水原価を賄うことができない。そのため、政府助成が支出の 60%に上る。また、一人当たり給水量が大きな給水活動をしているにも関わらず、コロール州内に低給水圧が発生している地域や発生しやすい地域が存在する。送水の面では、需要増に対して送水管の能力が限界を超えており、市民全体への安定給水を保証できない上、給水事故時／渇水時等に、アイライ浄水場からみて末端にあるマラカル島の給水圧低下が問題視されている。

このような背景の下、ADB の支援により、2009 年～2014 年に実施する中期開発計画が作成された。そこでは、以下の改善が必要とされた。

- 渇水に備えた代替水源・予備水源の開発。
- 既存のダムや取水ポンプ場の改修・修理。
- 節水等に係る市民啓発。
- コロール・アイライ給水システムの改善（浄水場改修、配水池改修、マラカル島の送配水システム改修等）。
- 水道メーターの設置・較正。
- 漏水探知機材調達・訓練。
- 配水管の更新。

しかし、主要施設の改善に必要な資金調達は具体化していない。そのため、パラオ国政府は、2013 年、緊急性・重要性が高いコンポーネントについて、我が国に無償資金協力を要請した。

1-2-2 上位目標とプロジェクト目標

前述の中期開発計画に基づき、PPUC は、①老朽化した施設の更新を通して上水道サービスの品質と信頼性を改善する ②渇水期でも取水可能な水源能力に高める ③高い水使用量と無収水量の削減を通して全体の給水量を削減する ことを計画した。

なお、無償資金協力に係る調査の過程で、①安定した送水を保証できないこと、②所定の給水圧を確保できないこと、③漏水頻発により無収水率が高いことが、給水事業安定化に係る重要問題と確認された。そのため、①一日最大給水量ベースで 4.0MG/日（15,140m³/日）のコロール州とアイライ州への安定送水を確保する、②コロール州内において 20psi（0.14Mpa）の十分な給水圧を確保することを目標に、上水道改善計画（以下、本プロジェクトという）の実施が計画された。

1-2-3 第 1 次現地調査時の要請確認

第 1 次現地調査の際、プロジェクトの責任機関・実施機関を以下のように確認した。

責任機関： 公共基盤・産業・商業省（MPIIC）
実施機関： パラオ公共事業公社（PPUC）

また、パラオ国側の要請は、コロール州とアイライ州へ給水する給水システムの改善であり、表 1-2-1 の通りであることを確認した。また、要請コンポーネントの必要性・妥当性については、以下のように調査・検討することと合意した。

- 調査団が第 1 次現地調査で現況を調査する。
- その結果をもとに、問題点・課題を整理し、簡易マスタープラン（Sector Development Framework）を作成する。
- 同簡易マスタープランを考慮しつつ、優先コンポーネントを再協議する。

表 1-2-1 当初の要請内容

大分類	中分類（目的）	要請施設・機材	備考
施設建設	マラカル島システム改善	マラカル島独自水源のろ過設備	
		マラカル配水池のリハビリ（サンドプラスチック・塗装）	水位監視設備を含む
		マラカル配水池への送水管、独自水源からの送水管	
		独自水源に必要なブースターポンプ	
	道路舗装の復旧	本件の工事で舗装撤去した場合の復旧	
	コロール中心部の配水管改善	主要配水管の敷設	
	代替（予備）水源整備	新規井戸整備	
機材調達	コロール中心部の配水管改善	漏水探知機材（漏水探知器と埋設管探知器）	
	代替（予備）水源整備	井戸掘削機材	
ソフトコンポーネント	マラカル島システム改善	配水池診断・水理解析	
	コロール中心部の配水管改善	漏水探知訓練	
	代替（予備）水源整備	井戸掘削訓練	

出典： JICA 調査団

なお、要請確認時に議論した特記事項を以下に述べる。

1-2-3-1 バベルダオブ島の小規模給水システムの改善

バベルダオブ島には、16 箇所に小規模給水システムがある。しかし、老朽化で適切な水質を維持することが難しいため、同システムの改善を本件の協力へ含むよう要請された。調査団は、以下の理由により本件で施設建設等に協力することが難しい由を述べ、簡易マスタープランの中で提案するに留めることにした。

- それぞれのシステムの給水人口が小さく（契約者数で数十軒から 100 軒程度）、想定されるコストに比べて裨益人口が小さい。
- 本件は、コロール州とアイライ州の都市給水を改善する目的で開始された。

なお、バベルダオブ島では、一部を除き、表流水を浄水して配水している。しかし、施設老朽化で十分な水質確保が困難である。濁度が 10NTU 以上の水や大腸菌が含まれたまま配水される例があり、改善が求められている。

1-2-3-2 アイライ州の代替水源開発の早期着手について

パラオ国では、エルニーニョの発生時に少雨になる傾向がある。これまで、渇水と言われて給水に支障が生じた年は、すべてエルニーニョの発生年である。

2014年にエルニーニョが予測されていることから、パラオ国政府は渇水と給水影響を警戒しており、PPUCに対策を求めた。そのため、PPUCは、調査団に対し、以下を要請した。

- 代替水源の井戸建設を先行着手し、2014年のエルニーニョ渇水に間に合わせる。
- または、調査で試験井を掘削し、有事の際に給水に活用できるようにする。

調査団は、「無償資金協力の手続き上、2014年のエルニーニョに間に合うスケジュールで施設を建設することが困難。」、及び「調査内で試験井掘削の計画は無い。」という回答をし、先方の理解を得た。

1-2-3-3 マラカル配水池のリハビリについて

マラカル配水池に対し、サンドブラストや塗装等のリハビリが要請されている。しかし、調査団と合同で調査を進めた結果、PPUCは、以下のように調査団へ依頼をした。

- リブ・ベースプレート・アンカーボルト等への錆・腐食が進行している。
- 耐水性や構造的強度を保証することが難しい。
- 可能であれば、鉄筋コンクリート（Reinforced Concrete：以下、RCという）製で再建して欲しい。

調査団も、現在の状況で耐水性・強度を保証することが困難と認識しているため、再建の方向で検討を開始した。

1-2-3-4 アイライ浄水場のリハビリについて

PPUCは、送水能力が限界を超えていること、無収水・無効水を含む需要削減に取り組む必要性が高いこと（配水管・給水管敷設替えが対策の一つ）を認識しており、それらへの対策の優先度が高いと理解している。しかし、調査団と合同で調査を進めた結果、水質確保・水質保証や浄水場リハビリの必要性を再認識し、これらの活動も、送水能力確保や需要削減と同レベルの優先事項と再認識した。そのため、PPUCは、浄水場リハビリは要請書に書かれていないが、優先度が高いコンポーネントとして配慮するよう依頼した。

調査団も、明確な優先順位をつけていないものの、浄水場リハビリの緊急性を認めるため、費用・予算や優先順位を総合的に考慮して最適案を提案するように回答した。

1-2-4 第2次現地調査時の要請確認

調査団は、上述の要請確認を踏まえつつ、現況調査の結果と対応策を簡易マスタープランに整理した。第2次現地調査開始後、同マスタープランを説明するとともに、優先事業に係る調査団検討結果についてパラオ側と協議した。同内容については、本書の第2章で述べる。

協議の結果、コロール・アイライ給水システムに必要な緊急対応が以下のように整理され、表1-2-2に示すコンポーネントを無償資金協力の対象として調査することで合意した。

- 前回の無償資金協力（1990-1992年度、パラオ国給水改善計画：以下、前回無償という）では、2000年を計画年次として、2.1MG/日（7,949m³/日）を計画一日最大給水量にした送水管が建設された。しかし、現在の水需要は、一日最大給水量ベースで約4.0MG/日

(15,140m³/日)へ増加しており、早急に対策が必要である。

- ゲルケソワル配水区がコロール州の中心部を含む広い地域へ給水しており、それが原因の低給水地域が発生している。同配水区を小さくするとともに、配水バランスを改善するために、マラカル配水区（マラカル島の配水区としての独立）の設置を含む全体的な配水区割の再整理をする。
- 無収水率が48%に上り、その多くが漏水と推定される。浄水・送水に使用されているエネルギー（電力）が浪費されており、非効率である。効率改善（無収水削減）のために老朽化したAC管を敷設替える。敷設替えは、管径6in（150mm）以上の全長約20.3mi（32.5km）に対して必要と考えられる。すべてを一度に更新することは工事管理上困難なので、第1段階として、優先度の高い約8.08mi（12,920m）を更新する（給水管分岐含む）。

表 1-2-2 整理後の要請内容

大分類	中分類（目的）	要請施設・機材
施設建設	1. 送水システム改善	1-1 アイライ浄水場からゲルケソワル配水池までの送水管増設 ➤ L=3.39mi (5,416m)、DCIP DN16in (400mm)
	2. 配水システム改善 （配水区割整理）	2-2 マラカル配水区創設に伴う専用送水管の敷設 ➤ L= 1.93mi (3,094m)、DCIP DN10in (250mm)
		2-3 配水区割再整備（マラカル配水池建設、各配水池への流量計設置） ➤ 配水池：1箇所、容量：0.25MG (950m ³)、RC造、矩形 ➤ 流量計設置：DN6-8in (150-200mm)、5基
3. 配水システム改善 （主要配水管更新）	3-1 老朽アスベスト管更新 ➤ 対象配水管路線延長：8.08mi (12,920m)、PVC DN 8-12in (200-300mm) ➤ 給水管分岐：308箇所、PVC DN2in (50mm)	
ソフトコンポーネント	1. 配水・無収水管理に関する指導	➤ 給水システム全体の送配水量及び無収水量の管理、管理データの活用
	2. 漏水探知に関する指導	➤ 漏水探知技術の習得及び、漏水調査の作業計画の作成、実施

注：DCIP：ダクタイル鋳鉄管、DN：管径

出典：JICA調査団（簡易マスタープラン）

1-3 我が国の援助動向

これまでに実施された我が国の上水道関連の無償資金協力は、表 1-3-1 に示す通りである。

表 1-3-1 我が国の無償資金協力の実績

協力内容	実施年度	案件名	概要	協力金額 （億円）
無償資金協力	1990年～ 1992年	給水改善計画 （第一期、第二期 及び第三期）	コロール州とアイライ州に浄水を安定的に供給することを目的として、浄水場から既存配水池への送水管、既存配水池への水位制御設備の設置、大型送水ポンプの設置等を実施。	11.91

出典：1990～1992年度版 政府開発援助（ODA）白書

なお、他の関連案件（技術協力・有償資金協力）は特にない。

1-4 他ドナーの援助動向

ADBの活動は、コロール州とアイライ州の水セクターの開発に関し、重要な位置に置かれている。また、現時点でコロール州とアイライ州の水セクターへ協力している機関は、ADB以外にない。

1-4-1 ADB の上水道整備支援

ADB は、「The Babeldaob Water Supply Project 2009」と題するフィージビリティ調査を2009年に実施した。これは、PPUC 及びコロール州とアイライ州の上水道開発を中心とした改善事業のフィージビリティ調査であり、表 1-4-1 に示すように、本件の要請施設は同調査で提案されたものの一部と言える。

表 1-4-1 ADB のフィージビリティ調査の提案事業

No	内容	数量	単位	本件での要請
1	計画・経営・規則の改善（水法等の制定）	1	式	
2	井戸・水源開発			
2-1	予備水源整備（新規井戸・既存井戸整備、送水管含）	13	基	本件で要請
2-2	既存取水ポンプ場改修	1	式	
2-3	既存ダム改修	1	式	
3	コミュニティ啓発	1	式	
4	コロール・アイライ給水システムの改善			
4-1	アイライ浄水場改修	1	式	
4-2	ギーメルダムからの送水施設改修（予備管路敷設等）	1	式	
4-3	アイライ配水池改修	1	式	
4-4	ネゲルミド配水池改修（増圧ポンプ含）	1	式	
4-5	ゲルケソワル配水池改修	1	式	
4-6	アラカベサン配水池改修	1	式	
4-7	マラカル配水池改修	1	式	本件で要請
4-8	マラカル既存水源改修（増圧ポンプ場合）	1	式	本件で要請
5	管路			
5-1	バベルダオブ島での配水本管敷設	1	式	
5-2	マラカル配水池用の送水管と付帯工事	1	式	本件で要請
6	無取水削減			
6-1	顧客のメーター調達・校正・設置	1	式	
6-2	漏水探知機材・訓練	1	式	一部が要請に含まれる
6-3	配水管敷設替（口径 4～12 インチ）	28,000	ft	一部が要請に含まれる

出典： Preparing The Babeldaob Water Supply Project, 2009 年, ADB から主要項目を抜粋

その後の2010年、ADBは、パラオ国水セクター支援のためのプログラムローン（Water Sector Improvement Program）を実施した。これは、総額USD16百万に上るものであり、一部がPPUCのインフラ改善に充当されている。2014-2015年度に、プロジェクトリスト（2013年から2016年に実施する計画）が表1-4-2のように再整理され、ここ列記されたプロジェクトの原資にプログラムローンが充当される予定である。

表 1-4-2 PPUC の ADB プログラムローン利用計画

No	プロジェクト	状況	予算 (USD)
1	地域事務所の整備・建設	工事完了	50,000
2	ゲルミド・ブースターポンプの交換	工事完了	52,280
3	配水池の水位遠隔監視システムの導入	工事完了	36,400
4	事業管理用ソフトウェア	工事完了	108,700
5	契約者用メーターの設置・交換	工事实施中	165,573
6	アイライ浄水場の送水ポンプ更新	工事实施中	262,773
合計			675,726

出典： PPUC

1-4-2 ADB の下水道整備支援

ADB は、2014 年 3 月、コロール州とアイライ州の下水道リハビリに係る資金支援を開始した。同支援は、約 USD29 百万に上る。

プロジェクト名	Koror-Airai Sanitation Project (ADB Project No.42439-013)
予算：	USD30 百万 (借款 USD28.8 百万、パラオ予算 USD1.2 百万)
ローンアグリーメント：	2014 年 3 月
実施期間：	3 年間
進捗状況 (2015 年 2 月)：	プロジェクト・マネジメント・コンサルタントが選定され、調査・設計業務が着手された。
内容：	<ol style="list-style-type: none"> 1) 自然流下式下水道 (コロール州 2,850m、アイライ州 6,000m) 2) 圧送式下水道 (コロール州 2,900m、アイライ州 260m) 3) ポンプ場の建設／リハビリ 4) 遠隔監視システム 5) 公衆トイレの建設／リハビリ 6) 下水処理場のリハビリ

1-4-3 その他の開発パートナーの活動

コロール・アイライ給水システムへの開発支援は見られないが、近年、表 1-4-3 に示す 3 機関が PPUC の水セクターに支援している。これらと本件の要請に直接的なつながりはない。

表 1-4-3 その他の開発パートナーの活動

機関	費用	期間 (年)	内容／活動
大太平洋諸島フォーラム (PIF:Pacific Islands Forum)	USD 400 万	2012 - 2014	海水淡水化及びソーラー発電プロジェクト ペリリュー州での海水淡水化装置とソーラーシステムの設置
欧州連合 (EU:European Union)	USD 65 万	2013 - 2015	地方州気候変動脆弱性対応プロジェクト カヤンゲル州、ペリリュー州、アンガウル州、ソ ンソロール州、ハトホベイ州の給水能力のキャパ シティ向上
UNDP	USD 20 万	2014 - 2015	ミクロネシア再生可能エネルギー及び効率化プ ロジェクト 既存システムの評価とソーラーポンプの設置 (カ ヤンゲル州)

出典: PPUC

第2章

プロジェクトを取り巻く状況

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

2-1-1-1 PPUC 全体の組織構成

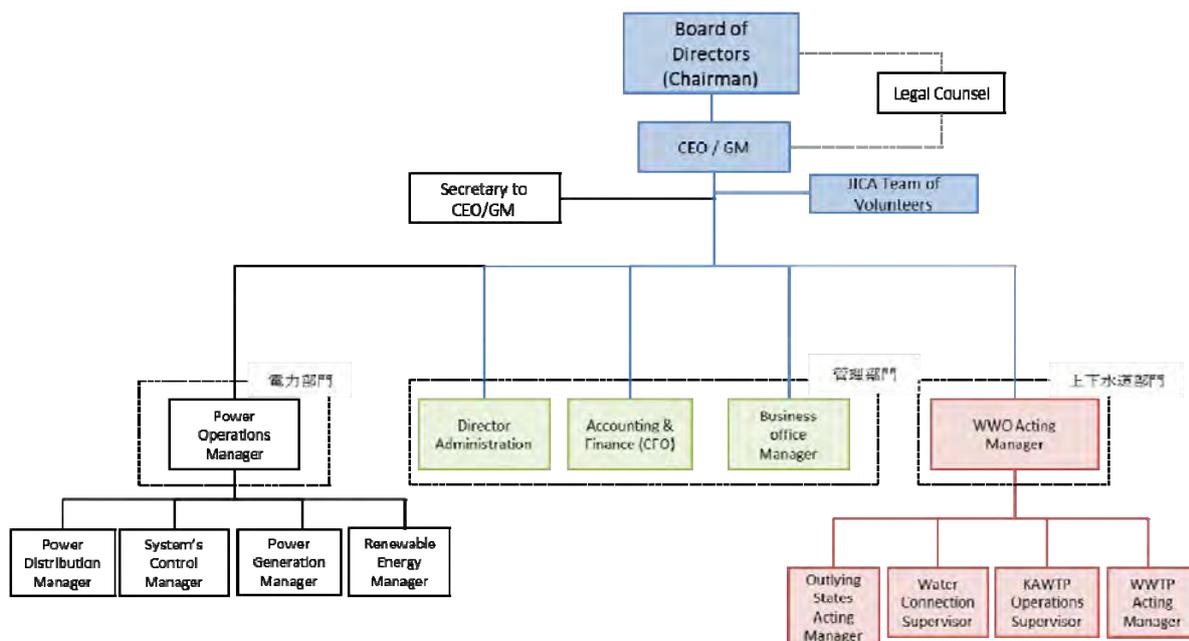
パラオ国の上下水道事業は、かつては、表 2-1-1 に示すように BPW や財務省により実施されていた。当該組織の作業の非効率性を ADB に指摘され、2011 年、施設の保守・操作と料金徴収管理の一体化・合理化のため、パラオ上下水道公社 (Palau Water and Sewer Corporation : 以下、PWSC という) が設立された。

その後、2013 年 7 月末、PWSC は、更に PPUC と統合し、PPUC の上下水道部門 (Water and Wastewater Operation : 以下、WVO という) として活動している。現在、PPUC は電力部門、上下水道部門 (WVO) 及び管理部門の 3 部門より構成される。PPUC 全体組織図は図 2-1-1 の通りである。

表 2-1-1 PWSC 以前の上下水道事業管理部門

事業管理内容	管理部門	
施設計画・施工	BPW	インフラ事業部門
施設維持管理	BPW	公益事業部門
料金徴収	財務省	公益事業料金回収部門

出典: PPUC

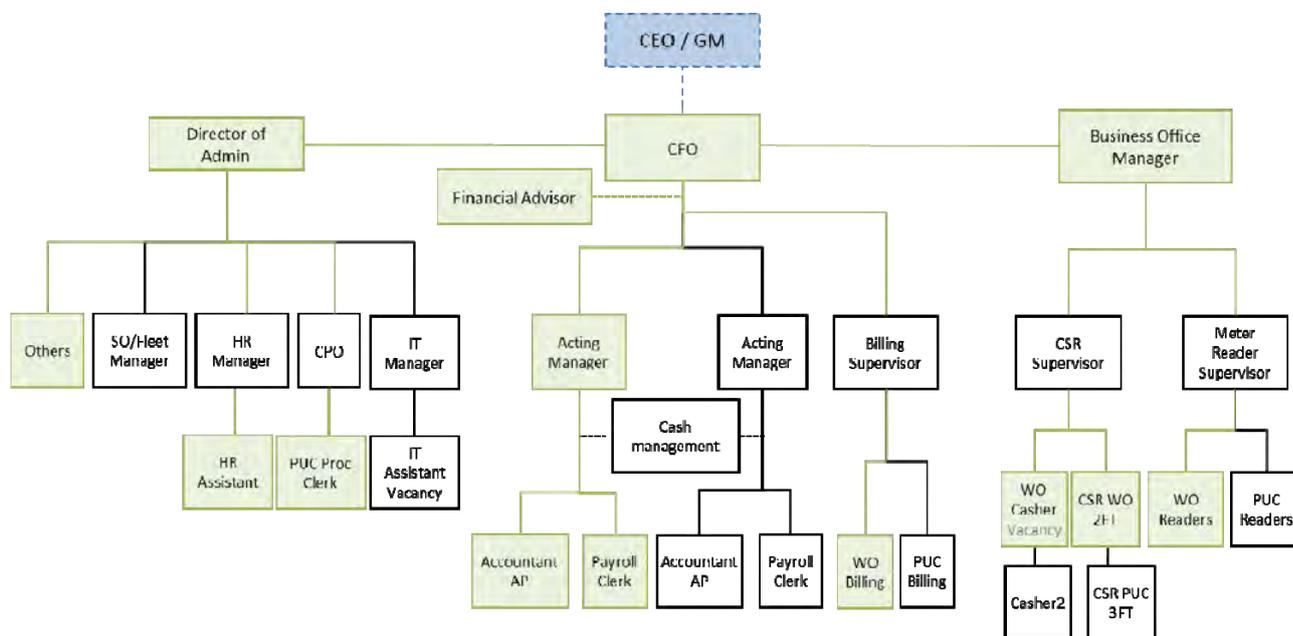


出典: PPUC

図 2-1-1 PPUC 組織図

2-1-1-2 PPUC 管理部門の組織構成

PPUC 管理部門の組織図は図 2-1-2 の通りである。緑色の着色は上下水道部門（WVO）に関係が深い部署・職す員を示す。管理部門は、電力部門と上下水道部門を兼ねる体制がとられており、公共料金の請求書の統一化（電力料金及び上下水道料金）はその成果の一例である。



出典: PPUC

図 2-1-2 PPUC 管理部門の組織図

2-1-1-3 PPUC 上下水道部門の組織構成

WVO の組織図は図 2-1-3 の通りである。WVO のみで、現在 99 名の職員が在籍する。全 99 名のうち、地方州担当職員が半数近くの 43 名を占める。PPUC の給水量の 85% 程度がコロール州とアイライ州中心の職員であることを考慮すると、地方州の職員数の多さが際立つ。

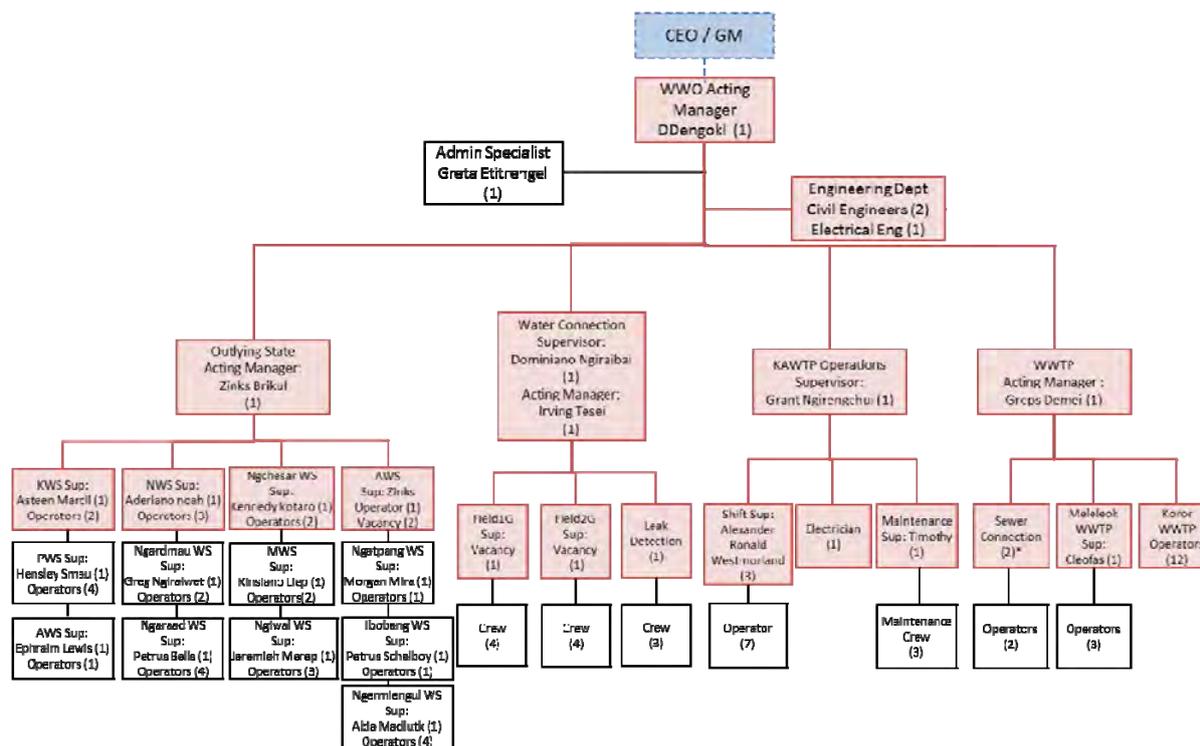
WVO に関係が深い管理部門要員を加えると、全体規模が 115 名程度の機関になる。PPUC 全体の上水道接続数が 4,776 件のため、表 2-1-2 に示すように、1,000 接続当たりの職員数が 24 名と比較的多い。非効率な地方州（離島を含む）の運営・維持管理が、これの原因である。コロール・アイライ給水システムだけに着目すれば、1,000 接続当たり 9.4 名の職員数になり、総計 3,710 の接続数を考慮すれば、比較的妥当な範囲の職員数と考えられる。¹

¹ 「途上国の都市水道セクター及び水道事業体に対するキャパシティ・アセスメントのためのハンドブック（2010 年、JICA）」では、1,000 接続当たり 5 名を標準的な職員数としている。

表 2-1-2 上下水道部門の職員数

上下水道全体に関する職員数	役割別職員数	職員数	備考
115 名	本部（管理部門所属）	16 名	
24 名/1000 接続 (全 4,776 接続)	アイライ浄水場及びコロール州とアイライ州中心の O&M 要員	35 名	9.4 名/1000 接続 (3,710 接続)
	地方州の O&M 要員	43 名	43.3 名/1000 接続 (1,066 接続)
	下水道・同処理場の O&M 要員	21 名	

出典: PPUC



出典: PPUC

図 2-1-3 WWO の組織図

2-1-2 財政・予算

2-1-2-1 会計収支

WWO は、財務面で、運営資金の約 62%を政府助成金に依存している。表 2-1-3 の通り、料金収入での原価回収率は約 38%である。WWO の運営能力の脆弱性が指摘されており、ADB プログラム・ローンによる投資支援や下水道整備支援等が実施されている。

表 2-1-3 WWO の会計収支

会計年度		2009	2010	2011	2012	2013	
1	収入 (USD)	料金収入	649,179	665,004	936,109	1,700,767	1,762,528
2	支出 (USD)	運営・維持費	3,974,413	4,605,422	4,744,917	4,476,446	4,693,439
3	政府助成金 (USD)		(3,325,234)	(3,940,418)	(3,808,808)	(2,775,679)	(2,930,911)
4	原価回収率(%)	(=1/2)	16%	14%	20%	38%	38%

過去 5 年(2009~2013 年)の政府助成金平均 (USD 3,356,210)

出典: PPUC

2-1-2-2 水道料金

現行及び改定前の上下水道料金表を表 2-1-4 に示す。同料金は、パラオ国全土で統一されている。料金の請求は、電力セクターと統一されたため、電力料金と同じ請求書で実施されている。電力料金との同時請求は、料金徴収率改善に寄与しており、徴収率が約 100%と推定されている。

表 2-1-4 上下水道料金の改定

Water Tariff					
Category		Unit	Condition	Effective Date	
				2011/2/7	2012/2/7
Metered	Domestic	per 1,000G/month	Up to 5,000G/month	\$1.06	\$1.17
	Domestic		More than 5,000G/month	\$1.28	\$1.91
	Non-domestic			\$1.28	\$1.91
Flat Rate	Domestic	per month	Single family	\$12.00	\$15.00
			Single family (Airai)	\$7.50	\$12.50
			Multi-family	\$12.00	\$15.00
	Employee Barracks	per month	1-10 employees	\$12.00	\$15.00
			11-25 employees	\$30.00	\$35.00
			26-50 employees	\$60.00	\$75.00
			51 employees or more	\$125.00	\$150.00
	Restaurants / Dining Facilities / Bars / Cocktail lounges	per month	1-25 seats	\$15.00	\$20.00
			26-50 seats	\$20.00	\$25.00
			51 seats or more	\$35.00	\$40.00
	Laundry / Laundromat	per month	1-5 washers	\$30.00	\$40.00
			6-10 washers	\$50.00	\$60.00
			11 washers or more	\$90.00	\$100.00
	Hotel / Motel	per room per month		\$2.00	\$3.00
	Governmental / Unlisted commercial activities	per month	1-25 employees	\$15.00	\$20.00
			26-50 employees	\$20.00	\$25.00
			51-100 employees	\$35.00	\$40.00
			101 employees or more	\$50.00	\$60.00
	Hospital	per bed per month		\$1.25	\$1.25
	Schools / Colleges (non-boarding) 50% of rate when school is not in session.	per month	1-50 students	\$15.00	\$15.00
			51-100 students	\$20.00	\$20.00
			101-200 students	\$30.00	\$30.00
			200 students or more	\$60.00	\$60.00
	Schools / Colleges (boarding) 50% of rate when school is not in session.	per month	1-50 students	\$35.00	\$35.00
			51-100 students	\$70.00	\$70.00
			101-200 students	\$140.00	\$140.00
			200 students or more	\$250.00	\$250.00
Churches / Assembly Halls	per month		\$10.00	\$10.00	
Wastewater Tariff					
Category		Unit	Condition	Effective Date	
				2011/2/7	2012/2/7
Metered	Domestic	per 1,000G/month of water consumption	Up to 5,000G/month	\$0.30	\$0.30
	Domestic		More than 5,000G/month	\$0.30	\$0.30
	Non-domestic			\$1.28	\$1.70
Flat Rate	Domestic	per month	Single family	\$1.50	\$2.50
			Single family (Airai)	\$1.50	\$2.50
			Multi-family	\$1.50	\$2.50
	Employee Barracks	per month	1-10 employees	\$1.50	\$2.50
			11-25 employees	\$2.00	\$3.00
			26-50 employees	\$3.00	\$4.00
			51 employees or more	\$4.00	\$5.00
	Restaurants / Dining Facilities / Bars / Cocktail lounges	per month	1-25 seats	\$1.50	\$2.50
			26-50 seats	\$2.00	\$3.00
			51 seats or more	\$3.00	\$4.00
	Laundry / Laundromat	per month	1-5 washers	\$3.00	\$4.00
			6-10 washers	\$5.00	\$6.00
			11 washers or more	\$9.00	\$10.00
	Hotel / Motel	per room per month		\$2.00	\$3.00
	Governmental / Unlisted commercial activities	per month	1-25 employees	\$1.50	\$2.50
			26-50 employees	\$2.00	\$3.00
			51-100 employees	\$3.00	\$4.00
			101 employees or more	\$5.00	\$6.00
	Hospital	per bed per month		\$1.25	\$1.25
	Schools / Colleges (non-boarding) 50% of rate when school is not in session.	per month	1-50 students	\$1.50	\$1.50
			51-100 students	\$2.50	\$2.50
			101-200 students	\$5.00	\$5.00
			200 students or more	\$7.50	\$7.50
	Schools / Colleges (boarding) 50% of rate when school is not in session.	per month	1-50 students	\$3.00	\$3.00
			51-100 students	\$5.00	\$5.00
			101-200 students	\$10.00	\$10.00
			200 students or more	\$15.00	\$15.00
Churches / Assembly Halls	per month		\$1.50	\$1.50	

出典: PPUC

上水道料金は、基本的に USD1.06–1.91/1,000G (USD0.28–0.50/m³) である。また、下水道料金は、USD0.30–1.70 per/1,000G (USD0.08–0.45/m³) である。2013-2014 年の請求額資料から、表 2-1-5 のように、概ね USD2.70–3.10/1,000G (USD0.71–0.82/m³) が上下水道料金として徴収されている。平均請求金額は、USD2.77/1,000G (USD0.73/m³) である。

有収水量を 720MG/年 (2.7 百万 m³/年) と仮定すると、請求額は、概ね USD 2 百万/年またはそれ以下と計算される。PPUC の上下水道サービスの運営・維持管理費支出が約 USD 4.5 百万/年であることを考慮すると、現行の料金で必要なサービスを維持することは難しいと考えられる。

この背景の下、PPUC は、2009 年の ADB の助言を受け、料金の改定に着手した。2011 年と 2012 年の 2 回にわたる値上げを実施したものの、料金収入は原価回収を可能にするレベルに届いていない。PPUC は、更なる段階的値上げが必要としており、2014 年現在、キャンペーン等の実施により、市民の値上げ理解を得るための努力をしている。

表 2-1-5 近年の上下水道料金請求金額

項目	2013 年 11 月	2013 年 12 月	2014 年 1 月	2014 年 2 月	2014 年 3 月	2014 年 4 月	2014 年 5 月	2014 年 6 月
有収水量 (G/月)	90,477,263	58,476,355	60,960,615	60,424,269	58,346,580	63,858,562	60,764,276	62,364,120
請求金額 (USD/月)	243,420	157,637	142,898	167,062	183,245	192,625	171,701	170,372
平均請求額 (USD/1,000G)	2.69	2.70	2.34	2.76	3.14	3.02	2.83	2.73

注： 2013 年 11 月は、それ以前から溜まっていた未請求分も同時請求したため、数値が大きい。

出典： PPUC

人口 1 人当たりの請求額に着目すると、以下に示すように、請求額は 1 人当たり GNI (国民総所得) の約 0.5% と換算される。仮に、市民の支払能力を GNI の 3 - 5% とするなら、料金を原価回収可能なレベルまで引き上げることが可能と考えられる。

仮定： 67G/人/日 (24,455G/人/年) の使用水量、USD1.91/1,000G の料金

24.455 千 G/人/年 x USD1.91/1,000G = USD46 /人/年

USD46 /人/年は、GNI (USD9,860/人/年：2014 年世界銀行)の約 0.5% である。

2-1-3 技術水準

2-1-3-1 浄水場の運営・維持管理・水質管理

後述するように、アイライ浄水場 (Koror-Airai Water Treatment Plant: KAWTP) では、2~3NTU 程度の濁度が維持されている。浄水場では、ジャーテストでの凝集剤注入量算定、浄水プロセスの各段階での濁度測定、滅菌用の塩素注入等が実施されている。しかし、計測機器の精度や校正の面で、オペレーターの理解が低く、水質管理面で十分とは言えない。

また、浄水の精度や薬品注入点の浄水プロセス、施設構造にも不備が見られるため、中長期的な計画で、浄水プロセスのリハビリと水質管理技術の改善をすることが望まれる。

2-1-3-2 導水量・送水量の管理

アイライ浄水場には、送水量を計測するための流量計が設置されている。オペレーターは、同流量計を監視しつつ、時間割スケジュールにしたがって送水ポンプのスイッチ入り切りを実施する。また、稼働している 4 箇所配水池には水位計が設置されており、水位情報がオペレーターや上下水道の管理スタッフへ定期的に伝送されるシステムが設置されている。オペレーターは、配水池の水位情報を監視しながら、時間割スケジュール外の送水ポンプ操作を実施する。

原水を導水する（浄水場が受け取る）側には流量計がない。したがって、リモートコントロールが難しいゲリギル取水ポンプ場からの取水・導水量を固定させ、自然流下で導水させるギメルダムからの導水をアイライ浄水場内のバルブで調節することによって導水量をコントロールしている。

2-1-3-3 配水量・無収水量の管理

配水池に流量計がないため、配水量は計測できない。また、配水区（配水池の下流側の配水区割）とメーター・顧客を管理する地理的区域（販売管理の区域）が連携していないため、送配水量と有収量を配水区ごとに把握することができない。これは、配水量・無収水量の管理概念が行き届いていないと言い換えられる。高い無収水率が問題視される現況の下、施設改善とともに、配水量・無収水量管理の手法や作業手順を整備する必要がある。

2-1-3-4 施設・機材維持管理

パラオ国では、上水道施設・設備に使用されている主要機械・電気製品は販売されていない。したがって、スペアパーツのストックが無い部品や機材が故障した場合、修理に時間を要する。なお、単純な機械・電気部品の交換については、PPUC 職員で実施可能である。

一方、マイクロチップやコンピューターに組み込まれたプログラムで制御するシステムが故障した場合、その修理を PPUC が自らの手で実施することは難しい。その場合、購入元のメーカー等に外注する。

コロール・アイライ給水システムで活用されている既存配水池は、すべて鋼製である。鋼製配水池は、腐食や錆の防止のために、定期的な塗装の実施が必要である。しかし、PPUC には、塗装の必要性への理解が低く、塗装剥離や錆・腐食が多く見られる。塗装技術そのものは、パラオ国内の技術で問題がないと考えられるが、定期的なメンテナンスや予防メンテナンスの考え方が必要と考えられる。

2-1-3-5 漏水探知

PPUC には、音聴式の漏水探知器と相関式漏水探知器が 1 台ずつある。ただし、相関式漏水探知器は、センサー等の一部を紛失しているため、使用することができない。また、相関式漏水探知器の使用 방법에精通していないため、相関式漏水探知器で漏水調査することは難しい。

一方、音聴式漏水探知器は、1名の職員が活用可能であり、比較的漏水音が明確な箇所での探知ができる。しかし、技術に不十分な面がある上、機材・要員が不足しているため、多発する漏水に十分に対応できない。

2-1-3-6 作業標準手順書（SOP）

浄水プロセスや送配水管理等について、作業標準手順書（Standard Operational Procedures：以下、SOP という）は整備されていない。一部の機材について、メーカーの取り扱い説明書が残っているが、ほとんどの作業は、経験的な判断に基づいて実施される。年配の熟練作業員の経験に依存している面があるため、経験・知見の伝承を期した SOP 整備が望まれる。

2-1-3-7 事業開発計画・施設更新計画

コロール・アイライ給水システムでは、1990年代後半に米国の支援で浄水場等のリハビリが実施された。それ以降、人口が減少しており、給水量も横ばいから漸減傾向にあることが明らかである。そのため、PPUC は、計画的な拡張・メンテナンス・更新の必要性に迫られてこなかった。結果的に、中長期的な施設拡張や更新計画がなく、整備から約 20 年が経過した近年、浄水場等の老朽化や不具合が指摘されるようになった。

配水管の老朽化や規模の大きな無収水量は、1995年頃から指摘されるようになった。しかし、浄水場の浄水能力が十分であったため、給水量を増加させることで対応してきた。そのため、無収水量や漏水水量を削減するための行動が遅れている。

行政の直営型から公営企業型に経営を変更したこともあり、PPUC の上下水道部門（WWO）のコスト意識は高まっている。無収水量をコストとしてとらえる必要性も認識するようになっている。この背景の下、老朽化、発生している無駄、修理や更新必要性、コストを絡めた総合計画を整備する必要な時期にきていると言える。

2-1-4 既存施設・機材

2-1-4-1 水源

コロール・アイライ給水システムの水源は、ゲリギル取水ポンプ場（エデン川、エデン川流域）とギーマルダム（ギーマル川流域）である。両者ともアイライ州内にあり、アイライ浄水場の北東部に位置する。流域としては、エデン川流域が大きく、浄水場への導水は、ゲリギル取水ポンプ場が中心的な役割を担う。ギーマルダムからは自然流下で導水でき、その導水量を浄水場の流入制御バルブでコントロールできることもあり、ギーマルダムの水は補完的な水源になる。

(1) ゲリギル取水ポンプ場

エデン川に取水堰を設置し、1,400G/分（5.3m³/分）のポンプ3台（常用2台、予備1台、2015年2月時点で1台が故障中）でアイライ浄水場へ導水する。1,400G/分のポンプ2台で、1日に約3MG/日（11,355m³/日）を導水していると推定されている。

ポンプの老朽化は始まっており、1台が故障で取り外されている。稼働中のものも水漏れ等の老朽化起因の異常が観察される。また、非常用発電機の効率も落ちており、非常時に2台のポンプを運転する発電が難しい状況にある。

これらの異常に対し、短期的には、日常業務としての修理が必要である。また、中長期的なリハビリ計画の策定・実施が必要と考えられる。

(2) ギーメルダム

ギーメルダムの貯水容量は25MG (94,625m³)である。現在の平均一日給水量の3.69MG/日 (13,967 m³/日)から評価すると、貯水容量は小さい。したがって、このダムは、予備的・補完的な使われ方をしており、1日に約0.5~1MG/日 (1,893-3,785 m³/日)を導水する。この導水は自然流下式であり、アイライ浄水場の流入口バルブで操作される。

同ダムは、建設以降、一度も浚渫されたことがないと言われている。PPUCは、これまでに、ダム内の堆積土砂量を計測したことはない。土砂量はかなりの量に上ると考えられており、浚渫必要性の調査が必要である。

(3) 既存の水資源能力

ゲリギル取水ポンプ場のエデン川流域及びギーメルダムのギーメル川流域の面積は、それぞれ、8.5km²及び2.2km²である。この流域において、以下の仮定で計算すると、降雨の少ない2月~4月でも平均9.85MG/日 (37,284m³/日)の取水が可能と試算される。したがって、常時における水資源能力としては十分である。

- 流域面積： 10.7km²
- 雨水流出量： 降雨量の70%
- 基底流量： 上記の3分の1
- 2月~4月の3ヶ月間平均降水量： 8.97in/月 (224mm/月)
- $0.224\text{m/月} \times 0.7 \times (1-1/3) \times 10,700,000\text{m}^2 / 30 \text{日} = 37,284\text{m}^3/\text{日} (9.85\text{MG}/\text{日})$

2-1-4-2 アイライ浄水場

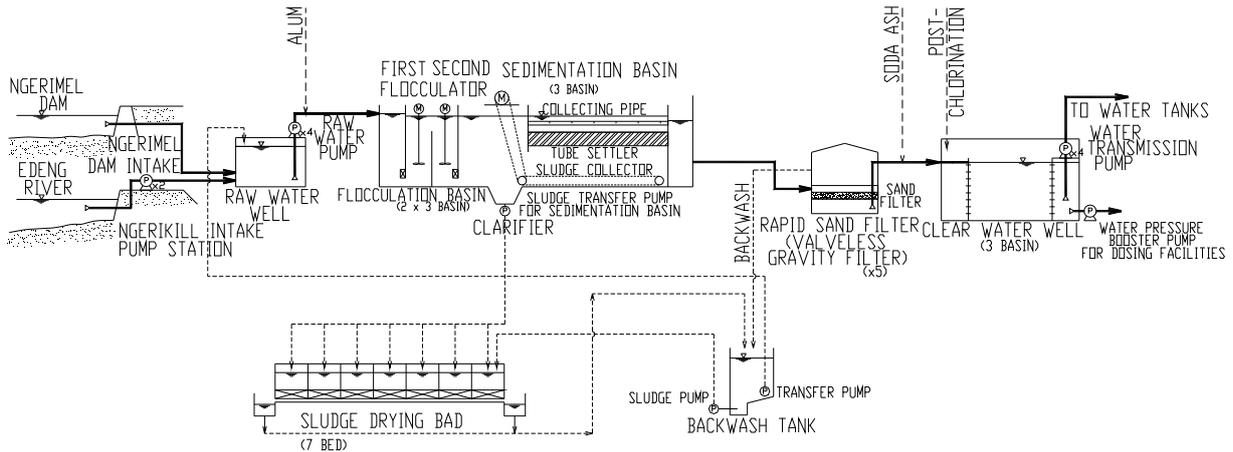
アイライ浄水場は、1970年代に3基のバルブレス重力式ろ過装置で浄水する施設として建設された。その後、1990年代から2000年にかけて凝集沈殿池の追加とともに合計5基のろ過池に改修・拡張され、4MG/日 (15,140m³/日)の浄水能力を有す施設となった。アイライ浄水場の主施設内容は、表2-1-6に示す通りである。また、現況の処理フローを図2-1-4に示す。

アイライ浄水場における問題は、①施設の老朽化と②水処理システム・水質管理の能力不足に要約される。

表 2-1-6 アイライ浄水場 (KAWTP) の主施設内容

No	施設名	施設内容
1	浄水施設	原水ポンプ井、凝集沈殿池（フロック形成池、薬品沈殿池）、急速ろ過地（バブルレス重力式ろ過装置）、薬品注入設備、污泥乾燥床、浄水池（送水ポンプ井）
2	送水施設	送水ポンプ設備
3	水質試験設備	各種水質試験器具
4	運転管理施設	制御盤、監視パネル、流量計等
5	受変電設備	受電設備、変圧器
6	非常用発電設備	ディーゼル発電機
7	建築施設	管理棟、薬品注入棟、倉庫

出典： JICA 調査団



出典： JICA 調査団

図 2-1-4 アイライ浄水場システムフロー図

(1) 原水ポンプ

ゲリギル取水ポンプ場とギーメルダムの 2 箇所からの水は、並列した導水管でアイライ浄水場の原水ポンプ井に流下する。ゲリギル取水ポンプからの導水は、24 時間連続で実施され、ギーメルダムからの流量を流入弁で制御することで原水量管理をする。

原水は、原水ポンプで凝集沈殿池へ送水される。原水ポンプの主な仕様は表 2-1-7 に示す通りである。現在、No. 3 原水ポンプが故障のため取り外され、倉庫に格納されている。原水ポンプの流量は、3 台のポンプの運転モードで調整される。通常、2 台常時運転、1 台自動運転で運転されており、平均原水量が 3.9MG/日 (14,762m³/日) と想定される。アイライ浄水場の平均給水量が 3.69MG/日 (13,967m³/日) であるため、浄水場における流量損失は約 6% と計算される。なお、原水ポンプの老朽化が始まっているため、ポンプ更新が推奨される。また、原水量管理のための流量計設置が必要である。

表 2-1-7 原水ポンプの主な仕様

項目	内容
ポンプ形式	縦軸渦巻ポンプ
ポンプ数	4 台 (常用 2 台 + 予備 1 台、1 台故障)
吐出量	1,080G/分 (4m ³ /分) (1 台当たり)
揚程	44 ft (13.2m)
所要モーター出力	20 kW

出典： JICA 調査団

表 2-1-8 原水ポンプの運転モード

所要水量	ポンプの運転モード
4.0MG/日 (15,140m ³ /日)	3 台常時運転
3.9MG/日 (14,762m ³ /日)	2 台常時運転、1 台自動運転 (フロー トスイッチ制御)
2.7MG/日 (10,220m ³ /日)	2 台常時運転、1 台停止

出典： JICA 調査団

(2) 薬品混和池

アイライ浄水場には凝集剤の薬品混和池が無く、凝集剤は原水ポンプ直後の配管内に注入される。その後、約 170ft (50m) 離れた凝集沈殿池の着水井へ送水される。凝集剤注入点からフロック形成池までの距離が長い為、フロックの成長が阻害されている可能性がある。よって、凝集沈殿池の直前に薬品混和池を設置し、凝集剤の注入点を薬品混和池へ移設することが推奨される。

(3) 凝集沈殿池

フロック形成池が薬品沈殿池の直前に置かれ、機械攪拌方式が採用されている。ここでは、下流側の攪拌強度を低下させるテーパードフロキュレーション方式が採用されている。第 1 フロキュレーター、第 2 フロキュレーターの回転速度は、それぞれ 45rpm、20rpm である。フロック形成池の主な仕様は表 2-1-9 に示す通りである。

表 2-1-9 フロック形成池の主な仕様

項目	内容
形式	機械攪拌方式 (水平フロキュレーター) 第 1 フロキュレーター: 45rpm 第 2 フロキュレーター: 20rpm
寸法	第 1 池: 15ftWx15ftLx10.3ftDx3 (4.6mWx4.6mLx3.1mD) 池 (系): 上向流 第 2 池: 15ftWx15ftLx10.3ftDx3 (4.6mWx4.6mLx3.1mD) 池 (系): 下降流
容量	104,000 G (394m ³) (合計 6 池)
池数	6 池 (2 池 x 3 系)

出典： JICA 調査団

薬品沈殿池の主な仕様は、表 2-1-10 の通りである。掃除、検査及び修理を考慮し、3 系列の沈殿池 (1 池当り幅 15ft: 4.6m) が設置されている。

表 2-1-10 薬品沈殿池の主な仕様

項目	内容
形式	上向流傾斜管式沈殿池
寸法	15ftW x 45ftL x 10.3ftD x 3 池 (系) (横 4.6m x 縦 13.7m x 深 3.1m)
容量	154,800 G (586m ³) (合計 3 池)
池数	3 池 (1 池 x 3 系)

出典： JICA 調査団

凝集沈殿池からの排泥は、1池・1日当たり10分間実施されている。また、傾斜管の清掃は、1池・1ヶ月当たり、1回実施されている。

(4) 急速ろ過池

バルプレス重力式ろ過機能を有す5池のろ過装置で構成される。ろ過装置の主な仕様は表2-1-11に示す通りである。

表 2-1-11 急速ろ過池の主な仕様

項目	内容
ろ過形式	バルプレス重力式ろ過装置
逆洗方式	サイフォンによる自動逆洗方式
形状	円形
砂ろ過層寸法	D22ft x 24in /ろ過層 (径 6.7m x ろ過層厚 0.6m)
池数	5池

出典： JICA 調査団

ろ過砂の逆洗は、サイフォンによる自動逆洗方式であるが、手動で実施されている。その頻度は、1池当たり1日おきに20分間実施されている。

ろ過層底版の破損があると考えられ、ろ過砂が流出し、浄水池に堆積している。堆積したろ過砂は定期的に汲み上げられ、砂ろ過層に補充される。

(5) 薬品注入設備

アイライ浄水場には、殺菌消毒及び凝集剤として以下の薬品を注入・添加する5台の薬品注入設備がある。

- ▶ さらし粉（次亜塩素酸カルシウム）
- ▶ 凝集剤（硫酸アルミニウム）
- ▶ 活性炭
- ▶ ソーダ灰

現在、上記のうち、さらし粉溶液、凝集剤及びソーダ灰が3基の注入設備で注入されている。1基は故障中である。活性炭は、現在、添加されていない。

ソーダ灰は、アルカリ調整剤として投入されていると考えられ、本来、凝集沈殿の前に添加される必要がある。しかし、ここでは、浄水後の水に投入されている。そのため、所期の目的を果たしていないと観察される。薬品注入設備は、全体的に老朽化しているので、注入方法や水質管理システムを含め、中長期的な計画で更新・改善が必要である。

(6) 汚泥乾燥床

汚泥乾燥床は、7つの乾燥床からなる屋根付きの施設である。汚泥乾燥床の主な仕様は表2-1-12に示す通りである。

表 2-1-12 汚泥乾燥床の主な仕様

項目	内容
形状	矩形
寸法	60ftx24ft /床 (横 18.3m x 縦 7.3m)
床数	7床

出典： JICA 調査団

汚泥乾燥床からの汚泥は、重力式で汚泥乾燥床へ排出される。また、ろ過装置の逆洗による汚泥は逆洗タンク内の排泥ポンプにより汚泥乾燥床へ排出される。汚泥は乾季で1ヶ月間、雨季で2ヶ月間の乾燥期間を要す。

(7) 水質検査機器

原水と浄水の水質確認のために、アイライ浄水場の管理棟内に水質試験設備が設置されている。表 2-1-13 に示される水質検査項目が、一時間おきに計測されている。ジャーテストは、凝集剤注入率を適切に計算するため、6時間ごとに実施されている。なお、使用機材は老朽化している。

検査機器は、納入以後、メンテナンスやキャリブレーションが実施されていない。壁掛け式の自動濁度計があるが、故障している。現在の監視項目は、数値の適正さが疑われる上、項目数も不足する。水温・pH・大腸菌・一般細菌等も日常管理の項目にすべきと考えられる。そのためには、適切な水質検査機器の導入とともに、水処理や水質管理のための能力強化の実施が必要である。

表 2-1-13 アイライ浄水場における水質検査項目

項目	試験方法	採水位置
物理分析		
濁度	濁度計	(1)原水、(2)ろ過前、(3)ろ過後、(4)浄水池
化学分析		
残留塩素	残留塩素計	(1)浄水池

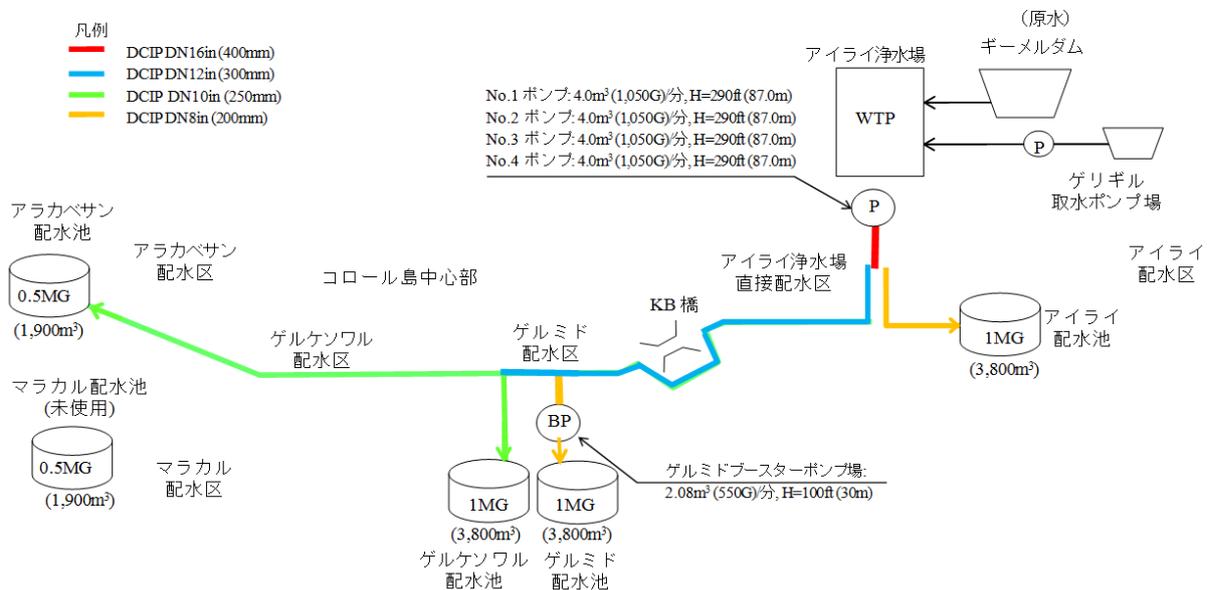
出典： JICA 調査団

2-1-4-3 送水システム

アイライ浄水場で浄水された水は、同浄水場内の送水ポンプ井へ集められ、そこから送水ポンプでコロール州・アイライ州の合計4箇所の配水池へ送水される。送水には、4台の1,050G/分(3.97m³/分)のポンプが(3台常用、1台予備。需要に応じて2台または3台を運転。)使われる。

アイライ浄水場から1本の送水管(管径16in: 400mm)へ吐出され、アイライ州向け(管径8in: 200mm)とコロール州向け(管径12in: 300mm)に分岐される。コロール州向けの送水管は、KB海峡を横断し、各配水池へ接続されている。接続先配水池は、アイライ、ゲルミド、ゲルケソワル、アラカベサンの4箇所であり、マラカル配水池以外が利用されている。この送水システムを図2-1-5に示す。

また、後述するように、KB 橋の東西地域が、浄水場からの直接配水区になっており、配水池を経由せず、送水ポンプの圧力で直接配水されている。この直接配水管は、送水管から分岐するように設置されている。



出典： JICA 調査団

図 2-1-5 現在の送水システム概念図

現在のアイライ浄水場からの送水管は、計画年次を 2000 年にした前回無償で設置された。その際の計画一日最大給水量は、2.1MG/日 (7,950m³/日) である。送水管は、アイライ配水池分岐の後、ゲルミド配水池までの約 3.4mi (5.4km) の間、管径 12in (300mm) のダクタイル鋳鉄管 (DCIP) が敷設され、その後、管径が漸減する。

他方、1-1 章で述べたように、現在の一日最大給水量は 4.0MG/日 (15,140m³/日) 程度まで増加している。アイライ配水池への送水があること、現時点で直接配水区があることから、送水の全量をコロール州の配水池へ送水しているわけではない。しかし、一日最大送水量で 11,149m³/日 (水理計算上、SI 単位で計算。概ね 2.95MG/日) 程度が流れていると仮定できる。その場合、約 55m (管径 300mm、流量約 11,149m³/日、延長約 5,300m、流速係数 130、流速 1.82m/s、動水勾配 1.04%) の管路摩擦損失水頭が生じる。既存のポンプ揚程 (約 87m) でポンプアップしても、約 32m (87m - 55m=32m) の水頭差しかないため、高低差が約 57m になるアイライ浄水場 (地盤高約 3m) からゲルミド配水池分岐付近 (地盤高約 60m) まで水が届かない計算になる。言い換えると、現時点で、送水管路と送水ポンプで構成される送水システムの設計能力を超えた水量を送水しており、安定送水を保証できない状態になっている。

(1) KB 橋下の漏水事故と送水能力不足の顕在化

2014 年 10 月現在、KB 海峡の海底に 2 本の管路が設置されている。(管径 14in: 350mm の送水管と 16in: 400mm の主要配水管で両者とも HDPE 管。主要配水管は上述の直接配水区用。) これらは、現在のコロール州の上水道サービスに不可欠な重要管路である。しかし、海底に設

置されているため、漏水等のトラブル発生時の原因究明や修理が困難で、トラブル発生時に給水困難な状態が長期間続く危険性を持っている。

KB 橋は、2002 年、我が国の無償資金協力で建設された。2 本の送配水管添架が計画されたが、KB 橋の建設当時、パラオ国側負担に整理された。ただし、パラオ国側の財政難で、これまでに実現していない。その状況の下、2013 年 10～11 月の漏水事故で約 2 ヶ月間の給水制限を余儀なくされた。そのため、PPUC は、橋梁添架工事の具体化を開始した。

1) 2013 年の漏水事故

2013 年 9 月頃、コロール州内の配水池に水が溜まらない等の問題が指摘されるようになった。PPUC は、同 10 月初旬、調査を開始し、KB 海峡の海底にある主要配水管に大きな漏水があることがわかった。そのため、同 10 月下旬、PPUC は国内建設業者へ修理を依頼した。修理は 11 月 25 日に完了したものの、約 2 ヶ月にわたって時間給水等の給水制限が実施された。

2) 2014 年の漏水事故と送水能力不足の認識

本協力準備調査の最中である 2014 年 10 月 11 日、再び同様の事故が発生した。この事故は、2013 年の修理で取り付けたカップリングが引き抜ける形で発生した。修理には約 1 ヶ月間を要し、2014 年 11 月中旬まで 6～8 時間/日の給水制限が実施された。この事故で、改めて、以下の問題が認識され、2015 年 1 月に計画中の橋梁添架工事が着手された。

- 主要配水管は、送水ポンプの圧力で配水している。この配水管で事故が起こると、送水管の圧力低下に問題が波及し、送水もできなくなる。この結果、当該事故で、配水池に水が溜まらないという現象が発生した。すなわち、直接配水を解消する必要がある。
- 事故後の非常対応で、直接配水をゼロにした。しかし、送水管能力不足で、コロール・アイライ両州に必要な水の全量を送水できないことが確認できた。送水ポンプを 3 台動かすと送水できないため、2 台以下の運転に制御せざるを得ない。したがって、最大でも、3MG/日 (11,355m³/日) 程度以下 (常時の 80%以下) しか送配水できない。
- 仮に送水管で事故が発生したなら、コロール州の広い範囲へ送配水ができなくなる。送水管が 1 本しかないことの脆弱性が再確認された。

(2) 送水ポンプ及びブースターポンプ

既存の送水ポンプの老朽化が始まっているため、更新が必要と考えられる。PPUC は、既に送水ポンプ更新に着手しており、2015 年 2 月の段階では、既設ポンプのヘッダー管への接続中であった。更新される送水ポンプの仕様は、表 2-1-14 の通りである。なお、既存ポンプは、すべて、予備ポンプとして残置される計画である。

表 2-1-14 更新送水ポンプの仕様

項目	内容	
台数	2 台	
全揚程	290ft (87.0m)	
吐出量/台	1,400G/分 (5.3m ³ /分)	(2 台・24 時間で 4MG/日)

出典： JICA 調査団

ゲルミド配水池は、配水池の標高が高いため、専用のブースターポンプを必要とする。このブースターポンプは、2014年6月に更新済み（ADBのプログラムローンを活用）であり、当面の問題はない。ブースターポンプの仕様は、表2-1-15の通りである。

表 2-1-15 ブースターポンプの仕様

項目	内容
台数	1台
全揚程	100ft (30m)
吐出力/台	550G/分 (2.08m ³ /分) (24時間で0.8MG/日)

出典： JICA 調査団

(3) マラカル島への送水

前回無償で管径10in (250mm)の送水管が、マラカル島の手前（PVA交差点）まで敷設されたが、マラカル島の需要が小さかったため、当該管路の計画時、マラカル島への送水管延伸が実施されなかった。そのため、今般、マラカル島への延伸とマラカル配水池の活用が要請された。

2-1-4-4 配水池

使用していないマラカル配水池も含め、5箇所の配水池の板厚を超音波厚さ計で測定した。測定箇所は、外周に沿って5箇所、高さは底板面から上側に30cm及び80cm～100cmの位置とした。なお、測定の前処理として、塗装面や錆面をやすりやサンドペーパーで除去したところ、全箇所と比較的健全な鋼材が現われることを確認した。

板厚測定結果を、表2-1-16に示す。配水池は1970年代後半に建設された古いものであり、当時の仕様書が無い場合、設計板厚が不明である。測定結果から垂直面の板厚に大きな損傷がないと考えられるが、水平部材のリブやベースプレートの損傷が激しいことを確認した。配水池を今後も継続使用するためには、損傷箇所の補強を含む再塗装を早期に行う必要があると考えられる。

表 2-1-16 配水池（鋼製）の板厚測定結果

配水池	容量	寸法 (m)	測定値 (mm)			目視による外面の状況
			地上 30cm (5箇所)	地上 80cm~1m (5箇所)	最小値	
アイライ 配水池	1MG (3,800m ³)	Dia=20.14 H=12.87	14.19, 13.55, 14.75, 13.73, 14.09	14.13, 13.57, 14.70, 13.86, 14.14	13.55	塗装状態が比較的良好である。 漏水は見られない。
ゲルミド 配水池	1MG (3,800m ³)	Dia=20.14 H=12.87	11.66, 10.81, 11.08, 11.29, 11.43	11.79, 11.66, 11.38, 11.39, 11.61	10.81	外面の塗装の剥がれ、リブ、ベ ースプレートやアンカーボルト の錆びや損傷が激しい。漏水は 見られない。
ゲルケソワ ル配水池	1MG (3,800m ³)	Dia=22.56 H=10.44	測定不可, 10.05, 測定不可, 10.20, 9.69	9.63, 10.20, 9.96, 10.25, 9.83	9.63	外面の塗装の剥がれ、リブ、ベ ースプレートやアンカーボルト の錆びや損傷が激しい。漏水は 見られない。
アラカベサ ン配水池	0.5MG (1,900m ³)	Dia=20.14 H=6.77	9.88, 9.57, 9.56, 9.63, 9.61	9.97, 9.68, 9.67, 9.66, 9.61	9.57	日本の無償資金協力により、内 外面の再塗装が実施されたこと から、発錆の状況は比較的良好 であるが、その後の維持管理が 実施されていないため、外面の 塗装が剥がれている箇所が見ら れる。漏水は見られない。
マラカル 配水池	0.5MG (1,900m ³)	Dia=20.14 H=6.77	9.73, 9.74, 9.65, 9.88, 9.61	9.67, 9.60, 9.47, 9.97, 9.80	9.60	建設以来使用されていない。外 面の塗装の剥がれ、リブやベー スプレート部の錆びが激しい。 貯水されていないため、漏水の 状況は不明。

出典： JICA 調査団

2-1-4-5 配水池水位制御設備の状況

アイライ、ゲルケソワル及びアラカベサンの配水池には、フロートスイッチを使った自動弁による水位制御装置が設置されている。しかし、維持・管理不十分で、フロートスイッチが故障したままである。そのため、PPUCはADBのプログラムローンを活用し、2014年6月に配水池の水位情報を自動遠隔監視できるように改善した。これにより、高水位になると監理者へ警報を自動伝送し、警報に応じて送水ポンプの手動制御や配水池流入バルブの手動制御をするようにした。現在、この方法で機能しているため、フロートスイッチによる自動弁更新等を急ぐ必要はない。

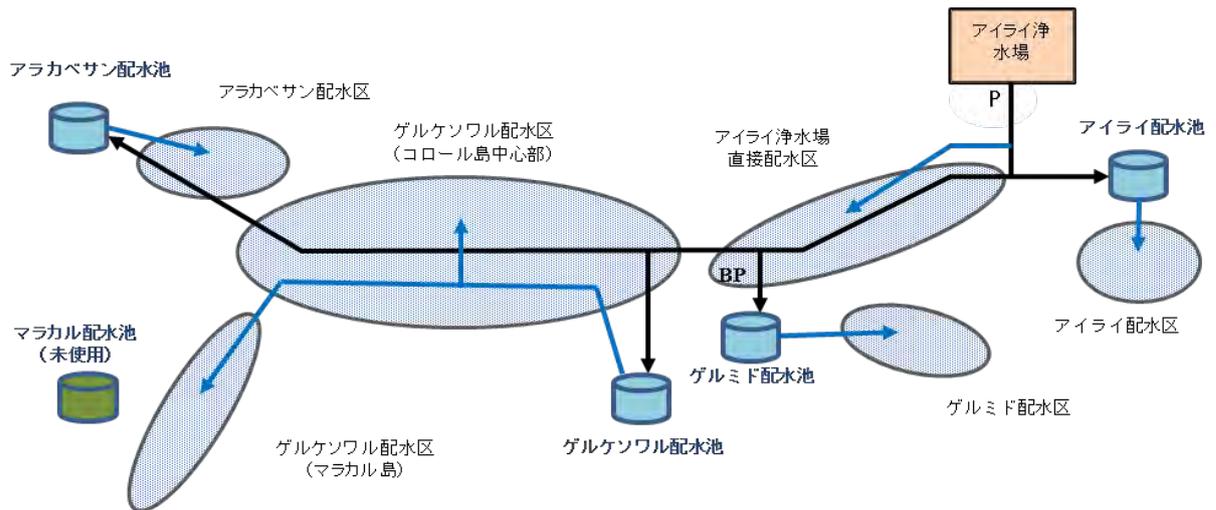
ゲルミド配水池へは、同じくADBのプログラムローンを活用し、ブースターポンプの更新に合わせ、2014年6月、同ポンプと配水池水位を連動させた自動スイッチが導入された。現在、この自動スイッチが機能しているため、他の制御方法の導入を急ぐ必要はない。

本プロジェクトでマラカル配水池を活用する場合、アイライ、ゲルケソワル及びアラカベサンと同じ仕組みの水位監視・警報システムの導入が望ましい。

2-1-4-6 配水区

(1) 現在の配水区

現在の配水系統は、アイライ配水区、ゲルミド配水区、ゲルケソワル配水区、アラカベサン配水区とアイライ浄水場からの直接配水区の 5 配水区で構成される。現在、マラカル地区へは、ゲルケソワル配水池からコロール州中心部を経て配水されている。アイライ浄水場からの直接配水区を除き、配水池からの自然流下方式による配水である。図 2-1-6 及び図 2-1-7 に現状の配水系統図・配水区割図を示す。



出典： JICA 調査団

図 2-1-6 配水系統図



出典： JICA 調査団

図 2-1-7 配水区割図

(2) 現在の配水区の現状と課題

2013年6月の地域別使用水量のデータから、配水区ごとの推定配水量を算出した。その結果を表2-1-17に示す。配水池の容量は、全体で21時間分と十分にあるが、配水区により負荷の差が非常に大きい。ゲルケソワル配水区以外は、配水池の容量的能力をほとんど活用できていない。一方、ゲルケソワル配水池の容量は約9時間分であり、我が国が標準とする12時間分の容量に満たない。

配水量及び配水区割図から明らかなように、ゲルケソワル配水区は、マラカル島まで含む広い地域を担当地域にしており、他配水区に比べて負荷が高い。また、次項で述べるように、同配水区内に標高の高い地域を抱えており、低給水圧を発生させやすい。

表 2-1-17 各配水区の配水量

現在（2013年）の配水区別配水量（2013年6～7月の実績に基づく）								
項目		直接配水区	アイライ配水区	ゲルミド配水区	ゲルケソワル配水区	アラカバサン配水区	マラカル配水区	合計
2013年6～7月の使用水量記録	(G/月)	10,714,950	5,588,208	2,635,978	40,058,559	2,840,784		61,838,479
	(%)	17.3%	9.0%	4.3%	64.8%	4.6%	0.0%	100%
一日最大給水量への換算水量	MG/日	0.69	0.36	0.17	2.6	0.18	0	4
	m ³ /日	2,623	1,368	645	9,808	696	0	15,140

出典： JICA 調査団

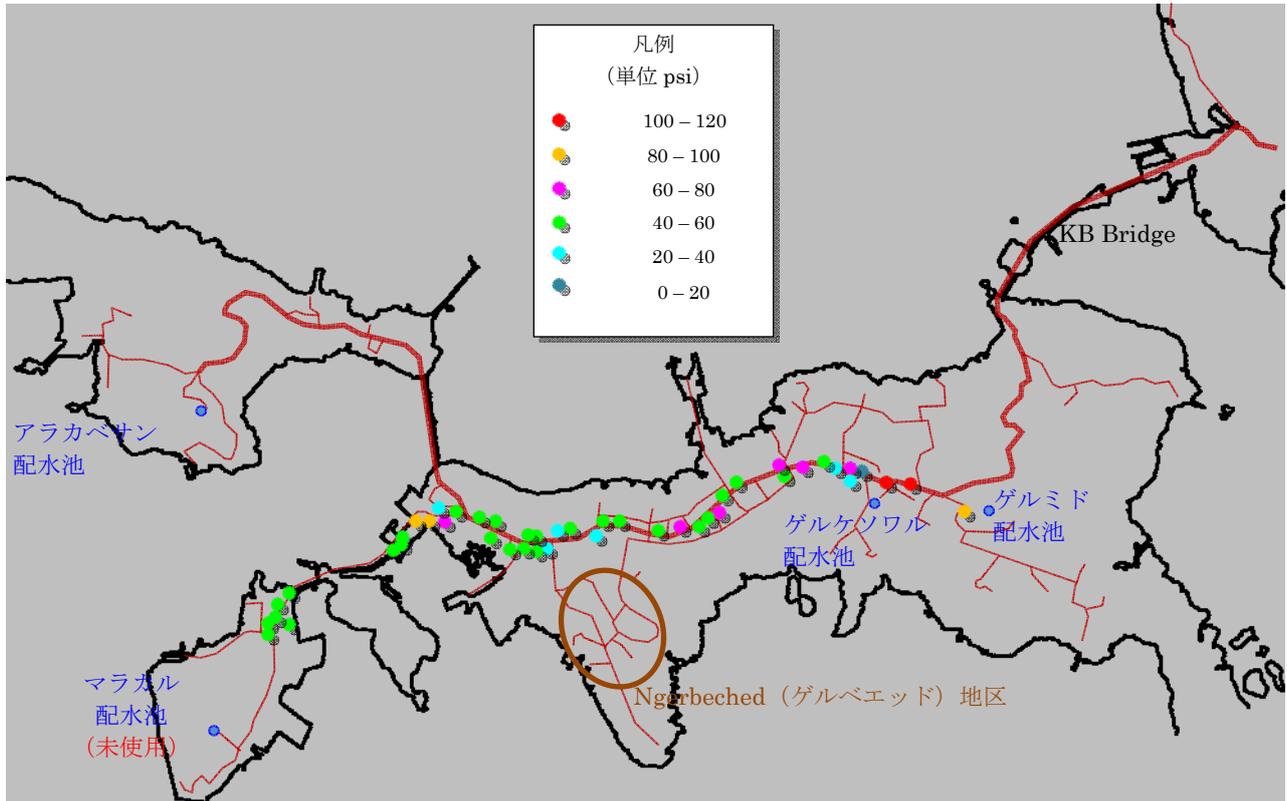
KB 橋下の海中管漏水事故で顕在化したように、直接配水区は、全体の送配水管理を困難にし、事故の際に広範囲へ影響を与える可能性がある。この状況を踏まえ、現状と課題を以下のように要約する。

- ゲルケソワル配水区は、コロール州の市街地中心部からマラカル島まで配水しており、他の配水区に比べ非常に範囲が広い。
- アイライ浄水場から遠く離れたマラカル島には、マラカル配水池が存在するが、専用送水管がないこと、既存配水圧力で配水池へ注水できないことから、配水池が使われていない。コロール州の市街地中心部とマラカル島の両者の給水安定性や水圧安定性から、マラカル配水池の活用が望ましい。
- コロール州中心部南側の Ngerbeched (ゲルベエッド) 地区は、標高が周囲より高いため、水圧が低い箇所がある。
- KB 橋の東西地域は、配水池を通さず、アイライ浄水場から直接配水されている。これは、送配水量の管理を難しくし、事故時に影響範囲を大きくする。
- ゲルミド配水区は、ゲルミド地区のみへ配水しており、ゲルミド配水池の規模（有効容量 1MG : 3,800m³）に対して給水範囲が非常に狭い。

(3) 給水圧の現状

パラオ国には、配水管の最小動水圧に係る明確な基準はない。しかし、PPUC は、米国基準を参考に、20psi (0.14MPa) を最小動水圧の目標にしている。

PPUC は、2014 年 5 月 6 日～5 月 20 日にかけて、コロール州中心部の主要道路を対象に 56 箇所の地点で水圧調査（蛇口にて測定）を実施した。図 2-1-8 に、その給水水圧分布図を示す。この調査では、最大圧力 118psi (0.81MPa)、最低圧力 12psi (0.08MPa) が記録され、配水区内の圧力差が大きなことが確認された。なお、ゲルケソワル配水区の Ngerbeched (ゲルベエッド) 地区は標高が高く、同地域は水圧が低い。そのため、同地域では、自家用のブースターポンプを設置している家庭が多い。

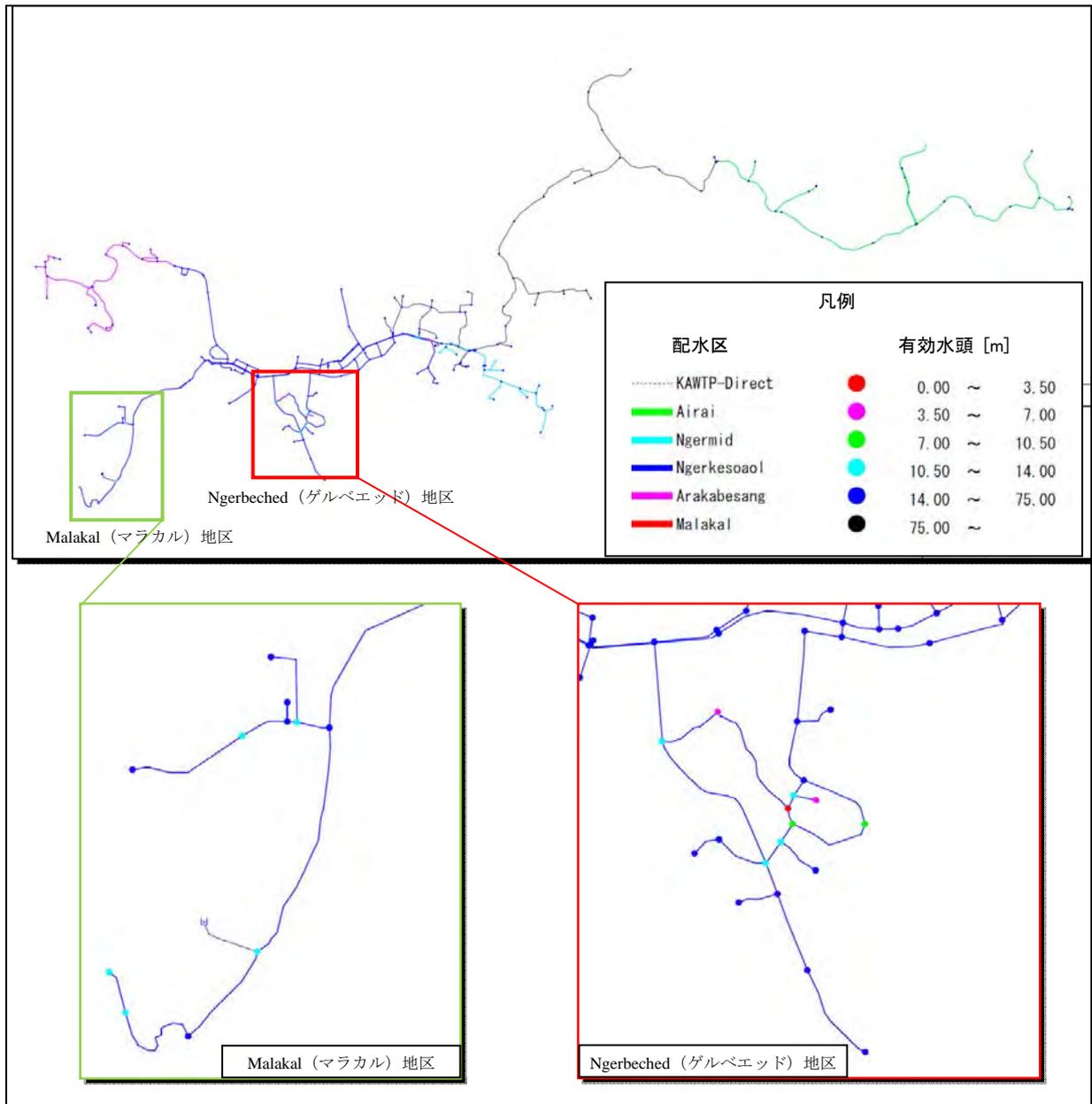


出典： JICA 調査団

図 2-1-8 給水水圧の分布図 (2014 年 5 月の測定)

また、現在の給水水圧を水理解析で検証した結果を図 2-1-9 に示す。この結果から、次のことが言える。

- ゲルケソワル配水区の Ngerbeched (ゲルベエッド) 地区では、最小動水圧が 5psi (0.035MPa) を下回る地点もあり、管理目標の最小動水圧 20psi (0.14MPa) を保証できない。
- アイライ浄水場直接配水区では、KB 橋付近、ゲルケソワル配水池北側の Iyebukel 及び Ngerchemai 地区付近で、高圧側管理目標の 110psi (0.76MPa) を超える地点がある。
- マラカル島では、管理目標の最小動水圧 20psi (0.14MPa) を保証できない地点がある。



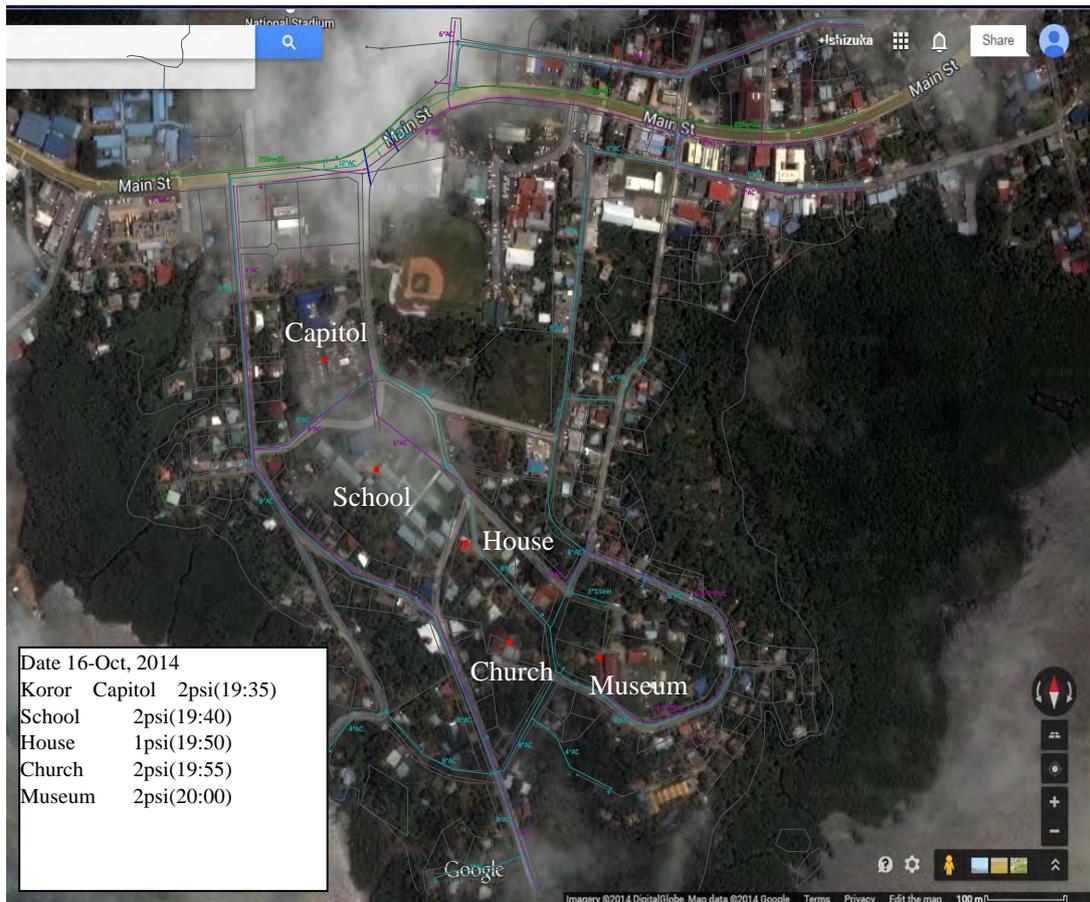
注： 圧力単位は、水頭 (m) 20psi = 0.14MPa = 14m (0.098MPa = 10m)
 出典： JICA 調査団

図 2-1-9 管網計算による現況分析結果：水圧分布図（最小動水圧）

また、特に低給水圧の顕著な Ngerbeched (ゲルベエッド) 地区での実測結果を表 2-1-18 及び図 2-1-10 に示す。同実測は、ベースライン情報取得の一環として、2014 年 10 月 16 日 (木) の 19:30~20:00 (使用水量の多い時間帯を選定) に、PPUC が給水栓での圧力計測を実施した。調査対象 5 箇所の水圧は、1~2psi (0.7m~1.4m) で非常に低い水圧である。

表 2-1-18 給水圧実測結果

水圧調査位置	水圧
No.1 Koror Capitol	2psi (1.4m)
No.2 School	2psi (1.4m)
No.3 House	1psi (0.7m)
No.4 Chapel	2psi (1.4m)
No.5 Belau National Museum	2psi (1.4m)



出典： Google Earth の地図データを基に、JICA 調査団が作成

図 2-1-10 給水圧実測箇所位置図

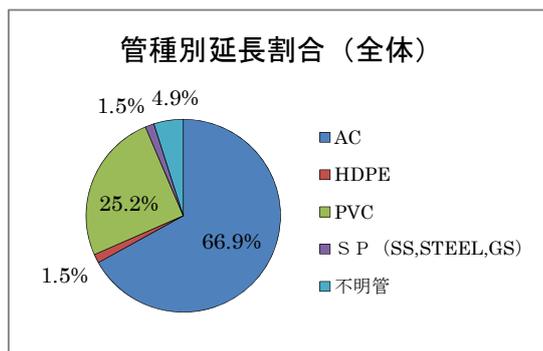
(4) 配水管

配水管は、1940年～2002年にかけて敷設され、全体で約33.4mi(53.5km)におよぶ。最も古い管は、敷設後約74年が経過している。管種別延長割合を表2-1-19及び図2-1-11に示す。給水区域全体でアスベスト管(AC管)が約70%、硬質ポリ塩化ビニール管(PVC管)が約25%を占める。この2つの管種で全体の95%になる。なお、管径6in(150mm)以上の主要幹線に着目すると、83%がAC管である。

表 2-1-19 各配水区域の管種、管径別延長

配水区	配水池名	AC					HDPE	PVC					SP (SS・STEEL・GS)			その他	計
		φ300	φ200	φ150	φ100	φ50	φ300	φ150	φ100	φ80	φ50	φ150	φ100	φ50	(不明管)		
アイライ浄水場 直接配水区域	アイライ 送水ポンプ井	5,023.4	534.7	414.7	0.0	0.0	786.4	1,014.1	806.2	0.0	810.8	0.0	0.0	322.1	1,555.6	11,268	
アイライ配水区域	アイライ 配水池	0.0	1,694.7	1,564.2	0.0	0.0	0.0	2,722.6	0.0	1,196.7	1,135.3	0.0	0.0	0.0	715.3	9,029	
ゲルミド配水区域	ゲルミド 配水池	0.0	1,305.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	662.7	0.0	814.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2,783	
ゲルケソウル配水区域 (マラカル地区を除く)	ゲルケソウル 配水池	2,240.0	13,013.4	2,925.0	2,758.8	256.2	0.0	0.0	0.0	0.0	594.7	135.0	0.0	0.0	208.8	22,132	
アラカベサン配水区域	アラカベサン 配水池	0.0	1,544.2	142.5	305.7	0.0	0.0	2,047.7	237.0	0.0	0.0	0.0	183.5	74.6	0.0	4,535	
マラカル地区	マラカル配水池 (休止中)	0.0	1,765.1	281.9	58.8	0.0	0.0	0.0	365.8	0.0	1,100.0	73.1	0.0	0.0	143.2	3,788	
計(m)		7,263	19,858	5,328	3,123	256	786	5,784	2,072	1,197	4,456	208	184	397	2,623	53,535	
管種別計(m)		35,829					786	13,509					788			2,623	53,535
割合		66.9%					1.5%	25.2%					1.5%			4.9%	100.0%
口径φ150以上		32,449			-	-	786	5,784	-	-	-	208	-	-	-	-	39,228
割合		82.7%			-	-	2.0%	14.7%	-	-	-	0.5%	-	-	-	-	100.0%

注： HDPE は高密度ポリエチレン管、SP は鋼管。管径は mm で表示している。150mm = 6in である。
 出典： PPUC 所有の管網図を基に JICA 調査団により集計



出典： PPUC 所有の管網図を基に JICA 調査団により集計

図 2-1-11 管種別延長割合 全体及び管径 6in (150mm) 以上

(5) 漏水の記録

PPUC の資料 (Trouble Call Reports) によれば、2013 年 2 月 2 日～2014 年 4 月 18 日 (約 1 年 2 ヶ月) にかけて、漏水・濁水及び水が出ない等の障害が 731 件記録されている。この中で漏水に関するトラブルは 585 件 (全体の約 80%) あり、その内 37 件が、PPUC が管理している給水管 (配水管から給水メーターまでの間) である。残りの 548 件は、給水メーター以降の水道契約者管理設備での漏水である。メーター以降の契約者管理の給水管は一般に土被りが浅い (露出管も多い) ため、漏水が発見されやすいためと考えられる。PPUC 管理内の 37 件の漏水箇所の内訳は、表 2-1-20 の通りである。

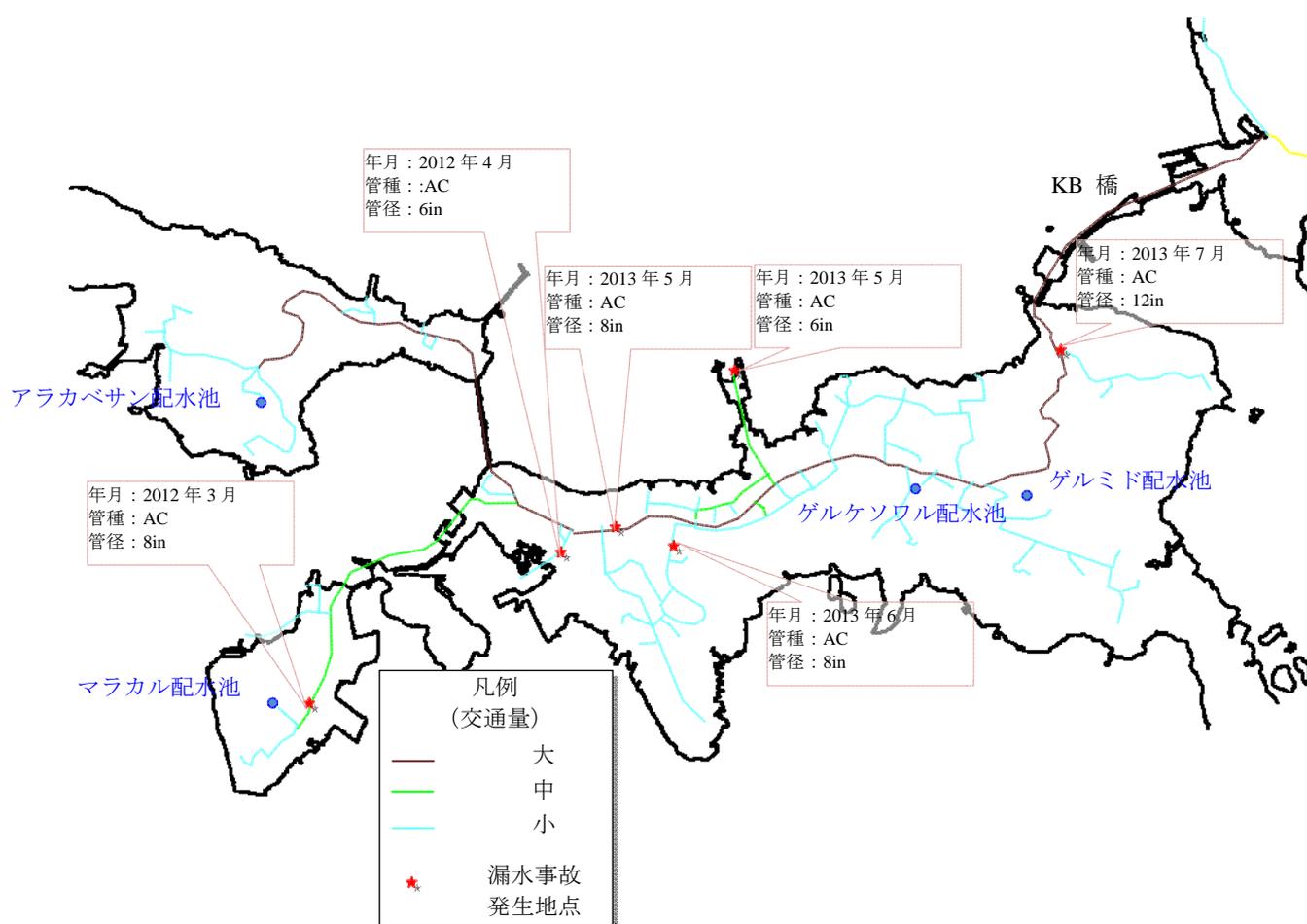
表 2-1-20 PPUC 管理内での漏水箇所内訳

漏水位置	漏水件数	割合	備考
配水管から給水管取出し部	0 件	0%	
配水管～給水メーター部	23 件	62.2%	屋外蛇口への不法接続管部 2 件含む
給水メーター部	14 件	37.8%	ゲートバルブ部含む
計	37 件	100%	

出典：PPUC

配水管での漏水事故は、2012～2013 年の 2 年間に 7 箇所記録されている。7 箇所のうち、1 箇所は、2013 年 11 月に大きな断水事故になった KB 海峡海底管漏水である。それ以外は、図 2-1-12 の 6 箇所で、いずれもコロール州内 AC 管の漏水事故である。

また、第二次現地調査期間中に国内再委託として、既存管路の漏水状況調査を実施した。2 週間の調査期間で、約 13km の給配水管の漏水調査を実施した。調査の結果、16 箇所の漏水が発見された。



出典：PPUC からの情報を基に JICA 調査団作成

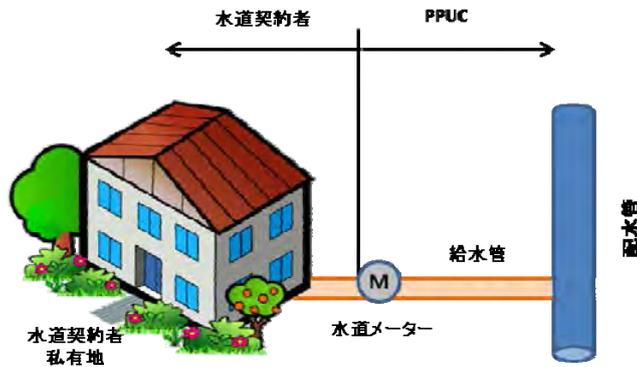
図 2-1-12 漏水箇所位置図

以上から、配水管の現状と課題を以下のように整理する。

- 老朽管
1940年代から敷設されてきた老朽管が多い上、その材質は、強度が弱く、発ガン性物質を含む AC 管がほとんどである。早期の更新が必要である。
- 漏水
コロール州内の主要配水管を中心とした AC 管の漏水事故が、この 2 年間に 6 件発生している。漏水事故により、長期の断水や道路の陥没等による交通渋滞など、市民生活に大きな影響を与えることや、漏水量削減の面から、AC 管の更新が必要である。また、漏水記録から、主要配水管の AC 管からの漏水と共に、給水管での漏水も多い。したがって、配水管と並行した給水管更新が必要である。

2-1-4-7 各戸接続・メーター設置

図 2-1-13 に、給水管の責任区分を示す。PPUC は、配水管から給水管を經由し、各戸メーターまでの給水施設の設置・保守責任がある。メーターより先の建物側の給水管は、各水道契約者の責任範囲である。



出典：PPUC

図 2-1-13 給水管責任区分

1-1-1-3 章に述べたように、契約接続の 13% にメーターが設置されていない。PPUC は、メーター設置・更新プロジェクトを実施中であり、メーター設置率を 100% にする予定である。また、給水管の状況は、表 2-1-21 のように整理される。

表 2-1-21 既存給水管の状況

項目	内容
所有・管理	PPUC： 配水管の分岐からメーターまで（メーター含む） 顧客： メーターから各戸の給水栓まで
現在の管種	PVC 管径 2in (50mm) を一次給水管として配水管から取り出す。
これまでの経緯	AC 管敷設当初の給水管は、管径 0.5~1in (13~25mm) 程度の鉛管や亜鉛メッキ鋼管だった。年月の経過とともに漏水が見つかるようになり、漏水修理の掘削の際、管径 2in (50mm) の PVC 管に交換している。現在は、約 85% が PVC 管に交換されていると推測される。ただし、分水栓やその付近の根元の給水管は、設置当時の古いもののみで漏水リスクが高い。
敷設状況	口径 2in (5cm) を一次給水管で道路外に出し、道路外で二次給水管に分岐される。二次給水管の先にメーターが設置される。一次給水管が民地の奥まで入り込んでいるケースや、一次・二次給水管の地上で顧客が構造物やコンクリート舗装しているケースも多い。

出典： JICA 調査団

2-1-4-8 送配水量の検証

本件の準備調査において、アイライ浄水場の導水・送水量や配水池の流入・流出量の測定を実施し、PPUC の管理する水量との比較を試みた。しかし、測定期間に KB 橋付近の海底管に漏水事故（2014 年 10 月）が発生したため、平常時の流量は計測不可能となった。ただし、アイライ浄水場の導水・送水量は、同事故前に実施したため、アイライ浄水場のデータに基づく考察を述べる。

流量観測には、超音波流量計を使用した。表 2-1-22 の条件で、アイライ浄水場で 72 時間の流量観測を実施した。

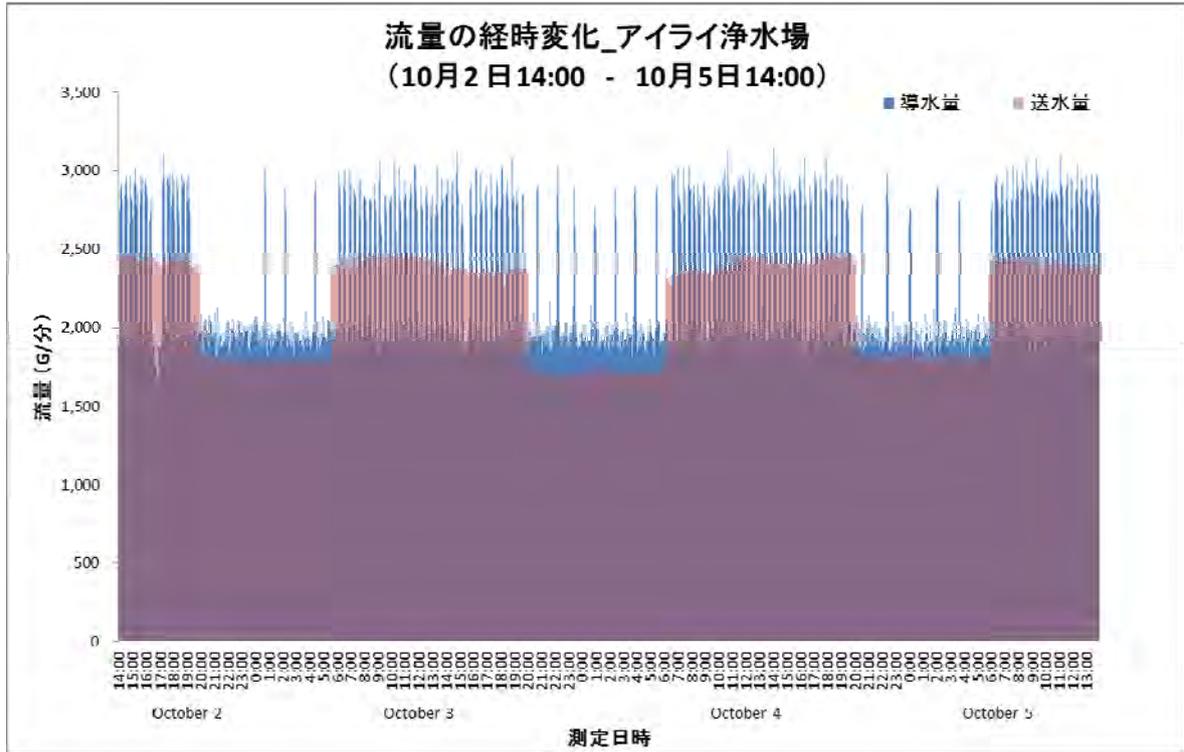
表 2-1-22 測定条件一覧

設置場所	アイライ浄水場	
	導水量	送水量
測定対象	導水量	送水量
測定開始日時	2014/10/2 14:00	2014/10/2 14:00
測定終了日時	2014/10/5 14:00	2014/10/5 14:00
測定時間（時間）	72	72
測定間隔（秒）	60	60
管種	ダクタイル 鋳鉄管	鋼管
	DCIP	SP
管外径（mm）	476.8	406.4
管厚（mm）	8	7.9
ライニング厚 <モルタル>（mm）	6	0
管内径（mm）	448.8	390.6

出典：JICA 調査団

アイライ浄水場の流量の経時変化を図 2-1-14 に示す。ただし、原水量は、計測器設置のための最適な設置条件が満たされなかったため、若干の誤差があると考えられる。

測定期間中の導水量は、6:00～20:00 間で約 3,000G/分、2:00～6:00 間で約 2,000G/分であった。原水ポンプ 1 台の能力が 1,080G/分であることから、3 台及び 2 台で運転モードを切り替えていることが明確である。また、調査団保有の超音波流量計で、一日平均送水量が 3.05MG/日を示し、PPUC が設置している積算流量計は、3.13MG/日を示した。若干の誤差があるが、PPUC の流量計は概ね正しく作動していると考えられる。



出典：JICA 調査団

図 2-1-14 アイライ浄水場における流量の経時変化

表 2-1-23 アイライ浄水場における流量測定結果

測定流量	測定日時	最大流量 (G/分)	最小流量 (G/分)	平均流量 (G/分)	日流量 (MG/日)
導水量 (JICA 調査団設置の超音波流量計)	10/2 14:00 ～10/3 14:00	3,106	1,395	2,100	3.01
	10/3 14:00 ～10/4 14:00	3,132	1,586	2,110	3.01
	10/4 14:00 ～10/5 14:00	3,140	1,533	2,137	3.06
	平均	3,126	1,505	2,116	3.03
送水量 (JICA 調査団設置の超音波流量計)	10/2 14:00 ～10/3 14:00	2,501	1,639	2,146	3.09
	10/3 14:00 ～10/4 14:00	2,504	1,568	2,064	2.97
	10/4 14:00 ～10/5 14:00	2,511	1,594	2,136	3.08
	平均	2,505	1,600	2,115	3.05
送水量 (浄水場の積算流量計記録)	10/2 14:00 ～10/3 14:00	—	—	—	3.17
	10/3 14:00 ～10/4 14:00	—	—	—	3.05
	10/4 14:00 ～10/5 14:00	—	—	—	3.16
	平均	—	—	—	3.13

出典：JICA 調査団及び PPUC

2-1-4-9 水質調査の結果

飲料水としての適性を検証するため、浄水場の原水及び処理水に対し、水質試験を国内再委託した。その結果を別添-7-1に示す。また、表 2-1-24 に要約を示す。

表 2-1-24 水質調査の結果（国内再委託）

分析項目		分析方法	定量下限値(mg/L)	基準値 WHO (mg/L)	アイライ浄水場 <処理水>		エデン川 <原水>		ギーメルダム <原水>	
					10/4 採取 (mg/L)	10/9 採取 (mg/L)	10/4 採取 (mg/L)	10/9 採取 (mg/L)	10/4 採取 (mg/L)	10/9 採取 (mg/L)
濁度	Turbidity	透過光測定法	0.2 (NTU)	5 (NTU)	0.8 (NTU)	0.4 (NTU)	0.9 (NTU)	0.6 (NTU)	16 (NTU)	3.2 (NTU)
色度	Color	透過光測定法	0.5 (TCU)	15 (TCU)	3.9 (TCU)	2.8 (TCU)	8.4 (TCU)	8.5 (TCU)	28 (TCU)	15 (TCU)
懸濁物質	Suspended Solid	重量法	2	—	3	<2	2	<2	38	10
溶解性蒸発残留物	Dissolved Solid	重量法	50	1000	69	67	60	<50	65	62
P-アルカリ度 (pH8.3)	Alkalinity (pH8.3)	滴定法	2.0	—	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
M-アルカリ度 (pH4.8)	Alkalinity (pH4.8)	滴定法	2.0	—	21	24	23	27	26	27
塩化物イオン	Chloride	イオンクロマトグラフ法	0.2	—	4.4	4.3	3.9	4.0	3.9	4.1
硫酸イオン	Sulfate	イオンクロマトグラフ法	2.0	250	11	11	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
カリウム	Potassium	フレイム原子吸光法	0.1	—	0.52	0.57	0.47	0.57	0.53	0.52
全カルシウム	Calcium	フレイム原子吸光法	1.0	—	4.6	5.0	4.2	5.1	6.6	6.1
全マグネシウム	Magnesium	フレイム原子吸光法	1.0	—	2.3	2.9	2.7	3.2	2.3	2.7
溶解性シリカ	Soluble Silicate	モリブデン黄吸光度法	2.0	—	13	15	15	18.0	13	16
全硬度	Total Hardness	フレイム原子吸光法	1.0	—	20	23	21	25	24	25
鉄	Iron	フレイム原子吸光法	0.01	—	0.02	0.02	0.16	0.18	0.18	0.19
マンガン	Manganese	ICP-質量分析法	0.005	0.5	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
ナトリウム	Sodium	フレイム原子吸光法	0.1	—	8.4	8.4	3.6	3.8	3.6	3.8
ヒ素	Arsenic	ICP-質量分析法	0.001	0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
セレン	Selenium	ICP-質量分析法	0.001	0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
銅	Copper	ICP-質量分析法	0.001	2	0.001	0.002	<0.001	<0.001	0.009	<0.001
カドミウム	Cadmium	ICP-質量分析法	0.0003	0.003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
クロム	Chromium	ICP-質量分析法	0.005	0.05	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
シアン	Cyanide	イオンクロマトグラフ法	0.001	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
鉛	Lead	ICP-質量分析法	0.001	0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
水銀	Mercury	還元気化-原子吸光法	0.00005	0.001	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
ホウ素	Boron	ICP-質量分析法	0.02	0.3	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
バリウム	Barium	ICP-質量分析法	0.001	0.7	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
モリブデン	Molybdenum	ICP-質量分析法	0.007	0.07	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
ニッケル	Nickel	ICP-質量分析法	0.002	0.02	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
アルミニウム	Aluminum	ICP-質量分析法	0.02	—	0.17	0.18	0.12	0.06	0.28	0.09
ふっ素	Fluoride	イオンクロマトグラフ法	0.05	—	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
TOC	Total Organic Carbon	燃焼酸化法	0.3	—	0.5	0.4	0.6	0.6	1.4	1.1

分析項目	分析方法	定量下限値(mg/L)	基準値 WHO (mg/L)	アイライ浄水場 <処理水>		エデン川 <原水>		ゲーメルダム <原水>		
				10/4 採取 (mg/L)	10/9 採取 (mg/L)	10/4 採取 (mg/L)	10/9 採取 (mg/L)	10/4 採取 (mg/L)	10/9 採取 (mg/L)	
全窒素 (T-N)	Total Nitrogen	紫外線吸光度法	0.2	—	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	<0.2
硝酸態窒素	Nitrate Nitrogen	イオンクロマトグラフ法	0.02	—	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
亜硝酸態窒素	Nitrite Nitrogen	イオンクロマトグラフ法	0.004	—	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
全燐 (T-P)	Total Phosphorus	ペルオキシ二硫酸カリウム分解法	0.05	—	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
大腸菌	E.Coli	特定酵素基質培地法	—	検出されないこと	不検出	不検出	検出	不検出	検出	不検出
一般細菌	Viable Bacteria	標準寒天培地法	30cfu/mL	—	30 以下	30 以下	1.8×10 ³	1.0×10 ²	7.2×10 ²	1.7×10 ²

出典： JICA 調査団

経時変化し易い水質試験項目については、JICA 調査団が簡易水質試験を実施した。採水場所は、アイライ浄水場、ゲーメルダム、エデン川の 3 箇所で、国内再委託のサンプルと同じ場所・時刻である。試験項目は、濁度、pH、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、大腸菌の 5 項目で、結果を表 2-1-25 に示す。また、パラオ国でアメリカ合衆国環境保護庁 (EPA) の基準で水質管理をすることになっているが、パラオ国に、EPA 基準で試験可能な機関が存在しない。本プロジェクトでは、飲料水として安全性を検証するため、日本で実施できる WHO 基準を用いた。

アイライ浄水場の処理水については、WHO ガイドラインを満たしている。濁度に関しては、全体的に 10 月 4 日採水分の方が高い。大腸菌に関しては、10 月 4 日採水分の方が低い。これらは、10 月 4 日が雨天であったことに起因すると考えられる。

表 2-1-25 簡易水質試験結果

採水日時	採水場所	濁度(NTU)	pH	アンモニア態窒素 (ppm)	硝酸態窒素 (ppm)	大腸菌
2014/10/4 13:30	アイライ浄水場 (処理水)	1.1	6.5	0.2	<0.2	無し
2014/10/4 15:30	エデン川 (原水)	2.8	7.0	0.2-0.5	<0.2	少量
2014/10/4 15:00	ゲーメルダム (原水)	14.4	6.7	0.2-0.5	0.2	微量
2014/10/9 15:30	アイライ浄水場 (処理水)	0.8	6.8	<0.2	<0.2	無し
2014/10/9 16:30	エデン川 (原水)	2.1	7.1	<0.2	<0.2	多量
2014/10/9 16:00	ゲーメルダム (原水)	7.7	7.0	0.2	<0.2	少量

出典： JICA 調査団

2-1-4-10 前回無償の施設及び事業の状況

1990～1992 年度、前回無償で、コロール・アイライ給水システムの送水管等の敷設を実施した。その概要は、図 2-1-15 及び以下に述べる通りである。

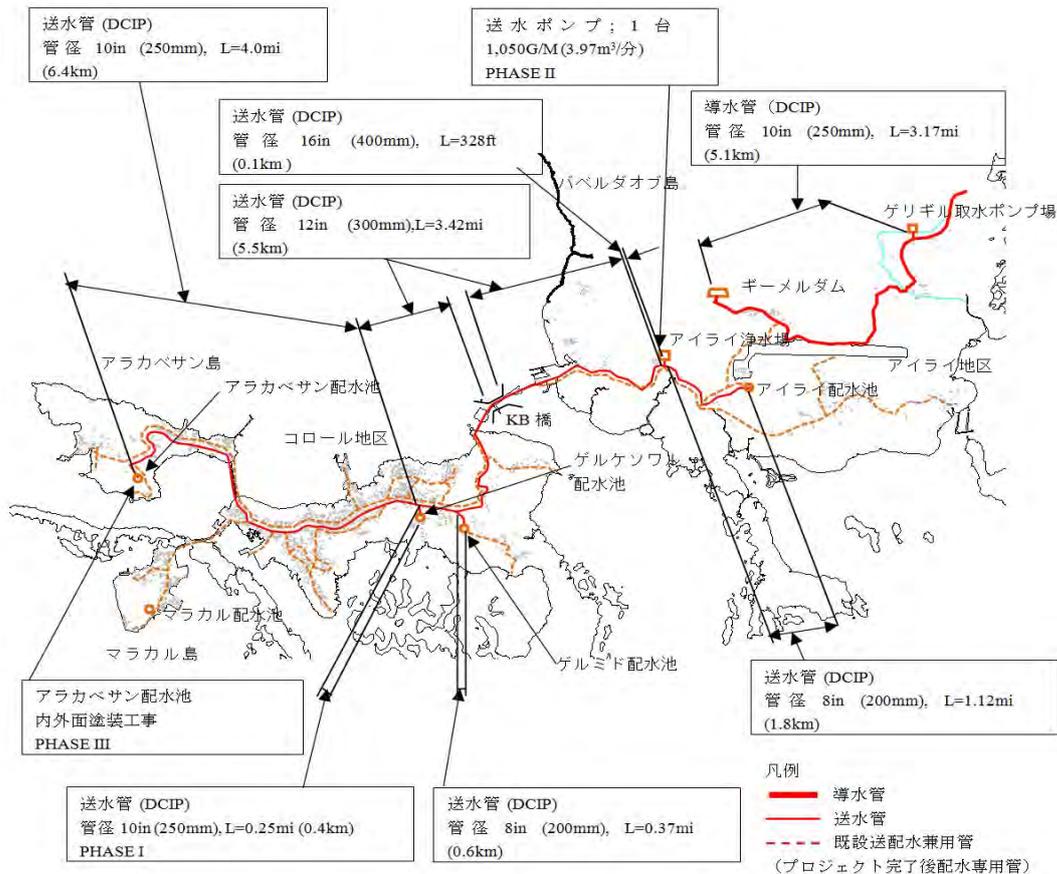
- 原水の導水管： ダクタイル鋳鉄管 (DCIP)、管径 10in (250mm)、距離約 3.2mi (5.1km)
- 送水管： ダクタイル鋳鉄管 (DCIP)、管径 8-16in (200-400mm)、距離約 9.3mi (14.8km)、

送水ポンプ 1 基

- 水位制御装置（フロートスイッチ式バルブ）： 4 基（各配水池 1 基）
- アラカベサン配水池の塗装

プロジェクト設計条件

- 1) 計画年次： 2000 年
- 2) 計画人口： 20,600 人（2000 年）
- 3) 推定外国人訪問客数： 548 人/日（宿泊施設の部屋数からの推定）
- 4) 計画一日最大給水量： 2.1MG/日（7,950m³/日）



出典： JICA 調査団（パラオ国給水改善計画基本設計調査報告書に基づく）

図 2-1-15 前回無償の施設位置図

この前回無償により、1 本の管路で送水と配水を兼用する直接圧送システムを「送水管」と「配水管」に分離させ、各配水池への適切な送水量の配分が実現した。これにより、浄水場から遠い地域の水不足が解消するとともに、8 時間/日の計画断水も解消し、市民生活や経済活動の発展に貢献した。

(1) 主要施設の現況

主要施設の現況を表 2-1-26 に示す。

表 2-1-26 主要施設の現況

項目	施設	現況
導水管敷設	DCIP DN10in (250mm)、 総延長 3.2mi (5.1km)	エデン川～ギーマルダム間の原水導水管、建設当時は未舗装道路であったが、現在は、米国支援の道路で舗装されている。河川横断部の水管橋は、道路用橋梁に添架され管理されている。特に、問題は見られない。
送水幹線敷設	DCIP DN 8-16in (200-400mm)、 総延長 8.9mi (14.3km)	外国人訪問客や商業施設の大幅な増加、無取水の増加等により、現在、最大 4.0MG/日を送水している。この水量は、設計時の想定を超えており、管径不足である。送水管延長上に水撃圧対策のために設置されたサージタンク 2 基は、塗装や部品交換等の維持・管理が不十分である。
配水池水位制御設備 1) バルブ設備 2) 制御設備	計 4 基	配水池内のフロートスイッチの修理がされておらず、機能しない。しかし、2014 年 6 月に配水池の水位を遠隔監視するシステムを導入し、水位による手動操作に切り替えた。ゲルミド配水池では、2014 年 6 月にブースターポンプ更新し、水位に連動するポンプ自動制御を整備した。
浄水場送水ポンプ建設 1) ポンプ設備 2) その他	-	1 台設置した送水ポンプは、順調に稼働している。しかし、他のポンプの老朽化が激しいため、2014 年 12 月を予定に全面的更新を実施中である。設置した送水の流量計は、順調に稼働している。
アラカバサン貯水タンク内外面塗装工事	-	塗装工事後の維持・管理が不十分であるため、塗装の剥がれが見受けられる。特に、風雨の直撃を受ける水平部材のリブ、アンカープレートやアンカーボルトに損傷が激しい。

出典： JICA 調査団

(2) 提言での指摘事項

前回無償時に指摘した提言の内、主要事項に係るパラオ側の実施状況は、表 2-1-27 の通りである。

表 2-1-27 前回無償実施時の主要提言事項の現況

No.	提言	実施状況
1	水道専門の組織とし、企業体としての管理・運営は徴収した水道料金と給水に係る費用とのバランスのとれた独立採算性の高いものにする必要がある。	前回無償時の BPW から現在の PPUC になり、公社化した。しかし、低料金のため、原価回収率は 38%に留まり、政府助成を必要とする。
2	本プロジェクトの初期建設段階より、将来の維持管理を実施する予定者数名を本プロジェクトに選任で参画させ、当該施設が技術的に十分理解、習得されるよう、実施組織の確立と人選を行い、技術を習得させる必要がある。	組織の変遷が多く、技術者の養成、関連技術仕様書や図書類の保管・整理が出来ていない。しかし、前回無償時に技術を習得した人材が、PPUC や BPW の中枢に残っている。
3	住民への節水啓発活動の実施。	PPUC でプログラム化して実施しているが、イベント頻度が少ない。
4	水道使用料金徴収体系を使用水量が増加すると急激に高額になるよう整備し、無駄遣いをなくす。	水道料金が安価に設定されているため、依然として、水の無駄遣いが多いと指摘されている。

No.	提言	実施状況
5	全送水量と全消費水量を比較し、水道施設の維持・管理等の指針にする。 例えば、 ・各家庭及び事業所の無駄遣いのチェック ・送水管及び配水本管からの漏水チェック	無取水が48%と推定される。また、メーター以降の各戸内での漏水が多い。水の無駄遣いや漏水管理の体制が不十分である。 給水量と使用水量の定期的な比較検討や統計的分析は実施されていない。
6	施設の定期保守点検の実施と機器の均等な交互運転の実施、予備機、弁等通常稼働していない設備は定期的に機能チェックと駆動チェックをしておく必要がある。	弁類の機能チェックや駆動チェックは、計画的ではない。また、配水池やサージタンク等の鋼構造物の塗装が実施されていない。
7	浄水場に前処理施設（沈殿池）を設置し、給水量の増大、ろ過器の機能確保と耐用年数の長期化並びに水質の向上に努める必要がある。	1995-1996年に、米国支援で以下の設備が新設・増設された。 1. Clear Well（送水ポンプ井）の増設 2. Chemical Storage and Laboratory Buildingの新設 3. Flocculation/Sedimentation Basin（凝集沈殿池）の新設 4. Sludge Drying Bed（汚泥乾燥床）の新設 5. Filter Backwash Lagoonの新設
8	浄水場に浄水貯水池を設置し、給水量の増大、ピーク時の給水量の確保並びに給水設備の信頼性の向上に努める必要がある。	前述のように、1995-1996年に送水ポンプ井が増設されたが、容量が小さく既存の老朽化した浄水池を継続使用しなければならない状況である。浄水貯水池の増設が必要である。

出典： JICA 調査団

(3) 教訓

前回無償はコロール・アイライ給水システムの送配水安定に大きく貢献した。導入したシステムは、PPUCの技術力に合致したシンプルなものだったと言える。その一方、定期メンテナンスや予防メンテナンスの考え方が十分に発展しなかった残念な一面が残る。

- 配水池等の鋼構造物において、定期的な清掃やメンテナンスが不十分である。
- 配水量・水使用量に係るデータ分析が十分に実施されていない。
- バルブ等の設備に関し、点検等の定期実施体制が不十分である。

メンテナンスが不十分な理由は、必ずしもスキルや予算の不足が原因なわけではなく、予防メンテナンスの重要性・必要性に係る意識不足と考えられる。そのため、十分な意識醸成や体制構築が必要で、それまでには、管理が複雑な装置の導入を見合わせる事が望まれる。コンピューター管理するようなシステム等、高度な管理技術が必要な設備を導入する場合、導入と同時に能力開発プログラムの実施が必要である。また、簡易マスタープランで、PPUCのO&M能力について分析し、能力開発プログラムの必要性を提言している。

2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

2-2-1-1 下水道

コロール州とアイライ州のほとんどの住宅・商業地域に下水道が整備されている。したがって、下水道普及率の面から、給水需要を制限させることや、給水需要の増減を考慮する必要性は低い。

下水道の幹線は、KB 橋からコロール州の中心部やミナトバシを経て、マラカル島の南端まで続く国道の下に敷設されている。下水処理場は、コロール島の南端に設置されている。したがって、下水道の幹線と上水道の送水管や主要配水管は、ほぼ全線にわたって並行して敷設されることになる。本プロジェクトでは、既存下水道管の位置に留意し、既存下水道管に影響を与えない箇所に送配水管を敷設する必要がある。

また、本プロジェクトと並行する形で、ADB 支援の下水道改善プロジェクトも実施される予定である。同下水道プロジェクトは、2014 年 10 月にプロジェクト・マネジメントのコンサルタント契約が締結され、詳細設計が開始された段階であり、管渠敷設に係る位置等に係る下水道改善の詳細は定まっていない。原則的に、PPUC を通じて地下構造物干渉の調整を実施することになるが、実施設計や施工監理中において、継続的な協議や確認作業が必要になる。

2-2-1-2 道路

本プロジェクトで送配水管を敷設する予定の道路は、マラカル配水池の周辺を除き、全線が舗装（アスファルトまたはコンクリート舗装）されている。コロール州の道路は、過去、非常に路面状態が悪かった時期が長かったが、近年、我が国や台湾の機関の支援で舗装整備が進んできた。特に、我が国は、2004 年から 2007 年度、島間連絡道路改修計画や首都圏基幹道路改修計画で、コロール島からマラカル島を縦貫する国道の整備・舗装を支援した。本プロジェクトでは、その国道下に送配水管を敷設することになるため、事後の道路復旧等を十分に実施する必要がある。

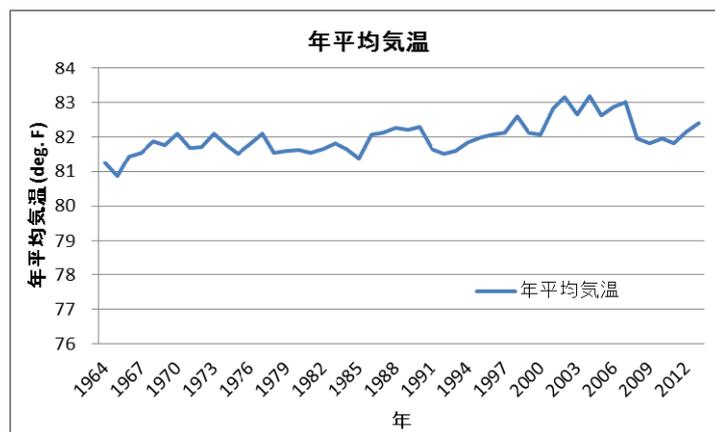
国道以外はコロール州道に位置づけられる。州道の整備・舗装は台湾機関の資金協力で実施されている。近年の舗装は、原則的に鉄筋コンクリート舗装で実施されており、これらの道路も配水管敷設後に適切な復旧が要求される。

本プロジェクトは、送水管や配水本管だけでなく、給水管の敷設も含まれる。したがって、舗装撤去・管敷設・舗装復旧の一連の工事は、道路縦断方向のみならず、横断方向にも実施される。掘削幅分だけの道路復旧の場合、道路復旧跡が梯子状の模様になり、見栄えだけでなく、車両走行の障害になる可能性がある。そのため、必要に応じて、道路の路面全面の表層を切削オーバーレイする等、障害の緩和措置を実施する必要がある。

2-2-2 自然条件

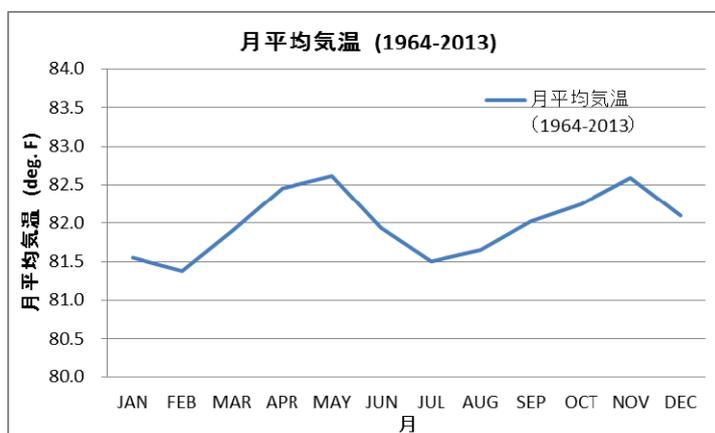
2-2-2-1 気象

パラオ国は海洋性熱帯気候に属し、図 2-2-1 のように、年平均気温は 82.0°F (27.8°C) である。年平均気温は、1964 年以降上昇傾向にあり、地球温暖化の影響が伺える。気温の上昇量は 1.1°F (0.7°C) 程度である。気温の季節変動は、図 2-2-2 のように小さく、年間の気温差は 1.2°F (0.7°C) 程度である。



出典： アメリカ合衆国国立気候データセンター (NCDC)

図 2-2-1 年平均気温



出典： NCDC

図 2-2-2 月平均気温

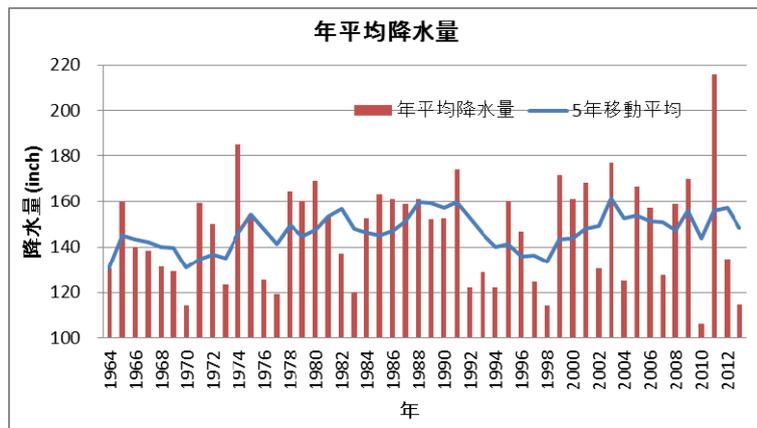
降水量は、図 2-2-3 のように 1 年を通じて多く、特に 7 月に多い。一方、2~4 月に少なくなるが、最も少ない 3 月でも 8.43in (211mm) 以上を記録する。したがって、工事工程計画立案の際、降雨の影響を十分に考慮する必要がある。



出典： NCDC

図 2-2-3 月平均降水量

年平均降水量は 147in (3,675 mm) である。しかし、図 2-2-4 のように、年間降水量の変動は小さくなく、最も少ない 2010 年の年間降水量は、平均降水量の 73% である。1964 年以降、降雨の全体的な傾向に大きな変化は無いが、エルニーニョ現象が観測された年（例えば、1998 年、2010 年）は、降水量が少なくなる傾向がうかがえる。気候変動とエルニーニョの増加は無関係ではないと言われており、今後のエルニーニョの増加は、代替水源／予備水源の必要性を高める。



出典： NCDC

図 2-2-4 年平均降水量

2-2-2-2 渇水と代替・予備水源

(1) 渇水の状況

上述のように、2 月～4 月の 3 ヶ月間は降水量が少ない。この期間の月平均降水量は 9.0in (225mm) である。この 3 ヶ月間の降雨が特に少なかった年、1998 年 (1.69in/月: 42mm/月)、1983 年 (1.82in/月: 46mm/月)、1992 年 (3.36in/月: 84mm/月) は、降水量が 50 年平均の 40% 程度以下であり、これらの年が渇水であったことが推測される (図 2-2-5)。なお、これらの年は、エルニーニョが観測された年と整合しており、エルニーニョと少雨傾向には関連性が伺える。

第3章に述べるように、計画目標年次2020年の計画一日最大給水量を3.3MG/日（12,491m³/日）に仮定する。3.3MG/日（12,491m³/日）を取水するためには、2.96in/月（74mm/月）の降雨量が必要である。2月～4月の3ヶ月の平均がこの値を下回った年を渇水年と定義した場合、1983年及び1998年の2回でこの値を下回る（30年間に2回の頻度）。

なお、2月の1ヶ月間の降雨だけに着目した場合、50年間で7回、2.96in/月（74mm/月）を下回っており、7年に1回程度の危険な状況があるとが推定される。

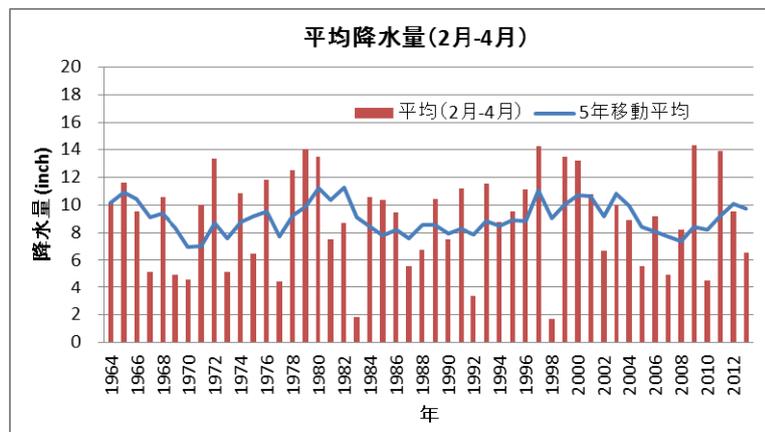
(2) 予備水源・代替水源の必要性

給水影響を与える渇水頻度は、30年間に2回である。我が国の施設設計基準は10年に1回の渇水への対応を必要としているため、PPUCの要請はあるが、代替/予備水源の緊急性は低い。

2-2-2-3 土質

コロール島及びバベルダオブ島（アイライ州を含有する）は火山性の島であり、地表付近の表層は、ラテライトで覆われている。この土質の箇所は、掘削等に特段の支障はない。

しかし、KB橋からゲルミド配水池に至る送水管ルート区間一帯は、サンゴ礁の隆起で形成されており、石灰岩状の土質である。通常の掘削機械では掘削不可能なため、施工機械や施工方法に留意が必要である。



出典： NCDC

図 2-2-5 2月～4月の月平均降水量

表 2-2-1 2月-4月 月平均降水量

年	2月~4月 平均	順位	年	2月~4月 平均	順位
1964	10.18		1991	11.17	
1965	11.58		1992	3.36	3
1966	9.53		1993	11.54	
1967	5.19	10	1994	8.77	
1968	10.56		1995	9.52	
1969	4.96	7	1996	11.09	
1970	4.61	6	1997	14.22	
1971	10.03		1998	1.69	1
1972	13.30		1999	13.46	
1973	5.16	9	2000	13.17	
1974	10.86		2001	10.78	
1975	6.50		2002	6.71	
1976	11.80		2003	9.98	
1977	4.46	4	2004	8.92	
1978	12.49		2005	5.61	
1979	14.04		2006	9.17	
1980	13.45		2007	4.99	8
1981	7.50		2008	8.20	
1982	8.72		2009	14.29	
1983	1.82	2	2010	4.56	5
1984	10.54		2011	13.85	
1985	10.36		2012	9.54	
1986	9.47		2013	6.54	
1987	5.59		平均	8.79	
1988	6.74				
1989	10.46				
1990	7.52				

出典： NCDC

表 2-2-2 エルニーニョ発生期間

No.	期間
1	1963年6月 - 1964年1月
2	1965年5月 - 1966年2月
3	1968年9月 - 1970年2月
4	1972年5月 - 1973年3月
5	1976年6月 - 1977年3月
6	1982年8月 - 1983年8月
7	1986年9月 - 1988年1月
8	1991年4月 - 1992年7月
9	1997年4月 - 1998年5月
10	/2002年6月 - 2003年2月
11	2009年6月 - 2010年3月

出典： 国土交通省 気象庁ホームページ

2-2-3 環境社会配慮

本プロジェクトは、都市上水道整備事業であり、主要コンポーネントは、1) 送水管の増設、2) マラカル配水池の再建及び専用送水管の敷設、及び3) 配水管の更新からなる。また、「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2010年4月公布）に掲げる影響を及ぼしやすいセクター・特性及び影響を受けやすい地域に該当せず、環境への望ましくない影響は重大でないとは判断されるため、カテゴリー「B」とされている。

本プロジェクトに係る環境・社会の概況及び影響・緩和策・モニタリング等について、以下に述べる。

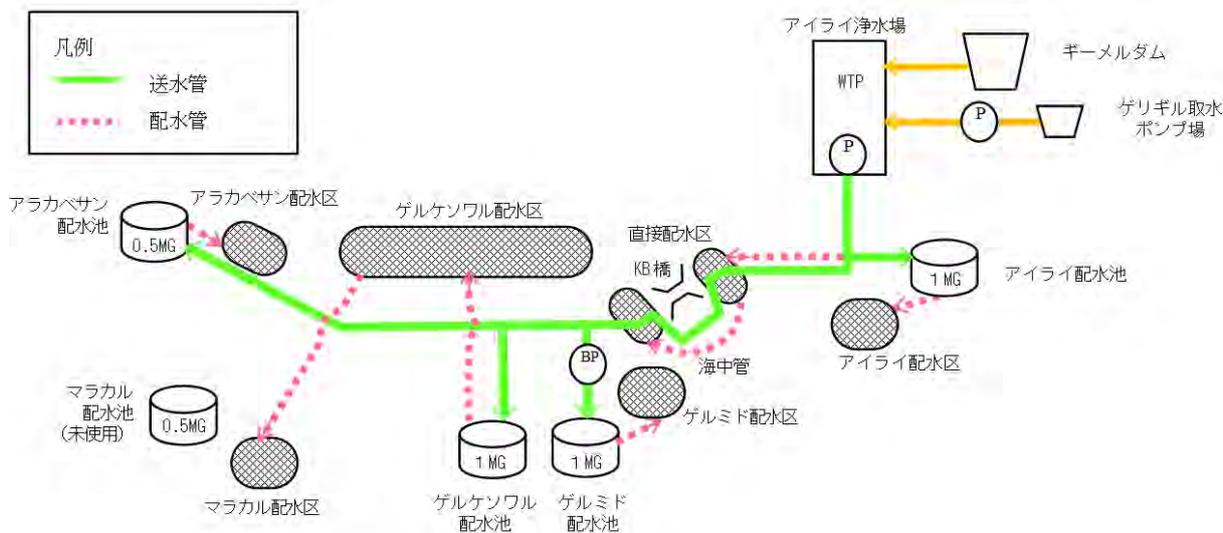
2-2-3-1 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要

本プロジェクトの事業コンポーネントと環境配慮事項は、表 2-2-3、図 2-2-6 及び図 2-2-7 の通りである。

表 2-2-3 本プロジェクトの事業コンポーネント

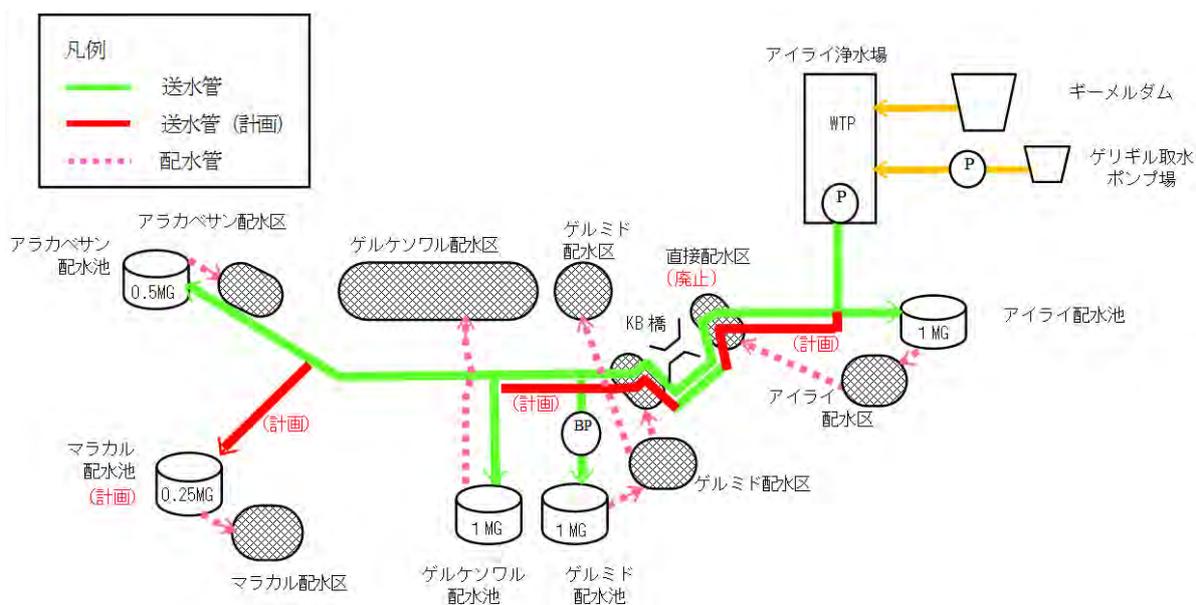
大分類	計画	内容	環境配慮事項
施設建設	1. 送水管路の増設	既存の送水管の送水容量が不足している。送水系統の事故等の場合、給水停止に至る可能性が高く、安定給水上、非常に危険な状態にある。可能な限り、早い時期に送水管を増設する。 送水管：L=3.39mi (5,416m)、DCIP DN16in (400mm)	道路での工事があるため、交通障害を起こす恐れがある。
	2. 配水区割整理及びマラカル配水池の創設と専用送水管の設置	マラカル配水池の創設は、コロール・アイライ給水システムの改善のために必要不可欠である。同配水池の創設のために、マラカル配水池の再建と専用送水管の敷設が必要である。 送水管：L=1.93mi (3,094m)、DCIP DN10in (250mm) 配水池：1箇所、容量：0.25MG (950m ³) 流量計設置：5基	道路部での作業とマラカル配水池の土地利用があるため、アクセス道路の改修や土地利用申請が必要になる。
	3. 配水区割の調整に伴う配水管の更新	配水区には50年～70年以前の古い配水管が敷設されている。配水区割の改善、調整に伴い配水管の更新をする。 対象配水管路線延長：8.08mi (12,920m)、PVC DN 8-12in (200-300mm)	AC管の更新は、AC管の切断・撤去等に伴う飛沫による作業員の健康障害防止に係る注意が必要である。
ソフトコンポーネント	1. 送配水の流量の管理	施設の建設/再配置と共に、配水量、水使用量に係るデータ管理システムを含む配水及び無収水を管理する。	特になし。
	2. 漏水削減	漏水削減のため、漏水探知機器の調達と人材開発が必要である。配水管理の改善に伴って、漏水削減に取り組む。	特になし。

出典： JICA 調査団



出典： JICA 調査団

図 2-2-6 コロール・アイライ給水システム（現況）



出典： JICA 調査団

図 2-2-7 コロール・アイライ給水システム（計画）

2-2-3-2 ベースとなる環境及び社会の状況、その他

(1) プロジェクト対象地域

プロジェクト対象地域は、アイライ州とコロール州中心部であり、人口は約 14 千人に上る。また、アイライ州とコロール州は、パラオ国の経済・観光の中心地であり、人口が密集している。

プロジェクト対象地域には、アイライ浄水場から前掲の図2-2-6に示す4箇所の配水池に管径8～16in（200mm～400mm）の送水管で送水される。各配水池より、配水区内の家庭、政府施設、学校、商業施設等に24時間給水される。

(2) 土地利用、自然環境、及び社会経済状況

図2-2-8～図2-2-10に、アイライ州の歴史的遺跡及び自然環境の保全地域を示す。アイライ州は自然に富み歴史的遺跡が点在しており、新たな開発の際に配慮が必要な遺跡や自然環境が海岸線に沿って広がっている。また、図2-2-10に、コロール州の保全地域を示す。コロール州では、海岸のマングローブが保全対象に指定されているが、保全対象の遺跡類はない。

本プロジェクトで実施予定のアイライ州の事業コンポーネントは、既存道路の下への送水管敷設、既存配水池敷地内への流量計設置である。そのため、アイライ州では、保全が必要な地域に新たに立ち入るものではない。したがって、保全が指定される遺跡や自然環境に直接的な関係がない。また、コロール州の事業コンポーネントは、既存道路の下への送配水管敷設、既存配水池敷地内への流量計設置及びマラカル配水池の築造等である。新たな用地を必要としているものは、マラカル配水池の築造のみである。

マラカル配水池予定地は、既存マラカル配水池（廃止予定）の隣接地であり、パラオ国が所有する遊休地である（管理はコロール州政府）。したがって、住民移転等の問題は生じない。しかし、近隣住民による家庭用菜園が広がっているため、施設建設に先立ち、一部の家庭菜園の撤去が必要になる。なお、本プロジェクトの測量・地盤調査の際、コロール州政府が土地利用計画を関係住民へ説明した。その際、調査のための菜園への立ち入りや調査の障害になる耕作物の撤去に対し、住民の同意が得られた。

マラカル配水池の建設予定地については、本プロジェクトの地盤調査に先立ち、遺跡を含む環境配慮事項の有無に係る環境保護委員会（Environmental Quality Protection Board：以下、EQPBという）の審査を受けた。審査の結果、土木工事に係る特段の配慮は不要と確認された。

既存のマラカル配水池は、PPUCに改組された2013年以前に建設されているため、借地権はMPIIC 地方局へ付与されている。本プロジェクトでは、マラカル配水池再建のために隣接地が必要なため、PPUCは2014年10月にコロール州政府へ土地利用申請を行った。2015年2月、PPUCは、コロール州土地利用局（Koror State Public Lands Authority：以下、KSPLAという）から土地利用許可を得た。

また、コロール州とアイライ州ともに、道路は舗装されており、道路境界も比較的明確である。なお、市街地中心部の交通量は比較的多いが、3車線道のため、工事中の片面交互通行が可能である。



出典： Bureau of Arts & Cluture

図 2-2-8 アイライ州の環境社会配慮に必要な史跡、歴史的な集落、段丘、地下水環境図



出典： Bureau of Arts & Cluture

図 2-2-9 アイライ州の環境保全地域図



出典： Bureau of Arts & Cluture

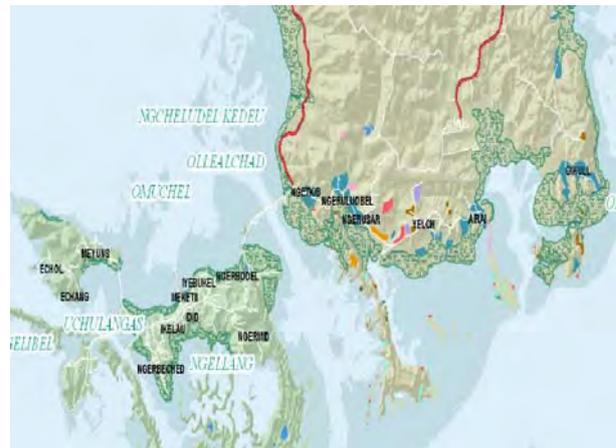


図 2-2-10 アイライ州とコロール州の環境社会配慮図

2-2-3-3 相手国の環境社会配慮制度・組織

(1) 環境社会配慮

パラオ国は 1994 年に独立した国であり、約 50 年間の米国統治を経験したため、米国の法制度の影響を強く受けている。環境社会配慮制度もその一つである。表 2-2-4 に組織、制度、環境影響評価 (EIA) 等の内容を示す。

初期環境評価 (Initial Environmental Examination : 以下、IEE という) の審査期間は、小規模プロジェクトで 2 週間、大規模プロジェクトで 4~6 週間が必要である。パラオ国の環境保護法

によると、本プロジェクトは、公共の便益に係る事業のため EIA の取得が必要でない小規模プロジェクトと判断され、初期環境評価（IEE）が必要である。

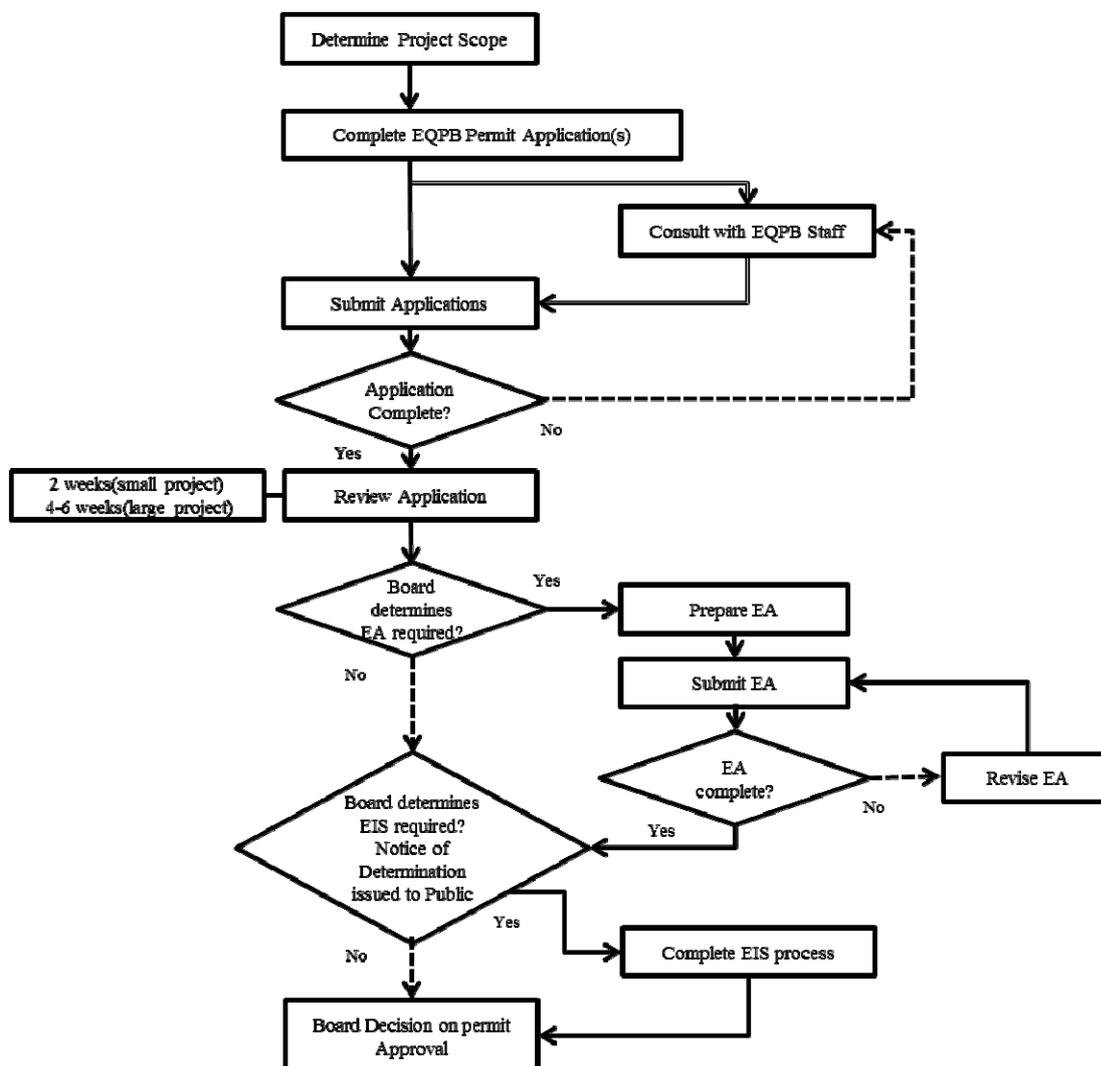
本プロジェクトでは、PPUC が IEE 報告書を作成し、2014 年 10 月に EQPB へ提出した。PPUC は、承認の内諾を受けているが、最終的な事業実施許可のために詳細設計レベルの計画の審査が必要である。このため、詳細設計結果を添付した許可申請書（Permit Application：以下、PA という）を改めて提出することが求められている。

表 2-2-4 組織、制度、環境影響評価（EIA）審査手順ほか

項目	詳細内容	現在の進捗
1. 組織	<ul style="list-style-type: none"> 1) EQPB が、パラオ国における環境保全・保護に係る政府機関である。 2) EQPB は大統領が任命する 7 人の理事で構成される。その任期は 3 年である。理事会を 3 ヶ月に 1 回召集し、協議内容を公開する。EIA 報告書の承認は、この理事会で決定される。 3) EQPB は、年に 1 回、環境報告書을大統領と議会に提出する。 	
2. 法、制度、基本法	<ul style="list-style-type: none"> 1) 環境保護と管理の基本法は、国家コード第 24 章の環境保護法（Environmental Quality Preservation Act）で、水や大気等、一般的な環境の保護規則が含まれる。 2) 規則は、陸上での活動、海水と淡水の水質への影響に適用され、資源の保護と環境に配慮した開発のためのフレームワークを提供する。上記、第 24 章の環境保護法には具体的な規制内容があり、対象事業ごとに EQPB の審査を受けて承認される必要がある。 	
3. 環境影響評価制度	<ul style="list-style-type: none"> 1) パラオ国家コード第 24 章の環境保護法に準拠して実施する。 2) 対象は以下の 6 分野に区分され、活動がそれぞれの対象に該当する場合、EQPB の審査を受け承認される必要がある。 <ul style="list-style-type: none"> a. 国有地もしくは州有地を利用する案件 b. 国もしくは州予算を使う案件 c. 国もしくは州で環境保護地域と指定されている場所を利用する案件 d. 海岸や湿地を利用する案件 e. 遺跡と指定されている場所を利用する案件 f. その他、環境委員会が著しく環境に影響を与えると判断した案件 	
4. 審査手順	<ul style="list-style-type: none"> 1) 審査手順を図 2-2-11 に示す。 2) 審査は EQPB により、2 段階で実施される。 3) 全ての計画・活動は、①初期環境アセスメント（Environmental Assesement:以下、EA という、JICA 環境ガイドラインの IEE と同等）、の審査書類を提出する。 4) EA に係る EQPB の審査の結果、環境に影響を与えることが予測されると判定された場合、次の段階の、②環境影響評価（Environmental Impact Statements:以下、EIS という、JICA 環境ガイドラインの EIA と同等）報告書を作成し、再審査を受ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 1) PPUC は、2014 年 10 月、EA と同等の初期環境評価（IEE）報告書を EQPB に提出済み。

出典： JICA 調査団

Palau EQPB Permit Application/Review Process
Based on EQPB Regulations Chapter 2401-61



出典： EQPB Regulations Chapter2401-61

図 2-2-11 パラオ国 EIA 審査までの一般的手順

(2) その他の規則・慣習

1) 排水基準

パラオ国には、海水及び淡水の水質基準（Chapter 2401-11: Marine and Fresh Water Quality Regulations）がある。これは、海水や淡水の環境基準を示すものである。その一方、住宅・事業所及び工事現場の排水に係る排水基準はない。

本プロジェクトと並行して計画されている下水道整備事業（ADB 支援、対象地域：コロール州とアイライ州）では、生物化学的酸素要求量（BOD）や総懸濁物質（TSS）等の目標値を、表 2-2-5 のように設定している。同表の数値は、既存の下水処理場建設の際に EQPB が認可

(2002年)した目標値であるため、事実上の下水処理基準になっている。なお、本プロジェクトは、下水の収集・処理をしないので、同下水処理基準は適用されない。

表 2-2-5 下水道整備計画の排水水質目標値

水質指標	単位	目標値
生物化学的酸素要求量 (BOD)	mg/L	30 未満
総懸濁物質 (TSS)	mg/L	30 未満
全窒素 (TN)	mg/L	10 未満
全リン (TP)	mg/L	10 未満
大腸菌	個/100mL	200 個未満

出典： Sanitation Master Plan Report, 2013

2) 大気

パラオ国には大気に係る環境基準 (Chapter 2401-71: Air Pollution Control Regulations) があり、ガスを排出する事業者の申請手順や手続きが主に記載されている。同法令に基づき、ガスを排出する予定の事業者は、個別の計画について EQPB の審査を受ける必要がある。なお、同法は、排出基準を明記するものではなく、明確な排出基準がない。

3) 廃棄物

パラオ国には廃棄物管理法 (Chapter 2401-31: Solid Waste Management Regulations) があるが、事業実施上の留意事項や手続きを述べたものであり、排出基準を言及するものではない。

パラオ国の廃棄物は、埋め立てで処理される。コロール州内に MPIIC が管理する処分場があり、コロール州内の廃棄物のほとんどがここに集められる。本プロジェクトの建設工事の廃棄物は、当該処分場へ搬入される。

一方、アイライ州にもアイライ州政府管理の処分場があり、ここでは、アイライ浄水場の汚泥が処分されている。

なお、アスベストについては、処分場への搬入が認められていない。そのため、廃アスベスト管に対して、EQPB 及び MPIIC は、現場から搬出せず、掘削範囲内に残置・埋め戻すように指導している。

4) 用地取得

パラオ国では、土地台帳が土地調査局 (Bureau of Land and Survey : 以下、BLS という) で管理されており、個人または公共の区分で登録されている。公共地が慣習的に不法利用されているケースもあるが、所有権は明確になっている。なお、本プロジェクトのように公共の事業実施機関が遊休の公共地を利用する場合、登録先の公共機関へ土地利用に係る許可申請を実施する必要がある。また、パラオにおける用地取得に際しては、登録先の土地利用に係る許可申請を実施するだけでなく、当該機関への事前説明等を通じ、当該地の利用について事前に合意を得る等、同国慣習に配慮した対応が必要である。

5) 道路上の工事及び道路占有許可

本プロジェクトの主要コンポーネントは、国道や州道の下に敷設する送配水管である。国道は MPIIC が、コロール州内の州道はコロール州が管理しており、PPUC は、それぞれの道路管理者から工事許可を受ける必要がある。また、管路の深さや路側からの距離等、管路位置（占有位置）も許可対象であり、工事と並行して PPUC が許可を受ける必要がある。

6) 不発弾

EQPB へ提出する水道事業の PA は、不発弾に係る事項が含まれていないため、事前の手続きが不要である。また、本準備調査におけるボーリング調査の実施において、不発弾に係るコメントを受けていない点、また、NGO の調査でも海中を対象としており、本プロジェクトにおける不発弾のリスクは低いものと考えられる。

2-2-3-4 代替案（ゼロオプションを含む）の比較検討

ゼロオプションを選択した場合、現在の上下水道システムの問題は解消されない。予測困難な断水事故やコロール州及びアイライ州の生活・経済活動へ影響を与える給水停止・低給水圧が発生することになる。プロジェクトを実施しないゼロオプションを採用する場合、経済活動の生産性低下やボトルでの水購入が増加する等の負の影響が大きくなるため、ゼロオプションは望ましいものではない。

一方、本プロジェクトは安定給水確保への貢献が期待される事業である。また、本プロジェクトは、既存の管路ルートに沿った増設管路や更新管路の敷設、新たな用地買収が不要な箇所へのマラカル配水池建設が主要コンポーネントであり、環境社会への重大な影響が予測されない。プロジェクトの実施は多大なプラスのインパクトになるため、プロジェクトの実施は妥当であると判断する。

その背景の下、ゼロオプションを想定したケースを含む代替案検討を表 2-2-6 に実施した。その結果、本プロジェクトの計画内容は妥当であると判断できる。

表 2-2-6 計画案と代替案の比較（ゼロオプション含む）

計画案と代替案		事業コンポーネントと代替案の比較	技術・費用・環境等の状況
代替案の比較検討内容			
計画案-1 に対するゼロオプション		既存の送水管容量が不足しているため、突然の送水停止事故が発生する可能性がある。事故に伴う断水により、コロール州とアイライ州の住民と官公庁業務を含む経済活動へ重大な影響を招く。長期間の復旧作業が必要なケースも想定される。	
計画案-1	送水管増設	既存の送水管容量の不足を解消するため、送水管を増設する。既存送水管と並列（2条管）で敷設する。	道路に沿った送水管増設は、既存送水管と並列（2条管）とし、環境配慮事項を最小限にとどめる。
代替案 1-1	送水管増設ルート の代替案	送水容量増強のため、新たな送水管ルートを計画する。	1) 新たな送水管敷設ルートの測量と用地借地の交渉、環境社会（史跡、保存生物、森林環境調査ほか）の調査が新たに必要である。 2) 既存道路に沿わない新ルートの場合、工事前アクセス道路の検討が必要である。
評価		技術的、施工性及び費用対効果の観点から、計画案-1 の既存管路と並設ルート（2条管）で敷設する案が、環境配慮事項を最小限にとどめられるため、妥当である。	
計画案-2 に対するゼロオプション		マラカル配水区が創設されない場合、ゲルケソワル配水区が継続してマラカル島への配水も担当する。そのため、現状の低水圧の解消が出来ず、地域内の配水量の不均衡や十分な家庭用水が得られない等の問題が継続する。	
計画案-2	マラカル配水区 の創設と送水管 の敷設	マラカル配水区を創設するために送水管の敷設と配水池の建設を行う。	1) 配水池の建設には、アクセス道路の改修が必要である。 2) マラカル配水池の建設には、土地使用許可が必要である。
		既存道路に沿った送水管ルートとする。	送水管は相対的に長くなるが、アクセス道路の建設は不要である。
		鉄筋コンクリート製の配水池を建設する。	対象の土地は、近隣住民が家庭菜園に利用している。パラオ国の所有地であるが、管理はコロール州政府のため、コロール州政府へ土地利用の許可が必要である。
代替案 2-1	送水管ルート の代替案	幹線道路から直線的に登るルートとする。	送水管は最短になるが、アクセス道路の建設が必要であり、工事費が増大する。
代替案 2-2		高揚程送水ポンプを設置する。	揚程は確保できるが、送水に係るエネルギーが増大し、維持管理費も増大する。
代替案 2-3		中継ポンプで増圧して送水する。	
評価		1) 送水管ルートは、既存道路に沿った場合、管路延長は長くなる。しかし、施工の安全性が高い上、敷設後の維持管理が容易になる。したがって、既存ルートに沿う計画案が妥当である。 2) マラカル配水池については、技術的安全性から、新設が望ましい。また、鋼構造物の維持管理能力が不十分なので、鉄筋コンクリート造が望ましい。そのため、計画案の配水池は妥当である。新設の場合、隣接した場所に用地を必要とするが、既存配水池の周辺は、パラオ国が所有し、コロール州政府が管理している遊休地のため、用地買収を必要としない。建設に係る代替案は、既存配水池を再利用する案より、新設の方が耐水性保証・施工性・経済性の面で有利である。	

計画案と代替案		事業コンポーネントと代替案の比較	技術・費用・環境等の状況
代替案の比較検討内容			
計画案-3 に対するゼロオプション		配水システムが改善されない場合、現在の低水圧の改善と無収水率約48%と推定される漏水削減が改善されない。低水圧の解消は、地域内の配水量の不均衡や十分な家庭用水が得られず、配水区の老朽アスベスト管からの漏水問題が継続し無収率の改善が図れない。	
計画案-3	配水システム改善	老朽アスベスト管を更新する。	アスベスト管の切断・撤去等に伴う飛沫による作業員の健康障害防止に係る注意が必要である。
代替案	特になし	配水区全域に係る問題である。	
評価		配水システムの改善は配水区全域に係る問題である。区域内の漏水の問題は50年～70年以上経過した老朽アスベスト管が原因で発生している。このため、老朽アスベスト管の更新によって問題が改善され無収水率も同時に減少するため、計画案-3は有効かつ妥当である。	

出典： JICA 調査団

2-2-3-5 スコーピング及び環境社会配慮の TOR

本プロジェクトに係わるスコーピング及び環境社会配慮のガイドラインに沿った検討は、下表 2-2-7 に示す通りである。

表 2-2-7 スコーピング及び環境社会配慮の TOR

環境項目	調査項目	調査手法
代替案の検討	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 管路のルート ➢ 配水池の新設/改修の検討 ➢ 工法の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 移転世帯数、用地取得の最小化及びプロジェクトの効果の最大化 ➢ 環境影響、工事中の交通渋滞等を軽減するための工法検討
大気	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 環境基準等の確認（パラオ国の環境基準、日本の環境基準、WHO基準等） ➢ 大気質現況把握 ➢ 交通需要予測に基づく供用時の交通量増加の程度の把握 ➢ 事業対象地近隣の住居、学校、病院等の確認 ➢ 工事中の影響 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 既存資料調査及び必要に応じて実測 ➢ 交通需要予測結果を踏まえた影響予測 ➢ 現地踏査及びヒアリング ➢ 工事の内容、工法、期間、位置、範囲、建設機械の種類、稼働位置、稼働期間、建設車両の走行台数、走行期間、走行経路等の確認
水質	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 河川水質 ➢ 河川水の生活利用の状況 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 既存資料調査、関連機関での情報収集 ➢ 現地踏査、事業対象地近隣でのヒアリング
廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 建設廃棄物の処理方法 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 関連機関へのヒアリング、類似事例調査
土壌汚染	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 工事中のオイル漏れ防止策 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 工事の内容、工法、期間、建設機械・機材等の種類、稼働・保管位置等の確認

環境項目	調査項目	調査手法
騒音・振動	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 環境基準等の確認（パラオ国の環境基準、日本の環境基準、WHO基準等） ➤ 発生源から居住エリアや病院、学校までの距離 ➤ 工事中の影響 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既存資料調査 ➤ 現地踏査及びヒアリング ➤ 工事の内容、工法、期間、位置、範囲、建設機械の種類、稼働位置、稼働期間、建設車両の走行台数、走行期間、走行経路等の確認
用地取得・住民移転	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 用地取得・住民移転の規模の確認 ➤ 用地取得もしくは住民移転が発生する場合、移転計画（要約版）の作成 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 関連法制度及び関連する事例等 ➤ 対象地域の衛星写真 ➤ 現地踏査による対象道路周辺の建物の有無、種類（住居、学校、医療施設等）等の確認 ➤ 土地利用図及び現地踏査時のインタビューによる対象道路周辺の土地利用状況の確認 ➤ パラオ国のLands Act及びJICA環境社会配慮ガイドライン、世銀Operational Policy 4.12等に基づく住民移転計画（要約版）の検討
既存の社会インフラや社会サービス	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 事業対象地周辺の住居、学校、医療施設等の有無 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既存資料調査、関連機関へのヒアリング、現地踏査
HIV/AIDS 等の感染症	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 事業対象地近隣のHIV/AIDS罹患率 ➤ 関連の活動を行っている機関 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既存資料調査、関連機関へのヒアリング ➤ 関連機関へのヒアリング
労働環境(労働安全を含む)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 労働安全対策 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 類似事例調査（他の類似案件における工事請負業者との契約内容等）
事故	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 供用時の交通事故増加（住居や各種施設の分布状況、人の移動と予定される交通施設との距離や位置関係） 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既存資料調査、現地踏査
ステークホルダー協議(SHM)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2段階で実施 ➤ スコーピング案段階（第1次現地調査） ➤ 第2次現地調査及びドラフト報告書段階 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 個別訪問、グループインタビュー <p>開催時期：2014年9月～10月頃 対象：コロール州政府担当職員、MPHC、近隣住民、NGO等 協議内容：調査目的、スケジュール、スコーピング案説明、スコーピング案にかかるとの協議</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 住民説明協議 <p>開催時期：2014年9月～10月頃 対象：コロール州政府担当職員、道路管理者、近隣住民、NGO 協議内容：土地利用の目的、所有権、活動経緯と利用内容、活動人員、専有面積ほか</p>

出典： JICA 調査団

2-2-3-6 スコーピング

スコーピング及び環境社会配慮の影響程度は、表 2-2-8 の通り 4 段階での評価区分した。スコーピングの結果は、表 2-2-9 及び表 2-2-10 の通りである。

表 2-2-8 評価区分

評価区分	判定内容
A+/-	重大な正/負の影響が予想される。
B+/-	一定程度の正/負の影響があると予想される。
C+/-	正/負の影響の程度は不明である。(さらなる調査が必要であり、調査により影響を明らかにする。)
D	影響は予想されない。

出典： JICA 環境社会配慮ガイドライン

本プロジェクトでは、自然及び社会環境の評価項目で、重大な影響が予測される A 判定は無い。また、B 判定及び C 判定の負の影響が予測される項目も僅少で、大部分の影響項目は D 判定（影響は予想されない）である。

表 2-2-9 環境への影響評価結果

No.	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
自然環境への影響				
1	大気汚染	B-	D	<p>工事前及び工事中： 車両や建設機械からの排出ガスが発生するが、車両や建設機材のアイドリングの中止や省エネルギーのためのモニタリングを徹底して、排気ガス低減化を図る。土木工事等の実施時、工事中に粉塵発生可能性がある。</p> <p>供用時： 送水に係るポンプの動力源は、商用電力を利用し、排気ガスは発生しない。</p>
2	水質汚濁	C-	D	<p>工事前及び工事中： 土木工事中に、降水による工事排水が発生する可能性がある。土木工事に伴う排水が、水質汚濁の原因とならないよう、掘削溝の仮カバー設置や排水路等の対策を講じ、近隣への影響のない工事管理を徹底する。</p> <p>供用時： 管路及び水栓等の給水施設の運営と家庭の水利用に伴う水質汚濁の急増はない。</p>
3	土壌汚染	C-	D	<p>工事前及び工事中： 工事に伴いアスベスト (AC) 管を廃止する。廃アスベスト管については、以下の理由で、撤去しないで残置・埋戻し処理する (EQPB からの指示事項)。1) AC 管の解体・撤去することで粉塵リスクが高くなる、2) 粉塵防止措置をしても完全にシャットアウトできる保証がない、3) 島外や廃棄物処分場への運搬時に粉塵飛散リスクがある、4) 廃棄物処分場には有害廃棄物の受入れ体制が整備されていない。</p> <p>なお、撤去しないで残置・埋め戻すことで、汚染物質の発生や飛散はない。</p> <p>供用時： 汚染源となる化学物質は排出されない。</p>

No.	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
4	廃棄物	C-	D	<p>工事中： 廃棄物は工事業者の責任にて適切に処理される。本プロジェクトの工事廃棄物は、コロール州の M ドック処分場に処分される。有害汚染物質が含まれないため、M ドック処分場への処分が認められる。</p> <p>供用時： 事業コンポーネントの送配水管や配水池からは、廃棄物はほとんど発生しない。浄水場では、汚泥が発生しているが、場内の天日乾燥施設での脱水とアイライ州の廃棄物処分場への運搬が実施されている。浄水場場の汚泥は、約 1 トン/日（脱水ケーキ状）が発生しているが、適切に処分されているため、環境への悪影響を及ぼさない。</p>
5	騒音・振動	B-	D	<p>工事中： 工事作業に伴う騒音・振動は発生するが、工事業者が、最小となるように適切な防音措置（壁の設置、低騒音型機械、工事時間の調整）及び工事中のモニタリングを実施する。</p> <p>供用時： 運転時の動力源は、商用電力なので、騒音・振動は発生しない。</p>
6	地盤沈下	D	D	本プロジェクトでは地下水開発は実施しないため、地盤沈下は発生しない。
7	悪臭	D	D	悪臭の発生源になる活動はない。
8	地形・地質	D	D	小規模構造物であるため、地形・地質の改変や景観に係る影響はない。
9	土壌侵食	D	D	森林破壊や土壌侵食を起こす大規模の工事及び活動はない。
10	底質堆積物	D	D	河川・湖沼等からの揚水において、底質堆積物に影響を与える活動ないし改修工事は行わない。
11	地下水	D	D	地下水の揚水は行わない。また排水等の自然地下浸透に係る作業はない。
12	湖沼・湿地・河川 流況	D	D	<p>工事中： 上水道水源として河川から取水されているが、湖沼・湿地・河川での工事は無い。</p> <p>供用時： 上水道水源として河川から取水されているが、現況より取水量が増えることはない。したがって、現況を改変するような影響はない。</p>
13	海岸・海域	D	D	対象地域から海岸・海域に影響を与える工事、活動そして排水はなく、マングローブへの影響もない。
14	動植物・生態系	D	D	周辺の国立公園や生態系に影響を与える活動はない。
15	気象	D	D	<p>工事中： 工事に際して気象による制約は受けるが、影響を与える活動や作業はない。</p> <p>供用時： 水源管理のため、日常の降水量の変化等の気候、気象データの取得と変化にも注意を払うことが必要である。</p>

No.	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
16	景観	D	D	<p>工事中： 給水施設（配水池）は小規模で、景観に影響を与える大規模工事や地形改変はない。</p> <p>供用時： 配水池は、ほとんど人の来ない山頂にあるため、景観に悪影響を及ぼさない。送配水管は景観に影響を及ぼさない。</p>
17	事故	C-	D	<p>工事中： 工事管理の徹底により事故防止を図る。特に、工事車両による交通事故防止のため、制限速度の遵守と定期的な安全管理会議を開催し、適切なモニタリングを行う。</p> <p>供用時： 給水事業運営管理の車両移動や場内の交通事故に注意する。場内清掃や機材配置等の安全管理を行う。</p>
18	地球温暖化	D	D	<p>工事中： 工事車両による CO₂ の排出は軽微であり、地球温暖化への影響を及ぼす活動はない。</p> <p>供用時： 動力源は商用電力であるため、本プロジェクトに伴う多量の CO₂ の発生、温暖化への影響はない。</p>

A+/-：重大な正/負の影響が予想される。

B+/-：一定程度の正/負の影響が予想される。

C+/-：正/負の影響の程度は不明である。（さらなる調査が必要であり、調査により影響を明らかにする。）

D：影響は予想されない。

出典： JICA 調査団

表 2-2-10 社会への影響評価結果

No.	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
社会環境				
1	非自発的住民移転	C-	D	<p>工事前及び工事中： 住民移転が必要となる施設建設と改修工事はないが、一部の家庭菜園がマラカル配水池予定地にかかる。本プロジェクトの調査時、コロール州政府が関係者へ土地利用目的を説明し、調査に支障ない程度で自発的な立ち退きが行われた。</p> <p>供用時： PPUC はコロール州政府との間でマラカル配水池に係る借地契約を結ぶ。これにより、PPUC の借地権が設定される。</p>
2	雇用や生計手段等の地域経済	D	C+	<p>工事前及び工事中： 給水率は 100% であるため、住民の生活に直接関与する水売りはいない。水売り業者は、水道水に膜方式等の高度処理を施し、良質の飲料水として販売する業者である。工事の送配水管路切り替えはあるが、長期間の断水はないので経済活動への影響はほとんどない。</p> <p>供用時： 給水量の安定で、住民の生活及び外国人訪問者の経済活動の強化への貢献が期待できる。水売り業者には、販売量が減る可能性もあるが、飲料水製造の安定化が図れる。</p>
3	土地利用や地域資源利用	D	D	土地利用については、州政府の公共用地の利用が見込まれる。

No.	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
4	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	D	<p>工事前及び工事中： 既存の給水施設及び浄水場用地は州政府からの借地契約である。改修に伴う多少の用地拡張が見込まれるが、土地所有に係り個人及び地域の意思決定、習慣を損ねるような問題は発生しない。</p> <p>供用時： PPUC は独立採算で水道経営を行っているため、経営効率が向上する。本プロジェクトの送配水管や配水池運営は、社会関係資本や地域の意思決定機関に影響を及ぼさない。</p>
5	既存の社会インフラや社会サービス	C-	C+	<p>工事中： 既存配水管路移設工事に係り、短期的ではあるが、道路・交通等、社会インフラや社会サービスに影響を与える活動が含まれる。</p> <p>供用時： 住民のための社会インフラ整備、改善に係るもので、完成後の社会インフラと社会サービスが向上する。</p>
6	地域分断	D	D	送配水管の埋設等の工事が発生するが、地域を分断する等の負のインパクトの可能性はない。
7	貧困層・先住民民族・少数民族	D	C+	<p>工事中： 地域内に特定される貧困層・先住民民族・少数民族はいない。</p> <p>供用時： 地域全体への生活環境改善と貧困層への給水改善による健康、保健衛生の向上につながる。</p>
8	被害と便益の偏在	C-	C+	<p>工事前及び工事中： 給水区域内の低水圧地域住民へは、安定した給水が行われていないことがある。</p> <p>供用時： 施設改善で安定した給水が確保され、低水圧による給水便益の偏在が改善される。安定した給水と水道メーターの設置により、公平な給水と料金徴収が明瞭となり、PPUC の財政改善にも効果が期待できる。</p>
9	地域内の利害対立	D	D	<p>工事前及び工事中： 全住民に係る公共性の高い給水施設であることと、ほぼ 100%の普及率であるため、地域内の利害対立はない。</p> <p>供用時： より安定した給水サービスが確保される。</p>
10	水利用・水利権	D	D	河川からの取水に係る水利権の問題はない。新たに取水量が増えることはない。
11	ジェンダー	D	D	既に各戸給水であるため、婦女子の水汲み、時間の軽減効果への期待度は少ない。ジェンダーの視点での悪影響はない。
12	子どもの権利	D	D	<p>工事前及び工事中： 既に各戸給水による施設であるため、子供の水汲みや就学機会に関する水関連事象はない。</p> <p>供用時： 子どもの権利に係る直接的な影響はないが、健康や生活環境への正の影響がある。</p>
13	文化遺産	D	D	給水施設改善や建設の影響を受ける遺跡・文化遺産はない。

No.	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
14	保健・衛生 HIV/AIDS 等の感 染症	D	C+	工事前及び工事中： 各戸給水が行われており、保健・衛生、感染症の問題はない。 供用時： 給水改善に伴い、水質や給水の安定性が向上するため、健康や生活環境への正の影響が期待できる。

A+/-：重大な正/負の影響が予想される。

B+/-：一定程度の正/負の影響が予想される。

C+/-：正/負の影響の程度は不明である。（さらなる調査が必要であり、調査により影響を明らかにする。）

D：影響は予想されない。

出典： JICA 調査団

2-2-3-7 環境社会配慮調査結果（予測結果を含む）

(1) パラオ国の土地取得について

1) マラカル配水池の再建に伴う土地所有の現状

既存のマラカル配水池周辺の土地区画は公共用地（Public Land）であり、パラオ国政府が所有し、コロール州政府によって管理されている。土地調査局（BLS）のマラカル配水池周辺の土地所有区画図を図 2-2-12 に示す。土地調査局の土地台帳との照合の結果、既存のマラカル配水池の区画は、Lot 40884 と示されており、コロール州政府から承認された借地であることが明確である。なお、借地先は MPIIC 地方局である。また、同配水池へのアクセス道路も、パラオ国政府の土地である。

なお、この既存配水池周辺には、自然や遺跡等の保護指定はない。

本プロジェクトでは、既存配水池の隣接地へ新たな配水池建設を計画している。その場合、コロール州から新たな土地使用許可を受ける必要がある。PPUC は、2014 年 10 月に許可申請し、2015 年 2 月に配水池としての利用が承認された。



出典： 政府土地調査局（Bureau of Land and Survey）の資料を基に JICA 調査団編集

図 2-2-12 マラカル配水池を中心とする土地区画

2) 送配水管部分の土地所有の現状

送配水管路は、既存送配水管路に、併設される計画である。このため、公共道路に沿った用地もしくは道路への地下埋設になる。これらの用地は MPIIC 及び州政府の管理下にある。このため、送配水管路の敷設に当たって、MPIIC 及び州政府に道路占用許可と工事申請を行う。なお、管路敷設のために舗装部分を掘削するため、管工事後に舗装復旧が必要になる。PPUC は、2014 年 10 月に関係機関と敷設と舗装復旧について協議し、敷設及び復旧方法に係る基本合意が終わっている。

2014 年 10 月、計画路線の試掘調査を EQPB と州政府の承認を得て実施した。また、調査作業中、公共の電波を通じて、調査期間、調査場所及び調査目的に係る放送を実施し、住民の協力意識を高めた。

(2) その他の候補コンポーネントに係る留意事項

第 1 次調査の簡易マスタープランの中で、代替水源確保のための地下水開発について検討した。調査の結果、緊急性の点からプロジェクトの候補コンポーネントから除外した。表 2-2-11 に水資源に関連する環境の検討結果を示す。

表 2-2-11 地球温暖化、気象、水質に係わる調査結果

環境項目	環境社会配慮調査結果
地球温暖化	パラオ国は海洋性熱帯気候に属し、年平均気温は 82.0°F (28.0°C) である。1964 年以降、年平均気温は上昇傾向にあり、地球温暖化の影響が見える。気温の上昇傾向は、約 48 年間 (1964 - 2012) において、1.1°F (0.7°C) である。一方、年間の平均季節変動差は 1.2°F (0.7°C) である。
気象・降水量	<p>a. 年間平均降水量 (1964 - 2012) は、147in/年 (3,675mm/年) または平均 12.25in/月 (306.3mm/月) で大きな変動傾向はみられない。一方、1998年：1.69in/月 (42.3mm/月)、1983年：1.82in/月 (46mm/月)、1992年：3.36in/月 (84mm/月) の少雨が2月～4月の3ヶ月降雨として観測された。これは、エルニーニョの影響と考えられており、50年平均の40%程度以下で、渇水であった。</p> <p>b. 計画目標年である2020年の一日最大給水量を3.3MG/日 (12,491m³/日) とすると、2.96in/月 (74mm/月) の月間降水量が必要である。そこで、少雨期である2月～4月の3ヶ月平均がこの数値を下回った年を渇水発生年とすると、1983年と1998年の2年が該当する。確率的には30年で2回の頻度である。</p> <p>c. 我が国の水道施設設計指針では、10年に1回の渇水対応を必要としているが、上記分析では30年に2回の頻度となった。このため渇水対策の緊急性が低い。</p>
水源、水質	<p>a. アイライ浄水場の水源は河川水とダムの水であり、地下水は利用されていない。</p> <p>b. 表流水が主要な上水道水源である。年間を通じて降水量が多いため、渇水時 (30年に2回) を除き、水源は安定している。また、水質の問題も少ないが、水質管理体制の改善が望ましい。</p> <p>c. EQPBは、PPUCの水質分析とは別に、安全な飲料水を国家として保証する目的で、定期的に上水道の水質チェックをしている。なお、濁度、一般細菌、大腸菌群、残留塩素を重要な指標としている。</p> <p>d. 社会調査結果によると、上水道の水質が悪いため、多くの住民は、飲料用に膜処理された飲料水を20Lボトル (USD5.00/20Lボトル) で購入している。住民が多いコロール州とアイライ州にある4社の飲料水会社が、PPUCの上水道水を膜処理し、各家庭、事務所、ホテルへ配達、販売している。</p> <p>e. 非常用として、雨水をためる自家用の貯水タンクを持っている住宅がある。飲料用や生活用ではなく雑用水であるが、PPUCの水が安定して供給されるので、最近はあまり利用されていない。</p>

出典： JICA 調査団

(3) 大気汚染

車両や建設機械の稼働で排ガスが発生する。排ガスの影響は、アイドリングストップや工事工程の平準化で軽減できる。また、低排出ガス型建設機械の活用を奨励し、影響の更なる低減を図る。粉塵が発生しやすい工事の際は、適宜散水を実施し、湿潤状態での実施に努める必要がある。特に、アスベスト管に触れる場合は、湿潤状態で実施することを徹底する。なお、必要に応じて、防塵シート等の活用を建設業者へ義務づける。

これらの措置をするため、大気汚染への影響は小さいと考えられる。

(4) 水質汚濁

雨天時、土木工事の現場から濁水が発生する可能性がある。そのため、掘削溝内に雨水が浸入しないように雨天時にカバーをかけることや仮排水路を設置する。配水池における広範囲の掘削の場合、排水ピットや沈砂池を設置し、土砂を沈殿させた水の排水を心掛ける。なお、パ

ラオ国には、雨水時の濁水に係る排水基準がないため、我が国の水質汚濁防止法を参照する。参照する目標値は、懸濁物質（SS）について、平均で 150mg/L、最大で 200mg/L とする。

これらの措置をするため、水質汚濁への影響は小さいと考えられる。

(5) 土壌汚染

土壌汚染の原因になる化学物質の排出がない。廃アスベスト管を現場の道路の下に残置・埋め戻すが、アスベストは安定した物質のため、土壌汚染は発生しない。廃アスベスト管の残置・埋め戻しは、EQPB の指示であり、その理由は以下の通りである。

- アスベスト管の解体・撤去することで粉塵リスクが高くなる。
- 粉塵防止措置をしても完全にシャットアウトできる保証がない。
- 島外や廃棄物処分場への運搬時に粉塵飛散リスクがある。
- 廃棄物処分場に、有害廃棄物の受入れ体制が整備されていない。

(6) 廃棄物

工事で発生する廃棄物は、コロール州内にある MPIIC の廃棄物処分場（M ドック処分場）で埋め立て処理される。建設会社は、必要の都度、廃棄物を同処分場へ運搬する必要がある。廃棄物を適切に処分するため、廃棄物の影響はほとんどないと考えられる。

本プロジェクトのコンポーネントである送配水管や配水池からは、供用段階での廃棄物は発生しない。しかし、上水道事業全体では、浄水場で汚泥を発生させている。当該汚泥は、浄水場内で天日乾燥され、アイライ州の廃棄物処分場へ運搬されている、したがって、環境への影響はほとんどない。

(7) 騒音・振動

工事中は、建設機械が稼働するため、騒音・振動が発生する。パラオ国には騒音・振動に係る基準がないが、以下の対策で影響の最小化を図る。なお、騒音・振動の目標については、我が国の騒音規制法・振動規制法を参照し、騒音を 85dB に、振動を 75dB に設定する。

- 工事区域の外周に仮囲い（防音壁）を講じる。
- 低騒音・低振動型の建設機械を活用する。
- 騒音・振動が集中しない工事工程を策定する。
- 工事期間や工事内容を現場近隣の家庭・事業所に周知する。

(8) 道路交通

送水管ルートは、コロール州とアイライ州を結ぶ国道沿いになる。同国道は、パラオ国の幹線にあたり、コロール州から空港へのアクセス道路でもある。同道路は、夜間は比較的交通量が減るものの、日中の交通量は比較的多い。しかし、道路幅員は片側交互通行に十分なものであるため、交通誘導員を配置することで、交通整理が可能である。

配水管ルートは、上述の国道と脇道に当たる州道になる。国道・州道とも、片側交互通行に十分な幅員があるため、交通誘導員を配置することで交通の確保が可能である。

(9) 断水工事

配水管の接続切り替えの際、断水工事が必要である。しかし、前後の配管工事をあらかじめ実施しておくことで断水時間を短くできる。また、断水工事の時期や期間を近隣の家庭・事業所に通知することで、トラブルを減らすことができる。そのため、断水工事の影響は重大ではない。

(10) 上水道便益の偏在

コロール州の高台（ゲルベエッド）地域で給水圧が低いことが明らかになっている。同地域では、家庭用ブースターポンプを設置して給水を受けている。この状態は、本プロジェクトの施設で解消されると期待される。

(11) 事故

工事中の労働災害や第三者の災害及び交通事故が発生する可能性がある。余裕がある工程や安全管理計画の策定を通じ、ゼロ災害を目標にした作業をする。工事中、交通誘導員や作業監視員を配置し、建設機械・作業員・第三者の行動を常に監視し、災害を防ぐ。

第三者に対しては、工事看板や交通案内板を設置し、注意を促す措置をとる。また、工事現場には、常にフェンスを設置し、第三者の立ち入りを防ぐことで、第三者への災害を防止する。

2-2-3-8 影響評価

環境社会配慮の調査結果を表 2-2-12 に示す。プロジェクトでは、初期環境評価（IEE）報告書の提出が完了している。現在、PPUC は、上水道計画と共に下水道整備計画を進めており、その環境評価報告書の情報も参考に調査を実施した。

表 2-2-12 スコーピング及び調査結果

分類	No.	影響項目	スコーピング時の影響評価		調査に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1	大気汚染	B-	D	B-	D	<p>工事前及び工事中： 車両や建設機械の稼働と工事に伴い粉塵や排出ガスが発生する。しかし、湿潤状態での工事や小規模建設機械の稼働で最小限にとどめられる。また、車両や建設機材のアイドリングの中止、省エネルギーのための管理対策を行うことで、排気ガス量の低減化をする。</p> <p>供用時： 送水に係るポンプの動力源は、商用電力のため、排気ガスは発生しない。</p>
	2	水質汚濁	C-	D	D	D	<p>工事前及び工事中： 土木工事に自然降水に起因する工事排水が発生する。その際、濁水になる。掘削溝の仮カバー設置や排水路等の対策を講じることで、影響の最小化ができる。</p> <p>供用時： 家庭の水利用に伴う排水は、急激な増加にならない。また、適切に下水処理されるため、水質汚濁への影響はない。</p>
	3	廃棄物	C-	D	D	D	<p>工事中： 工事の残土、廃棄物は工事業者の責任にて適切な処分場で埋め立て処理される。</p> <p>供用時： 浄水場で発生する汚泥は、場内の天日乾燥施設で脱水し、埋め立て処分されている。量的には、約1トン/日の脱水ケーキが発生する。脱水ケーキや各種廃棄物については、所定の廃棄物処分場がアイライ・コロール両州に確保されているため、悪影響を及ぼさない。</p>
	4	土壌汚染	C-	D	D	D	<p>工事前及び工事中： 廃アスベストが発生するが、現場に残置・埋め戻しをするので、汚染物質の飛散はない。また、作業員の健康被害の生じない工法を採用する。アスベストは安定した物質なので、土壌中で溶出しない。</p> <p>供用時： 給水施設からは、汚染源となる化学物質は排出されない。</p>
	5	騒音・振動	B-	D	B-	D	<p>工事中： 工事作業に伴う騒音・振動が発生する。工事業者は、影響が最小限となるように適切な措置（壁の設置、低騒音型機械、工事時間の調整）を実施する。また、工事中のモニタリングを実施して、地域住民への環境に配慮する。</p> <p>供用時： 運転時の動力源は、商用電力なので、騒音・振動は発生しない。</p>
	6	地盤沈下	D	D	D	D	地盤沈下に関連する地下水利用は無い。
	7	悪臭	D	D	D	D	悪臭が発生する作業はない。

分類	No.	影響項目	スコーピング時の影響評価		調査に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
自然環境	8	底質	D	D	D	D	取水施設での底質の攪乱等はない。
	9	保護区	D	D	D	D	工事対象と近接する保護区はない。
	10	生態系	D	D	D	D	生態系に影響する工事はない。
	11	気象	D	D	D	D	気象に影響を与える作業はない。
	12	地形、地質	D	D	D	D	地形地質に影響を与える掘削、地形改変はない。
社会環境	13	住民移転	C-	D	D	D	不法な家庭菜園者がいるが、工事に伴う住民移転はない。
	14	貧困層	D	C+	D	D	給水区の改善で貧困層の水利用や衛生改善効果が期待される。
	15	少数民族・先住民族	D	C+	D	D	特定される民族問題はない。
	16	雇用や生計手段等の地域経済	D	C+	D	D	ホテルや観光客への安定した水供給の地域経済への正の影響が期待できる。
	17	土地利用や地域資源利用	D	D	D	D	州政府と一緒にマラカル配水池の土地を決める。
	18	水利用	D	D	D	D	施設の改善に伴い水利用が安定する。
	19	既存の社会インフラや社会サービス	C-	C+	C-	C+	工事中： 短期的ではあるが、給水・道路交通等、社会インフラや社会サービスに影響を与える活動になる。 供用時： 安定した給水の確保により、社会インフラと社会サービスが向上する。
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	D	D	D	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に影響を及ぼさない。
	21	被害と便益の偏在	C-	C+	D	D	工事前及び工事中： 現在、低水圧地域住民は、安定した給水を受けていない。 供用時： 給水施設改善により安定した給水が確保され、低水圧が原因の便益偏在が改善される。また、水道メーターの設置により、公平な給水と料金徴収が明瞭となり、PPUC の財政改善にも効果が期待できる。
	22	地域内の利害対立	D	D	D	D	地域内の利害対立はない。
23	文化遺産	D	D	D	D	文化遺産に係る活動はない。	

分類	No.	影響項目	スコーピング時の影響評価		調査に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
社会環境	24	景観	D	D	D	D	景観の改変はない。
	25	ジェンダー	D	D	D	D	既に各戸給水なので、婦女子の水汲み削減等のジェンダーの視点の変化は少ない。
	26	子どもの権利	D	D	D	D	既に各戸給水なので、婦女子の水汲み削減等の改善は期待されない。しかし、安全な飲料水による子供の健康は増進される。
	27	HIV/AIDS 等の感染症	D	C+	D	D	安全な水に伴う保健衛生の向上が期待できる。
	28	労働環境（労働安全を含む）	D	D	D	D	アスベスト管の廃止作業があるが健康被害が発生しない工法が取られる。
その他	29	事故	C-	D	B-	D	工事中： 工事車両による交通事故や作業中の事故が想定される。事故防止のため、制限速度の遵守と定期的な安全管理会議を開催し、余裕を持った工程や適切な施工計画を徹底する。 供用時： 給水事業運営管理の車両移動や場内の交通事故に注意する。場内清掃や機材配置等の日常での安全管理が必要である。
	30	越境の影響、及び気候変動	D	D	D	D	越境及び気候変動に影響する活動はない。

A+/-：重大な正/負の影響が予想される。

B+/-：一定程度の正/負の影響が予想される。

C+/-：正/負の影響の程度は不明である。（さらなる調査が必要であり、調査により影響を明らかにする。）

D：影響は予想されない。

出典： JICA 調査団

2-2-3-9 緩和策及び緩和策実施のための費用

本プロジェクトは、給水安定化を目的とし、既存施設の改修や現状の維持管理の延長上で実施される。そのため、特別な緩和策及び緩和策実施に必要な特別な費用は想定されない。

工事の際の緩和策としては、具体的な工法の導入ではなく、定期的な安全管理会議、トレーニング及び迅速な作業を通じた各種配慮活動が中心になる。特に不注意に起因する事故や環境悪影響の防止のため、交通ルールやスピード規則の順守、車両のアイドリング禁止等、環境社会配慮に係る事項を定期的に周知する。

表 2-2-13 緩和策及び緩和策実施のための費用

環境項目	緩和策	実施対象	費用 (US\$)
1. 大気汚染	<ol style="list-style-type: none"> 1) 作業管理計画に沿った効率的な作業を実施し、不必要な車両や建設機械の移動をしない。 2) 資材の運搬に係り、工事車両経路等を効率的に設定する。 3) 車両や建設機材の維持管理を適切に行い、エンジンの良好な状態で作業をする。 4) 作業前や作業中の不要なアイドリングは行わない。 	建設業者	<p>施工計画及び環境管理会議、作業員のトレーニング等を通じて、効率的な業務を義務付け、全員へ管理方法を周知する。 (特別な費用はかからない)</p>
2. 騒音・振動	<ol style="list-style-type: none"> 1) 夜間の作業を極力避ける施工計画を策定する。 2) 昼間でも、民家や事務所近くの作業については、防音壁や防音カバー等を考慮して、直接騒音・振動が第三者に伝わらないように配慮する。 3) 作業前に、近隣の住民や事務所に作業日程や騒音・振動のあることを事前説明し、協力を得る。 4) 第三者の苦情があった場合、工事を中断し、施工監督者及び作業関係者で迅速に対応策を講じる。 5) 騒音・振動に係る環境基準等の確認を事前に行い、適切なモニタリングを実施する。 	建設業者	同上
3. 既存の社会インフラや社会サービス	<ol style="list-style-type: none"> 1) 短期間ではあるが、交通規制や断水等で経済活動や社会インフラ・社会サービスに影響を与える。このため、工事期間・日時や時間帯等を事前公表し、関係者が対応策を実施できるようにする。 2) 交通規制等が必要な場合、適切な誘導員を配置し、交通渋滞の緩和や事故減少に努める。 	建設業者	同上
4. 事故	<ol style="list-style-type: none"> 1) 工事車両による交通事故や作業中の事故防止するため、制限速度の遵守徹底と定期的な安全管理会議を開催する。余裕を持った工程や適切な施工計画を徹底する。 2) 工事現場の清掃や整理整頓、時間管理等、日常の安全管理を心掛け、事故の防止を図る。安全管理マニュアルの作成や勉強会により、事故を未然に防ぐ。 	建設業者	同上

出典： JICA 調査団

2-2-3-10 潜在的な影響と緩和策のスクリーニング

IEE 報告書と並行して作成されたチェックリストを、別添-15 に示す。これは、給水に係る JICA 環境ガイドライン (2010 年 4 月) に沿ったものである。

2-2-3-11 モニタリング計画

(1) モニタリング計画

PPUC は、表 2-2-14 に示す計画でプロジェクト工事中／供用時の環境モニタリングを実施する。

表 2-2-14 モニタリング計画案

時期	環境項目	項目	地点	頻度	方法	責任機関	費用
工事中	1. 大気質	粉塵 住民の苦情	工事現場及びその近傍	工事作業中 週1回、苦情ごと	目視で確認、住民ヒアリング	建設業者 PPUC	建設費に含む
	2. 騒音・振動	住民の苦情 参照値：我が国の騒音規制法・振動規制法 騒音：85dB 振動：75dB	工事現場及びその近傍	工事作業中 週1回、苦情ごと	計測で確認、住民ヒアリング	建設業者 PPUC	建設費に含む
	3. 水質	濁水発生状況 参照値：我が国の水質汚濁防止法 SS:平均 150mg/L (最大 200mg/L)	掘削現場近傍の排水路	工事作業中 週1回、雨天時	計測で確認 写真記録の管理	建設業者 PPUC	建設費に含む
	4. 既存の社会インフラや社会サービス	交通整理、断水通報	工事現場周辺 工事事務所	工事作業中の適時	巡回目視で確認 写真記録の管理 作業月報の管理	建設業者 PPUC	建設費に含む
	5. 事故	作業安全対策、安全教育	工事現場 工事事務所	工事作業中の適時	巡回目視で確認 写真記録の管理 作業月報の管理	建設業者 PPUC	建設費に含む
供用時	1. 既存の社会インフラや社会サービス	十分な給水量・給水圧の確保 給水圧： PPUCの管理値 20psi (0.14MPa)	裨益地のサンプル家庭	1回/月	巡回計測で確認 計測記録の管理	PPUC	PPUC の運営管理費

出典： JICA 調査団

(2) モニタリングフォーム

PPUC が記録し管理するモニタリングフォーム案を、別添-16 に示す。

2-2-3-12 ステークホルダー協議

- 2014年7月18日、調査団とPPUCが土地利用に係る調査を実施し、コロール州土地局から、「水道事業の公共土地利用に関しては、申請書の提出と審査により、土地利用は可能。」との内諾を得た。
- マラカル配水池の測量・地盤調査に先立ち、コロール州政府（2014年9月～12月）は不法家庭菜園耕作者に対し、上水道施設に係る土地利用計画があることと調査開始することを

説明した。耕作者は、耕作地への調査団立ち入りや耕作物の一部撤去に合意した。耕作地の一部は、自発的に調査対象として提供され、それに対する補償の要求はなかった。

- PPUC はコロール州政府に対し、マラカル配水池予定地の土地使用を 2014 年 10 月に申請した。2015 年 2 月、コロール州政府は、マラカル配水池予定地の土地利用を承認した。
- 送水管路新設ルートは国道に沿ったもので、既存の舗装道路の掘削が含まれる。そのため、2014 年 9 月～11 月、舗装道路の掘削と再舗装の協議を公共事業局（BPW）と実施した。
- 2014 年 9 月～10 月、EQPB 及び MPIIC と廃アスベスト管の処分に係る協議を実施した。既存配水管の敷設替えの際、廃アスベスト管を撤去・搬出せず、現位置に残置・埋め戻すことで合意された。

2-2-4 用地取得及び住民移転

本プロジェクトにおいて、用地取得のための住民移転はない。

マラカル配水池周辺に係る近郊住民による家庭菜園の関係者への説明は、2014 年 9 月～10 月に、コロール州政府により実施された。また、同用地の配水池への利用については、コロール州政府が承認済みである。

第3章

プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 協力対象事業の概略設計

3-1-1 設計方針

3-1-1-1 基本方針

本プロジェクトは、①コロール州及びアイライ州への安定給水、②低給水圧地域の解消をするために送配水施設を改善するものである。

第一に、不足している送水能力を改善するために、送水管を増設して2条管にする。コロール・アイライ給水システムの現在の水需要（一日最大給水量）は、約4.0MG/日（15,140m³/日）であり、1990～1992年度に実施された前回無償（目標年次2000年）で計画された2.1MG/日（7,950m³/日）を大きく超過している。PPUCは、不足送水能力を補うためにKB橋周辺の地域を直接配水区にしているが、配水池を介さず、浄水場と配水区を直結するシステムは、送配水量の安定保証が出来ない。また、2013年11月及び2014年10月に発生した直接配水区での海底管破断事故（KB橋付近）で、コロール・アイライ給水システムは十分に送配水できない状況に陥った。したがって、送水の安定化を目指した送水能力改善の緊急性は高い。

第二に、マラカル配水池を再建するとともにマラカル配水池への送水管を整備し、マラカル配水区を創設する。現在の5つの配水区のうち、ゲルケソワル配水区は、広範囲の面積を担当しており、配水量は全体の約65%を占めている。配水管網に対する配水量が多いため、パラオ国の給水圧基準の20psi（0.14MPa）を下回る低給水圧地域が発生している。この対策として、マラカル配水区の創設を含む配水区割の再整理が必要である。

第三に、送配水に投入されている水や送水ポンプ電力量の効率化のために、老朽化した主要配水管を更新する。現在のコロール・アイライ給水システムの無収水率は48%に上り、その多くは漏水と推定される。そのため、浄水・送水に使用されているエネルギー（電力）が浪費されており、非効率であると言える。効率改善（NRW削減）や漏水事故防止を目的に、老朽化した全長約20.3mi（32.5km）の主要配水管（管径6in：150mm以上）の更新が必要と考えられる。しかし、すべてを一度に更新することは工事管理上困難なので、第1段階として、優先度の高い約8.08mi（12,920m）を更新する（給水管分岐を含む）。

当初の無償資金協力要請には、渇水に備えた代替水源整備が含まれていた。しかし、給水を脅かす渇水頻度が30年間に2回程度と確認され、我が国の施設整備基準（10年に1回の渇水への対応）の範囲内のため、緊急性が低いと判断される。したがって、代替水源・予備水源については、本プロジェクトの対象コンポーネントに含めない。

3-1-1-2 自然環境条件に対する方針

パラオ国は海洋熱帯性気候であり、一年を通じて気温は摂氏28度程度で年間を通してほぼ一定である。平均湿度も80%と高いが、貿易風とスコールにより、気温と湿度は若干緩和され

ている。雨量は極めて多く、年間降水量は約 3,800mm (約 152in) である。なお、1 年のうち、概ね 5 月から 9 月頃を多雨期、それ以外を小雨期とみなすことができるが、明確な区分はない。また、短時間で強い雨が降ることが多い。台風は一年中発生するが、発生源に近い大型台風の接近はごく稀である。

地質は概ね玄武岩の風化土であるラテライト（粘性土）から成り、水を含むと流動化し、排水が困難、乾燥しにくいという特性を有する。そのため、掘削断面に雨水が流入しないように十分留意する。また、KB 橋からゲルミド配水池に至る一部区間は、サンゴ礁の隆起に起因する石灰岩の土質である。このため、工地上特別な対策（岩盤破碎等）を講じる。

3-1-1-3 社会経済条件に対する方針

本プロジェクトの施設は、ほとんどが既存道路下に敷設する管路であるため、新たな用地確保の必要はない。しかし、マラカル配水池の建設に際し、PPUC は新たに用地を確保する必要がある。

パラオ国の市民は、一般的に土地所有に係る意識が高く、民間の土地を利用する場合、用地問題が発生するケースがある。しかし、マラカル配水池の建設用地は、管理者がコロール州であり、コロール州公有地管理局（KSPLA）から計画用地の利用が承認されている。

マラカル配水池建設予定地周辺は、政府所有の遊休地であるが、近隣住民が家庭菜園として利用している。これに対しては、コロール州が菜園撤去手続きを実施することになっている。測量や地盤調査時に実施されたコロール州と農民の協議経緯から、撤去手続きは、円滑に実施されると考えられる。

3-1-1-4 建設事情／調達事情もしくは業界の特殊事情／商慣習に対する方針

パラオ国では、骨材、セメント、型枠材、レディミクストコンクリートを除いて、ほとんどの建設資機材がフィリピン、日本、台湾、米国等から輸入されている。したがって、資機材調達先については、パラオ国、日本に加え、台湾、米国等の周辺国を含めた第三国も考慮することとする。なお、第三国からの機材の調達にあたっては、その価格、品質、納期、供用開始後の予備品・交換部品等の調達の容易性、既存設備との整合性などを十分検討することとする。

建設機械及び運搬車輛については、現地業者が保有しており、主なものは現地調達が可能である。ただし、特殊機械の必要性が生じた場合、日本または第三国の調達を検討する。

技術者・労務者の調達事情に関しては、パラオ国は人口が少ないため、隣国フィリピンを中心とした外国人労働者への依存度が高い。ただし、その外国人労働者は国内の様々な分野で活動しており、現地施工業者を通じた確保が可能である。なお、技術水準の高い専門技術者や管理業務の技術者確保が難しいため、それらの技術者に対しては、別途、日本または海外から派遣し、品質管理、技術指導及び工事監理を行う。

3-1-1-5 現地業者（建設会社、コンサルタント）の活用に係る方針

パラオ国には、地元の大手建設業者が数社存在するため、パラオ国内での単純労働者、運搬用車両、建設工事機材等の現地調達は比較的容易である。本プロジェクトでも、現地の一般労働者や一般資機材の確保は比較的容易である。2012年に我が国の無償資金協力によって建設された発電所施設建設工事においても、地元の建設業者が協力業者として活用された。

したがって、本協力対象事業の施設建設工事においても、建設工事用機材及び労務提供を中心に現地工事会社を活用する。なお、品質管理、工程管理、安全管理、試験調整などのために、日本から技術者を派遣する必要がある。

パラオ国には、コンクリートを安定して供給できるレディミクストコンクリート会社が3社あり、コンクリートミキサー車により現場への搬入が可能である。

パラオ国の官公庁等の一般的な労働時間は以下の通りであり、本プロジェクトの日程計画策定の際に考慮する。

- 基準労働時間 : 8時間/日 (7:30~16:30、昼食休憩1時間)、40時間/週
- 休日 : 土・日曜日
- 祭日/祝日 : 年間8日間

ただし、建設現場の実態は1週・1休で、48時間/週の稼働である。

3-1-1-6 運営・維持管理に対する方針

PPUCは、電力部門と上下水道部門(WWO)に分かれている。事務管理部門は両者に共通しているが、施設運転や維持管理サービスは、それぞれ別々に実施される。現在、電力部は徴収料金で事業運営を展開しているが、上下水道部は徴収料金で事業運営できず、原価回収率が38% (支出額に対する収入額の割合)の赤字状態である。なお、制度上、両サービス間に資金移動はなく、電力部が得た利益を上下水道部の運営・維持管理費に充当することはできない。したがって、上下水道部には、効率化と料金改定が必要とされる。

料金については、ADBの提案を受けながら、PPUC内で段階的に改定する計画である。しかし、地方州での水質やサービスに係る受益者(住民)の苦情が多いため、PPUCで料金体系を制定できる制度にあるものの、政治的配慮から理事会が料金改定を承認せず、予定通りに改定できない。

効率化が必要な大きなものは、無収水の削減と人員の効率的な配置であると言える。無収水の削減については、本件の無償資金協力と密接な関係に位置付けられる。ソフトコンポーネント等を通じ、コロール・アイライ給水システムのO&M要員が、より効果的な配水量・無収水管理を実施する計画である。新規の部署や追加要員は不要であるが、この活動が原因で既存業務に影響が出る場合、3名程度をバベルダオブ島の隣接州の職員の合理化により配置転換する。

漏水探知・水質管理・配水量管理等、本件の協力に関係する部署の要員やスキルは、十分と言える状況にない。施設整備と平行し、機材整備やスキルトレーニングを展開するとともに体制再構築が要求される。したがって、本件で施設建設を実施する場合、関連項目のソフトコンポーネントや他スキームの技術協力と連携する必要性が高い。

3-1-1-7 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

PPUC が運営してきた既設水道施設は、導送水施設にポンプ圧送方式が採用されているが、配水施設は基本的に自然流下方式で、ほとんどポンプなどの動力を使用しない省エネルギー型の施設である。既存配水池の水位制御は、水位監視設備にて水位情報を伝送し、その情報に基づきマニュアルで弁管理を行っている。本プロジェクトで建設されるマラカル配水池でも、この水位制御方式を取り入れる。

3-1-1-8 工法／調達方法、工期に係る方針

工法、工期に係る方針は、以下の通りである。

- 管路敷設工事箇所は、主要幹線道路等であるため、通行車両や歩行者への影響を極力避けるように施工計画を立案する。
- 管路敷設工事においては、一部区間で地盤が岩である。試掘調査結果をもとに、岩掘削の範囲を想定し、工期の設定及び概算事業費の積算を行う。
- 国際標準化機構の基準（ISO 基準）を中心におく。ただし、資機材調達管理の面で困難なものは、ISO 基準に準ずるものとして、日本工業規格（JIS）、日本水道協会（JWWA）規格、米国国家規格協会（ANSI）規格、米国水道協会（AWWA）規格等を準用する。
- 本プロジェクトの全体工期を E/N 署名から最大 29 ヶ月を限度として設定する。

3-1-2 基本計画（施設計画／機材計画）

3-1-2-1 計画諸元の設定

本プロジェクトにおける施設設計の計画諸元を表 3-1-1 に示す。

表 3-1-1 計画諸元

項目	単位	設定値	適用施設	備考	
計画等価給水人口 ^{*1}	人	15,466		3-1-2-1 (4) 6参照。2020 年	A
計画一人一日給水量 ^{*2}	G/人/日 (L/人/日)	200 (757)		3-1-2-1 (4) 6参照。2020 年	B
日変動係数 ^{*3}	-	1.07		3-1-2-1 (4) 6参照	C
計画負荷率 ^{*3}	-	0.93		3-1-2-1 (4) 6参照	D=C ⁻¹
計画一日最大給水量 ^{*4}	MG/日 (m ³ /日)	4.0 (15,140)	配水池容量、送水管径	3-1-2-1 (4) 6参照 現在(2014 年)の一日最大給水量	E
時間係数	-	1.3		3-1-5-2 参照	F
計画時間最大給水量	MG/日 (m ³ /日)	5.2 (19,682)	配水管径	-	G=E x F
最小動水圧	psi (MPa)	20 (0.14)	配水管径	給配水分岐部における動水圧	H
配水池容量	MG (m ³)	0.25 (950)	マラカル配水池	計画配水区の計画一日最大給水量 の 12 時間分+消火時配水量	I

注: 1)等価給水人口とは、外国人訪問客を含む給水人口に相当する。

2)事業所使用水量及び外国人訪問客の使用水量も含む計画一人一日給水量である。なお、一般家庭の計画一人一日給水量は 68 G/人/日(257L/人/日)である。

3)日変動係数 1.07 は計画負荷率 0.93 (日変動係数の逆数)に相当する。水道施設設計指針(日本水道協会)では計画負荷率が用いられている。しかしながら、本プロジェクトでは、PPUC と協議の結果、パラオ国で一般的な日変動係数を使用し、混同、誤解を避けている。

4)本プロジェクトでは、無収水の削減によって計画年度(2020 年)の給水量が現在(2014 年)の給水量よりも低減すると推定している。給水量低減は、プロジェクトの進捗で漸減するものなので、現在の一日最大給水量である 4MG/日(15,140m³/日)を基準にした施設設計とし、プロジェクト開始当初に必要な能力を確保する。

出典: JICA 調査団

パラオ国には、水道施設の計画基準がないため、我が国の水道施設設計指針(日本水道協会:2012 年)を準用する。ただし、パラオ国で慣習的/実務面で取り入れられている管理指標や基準が適切な場合、それらを尊重する。

(1) 計画年次

本件を無償資金協力で実施する場合、工事の完了は 2017 年頃になると考えられる。そのため、計画年次は、その 3 年後の 2020 年にする。

(2) 計画人口

パラオ国の財務省予算・計画局は、2013 年の統計書において、コロール州とアイライ州の人口をそれぞれ、11,665 人及び 2,537 人と発表した。この人口は、それ以前に公表されていた人口増加傾向を裏付けるものではなく、2000~2005 年頃から人口が減少傾向にあることを示唆するものである。本プロジェクトでは、2013 年の統計書に基づき、人口減を踏まえて事業計画を策定する。

同省は、人口減の主な理由を、就学・就職のための人口流出と分析している。この問題への対応策が講じられると仮定すると、2012 年レベルの人口が維持されると考えられる。これを、人口予測の高シナリオと仮定する。一方、2005 年以降 2012 年までの人口増加率(コロール州の人口増加率:-1.1%、アイライ州の人口増加率:-1.0%)と同じレベルで減少していく仮定を低シナリオと仮定する。どちらも、両極端を示すもののため、本件では、その中間シナリオを

計画人口として採用する。それらの人口推移予測を表 3-1-2～表 3-1-4 に示す。また、人口推移実績と予測数を図 3-1-1 に示す。

表 3-1-2 人口予測（高シナリオ）

年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
コロール州	11,665	11,665	11,665	11,665	11,665	11,665	11,665	11,665	11,665
アイライ州	2,537	2,537	2,537	2,537	2,537	2,537	2,537	2,537	2,537
合計	14,202	14,202	14,202	14,202	14,202	14,202	14,202	14,202	14,202

出典: JICA 調査団

表 3-1-3 人口予測（低シナリオ）

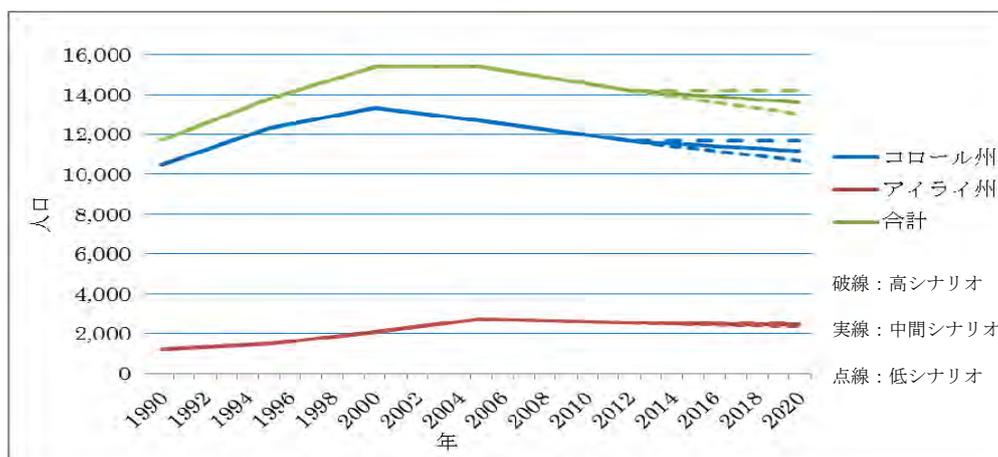
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
コロール州	11,665	11,537	11,410	11,284	11,160	11,037	10,916	10,796	10,677
アイライ州	2,537	2,512	2,487	2,462	2,437	2,413	2,389	2,365	2,341
合計	14,202	14,049	13,897	13,746	13,597	13,450	13,305	13,161	13,018

出典: JICA 調査団

表 3-1-4 人口予測（中間シナリオ：計画人口）

年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
コロール州	11,665	11,601	11,538	11,475	11,413	11,351	11,291	11,231	11,171
アイライ州	2,537	2,525	2,512	2,500	2,487	2,475	2,463	2,451	2,439
合計	14,202	14,126	14,050	13,975	13,900	13,826	13,754	13,682	13,610

出典: JICA 調査団



注: 2012年までは実績値、2013年以降は予測値

出典: JICA 調査団

図 3-1-1 人口推移実績と予測

(3) 外国人訪問客

居住者の人口とは逆に、外国人訪問客数は増加傾向にある。パラオ来訪者庁(PVA)は、2011年以降の年間来訪者数が10万人を超えたとしており、特に、最近の2010年から2013年の増加

率（7.6%）が目覚ましい。そのため、この最近の増加率を増減予測の高シナリオと仮定する。また、2008年から2013年の5年間の増加率（6.5%）で予測したものを低シナリオと仮定する。

本プロジェクトでは、それらの高シナリオと低シナリオの中間値を計画外国人訪問客数とし、それを等価人口に換算して水需要予測の基礎にする。外国人訪問客数の予測を表 3-1-5 に示す。

表 3-1-5 外国人訪問客数の実績及び予測数

分類	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	-
実績値	79,259	71,887	85,593	109,057	118,754	105,061	-
分類	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
高シナリオ	113,046	121,637	130,881	140,828	151,531	163,047	175,439
低シナリオ	111,890	119,163	126,909	135,158	143,943	153,299	163,263
中間値（計画値）	112,468	120,400	128,895	137,993	147,737	158,173	169,351

注： 2013年までは実績値、2014年以降は予測値

2014年に外国人訪問客数が140,000を超えたものの、本プロジェクトは2013年の水使用量に基づき計画されている。また、水需要予測の際、外国人訪問客数から直接的に計算しておらず、GDPの伸びから水の商業需要を予測している。

出典： PVA（2013年のデータまで）

PVAは、外国人訪問客の平均滞在日数を4日間と分析している。4日間の滞在を前提にすると、現在（2013年）の外国人数である105,061人は、等価人口で1,151人と計算される。これは、2020年に、それぞれ、169,351人と1,856人になると予測される。

(4) 計画給水原単位・計画使用水量

ADB調査（2009年）の中で、表3-1-6のように水需要予測が実施された。以下に述べる現在の人口状況から、この予測をそのまま適用することは不適切である。

- ADBの人口・水需要予測は、人口が増加していると考えられていた時期に実施された。しかし、パラオ国政府は人口が減少していることを2013年の統計書で報告した。2012年の人口が14,202人であること、外国人訪問客数が1,301人/日に換算できることから、2012年の等価人口は約15,503人であったと推定できる。この等価人口はADB予測より小さい。
- 人口は減少しているものの、外国人訪問客は増加している。外国人訪問客の影響が強い商業の使用水量は、家庭使用水量の減少と反対に増加する。そのため、等価人口当たりの給水原単位を180G/人/日に固定することは適切でない。

表 3-1-6 ADB 調査の需要予測 (2009 提示)

項目	2009 年	2013 年	2020 年
等価人口 (外国人訪問客を人口換算して加えたもの)	17,000 人	18,000 人	19,500 人
給水原単位	225G/capita/日 (852L/capita/日)	180G/capita/日 (681L/capita/日)	180G/capita/日 (681L/capita/日)
年間給水量	1,396 (MG/年) (5.3Mm ³ /年)	1,183 (MG/年) (4.5Mm ³ /年)	1,281 (MG/年) (4.8Mm ³ /年)
一日平均給水量	3.82 (MG/日) (14,458m ³ /日)	3.24 (MG/日) (12,263m ³ /日)	3.51 (MG/日) (13,285m ³ /日)

出典: Final report, "Preparing The Babeldaob Water Supply Project", 2009 年, ADB

この背景の下、以下のように計画給水原単位を推定する。

1) 一般家庭の使用水量

一般家庭内においても、漏水を含む無効水量や無駄遣いが多いと考えられており、その削減が PPUC の課題である。しかし、この削減を PPUC の施設・設備で管理することは困難なため、現状レベルの維持を計画する。

- 一般家庭使用水量： 現状レベルの 68G/人/日 (257L/人/日) を維持

2) 事業所の使用水量

表 3-1-7 にパラオ国の GDP 増加率を示す。

パラオ国の主要産業は、宿泊・外食・輸送・交通等、外国人訪問客関連産業である。同産業の GDP 増加は目覚ましく、パラオ国の GDP 増加は、外国人訪問客関連産業に牽引されていると言える。

外国人訪問客関連産業の GDP は約 13%で伸びており、前述のように外国人訪問客数の増加率は 6~7%である。そのため、この伸びは使用水量に大きく影響を与えていると考えられる。しかし、近年の実際の給水量は横ばい、または漸減傾向にあり、給水量は外国人訪問客数の増加率ほど伸びていない。したがって、外国人訪問客の増加を直接的に水需要計画へ反映させることは不適切である。外国人訪問客の経済効果は、国全体の各種産業に波及するため、本プロジェクトでは、国全体の GDP 増加率を、事業所（商業）の使用水量増加率と計画する。

一方、行政組織（官公庁総務・事務）の GDP は、最近 5 年間、横ばい状態が続いている。活動状況に大きな変化が無いと推定できるため、事業所（官公庁総務・事務）の使用水量を現状レベルの維持に計画する。

- 商業の使用水量： 0.86MG/日 (3,255m³/日) から 3.4%/年で増加
- 官公庁総務・事務の使用水量： 0.09MG/日 (341m³/日) を維持

表 3-1-7 GDP 増加率

項目	GDP (百万 USD)					年間増加率 (2009年-2013年)
	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	
GDP 合計	156.2	160.9	168.9	178.0	177.3	3.4%
宿泊・飲食産業	22.4	25.6	29.4	35.3	35.1	14.2%
交通・輸送業	7.7	8.5	10.1	11.4	10.6	9.4%
外国人訪問客関連産業小計	30.1	34.1	39.5	46.7	45.7	13.0%
官公庁総務・事務	28.5	28.4	27.6	27.5	27.9	-0.5%
卸売・小売業	21.8	23.1	24.4	26.0	28.5	7.7%
不動産業	16.7	16.1	16.5	16.0	16.3	-0.6%
金融業	7.7	7.7	8.3	9.5	9.5	5.8%
教育	8.9	8.9	8.7	8.4	8.0	-2.5%
その他	42.5	42.6	43.9	43.9	41.4	-0.7%

出典： パラオ国統計書（2013年）

3) 無収水量

本プロジェクトは、無収水削減を通じ、送配水に係るエネルギーの効率化を主眼の一つとしている。従って、需要予測には、可能な限り無収水の要因を明確にした条件を組み込む必要がある。

現在（2013年）の一日平均給水量は、約 3.69MG/日（13,967m³/日）である。また、アイライ浄水場の運転記録から、一日最大給水量は、約 4.0MG/日（15,140 m³/日）である。これらの給水量は、2,562G/分または 2,778G/分に換算される。アイライ浄水場では、常時、2～3 台の送水ポンプ（吐出量 1,050G/分/台）が運転されており、給水量とポンプ運転台数は符合する。そのため、アイライ浄水場の流量計は、概ね正確に作動していると考えられる。

その一方、地区流量計や適切な各戸メーター較正体制がない上、固定料金客が残存しているため、有収水量／無収水量を正確に把握することは難しい。上水道契約接続の 13%にはメーターが設置されておらず、固定料金制である。その背景の下、無収水量の内訳を以下のように推定する。

a) 違法接続

パラオ国では、違法接続があまり見られず、重大な課題として取り上げられていない。そのため、違法接続を特別に予測・計上する必要性が低い。発見や解消が難しい無収水は存在するものなので、違法接続はそれらのカテゴリーに含まれるものと計画する。

b) 発見や解消が難しい無収水

無収水を完全にゼロにすることは難しく、以下のようなものを想定する必要がある。

- 発見が難しい違法接続
- 発見が難しい漏水や修理が難しい漏水
- 非常時の水利用

これらの損失水量に係るデータは PPUC にはないが、非常用水を除けば、PPUC の定期的な管路更新・漏水探知・違法接続パトロールをすることにより、低く抑えることができるものである。そのため、この種の無収水量を、無収水量全体の約 5%と計画する。

c) メーター不感及び読み取り間違い

メーター精度は、経年で悪化する。PPUC は、2014 年に各戸メーター設置／更新プロジェクトを展開しているが、古いメーターの全てを交換することは難しい。交換できる数量に限りがあるため、精度の低いメーターが残ると考えられる。

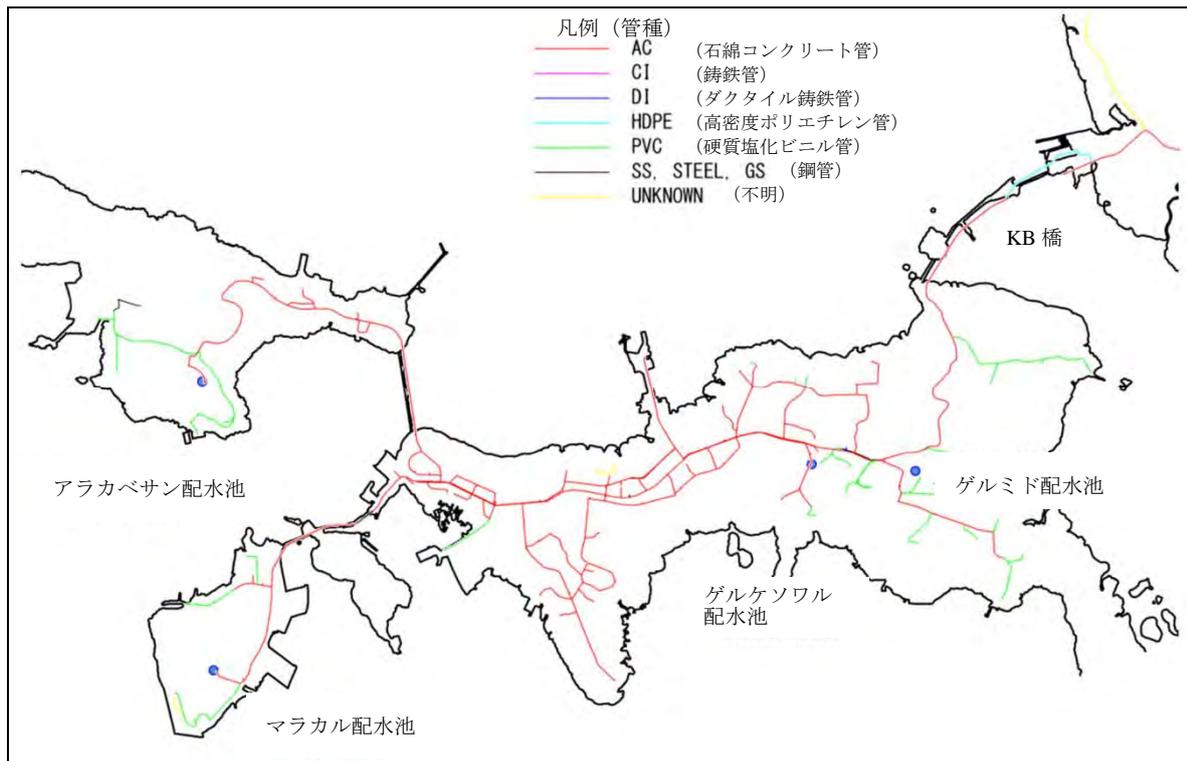
これらの商業損失について、十分に分析されたデータはない。しかし、以下の理由により、商業ロスはあまり多くないと推定される。

- もし、登録されている使用水量が少ないなら、商業ロスが大きいのではないかと疑われる。
- しかし、コロール・アイライ給水システムでは、登録使用水量が比較的多い。この上に多くの商業ロスがあると仮定すると、実際の使用水量が非常に大きなものという推定になってしまう。

JICA が 2012～2015 年の予定で実施しているソロモン国水道公社無収水対策プロジェクトの調査では、メーター不感が無収水に占める割合が 0%～13.2%と報告されている。ソロモン国も無収水率が 50%と高い国であるため、この事例は本プロジェクトでも参考になる。この事例を参考に、ソロモン国のメーター不感の平均的な数値である 5%を本プロジェクトの無収水推定に適用する。

4) 管路からの漏水

40 年以上前に敷設された老朽化した AC 管は、配水管全体の 67%を占める。同 AC 管の分布を図 3-1-2 に示す。



出典： PPUC

図 3-1-2 老朽化アスベスト管位置図

なお、67%のうち、61%は、管径が 6in (150mm) 以上と比較的大きい主要配水管である。配水管が古い場合、取り付けられている分水栓や給水管も古い場合が多く、これらの管路（配水管と給水管）からの漏水が多いと考えられる。

これらの漏水発生頻度に係るデータは無いが、配水管の管径・延長・材質（AC 管は他のものより古いため、材質の要素は古さの要素も包含する）から漏水への影響度を推定できると考えられる。その影響度の推定結果を表 3-1-8 に示す。

管径 6in (150mm) 以上の主要配水管は、以下の仮定に基づくと、配水管・給水管の漏水の 81%の原因である可能性がある。

- 漏水の発生可能性は、配水管口径と延長で推定可能と仮定する。
- AC 管の漏水頻度は、他の材質のものより高いと考えられる。したがって、材質に応じた影響度重みづけ係数を設定する（AC 管を 1.5、その他管を 1.1）。
- JWWA は、管路の事故発生確率を表 3-1-9 のように推定している。同表によると、AC 管の事故発生頻度は、PVC 管の 1.33 倍である。PVC の重みづけ係数を 1.1 にした場合、AC 管の係数は 1.5 (=1.1 x 1.33) と計算される。高密度ポリエチレン (HDPE) 管についてのデータはないが、PVC と同様と推定できる。鋼管については、敷設されている既存管の材質や継ぎ手の詳細が不明のため、ここでは、同表のダクタイル鑄鉄管 (DCIP) と鋼管の平均値 (=1.1) を係数と計画する。

表 3-1-8 既存配水管の漏水への影響度

	分類・項目	管径	AC	HDPE	PVC	鋼管	不明	合計
A	延長（距離） （m）	6in（150mm）またはそれ以上	32,449	786	5,784	208		39,227
		6in（150mm）未満	3,380	0	7,725	580	2,623	14,308
		合計	35,829	786	13,509	788	2,623	53,535
B	管材料別のシェア （%）	6in（150mm）またはそれ以上	61%	1%	11%	0%	0%	73%
		6in（150mm）未満	6%	0%	14%	1%	5%	27%
		合計	67%	1%	25%	1%	5%	100%
C	管の断面積 （平方インチ）	6in（150mm）またはそれ以上 （8in：200mmで仮定）	50	50	50	50	50	
		6in（150mm）未満 （4in：100mmで仮定）	13	13	13	13	13	
D =AxC	管径と距離による無収 水量への推定影響度 （m x 平方インチ）	6in（150mm）またはそれ以上	1,630,238	39,489	290,588	10,450	0	1,970,765
		6in（150mm）未満	42,453	0	97,026	7,285	32,945	179,709
		合計	1,672,691	39,489	387,614	17,735	32,945	2,150,474
E	管材質による重み づけ係数	6in（150mm）またはそれ以上	1.5	1.1	1.1	1.1	1.1	
		6in（150mm）未満	1.5	1.1	1.1	1.1	1.1	
F =DxE	重みづけ考慮後の無収 水量への推定影響度 （m x 平方インチ）	6in（150mm）またはそれ以上	2,445,357	43,438	319,647	11,495	0	2,819,937
		6in（150mm）未満	63,680	0	106,729	8,014	36,240	214,663
		合計	2,509,037	43,438	426,376	19,509	36,240	3,034,600
G	重みづけ考慮後の無収 水量への推定影響度 （%）	6in（150mm）またはそれ以上	81%	1%	11%	0%	0%	93%
		6in（150mm）未満	2%	0%	4%	0%	1%	7%
		合計	83%	1%	14%	1%	1%	100%

注： AC: アスベスト管、HDPE: 高密度ポリエチレン管、PVC: 硬質ポリ塩化ビニール管
出典： JICA 調査団

表 3-1-9 管種ごとの事故発生頻度

管材質	事故の発生確率
ダクタイル鋳鉄管	0.02 事故 / km / 年
鋳鉄管	0.20 事故 / km / 年
鋼管	0.02 事故 / km / 年
PVC	0.30 事故 / km / 年
AC	0.40 事故 / km / 年

出典： JWWA（水道施設更新指針、2004年）

5) 現在の漏水の内訳

上記の仮定に基づき、現在の漏水量及び無収水量を表 3-1-10 のように推定する。なお、漏水量は、配水管のみならず、そこに接続している給水管からのものを含む。給水管からの漏水も、少なくはないと考えられる。

表 3-1-10 現在の無収水量の推定内訳

分類・項目	現状（推定）
給水量（MG/日）	3.69
無収水量合計（MG/日）	1.78
合計ベースでの無収水率	48%
a 発見・解消困難な無収水（全体無収水量の5%）（MG/日）	0.09
b メーター不感や読み間違い（全体無収水量の5%）（MG/日）	0.09
c 管路での漏水（MG/日）	1.60
AC管の影響度（管径6in:150mmまたはそれ以上）	81%
他の管の影響度	19%
AC管の漏水量（管径6in:150mmまたはそれ以上）（MG/日）	1.3
他の管の漏水量（MG/日）	0.3

出典： JICA 調査団

6) 水需要計画

a) 配水管更新による無収水削減の推定

AC 主要配水管は、高い無収水の主な原因の一つと考えられる。そのため、無収水削減スケジュールは、配水管更新と平行して計画される必要がある。AC 主要配水管の更新が無収水削減に寄与すると考えられ、以下の仮定で効果を推定する。

- シミュレーションを現況の使用水量に基づいて実施する。言い換えると、配水管更新を今実施したと仮定すれば、無収水がどの程度であるかの推定をする。
- 全体で 20.3mi (32.5km) の主要配水管に対し、毎年 3.4mi (5.5km) の更新を実施し、6 年間で完了させる工程を推定する。また、2020 年の無収率を 33%以下にする工程が望ましい（2020 年に 33%にすることは、ADB が設定した目標である）。なお、毎年 3.4mi (5.5km) の更新をすれば、4 年目に 68%の配水管更新が終わり、無収水率が 32%になると試算される。
- 漏水削減は、給水量削減につながる。給水量の総量が削減すれば、「発見や修理が難しい無収水」や「商業ロス」も減少すると考えられる。
- 表 3-1-11 のシミュレーションの結果、すべての AC 主要配水管を更新した場合、無収水率は 20%に削減されると考えられる。

表 3-1-11 配水管更新による無収水削減の推定（現在の使用水量ベース）

給水量/無収水量	AC 管敷設替え延長 (管径 6in:150mm または以上) 合計 32.5km	現況	2017	2018	2019	2020	2021	2022
			年	年	年	年	年	年
			1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目	6 年目
			5.5km	11.1km	16.6km	22.1km	27.6km	32.5km
給水量 (MG/日)		3.69	3.47	3.25	3.03	2.81	2.59	2.39
無収水量合計 (MG/日)		1.78	1.56	1.34	1.12	0.90	0.68	0.48
合計ベースでの無収水率		48%	45%	41%	37%	32%	26%	20%
a 発見・解消困難な無収水 (全体無収水量の 5%)		0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03	0.02
b メーター不感や読み間違い (全体無収水量の 5%)		0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03	0.02
c 管路での漏水 (MG/日)		1.60	1.38	1.16	0.94	0.72	0.50	0.30
AC 管の影響度 (管径 6in:150mm またはそれ以上)		81%	78%	74%	68%	58%	40%	0%
他の管の影響度		19%	22%	26%	32%	42%	60%	100%
AC 管の漏水量 (管径 6in:150mm またはそれ以上) (MG/日)		1.30	1.08	0.86	0.64	0.42	0.20	0.00
他の管の漏水量 (MG/日)		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

注：現在の使用水量をベースとしたシミュレーションによる推定値

出典： JICA 調査団

b) 2020 年までの需要及び無収水削減の想定スケジュール

本プロジェクトの配水管更新は、2015 年終わりか 2016 年初めの開始になると考えられる。そのため、配水管更新の効果が発現されるのは、2017 年以降である。2020 年に 33%以下の無収水率となり、2017 年から効果を発現するように、表 3-1-12 のスケジュールが想定される。

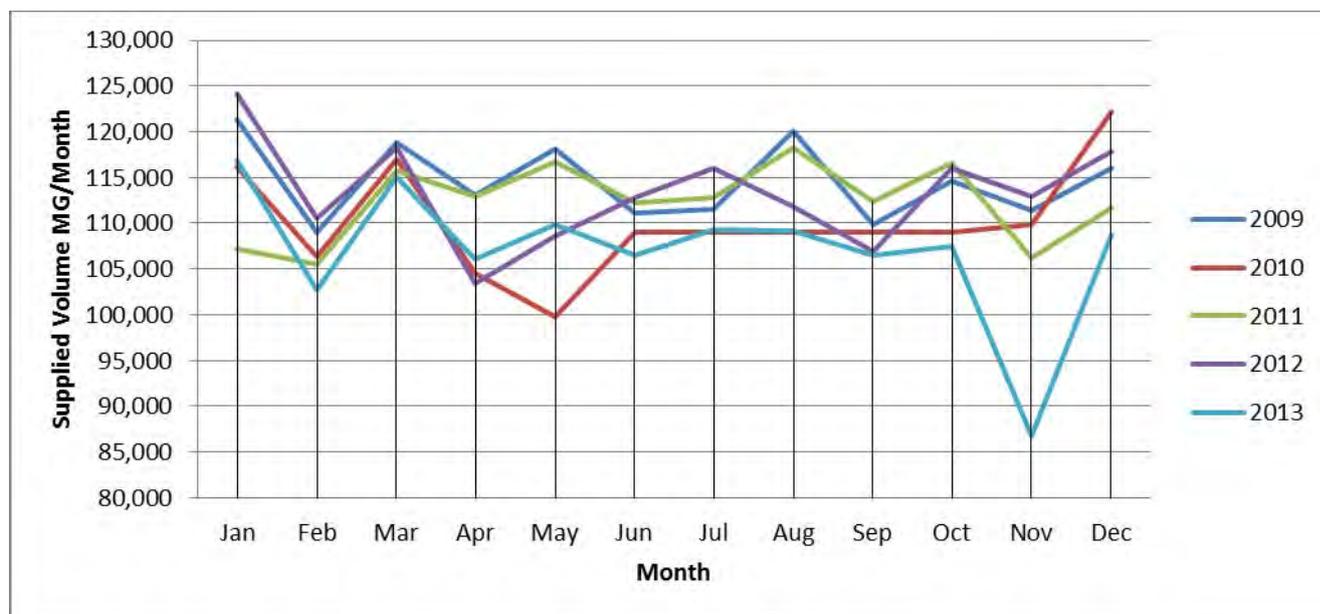
c) 一日最大給水量

上述のように、2020 年の一日平均給水量を 3.09MG/日 (11,700m³/日) と推定する。しかし、水需要は年間を通じた季節変動等があるため、その値は、そのまま施設設計の条件にはならない。図 3-1-3 に過去 5 年間の変動を示す。一般的に、12 月~1 月に年間のピークがある。この時期は、外国人訪問客が比較的多い時期や降雨が比較的小さい時期と符合する。

表 3-1-12 2020 年までの需要計画

分類・項目	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
人口	14,126	14,050	13,975	13,900	13,826	13,754	13,682	13,610
外国人訪問客 (人/日)	1,151	1,233	1,319	1,413	1,512	1,619	1,733	1,856
等価人口	15,277	15,283	15,294	15,313	15,338	15,373	15,415	15,466
一般家庭使用水量								
原単位 (G/人/日)	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0
一般家庭使用水量 (MG/日)	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.93
事業所使用水量 (官公庁)								
官公庁使用水量 (MG/日)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
上記増加率		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
事業所使用水量 (商業)								
固定料金制客の使用水量 (MG/日)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
上記増加率		3.4%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%
メーター制客の使用水量 (MG/日)	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97	1	1.03	1.07
上記増加率		3.4%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%
商業の使用水量合計 (MG/日)	0.86	0.89	0.92	0.95	0.98	1.01	1.04	1.08
使用水量の総計 (MG/日)	1.91	1.94	1.96	1.99	2.01	2.04	2.06	2.10
無収水量								
無収水量 (MG/日)	1.78	1.79	1.81	1.70	1.64	1.42	1.21	0.99
無収水率 (%)	48%	48%	48%	46%	45%	41%	37%	32%
一日平均給水量 (MG/日)	3.69	3.73	3.77	3.69	3.65	3.46	3.27	3.09
一日最大給水量 (MG/日)	3.95	3.99	4.03	3.95	3.91	3.70	3.50	3.31
参考指標								
給水量 (G/人/日)	261	265	270	265	264	252	239	227
給水量 (G/等価人口/日)	242	244	247	241	238	225	212	200

出典： JICA 調査団



注： 2013 年 11 月は、KB 橋下の海中管漏水のため、給水量を大きく削減している。

出典： PPUC のアイライ浄水場日報

図 3-1-3 給水量の年間変動

表 3-1-13 に、過去 5 年間の一日平均給水量と一日最大給水量の比較を示す。この比較から、年間のピークの需要は、平均の約 1.07 倍であることがわかる。そのため、浄水や送水の能力（配水池容量を含む）は、日変動係数：1.07 倍を基礎に設計される必要がある。

したがって、計画年次である 2020 年の一日最大給水量を、前掲の表 3-1-12 に示す通り 3.31MG/日（12,528m³/日）と設定する。

ただし、本プロジェクトの施設は、以下の理由により、現在の一日最大給水量である 4MG/日（15,140m³/日）を基準に設計する。

- 配水管更新や漏水探知等、プロジェクトの結果として、一日最大給水量が減少する。
- 一日最大給水量は、配水管更新の進捗に応じて漸減する。

プロジェクトの初期の段階では、配水管更新が進んでいないので、現在の一日最大給水量である 4MG/日（15,140m³/日）に対応した送配水能力が必要である。

表 3-1-13 過去 5 年間の負荷率

項目	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	平均
平均 (MG/日)	3.77	3.62	3.69	3.71	3.58	3.67
最大 (MG/日)	4.02	3.88	3.86	3.94	4.03	3.94
日変動係数	1.07	1.07	1.05	1.06	1.10	1.07
負荷率	94%	93%	96%	94%	89%	93%

注： 2013 年 11 月は、異常値のため、上表のデータから除外してある。

出典： PPUC のアイライ浄水場日報

7) 配水池別の給水量計画

各配水区の現在の配水量から、計画一日最大給水量と計画配水区に応じた配水区別給水量を表 3-1-14 に示す。

表 3-1-14 配水区別計画給水量（一日最大給水量ベース）

現在（2013 年）の配水区別配水量（2013 年 6～7 月の実績に基づく）								
項目		直接配水区	アイライ配水区	ゲルミド配水区	ゲルケソワル配水区	アラカベサン配水区	マラカル配水区	合計
2013 年 6～7 月の使用水量記録	(G/月)	10,714,950	5,588,208	2,635,978	40,058,559	2,840,784		61,838,479
	(%)	17.3%	9.0%	4.3%	64.8%	4.6%	0.0%	100%
一日最大給水量への換算水量	MG/日	0.69	0.36	0.17	2.6	0.18	0	4
	m ³ /日	2,623	1,368	645	9,808	696	0	15,140
配水区割整理後の計画配水量								
項目		直接配水区	アイライ配水区	ゲルミド配水区	ゲルケソワル配水区	アラカベサン配水区	マラカル配水区	合計
2013 年 6～7 月の使用水量の新配水区への推定配分	(G/月)		6,985,260	11,953,875	31,801,314	4,734,640	6,363,390	61,838,479
	(%)	0.0%	11.3%	19.3%	51.4%	7.7%	10.3%	100%
一日最大給水量への換算水量	MG/日	0	0.45	0.77	2.06	0.31	0.41	4
	m ³ /日	0	1,710	2,927	7,786	1,159	1,558	15,140

出典： JICA 調査団

3-1-2-2 土質

送水管の敷設、配水管の更新及びマラカル配水池の更新等の水道施設を検討するため、試掘調査と地盤調査を実施した。同調査の結果を以下に示す。

(1) 試掘調査

図 3-1-4 に主要管路路線における試掘調査地点を示す。路線沿線の 20 箇所を試掘調査した。調査の結果、管路路線の土質は、ほとんどがラテライト(粘性土)であると判明した。しかし、KB 橋からゲルミド配水池に至るまでのルート(調査地点 No.16 から No.18)については、石灰岩が大部分を占めている。

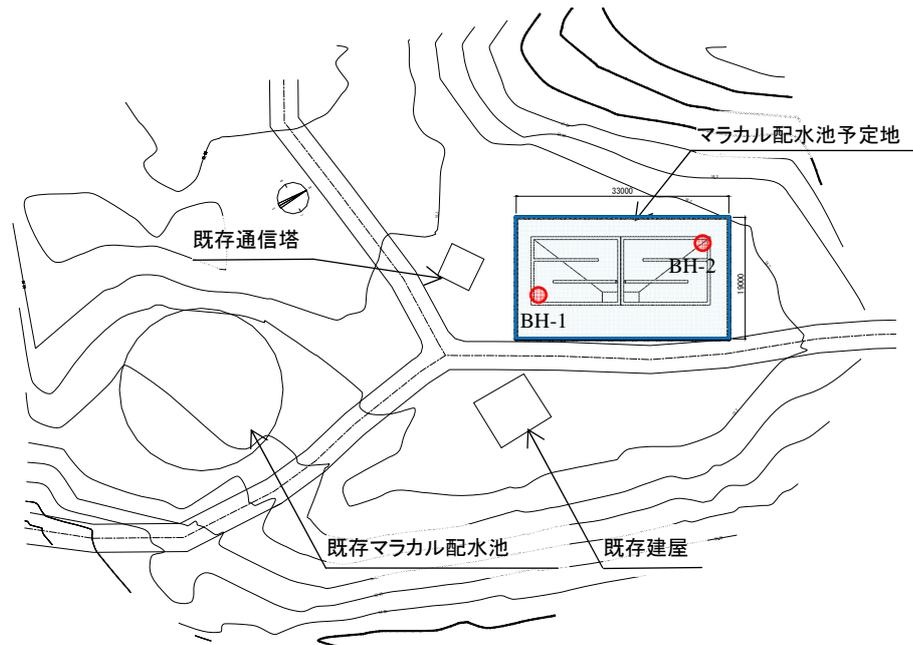


出典： JICA 調査団

図 3-1-4 試掘調査地点

(2) 地盤調査

図 3-1-5 に示す通り、マラカル配水池予定地の BH-1 及び BH-2 の 2 箇所において、それぞれ地盤調査及び平板載荷試験を行った。地盤調査結果から、本プロジェクトの土性値を表 3-1-15 のように設定する。



出典： JICA 調査団

図 3-1-5 地盤調査地点

表 3-1-15 土性値

項目	マラカル配水池	
	BH-1	BH-2
地盤材料	1.0-16.0ft (0.3-4.8m): Clayey Silt >16.0ft (>4.8m): Tuff Siltstone	2.0-7.0ft (0.6-2.1m): Clayey Silt 7.0ft (>2.1m): Tuff Siltstone
N 値	1.0-7.0ft (0.3-2.1m): 8 7.0-12.0ft (2.1-3.6m): 4 12.0-16.0ft (3.6-4.8m): 14 >16.0ft (>4.8m): >50	2.0-7.0ft (0.6-2.1m): 29 7.0ft (>2.1m): >50
平均単位体積重量	118 pcf (19 kN/m ³)	128 pcf (20.6 kN/m ³)
地盤の許容支持力(GL-1m)	12.0 psi (82.7 kN/m ²)	11.83 psi (81.5 kN/m ²)

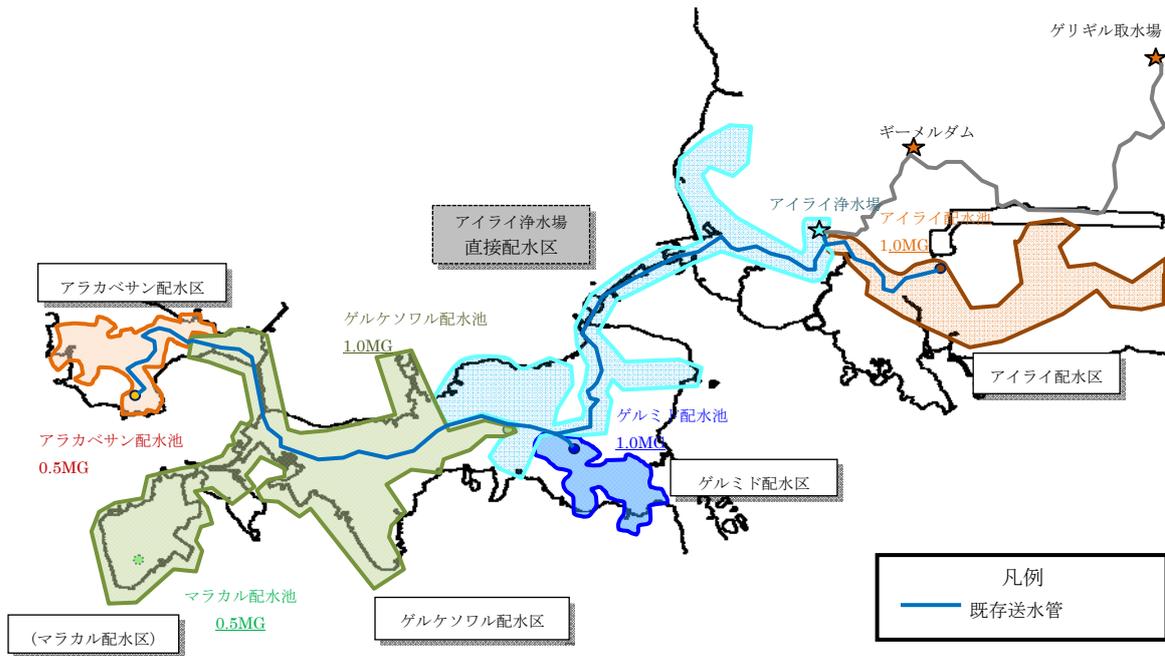
出典： JICA 調査団

3-1-3 施設全体配置計画

第 1 次、2 次現地調査を実施し、無償資金協力事業対象スコープを、「送水システム改善」、「配水システム改善（配水区割整理）」、「配水システム改善（主要 AC 管更新）」に絞り込み、パラオ国側と内容について合意した。ここでは、対象内容の計画前後の概念図及び位置図を示す。計画内容の詳細については、3-1-4 章～3-1-7 章に後述する。

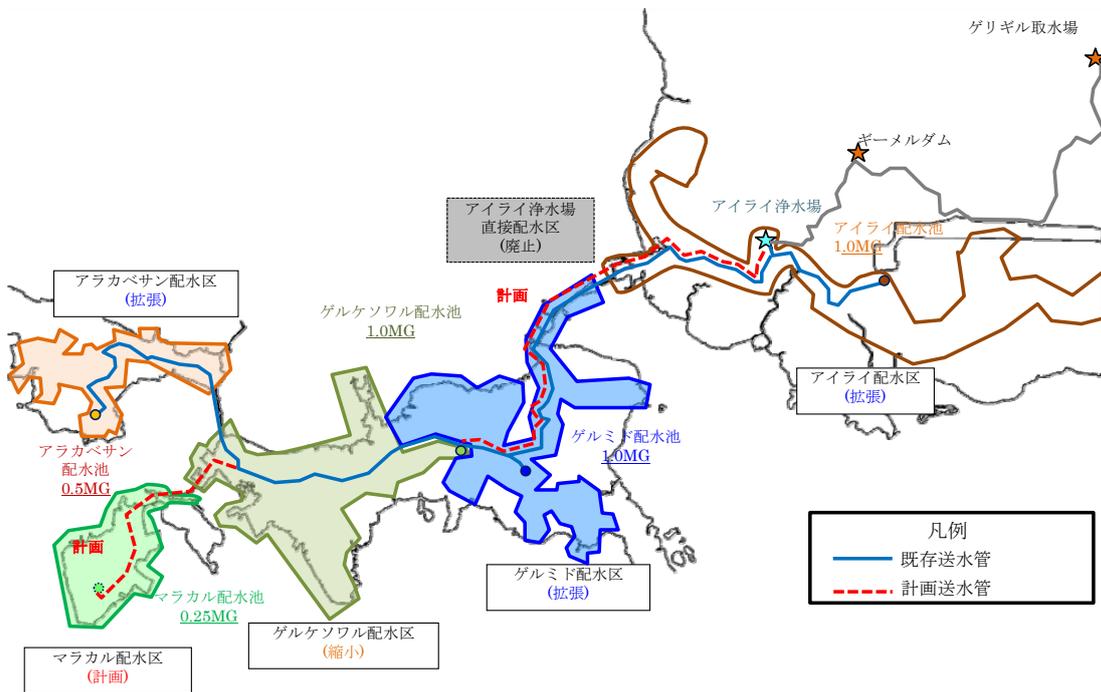
3-1-3-1 配水区修正（前後）概念図

図 3-1-6 に現状の配水系統図を示す。現在の配水系統は、アイライ配水区、ゲルミド配水区、ゲルケソワル配水区、アラカベサン配水区とアイライ浄水場からの直接配水区の 5 配水区で構成される。本プロジェクトでは、マラカル配水区創設に伴うゲルケソワル配水区の適正化、アイライ浄水場からの直接配水区の廃止を計画しており、図 3-1-7 のように配水区割を修正する。



出典： PPUC からの情報を基に JICA 調査団により作成

図 3-1-6 現状の配水系統図（配水区割図）

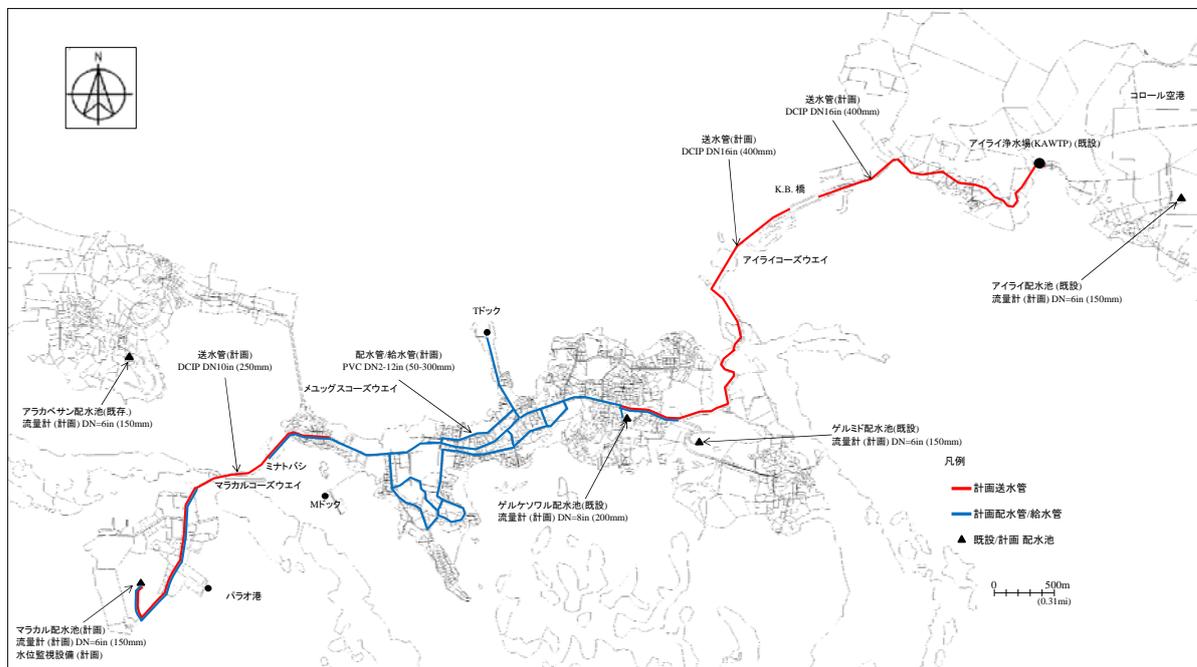


出典： PPUC からの情報を基に JICA 調査団により作成

図 3-1-7 計画配水系統図（配水区割図）

3-1-3-2 施設全体配置図

図 3-1-8 に計画施設全体配置図を示す。前述の配水区修正に加え、アイライ浄水場からゲルケソワル配水池への送水管増設、マラカル配水池の創設に伴う専用送水管敷設を実施する。

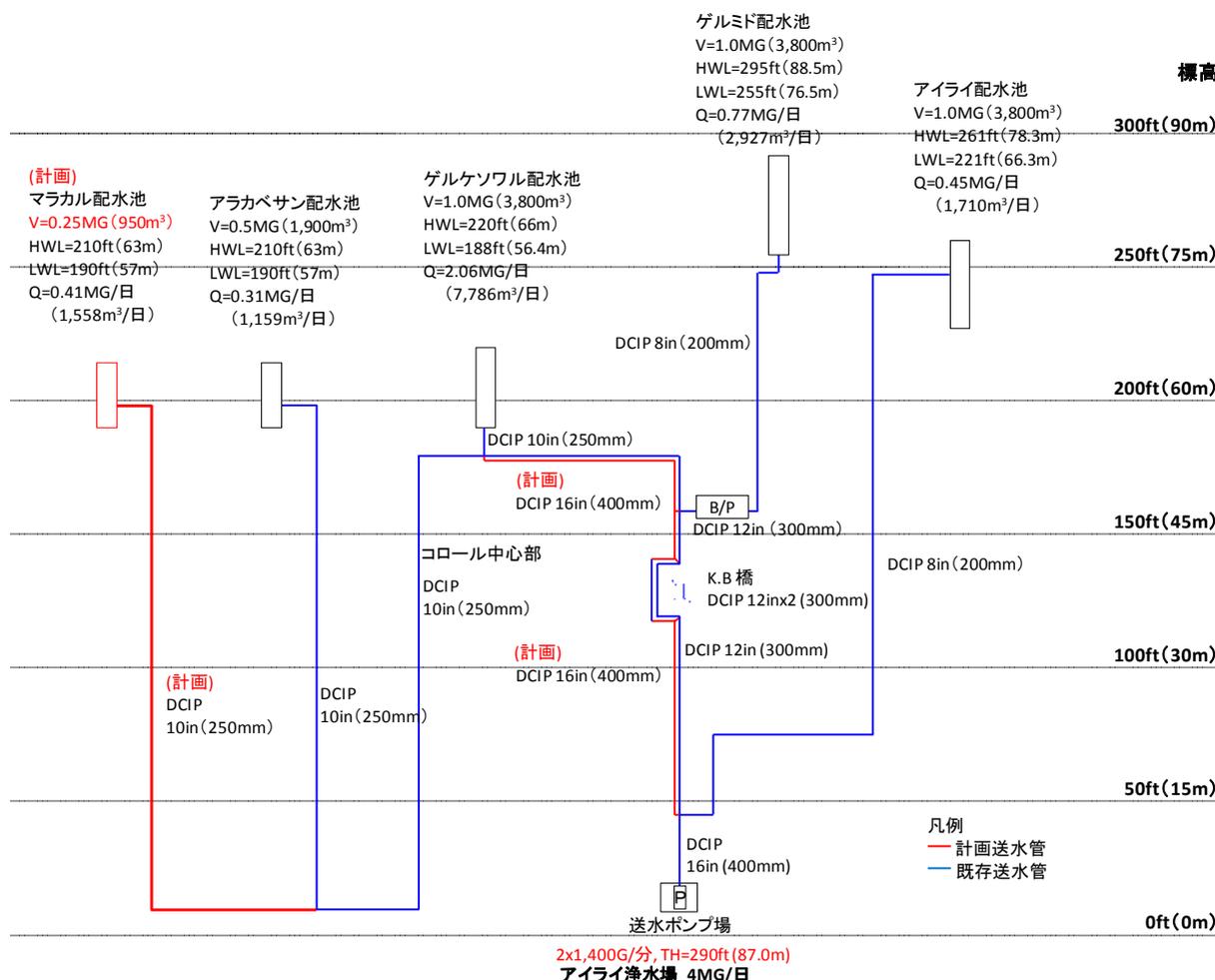


出典：JICA 調査団

図 3-1-8 計画施設全体配置図

3-1-3-3 水位高低図

計画している施設全体配置の水位高低を図 3-1-9 に示す。同図は送水システム計画概念図である。配水は自然流下方式であり、各配水池から各配水区へ流下する。

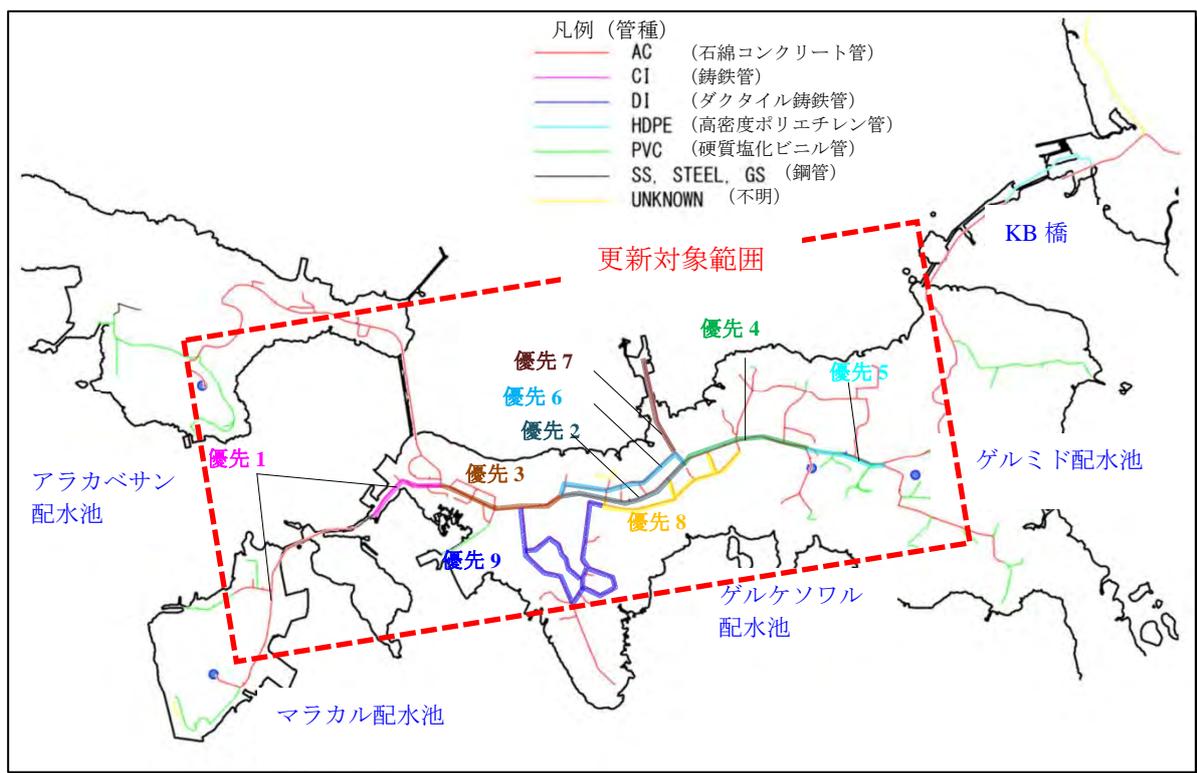


出典: JICA 調査団

図 3-1-9 コロール・アイライ送水システム計画概念図（水位高低図）

3-1-3-4 配水管更新対象の位置図

コロール州の配水管は、ほとんどが、1940年代と1970年代の2段階で敷設されたAC管である。40年以上または70年以上の年月が経っている上、頻繁な漏水も確認されており、早急な敷設替えが求められる。しかし、一度に全路線を更新するには予算や工程の問題もあるため、優先路線を設定して更新計画を作成する。優先路線の設定や計画の詳細については3-1-7章で後述する。また、図3-1-10に配水管更新対象の位置を示す。



出典： JICA 調査団

図 3-1-10 老朽配水管更新優先路線図

3-1-4 送水管

3-1-4-1 送水計画

各配水池の計画送水量は、表 3-1-16 のように整理される。

表 3-1-16 各配水池への計画送水量

配水池名	容量	計画送水量
アイライ配水池 (既設)	1.0MG (3,800m ³)	0.45MG/日 (1,710m ³ /日)
ゲルミド配水池 (既設)	1.0MG (3,800m ³)	0.77MG/日 (2,927m ³ /日)
ゲルケソワル配水池 (既設)	1.0MG (3,800m ³)	2.06MG/日 (7,786m ³ /日)
アラカベサン配水池 (既設)	0.5MG (1,900m ³)	0.31MG/日 (1,159m ³ /日)
マラカル配水池 (計画)	0.25MG (950m ³)	0.41MG/日 (1,558m ³ /日)

注： マラカル配水池の貯水量は、3-1-6 章参照。

出典： JICA 調査団

3-1-4-2 計画送水管

簡易マスタープランでは、以下の 3 種類の代替案が比較された。

- 送水ポンプを高揚程に変更し、既存送水管で送水を継続する (ケース 1)。
- 送水ポンプ及び送水管を変更しない。しかし、圧力が低下する箇所にブースターポンプ

場を設置して、ゲルミド配水池やゲルケソワル配水池等のコロール州側へ送水する（ケース 2）。

- 送水ポンプ能力を維持したまま、送水管を増設し、摩擦損失水頭を低減させ、ゲルミド配水池やゲルケソワル配水池等のコロール州側へ送水できるようにする（ケース 3）。

これらの代替案を、ケース 1、2 及び 3 として簡易比較した結果を表 3-1-17 及び表 3-1-18 に示す。比較の結果、ケース 3（送水管増設）が、これまでとほぼ同等の電力量で送水可能な環境にやさしい方法であると考えられる。別途述べるように、上下水道事業の原価回収率が 38% しかない赤字状態であることも考慮すると、維持管理費が最安価のケース 3 が最適であると考えられる。

表 3-1-17 送水システム代替案の簡易比較結果 (1)

ケース	送水ポンプ		中継ポンプ			ポンプ出力			ケース 0 との差	
	流量 Q	揚程 H	流量 Q	揚程 H	アイライ 分岐から の距離	送水	中継	合計		
	MG/日 (m ³ /日)	ft (m)	MG/日 (m ³ /日)	ft (m)	ft (m)	kW -	kW -	kW -		kW (比率)
0	現況（計算上、水が届かない）	4.0 (15,140)	290 (87.0)	- -	- -	- -	219 -	- -	219 -	- (1.00)
1	ケース 0+高揚程送水ポンプ （高揚程ポンプにて送水）	4.0 (15,140)	567 (170.0)	- -	- -	- -	427 -	- -	427 -	208 (1.95)
2	ケース 0+中継ポンプ 送水管変更無、中継ポンプ追加	4.0 (15,140)	290 (87.0)	3.3 (12,501)	283 (85.0)	4,921 (1,500)	219 -	176 -	395 -	176 (1.80)
3	ケース 0+送水管追加(送水 2 条) 追加送水管径は 16in (400mm)	4.0 (15,140)	290 (87.0)	- -	- -	- -	219 -	- -	219 -	0 (1.00)

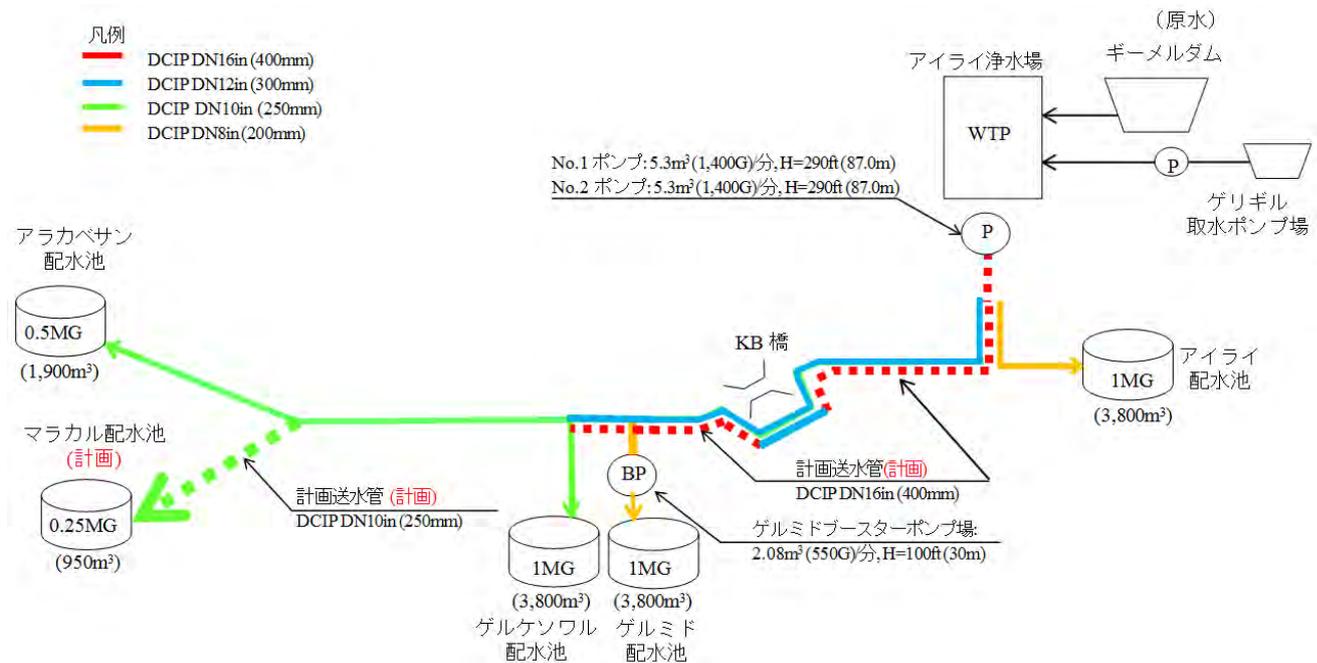
出典： JICA 調査団

表 3-1-18 送水システム代替案の簡易比較結果 (2)

ケース	メリット	デメリット	順位
ケース 1： 高揚程送水ポンプへ変更	1) 送水管増設不要。 2) ポンプ変更だけなので、建設費が最も安価。	1) 電力コストが約 2 倍になる。 2) 管路内が高圧になり、送水管破裂の危険性が高い。	3
ケース 2： ブースターポンプ場を建設	1) 送水管増設不要。 2) 増圧ポンプ場の設置だけなので、建設費が比較的安価。	1) 電力コストが約 2 倍近くになる。	2
ケース 3： 送水管を増設	1) ポンプ変更が必要ない。 2) 電力コストが現況と同程度で、最も安価。	1) 送水管建設コストが必要。 2) 道路下の占用交渉が必要。	1

出典： JICA 調査団

また、上記の比較検討に基づき、計画送水システムを図 3-1-11 に示す。概念図の通り、送水管増設案とする。また、マラカル配水区を創設するため、PVA 交差点～マラカル配水池間に専用送水管を新設する。



出典： JICA 調査団

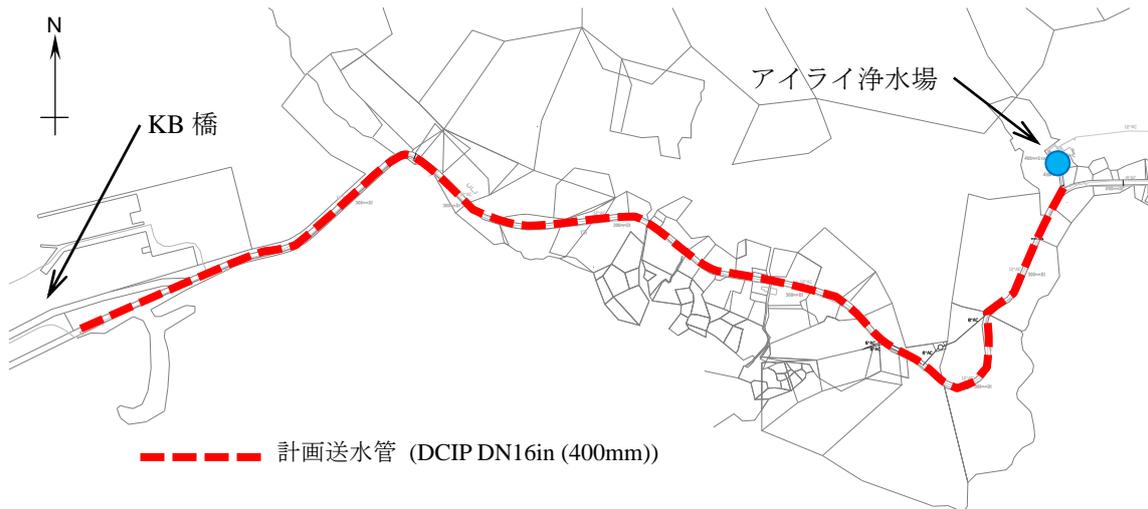
図 3-1-11 送水システム計画概念図

計画送水システムの概要は、表 3-1-19 及び図 3-1-12～図 3-1-14 に示す通りである。なお、各既設送水管との接続工事は断水工事となる。また、KB 橋部の送水管添架は PPUC が改修を実施するため、本プロジェクトの対象外とする。2015 年 2 月に、橋添架管と既存管との接続方法が明らかになった（施工業者の施工図が提出された）ため、計画送水管の橋梁添架管への接続は、同施工図に基づき、図 3-1-15 に示すように計画する。なお、本計画は添架管施工図に基づくものであるため、詳細設計時に竣工図により整合性を再確認する。

表 3-1-19 計画送水管の概要

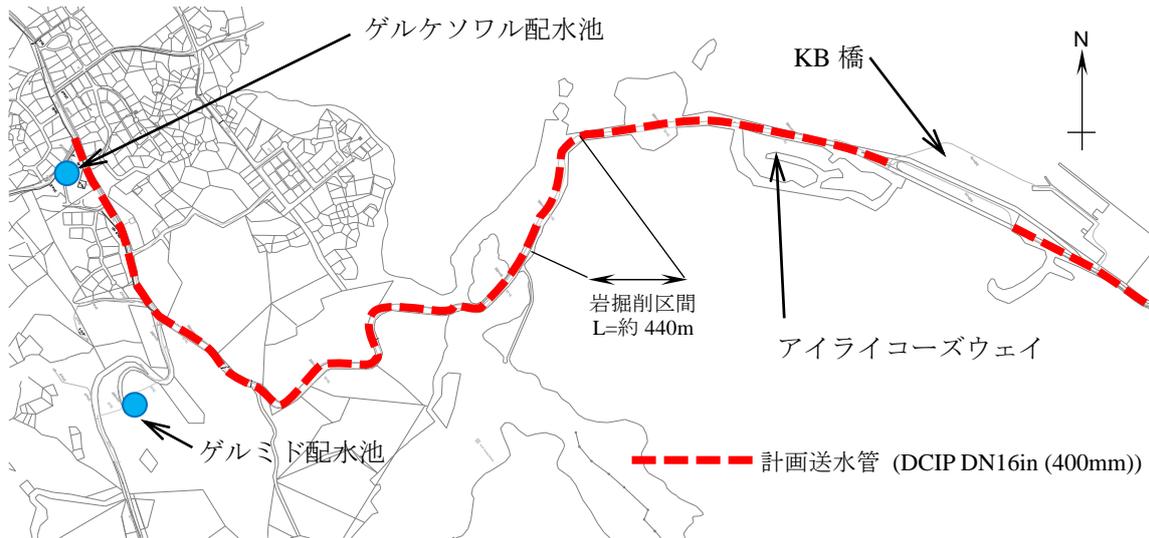
番号	位置	管種・管径	延長
1	アイライ浄水場 - KB 橋 (アイライ側)	DCIP, 16in (400mm)	1.39mi (2,228m)
2	KB 橋 (コロール側) - ゲルケソワル配水池前	DCIP, 16in (400mm)	1.99mi (3,188m)
3	PVA 交差点 - マラカル配水池	DCIP, 10in (250mm)	1.93mi (3,094m)

出典： JICA 調査団



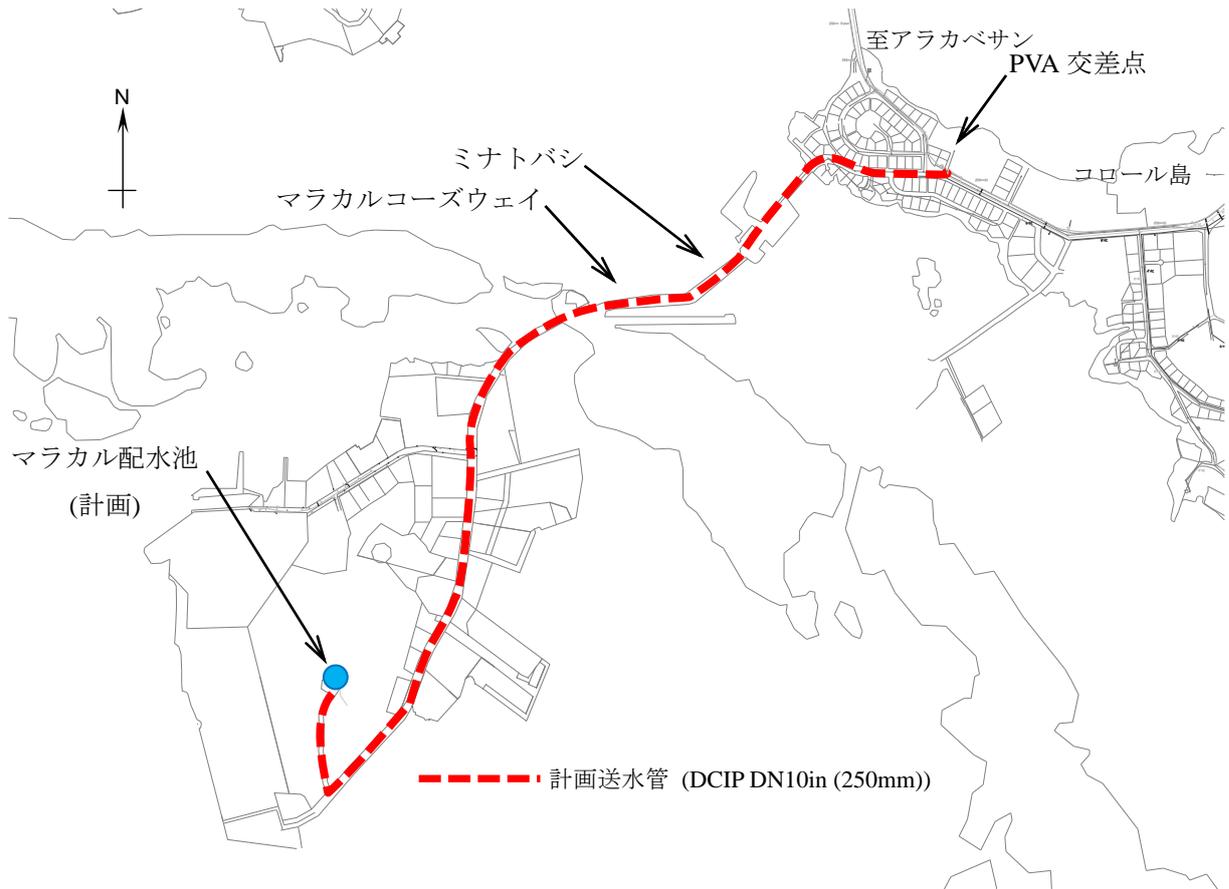
出典: JICA 調査団

図 3-1-12 計画送水管配置図-1 (アイライ浄水場～KB 橋 (アイライ側))



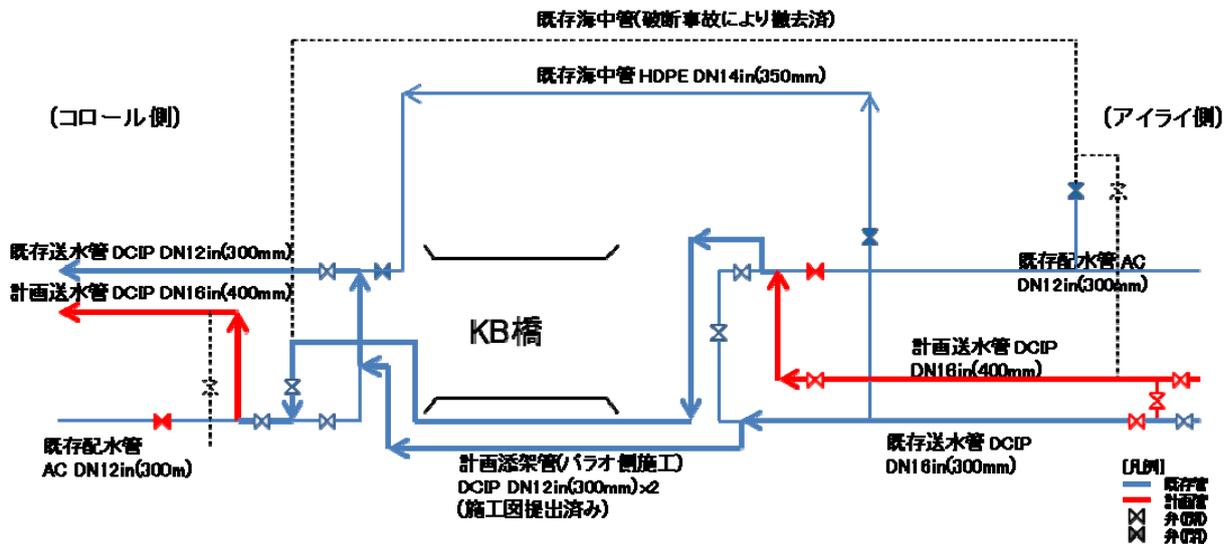
出典: JICA 調査団

図 3-1-13 計画送水管配置図-2 (KB 橋 (コロール側)～ゲルケソワル)



出典: JICA 調査団

図 3-1-14 計画送水管配置図-3 (PVA 交差点~マラカル配水池)



出典: JICA 調査団

図 3-1-15 KB 橋添架管への接続方法

3-1-4-3 管種・管径・工法・標準断面

(1) 管種

我が国の水道施設設計指針で適用されるダクタイル鋳鉄管、鋼管及びステンレス鋼管について、技術（耐久性、施工性）及び費用（建設費、維持管理費）を表 3-1-20 の通り比較検討した。管種検討一覧を表 3-1-20 に示す。なお、同指針には硬質ポリ塩化ビニル管及びポリエチレン管も列記されているが、本プロジェクトにおける最高使用圧力（最大静水圧+水撃圧）が 199psi（1.37MPa）であり、これらの耐圧性能の適用外であるため、比較から除外した。

比較検討の結果、長期耐久性・施工性に優れ、工費も安価であるダクタイル鋳鉄管（DCIP）を使用する。

表 3-1-20 管種検討一覧

比較項目	ダクタイル鋳鉄管	鋼管	ステンレス鋼管
1. 耐久性			
(1)最高使用圧力	580-725psi (4.0-5.0MPa) DN3.2-24in	218psi (1.5MPa)	218psi (1.5MPa)
(2)耐用年数	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 我が国の地方公営企業法では 40 年であり、耐久性に優れている。 ▶ ゴム輪は 30 年以上の使用実績がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 維持管理の状態によっては、25 年以上可能であり、耐久性に優れている。 ▶ 継手部の現場溶接時に塗覆装部に留意する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 維持管理の状態によっては、30 年以上可能であり、耐久性に優れている。
(3)耐食性	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 外面:物理的に耐食性に優れており、表面にタールエポキシ系の塗装をしているので防食効果は大きい。 ▶ 内面:モルタルライニングは管内面によく密着し、防食効果が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 外面取扱時に損傷をうけ易く、継手部は現場施工のため高度の技術を要する。局所的な損傷から腐食が進行する可能性がある。 ▶ 内面:ダクタイル鋳鉄管に比べ耐食性は劣る。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 内外面共に防食性に優れるが、腐食性土壌に対しては、外面を塗覆装する必要がある。
2. 施工性			
(1)作業性	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 接合作業は容易、迅速であり、接合後直ちに埋め戻しが可能である。 ▶ 雨天時及び湧水時の条件下でも施工が容易である。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 現地溶接、塗装は高度の技術を要し、工期が長い。 ▶ 完全にドライの環境が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 現地溶接、塗装は特殊で高度な技術を要し、工期が長い。 ▶ 完全にドライの環境が必要である。
(2)基礎工、埋戻し	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般に特別な基礎工事を必要としない。 ▶ 強度、延性が優れているので、安全性が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 管のたわみ防止と外面塗装の損傷を防ぐため、管底の突固めと、管周囲の砂埋戻しが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 管のたわみ防止と外面塗装の損傷を防ぐため、管底の突固めと、管周囲の砂埋戻しが必要である。
3. 建設費、維持管理			
(1)管材費比率	1.0	1.7	4.2
(2)土木工事	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般に特別な基礎工事を必要とせず、埋戻し発生土を流用できる。 ▶ 残土処理、埋め戻し費用が割安となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 当該地は降雨日数、降雨量が多いため、作業工程が長期となり、機械損料等が割高となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 当該地は降雨日数、降雨量が多いため、作業工程が長期となり、機械損料等が割高となる。

出典: JICA 調査団

(2) 管径

計画送水管の管径は、コロール・アイライ給水システム全体の送水管フロー図において、ヘーゼン・ウィリアムズ式による流量計算により決定する。なお、諸条件は以下の通りである。

- Hazen-Williams 公式： $H=10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L$

ここに、

H：摩擦損失水頭 (m)

C：流速係数

D：管内径 (m)

Q：流量 (m³/s)

L：延長 (m)

- 流速係数：C=110
- 計画一日最大送水量：浄水場出口で Q=4MG/日 (15,140m³/日)
- 送水ポンプ全揚程：290ft (87.0m)

計画送水管の流量計算の結果は、表 3-1-21 及び図 3-1-16 の通りである。したがって、計画送水管の管径を以下のように設定する。

- アイライ浄水場～ゲルケソワル：16in (400mm)
- PVA 交差点～マラカル配水池：10in (250mm)

表 3-1-21 計画送水管の流量計算結果

位置*1		計画一日最大送水量		呼び径		管延長		有効水頭*4 (終点)		静水頭 (終点)	
始点	終点	MG/日	m ³ /日	in	mm	ft	m	ft	m	ft	m
1	2	4.00	15,140	16	400	400	120	294	88	297	89
2	2'	3.55	13,430	18.5 ^{*3}	463 ^{*3}	7,200	2,160	249	75	268	80
2'	2''	3.55	13,430	15.6 ^{*3}	390 ^{*3}	1,700	510	239	72	268	80
2''	3	3.55	13,430	18.5 ^{*3}	463 ^{*3}	8,900	2,670	56	17	107	32
2	9	0.45	1,710	8	200	5,900	1,770	24	7	46	14
3	4	0.77	2,927	8	200	1,600	480	47 ^{*2}	14 ^{*2}	113 ^{*2}	34 ^{*2}
3	5	2.77	10,503	18.5 ^{*3}	463 ^{*3}	1,800	540	94	28	148	45
5	6	2.06	7,786	10	250	500	150	24	7	87	26
5	7	0.72	2,717	10	250	9,100	2,730	200	60	276	83
7	8	0.31	1,159	10	250	11,800	3,540	14	4	97	29
7	10	0.41	1,558	10	250	8,600	2,580	13	4	97	29

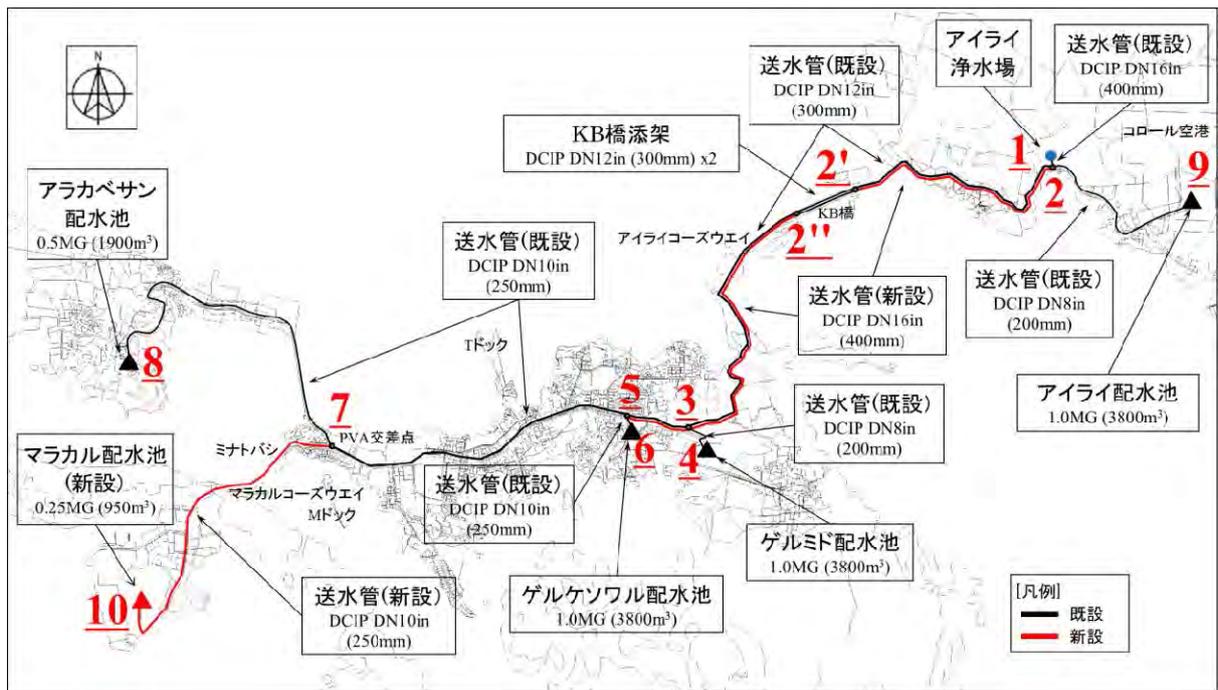
注1 1:アイライ浄水場、2:アイライ浄水場分岐、2':KB 橋 (アイライ側)、2'':KB 橋(コロール側)、3:ゲルミド分岐、4:ゲルミド配水池、5:ゲルケソワル分岐、6:ゲルケソワル配水池、7:PVA 交差点、8:アラカベサン配水池、9:アイライ配水池、10:マラカル配水池。各位置番号の詳細は下図に示す通りである。

注2 ゲルミド B/P の全揚程 100ft (30m)を付加。

注3 並列管路の換算断面：18.5in (463mm) = “16in+12in (400mm+300mm)、15.6in (390mm) = “12in+12in (300mm+300mm)。アイライ浄水場～ゲルケソワル分岐間の計画 (追加) 送水管呼び径: 16in (400mm)、KB 橋計画添架管: 12in+12in (300mm+300mm)

注4 各路線終点における有効水頭が正であれば、計画量が流下可能である。配水池の場合は HWL 以上の有効水頭が必要である。

出典： JICA 調査団



出典: JICA 調査団

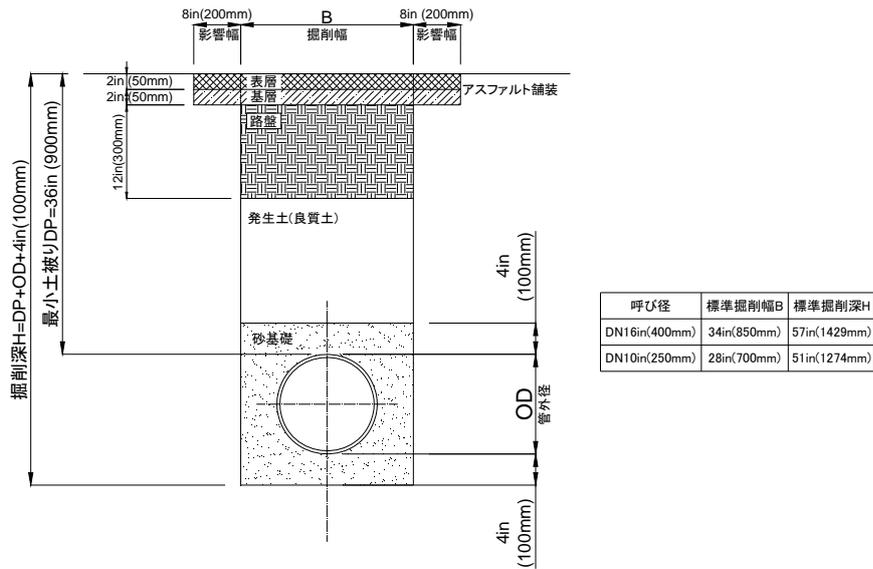
図 3-1-16 流量計算用位置図

(3) 標準掘削断面

計画送水管の敷設方法は、開削工法とする。標準掘削断面図は図 3-1-17 に示す通りであり、敷設管の最低土被りは PPUC の内規により 90cm 以上とする。

なお、管路工事は舗装を痛めるため、BPW より推進工法の提案があったが、以下の通り開削工法が優位である。舗装については、3-1-7-3 章に述べる。

- 一般に土被り 3m 以上の場合に、推進工法が経済的優位となる。
- 計画送水管は圧力管であり、一部区間を除き最低土被りで浅層埋設が可能である。
- 推進工法とした場合、既設送水管との併設が困難であり、敷設深を大きくする必要が生じる。そのため、更に工費が嵩む。
- 計画路線に曲線が多く、許容推進延長に対するスケールメリットが小さい。
- 交通量が少ないため、交通障害に対する推進工法のメリットが小さい。



出典: JICA 調査団

図 3-1-17 計画送水管標準掘削断面図

(4) 管厚

ダクタイル鋳鉄管の管厚は、作用する内圧及び外圧を勘案し、下式により算定する。

$$t = \frac{(1.25P_s + P_d) + \sqrt{(1.25P_s + P_d)^2 + 8.4(K_f W_f + K_t W_t)S}}{2S} d$$

ここに、

t : 管厚 (mm)

H : 最低土被り =0.9m

P_s : 静水圧 (MPa)=0.934MPa

P_d : 水撃圧 (MPa)=0.44MPa

K_f : 管底の支持角によって定まる係数

2θ=60°の時 K_f : 管頂 132×10⁻⁶、管底 223×10⁻⁶

K_t : 管頂 76×10⁻⁶、管底 11×10⁻⁶

W_f : 土被りよる土圧 (kN/m²) = γ × h

W_t : 輪荷重による土圧 (kN/m²) = $\frac{2 \times 100 \times (1 + 0.5)}{2.75 \times (0.2 + 2 \times h)}$

h : 土被り (m) =0.9m

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³) =20kN/m³

S : 管材の引張強さ 420(N/mm²)

d : 管口径 (mm)

管厚は、管頂、管底の両者について計算し大きい方を採用する。各管径及び土被りにおける計算結果は表 3-1-22 の通りとなり、DN16in (400mm)及び DN10in (250mm)の管種は K9 とする。

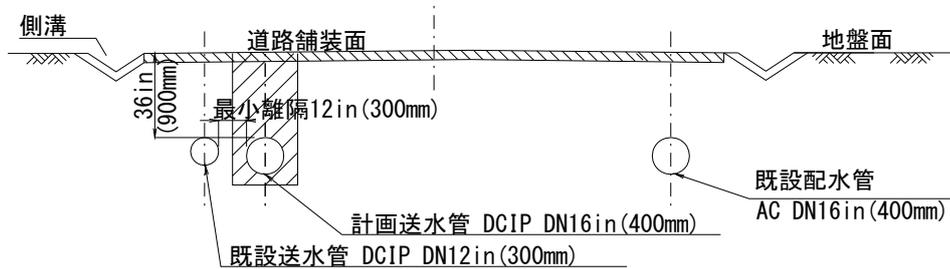
表 3-1-22 管厚計算

土被りh	m	0.90		3.00		0.90		3.00	
管の位置		管頂	管底	管頂	管底	管頂	管底	管頂	管底
Ps	MPa	0.934	0.934	0.934	0.934	0.934	0.934	0.934	0.934
Pd	kN/m ²	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440
Wt	kN/m ²	5.45E+01	5.45E+01	1.76E+01	1.76E+01	5.45E+01	5.45E+01	1.76E+01	1.76E+01
Wf		1.80E+01	1.80E+01	6.00E+01	6.00E+01	1.80E+01	1.80E+01	6.00E+01	6.00E+01
Kf		1.32E-04	2.23E-04	1.32E-04	2.23E-04	1.32E-04	2.23E-04	1.32E-04	2.23E-04
Kt		7.60E-05	1.10E-05	7.60E-05	1.10E-05	7.60E-05	1.10E-05	7.60E-05	1.10E-05
S	N/mm ²	420	420	420	420	420	420	420	420
d	mm	412.8	412.8	412.8	412.8	260.4	260.4	260.4	260.4
t	mm	3.28	2.92	3.71	4.28	2.07	1.84	2.34	2.70
max(管頂、管底) mm		3.28		4.28		2.07		2.70	
T=(t+2)+1 mm		6.28		7.28		5.07		5.70	
管径		DN16in (400mm)				DN10in (250mm)			
決定管種		K9				K9			
決定管厚 mm		8.1				6.8			

出典: JICA 調査団

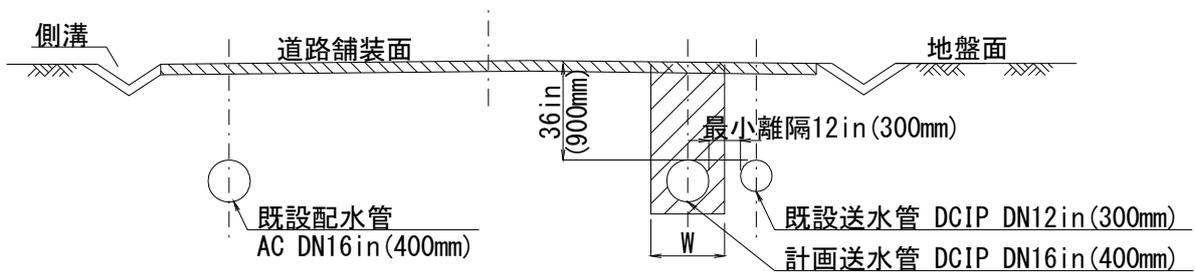
(5) 敷設位置

計画送水管は、各ルートに対して図 3-1-18～図 3-1-22 に示す標準断面図の位置に敷設される。
 なお、既設構造物、既設管路との最小離隔は 30cm とする。



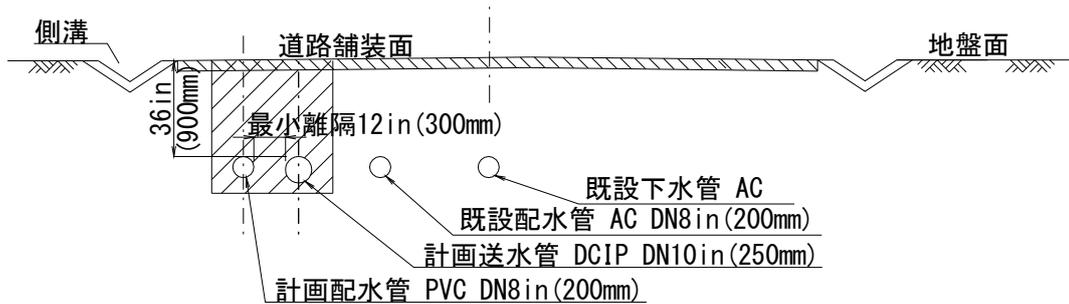
出典: JICA 調査団

図 3-1-18 計画送水管標準断面図-1 (アイライ浄水場～KB 橋)



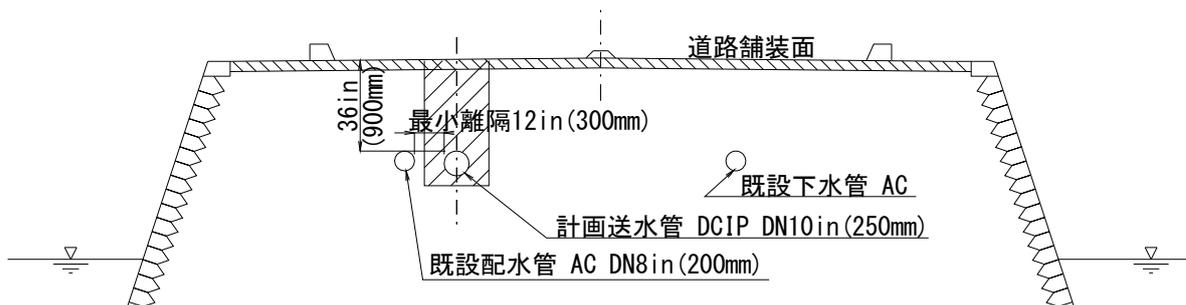
出典: JICA 調査団

図 3-1-19 計画 (追加) 送水管標準断面図-2 (KB 橋～ゲルケソワル)



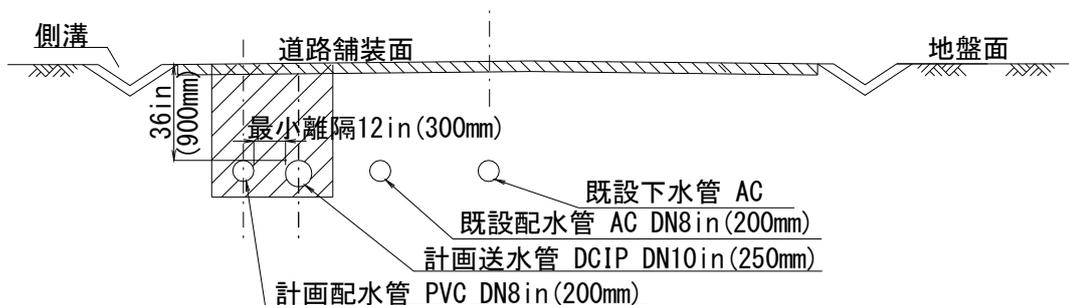
出典: JICA 調査団

図 3-1-20 計画送水管標準断面図-3 (PVA 交差点～ミナトバシ)



出典: JICA 調査団

図 3-1-21 計画送水管標準断面図-4 (マラカルコースウェイ)



出典: JICA 調査団

図 3-1-22 計画送水管標準断面図-5 (マラカルコースウェイ～マラカル配水池)

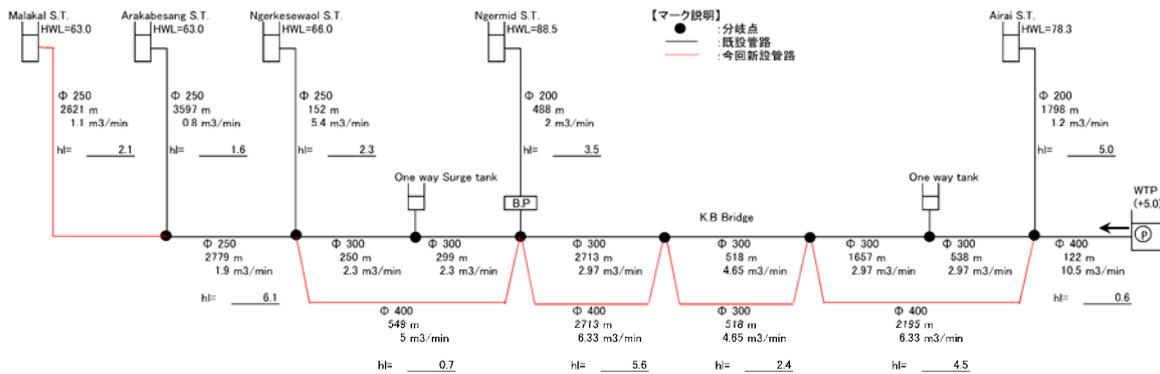
(6) 空気弁、排泥弁、制水弁

管路縦断の凹部、凸部に、それぞれ排泥弁、空気弁を設置する。また、維持管理に鑑み、分岐部及び排泥弁箇所に加え、路線延長 1～3km 毎に制水弁を設置する。

(7) ウォーターハンマーの検討

ポンプ駆動電源が、何らかの事情で緊急遮断されたとき、圧送管路に急激な圧力上昇及び圧力降下 (ウォーターハンマー) が発生する。その値が一定値以上に達すると、管路の破損等の重大事故につながる可能性が非常に高くなる。そのため、電源遮断時の圧力変動幅を計算し、それが有害であれば対策を講じる必要がある。

既設管路（送水ポンプ出口からアラカベサン配水池のルート）にはワンウェイサージタンク（2 箇所）の水撃対策が講じられている。本プロジェクトでは、既設管路と平行して新設管路を設ける管路の 2 条化を計画している。総送水量が 15,140 m³/日に増加するが、既設管路に流れる送水量は 2 条化により減少するため、既設管路には既設の水撃対策装置が機能していることになる。そのため、図 3-1-23 に示す水撃検討モデルで、新設する 2 条目のルートに係る水撃検討を実施した。

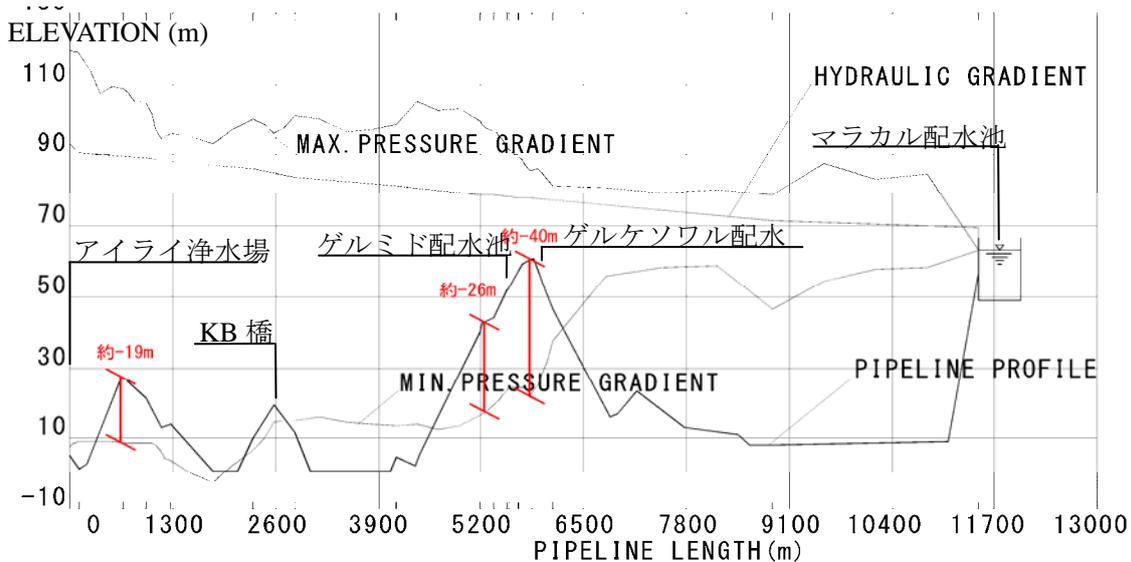


出典: JICA 調査団

図 3-1-23 水撃検討モデル

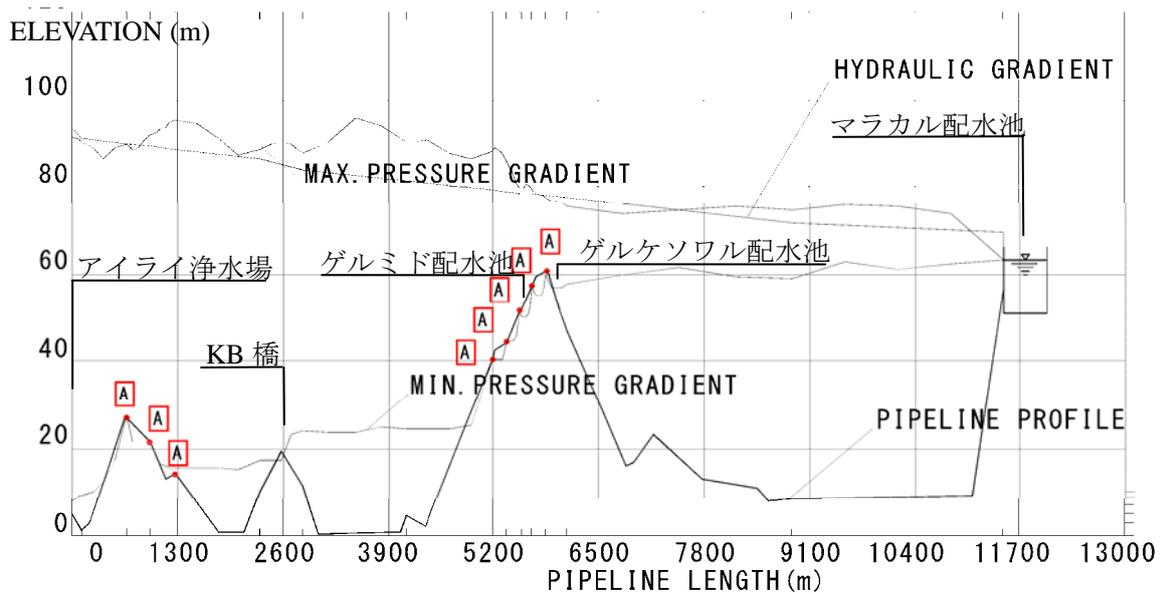
図 3-1-24 に水撃検討結果（対策前）を示す。アイライ浄水場～KB 橋間及びゲルミド分岐～ゲルケソワル分岐付近に、約 19m～40m の負圧が発生するため、対策が必要である。

上記負圧対策として、図 3-1-25 に示すアイライ浄水場～KB 橋間に 3 箇所及びゲルミド分岐～ゲルケソワル分岐付近に 5 箇所（合計 8 箇所）の急速空気弁（口径 75mm）を設置することにより負圧を解消する。



出典: JICA 調査団

図 3-1-24 水撃検討結果（対策前）



出典: JICA 調査団

図 3-1-25 水撃検討結果 (対策後)

(8) ミナトバシ添架

マラカル島への専用送水管を敷設するためには、管路がコロール島とマラカル島の海峡を横断する必要がある。BPW からミナトバシへの添架を求められているため、添架による橋梁への影響を以下のように検討した。

1) ミナトバシの現況

ミナトバシは、1979年に架け替えられ、2006年11月に日本の無償資金協力（島間連絡道路改修計画）により、マラカルコースウエイの拡幅改修計画の一部として、鋼管杭の防食塗装やパイルベント¹が補修された。

現在、鋼管杭の潮流の影響を受ける箇所塗装の剥がれが見られるが、構造上問題はなく、その他箇所については、特段の異常はない。

¹ パイルベント: 鋼管杭の柱頭部を鉄筋コンクリート製の横梁で固定し、上部工荷重を受ける橋脚構造。



[左]ミナトバシ（マラカル島側）、[右]ミナトバシ上部工及びパイルベント橋脚の状況
出典: JICA 調査団

図 3-1-26 ミナトバシの添架管

2) ミナトバシ耐荷重に対する概略検討

マラカル島への新設送水管として、DCIP DN10in (250mm) を計画しており、これをミナトバシに添架する必要がある。添架管による増加荷重による橋梁への影響を、以下のように概略検討した。

➤ DCIP DN10in (250mm) 添架による増加荷重

新設送水管の満水重量は 0.98kN/m である。よって、橋脚のパイルベントに作用する増加荷重の最大値は、橋脚両側の支間長の 1/2 相当の重量が作用するため、次式の通り 20.7kN となる。なお、ミナトバシは 3 径間であり、各支間長は、20.879m (68ft 6in)、21.336m (70ft) 及び 20.879m (68ft 6in) で構成されている。

$$0.48\text{kN/m (管重量)} + 0.50\text{kN/m (水重量)} = 0.98\text{kN/m}$$

$$0.98\text{kN/m} \times (20.879\text{m} + 21.336\text{m})/2 = 20.7\text{kN}$$

$$20.7 / 3 = 6.9\text{kN (鋼管柱 1 本当たり)}$$

➤ 既存橋パイルの支持力・杭体断面力

パラオ国島間連絡道路改修計画 基本設計調査報告書 (2004 年) において、既存橋脚鋼管杭の支持力・杭体断面力照査が実施されている。同報告書によると、橋軸直角方向における鋼管杭 1 本当たりの押込み力がクリティカルになっている。このため、添架管による増加荷重を考慮した橋軸直角方向におけるパイル 1 本当たりの押し込み力の照査を行う。

表 3-1-23 鋼管柱 1 本当たりの押込み力の照査 (橋軸直角方向)

現況荷重	増加荷重	合計荷重	許容力
1,022kN	6.9 kN	1,028.9 kN	1,036 kN

出典: JICA 調査団

表 3-1-23 の通り、添架管による増加荷重を考慮した押込み力は許容値以内である。また、目視やヒアリング調査で主桁の健全が確認されているため、新設送水管をミナトバシに添架することを計画する。

3) ミナトバシ添架方法

図 3-1-27 に示す通り、ミナトバシ西側には、既存下水管が添架されている。また、東側には 2 本の既存配水管 (各 DN4in : 100mm) が添架されている。そのため、橋梁管理者の BPW と「ミナトバシ東側に添架する」ことで合意した。



[左]ミナトバシ西側 (既存下水道管)、[右]ミナトバシ東側 (既存配水管 DN4in (100mm)、2 本)
出典: JICA 調査団

図 3-1-27 ミナトバシの既存添架管

4) 岩掘削区間

送水管敷設区間の掘削に係る土質は、一般的にラテライト (粘性土) であるが、図 3-1-28 で前掲の通り、アイライコーズウェイ西側終点から約 440m の区間は、石灰岩が露頭しており、試掘試験結果においても、表層が約 20cm、表層下~GL-90cm は礫層、GL-90cm で岩着している。このため、この区間の送水管の敷設は、岩掘削を要する。



[左]石灰岩の露頭 (路線西側)、[右]試掘状況
出典: JICA 調査団

図 3-1-28 岩掘削区間

3-1-4-4 舗装復旧

送水管は全て国道部に敷設される。BPW との協議の結果、送水管単独区間と送・配水管併設もしくは同時敷設区間に分け、舗装復旧方法の合意を得た。各計画送水管敷設区間における舗装復旧方法は、表 3-1-24 に示す通りである。

表 3-1-24 舗装復旧方法

番号	敷設区間	敷設方法	舗装復旧方法
1	アイライ浄水場 ～ゲルミド配水池前	送水管単独敷設	掘削幅と両側 20cm の影響幅を、既存道路と同じように復旧する（掘削幅+40cm）
2	ゲルミド ～ゲルケソワル配水池前	送・配水管併設敷設	配水管敷設もするため、仮復旧後、舗装全面を表層切削・オーバーレイする。
3	PVA 交差点 ～マラカル配水池	送・配水管同時敷設	配水管敷設もするため、仮復旧後、舗装全面を表層切削・オーバーレイする。ただし、マラカル配水池手前の約 220m の区間は、送配水管を敷設する 1 車線のみを切削・オーバーレイする。

出典: JICA 調査団

3-1-5 配水区

3-1-5-1 配水量

(1) 計画一日最大給水量

1) 各配水区の有収水量実績

アイライ浄水場系統の有収水量は、a) Airai、b) Meketii、c) Ikelau、d) Medalaii（マラカル島を含む）、e) Ngerbeched、f) Idid、g) Dngeronger、h) Iyebukl、i) Ngerkesoal、j) Ngerchemai、k) Meyuns（Ngerkebesang 含む）、l) Ngermid の 12 地区毎に集計されている。2013 年 6 月～7 月における 12 地区の有収水量実績は、表 3-1-25 及び表 3-1-26 に示すように、現状及び計画配水区割の配水量へそれぞれ割り当てられる。なお、現状及び計画配水区割図を、それぞれ、図 3-1-6 及び図 3-1-7 に示す。

表 3-1-25 現況配水区毎の有収水量実績

地域			有収水量(G) [1ヶ月：2013年6-7月]					配水区別 有収水量(G)						
			一般家庭 固定料金制	一般家庭 メーター制	事業所 固定料金制	事業所 メーター制	合計	アイライ 浄水場 直接配水区	アイライ 配水区	ゲルミド 配水区	ゲルケソワル 配水区	アラカベサン 配水区	マラカル 配水区	総量
アイライ州	No.1	Airai	1,974,460	3,557,690	266,710	1,186,400	6,985,260	1,397,052	5,588,208	-	-	-	-	6,985,260
コロール州 (Hamlets)	2	Meketii	1,709	1,011,480	-	931,660	1,944,849	-	-	-	1,944,849	-	-	1,944,849
	3	Ikelau	-	989,930	-	1,052,510	2,042,440	-	-	-	2,042,440	-	-	2,042,440
	4	Medalarii+Malakai	12,820	3,622,390	6,152,180	11,423,910	21,211,300	-	-	-	21,211,300	-	-	21,211,300
	5	Ngerbeched	25,640	4,277,820	400,520	1,432,240	6,136,220	-	-	-	6,136,220	-	-	6,136,220
	6	Idid	-	1,779,070	38,200	617,580	2,434,850	-	-	-	2,434,850	-	-	2,434,850
	7	Dngeronger	-	892,710	-	2,863,350	3,756,060	-	-	-	3,756,060	-	-	3,756,060
	8	Iyebuki	-	1,810,830	31,410	312,410	2,154,650	2,154,650	-	-	-	-	-	2,154,650
	9	Ngerkesoal	-	1,857,750	-	272,200	2,129,950	1,490,965	-	-	638,985	-	-	2,129,950
	10	Ngerchemai	-	3,664,640	96,860	491,410	4,252,910	4,252,910	-	-	-	-	-	4,252,910
	11	Meyuns+Arakabe	-	3,048,230	334,820	1,351,590	4,734,640	-	-	-	1,893,856	2,840,784	-	4,734,640
	12	Ngermid	-	2,959,740	24,610	1,071,000	4,055,350	1,419,373	-	2,635,978	-	-	-	4,055,351
	水量合計			2,014,629	29,472,280	7,345,310	23,006,260	61,838,479	10,714,950	5,588,208	2,635,978	40,058,560	2,840,784	-

出典： JICA 調査団

表 3-1-26 計画配水区毎の有収水量実績

地域			有収水量(G) [1ヶ月：2013年6-7月]					配水区別 有収水量(G)						
			一般家庭 固定料金制	一般家庭 メーター制	事業所 固定料金制	事業所 メーター制	合計	アイライ 浄水場 直接配水区	アイライ 配水区	ゲルミド 配水区	ゲルケソワル 配水区	アラカベサン 配水区	マラカル 配水区	総量
アイライ州	No.1	Airai	1,974,460	3,557,690	266,710	1,186,400	6,985,260	-	6,985,260	-	-	-	-	6,985,260
コロール州 (Hamlets)	2	Meketii	1,709	1,011,480	-	931,660	1,944,849	-	-	-	1,944,849	-	-	1,944,849
	3	Ikelau	-	989,930	-	1,052,510	2,042,440	-	-	-	2,042,440	-	-	2,042,440
	4	Medalarii+Malakai	12,820	3,622,390	6,152,180	11,423,910	21,211,300	-	-	-	14,847,910	-	6,363,390	21,211,300
	5	Ngerbeched	25,640	4,277,820	400,520	1,432,240	6,136,220	-	-	-	6,136,220	-	-	6,136,220
	6	Idid	-	1,779,070	38,200	617,580	2,434,850	-	-	-	2,434,850	-	-	2,434,850
	7	Dngeronger	-	892,710	-	2,863,350	3,756,060	-	-	-	3,756,060	-	-	3,756,060
	8	Iyebuki	-	1,810,830	31,410	312,410	2,154,650	-	-	2,154,650	-	-	-	2,154,650
	9	Ngerkesoal	-	1,857,750	-	272,200	2,129,950	-	-	1,490,965	638,985	-	-	2,129,950
	10	Ngerchemai	-	3,664,640	96,860	491,410	4,252,910	-	-	4,252,910	-	-	-	4,252,910
	11	Meyuns+Arakabe	-	3,048,230	334,820	1,351,590	4,734,640	-	-	-	-	4,734,640	-	4,734,640
	12	Ngermid	-	2,959,740	24,610	1,071,000	4,055,350	-	-	4,055,350	-	-	-	4,055,350
	水量合計			2,014,629	29,472,280	7,345,310	23,006,260	61,838,479	0	6,985,260	11,953,875	31,801,314	4,734,640	6,363,390

出典： JICA 調査団

3-1-5-2 各配水区の計画一日最大給水量及び計画時間最大給水量

有収水量実績で計算された有収水量の比率を用いて、現況及び計画配水区の計画一日最大給水量を設定する。

また、時間最大給水量は、それぞれの配水管が受け持つ配水区域の一日最大給水量に時間係数を乗じて求められる。時間係数は、一日最大給水量時における時間平均給水量と時間最大給水量の比率である。

アイライ浄水場系統の各配水池には配水流量計が設置されておらず、各配水区の1日当りの配水量の変動を把握することができないため、実績の時間係数を求めることが困難である。従って、我が国の水道施設設計指針に基づく推計値で時間係数を設定する。

対象とする地域は、住宅と商業地域であり、このような地域の一般的な時間係数は、我が国の水道施設設計指針（日本水道協会：2012年）によれば、以下の式で表される。

$$\text{時間係数 } K = 1.8665 \times (Q/24)^{-0.0214} \quad Q: \text{水量 (m}^3/\text{日)}$$

なお、記録されている2013年の一日最大給水量は3.95MG/日（14,951m³/日）である。このうち、48%が無収水量と推定される。したがって、一日最大給水量のケースの有収水量は、2.05MG/日（7,759m³/日）と推定される。

無収水量（48%）	1.90 MG/日	一定
有収水量（52%）	2.05 MG/日	時間変動
全体水量（100%）	3.95 MG/日	

このQに有収水量の2.05MG/日を代入すると、時間係数は1.65となる。

$$K = 1.8665 \times ((2.05\text{MG/日} : 7,759\text{m}^3) / 24)^{-0.0214} = 1.65$$

時間係数を水量全体（3.95MG/日）で均すと、時間係数は約1.34となる。

$$(1.90\text{MG/日 (無収水量)} + 2.05\text{MG/日 (有収水量)} \times 1.65) / 3.95\text{MG/日} = \underline{\underline{1.337}}$$

したがって、水道設計指針からの計算によれば、時間係数は1.3程度が妥当と考えられる。

前掲の有収水量実績と全体の計画一日最大給水量から、表3-1-25に現況及び計画配水区の一日最大給水量及び時間最大給水量を示す。

表 3-1-27 現況及び計画配水区の一日最大給水量及び時間最大給水量

項目		配水区域名	アイライ浄水場 直接配水区	アイライ 配水区	ゲルミド 配水区	ゲルケソワル 配水区	アラカベサン 配水区	マラカル 配水区	総量
有収水量実績 (G) [2013年6-7月]			10,714,950	5,588,208	2,635,978	40,058,560	2,840,784	-	61,838,479
一日最大給水量	MG/日		0.69	0.36	0.17	2.60	0.18	-	4.0
	(m ³ /日)		(2,623)	(1,368)	(645)	(9,808)	(696)	-	(15,140)
	%		17.3%	9.0%	4.3%	64.8%	4.6%	-	100%
時間最大給水量	時間係数		1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	-	1.3
	MG/日		0.90	0.47	0.22	3.38	0.23	-	5.2
	(m ³ /日)		(3,410)	(1,778)	(839)	(12,750)	(905)	-	(19,682)

項目		配水区域名	アイライ浄水場 直接配水区	アイライ 配水区	ゲルミド 配水区	ゲルケソワル 配水区	アラカベサン 配水区	マラカル 配水区	総量
有収水量実績 (G) [2013年6-7月]			-	6,985,260	11,953,875	31,801,314	4,734,640	6,363,390	61,838,479
一日最大給水量	MG/日		-	0.45	0.77	2.06	0.31	0.41	4.0
	(m ³ /日)		-	(1,710)	(2,927)	(7,786)	(1,159)	(1,558)	15,140
	%		-	11.3%	19.3%	51.4%	7.7%	10.3%	100%
時間最大給水量	時間係数		-	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
	MG/日		-	0.59	1.00	2.68	0.40	0.53	5.2
	(m ³ /日)		-	(2,223)	(3,805)	(10,122)	(1,507)	(2,025)	19,682

注： 時間最大給水量として、24時間当たりの流量へ換算した数値が記入されている。

出典： JICA 調査団

3-1-5-3 管網解析

(1) 計算条件

1) 最大静水圧

既存配水池の配置や地形条件、既存施設のバルブや管材の標準的な仕様等を考慮すると、配水管から給水管に分岐する箇所での配水管内の最大静水圧は、PPUC の管理目標である 110psi (0.76MPa) が適切である。

2) 最小動水圧

配水管から給水管に分岐する箇所での配水管内の最小動水圧を、PPUC の管理目標である 20psi (0.14MPa) とする。

3) 水理計算式 (損失水頭の計算)

管路の流量公式は、一般に用いられているヘーゼン・ウィリアムズ公式を用い、前項で設定した計画時間最大給水量を基に配水区毎に計算する。

4) 流速係数

管路の流速係数は、管内面の粗度と管路中の屈曲、分岐部等の数により異なる。本プロジェクトでは、屈曲部損失などを含んだ管路全体として C=110 とする。

5) 配水池の水位

管網計算に用いる水位は、安全側を考慮し、最小動水圧を各配水池の LWL から計算する。また、最大静水圧を、各配水池の HWL から計算する。表 3-1-26 に各配水池の水位を示す。

表 3-1-28 配水池の水位

配水池	HWL	LWL
1. アイライ	261ft (78.3m)	221ft (66.3m)
2. ゲルミド	295ft (88.5m)	255ft (76.5m)
3. ゲルケソワル	220ft (66.0m)	188ft (56.4m)
4. アラカベサン	210ft (63.0m)	190ft (57.0m)
5. マラカル	210ft (63.0m)	190ft (57.0m)

出典： JICA 調査団

(2) 配水区修正の概要

1) 見直し点

現在の配水区域の問題点、管網計算結果を踏まえ、目標最小動水圧 20psi (0.14MPa) 以上の確保、最大静水圧を管理目標値 110psi (0.76MPa) 以下、送配水分離の考えから直接配水区域を廃止することを目的に、配水区割を以下の通り計画する。

➤ ゲルケソワル配水区域の見直しによる適正水圧の確保と給水の安定性の確保

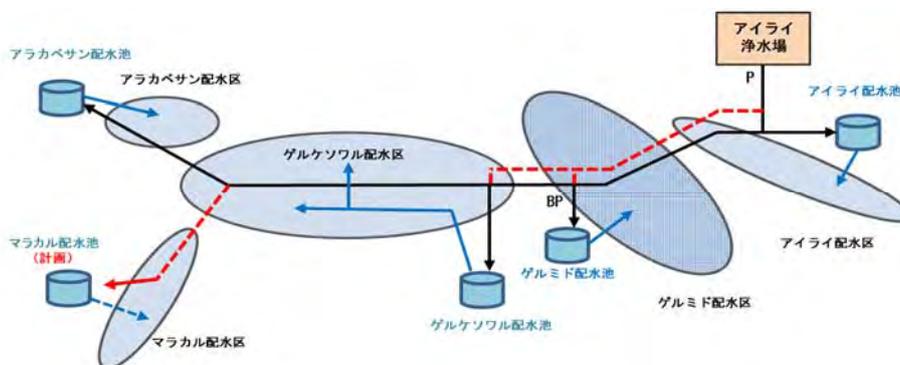
マラカル配水池を建設し、ゲルケソワル配水区からマラカル島全域を切り離すことによって、コロール島南部の Ngerbeched (ゲルベエド) 地区の低水圧の解消やマラカル島への給水の安定性を向上させる。マラカル配水池へは、新設する専用送水管で送水する。

また、アラカベサン配水区をアラカベサン島全域に拡張することにより、ゲルケソワル配水区の負荷を軽減する。

➤ アイライ浄水場からの送配水分離による給水の安定性と配水バランスの確保

アイライ配水区をアイライ州全域に拡大し、ゲルミド配水区を KB 橋 (コロール側) からゲルケソワル配水池付近まで拡大させ、既存の直接配水区を廃止する。これにより、送水ポンプ運転の安定化及びゲルケソワル配水区を縮小する。

図 3-1-29 に配水区割整理と送水管増設した場合の送配水計画概念図を示す。



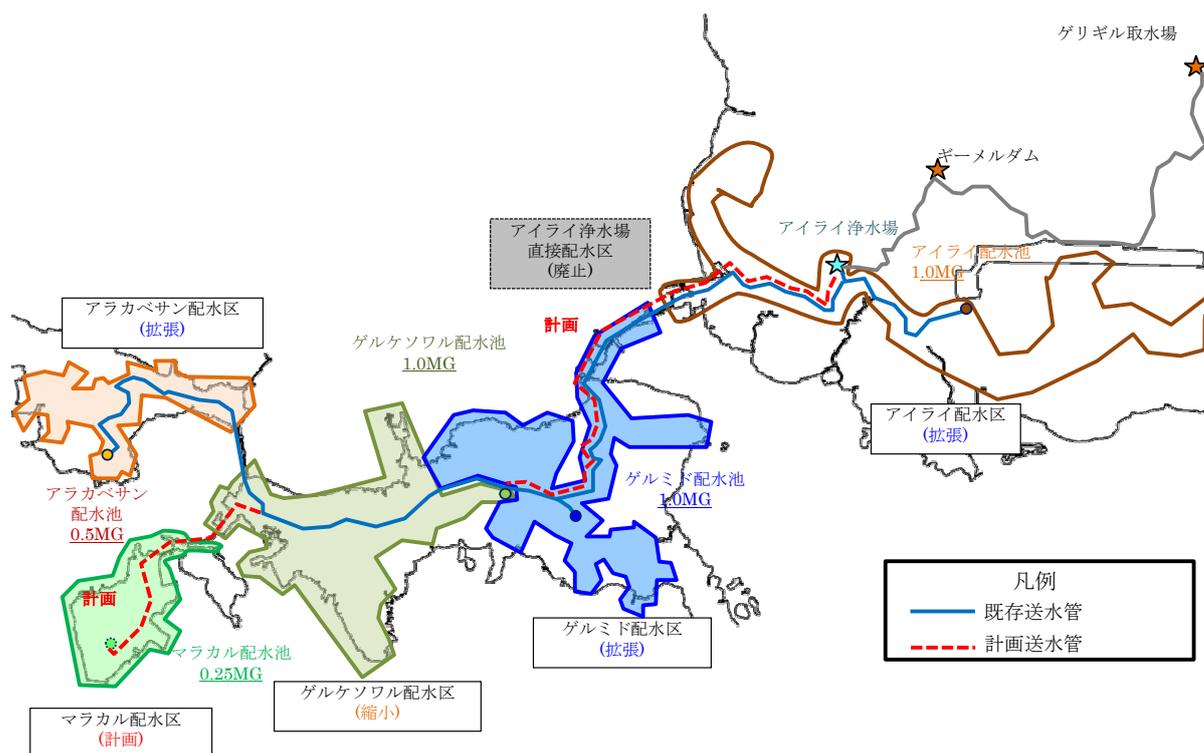
出典： JICA調査団

図 3-1-29 配水計画概念図

2) 計画の管網解析結果

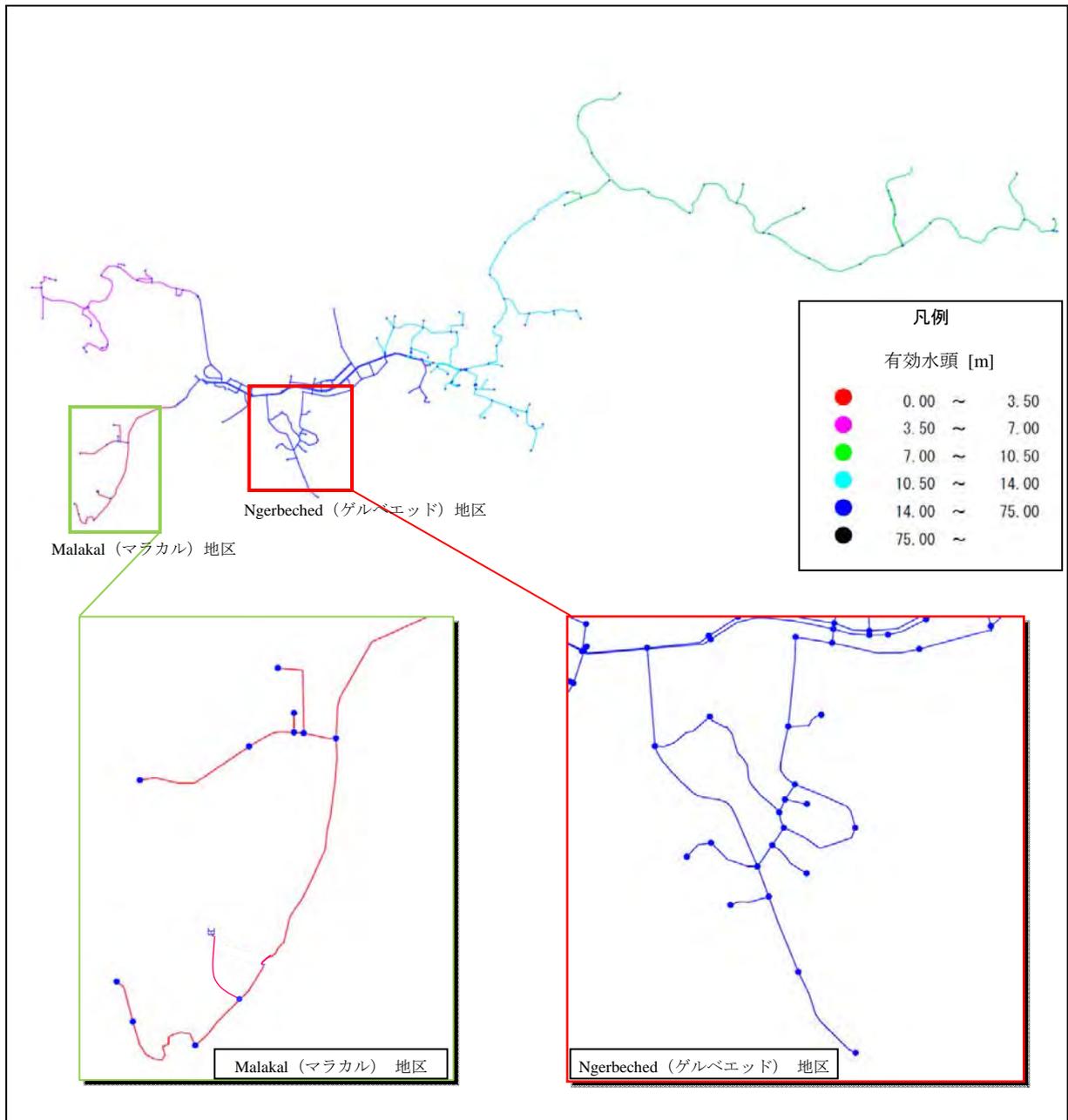
配水区の見直しに基づいた管網計算結果を、図 3-1-30 の計画配水区割、図 3-1-31 の水圧分布図（最小動水圧）に示す。この結果から、以下のように給水状況が改善される。

- 大きな面積を受け持つゲルケソワル配水区は、マラカル島を切り離すこと、アラカベサン配水区を拡張することにより縮小し、配水管の水圧が改善する。特にゲルケソワル配水区の低水圧地区（Ngerbeched：ゲルベエド地区）では、目標最小動水圧の 20psi（0.14MPa）以上を確保できる。
- アイライ浄水場直接配水区を廃止し、アイライ配水区及びゲルミド配水区に転換することにより、ゲルケソワル配水池北側の Iyebukel 及び Ngerchemai 地区の最大静水圧は、管理目標の 110psi（0.76MPa）以下に改善する。
- 現在のアイライ直接配水区のアイライ州西側地区は、アイライ配水区に転換しても水圧が問題なく確保できる。
- マラカル島の低水圧地区が解消する。



出典： JICA調査団

図 3-1-30 計画配水系統図（配水区割図）



出典： JICA 調査団

図 3-1-31 計画配水管の管網計算結果：水圧分布図（最小動水圧）

3-1-5-4 配水池流量計

現在、全ての既存配水池に配水流量計が設置されていない。配水量を監視・把握するため、配水池の流出部に流量計を設置し、配水池の流入・流出制御、無収水把握に活用する。

(1) 配水流量計の設置場所

図 3-1-32 に各配水池の配水流量計の設置場所を示す。アイライ及びゲルミド配水池には配水管の出口直後にバルブがあるため、それ以降に設置する。ゲルケソワル及びアラカベサン配水

池では、配水管の出口直後に RC 造の弁室があるため、弁室撤去後、配水流量計を設置する。
 図 3-1-33 に配水流量計設置概念図を示す。

1. アイライ配水池



2. ゲルミド配水池



3. ゲルケソワル配水池



既設流量計室：撤去

4. アラカベサン配水池



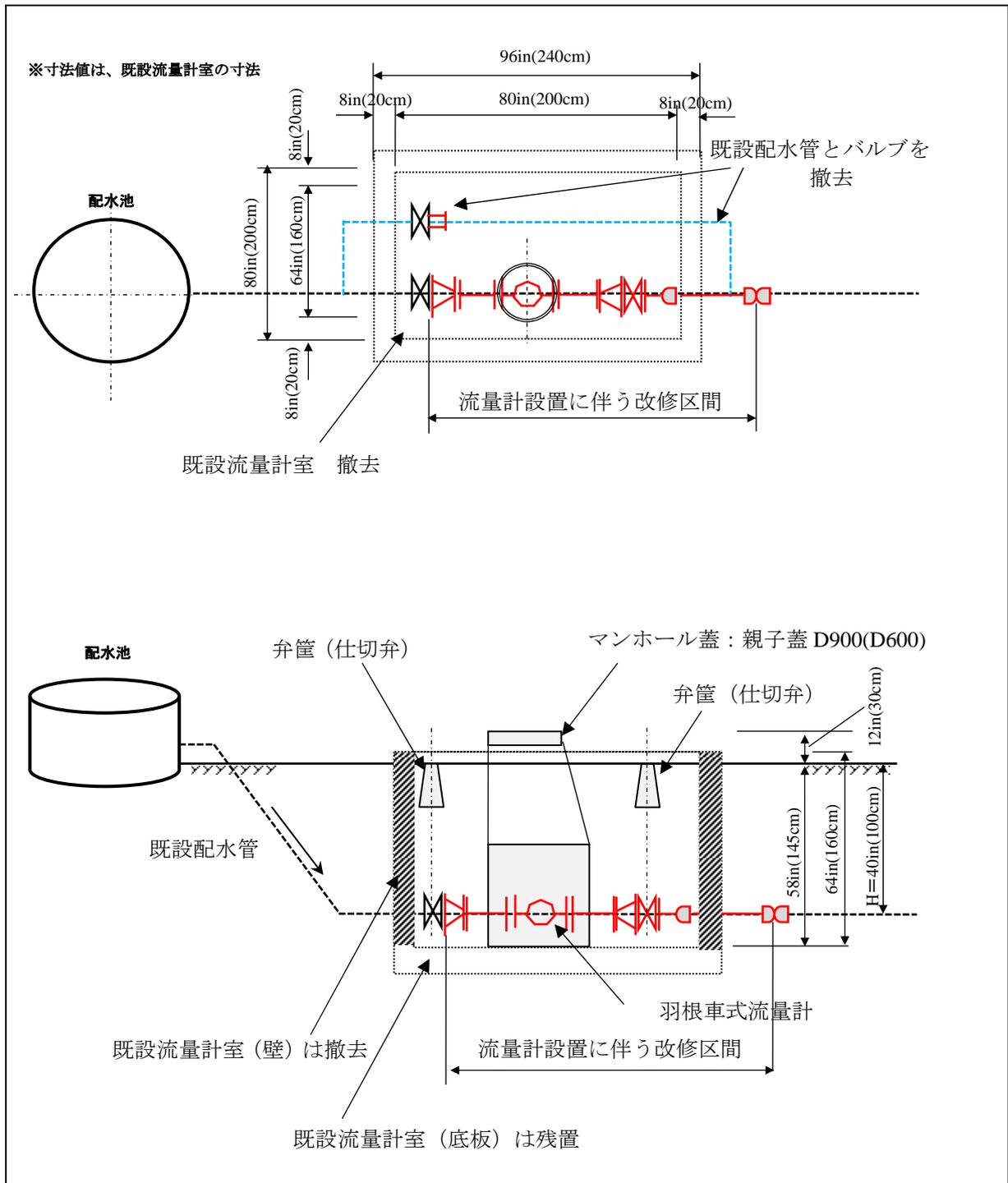
既設流量計室：撤去

出典： JICA 調査団

図 3-1-32 配水流量計の設置場所

(2) 配水流量計の設置方法

配水流量計を設置するためには、一時的に、配水を停止させる。



出典： JICA調査団

図 3-1-33 配水流量計設置概念図（ゲルケソワル配水池・アラカベサン配水池）

(3) 配水流量計の仕様

配水流量計には、羽根車式（機械式）、電磁式、超音波式等がある。経済性及び維持管理性等から、電気設備が不要な羽根車式（機械式）を採用する。

各配水池に設置する配水流量計の口径は、羽根車式流量計の許容測定範囲より表 3-1-29 の通りとする。

表 3-1-29 配水流量計の口径

配水池	計画時間最大給水量 [G/分]	流量計の口径	流量範囲 (最小-最大) [G/分]
1.アイライ配水池	410 (= 0.59MG/日)	6in (150mm)	20-3100
2.ゲルミド配水池	694 (= 1.00MG/日)	6in (150mm)	20-3100
3.ゲルケソワル配水池	1,861 (= 2.68MG/日)	8in (200mm)	35-5000
4.アラカベサン配水池	278 (= 0.40MG/日)	6in (150mm)	20-3100
5.マラカル配水池	368 (= 0.53MG/日)	6in (150mm)	20-3100

注：時間最大給水量 = 一日最大給水量×時間係数(1.3)

出典： JICA調査団

3-1-6 マラカル配水池

3-1-6-1 設計に対する考え方

配水池は、以下の条件を考慮して決定する。

- 配水池容量は、マラカル配水区の計画一日最大給水量の 12 時間分に、消火用水量を加算する。
- 点検、清掃、修理等維持管理面を考慮し、配水池を 2 池（2 系）に分割する。
- 既設の 4 箇所の配水池（アイライ、ゲルミド、ゲルケソワル及びアラカベサン配水池）と同様な水位監視設備を設置し、満水位になると監視者に警報が届くようにする。

(1) 配水池容量

パラオ国には、配水池容量に関する基準がないため、我が国の水道施設設計指針に準拠する。本指針では、配水池の有効容量として、配水区の計画一日最大給水量の 12 時間分を標準とし、配水池の受持つ計画給水人口が 50,000 人以下のものは、原則として消火用水量を別途加算することとしている。

マラカル配水区の一日最大給水量は、表 3-1-14 から、0.41MG (1,552 m³)/日である。従って、12 時間分として 0.21MG (795 m³) 以上とする。

消火用水量は、我が国の「消防水利の基準」より、1 m³/分以上で連続して 40 分以上とあることから、40 m³以上とする。

また、現地の配水池容量が百万ガロン (MG) 単位で設定されていることを考慮し、表 3-1-30 に示す Quarter MG (0.25MG : 950m³) とする。

表 3-1-30 配水池の計画容量

配水池名	計画配水池容量	建設位置
マラカル配水池	0.25MG (950 m ³)	既存マラカル配水池に隣接した位置とする。

出典： JICA 調査団

(2) 配水池建設位置

新設マラカル配水池位置は、図 3-1-34 に示す通りである。

既存マラカル配水池（鋼製）は、1970 年代後半に建設されて以来 35 年以上使用されていない。外面の塗装の剥がれ、リブ、ベースプレートやボルト部の錆びや損傷が激しい。また、屋根面の錆も激しく、水が漏れないという保証が難しいことから、既存配水池を修復し再使用するのではなく新規の配水池を建設する。なお、既存配水池を含む配水池廻りの広範囲の土地は、パラオ国政府の土地であり、PPUC は土地管理者のコロール州から用地利用の承認を得ている。



出典： 政府土地調査局（Land and Survey）の資料を基に JICA 調査団編集

図 3-1-34 配水池位置図

3-1-6-2 配水池の形式、寸法及び材料

利用可能な土地の範囲、建設資材のアクセス、維持管理の容易さなどを考慮し、表 3-1-31 に示すように配水池の形式、寸法及び材料を計画する。

表 3-1-31 配水池の形式、寸法及び材料

配水池名	計画配水池容量	形式	有効寸法 (LxWxH)	材料	形状
マラカル配水池	0.25MG (950 m ³)	地上式	32ft-8in(9.8m) x 43ft-4in(13.0m) x15ft-4in(4.6m) x 2 池 (2 系)	RC	矩形

注： H: 有効水深

出典： JICA 調査団

パラオ国では、鋼製タンク類の塗装の維持・管理が大きな問題である。鋼製構造物に対して、クリーニングや塗装などの定期的な維持管理が十分に実施されていないケースが散見される。したがって、新規配水池の構造を、塗装の必要がなく維持管理に問題が少ない鉄筋コンクリート (RC) 造とする。なお、バベルダオブ島の小集落用水道施設では、小規模ではあるが矩形 RC 造の配水池が採用されており、維持管理が容易なことから、RC 造に対する PPUC の評価は高い。また、鉄筋コンクリートのタンク内部については、内面に防水塗装をして、水密性を高める。

RC 造とする場合、コンクリートミキサー車や建設重機類の搬入用アクセスが可能であることが重要である。既存のアクセス道路は、一部がコンクリート舗装であるが、667ft (200m) 程度の区間が未舗装であることから強雨時には、ぬかるみとなる。当該未舗区間は、新規配水池の建設前までに、PPUC が砂利舗装する計画である。

既設の配水池 (鋼製) 廻りには、フェンスやゲートがなく、住民が自由に侵入できるため、落書きや引っ掻き傷などのいたずらが絶えない。そのため、新規配水池廻りにフェンスやゲートを設置し、部外者の侵入を防ぐ。なお、PPUC がフェンスやゲートの建設を行う計画である。

床付け (GL-1m) 付近の地盤調査 (平板載荷試験) の結果から、地盤の許容支持力は 11.83 psi (81.5 kN/m²) である。表 3-1-32 の通り、これは満水時の計画配水池荷重以上となるため、床付けにおける支持力を期待できる。

表 3-1-32 配水池の支持力

配水池荷重	水荷重	合計荷重	許容支持力
6.73psi (46.4 kN/m ²)	4.89psi (33.7 kN/m ²)	11.62psi (80.1 kN/m ²)	11.83psi (81.5 kN/m ²)

出典： JICA 調査団

3-1-6-3 水位監視設備

PPUC は 2014 年 6 月、既存のアイライ、ゲルケソワル及びアラカベサン配水池の水位情報を自動遠隔監視できるように改善した。これにより、高水位になると監理者へ警報が届き、警報に応じて送水ポンプの手動制御や配水池流入バルブの手動制御を実施するようになった。

既設ゲルミド配水池へは、ブースターポンプの更新に合わせ、2014年6月、同ポンプと配水池水位を連動させた自動スイッチが導入され、この自動スイッチで水位とポンプ運転を制御している。

新規マラカル配水池には、既存のアイライ、ゲルケソワル及びアラカベサン配水池と同じ仕組みの水位監視・警報システムの導入が望ましいため、既存の遠隔監視と同種の設備を計画する。

なお、同水位監視設備への電力供給は可能であり、停電時も付属バッテリーで稼働できる。

また、マラカル配水池については、図 3-1-35 に示すように、日本側が施工する受電盤までの電力引き込み施設（既設配電盤からの分岐工事、受電盤までの電力引き込み配線工事及び積算電力計）をパラオ国側施工範囲とする。

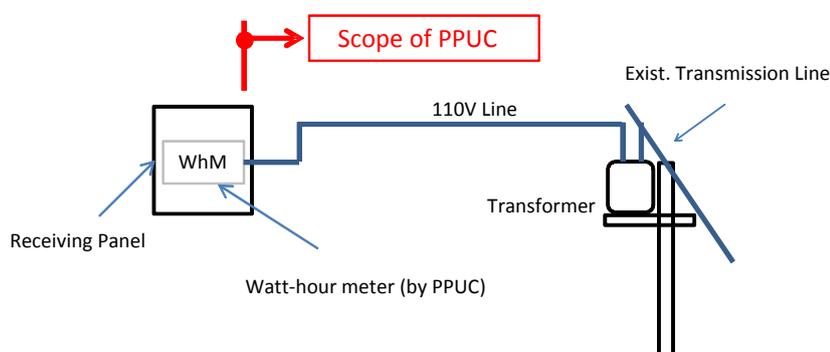


図 3-1-35 マラカル配水池の電力供給に関するパラオ国側施工範囲

3-1-7 配水管

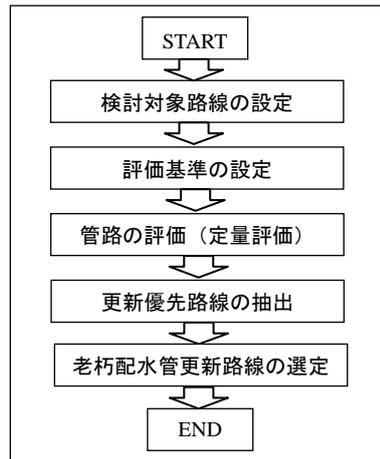
3-1-7-1 対象路線選定

(1) 更新対象路線の選定

安全性・安定性確保のため、約 20.3mi (32.5km) の AC 配水管全てを更新すべきである。しかし、交通確保のために同時施工が難しい上、予算的な問題があるため、一度に全てを更新することが困難である。したがって、優先順位をつけ、優先度の高い路線を更新対象にする。

1) 更新優先順位検討フロー

老朽配水管の更新優先順位については、図 3-1-36 の更新優先順位検討フローに基づき、以下 2)~6)の通り検討した。



出典： JICA 調査団

図 3-1-36 更新優先順位検討フロー

2) 検討対象路線の設定

コロール州の配水管は、1940年代と1970年代に敷設されたAC管がほとんどである。アラカベサン島及びマラカル島も例外ではない。

従って、本プロジェクトでは、コロール州の中心部とアラカベサン島及びマラカル島を含む区域を検討対象路線とする。

3) 評価基準の設定

PPUC より得られた資料、ヒアリング情報に基づき、表 3-1-33 の 5 項目を評価項目として、更新優先管路を定量的に評価する。

表 3-1-33 評価項目と評価点

評価項目	評価方法	評価点	
A.管種による評価	管材質の強度による評価	① AC 管	5 点
		② その他の管種	1 点
B.敷設経過年数による評価	管の敷設経過年数を基にした老朽度評価	① 70 年以上	5 点
		② 40 年以上	3 点
		③ 20 年以上	1 点
		④ 20 年未満	0 点
C.管路の重要度による評価	管径による重要度評価	① 高い (8in: 200mm ~12in: 300mm)	3 点
		② 中 (6in: 150mm)	2 点
		③ 低い (4in: 100mm) 以下)	1 点
D.交通量の多少による評価	交通量の多少による管路への影響評価	①多い (幹線道路等)	3 点
		②中 (生活道路であるが車両の 往来が多い)	2 点
		③少ない (生活道路等)	1 点
E.漏水事故の有無による評価	管敷設路線の漏水事故の有無による評価	①有り	5 点
		②無し	0 点

出典： JICA 調査団

4) 管路の評価

各管路の始点・終点に番号付けを行い、前項 5 項目の評価基準に従い評価した。管路の更新優先度は、各管路の評価点を集計し、表 3-1-34 を基に区分した。更新優先度の割合は、“高い～やや高い”が 37%を占め、さらに“中”を合わせると 70%強の管路において更新優先度が高い。

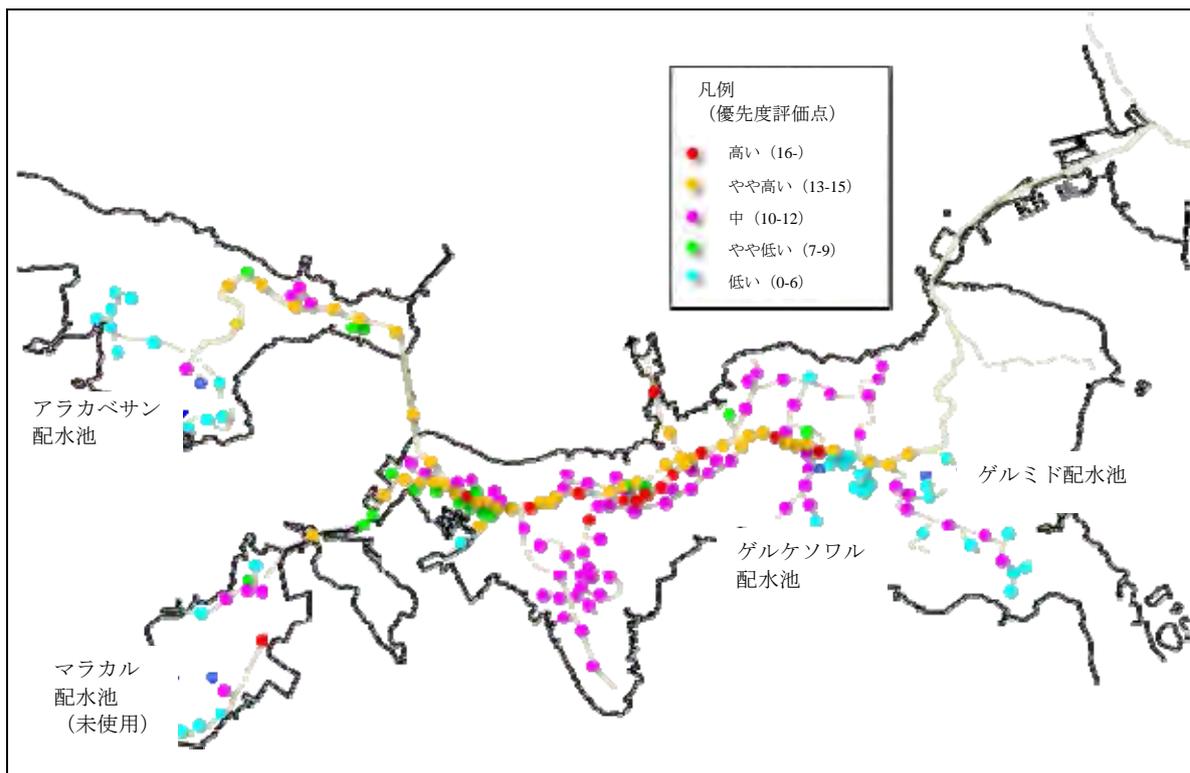
表 3-1-34 管路の評価点区分

管路の評価点	管路の更新優先度	割合
16 点以上	高い	12%
13～15 点	やや高い	25%
10～12 点	中	36%
7～9 点	やや低い	6%
6 点以下	低い	21%
計		100%

出典： JICA 調査団

5) 更新優先路線の抽出

前項の管路の更新優先度を基に、各管路の更新優先度を着色した図を図 3-1-37 に示す。これにより、コロール州の市街中心部、マラカル島、アラカベサン島の主要幹線の更新優先度が高いことがわかる。



出典： JICA 調査団

図 3-1-37 老朽配水管の更新優先度

6) 老朽配水管の更新対象路線の選定

抽出された更新優先度の高い管路を考慮して、本プロジェクトの老朽配水管更新路線として表 3-1-35 に示す路線 A~J を選定した。

基本的には、更新優先度の結果を踏まえ、投資効果の高い人口密集地を選定した。コロール州の市街中心部が該当し、一連の連続した区間を対象に主要な配水の合流・分岐等で区切った路線を選定する。

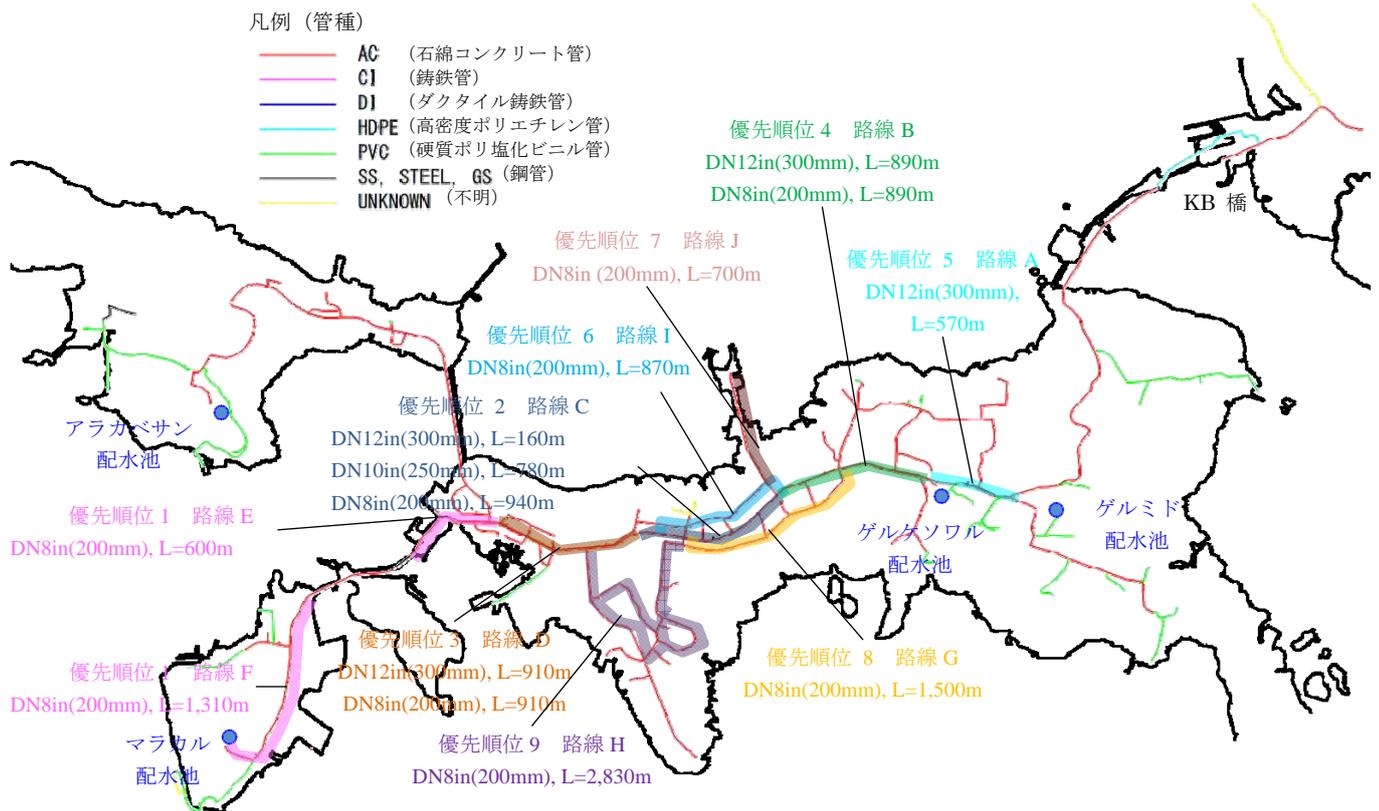
表 3-1-35 及び図 3-1-38 に老朽管更新優先路線を示す。マラカル島の幹線道路に敷設されている 8in (200mm) の AC 管 (ミナトバスを含むコースウェイ区間は除く) については、マラカル配水池への新設送水管との同時施工が施工面、経済性等から有利である。したがって、最優先路線とする。また、幅員が広い幹線道路では、道路の両端で給水管の取り出しが出来るように配水管の 2 条化を計画する。なお、管径については、前述の管網解析で適正を確認済みである。

表 3-1-35 老朽配水管の更新優先路線

更新優先 順位	路線名	既存			計画			備考
		管径		路線延長 m	管径		路線延長 m	
		in	mm		in	mm		
1	E	8	200	600	8	200	600	コロール島よりマラカル配水池に至る国道区間。過去に漏水事故発生。 AC管、敷設後40年以上経過。 送水管との同時施工が可能。
	F	8	200	1,310	8	200	1,310	
2	C	8	200	940	*12	*300	*160	コロール市街地中心部、国道3車線区間。過去に漏水事故発生。 AC管、敷設後40年以上経過。 *D250とD300は2条化するため敷設延長は2倍になる。
					*10	*250	*780	
					8	200	940	
3	D	12	300	910	12	300	910	コロール市街中心部、国道3車線区間。AC管、敷設後40年以上経過。
		8	200	910	8	200	910	
4	B	12	300	890	12	300	890	ゲルケソワル配水池より、コロール市街中心部に至る国道区間。過去に漏水事故発生。 AC管、敷設後40年以上経過。
		8	200	890	8	200	890	
5	A	12	300	570	12	300	570	ゲルミド配水区より至る、国道区間。AC管、敷設後40年以上経過。
6	I	8	200	870	8	200	870	コロール市街中心部北側、州道区間。AC管、敷設後40年以上経過。
7	J	8	200	700	8	200	700	Tドックに至る路線で交通量が多く、過去に漏水事故発生。 AC管、敷設後40年以上経過。
8	G	8	200	1,500	8	200	1,500	コロール市街中心部南側、州道区間。AC管、敷設後40年以上経過。
9	H	8	200	2,830	8	200	2,830	コロール市街高台、低水圧地区。AC管、敷設後40年以上経過。
合計				12,920			12,920	*路線Cの二条化管は含めない

注： 対象としている路線延長は12,920mである。ただし、2条化する管路を含めた場合、敷設延長は13,860mとなる

出典： JICA 調査団



注：管種の凡例は既設管を意味する。太線は計画配水管を意味する。管種の凡例色分けと太字の優先順位の色分けは関連がない。

出典： JICA 調査団

図 3-1-38 老朽管更新優先路線図

配水区域の見直しにより動水圧の上昇が見込まれ、低水圧区域の解消が期待される。一方、動水圧の上昇に伴い、本プロジェクトで更新しない老朽管 (AC 管等) からの漏水増加が考えられる。したがって、本プロジェクトの実施後、残存する AC 管路線や宅地内の給水管の監視が必要である。特に、海岸付近の標高の低い地域 (高水圧区域) の監視が重要である。

3-1-7-2 管種・管径・工法・標準断面

(1) 配水管の管種

今回更新対象となる配水管は、管径 8~12in (200~300mm) で、道路内への敷設になる。当該条件で使用される管種は、PVC (硬質ポリ塩化ビニル管)、DCIP (ダクタイル鑄鉄管)、HDPE (高密度ポリエチレン管) が一般的である。PPUC からの要望も加味し、施工性、維持管理性、経済性等について比較検討した結果、表 3-1-36 に示す通り PVC (硬質ポリ塩化ビニル管) が最適と考えられる。

(2) 敷設工法

配水管の敷設工法は、掘削深さが 44.8in (112cm) ~52.7in (132cm) 程度であり、給水管の取出しが各所に発生するため、経済性、施工性等から開削工法とする。

(3) 敷設位置

コロール州の市街地の国道は BPW が管理し、州道はコロール州が管理している。

配水管の敷設位置は、BPW の指示により、下水管と反対側の車線を基本とする。また、既設管（水道管や下水道管等）との離隔は、12in（30cm）以上とする。

(4) 標準掘削断面

1) 国道

- BPW が管轄する国道については、再舗装などの将来計画はなく、新規舗装後の掘削規制もない。また、管路の敷設標準図や仕様書はなく、既存の送水管と同様の仕様にすることで BPW の合意を得た。
- BPW の指示より、新設配水管の土被りは、36in（900mm）とする。
- 掘削深さは 44.8in（112cm）～52.7in（132cm）程度と 60in（150cm）以下となることから、開削工法を標準とする。
- 今回使用する管種が PVC であり、転石等による外圧を避けるため、既存送水管と同様に管下 4in（100mm）、管上 4in（100mm）は砂埋戻しとする。

2) 州道

- 州道についても管路の敷設標準図や仕様書はないため、管路の土被り等は BPW 管轄の国道と同じとすることでコロール州の合意を得た。国道と同様に 36in（900mm）とする。
- 掘削幅は、掘削深さが 60in（150cm）以下となることから、国道と同様に開削を標準とする。
- 国道と同様に管下 4in（100mm）、管上 4in（100mm）は砂埋戻しとする。

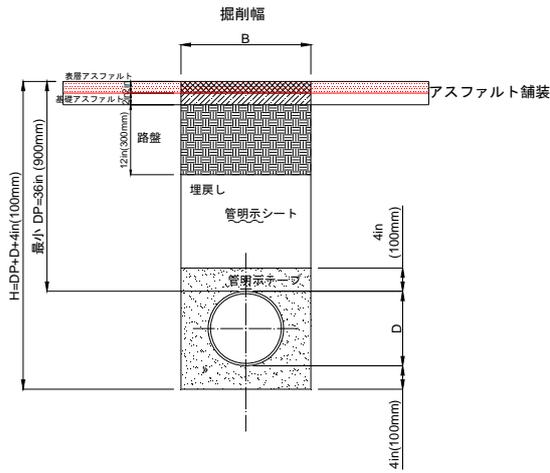
図 3-1-39 及び図 3-1-40 に新設配水管のアスファルト舗装部、コンクリート舗装部、砂利道別の標準掘削断面図を示す。

表 3-1-36 配水管の管種比較表

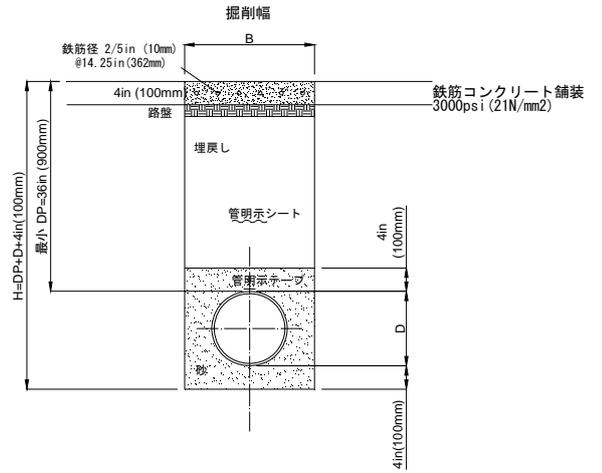
管 種	DCIP (ダクタイル鋳鉄管)	PVC (硬質ポリ塩化ビニル管)	HDPE (高密度ポリエチレン管)
概要説明	強度・剛性が大きく、耐衝撃性にも優れているため、施工場所、施工法に特別な配慮を必要としない。他の管種に比べて重量が大きく、運搬・布設が不利となる場合もある。	小口径の圧送管に採用され、耐食性に優れている。異形管が作り易く、施工容易、安価である。管体の剛性が小さく、撓み性はダクタイル管より大きい。	小口径の圧送管に採用され、耐食性に優れている。可とう性が大きく管と継手が一体となる EF 接合（下段参照）を採用している。管の剛性が小さく、撓み性は大きい。
継ぎ手構造	プッシュオンによる T 型継手。	パラオ国ではゴム輪接合を採用。曲管部等への抜き出し防止対策として離脱防止金具がある。	接合面に電熱線を埋め込んだ継手材をセットした後、通電して電熱線を発電させ融着させる EF 接合。
曲部対応	各種の曲管にて対応。	各種曲管にて対応。	各種曲管にて対応。
内面塗装	内面モルタル、エポキシ樹脂塗装などがある。	特に施さない。	特に施さない。
適用口径	50mm～2,600mm (2in～104in)	50mm～600mm (2in～24in)	50mm～400mm (2in～16in)
施工性及び維持管理性	多少の曲げ角度は可能で柔軟性が高い。PVC、HDPE に比べ重く、管体の剛性が大きいため、施工性は悪い。雨天の施工は可能。	軽量のため施工速度は速い。各種の曲管がそろっており、施工の柔軟性が高い。雨天の施工は可能。PPUC から、施工面や補修時の対応等の維持管理性が容易である PVC の採用を要望されている。	軽量のため運搬据付速度は速いが、EF 接合に時間が掛かる。各種の曲管がそろっており、施工の柔軟性が高い。通電溶着のため雨天接合不可能。
	△	◎	△
物理性能	剛性が大きい	剛性が小さい。集中荷重に弱い、管廻りを砂等で埋戻すことで対応可能。	剛性は小さいが靱性が大きい。集中荷重に弱い、管廻りを砂等で埋戻すことで対応可能。
	◎	△	○
耐食性	PVC、HDPE より劣る。腐食土地盤等にはポリエチレンスリーブでの被覆が必要である。	酸、アルカリ、電気等に強い。有機溶剤に弱い。紫外線により劣化するが地中埋設では問題とならない。石油類により劣化するが水道用では問題とならない。	アルカリ、電気等に強い。紫外線により劣化するが地中埋設では問題とならない。石油類により劣化するが水道用では問題とならない。
	○	◎	◎
経済性	管材；DCIP (T 形) 費用が高く、経済性に劣る	管材；PVC 費用が安く、経済性に優れる	管材；HDPE 費用が DCIP に比べ安価であるが、PVC よりも高く、経済性にやや劣る
	△	◎	△
総合評価	使用実績多く、施工性においても比較的良好である。他管種に比べ経済性に劣る。	使用実績多く、施工性においても柔軟性が高く、最も経済的である。また、維持管理性が良く、配水管の管種として PPUC からの要望が強い。	使用実績は、DCIP、PVC に比べ少ない。PVC より経済性、施工性に劣る。
	△	◎	○

出典： JICA 調査団

タイプ1:アスファルト舗装

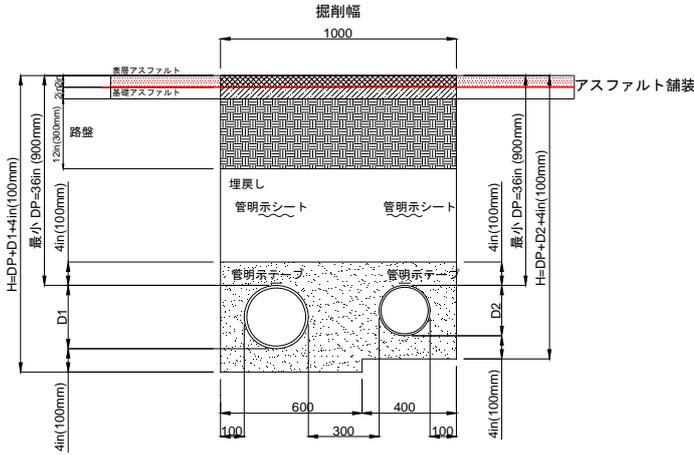


タイプ2-1:鉄筋コンクリート舗装

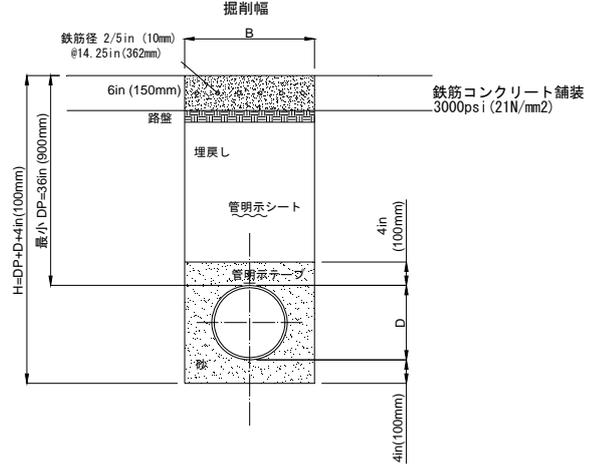


タイプ1-1:アスファルト舗装

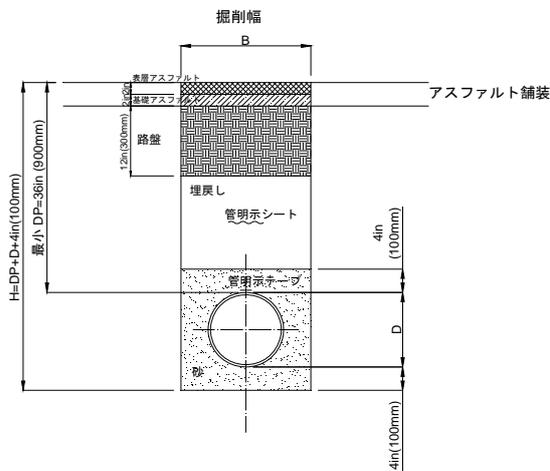
配水管+送水管



タイプ2-2:鉄筋コンクリート舗装



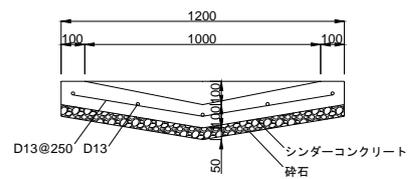
タイプ1-2:アスファルト舗装



掘削幅

管内径 (mm)	掘削幅 (mm)
50~250	500
300	550

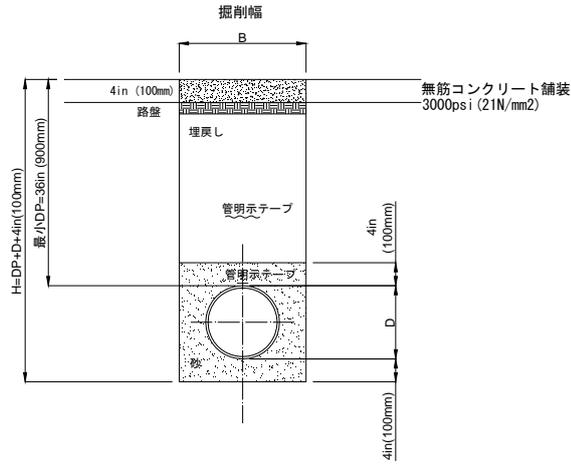
タイプ C:Vディッチ



出典: JICA 調査団

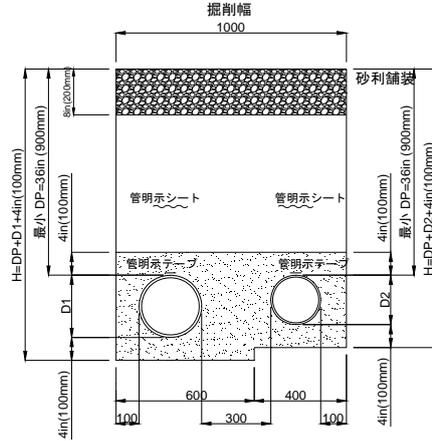
図 3-1-39 配水管掘削断面図 (1)

タイプ3: 無筋コンクリート舗装

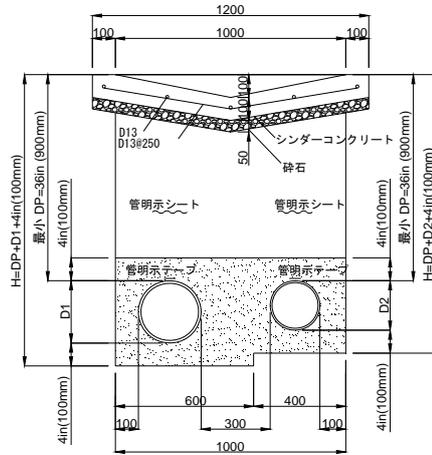


Type4: 砂利舗装

配水管+送水管



タイプ C-1: Vディッチ

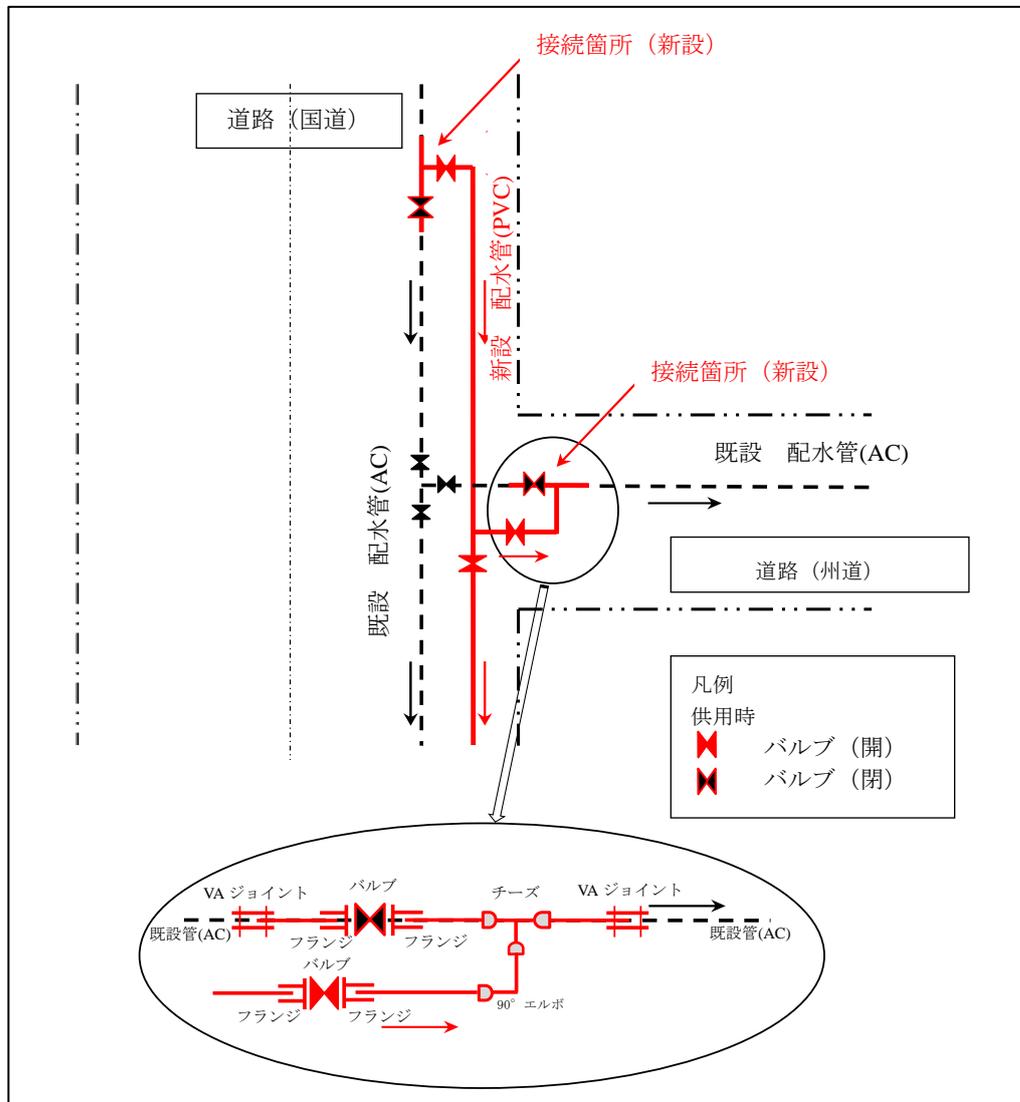


出典： JICA 調査団

図 3-1-40 配水管掘削断面図 (2)

(5) 既設配水管との接続方法

既設配水管との接続方法は図 3-1-41 を標準とし、取出し部、分岐部には、バルブを設置する。



出典： JICA 調査団

図 3-1-41 既設配水管との接続標準図

(6) 消火栓及び空気弁

既存の消火栓は公道外に設置されている。そのため、本プロジェクトでは、図 3-1-42 の通り、公道内で計画送水管から既存消火栓取出し管へ接続する。

空気弁は、道路縦断の凸部に設置する。

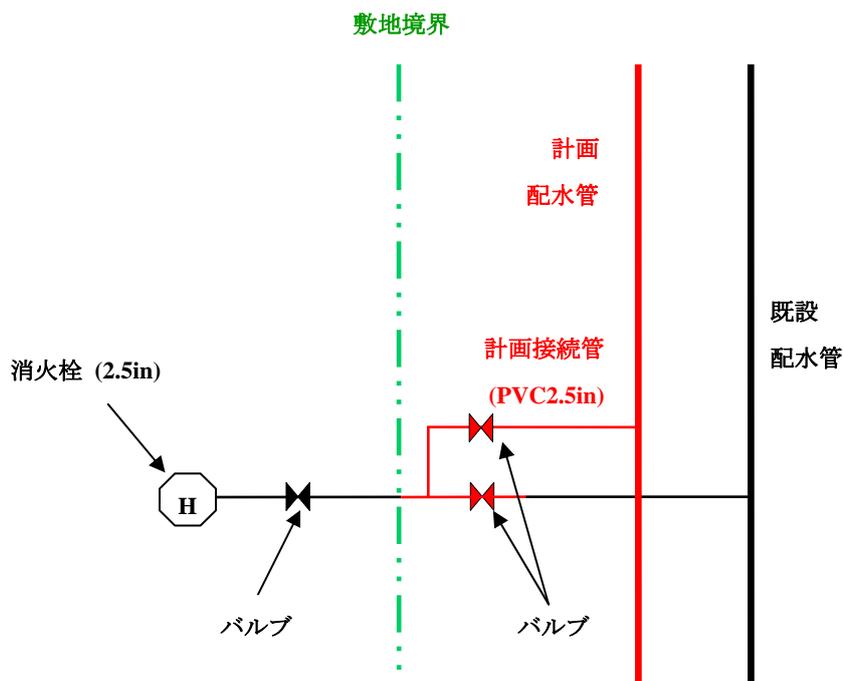


図 3-1-42 消火栓への接続

3-1-7-3 舗装復旧

舗装種別は、アスファルト、鉄筋コンクリート、無筋コンクリート、砂利の 4 種類となる。各断面は、図 3-1-39 及び図 3-1-40 に示す通りである。掘削後は、現況と同等の舗装断面に復旧することを基本とする。以下に各復旧の内容を示す。

(1) アスファルト舗装

国道の大部分と、州道の一部がアスファルト舗装である。配水管及び給水接続管の敷設により、舗装は梯子状にカットされる。そのため、管敷設後は、道路全面の表層 2in (50mm) を切削後、道路幅員全面をアスファルトにてオーバーレイする。

マラカル島国道部南端約 220m の区間は、給水管取出しが無い。そのため、掘削幅を含む道路幅員の片側半分だけを切削・オーバーレイする。

また、ゲルベエッド南部地区は、2015 年内のコンクリート舗装への改修路線 (2015 年完工) を除き、現在の舗装状況が悪いため、掘削部分のみアスファルト舗装で復旧する。なお、詳細設計時に舗装工事の進捗状況や、変更予定路線を確認する。

国道路面に埋め込まれている車線・路肩を示す指示標識は、表層切削の際に撤去される。これらの指示標識については、路面復旧の際に復元せずに、白線等のペイント標識で復旧することで、BPW と合意済である。

(2) 鉄筋コンクリート舗装

掘削部分のみ、既存道路の仕様と同様に復旧する。

(3) 無筋コンクリート舗装

掘削部分のみ、既設舗装と同様に復旧する。

(4) 砂利舗装

砂利舗装の対象は、マラカル配水池へのアクセス道路であり、当該道路は PPUC が整備する。工事期間中は施工業者が維持管理する。

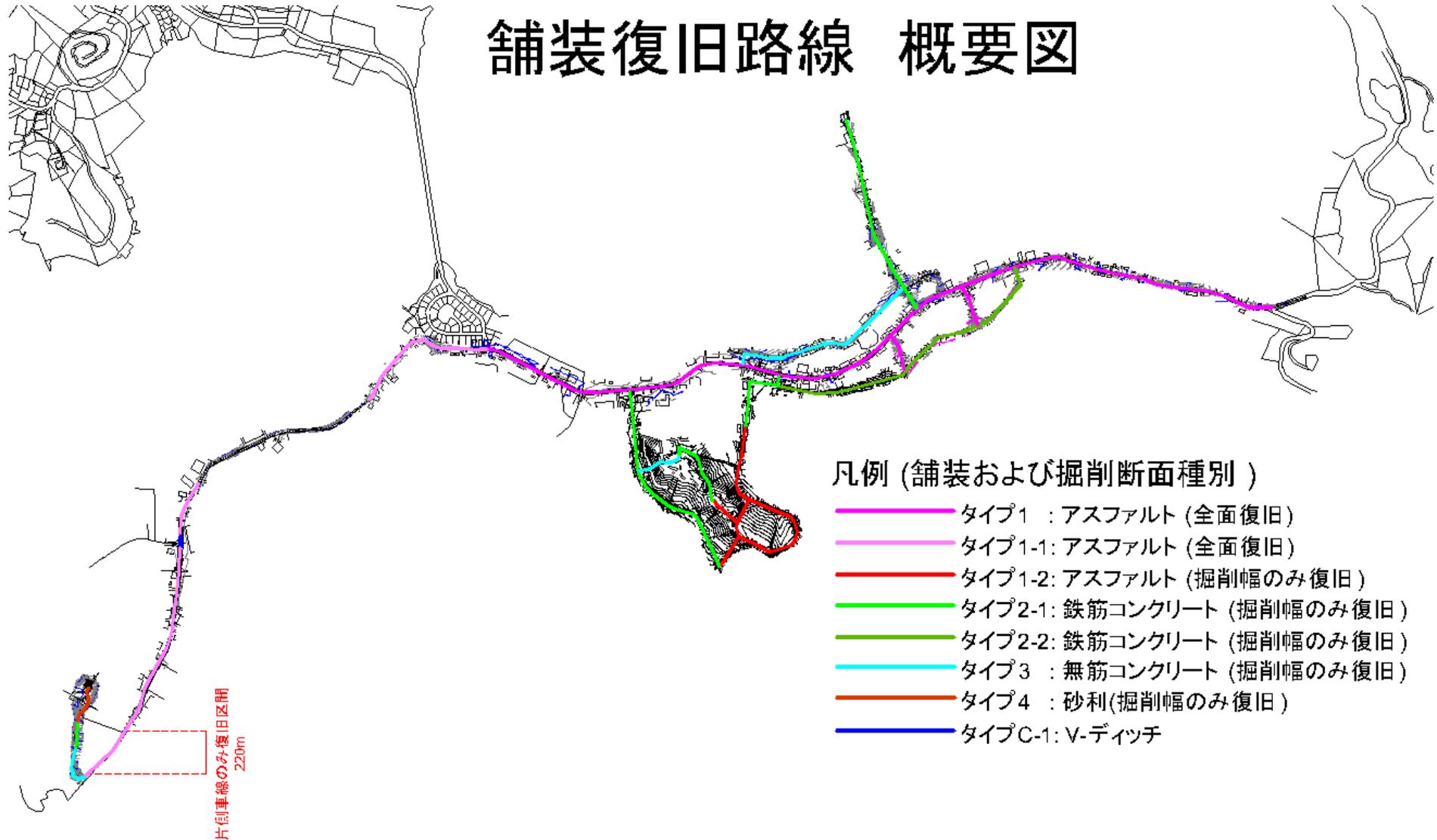
以上より、対象となる送配水管の舗装復旧のまとめを表 3-1-37 に、路線概要図を図 3-1-43 に示す。

表 3-1-37 送配水管の舗装復旧

タイプ	管敷設内容	道路種別	舗装現況	復旧方法
1	送水管単独	国道	アスファルト舗装	掘削幅+40cm（影響幅両側）を復旧
1-1	送水管と配水管併設	国道	アスファルト舗装	掘削幅を復旧後、道路全幅を切削・オーバーレイ
1-2	送水管と配水管併設	国道	アスファルト舗装 （マラカル島南端）	掘削幅を復旧後、管路敷設する道路片側半分を切削・オーバーレイ
2-1	送水管と配水管併設	州道	鉄筋コンクリート舗装 （マラカル配水池アクセス道路）	掘削幅を復旧
4 / C-1	送水管と配水管併設	州道	砂利舗装（マラカル配水池アクセス道路）	工事期間中、施工業者が維持管理（現況復旧）
1-1	配水管単独	国道/州道	アスファルト舗装	掘削幅を復旧後、道路全幅を削除・オーバーレイ
2-2 / 3	配水管単独	州道	鉄筋/無筋コンクリート舗装	掘削幅を復旧
1-2	配水管単独	州道	アスファルト舗装（ゲルベエッド南部地区）	掘削幅を復旧

出典: JICA 調査団

舗装復旧路線 概要図



凡例 (舗装および掘削断面種別)

- タイプ1 : アスファルト (全面復旧)
- タイプ1-1: アスファルト (全面復旧)
- タイプ1-2: アスファルト (掘削幅のみ復旧)
- タイプ2-1: 鉄筋コンクリート (掘削幅のみ復旧)
- タイプ2-2: 鉄筋コンクリート (掘削幅のみ復旧)
- タイプ3 : 無筋コンクリート (掘削幅のみ復旧)
- タイプ4 : 砂利(掘削幅のみ復旧)
- タイプC-1: V-ディッチ

出典： JICA 調査団

図 3-1-43 舗装復旧路線概要図

3-1-7-4 給水管計画

(1) 給水管の管種及び最小土被り

給水管の管種は、既存給水管と同様の PVC 管 (AWWA SCH80) とする。また、新設配水管からの給水管の取出し口径は、PVC 2in (50mm) とし、最小土被りは、12in (300mm) とする。

(2) 給水管の施工範囲と接続方法

給水管の施工範囲と接続標準図を図 3-1-44 に、施工手順と施工範囲を以下に示す。

1) 給水管分岐：日本側の施工範囲

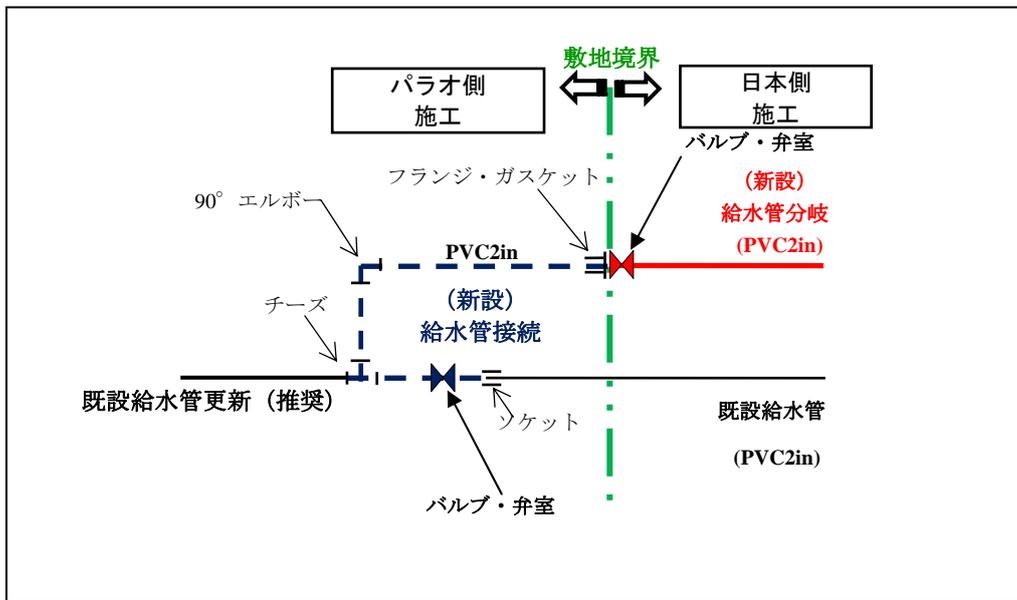
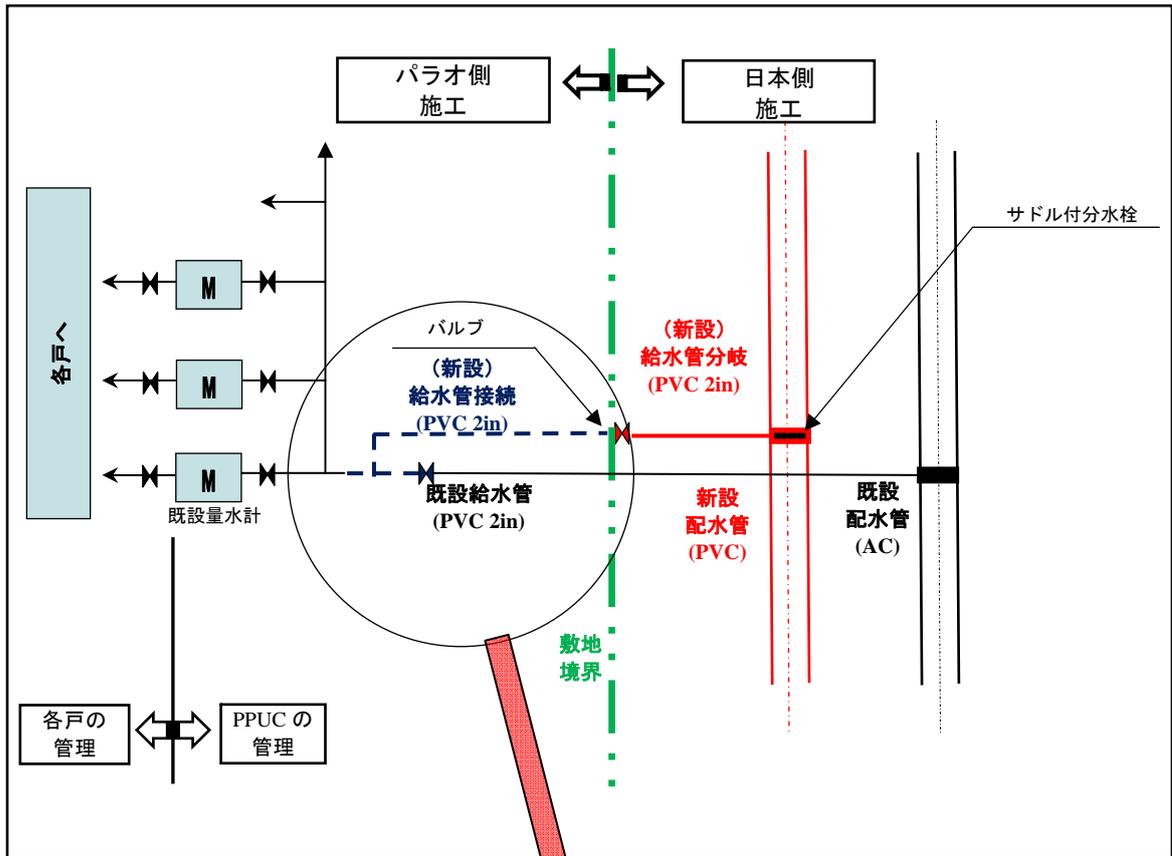
新設配水管から PVC 2in (50mm) で給水管を分岐し、敷地境界まで敷設 (バルブ止め) する。官民境界までが施工範囲となる。

2) 給水管接続：PPUC の施工範囲

1) で新設された給水管を民地内の既設給水管に接続する。官民境界から民地内が施工範囲となる。また、既存給水管を見つけるために、PPUC 担当者が日本側工事中に常に立会いし、給水管分岐に合わせて、PPUC が給水管接続を速やかに行う。

3) 給水管更新：PPUC への推奨事項

民地内の既設給水管は、既設配水管同様に老朽化が進んでおり、漏水の要因になっている。そのため、PPUC には、給水管接続に合わせた民地内の既設給水管の更新が推奨される。



出典： JICA 調査団

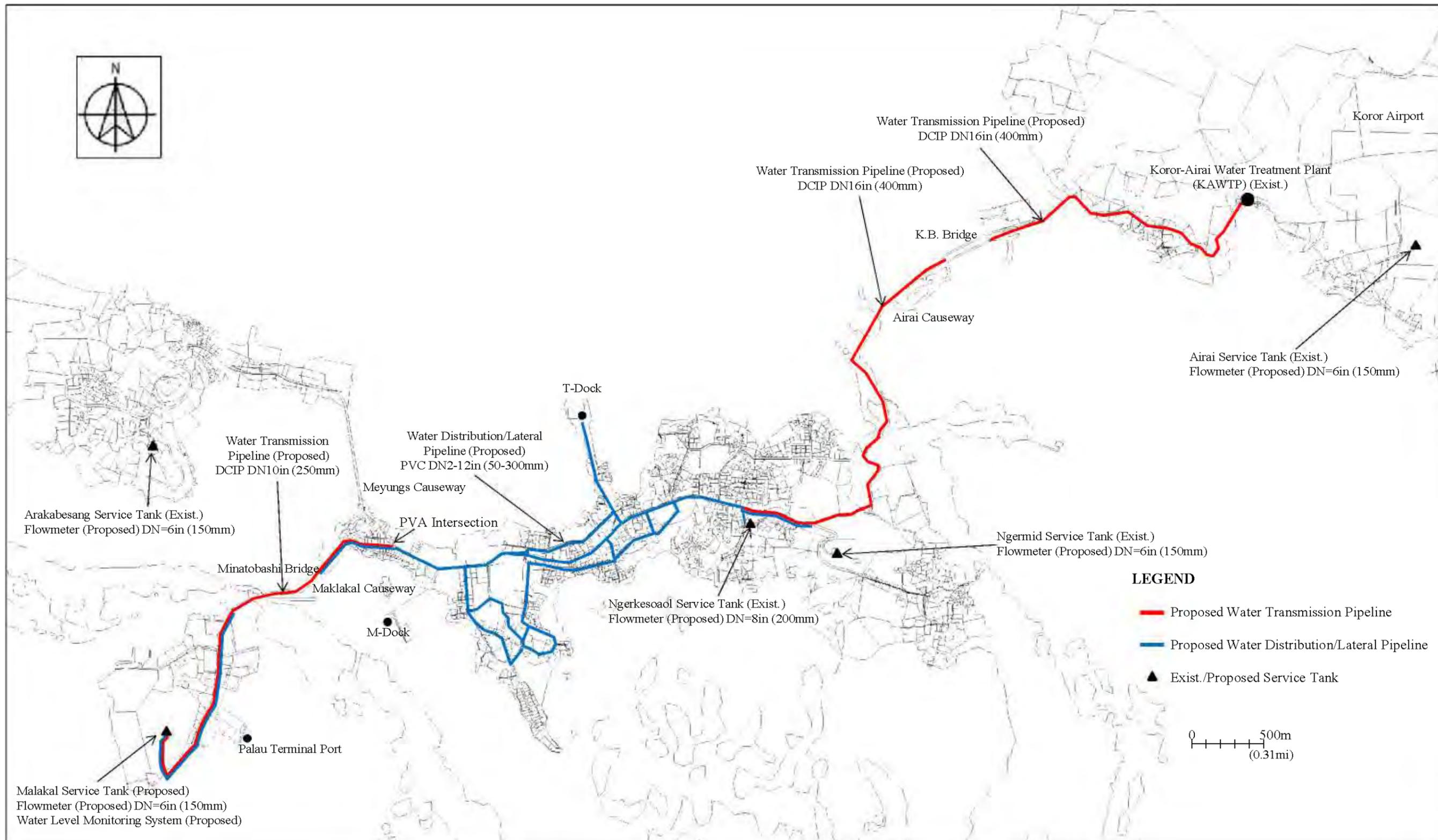
図 3-1-44 給水管の施工範囲と接続標準図

3-1-8 概略設計図

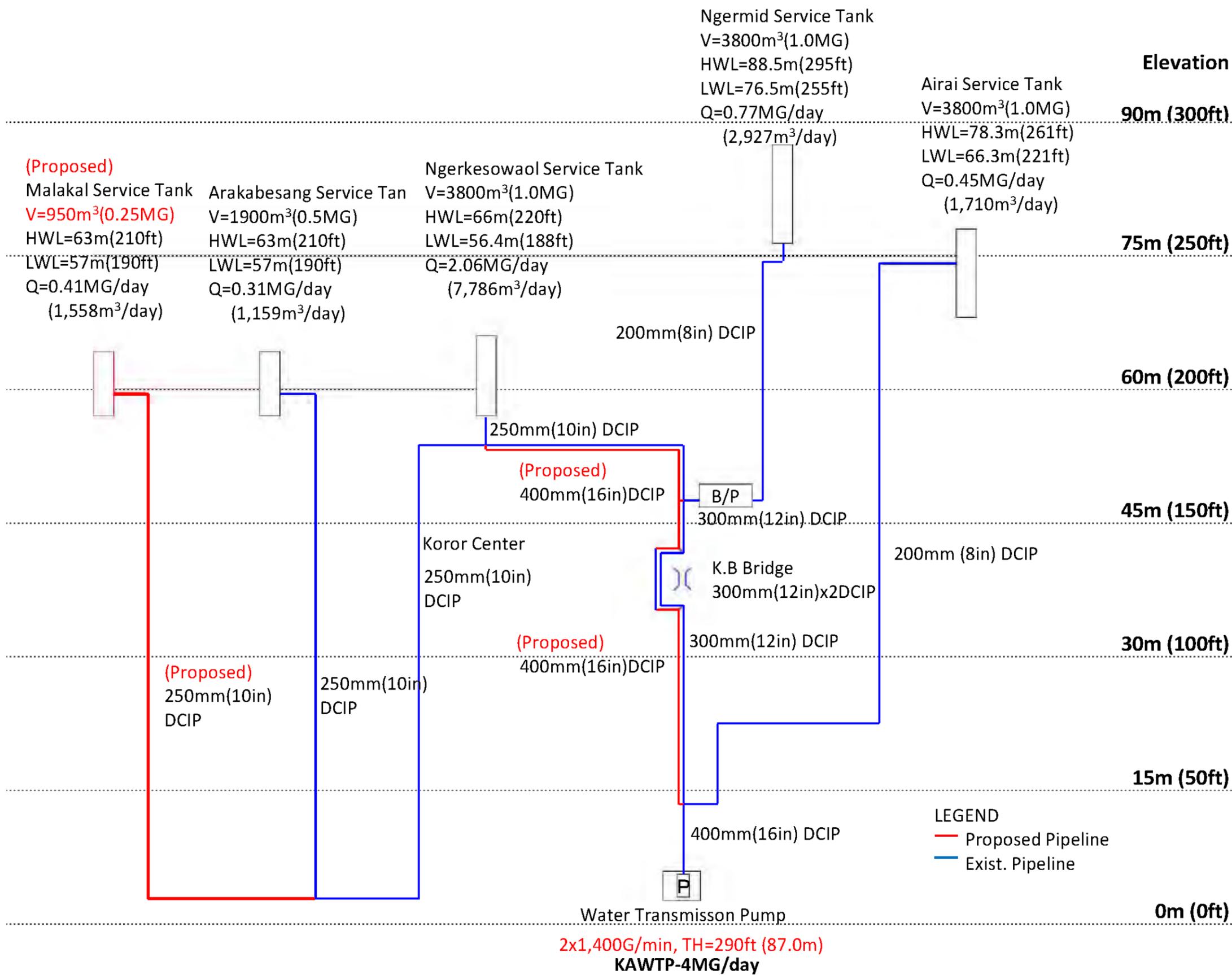
本プロジェクトの基本設計図は、以下の通りであり、次項以降に示す。

[概略設計図面リスト]

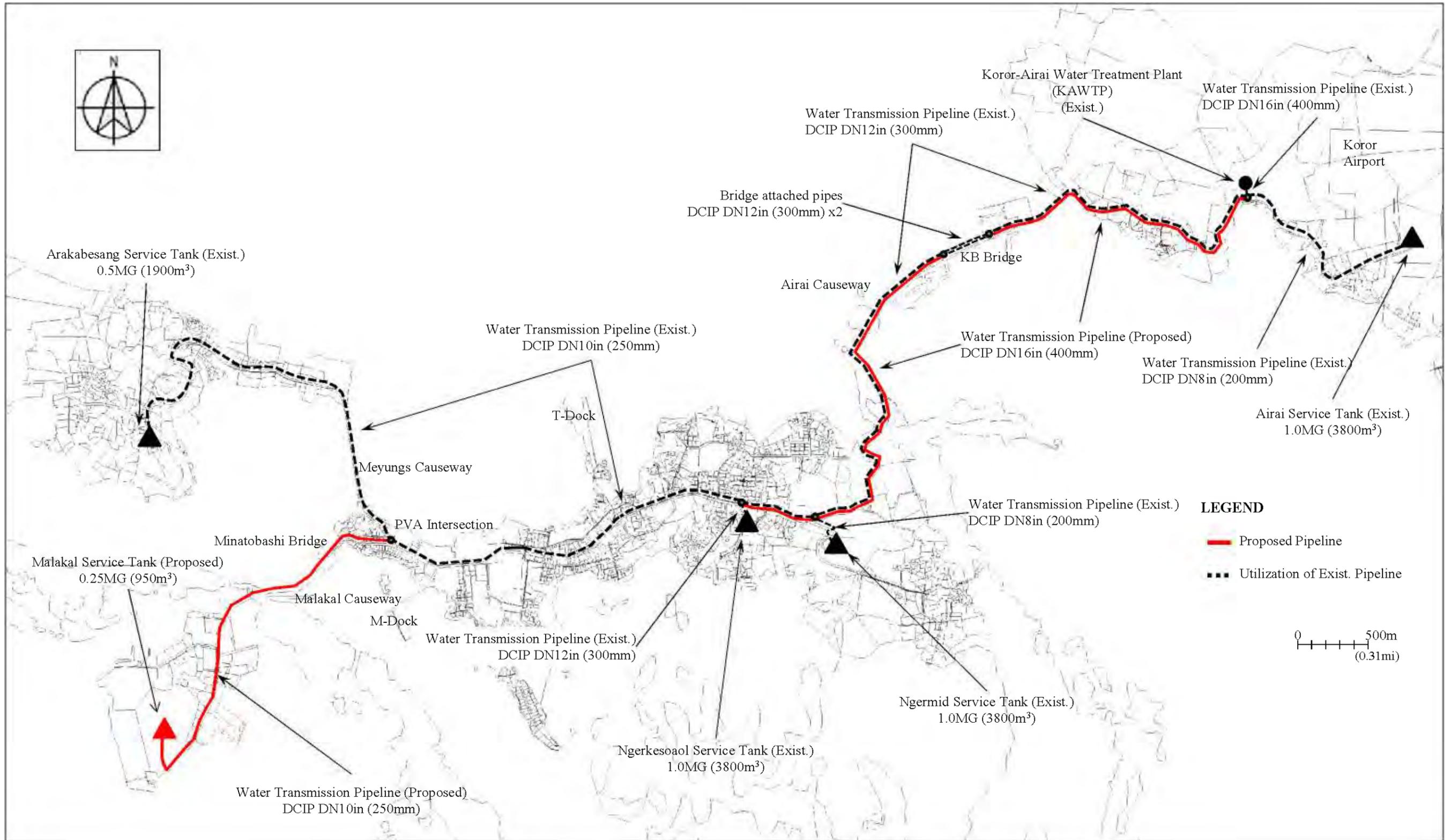
<u>図面番号</u>	<u>図面タイトル</u>
PWS-01	計画施設全体配置図
PWS-02	計画送水システム概念図（水位高低図）
PWS-03	計画送水施設配置図
PWS-04	計画配水施設配置図
PWS-05	マラカル配水池平面図
PWS-06	マラカル配水池構造図



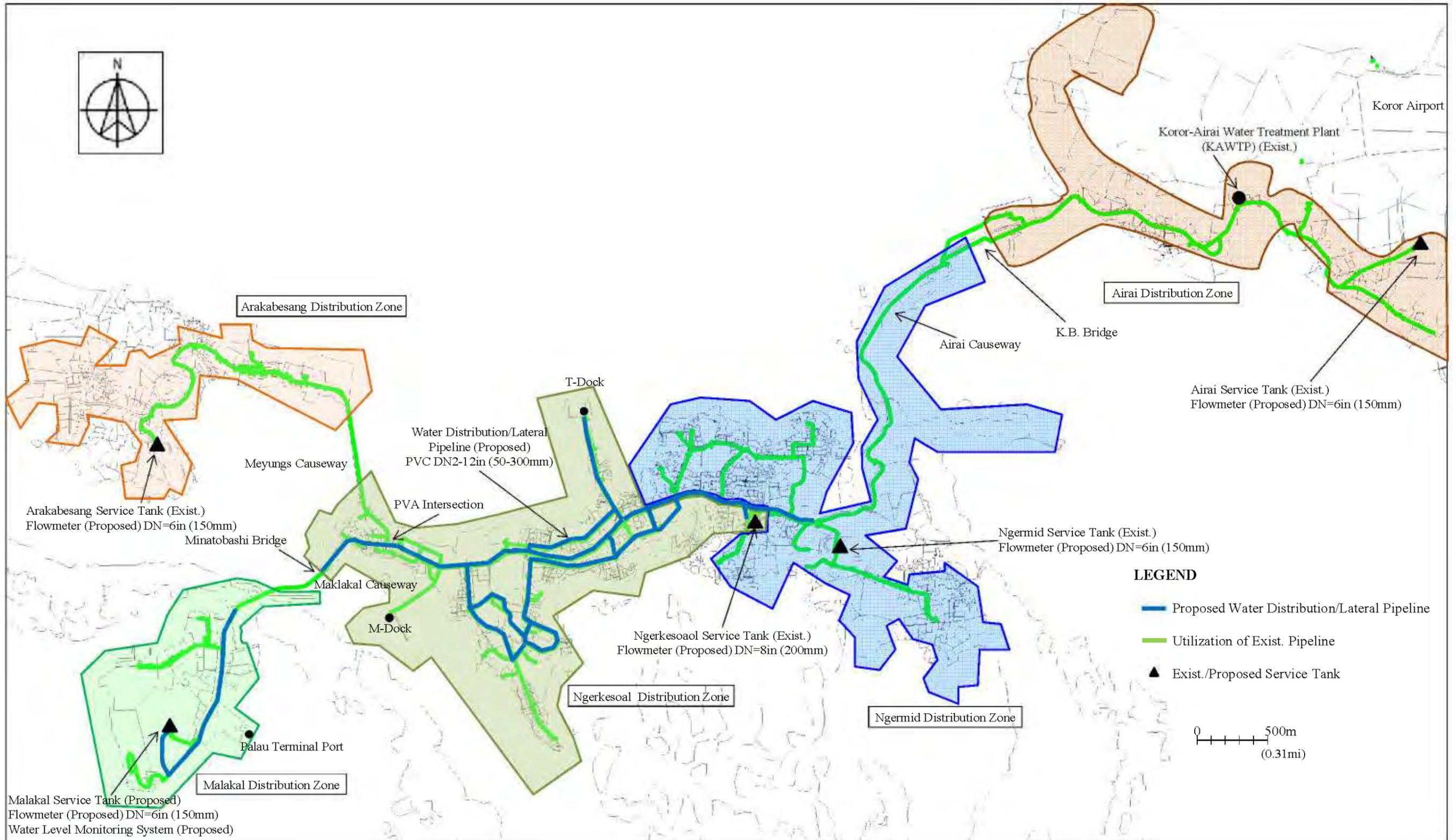
PWS-01 計画施設全体配置図



PWS-02 計画送水システム概念図(水位高低図)



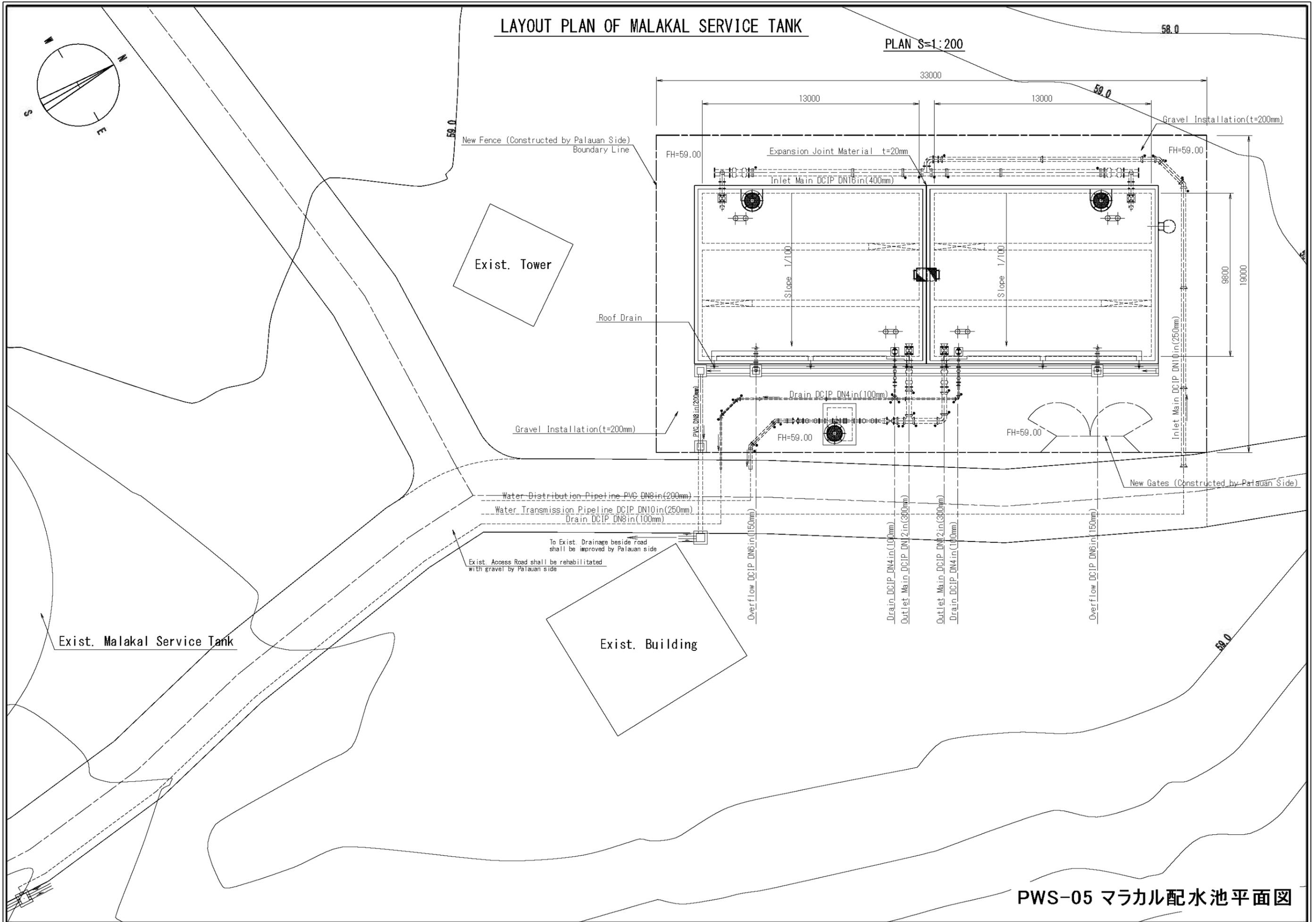
PWS-03 計画送水施設配置図



PWS-04 計画配水施設配置図

LAYOUT PLAN OF MALAKAL SERVICE TANK

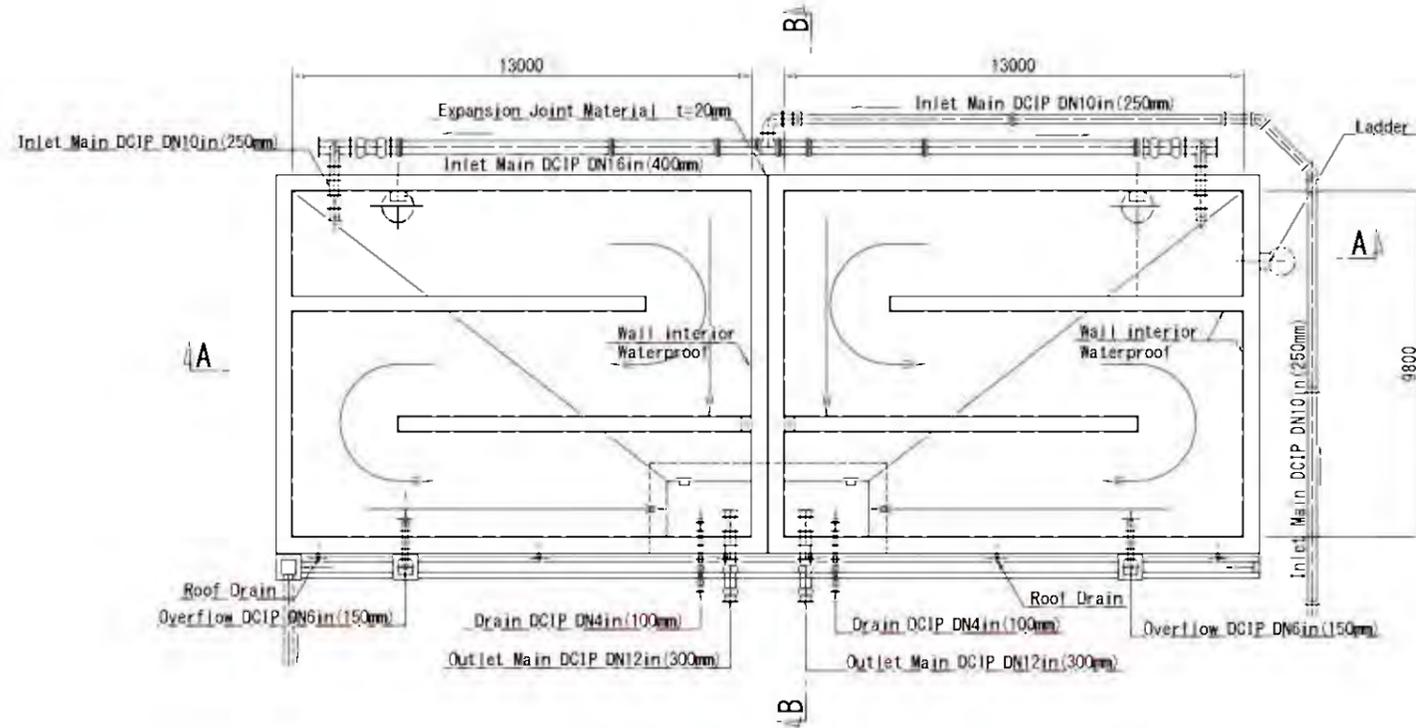
PLAN S=1:200



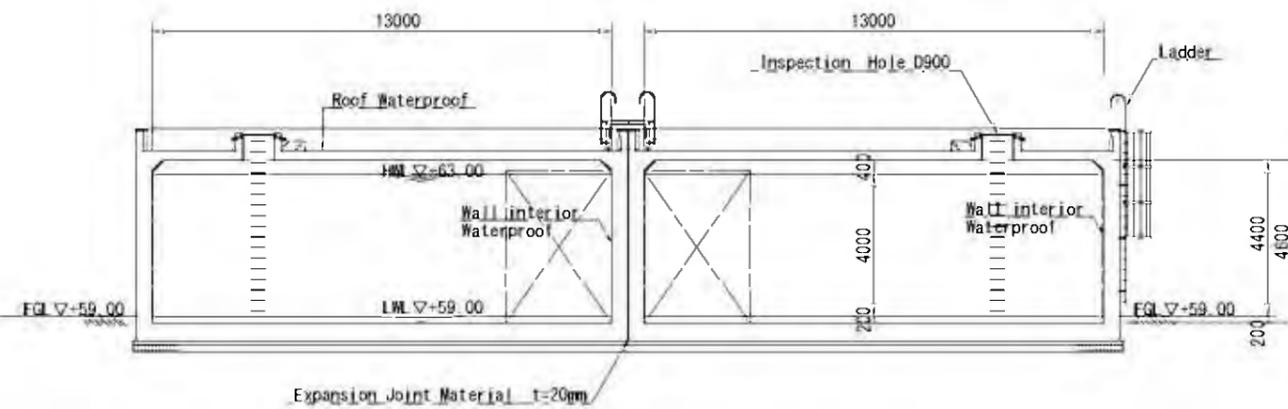
PWS-05 マラカル配水池平面図

STRUCTURAL DRAWING OF MALAKAL SERVICE TANK

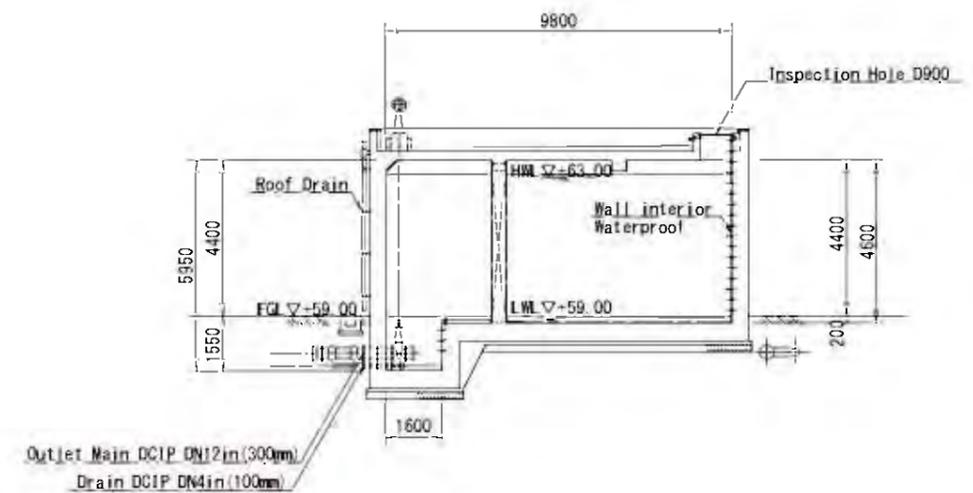
PLAN S=1:200



A-A SECTION S=1:200



B-B SECTION S=1:200



PWS-06 マラカル配水池構造図

3-1-9 施工計画／調達計画

3-1-9-1 施工方針／調達方針

本プロジェクトは、我が国の無償資金協力の枠組みに従って実施される。したがって、両国政府間による E/N 締結後、パラオ国側と日本人が契約を締結し、設計・施工・資機材調達が実施される。

無償資金協力の枠組み及び施設建設・機材調達のガイドラインに準拠し、以下を基本方針として協力対象事業の施工計画を策定する。

(1) 事業実施主体

パラオ国側の本プロジェクト実施機関は、PPUC である。PPUC は、本プロジェクトを遂行し、当該施設完成後は、同施設の運転維持管理を担う必要がある。また、本プロジェクトを円滑に進めるために、PPUC は、本プロジェクトを担当する責任者を選任し、本邦のコンサルタント及び請負業者と密接な連絡及び協議を行う必要がある。

選任された PPUC の本プロジェクトの責任者は、本プロジェクトに関係する PPUC 職員及び関係機関、並びに各地域の住民等に対して、本プロジェクトの内容を十分に説明・理解させ、本協力対象事業の実施に対し協力するように啓発する必要がある。

本プロジェクトに係る PPUC の役割分担は、以下の通りである。本プロジェクトの実施時、日本法人と契約する契約当事者は PPUC である。

[本プロジェクトにおける PPUC の役割]

- 我が国及びパラオ国側の業務範囲、内容等に係る確認、調整、取極め
- 施設設計等に必要な技術情報の提供
- 上水道施設の運営・維持管理及び上水道事業管理に係る技術情報提供
- 本プロジェクトで建設する施設／機材の運営・維持管理

(2) コンサルタント

本プロジェクトは無償資金協力で実施される。したがって、公開入札による本邦請負業者選定が必要であり、請負業者選定に必要な入札図書を作成する必要がある。また、適切な競争入札の実施、客観的な立場での施工／資機材調達監理の実施、無償資金の適切な運用の監視等が要求される。したがって、詳細設計を含む入札図書作成、入札業務支援、施工監理について、パラオ国側実施機関の PPUC は本邦コンサルタント会社と設計監理契約を結び、設計監理を委託する必要がある。なお、選定されるコンサルタントは、「無償資金協力の仕組みに精通していること」と「本基本設計の内容を十分に理解している」ことが要求される。

(3) 施設建設請負業者

請負業者は、無償資金協力制度の枠組みに従った公開入札で選定される。パラオ国側は、設計監理を委託したコンサルタントとともに公正な競争入札を実施し、請負業者を選定する必要がある。なお、請負業者には以下の事項が要求される。

施設建設工事は日本と社会・文化・歴史的な環境・背景の異なる遠隔地の大洋州の島嶼国で実施されるため、請負業者は、同種・同様な工事を類似国で十分に経験し、良好な実績を有する必要がある。

本プロジェクトで建設する施設は、送配水施設及び配水池を含む土木施設であるため、工事業者は、同種の土木施設の建設能力を有することが要求される。

(4) 技術者派遣の必要性

普通作業員はパラオ国で調達が可能である。ただし、送配水管敷設工事と鉄筋コンクリート水槽工事は、最近の工事例がないため、良質の作業員確保が困難である。そのため、配管、型枠、防水の専門性を持つ熟練工を日本国あるいは第三国から派遣する必要がある。

- ダクタイル鋳鉄管の工事は、20年間以上、実施されていない。本プロジェクトの送水管工事初期の段階で、熟練した配管技術者の指導を実施する必要がある。
- PVC管の工事は、小規模なものは実施されているが、市街地全体の管網を形成する規模の工事は、40年間以上、実施例がない。十分な技能を持つ作業員が不足しているため、ダクタイル鋳鉄管工事と同様に、熟練した配管技術者の指導を実施する必要がある。
- 配水池建設工事において、水密性の高い仕上げを施す必要がある。現地には鉄筋コンクリート水槽の工事例が少ないため、型枠及び防水塗装の熟練工を派遣し、現地作業員を指導する必要がある。

3-1-9-2 施工上／調達上の留意点

本プロジェクトにおける施工／調達にかかる留意事項は以下の通りである。

(1) 施設建設

- 送水管及び配水管敷設工事に際し、濁水の発生を抑制する。
- 老朽化した既設水道施設の保護、運用中の埋設施設の確認及び保護など、施工上、安全管理上留意した施工計画が必要である。
- 全ての工事現場において、第三者への安全管理及び盗難予防のために、各現場に交通整理員・保安要員を常駐させる。また、パラオ国側による安全対策上必要な措置を講じることは必須であるが、日本側も、資機材置き場に仮設工事の一部としてフェンスを設置し、警備員を配置する等の安全対策を考慮することとする。
- 既存のAC管の敷設替えをする際、パラオ国のMPIIC及びEQPBは、AC管の撤去を許可

していない。そのため、AC管は現場に残置する。管路の切り替えの際、一定区間のAC管切り取りが必要になるが、その場合でも、切り取ったAC管は、その現場（掘削範囲内）に埋めることになる。なお、既存AC管の切り取りが必要な場合、原則として切断をせず、受け口から引き抜く方法で管路を切り取る計画にする。

- AC管が露出した状態での工事の際、AC管に損傷を与えると飛散する可能性がある。そのため、事前に水を撒いて湿潤状態で工事を実施する。また、現地作業員にアスベストの人体への有害性を説明し、AC管の取り扱い、アスベストの飛散防止対策、保護具の使用等を周知・徹底する。

(2) 資機材調達

- 建設資機材は、骨材、セメント、型枠材、生コンクリートを除いて現地調達は難しいので、これらを除く、多くの資機材は日本または第三国から調達しなければならない。
- 建設機械及び運搬車輛については、現地業者が保有しており、主たるものは現地調達が可能である。ただし、特殊機械や経済性から必要な場合は、日本または第三国から調達する。
- 本プロジェクトで調達する資機材に関する通関及び関税の免税を受けるためには、事前に、請負業者がPPUCの調達担当者(Procurement Officer)を通じて、財務省(Ministry of Finance)の所得・関税・課税管理局(Bureau of Revenue, Customs and Taxation)に、船荷証券の写し等、必要書類を添えて通関及び免税手続き申請書を提出する必要がある。同時に、その写しを国務省(Ministry of State)の国際貿易・技術協力局(Bureau of International Trade and Technical Assistance)にも提出する必要がある。これにより、還付方式ではなく、完全免税方式で関税(3%)が免税となる。なお、パラオ国には、消費税(Value Added Tax : VAT)等、物品に対する税制は存在しない。
- 通常、パラオ国への海上輸送資機材については、唯一の国際港であるパラオ国際港にて通関手続きが行われる。港湾管理は民間企業により行われているため、前述のように関税は免税となるものの、荷揚港港湾使用料(Port Charge)については、本プロジェクトの海上輸送費の一部として計上する必要がある。
- 日本からの輸送には、長期間の海上輸送、港の荷揚げ、本計画地までの内陸輸送並びに保管に充分耐え得る梱包方法を採用する。また、建設工事を円滑に進捗するためには、建設資機材及び建設機械等の調達・輸送計画を十分に検討し、実行しなければならない。

3-1-9-3 施工区分／調達・据付区分

本プロジェクトが実施された場合の我が国とパラオ国政府側の負担区分は、先方の実施能力やプロジェクト発現への影響などを考慮した結果、表 3-1-38 に示す通りである。

表 3-1-38 施設建設に係る両国間負担区分

施工負担区分	日本側	パラオ国側
1. 送水システム改善		
1-1 アイライ浄水場からゲルケソワル配水池までの送水管増設		
－送水管敷設路線の確保		○
－送水管敷設工事 DCIP, DN16in (DN400mm), L=3.39mi (5,416m)	○	
－舗装工事 (管路掘削部のみ)	○	
2. 配水システム改善 (配水区割整理)		
2-1 マラカル配水区創設に伴う専用送水管の敷設		
－送水管敷設路線の確保		○
－送水管敷設工事 DCIP, DN10in (DN250mm), L=1.93mi (3,094m)	○	
－舗装工事 (管路掘削部のみ)	○	
2-2 配水区割再整備 (マラカル配水池建設、流量計設置)		
－建設用地の確保		○
－配水池へのアクセス道路の整備		○
－配水池工事容量：0.25MG (950m ³) 1 箇所、2 池、RC 造、矩形	○	
－水位監視設備工事	○	
－流量計設置工事	○	
－電力の供給		○
－境界フェンス・ゲート工事		○
2-3 配水区割再整備 (各配水池への流量計設置)		
－建設用地の確保		○
－流量計設置工事	○	
3. 配水システム改善 (主要 AC 管更新)		
3-1 老朽 AC 管更新		
－配水管敷設路線の確保		○
－配水管敷設工事 PVC, DN8in (DN200mm) ~DN12in (DN300mm), L=8.08mi (12,920m)	○	
－舗装工事 (全面切削オーバーレイ又は管路掘削部)	○	
3-2 給水管工事		
－給水管分岐	○	
－給水管接続工事		○
4. 仮設資機材置場		
－仮設資機材置場の確保		○
－仮設資機材置場における資機材の適切な保管及び安全管理	○	
5. 資機材の輸送、通関手続き及び諸税の取扱い		
－荷揚港/空港までの輸送	○	
－パラオ国での免税措置及び通関手続き		○
－荷揚港からプロジェクト用地までの輸送	○	
－現地調達資機材に係る付加価値税等の国内税の免除または負担		○
6. 管路敷設に係る関連官庁からの許可取得		○
7. 無償資金協力に含まれない費用の負担		○
8. 残土及び工事雑水の廃棄場所の提供		○
9. 資機材の製造・調達	○	
10. 資機材の据付工事、調整・試験	○	
11. 調達機材の初期操作指導及び維持管理に係る運用指導	○	

注：「○」は負担事項を示す。

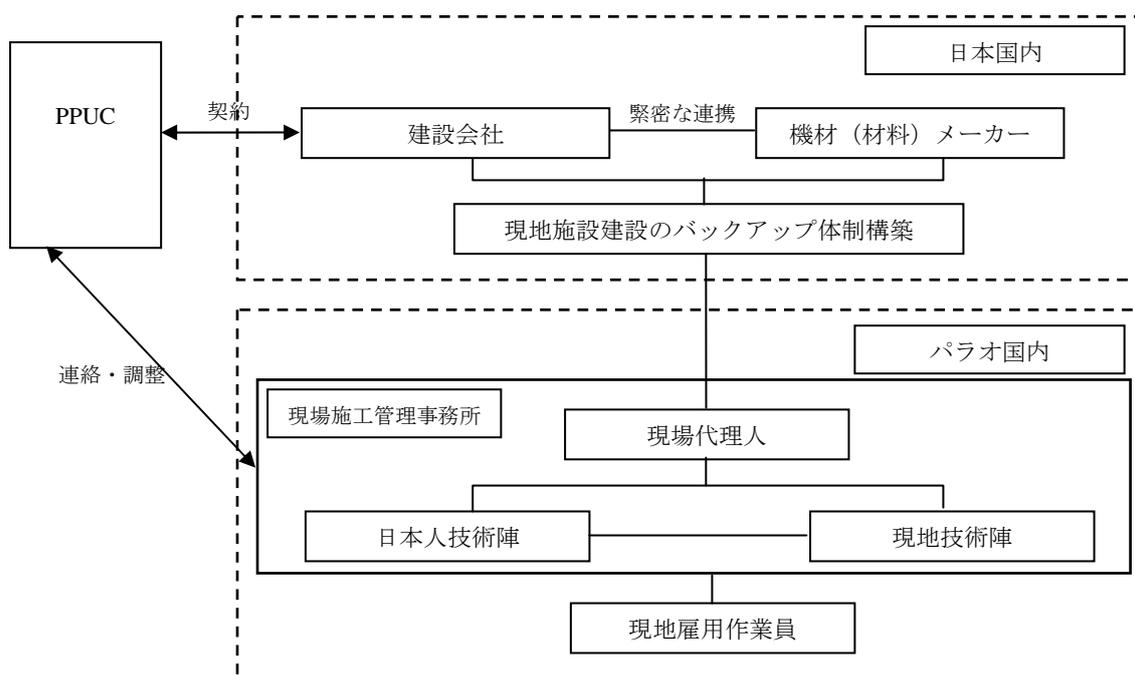
出典： JICA 調査団

3-1-9-4 施工管理計画／調達管理計画

(1) 請負業者の施工管理／調達体制

1) 請負業者の体制

本プロジェクトは、管路の敷設及びコンクリート構造物などで構成される。請負業者は、建設会社と機材メーカー（材料メーカー）が緊密に連携して体制を構築する必要がある。また、建設請負業者の実施体制の概要は図 3-1-45 に示すような体制が想定される。



出典： JICA 調査団

図 3-1-45 施設建設請負業者の実施体制

2) 日本国内でのバックアップ体制

請負業者は、日本国内において、土木工事、配管等の施設建設全般にわたる総合的な調整及び現地施工管理事務所を技術的・資金的に支援するのに必要なバックアップ体制を構築する必要がある。

3) 現地施工管理事務所

請負業者は、パラオ国において、土木工事、配管工事等の全ての施設建設を遂行のために施工管理事務所を設置し、円滑な工事実施体制を構築する必要がある。現地では、この施工管理事務所が、専門技術者、熟練工、オペレーター、運転手、労働者、資機材供給業者等を雇用して、施設建設工事を遂行することになる。

施設建設に必要な管理業務技術者及び熟練工などの現地雇用が難しいため、工程管理、品質管理、安全管理等は、日本または第三国（フィリピン等）の技術者及び熟練工による補強が必要である。

- 我が国の会計制度及び無償資金協力制度の枠組み内での工事が必要であるため、同制度を十分に理解した技術者による工程管理が必要である。
- 工事の技術及び施工管理の手法は、パラオ国側実施機関及び現地の技術者・労務者に移転される必要があるため、日本国の施工手順、品質管理手法、安全管理手法を取り入れた施工管理が必要である。

4) 請負業者の施工管理体制

限られた期間内で複数の施設及び複数の工種の工事を並行して実施するため、表 3-1-39 に示す日本人施工管理体制で工事管理をする必要がある。

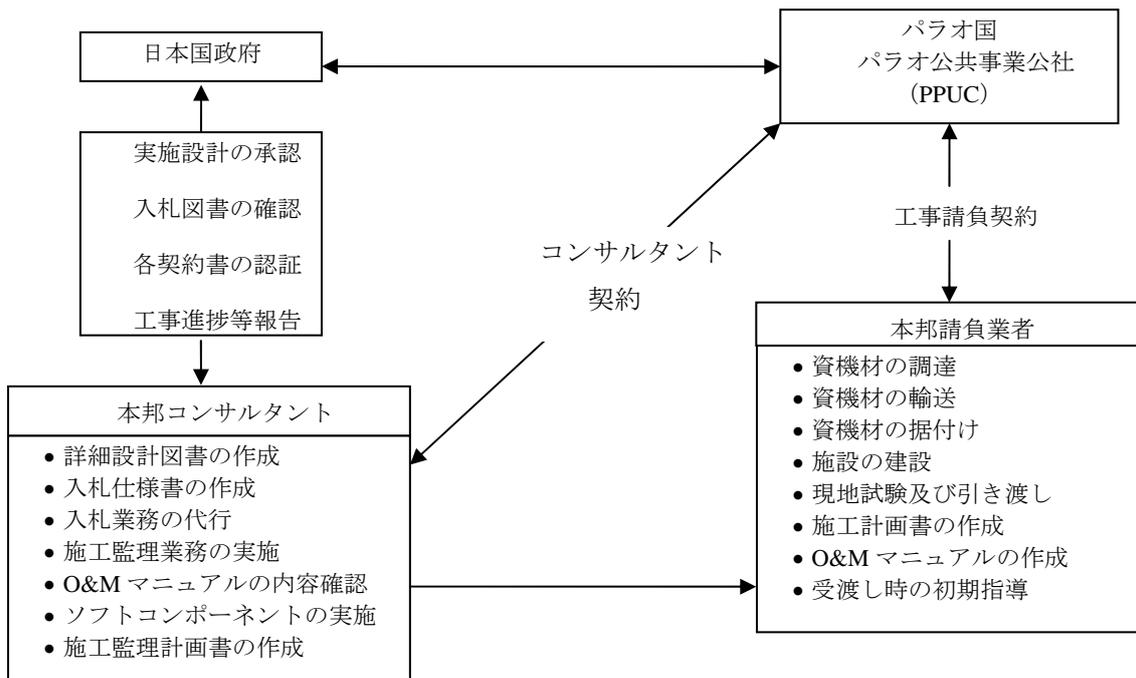
表 3-1-39 請負業者の施工管理体制

職種	赴任形態	要員数	担当業務等
所長	常駐	1名	施工管理の総括 施工に関するパラオ国側との協議 土木建造物の調達、建設、工程、品質、安全の管理
主任土木技術者	重点	1名	技術管理に係る所長の補佐 土木建造物の調達、建設、工程、品質、安全に関する管理
土木技術者	重点	1名	土木建造物の調達、建設、工程、品質、安全に関する管理
機械・電気技術者	重点	1名	機械工事及び電気工事の工事管理

出典： JICA 調査団

(2) コンサルタントの施工監理体制

コンサルタントは、「施設建設工事の所定工期内の完了」、「契約図書に示された工事の品質確保」及び「安全な業務実施」を達成するために請負業者を監督・指示する。施設建設が無償資金協力の枠組みの中で適正に実施されていることを中立な立場で確認・監理する役割を持っているため、図 3-1-46 に示す位置で本プロジェクト全体の監理を行う。



出典： JICA 調査団

図 3-1-46 事業実施関係図

我が国の無償資金協力の制度に基づき、コンサルタントは、概略設計の主旨を踏まえて、実施設計業務・工事監理業務について一貫したプロジェクト・チームを編成して円滑に業務を実施する。施工監理において、コンサルタントが本工事に適合した技術を備えた以下の現場監理者を工事工程に合せて派遣し、工程監理、品質監理及び安全監理を実施する。

常駐監理員（土木兼務）	1名（常駐）
土木監理員	1名（重点）
管路工事監理員	1名（重点）
機械・電気監理員	1名（重点）

さらに、我が国あるいは第三国で製作され、輸入される資機材の工場立会検査に我が国の監理員が必要に応じて参画し、資機材の現地搬入後のトラブル発生を未然に防ぐ。

(3) 施工監理の基本方針

コンサルタントは、本工事が所定の工期内に完成するよう工事の進捗を十分に監理し、工事が安全に実施されるように、請負業者を適切に監理・指示することを基本方針とする。また、コンサルタントは現地技術者を雇用し、上記日本人技術者とともに現地技術者を活用して施工及び資機材調達監理を常時実施する必要がある。

以下に主要な施工監理上の留意点を示す。

1) 工程監理

下記の項目について、請負業者が契約時に計画した工程と、実際の進捗状況とのチェックを毎月及び毎週に行い、工程の遅れが生じている場合は、その原因を明らかにしたうえで、請負業者にその対策案の提出を求め、工期内に工事が完了するよう指導する。

- 工事出来高の確認
- 主要資機材調達状況の確認
- 技術者、技能工、労務者等の投入状況の確認

2) 安全監理

請負業者の安全管理計画の妥当性の確認及びその実行状況の確認を行い、工事实施中の労働災害・第三者への災害・事故等を未然に防ぐよう、現地での作業を監理する。安全監理は以下の手段で実施する必要がある。

- 請負業者による安全管理計画の策定と安全管理者選任の有無の確認
- 策定された安全管理計画及び選任された安全管理者の妥当性の確認
- 安全管理計画の実行状況の確認
- 工事車両の計画運行ルート・運行注意事項の妥当性と計画遵守の確認
- 作業員の福利厚生制度内容と休日・休憩確保の励行の確認

3) 日本国内での施工監理

日本国内においては、以下に述べるプロジェクト総合監理に必要な体制を整え、現地・国内作業の全般を監理する必要がある。

- 契約内容と工程・進捗・品質の確認
- 現場で発生したトラブル等の解決案検討と請負業者への指示
- コンサルタント現地事務所に対する技術的・資金的な支援

また、以下の作業は日本国内で実施されることとなるため、適切な国内監理体制の整備が必要である。

- 日本国内で製作される資機材の品質監理（製作図等確認、工場検査立会い、試験結果検証等）

3-1-9-5 品質管理計画

契約図書（技術仕様書、実施設計図書）に示された施設・資機材の品質が、請負業者によって確保されているかどうか、下記の項目に基づき監理を実施する。

品質確保が危ぶまれる場合、請負業者へ警告を発するとともに必要な修正・対策等を指導する。品質管理は以下の手段で実施する必要がある。

- 資機材のカタログ・仕様書及び製作図の照査
- 資機材の試験結果／工場検査結果の照査または立会い
- 資機材の据付要領書、現場試運転・調整・検査要領書及び施工図の照査
- 資機材の現場据付工事の監理と試運転・調整・検査の立会い
- 請負業者の施工図の照査
- 工事中の転圧・配筋・コンクリート強度等の現場検査
- 工事実施状況・工法等の現場確認
- 施設施工図と現場出来高の照査
- 竣工図面の照査

施工監理時における品質管理計画の内容を表 3-1-40 に示す。

表 3-1-40 品質管理計画の内容

工種	管理項目	方法	頻度
配管材料	強度・寸法 外観・寸法	工場検査報告の確認 目視・寸法測定	承認毎 納入毎
配管工事	のみ込み深さ 漏水有無	マーキング 水圧試験	全継ぎ手 全配管延長
舗装	路盤	平板載荷試験	場所毎
床付	地耐力	平板載荷試験	構造物毎
コンクリート	骨材の品質	粒度試験	3,000m ³ 毎
	セメントの品質	物理試験・化学試験	1,000 トン毎
	生コンクリートの品質	スランプ・空気量・塩化物	打設毎
	コンクリート強度	圧縮強度試験	100m ³ 毎
鉄筋	配筋状況	配筋検査	打設部毎
構造物出来形	出来形寸法	寸法測定	主要部位毎
防水工	材料品質 塗膜状況 漏水有無	品質証明書の確認 目視	承認毎
		水張試験	構造物毎
機械設備	据付精度 機能	据付位置測定	全機器 試運転時に全機器
電気設備	据付精度 機能	シーケンス試験 絶縁抵抗試験	全機器 試運転時に全機器

出典： JICA 調査団

3-1-9-6 資機材等調達計画

施設建設の材料となる資機材は、仕様、品質、供給量、納期等の条件が満たされる場合、現地調達とする。

仕様、品質、供給量、納期等の面で工事の品質・工程等に支障ある資機材については、無償資金協力の原則に基づき日本及び第三国の調達を計画する。

パラオ国では、土木工事に必要な主要な資機材は生産されていないので、セメントや骨材、型枠材等を除いた資機材を輸入する必要があると考えられる。したがって、施設建設の材料となる主要資機材の調達先は表 3-1-41 のように計画される。

表 3-1-41 施設建設材料（主要資機材）の調達区分

資機材名	調達先			備考
	現地	日本	第三国	
[資材]				
セメント	○			
コンクリート骨材を含む砂・砂利	○			
生コンクリート	○			
鉄筋	○			
鋼材	○			
型枠用材料	○			
足場・支保工材料	○			
PVC 管		○	○	米国
ダクタイル鋳鉄管		○	○	台湾、米国
鋼管、その他の管材		○	○	台湾、米国
弁類		○	○	米国
流量計・水位監視設備		○	○	米国
[建設機械]				
骨材プラント	○			
コンクリートプラント	○			
ダンプトラック	○			
バックホー	○	○		
コンクリートミキサー車	○	○		
コンクリートポンプ車	○	○		
発電機	○	○		
クレーン付トラック	○	○		
ブルドーザー	○	○		
路面切削機	○	○		
路面清掃車	○	○		
アスファルト舗装機	○	○		
ロードローラー	○	○		
タイヤローラー	○	○		
[その他]				
燃料（ガソリン、軽油）	○			

出典： JICA 調査団

本プロジェクトで使用する資機材は、海上輸送を経て、まず、パラオ国際港に運搬される。パラオ国際港から建設現場近くの資機材置場までは、舗装路面で、大型トラックの通行が可能であり、陸上輸送には大きな支障はないと考えられる。

3-1-9-7 初期操作指導・運用指導等計画

施工業者は、原則として全ての建設施設について初期操作指導と運用指導を行う。操作指導は施設の引渡し時に英文マニュアルに基づき実施する。操作指導内容は、管路施設、配水池である。各施設の指導内容（案）を表 3-1-42 に示す。

表 3-1-42 施工業者による初期操作指導・運用指導内容（案）

番号	施設	指導内容	日数
1.	配水池	各部名称／使用／機能の説明 水位／流量記録・管理 躯体施設の点検・清掃方法 弁の操作 交換部品の調達方法 配水流量計の操作・管理方法	15
2.	管路施設／付帯設備	管路／管種／仕様／管路延長の説明 弁類の維持管理方法（点検、整備、修理）	7

出典： JICA 調査団

3-1-9-8 ソフトコンポーネント計画

(1) ソフトコンポーネントを計画する背景

本プロジェクトでは、コロール州及びアイライ州の 5 つの配水区へ安定した給水をするための上水道施設の改善・更新を計画している。本プロジェクトにより、不足している送水能力の改善、配水管網上の低給水圧解消、無収水率の改善が期待される。これにより、住民は、安定した浄水の供給を受けることが可能となり、上水道サービスの向上が図られる。

無収水削減は大きな課題であるが、実施機関である PPUC の無収水管理や漏水探知技術が不足しており、施設整備だけでは、効果的に無収水率を削減することが困難である。そのため、本プロジェクトでは、配水量・無収水量管理及び漏水探知の手法や作業手順を整備し、施設の改善・更新との相乗効果を図る。

なお、本プロジェクトにおいて施設の運営・維持管理（O&M）を担う PPUC の課題を以下のよう整理する。

1) 水道事業体の経営管理

実施機関である PPUC の上水道部門は運営資金の約 62%を政府助成金に依存している。料金収入の原価回収率は約 38%であり、運営基盤が脆弱であるため、ADB のプログラム・ローンによる財政支援や下水道整備支援等が実施されている。このような背景の下、ADB の助言により 2009 年に料金改定に着手した。しかし、2011 年と 2012 年の 2 回にわたる値上げを実施したものの、原価回収を可能にするレベルに至っていない。現在は、キャンペーン等の実施により、市民の値上げ理解を得るための努力をしている。

また、料金改定以外にも、現在の高無収水率（約 48%）を低減する事で、送配水に係る費用を削減し、経営改善していく必要がある。

2) 給水システムにおける配水量・無収水量の管理

本プロジェクトで、各配水池に流量計を設置し、配水量計測を開始する。しかし、配水区（配水池の下流側の配水区域）とメーター・顧客を管理する地理的区域（販売管理の区域）が連携していないため、送配水量と有収量を配水区ごとに把握することができない。これは、配水量・無収水量の管理概念が行き届いていないことに起因する。高い無収水率が問題視される現況の下、施設改善とともに、配水量・無収水量管理の手法や作業手順を整備する必要がある。

3) 既存給水管の漏水調査

PPUC が管理している給水管は、民地の奥まで入り込んでいるケースや、給水管の上で顧客が構造物設置や舗装しているケースも多く、漏水発見が遅れがちである。適切かつ迅速に漏水箇所を発見する技術や、調査手順の整備が必要である。また、将来にわたって無収水削減効果を継続していくために、漏水探知能力の整備が必要である。そのため、既存の O&M 部署に、配水量や無効水分析・管理する機能を付与し、目標達成のために活動の継続を徹底するような処置を PPUC へ申し入れる。

4) 漏水探知に係る職員の技術向上及び計画的漏水防止

PPUC には、音聴式の漏水探知器と相関式漏水探知器が 1 台ずつある。ただし、相関式漏水探知器は、センサー等の一部を紛失しているため、使用することができない。一方、路面音聴式漏水探知器は、1 名の職員が活用可能であり、比較的漏水音が明確な箇所での探知ができる。しかし、技術に不十分な面がある上、機材・要員が不足しているため、多発する漏水に十分に対応できない。特に無収水削減に不可欠である計画的な漏水調査は実施されていない。無収水量管理を実施する上で、実態に合った漏水防止計画の立案とそれに必要な漏水探知機材の充足及び探知技術力の向上が必要である。

(2) ソフトコンポーネントの目標

本プロジェクト完了後、PPUC の上下水道部門のスタッフが、下記の事項を継続的に実施できることを目標とする。

- 給水システム全体の送配水量及び無収水量の管理をマニュアルに従って実施し、データを活用することで施設の効果を最大限に引き上げる。
- 漏水探知技術の習得及び漏水調査の作業計画の作成、実施ができる。

(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成果を以下に示す。

- 給水システム全体の送配水量及び無収水量の管理、管理データの活用
 - ✓ 各配水池に設置された流量計で、配水量の記録ができるようになる。
 - ✓ 顧客台帳と顧客の使用水量をリンクできるようになる。
 - ✓ 送水量・配水量・顧客の使用水量から、無収水量を定量的に把握する事ができるように

なる。

- ✓ 無収水量のデータ管理ができるようになる。

➤ 漏水探知技術の習得及び漏水調査の作業計画の作成、実施

- ✓ 漏水探知機材の技術を習得し、適切な漏水探知ができるようになる。
- ✓ 計画的な漏水探知作業のプログラムを作成し、効率的に漏水箇所を発見する事で、送配水管の維持・管理計画につなげることが出来るようになる。

(4) 成果達成度の確認方法

ソフトコンポーネントの成果の達成度は、知識に関する修得度、及び修得した知識を活用した日常業務作業の向上度合いで確認される。

知識に関する修得度 : 研修の最後に小テストを実施する

修得した知識を活用した日常業務作業 : 実際の業務のモニターによる評価

ソフトコンポーネントの成果達成の確認法を表 3-1-43 に示す。

表 3-1-43 成果達成の確認方法

分野	成果	達成度の確認項目
給水システム全体の送配水量及び無収水量の管理、管理データの活用	各配水池に設置された流量計で、配水量のデータ記録ができる。	✓ 配水量の記録を正確にグラフ等で整理できるか。
	顧客台帳を作成し、各配水区における顧客の水使用量を把握することができる。	✓ 顧客の使用水量データと、顧客の属する配水区を符合させ、各配水区における使用水量を把握することができるか。
	送水量・配水量・顧客の水使用量から、無収水量を定量的に把握することができる。	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 各配水区の配水量データと、顧客の使用水量データから配水管・給水管の無収水量を把握できるか。 ✓ 各配水池の水位を同時に確認し、送水量データから、送水管の無収水量を定量的に把握できるか。
	無収水量のデータ管理ができる。	✓ 無収水データから無収水調査への優先順位をつけることができるか。
漏水探知技術の習得及び、漏水調査の作業計画の作成、実施	漏水探知技術を習得し、機材をマニュアル通りに使用することができ、適確に漏水箇所を発見することができる。	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 漏水探知機材の原理・特徴を正確に理解できるか。また、機材をマニュアル通りに使用できるか。 ✓ 漏水箇所を適切に発見できるか。
	計画的な漏水探知作業のプログラムを作成し、効率的に漏水箇所を発見する事で、送配水管の維持・管理計画につなげることができる。	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 無収水削減計画に沿って、漏水調査の作業計画を作成、実施することができるか。 ✓ 漏水位置報告書の作成ができるか。 ✓ 漏水調査後、結果を送配水管の維持・管理計画につなげることができるか。

出典： JICA 調査団

(5) ソフトコンポーネントの活動（投入計画）

1) ソフトコンポーネントの内容

ソフトコンポーネントの活動（投入）内容は以下の通りであり、表 3-1-44 に示す日程で研修を実施する。

- ✓ 研修計画の立案
- ✓ 研修に使用するテキスト（各種マニュアル）の作成
- ✓ 送配水量、顧客の水使用量、無収水量データの管理ツールの作成（MS-Excel）
- ✓ スクリーニング調査・路面音聴調査実習
- ✓ 講義／実習の実施
- ✓ 修理報告書の作成・補助
- ✓ 漏水調査計画／無収水削減計画の作成
- ✓ 研修成果の評価（報告書作成）

なお、漏水探知技術の指導に関しては、漏水探知機材（ノイズカット漏水探知機、高感度音聴棒、漏水音自動判別ユニット付電子音聴器）を 2 セット調達して指導にあたる。本機材は、配水管と給水管双方の漏水探知に対応でき、現在、PPUC が保有している機材と同等である。また新規に担当となるスタッフに対しても、安易に探知が可能な機材を選定している。

表 3-1-44 研修日程（案）

分野	研修内容	研修日数																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
配水量 分析	無収水管理	■																				■									
	配水ブロック調査									■																					
漏水探知 技術	漏水調査計画 配水量分析	■																				■									
	スクリーニング 戸別音聴調査 路面音聴調査									■																					
	確認調査									■																					

出典： JICA 調査団

2) ソフトコンポーネントの指導員

ソフトコンポーネントの指導員として、日本人コンサルタント 2 名を配置する。1 名は配水量分析担当とし、1 名は漏水探知技術の指導にあたる。

3) 研修の対象者（ターゲットグループ）

PPUC の上下水道部門及び事務管理部門の職員 10 名が対象である。また、PPUC は、当該対象者について、工事期間の中間時点までに JICA パラオ支所へ通知する。

- ✓ 本プロジェクトによって建設される施設の維持管理・運用にあたる担当者
- ✓ 配水量分析チームと漏水探知チームに分けての実習だが、職員 10 名全員が双方の内容を把握できるものとする。

(6) ソフトコンポーネントの実施リソースの調達方法

本活動は、本プロジェクトで敷設される送配水管から、新設される配水池にいたる一連の送配水システムの全体運営管理の支援と、漏水探知の活用・計画管理に係る支援である。従って、本ソフトコンポーネントを担当する技術者は、前者については、本プロジェクトの計画・設計に従事し、送配水システム全体に精通した技術者を配置する必要がある。また、後者については、漏水探知機材の取扱に慣れている技術者である必要がある。従って、本邦コンサルタントによる直接支援型を採用する。

(7) ソフトコンポーネントの実施工程

ソフトコンポーネントは、本プロジェクトによって建設される施設を使って実施されることが必要であり、パラオ国への施設の引き渡し時期及び試運転と並行して実施する。本プロジェクトにおいて想定されるソフトコンポーネントの実施工程表（案）を表 3-1-45 に示す。日本人指導者の従事を可能な限り抑えたうえで最も合理的な活動スケジュールを設定する。

表 3-1-45 ソフトコンポーネントの実施工程（案）

研修内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34			
送配水量分析	研修テキスト作成(4) 移動1																																				
漏水探知技術	研修テキスト作成(4) 移動1																																				

国内作業
 現地作業

出典： JICA 調査団

(8) ソフトコンポーネントの成果品

本ソフトコンポーネントにおける成果品は、表 3-1-46 に示す通りである。

表 3-1-46 本ソフトコンポーネントの成果品

成果品名	備考
無収水量のデータ管理マニュアル	施設の送配水量及び、顧客の水使用量のデータ管理記録 無収水量のデータ管理記録
漏水調査管理マニュアル	漏水調査計画（案） スクリーニング調査（戸別・路面音聴工法）
研修対象者の理解度の評価報告書	受講者に実施した質問表及び、小テストの結果のまとめと評価
ソフトコンポーネント完了報告書（英文）	先方実施機関に提出するもの（JICA ソフトコンポーネント・ガイドライン 2010 年 10 月に準拠）
ソフトコンポーネント完了報告書（和文）	JICA に提出するもの（同上）

出典： JICA 調査団

(9) 相手国実施機関の責務

1) 実施可能性

PPUC の無収水削減による経営の改善の要望が強いことから、本ソフトコンポーネントで計画する項目に係る実施可能性（モチベーション）は、高い。

なお、本ソフトコンポーネントの目標を達成するためには、PPUC の組織体制や財務面が保障される必要がある。

コロール・アイライ給水システムにおける PPUC の O&M に関する上下水道部門の要員は、35 名在籍する。本プロジェクトで建設される施設の O&M については、現在の要員の再配置及びローテーション管理により可能と判断する。また、財務面に関しては、本ソフトコンポーネントにおける PPUC 側の支出は小さいことから、本ソフトコンポーネントを実施する際の PPUC の負担事項に支障はないと判断する。

2) 阻害要因及び必要な措置

研修項目に関して阻害要因は特にないが、パラオ国の給水システム内で事故が発生した場合、緊急対応に人員が必要となるため、受講者に出張が発生する可能性がある。そのため、研修時間は、1 日に 3～4 時間程度とする。

研修の受講者や PPUC は、以下の要件が求められ、PPUC は受講すべき職位の人員に対し、本要件を満たすよう習得させておくことが必要である。また、O&M に従事するキーパーソンは全ての研修内容を理解することが求められる。

- ✓ コンピューターの基本的な操作方法を身につけていること
- ✓ 基本ソフト（MS-Excel 及び MS-Word）の操作方法を身につけていること
- ✓ 講義・演習に十分な時間をさけること（1 日 3～4 時間程度）
- ✓ 研修場所（PPUC 事務所内の講義室 1 部屋）

「配水量及び無収水量の管理、管理データの活用」に関して、PPUC は、コンピューター等のハードウェア環境を研修前にそろえておくことが必要であるが、概略設計調査時に全て揃っていることを確認しており、現在 PPUC が使用している機材を本研修に流用することで対応が可能である。

「漏水調査の作業計画の作成、実施」に関して、漏水調査は夜間作業を含むため、PPUC は事前に、交通事故防止の安全対策を万全にする必要がある。また、夜間作業の場合、時間外勤務となるため、残業代の支払いをする必要がある。

3-1-9-9 実施工程

本プロジェクトの施設建設は、我が国政府の承認を経て、両国間で交換公文（E/N）、贈与契約（G/A）が取り交わされた後に実施される。本プロジェクトの実施には、入札手続きを含めて約 29 ヶ月を要すると考えられる。

表 3-2-1 相手国側分担事業の項目と実施時期

No.	分担事業項目	プロジェクト		
		実施前	実施中	実施後
1	プロジェクトに係る事業認可（環境、道路占用）	✓		
2	施設建設予定地周辺への住民説明やステークホルダー会議の開催	✓	✓	
3	適切な法的手続きの下での施設建設予定地の土地確保	✓		
4	施設建設予定地へのアクセス道路の整備	✓		
5	建設業者用の仮設ヤード（資材置き用）の提供	✓		
6	残土及び工事雑水の廃棄場所の提供	✓		
7	日本側コンサルタント・請負業者への支払いに必要な取消不能支払授權書（A/P）発行手続き、発行手数料及び支払手数料の負担		✓	
8	管路敷設に係る関連機関からの工事許可取得		✓	
9	配水池等に必要な電力の引き込み（受電設備以降は日本側の範囲）		✓	
10	パラオ国へ輸入する資機材の荷下しに必要な措置と通関作業の実施		✓	
11	本プロジェクトに必要な資機材調達及び役務に関連した、業務遂行のためにパラオ国へ入国及び滞在する日本人への便宜供与		✓	
12	本プロジェクトに必要な資機材調達及び役務に対する日本国法人及び日本人へのパラオ国で課せられる関税・国内税等の免税及び免税措置		✓	
13	給水管接続：給水管の切り替え		✓	
14	ソフトコンポーネント対象者の選任と JICA への通知		✓	
15	本プロジェクトで建設する配水池施設の敷地周囲へのフェンス及びゲートの設置		✓	
16	無償資金協力に含まれていない費用で、本プロジェクトの実施に必要な全ての費用の負担		✓	
17	無償資金協力で建設／調達された施設／機材の適切な使用・維持管理			✓

出典： JICA 調査団

上記の分担事業のうち、相手国（PPUC）が負担する施設建設や工事を含む項目の概算事業費は、表 3-2-2 に示す通りである。

表 3-2-2 相手国（PPUC）分担事業の概算事業費

No.	分担事業費目	概算事業費 (USD)
1	マラカル配水池施設までのアクセス道路の整備（約 200m）	23,645.30
2	配水池等に必要な電力線の引き込み	6,580.00
3	マラカル配水池施設の敷地周囲へのフェンス及びゲートの設置	32,066.44
4	各戸接続：給水管の接続（308 箇所）	168,528.36
	総 計	230,820.10

出典： PPUC 側との協議により、JICA 調査団が整理

上表のように、本プロジェクトの実施に伴うパラオ側負担事業の経費は、約 USD 231 千（約 25 百万円）である。これを年度別に配分すると、2015/16 年度が約 USD 68 千（約 7 百万円）、2016/17 年度が約 USD 163 千（約 17 百万円）である。

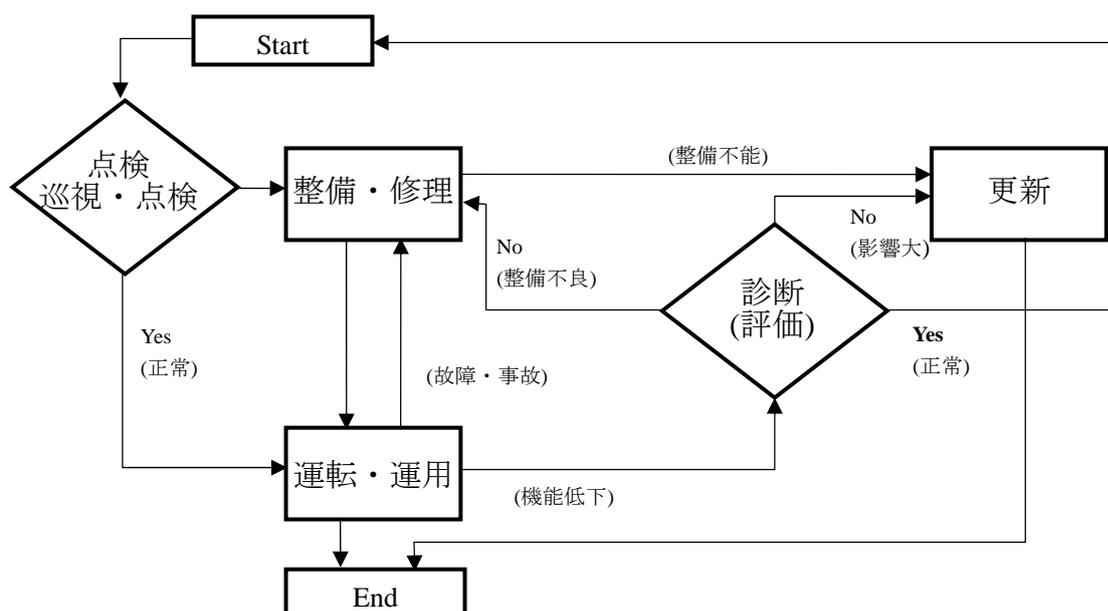
漏水削減に伴う（送水ポンプ電力費）削減が、年間に $265,078\text{kWh} \times \text{USD } 0.427/\text{kWh} = \text{USD } 113,188$ と見込まれる。そのため、当該経費は、約 5.6 年間の運転で回収可能である。ただし、同経費を一時的に捻出するために、PPUC の上下水道部門はパラオ国政府に対して、財政支援の申請が必要である。このことについて、パラオ国側は適時に予算措置を行う準備を開始している。

3-3 プロジェクトの運営・維持管理計画

3-3-1 基本方針

本プロジェクト施設を長期にわたって有効に活用し、日常の需要の変化に即応して安定的かつ継続的に浄水を供給するために、各設備の運転・保守（O&M）及び施設環境の保全が不可欠である。

パラオ国側は当該施設・設備が持つ性能及び機能を維持し、安定した浄水供給を行うために、各施設・設備の信頼性、安全性及び効率性の向上を柱とした適切な予防保全と維持管理を実施すべきである。本プロジェクト施設の基本的な管理フローを図 3-3-1 に示す。



出典： 水道維持管理指針

図 3-3-1 施設管理フロー図

なお、個別の施設・設備については、本プロジェクトの工事期間中に工事請負会社が PPUC に対して施設運転・保守操作説明として技術指導を行うが、配水量管理や無収水削減については、コンサルタントがソフトコンポーネントを通じて技術指導を行う計画である。

3-3-2 定期点検項目

上記の運営・維持管理の方針を踏まえ、PPUC が本プロジェクトの送配水施設運営維持管理に対して実施すべき基礎的な項目は、以下のように大別される。表 3-3-1 に本プロジェクトの上水道施設の運転管理と維持管理の主な実施項目を示す。

運転管理： 設備や装置等の操作、監視を与えられた条件下で適切に行う。

維持管理： 運転を実施するに当たって施設、設備、装置等が常に最大の機能を発揮できるように保守、修理及び準備を行う。

表 3-3-1 本プロジェクト施設の運営・維持管理の主な項目

管理分類	主な管理項目
運転管理	1) 水量管理：決定した目標水量値に適合するように設備や装置を操作、制御する。 2) 無収水管理：送水量や各配水池の流量計を定期的に観測し、料金徴収データとの比較により無収水管理を行う。また、調達する計測機器を使用し定期的な漏水探知を実施する。
維持管理	1) 巡視点検：施設、設備、装置等の状態を計器または目視等を利用して巡視または点検し、故障や不具合の部分に対する保守、修理を行う。 2) 予防保全：施設、設備、装置等の重要性及び特性に応じて、故障や不具合がなくても一定間隔を決めて予防的な整備を行い、施設、設備及び装置の信頼性と安全性を確保向上させ、確実な運転を維持する。

出典： JICA 調査団

なお、PPUC は機器メーカーが提出する調達機材の個別の運転・維持管理マニュアルに基づいて、各設備に対する適切な運転・維持管理を実施する必要がある。

3-3-3 予備品購入計画

スペアパーツは、定期的に交換する標準付属品と故障、事故等の緊急時に必要となる交換用部品(緊急予備品)とに分類される。したがってパラオ国は、これらの部品を購入する必要がある。

なお、部品交換時の対応について、パラオ国側がメーカーへコンタクトする際に支障がある場合、受注した本邦請負業者及び本邦コンサルタントを通じて、該当メーカーにコンタクトできるよう配慮する。

3-3-4 運営維持管理体制

本プロジェクトの運営・維持管理に係る責任・実施機関は PPUC の WWO である。プロジェクト対象施設がコロール・アイライ給水システムであるため、アイライ浄水場及びコロール・アイライ中心の O&M 要員が担当する。

無収水・漏水に起因する非効率の問題視されており、アイライ浄水場及びコロール・アイライ中心の O&M 部署に、配水量や無収水分析・管理する機能を付加する必要がある。

なお、上記管理機能の付加については、新規の部署や追加要員は不要であり、既存の部署の要員で実施する。

ただし、新たな管理機能追加で、既存業務に支障が生じる場合、表 3-3-2 の通り、バベルダオブ島の地方州で業務している要員のうち、3 名程度を移動させることにより、既存業務の要員を増員させることで対応できる。

表 3-3-2 本プロジェクト運営・維持管理要員

部門・職位	職員数（現況）	職員数（計画）
本部（管理部門所属）	16名	16名
アイライ浄水場及びコロール・アイライ中心の O&M 要員 ➢ 浄水場管理 ➢ 送配水管理 ➢ 無取水分析・管理（付加） ➢ 水質監視・監理（付加）	35名	38名（+3名）
地方州の O&M 要員（隣接州の統廃合）	43名	40名（-3名）
下水道及び下水処理場の O&M 要員	21名	21名
合計	115名	115名

出典： JICA 調査団

3-4 プロジェクトの概略事業費

3-4-1 協力対象事業の概略事業費

本プロジェクトを実施する場合に必要な概略事業費の総額は 16.4 億円になり、先に述べた我が国とパラオ国との負担区分に基づく双方の経費内訳は、次の通りに見積もられる。なお、本プロジェクトの概略事業費は交換公文上の供与限度額を示すものではない。また積算条件は下記（3）の通りである。

(1) 日本側負担経費

表 3-4-1 概略事業費

概略事業費：約 1,619.2 百万円

	工 種	細目	概略事業費（百万円）	
施 設 建 設	送水システム改善	送水管敷設工 DCIP, DN16in (DN400mm)、 L=3.39mi (5,416m)	377.5	1,469.8
	配水システム改善 (配水区割整理)	送水管敷設工 DCIP, DN10in (DN250mm)、 L=1.93mi (3,094m)	99.7	
		配水池築造工 0.25MG (950m ³), 1 箇所, RC 造, 矩形	99.2	
		流量計設置工 羽根車式 DN6-8in (150-200mm)、 5 基	9.5	
	配水システム改善 (主要 AC 管更新)	配水管敷設工 PVC DN8-12in (DN200-300mm)、 L=8.08mi (12,920m) 給水管分岐 (308 箇所)	724.1	
	その他	技能工派遣費、直接経費、仮設費、輸送梱包費、 その他	159.8	
実施設計・施工監理・ソフトコンポーネント			149.4	

出典： JICA調査団

(2) 相手国側負担経費

相手国側負担の概算事業費： USD 230.8 千（約 64.7 百万円）（表 3-2-2 の通り）

(3) 積算条件

1. 積算時点：平成 26 年 11 月
2. 為替交換レート：平成 26 年 10 月 31 日を起点とした過去 3 ヶ月（8 月～10 月）の平均
USD 1.00 = 107.02 円
3. 施工期間：日本国の 1 会計年度にわたる施設建設とし、単債適用とする。
4. その他：本プロジェクトは、日本国政府の無償資金協力の制度に従い実施されるものとする。なお、本事業は予備的経費を想定した案件となっている。ただし、予備的経費の適用及び経費率については外務省によって別途決定される。

3-4-2 運営・維持管理費

送水管や配水管に係る追加で必要な運営・維持管理費はほとんど無いが、マラカル配水池に設置される水位監視設備に必要な電力費及び修理・定期交換部品費を必要とする。なお、配水量・無収水管理は、既存の部署・要員で実施予定のため、人件費の増減はない。

関係する費目を下記の条件で算出する。また、表 3-4-2 に算出結果を示す。

電力費： 年間電力消費量×平均電気代
予備品費： 機器本体価格×3%/年

本プロジェクトの実施に伴って、年間約 USD 640.00 の運営・維持管理費の増加が見込まれるが、漏水削減に伴う送水ポンプ電力費の削減（年間 265,078kWh×USD 0.427/kWh=USD 113,188）が期待されるため、十分に負担可能である。

表 3-4-2 本プロジェクト実施後の運営・維持管理費（増加分）

費目	項目	A	B	C	D	E	F	G
		容量 (kW)	常時運転台数 (台)	運転時間 (hr/日)	[A×B×C] 日電力消費量 (kWh/日)	[D×365 日/年] 年間電力消費量 (kWh/年)	電気料金 (USD/kWh)	[E×F] 年間費用 (USD)
電力費	水位計	0.12	1	24	2.88	1,051	0.427	448
費目	項目	A	B	C				
		機材費 (USD)	予備品費率 (%/年)	[A×B] 年間費用 (USD)				
予備品費	水位計	6,400	0.03	192				
本プロジェクト実施に伴う支出増加 合計								640

出典： JICA 調査団

(1) 機材の更新

本プロジェクトでは、主な機材として、水位監視設備がある。この機材の更新時期は、概ね表 3-4-3 以下の通りである。

表 3-4-3 本プロジェクトにおける機材の更新時期

機材名	更新時期 (耐用年数)
水位計	15 年

出典： JICA 調査団

第4章

プロジェクトの評価

第4章 プロジェクトの評価

4-1 事業実施のための前提条件

マラカル配水池の建設予定地がコロール州政府管理の土地であるため、PPUC は、コロール州政府と土地利用に関する交渉を進めてきた。コロール州公有地管理局（KSPLA）は、PPUC に対し、土地利用に関する承認レターを提出した（2015年2月）。PPUC は同承認を踏まえ、土地利用に関する登記手続きを進める必要がある。

また、住民移転は生じないが、用地周辺に家庭菜園が広がっているため、配水池建設に先立ち、配水池と干渉する一部の家庭菜園の撤去が必要となる。この家庭菜園撤去については、PPUC とコロール州政府が協力し、平和的に実施する必要がある。

海外調達資機材に対する通関及び関税の免税については、請負業者が PPUC の調達担当者（Procurement Officer）を通じて、事前に、財務省（Ministry of Finance）の所得・関税・課税管理局（Bureau of Revenue, Customs and Taxation）に、船荷証券の写し等、必要書類を添えて「通関及び免税手続き申請書」を提出する必要がある。同時に、その写しを国務省（Ministry of State）の国際貿易・技術協力局（Bureau of International Trade and Technical Assistance）に提出する必要がある。これにより、還付方式ではなく、完全免税方式で関税（3%）が免税となる。なお、パラオ国には、消費税（Value Added Tax : VAT）等、物品に対する税制は存在しない。

主な先方負担事項は、マラカル配水池までのアクセス道路の整備、同配水池への電力引き込み、同配水池敷地周辺へのフェンス及びゲートの設置、給水管の接続であり、その負担金額は USD231 千円（約 25 百万円）と見積もられる。これは、漏水削減に伴う経費削減（送水ポンプ電力費削減）により、5～6年で回収可能と考えられる。ただし、同経費を一時的に捻出するために、PPUC はパラオ国政府に対して、財政支援の申請が必要である。なお、PPUC は、適時に予算措置を行うための準備を開始している。

4-2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項

プロジェクトの効果を発現・持続するためにパラオ国側が取り組むべき事項は、以下のとおりである。

- (1) 本プロジェクトで建設／調達された施設／機材の適切な使用・維持管理を行う。
- (2) 本プロジェクトで建設される上水道施設の維持管理要員を適切に配置する。
- (3) 本プロジェクトのソフトコンポーネントで作成される送配水量及び無収水量の管理マニュアル、及び漏水探知作業プログラムにしたがって、継続的に運営管理を実施するとともに、適切な O&M 体制を構築する。
- (4) 環境社会配慮のための、緩和策及び環境管理計画・モニタリング計画を実施する。

なお、ADB は、パラオ国水セクターのためのプログラムローンを実施中である。同プログラムローンで、契約者用メーターの設置・交換、アイライ浄水場送水ポンプの更新等が実施されており、本プロジェクトの効果を補完する。

4-3 外部条件

本プロジェクトの効果を発現・持続するための外部条件は、以下のとおりである。

(1) 上水道需要者の使用水量

本プロジェクトの施設規模は、現在の給水量（需要）をベースに設計されている。漏水削減により、給水量が減少することが期待されているが、各戸メーター以降の需要者管理の設備での漏水や無駄遣いが増加すると、計画給水量では不足する可能性がある。その場合、給水区域での公平な適正配水が困難になり、新たな給水便益の偏在を生む。したがって、PPUC は、需要者管理の設備の漏水対策や節水に係る市民啓発を実施する必要がある。

(2) PPUC 上下水道部門の経営改善と効率化

効率化は、無収水の削減と人員の効率的な配置を通じて行う必要がある。本プロジェクトの目的の一つに上水道システムの効率化があり、無収水の削減を通じて、上下水道部門の経営状況が改善されることが期待される。その一方、人員配置等の他の経営資源の効率が悪化すると、プロジェクトが引き出した効率化を相殺してしまう可能性がある。したがって、PPUC は、無収水削減のみならず、人員配置を含む経営資源の効率化に努める必要がある。

(3) 給水管の更新

本プロジェクトの相手方負担事項として、PPUC は給水管の接続を実施する。既存給水管は、老朽化や不適切な埋設位置のため、漏水の原因になっている。したがって、本プロジェクトと並行し、PPUC の給水管更新が推奨される。給水管の更新を通じて、無収水削減効果を一層高めることが期待される。

4-4 プロジェクトの評価

4-4-1 妥当性

本プロジェクトの妥当性は、以下のように整理される。

- (1) 現在の水需要（一日最大給水量）は、約 4.0MG/日（15,140m³/日）である。これに対し、既存送水施設の送水能力は 2.1MG/日（7,950m³/日）であるため、送水能力が大きく不足している。そのため、送水能力の増強は不可欠である。
- (2) コロール島の高台地域（ゲルベエド地区）では、所定の給水圧に届かない低給水圧が頻発しており、給水に係る便益の不均衡が生じている。そのため、マラカル配水区の創設を含む配水区割の再整理を通して配水量バランス改善し、低給水圧地区の解消をする必要性が高い。
- (3) 現在の無収水率は 48%と高く、その多くが漏水に起因すると推定される。そのため、送水及び浄水に使用されているエネルギー（電力）が浪費されている。無収水率を低減する事で、

送水及び浄水に係る費用を削減し、効率改善する必要がある。したがって、漏水の主原因と考えられる老朽化した AC 管の更新は重要である。

また、プロジェクト対象地域はパラオ国の経済の中心地である。また、パラオ国の経済を牽引している外国人訪問客は増加している。そのため、コロール州中心部とアイライ州への安定給水は、パラオ国の経済にとって重要である。

4-4-2 有効性

(1) 定量的効果

本プロジェクトの目的は、コロール州とアイライ州に安定した給水を確保することである。プロジェクトの効果を測るための定量的指標として、表 4-4-1 の通り設定する。

表 4-4-1 本プロジェクトの対象地域の定量的効果指標

指標名	基準値 (2013 年)	目標値 (2020 年) 【事業完成 3 年後】
設計送水施設能力 ¹ (MG/日 (m ³ /日))	2.1MG/日 (7,950m ³ /日)	4.0 MG/日 (15,140m ³ /日)
給水圧 ² (psi (MPa))	コロール州中心部及びアイライ州 全域における最低給水圧が 2psi (0.014MPa) 以下	コロール州中心部及びアイライ州全 域で給水圧が 20psi (0.14MPa) 以上*

注：*モニタリング対象地域は、対象地域で最も給水圧が低いゲルベエッド地区とする。

出典：JICA 調査団

(2) 定性的効果

定性的効果は、以下の通りである。

安定的かつ均等な給水が実現されることにより、住民の生活環境が改善される³。また、配水区が整理されることにより、配水管理、漏水探知等が容易になる⁴。

¹ 送水量の計測は、現在アイライ浄水場のオペレーターにより、時間毎に実施されている。この積算流量計の記録を継続する。

² 図 2-1-10 に示すゲルベエッド地区の 5 ヶ所をモニタリング対象地域として、月 1 回 (第 1 水曜日の午後 7 時) の頻度で WWO 職員が計測を実施する。

³ 本プロジェクトにより、給水量、給水圧の公平な安定配水が可能となるため、水道サービスの状況が改善される。

⁴ ①配水区域と料金徴収の区域を一致させる、②配水池に設置した流量計で配水量を管理することにより、漏水探知と配水量管理が容易になる。

資料

[資料]

- 1 調査団員・氏名
- 2 調査行程
- 3 相手国関係者（面会者）リスト
- 4 討議議事録（M/D）
- 5 ソフトコンポーネント計画書
- 6 簡易マスタープラン
- 7 自然条件調査（水質試験）結果（国内再委託）
- 8 自然条件調査（水質試験）結果（現地再委託）
- 9 自然条件調査（試掘調査）結果（現地再委託）
- 10 自然条件調査（地盤調査）結果（現地再委託）
- 11 自然条件調査（地形測量）結果（現地再委託）
- 12 自然条件調査（既存管路の漏水状況調査）結果（国内再委託）
- 13 社会条件調査結果（現地再委託）
- 14 テクニカルノート
- 15 環境チェックリスト
- 16 モニタリングフォーム（案）

資料-1

調査団員氏名・所属

調査団員氏名・所属

(第1次現地調査時)

氏名	担当	派遣期間	所属
田村 えり子	団長/総括	2014年6月22日 ～6月27日	国際協力機構 地球環境部 水資源・防災グループ 水資源第一課 課長
大村 良樹	上水道計画	2014年6月22日 ～6月27日	国際協力機構 国際協力専門員
鎌田 寛子	下水道計画	2014年6月22日 ～7月18日	国際協力機構 国際協力専門員
橋本 大樹	協力企画	2014年6月22日 ～6月27日	国際協力機構 地球環境部 水資源・防災グループ 水資源第一課
藤井 克巳	業務主任/上水道計画	2014年6月22日 ～7月11日、 7月23日～8月6日	八千代エンジニアリング 株式会社
五十嵐 英幸	副業務主任/上水道計画/浄水施設計画・設計/運営・維持管理計画	2014年7月8日 ～8月1日	八千代エンジニアリング 株式会社
瀬野 正敏	配水池・ポンプ場施設計画・設計	2014年7月8日 ～8月6日	八千代エンジニアリング 株式会社
白石 敏博	管路施設計画・設計	2014年7月8日 ～8月6日	日本水工設計株式会社
下大迫 博志	地下水開発	2014年6月22日 ～7月21日	八千代エンジニアリング 株式会社
香川 重善	環境社会配慮	2014年6月23日 ～7月22日	日本水工設計株式会社 (補強)
津野地 博美	施工・調達計画/積算	2014年7月3日 ～8月1日	八千代エンジニアリング 株式会社
粕谷 俊暢	業務調整/積算補助	2014年6月22日 ～7月21日	八千代エンジニアリング 株式会社

(第2次現地調査時)

氏名	担当	派遣期間	所属
田村 えり子	団長/総括	2014年10月7日 ～10月10日	国際協力機構 地球環境部 水資源・防災グループ 水資源第一チーム 課長
藤井 克巳	業務主任/上水道計画	2014年9月21日 ～10月20日	八千代エンジニアリング 株式会社
五十嵐 英幸	副業務主任/上水道計画/浄水施設計画/運営・維持管理計画/送水管路施設計画・設計	2014年10月8日 ～11月6日	八千代エンジニアリング 株式会社
瀬野 正敏	配水池・ポンプ場施設計画・設計	2014年9月13日 ～10月12日	八千代エンジニアリング 株式会社
白石 敏博	配水管路施設計画・設計	2014年9月25日 ～10月24日	日本水工設計株式会社
石塚 奥人	管網解析	2014年10月3日 ～10月24日	日本水工設計株式会社
香川 重善	環境社会配慮	2014年9月21日 ～10月20日	日本水工設計株式会社 (補強)
津野地 博美	施工・調達計画/積算	2014年9月21日 ～10月20日	八千代エンジニアリング 株式会社
粕谷 俊暢	業務調整/積算補助	2014年9月13日 ～10月12日	八千代エンジニアリング 株式会社

(第3次現地調査時)

氏名	担当	派遣期間	所属
大村 良樹	総括/上水道計画	2015年2月24日 ～2月28日	国際協力機構 国際協力専門員
橋本 大樹	協力企画	2015年2月24日 ～2月28日	国際協力機構 地球環境部 水資源・防災グループ 水資源第一チーム
藤井 克巳	業務主任/上水道計画	2015年2月22日 ～2月28日	八千代エンジニアリング 株式会社
五十嵐 英幸	副業務主任/上水道計画 /浄水施設計画/運営・維持管理計画/送水管路施設計画・設計	2015年2月19日 ～2月28日	八千代エンジニアリング 株式会社
白石 敏博	配水管路施設計画・設計	2015年2月19日 ～2月28日	日本水工設計株式会社

資料-2

調查行程

調査日程

(第1次現地調査時)

日順	年月日	曜日	活動	備考
1	2014.6.22	日	官団員（田村、大村、鎌田、橋本）・コンサルタント団員（藤井、下大迫、粕谷）東京発コロール着。	官団員 UA827 成田・グアム UA157 グアム・コロール コンサルタント団員 NH241 羽田・福岡 UA166 福岡・グアム UA157 グアム・コロール
2	2014.6.23	月	JICA パラオ支所打合せ・日程確認。PPUC とのキックオフ会議。大使館挨拶・説明。ADB の事業進捗状況確認。コンサルタント団員（香川）東京発コロール着。	UA827 成田・グアム UA157 グアム・コロール
3	2014.6.24	火	Mongami 給水施設・Ngchemiangel 給水施設、ギーメルダム・グリキル取水施設、代替水源予定地、アイライ浄水場、KB 橋の視察。EQPB の業務内容確認・調査協力依頼。廃棄物管理技プロ専門家との意見交換。	
4	2014.6.25	水	Ngacherong 給水施設、マラカル配水池、下水処理場、マラカル独自水源の視察。PPUC とのミニッツ協議。	
5	2014.6.26	木	PPUC とのミニッツ協議。既存配水池状況確認。	
6	2014.6.27	金	ミニッツ署名、大使館報告、JICA パラオ支所での作業内容協議。	
7	2014.6.28	土	官団員（田村、大村、橋本）コロール発東京着。	UA158 コロール・グアム 資料整理。 UA828 グアム・成田
8	2014.6.29	日	資料整理。	
9	2014.6.30	月	PPUC との資料収集方法・手順協議、地形図等の収集。	
10	2014.7.1	火	統計情報収集、地形図等の収集、既存井戸調査、再委託先候補企業の調査。	
11	2014.7.2	水	節水対策に係る情報収集、給水量データの収集と分析、既存井戸及び地下水賦存量に係る調査、再委託先候補企業の調査。	
12	2014.7.3	木	国際サンゴセンターの水質分析状況確認。外国人客数調査。マラカル独自水源調査。統計情報収集。コンサルタント団員（津野地）東京発コロール着。	UA827 成田・グアム UA157 グアム・コロール

日順	年月日	曜日	活動	備考
13	2014.7.4	金	PPUC 財務状況調査、アイライ浄水場送水量確認、環境影響確認協議、気象データ収集。	
14	2014.7.5	土	資料整理。	
15	2014.7.6	日	資料整理。	
16	2014.7.7	月	既存ブースターポンプ場視察。既存井戸調査。環境影響確認協議。再委託先候補企業の調査。	
17	2014.7.8	火	実施中の関連プロジェクト内容の調査。汚泥処分方法調査。財務状況調査。既存井戸調査。コンサルタント団員（五十嵐、瀬野、白石）東京発コロール着。	UA827 成田・グアム UA193 グアム・コロール
18	2014.7.9	水	取水ポンプ場、アイライ浄水場、送配水施設の現況調査。既存井戸調査。	
19	2014.7.10	木	財務状況調査。配水施設の現況調査。既存井戸調査。JICA パラオ支所打合せ・中間報告	
20	2014.7.11	金	送配水施設の現況調査。既存井戸調査。気象状況調査。IEE 補助。コンサルタント団員（藤井）コロール発東京着。	UA158 コロール・グアム UA828 グアム・成田
21	2014.7.12	土	資料整理。	
22	2014.7.13	日	資料整理。	
23	2014.7.14	月	配水池の現況調査。配水施設の現況調査。バベルダオブ島小規模給水施設現況調査。財務状況調査。IEE 補助。	
24	2014.7.15	火	配水施設の現況調査。バベルダオブ島小規模給水施設現況調査。財務状況調査。IEE 補助。	
25	2014.7.16	水	アイライ浄水場現況、水質調査。IEE 補助。	
26	2014.7.17	木	アイライ浄水場現況、水質調査。バベルダオブ島小規模給水施設水質調査。財務状況調査。IEE 補助。	
27	2014.7.18	金	アイライ浄水場現況調査。マラカル独自水源水質調査。財務状況調査。IEE 補助。	
28	2014.7.19	土	資料整理。	
29	2014.7.20	日	資料整理。	
30	2014.7.21	月	アイライ配水池、ブースターポンプ場の現況調査。IEE 補助、EQPB 協議。コンサルタント団員（下大迫、粕谷）コロール発東京着。	UA158 コロール・グアム UA828 グアム・成田

日順	年月日	曜日	活動	備考
31	2014.7.22	火	中間報告会議（電話会議）。漏水履歴調査。配水管網解析。調達事情調査。コンサルタント団員（香川）コロール発東京着。	UA158 コロール・グアム UA828 グアム・成田
32	2014.7.23	水	浄水場現況調査。漏水履歴調査。配水管網解析。調達事情調査。コンサルタント団員（藤井）東京発コロール着。	UA827 成田・グアム UA157 グアム・コロール
33	2014.7.24	木	浄水場現況調査。組織・財務状況調査フォローアップ。施工計画・調達事情調査。	
34	2014.7.25	金	浄水場現況調査。組織・財務状況調査フォローアップ。施工計画・調達事情調査。	
35	2014.7.26	土	資料整理。	
36	2014.7.27	日	資料整理。	
37	2014.7.28	月	浄水場現況調査。組織・財務状況調査フォローアップ。施工計画・調達事情調査。	
38	2014.7.29	火	施設現況補足調査。アスベスト管処分方法に係る調査。組織・財務状況調査フォローアップ。施工計画・調達事情調査。	
39	2014.7.30	水	管路占用位置確認調査。キャパシティ評価確認調査。PPUC との技術事項確認協議。	
40	2014.7.31	木	施設現況補足調査。キャパシティ評価確認調査。簡易マスタープラン案の整理。	
41	2014.8.1	金	施設現況補足調査。簡易マスタープラン案の整理。コンサルタント団員（五十嵐、津野地）コロール発東京着。	UA158 コロール・グアム UA828 グアム・成田
42	2014.8.2	土	資料整理。	
43	2014.8.3	日	資料整理。	
44	2014.8.4	月	PPUC との簡易マスタープラン案に係る協議。第2次現地調査のための準備調査。	
45	2014.8.5	火	PPUC との簡易マスタープラン案に係る協議。JICA パラオ支所報告。	
46	2014.8.6	水	コンサルタント団員（藤井、瀬野、白石）コロール発東京着。	UA158 コロール・グアム UA828 グアム・成田

（第2次現地調査時）

日順	年月日	曜日	活動	備考
1	2014.9.13	土	コンサルタント団員（瀬野、粕谷）東京発コロール着。	UA827 成田・グアム UA185 グアム・コロール
2	2014.9.14	日	資料整理・計測機材点検。	
3	2014.9.15	月	現地再委託準備。自然条件調査（試掘、測量及び地盤調査）に係る許認可取得調査。	
4	2014.9.16	火	現地再委託準備。送配水管ルート及び舗装構成調査、既存マラル配水池撤去に係る調査。	
5	2014.9.17	水	現地再委託準備。試掘調査位置選定に係る公共事業局との協議。	
6	2014.9.18	木	現地再委託準備。主要道路及びコーズウェイの竣工図提供依頼に係る公共事業局との協議。新規配水池構造調査。KB 橋接続点位置調査。	
7	2014.9.19	金	現地再委託準備。試掘調査実施後の舗装復旧に係る公共事業局との協議。コロール・アイライ州との協議。	
8	2014.9.20	土	資料整理。	
9	2014.9.21	日	現地再委託見積競争実施準備。コンサルタント団員（藤井、香川、津野地）東京発コロール着。	UA827 成田・グアム UA157 グアム・コロール
10	2014.9.22	月	現地再委託見積競争一斉開封・見積内容確認。JICA パラオ支所との打合せ。	
11	2014.9.23	火	現地再委託見積内容確認・契約交渉。簡易マスタープランの説明。	
12	2014.9.24	水	現地再委託見積内容確認・契約交渉。簡易マスタープランの説明、プロジェクトのコンポーネント案説明。	
13	2014.9.25	木	現地再委託見積内容確認・契約交渉。プロジェクトのコンポーネント案説明。道路舗装調査。コンサルタント団員（白石）東京発コロール着。	UA827 成田・グアム UA157 グアム・コロール
14	2014.9.26	金	現地再委託見積内容確認・契約交渉。道路舗装調査。大使館説明。	
15	2014.9.27	土	資料整理。	
16	2014.9.28	日	資料整理。漏水調査路線確認。	
17	2014.9.29	月	漏水調査準備。流量計測準備。現地再委託契約準備。	

日順	年月日	曜日	活動	備考
18	2014.9.30	火	漏水調査。配水区割協議。海中管位置確認。舗装復旧関連調査。現地再委託契約準備。	
19	2014.10.1	水	漏水調査。簡易マスタープラン最終化作業。テクニカルノート作成準備。	
20	2014.10.2	木	漏水調査。送水流量計測開始（アイライ浄水場）。試掘調査位置確認。現地再委託契約署名。	
21	2014.10.3	金	漏水調査。自然条件調査・社会条件調査。送配水管ルート調査。マラカル配水池位置確認。送水流量計測（アイライ浄水場）。コンサルタント団員（石塚）東京発コロール着。	UA827 成田・グアム UA157 グアム・コロール
22	2014.10.4	土	資料整理。送水流量計測（アイライ浄水場）。	
23	2014.10.5	日	資料整理。送水流量計測（アイライ浄水場）。	
24	2014.10.6	月	漏水調査。自然条件調査・社会条件調査。地盤調査のボーリング位置確認。PPUC との調査課題共有協議。官団員（田村）東京発。	UA874 成田・グアム
25	2014.10.7	火	漏水調査。自然条件調査・社会条件調査。PPUC との調査課題共有協議。官団員（田村）コロール着。	UA193 グアム・コロール
26	2014.10.8	水	漏水調査。自然条件調査・社会条件調査。ミニッツ協議。マラカル配水池代替地調査。コンサルタント団員（五十嵐）東京発コロール着。	UA827 成田・グアム UA157 グアム・コロール
27	2014.10.9	木	漏水調査。自然条件調査・社会条件調査。ミニッツ協議／署名。ADB との協議。大使館報告。JICA パラオ支所報告。送配水流量計測（ゲルミド配水池）。	
28	2014.10.10	金	漏水調査。自然条件調査・社会条件調査。技術仕様確認会議。送配水流量計測（ゲルミド／ゲルケンソワル配水池）。官団員（田村）コロール発東京着。	UA158 コロール・グアム UA828 グアム・成田
29	2014.10.11	土	資料整理。送配水管ルート調査。送配水流量計測（ゲルケンソワル配水池）。	
30	2014.10.12	日	資料整理。送配水管ルート調査。	UA186 コロール・グアム UA828 グアム・成田
31	2014.10.13	月	自然条件調査・社会条件調査。送配水流量計測（アイライ配水池）。PPUC 予算確認。海中管事故状況確認。送配水ルート調査。	

日順	年月日	曜日	活動	備考
32	2014.10.14	火	自然条件調査・社会条件調査。送配水流量計測（アイライ／アラカベサン配水池）。コロール州との会議調整。送配水ルート調査。	
33	2014.10.15	水	自然条件調査・社会条件調査。送配水流量計測（アラカベサン／ゲルケンソワル配水池）。コロール州との会議調整。送配水ルート調査。	
34	2014.10.16	木	自然条件調査・社会条件調査。送配水流量計測（ゲルケンソワル配水池）。コロール州との会議調整。土質調査の環境許可申請。送配水ルート調査。給水圧調査。	
35	2014.10.17	金	自然条件調査・社会条件調査。コロール州との会議調整。KB 橋の送配水管敷設方法協議。送配水ルート調査。大使館報告。	
36	2014.10.18	土	送配水ルート調査。配水池サイト調査。資料整理。	
37	2014.10.19	日	送配水ルート調査。配水池サイト調査。資料整理。	
38	2014.10.20	月	自然条件調査・社会条件調査。コロール州との会議調整。送配水管設計に係る調査。コンサルタント団員（藤井、香川、津野地）コロール発東京着。	UA158 コロール・グアム UA828 グアム・成田
39	2014.10.21	火	自然条件調査・社会条件調査。コロール州との会議調整。送配水管設計に係る調査。	
40	2014.10.22	水	自然条件調査・社会条件調査。コロール州との会議調整。BPW 及び CIP との舗装に関する協議。送配水ルート調査。	
41	2014.10.23	木	自然条件調査・社会条件調査。PPUC とのテクニカル協議。送配水ルート調査。再委託進捗・成果確認協議。	
42	2014.10.24	金	自然条件調査・社会条件調査。資料整理。コンサルタント団員（白石、石塚）コロール発東京着。	UA158 コロール・グアム UA828 グアム・成田
43	2014.10.25	土	資料整理。	
44	2014.10.26	日	資料整理。	
45	2014.10.27	月	自然条件調査・社会条件調査。コロール州との会議調整。送水ルート調査。配水池サイト調査。	
46	2014.10.28	火	自然条件調査・社会条件調査。コロール州との会議調整。送水ルート調査。配水池サイト調査。	
47	2014.10.29	水	自然条件調査・社会条件調査。コロール州との舗装に関する協議。送水ルート調査。	

日順	年月日	曜日	活動	備考
48	2014.10.30	木	自然条件調査・社会条件調査。コロール州との会議調整。送水ルート調査。配水池サイト調査。	
49	2014.10.31	金	自然条件調査・社会条件調査。テクニカルノート協議／署名。帰国報告会。設計・積算方針会議。送水ルート調査。KB 橋下の漏水問題に関する協議。	
50	2014.11.1	土	資料整理。	
51	2014.11.2	日	資料整理。	
52	2014.11.3	月	自然条件調査・社会条件調査。コロール州との会議調整。再委託進捗・成果確認協議。	
53	2014.11.4	火	自然条件調査・社会条件調査。配水池サイト調査。送水ルート調査。	
54	2014.11.5	水	自然条件調査・社会条件調査。配水池サイト調査。再委託進捗・成果確認協議。大使館報告。JICA パラオ支所報告。	
55	2014.11.6	木	コンサルタント団員（五十嵐）コロール発東京着。	UA158 コロール・グアム UA828 グアム・成田

(第3次現地調査時)

日順	年月日	曜日	活動	備考
1	2015.2.19	木	コンサルタント団員（五十嵐、白石）東京発コロール着。	UA827 成田・グアム UA157 グアム・コロール
2	2015.2.20	金	KB 橋の添架管の現況確認及びマラカル配水池の用地取得に問題に係る協議。	
3	2015.2.21	土	資料整理。	
4	2015.2.22	日	コンサルタント団員（藤井）東京発コロール着。	UA827 成田・グアム UA157 グアム・コロール
5	2015.2.23	月	協力準備調査報告書（案）のプレゼンテーションの実施。	
6	2015.2.24	火	官団員（大村、橋本）東京発コロール着。施設及び実施計画についての詳細・補足説明（KSPLA との協議）。	UA827 成田・グアム UA193 グアム・コロール
7	2015.2.25	水	キックオフミーティング（PPUC、MPIIC、コロール州政府及び EQPB との協議）、施設及び実施計画についての詳細・補足説明。	
8	2015.2.26	木	ミニッツ協議。	
9	2015.2.27	金	ミニッツ署名。	
10	2015.2.28	土	官団員（大村、橋本）及びコンサルタント団員（藤井、五十嵐、白石）コロール発東京着。	UA192 コロール・グアム UA196 グアム・成田

資料-3

相手国関係者（面会者）リスト

パラオ国上水道改善計画準備調査

<u>所属及び氏名</u>	<u>職位</u>
パラオ公共事業公社 Palau Public Utilities Corporation (PPUC)	
Fritz Koshiba	Chairman (2014年9月まで在任)
Sam Yoyo Msang	Chairman (2014年10月から在任)
Kione J. Isechal	Chief Executive Officer
Nicholas Kloulubak	Board member
David Dengokl	Acting Manager, Water and Wastewater Operation Division
Tmetuchl Baules	Administrative Director
Clarissa Adelbai	Administrative Grants Manager
Anthony Rudimch	Engineer, Water and Wastewater Operation Division
Richard Basma	Engineer, Water and Wastewater Operation Division
Lester Rehuher	Leak Detect Field Technician, Water and Wastewater Operation Division
John kintaro, Jr.	Project Coordinator
Hashinta Idechong	Accounting Manager, Accounting & Finance Division
Grant Ngirengechui	Administrative Supervisor
Irvin Tesei	Acting Manager of Water Connection
財務省 Ministry of Finance	
Kyonori Tellames	Senior Planning Analyst
Muriell Sinsak	Senior Planning Analyst
公共施設・産業・商業省 Ministry of Public Infrastructure, Industry and Commerce (MPIIC)	
Charles I. Obichang	Minister
Brian Dengokl	Director
公共事業局 Bureau of Public Works (BPW)	
Isaias Oiterong	Director
Brian Melairei	Manager
Calvin Ikesiil	Manager
パラオ来訪者庁 Palau Visitors Authority (PVA)	
Nanae Singeo	Managing Director
Kadoi Ruluked	Marketing & Research Manager

環境保護局 Environmental Quality Protection Board (EQPB)

Roxanne Y. Blesam	Executive Officer
Metiek Kimie Ngirchechol	Supervisor
Lynna Thomas	Compliance Specialist

首都圏改善計画部 Capital Improvement Program (CIP)

Benjamin R. Asuncion	Senior Project Manager
----------------------	------------------------

コロール州役所 Koror State Office

Yoshitaka Adachi	Governor
------------------	----------

コロール州 開発法規統制局 Koror State, Building & Zoning Office

Maggy Antonio	Executive Officer
---------------	-------------------

コロール州 公有地管理局 Koror State Public Land Authority

Laurinda Mariur	Chairman
Vera Dilsils Kanai	Executive Director

アイライ州 開発計画委員会 Airai State Planning and Development Commission

Henry T Goto	Airai State Planning Development Officer
--------------	--

アジア開発銀行 Asian Development Bank (ADB)

Alfonsa Koshiba	-
-----------------	---

在パラオ日本国大使 Embassy of Japan

田尻 和宏	特命全権大使
安沢 隆男	参事官
中西 枝里子	専門調査員

JICA パラオ支所 JICA Palau Office

松井 信晃	支所長
渡辺 敬久	プロジェクト形成アドバイザー