

第5章 基本設計

第5章 基本設計

5-1 基本設計方針

パラオよりの要請内容の検討及び現地調査の結果、既設上水道施設の給水システムの欠陥、量水計の設置不足、維持管理の不備等に起因する給水量及び給水圧の地区により著しいアンバランスが生じていることが判明した。

本上水道改善計画は、このアンバランスの改善と計画目標年次の給水量を確保することにより、コロール・アイライ両地区住民に1日24時間の均等な給水を行うことを目的として、既設上水道施設の整備及び機能の向上を計るものである。これは、コロール・アイライ両地区住民の生活環境の改善と向上ならびにパラオの産業基盤の整備につながるものである。

第4章に述べた本改善計画の計画内容に沿い、機能性、耐久性及び経済性に主眼を置いて以下の方針に基づいて基本設計を行う。

- (1) 対象地域はコロール地区及びアイライ地区とする。
- (2) 本計画の新設管は貯水タンクへの送水専用管路とし、既設の送・配水兼用管路を各戸への配水専用管路として使用することにより、送水と配水を分離したシステムとする。
- (3) 既設上水道施設との整合及びその活用に十分留意する。
- (4) K、B橋部分の管路についてはK、B橋に添架されている既設管（口径 300mm、ダクタイル鋳鉄管）を活用する。
- (5) 本計画は既設施設を改善するものであり、維持・管理作業の容易さならびに設備の互換性を考慮して機種、仕様、規格等の設定に努めるものとする。なお、設計基準、材料及び製品はパラオの製品を除き、原則として日本の技術基準及び標準規格製品によるものとする。
ただし、既設施設との取り合い条件及び諸元については支障のないよう計画する。
- (6) 1983年にパラオを含む南太平洋地域に大干ばつがあったが、将来このような干ばつがあった場合でもその影響を最少限にとどめるよう計画する。

- (7) 既設上水道施設の維持・管理は米国の協力と援助を得て、公共事業局が実施しているが、技術力及び予算は不足している。従って、高度な自動化設備を備えたシステムや設備の採用は避け、極力、単純で維持・管理作業が容易で、パラオ技術者によって修理が可能であり、かつ、費用が低廉な設備とする。
- (8) 本計画は、上水道、下水道、電気等の既設公共設備、建物ならびに住民の安全を確保するとともに、日常生活、商業活動、交通などに極力支障が生じないようにする。
- (9) 本計画は建設費が低廉になるようにする。
- (10) 本計画は工期が極力短くなるようにする。
- (11) 本計画に対しパラオ住民の理解及び協力が得られるようにする。
- (12) 本計画はパラオ労働者の雇用ならびに資機材を活用するようにする。
- (13) 本計画では、極力、公共用地を使用し、私有地の使用は最少限にとどめる。
- (14) パラオは 3-2-2項に示すように降雨量が多いので、工事中、管路敷設用掘削トレンチに雨水が浸入しないよう考慮して計画する。
- (15) コロール・アイライ両地区の人口の約80%が集中しているコロール島の給水改善が最も緊急性を要しているため、浄水場からコロール島の2基の貯水タンクまでの送水管敷設を第Ⅰ期工事とする。
- また、計画目標年次の給水量を確保するとともに浄水場に近いアイライ地区の給水事情の改善及び水の無駄使い防止のために、取水ポンプ場からゲーメルダムまでの原水導水管路の敷設、浄水場からアイライ貯水タンクまでの送水管路の敷設及び送水ポンプの建設を第Ⅱ期工事とし、コロール島市街地、本上水道施設の末端給水区域のアラカベサン及びマラカル島の給水事情を改善するためにゲルケソール貯水タンクからアラカベサンの貯水タンクまでの送水管路を第Ⅲ期工事とする。

5-2 設計条件の検討

本計画の設計条件の設定は、現在まで米国の援助により行われてきた上水道改善計画の思想、既施設の機能、自然条件及び現地の維持・管理の実情を考慮して総合的に検討し、次に示す内容とする。

(1) 基本設計条件

基本設計条件を表5-1に示す。

表5-1 基本設計条件

項目	設計条件	備考
1. 上水道計画目標年次	西暦2000年とする。	
2. 計画目標年次給水量	$0.257 \times 20,600 = 5,300 \text{ m}^3$ (1.4百万ガロン)/日とする。	設定根拠は5.2(2)項を参照のこと。
①計画人口	20,600人とする。	
②1人当りの計画日平均給水量	257ℓ (68ガロン)/人・日とする。	
3. 施設計画用給水量	$5,300 \times 1.5 = 7,950 \text{ m}^3/\text{日}$ (2.1百万ガロン/日)	
4. 管路システム	既設送・配水管路は各戸への配水専用管路とし、本計画の新設管は貯水タンクへの送水専用管路とする。	
5. 管種	ダクタイル鑄鉄管とする。	設定根拠は表5-8を参照のこと。
	但し、送水ポンプ廻り及び水管橋は鋼管とする。	
6. 管径	口径 400～200mmとする。	
7. 設計流速	0.75～1.5m/秒とする。	
8. 土覆り厚さ	傾斜地区間 = 0.7m 平坦地区間 = 0.9m	
9. 空気弁	単口空気弁とする。	管路が凸形状となる個所の幾つかに設置する。
10. 排泥弁	泥吐き管の管径は本管の管径の 1/2～1/4 とする。	管路が凹形状となる個所の幾つかに設置する。
11. 制水弁	スルースバルブとする。	幹線主要分岐部に設置する。
12. 管設置方法	地中埋設とする。 (但し、水管橋及びアラカベサンコ ーズウェイ擁壁添架部分等を除く)	

(2) 計画給水人口

計画目標年次までのコロール・アイライ両地区の計画人口は1986年の国勢調査及び基本設計調査団の調査結果を基に表5-2のとおりである。

表5-2 計画人口

年	1986	1988	1989	1990	1992	1994	1996	1998	2000
パラオ籍住民	10,463	11,200	11,600	12,000	12,900	13,800	14,800	15,800	17,000
外国人 長期労働者	-	-	2,000	2,100	2,350	2,600	2,900	3,250	3,600
合計	10,463	11,200	13,600	14,100	15,250	16,400	17,700	19,050	20,600

パラオ籍を有する人口の増加率は、現状と同じ 3.5%とする。

1986年国勢調査の人口は、パラオ籍を有する人口のみであり、長期滞在する労働者（例えば、フィリピン人、台湾人や韓国人）等は含まれてない。コロール・アイライ両地区における計画人口を設定するに当り、パラオの建設労働者の増加、サービス業従業員の増加等により毎年増加しているこれら長期外国人労働者を加える必要がある。長期外国人労働者数は1986年の調査では把握されていなかったが、1989年現在、フィリピン人の 1,500人を筆頭に合計約 2,000人である。

今後、大規模な開発が見込まれているコロール・アイライ両地区には、住宅、ホテル等の開発計画が進められており、フィリピン等の近隣諸国からの長期労働者は、急激に増加すると予想される。

上記より計画目標年次2000年に於けるコロール・アイライ両地区の人口は20,600人と推算される。

1976年当時パラオとほぼ同じ12,000人の人口であったサイパンは、観光開発が開始されると共に爆発的人口の増加を示し、12年後の1988年には、3倍の36,000人に及んでいる。

今後、日本及び米国資本の投資による大規模な観光開発が計画されているパラオも2000年での人口20,600人は十分予想されることである。

なお、この両地区には、水源である川や湖はなく、計画目標年次に於ける給水普及率は 100%となる。

(3) 各地区別給水人口

アイライ地区、コロール島、マラカル島及びアラカベサン島の計画目標年次における計画給水人口を表5-3 に示す。

表5-3 計画目標年次における計画給水人口

地 区	アイライ地区	コロール島	マラカル島	マラカベサン島	計
給水人口 (人)	5,000	11,000	1,500	3,100	20,600

(4) 計画目標年次における各貯水タンク給水区域別人口及び給水量

計画目標年次における各貯水タンク給水区域別人口及び給水量を表5-4 に示す。

表5-4 計画目標年次における各貯水タンク給水区域別人口及び給水量

給水タンク	アイライ貯水タンク	ネゲルミド貯水タンク	ゲルケソール貯水タンク	アラカベサン貯水タンク	計
給水区域	アイライ地区	コロール島東部	コロール島西部及びマラカル島の一部	アラカベサン島及びマラカル島の一部	
給水人口 (人)	5,000	2,100	9,900	3,600	20,600
平均給水量 (m ³ /日)	1,290	530	2,560	920	5,300
施設計画用給水量 (m ³ /日)	1,930	800	3,840	1,380	7,950

(5) 計画目標年次（2000年）における単位給水量

パラオでは、コロール・マスタープラン及びアイライ開発計画に基づいて、コロール・アイライ両地区に図2-10に示すような大規模な住宅、ホテル開発等を主体とする産業・観光開発事業を計画している。この計画の中には、K、B橋に近いコロール島及びアラカベサン島のように既に土地の確保を完了しているプロジェクトもあり、近年中にその開発が急激に進展するものと予想される。

計画目標年次における1日当り平均給水量は産業用給水量も含め表5-5に示すとおり257ℓ人、また生活用水使用原単位を200ℓ人とする。これは、表5-6に示す世界各国都市の生活用水使用原単位との比較及びコロール・アイライ両地区の人口増加、産業・観光事業の発展、生活の高度化等に伴う給水量の増加から判断しても妥当な値であると判断する。なお、送水施設計画用単位給水量は、雨季・乾期の給水量変動、日給水量変動及び時間給水量変動を考慮して平均給水量の1.5倍の386ℓ人とする。

表 5-5 2000年における1日当り平均給水量

	単位給水量 (ℓ/人)	給水人口 (人)	給水量 (ℓ)
①生活用水(住居)	200	20,600	4,120
②産業用水(現在)			960
事務所	80	1,800	150
学 校(小・中・高校:12年制)	50	4,200	210
ホ テル(330室×0.75(利用率)=248人)	200	248	50
レストラン	20	1,500	30
工場・店舗	70	2,000	140
港湾・水産加工	—	—	150
建設用水	—	—	230
③産業用水(新規)			230
事務所	80	500	40
学 校(小・中・高校:12年制)	50	1,200	60
ホ テル(400室×0.75(利用率)=300人)	200	300	60
レストラン	20	500	10
工場・店舗	70	600	40
病院(79病床)	250ℓ病床	79病床	20
①+②+③ 合計			5,300 (1.4百万ガロン)
住民1人当り給水量	$\frac{①+②+③}{20,600}$		257ℓ/人

表 5-6 世界各都市の生活用水使用原単位

国名及び都市名	1人当り平均使用量 (ℓ/日・人)	調査年	備 考
イングランド・ ウェールズ	175	1971	都市
西ドイツ	180	1971	最大使用量、トイレと50%風呂あり
ガーナ	57	1963	
ガーナ	189	2000	予測
インド	116	2000	予測(都市部-水洗便所なし)
ルーマニア	130	1971	給湯施設のない地域
ヴェネズエラ	190	1956	
マレーシア	90	1964	
フィリピン	115	1964	
インドネシア	87	1964	
シンガポール	94	1972	

出典：水道年鑑'86

5-3 基本計画

(1) 取水設備

既設の取水ポンプは送水容量約 5.3 m^3 (1,400ガロン) /分/台のものが3台設置されている。現在、取水ポンプ1台で既設導水管路(口径300mm)を用いて原水を直接浄水場に送水している。

既設導水管は、計画目標年次給水量の約1.1倍の送水能力があるが、現在、乾期に取水ポンプ場の取水量不足による水不足が起こっている。従ってエデン川及びクメクメール川の水量に余裕がある時期にギームルダムへ送水し、常時ギームルダムを満水の状態にして、給水量の日変動に伴う給水量の増大及び乾期の給水量の確保に備える必要があり、このために本計画では口径250mmの導水管路を増設し、ギームルダムへの送水専用として使用する。

1) 導水管径

取水ポンプ場からギームルダムへ所定の原水量を導水できるように配管口径を検討する。配管口径は口径200mm、250mm及び300mmの3種類についてケーススタディを行い、口径を選定する。

水理検討に当り、管路の摩擦損失水頭は、一般に採用されているヘイゼン・ウィリアムズ式を用い、流速係数は通水年数による低下及び管路の曲りを考慮して $C = 110$ とする。

動水勾配及び摩擦損失水頭計算式は以下のとおりである。

$$I = 10.666 C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta H = I \cdot L \dots\dots\dots (2)$$

ここで

- C : 流速係数 (110)
- D : 管内径 (m)
- Q : 送水量 ($\text{m}^3/\text{秒}$)
- ΔH : 摩擦損失水頭 (m)
- L : 配管延長距離 (m)

検討結果は表 5-7のとおりであり、配管口径は所定流量を流し得る最小口径の 250mmを採用する。

表 5-7 配管口径と揚水の可否

口径	200mm	250mm	300mm
① 流量 m ³ /分 (ガロン/分)	2.8 (740)	2.8 (740)	2.8 (740)
② 管内の流速 (m/秒)	1.5	1.0	0.7
③ 配管の摩擦損失水頭 (m)	79	27	11
④ ギーメルダム～ ～取水設備間の標高差 (m)	10	10	10
⑤ 取水ポンプの全揚程 (m)	83	83	83
⑥ 揚程差⑤ - (③ + ④) (m)	-6	+46	+62
評価	所定流量を 通水出来ない	所定流量を 通水出来る	同 左

注) 流量は、目標年次計画給水量の50%とする。

2) 管種選定

導水管路は取水ポンプ場からギーメルダムまでの間にある台地を越えて敷設されるが、下記の理由から取水ポンプの起動時及び急停止時に生ずる水撃圧は導水管路の安全に影響を与えるような大きさでないことが明らかであるため、その検討を省略する。

- 取水ポンプ場から台地までの距離が約2.4kmと短い。
- 同一仕様の取水ポンプで同一口径及び同一ルートで敷設されている既設導水管路が長年月使用されており、その安全性が確認されている。

従って、管路内の最大水圧はポンプ吐出口圧力と同じ約 8.3kgf/cm² (約 120 PSI) と設定する。

上記の条件をベースに、送水管の管種を選定する。

管種としてはダクタイル鋳鉄管、鋼管、強化プラスチック複合管、硬化塩化ビニール管、石綿セメント管が考えられる。

硬質塩化ビニール管については口径 150mmまでしか日本では水道用として認められていないので検討管種から除外する。石綿セメント管については現在日本では製造していないのでこれについても検討管種から除外する。

管種については、表5-8 に示すようにダクタイル鋳鉄管、鋼管及び強化プラスチック複合管について技術（強度、耐久性、水密性、可とう性、伸縮性）、費用（材料費、工事費、維持管理費）、工期、施工性等について比較検討し、特に技術的に問題がなく、材料費が1番安く、さらに維持管理作業も容易で一般に上水道管に用いられているダクタイル鋳鉄管（3種）を採用する。

ダクタイル鋳鉄管の継手については建設費の低廉、工期の短縮、工事の容易さ等を考慮して直管についてはT形（ソケット）継手を採用し、異形管についてはぬけ出し防止を考慮してK形（機械）継手を採用する。

3) 標準土覆り厚さ

既設上水道施設の石綿セメント管は、雨水排水管等と交差する区間を除き、ほとんどの区間は道路下約90cmのところに敷設されている。土覆りは日本の基準では1.2m以上である。これは錯綜する地下埋設物の処理及び埋設管を保護するために設定されている値である。

しかし、地下埋設物が少なく、自動車交通量も少ない国では建設費が安く、維持・管理作業が容易になるよう管の安全ならびに機能が確保出来る範囲で浅く埋設することが好ましい。従って、パラオでは自動車交通量ならびに地下埋設物が少ないうえ、地盤が良好であり、さらにダクタイル鋳鉄管が使用されるため、強度も十分あることから土覆り厚さが1m以下のケースについて比較検討し、傾斜している区間は0.7m、平坦部の区間は仕切弁、空気弁等の据付け深さを考慮して0.9mとする。

なお、自動車荷重は20 tonトラックを考慮する。

表5-9 は、管径 300mmで土覆り70cm、80cm、90cm、100 cmについて比較検討したものである。

4) 標準掘削断面

本計画地域の土質はラテライトから成り、雨水によって湿潤しない限り、良好である。掘削標準断面は管径、管の継手形式、土覆り厚さ、基礎工形式、管の敷設作業スペース、工事費の低廉及び工期の短縮を考慮して最小限とした。管径別の掘削標準断面は図面PAL-08に示す。

表5-8 管種検討一覧

	ダクタイル鉄管	鋼管	強化プラスチック複合管
1. 耐用年数	<ul style="list-style-type: none"> 自治省地方公営企業法施工では40年としているが、流体が酸性でない限り半永久的と考えられる。 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年以上可能である。 継手部現場溶接塗覆装に留意する必要がある。継手部の内面塗装が困難な小口径管では腐蝕の心配が極めて大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 材質的に耐蝕性に優れているので、長期の耐久性があると考えられる。 FRPM協会の疲労試験結果では耐用年数が60年以上となっている。
2. 耐蝕性	<ul style="list-style-type: none"> 材質的に耐蝕性に優れており、さらに表面にタールエポキシ系の塗装をしているので防蝕効果は大きい。 内面 内面にモルタルライニングをほどこし管内面によく密着するので将来も変化する。モルタルライニングはセメントのアルカリ性によって鉄部を不働態化する効果があり、防蝕効果に最も効果的である。 	<ul style="list-style-type: none"> 外面 取扱い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。局部的な損傷から腐蝕が進行し孔蝕を生ずる恐れがある。 内面 水道規格によるタールエポキシ塗装厚は0.3mmであり、十分な厚さとは言いがたくダクタイル鉄管に比べ防蝕性は劣る。 	<ul style="list-style-type: none"> 材質的に耐蝕性に優れておりほとんど影響がない。

	ダクタイル 鋳鉄管	鋼 管	強化プラスチック複合管
1. 作業性	<ul style="list-style-type: none"> ・接合作業は簡単で、迅速であり、接合後直ちに埋戻しが可能である。 ・雨天時及び湧水等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、有資格者による作業が必要となる。 ・芯出し、仮付け、溶接、検査、塗装等多くの工程があり、工期が長くなる。 ・低温、湿気は溶接や塗装に悪影響を与えるので完全ドライが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・管重量が比較的軽いので人力運搬も可能である。 ・接合作業は簡易、迅速であり接合後直ちに埋戻しが可能である。
2. 基礎工 埋め戻し	<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時特に締め固めを条件としな い。 ・強度、延性が優れているので、埋設下の安全性が大きい。従って普通の地盤の埋設には制約が少くない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・管の撓み防止と外面塗装の損傷を防ぐため、管底の突き固めと、砂による管周囲の埋もどしが条件となる。 ・接合部は作業スペースのため、大きくとらなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・砂基礎を原則とする。 ・管上20～30cmまでは良質の土で埋め戻す。

施

工

性

	ダクタイル鋳鉄管	鋼管	強化プラスチック複合管
建設費	<p>1. 管材料費 比率と材料費</p> <p>φ 300mm : 1 φ 250mm : 0.66 φ 200mm : 0.52</p> <p>「継手型式は 直管 : T型 異径管 : K型」 を使用</p> <ul style="list-style-type: none"> • 材料費が1番低価となる。 • 地盤にもよるが一般に特別な基礎工事を必要とせず、埋め戻し土は掘削土で流用することができる。残土処理、埋戻し費用を含む土木工事は割安となる。 	<p>φ 300mm : 1.13 φ 250mm : 0.96 φ 200mm : 0.70</p> <ul style="list-style-type: none"> • 材料費が1番高価となる。 • 本計画地域は降雨日数及び降雨量が非常に多いので、作業工程が長く、長い工期を要する。機械損料等が割高になる。 	<p>φ 300mm : 1.14 φ 250mm : 0.70 φ 200mm : 0.59</p> <ul style="list-style-type: none"> • 材料費が前者の中間となる。 • 通常の条件下では砂基礎の施工支承角は 120° で十分であり所要購入砂は僅少である。他管種の様な継手影りを必要とせず土木費は安い。
維持管理費	<p>3. 維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> • 配管が容易であるので不測の事故に対しても迅速な処理が取れる。 • 個人が送水本管に給水小管を取りつけることが不可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> • 接合部の内面溶接、内面塗装はほとんど不可能である。 • 電蝕防止費等の維持管理費を要する場がある。 • 個人が送水本管に給水小管を取りつけることが非常に困難である。 	<ul style="list-style-type: none"> • 切管はダクタイル鋳鉄管より容易である。 • 不測の事故に対してもFRPの積層で迅速の処理が取れる。 • 個人が送水本管より給水小管を取りつけることが出来る。
結論	<p>材料費、施工費、維持費等総合的に見て、ダクタイル鋳鉄管が経済的である。更に、作業性、維持管理及び修復工事が容易で、個人が送水本管に給水小管を取りつけることも不可能であるうえ、高水圧での長期耐久性、安全性に優れ、更にその使用実績が多数あるダクタイル鋳鉄管（3種）を使用する。</p>		

表5-9 土覆り比較表 (管径φ300)

標準土覆り (cm)	70	80	90	100
鉛直土圧 (kg/cm ²)	0.13	0.14	0.16	0.18
上載荷重 (kg/cm ²)	0.94	0.81	0.70	0.62
静水圧 (kg/cm ²)	9.5	9.5	9.5	9.5
衝撃水圧 (kg/cm ²)	0.3	0.3	0.3	0.3
設計管厚 (mm)	5.5	5.4	5.4	5.3
管種	ダクタイル鑄鉄管 (3種)	ダクタイル鑄鉄管 (3種)	ダクタイル鑄鉄管 (3種)	ダクタイル鑄鉄管 (3種)
縦断計画上の考慮事項と対策	<ul style="list-style-type: none"> 仕切弁及び空気弁のシャフト長さが管頂面より口径 300mmの場合 900mmであるため、路面又は地面より20cm突出する。 それを防ぐため、弁を設置する個所で管を20cm以上深く設置する必要がある。 そのため、施工がやや面倒であるだけでなく、凹部に上砂等がたまる危険性があるため、泥吐管を弁設置区間毎に設ける必要がある。 なお、地表面が傾斜している区間ではその傾斜を活用して仕切弁及び空気弁設置箇所を深くすることなく設置することが出来る。 	<ul style="list-style-type: none"> 土覆り70cmの場合とほぼ同じ現象と対策が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 仕切弁及び空気弁のシャフトの突出は全くない。 対策は不要である。 	
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 上記で述べたように突出を防ぐために仕切弁及び空気弁の設置箇所は深く掘り下げなければならない。 施工が多少面倒となる。 なお、傾斜部では上述したごとく深く掘り下げる必要はない。 	同	<ul style="list-style-type: none"> 管を設置する深さと同じ深さで弁を設置することが出来る。 施工が容易であり、確実である。 掘削深さが1.4mであり地下水の水の出現及び岩掘削となる危険性が多少ある。 	<ul style="list-style-type: none"> 管を設置する深さと同じ深さで弁を設置することが出来る。 掘削深さが1.5mとなり地下水の出現及び岩掘削の危険性がより高い。
安全性	同	同	同	同
工事費	1.00	1.06	1.12	1.18
評価	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜区間ではその傾斜を活用して仕切弁及び空気弁設置箇所を深くすることなく設置することが出来る。 平坦区間では仕切弁、空気弁部分で突出する欠点がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜区間及び平坦区間とも土覆り厚さ0.7mに比較して優位性がない。 	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜区間では土覆り厚さ0.7m、0.8mに比較し、優位性がない。 平坦区間では仕切弁、空気弁部分とも掘り下げることなく設置出来るの問題はなく、0.7m、0.8mに比較し、優位性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 平坦区間及び傾斜区間とも土覆り厚さ0.9mに比較し優位性がない。

(2) 送水施設

前述したように既設上水道施設は欠陥を有していることから、本計画区域の給水状態を改善するために、現状のシステムを変更する。即ち既設システムは、1本の管路で送水と配水を兼用するシステムを採用しているので、送水管路と配水管路に分離し、新設管路はマラカル貯水タンク以外の4基の既設貯水タンクまでの送水専用管路とし、既設貯水タンクから各戸までの既設管路は配水専用管路として使用する。

給水量の増大と既設給水システムを変更することにより、全計画給水区域の住民が1日24時間の給水と計画給水量をほぼ均等な状態で受けられるようにする。なお、制御システム、ポンプ設備、管径等は以下のとおりである。

1) 制御システム

既設送水ポンプ施設は自動制御設備がないため、3交替の24時間勤務体制をとっている。操作は手動で起動・停止を行っている。

本計画完成後の送水施設は、簡易な自動制御設備を有し、既設貯水タンクの水位及び給水量と連動して作動するよう計画する。

なお、自動制御設備は運転・維持管理を容易にし、更にパラオ技術者のみで修復が出来るようにするために、極力簡易な制御システムで計画する。

送水管路の途中にブースターポンプを有するネゲルミド貯水タンクを除く他の3つの貯水タンクの流入弁は、電力を使用しない貯水圧力による自力式自動開閉弁とし、貯水タンクの水位により自動開閉するよう計画する。ネゲルミド貯水タンクは他の3つの貯水タンクに比較して設置標高が高く、送水ポンプでは貯水が出来ないため、既設ブースターポンプを用いて増圧して貯水するものとし、タンクの水位を水位計により検知し、その水位によりブースターポンプの起動・停止を自動的に行うよう計画する。

送水ポンプは吐出管の流量及び圧力を検知して、給水量に応じて0台～2台の台数制御を自動的に行うよう計画する。

なお、ポンプの起動操作は現場運転員が手動で行うよう計画する。

2) 送水ポンプ設備

既設送水ポンプ設備は $3.97\text{m}^3/\text{分}$ （定格）2台と $1.32\text{m}^3/\text{分}$ （定格）2台の計4台設置されており、運転状況は以下のとおりである。

- 昼間 : $3.97\text{m}^3/\text{分}$ 1台 + $1.32\text{m}^3/\text{分}$ 2台運転
- 夜間 : $3.97\text{m}^3/\text{分}$ 2台 + $1.32\text{m}^3/\text{分}$ 2台運転

計画給水量を送水するためには、下記のような理由から小容量の既設 $1.32\text{m}^3/\text{分}$ ポンプ1台を大容量ポンプに取り替えて、大容量ポンプ計3台で送水できるように計画する。

- 小容量ポンプの全揚程は 80.8m （265 フィート）であり、既設貯水タンクへ揚水するために必要な全揚程 85.3m （280 フィート）が確保出来ない。従って、貯水タンクまで揚水出来ない。
- 自動運転の場合、各ポンプの仕様が同一でないと運転が複雑となり、自動運転そのものが困難になる。同一仕様のポンプを設置することによって、自動制御設備は計3台の送水ポンプのうち1台を予備機とし、他の2台で水需要量に応じて並列運転し自動で0～2台の台数制御を行なうことができる。
- 運転及び維持・管理作業が容易となる。

なお、既設小容量ポンプの吸水槽及びポンプ基礎は $3.97\text{m}^3/\text{分}$ のポンプが据付ることができるように、あらかじめ大きく建設されているため、基礎部分の改修はアンカーボルト等の最少限にとどめることができる。従って、取り替え工事は容易で安価である。

3) 送水管径

各家庭、事業所に取水される前に、給水量が4基の貯水タンクに表5-4に示す水量で送水できるように配管口径を検討する。配管口径は図5-2、表5-10の3種類の組合せについてケーススタディを行ない、口径を設定する。

図5-2 送水管系統図

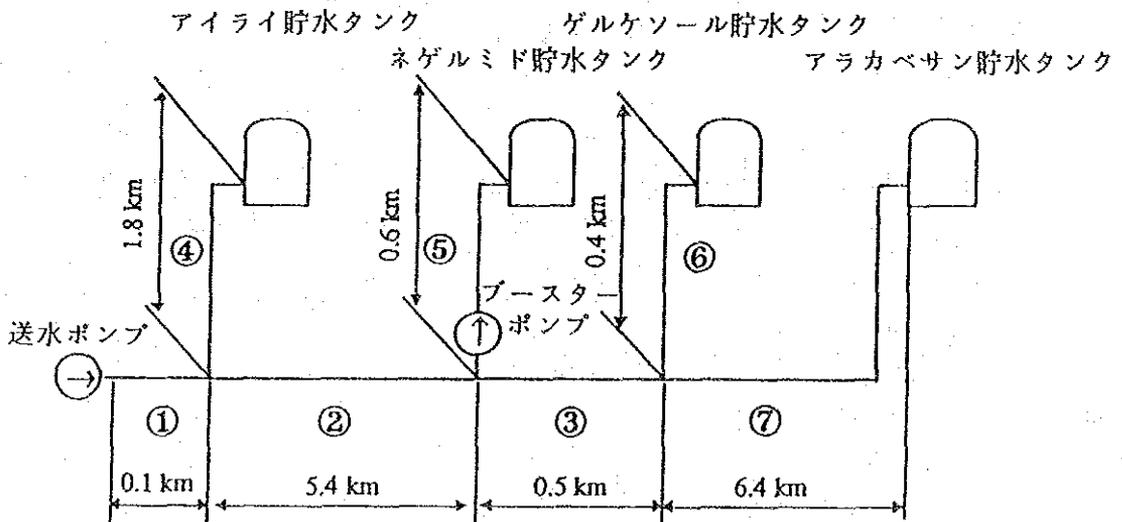


表5-10 配管口径 (mm) と組合せ

配管区間	ケース (1)	ケース (2)	ケース (3)
①	300	400	450
②	250	300	350
③	250	300	350
④	200	200	200
⑤	200	200	200
⑥	250	250	250
⑦	250	250	250

なお、④、⑤、⑥及び⑦区間の配管口径は各区間の水理検討より 200mmまたは250mmの1種類とする。

水理検討に当り、配管の摩擦損失水頭は、一般に使用されているヘイゼン・ウィリアムズ式を用い、流速係数は通水年数による低下及び管路の曲りを考慮して $C = 110$ とする。

動水勾配及び摩擦損失水頭計算式は以下のとおりである。

$$I = 10.666 C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta H = I \cdot L \dots\dots\dots (2)$$

ここで

- C : 流速係数 (110)
- D : 管内径 (m)
- Q : 送水量 (m^3 /秒)
- ΔH : 摩擦損失水頭 (m)
- L : 配管延長距離 (m)

配管口径の組合せは下記の理由からケース(2)を採用する。

検討結果は表5-11に示すとおりであり、ケース(1)はポンプの全揚程が不足し、所定流量を通水出来ない。ケース(3)は配管口径が過大となるので採用しない。

表5-11 (1/3) 配管口径組合せと揚水の可否

ケース (1)の場合

貯水タンク名	アイライ	ネゲルミド	ゲルケソール	アラカベサン
①送水量 (m ³ /日) 合計 7.950m ³ /日 [2.1百万ガロン/日]	1.930 (0.51百万ガロン)	800 (0.21百万ガロン)	3.840 (1.01百万ガロン)	1.380 (0.36百万ガロン)
②配管の摩擦損失 水頭 (送水ポンプと 各タンク間) (m)	9.1 (307フィート)	62.0 (2037フィート)	67.7 (2227フィート)	70.4 (2317フィート)
③各タンクの地盤レベル (標高) (m)	67.4 (2217フィート)	77.7 (2557フィート)	57.3 (1887フィート)	57.9 (1907フィート)
④送水ポンプ井の 吸水位 (標高) (m)	3.0 (10 フィート)	3.0 (10 フィート)	3.0 (10 フィート)	3.0 (10 フィート)
⑤各タンクの地盤レベル と送水ポンプ井の吸 水位間の標高差 (m)	64.4 (2117フィート)	74.7 (2457フィート)	54.3 (1787フィート)	54.9 (1807フィート)
⑥ネゲルミド貯水 タンクのプースター ポンプ全揚程 (m)	-	29.0 (95 フィート)	-	-
⑦送水ポンプの 全 揚 程 (m)	87.2 (2867フィート)	87.2 (2867フィート)	87.2 (2867フィート)	87.2 (2867フィート)
⑧揚 程 差 (m) (タンク貯水位) (⑦ +⑥)-(②+ ⑤)	+13.7 (+457フィート)	-20.5 (-677フィート)	-34.8 (-1147フィート)	-38.1 (-1257フィート)
判定結果	揚水可能	揚水不可	同左	同左

表5-11 (2/3) 配管口径組合せと揚水の可否

ケース (2) の場合

貯水タンク名	アイライ	ネゲルミド	ガルケソール	アラカベタン
①送水量 (m ³ /日) 合計 7.950 m ³ /日 [2.1百万ガロン/日]	1.930 (0.51百万ガロン)	800 (0.21百万ガロン)	3.840 (1.01百万ガロン)	1.380 (0.36百万ガロン)
②配管の摩擦損失 水頭 (送水ポンプと 各タンク間) (m)	8.0 (26.7ft)	25.8 (85.7ft)	29.0 (95.7ft)	30.3 (100.7ft)
③各タンクの地盤レベル (標高) (m)	67.4 (221.7ft)	77.7 (255.7ft)	57.3 (188.7ft)	57.9 (190.7ft)
④送水ポンプ井の 吸水水位 (標高) (m)	3.0 (10.7ft)	3.0 (10.7ft)	3.0 (10.7ft)	3.0 (10.7ft)
⑤各タンクの地盤レベル と送水ポンプ井の吸 水位間の標高差 (m)	64.4 (211.7ft)	74.7 (245.7ft)	54.3 (178.7ft)	54.9 (180.7ft)
⑥ネゲルミド貯水 タンクのブースター ポンプ全揚程 (m)	-	29.0 (95.7ft)	-	-
⑦送水ポンプの 全揚程 (m)	87.2 (286.7ft)	87.2 (286.7ft)	87.2 (286.7ft)	87.2 (286.7ft)
⑧揚程差 (m) (タンク貯水位) (⑦ + ⑥) - (② + ⑤)	+14.8 (+49.7ft)	+15.7 (+52.7ft)	+3.9 (+13.7ft)	+2.0 (+7.7ft)
判定結果	揚水可能	同左	同左	同左

表5-11 (3/3) 配管口径組合せと揚水の可否

ケース (3)の場合

貯水タンク名	アイライ	ネゲルミド	サルケソール	アラカベサン
①送水量 (m ³ /日) 合計 7.950m ³ /日 [2.1百万ガロン/日]	1.930 (0.51百万ガロン)	800 (0.21百万ガロン)	3.840 (1.01百万ガロン)	1.380 (0.36百万ガロン)
②配管の摩擦損失 水頭 (送水ポンプと 各タンク間) (m)	7.6 (2571-1)	12.4 (4171-1)	14.7 (4871-1)	17.4 (5771-1)
③各タンクの地盤レベル (標高) (m)	67.4 (22171-1)	77.7 (25571-1)	57.3 (18871-1)	57.9 (19071-1)
④送水ポンプ井の 吸水水位 (標高) (m)	3.0 (10 71-1)	3.0 (10 71-1)	3.0 (10 71-1)	3.0 (10 71-1)
⑤各タンクの地盤レベル と送水ポンプ井の吸 水位間の標高差 (m)	64.4 (21171-1)	74.7 (24571-1)	54.3 (17871-1)	54.9 (18071-1)
⑥ネゲルミド貯水 タンクのブースター ポンプ全揚程 (m)	-	29.0 (95 71-1)	-	-
⑦送水ポンプの 全 揚 程 (m)	87.2 (28671-1)	87.2 (28671-1)	87.2 (28671-1)	87.2 (28671-1)
⑧揚 程 差 (m) (タンク貯水位) (⑦ +⑥) - (② +⑤)	+15.2 (+5071-1)	+29.1 (+9571-1)	+18.2 (+6071-1)	+14.9 (+4971-1)
判定結果	揚水可能	同左	同左	同左

4) 水撃圧

水撃圧は、送水管の仕切り弁の急閉そく及びポンプの始動、急停止を行うことによって生じる圧力波による水柱分離^{注)}、上昇圧等の作用によるものである。

既施設は、米国援助により建設されたものであり、水撃作用に対する対策は第2次大戦前に建設されたサージタンク施設を活用して浄水場に近い場所に設けられているが、給水下流域の給水圧が極端に低いためその施設が利用されていない。

本計画の送水管路は貯水タンクまで途中で取水されることなく送水されるため、送水ポンプ場近くの管路部と地盤の高い所で水柱分離が生ずるとともに、その反動による水撃圧の発生が懸念される。管路全長が約12kmと長く、管路の起伏が激しいことから（最高約52mの標高差がある）、水撃作用が起りやすい条件が重なっている。従ってこのように長く、揚程が高い管路では、水撃圧に対する検討が必要である。

注) 水柱分離とは、圧力波の影響で、管路のある部分の圧力が急激に低くなり、水の蒸気圧を下まわると真空部分が生じる現象であり、これによって管がつぶれたり、継手はずれたりすることになる。これは起伏のある管路で生じやすく、特に周囲に比べて高くなっている地点が危険である。

水柱分離が生じるかどうかをコンピューターを用いて数値解法にて検討する。

検討には、ポンプ性能特性曲線、ポンプ羽根車の慣性力、空気弁の位置と大きさ、管路の正確な経路等の条件を詳細に設定しなければならないが、現段階では得られたデータをベースにして、最も厳しい条件であるポンプ急停止時を想定して検討する。検討に必要な諸数値を以下のように設定した。

a) 計算条件

送水量	11,400 m ³ (3.0百万ガロン) /日
揚程	95m (312フィート)
管延長	5.7 km (送水ポンプ出口からゲルケソール貯水タンクまで)
空気弁	アイライ及びネゲルミド貯水タンク入口管に空気弁を設ける。

b) 計算結果

図5-3に示すように、対策なしではネゲルミド、ゲルケソール貯水タンク付近及び浄水場からK.B.橋の間で水柱分離を起こすので、水柱分離対策が必要である。

水柱分離対策としては、一般的に表5-12に示すものが考えられるが、このうちで構造が簡単でかつ信頼性があり、建設費が低廉なワンウェイサージタンクを採用する。

3 m^3 のサージタンクを1カ所、7 m^3 のサージタンクを1カ所設置することにより、圧力は図5-4のようになり、水柱分離を防止できる。

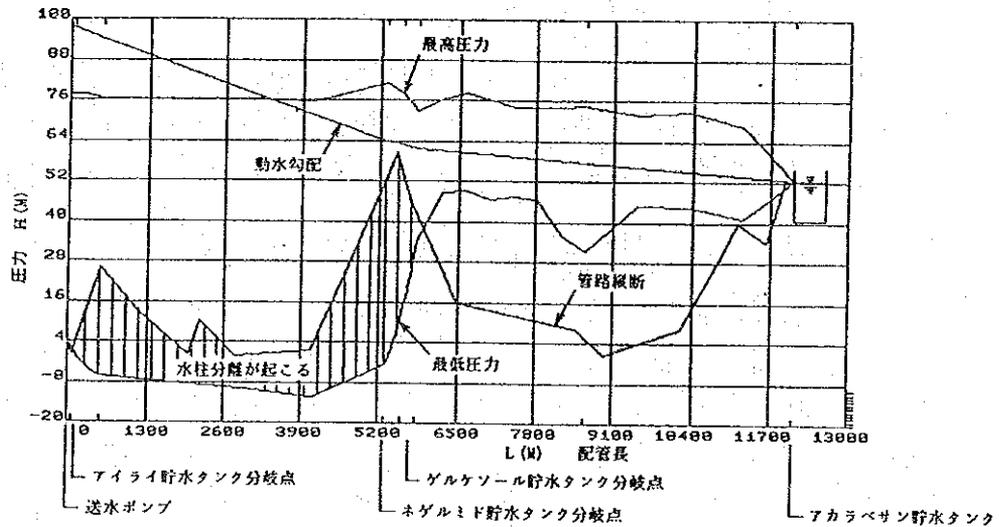


図5-3 水撃圧対策前の圧力線図

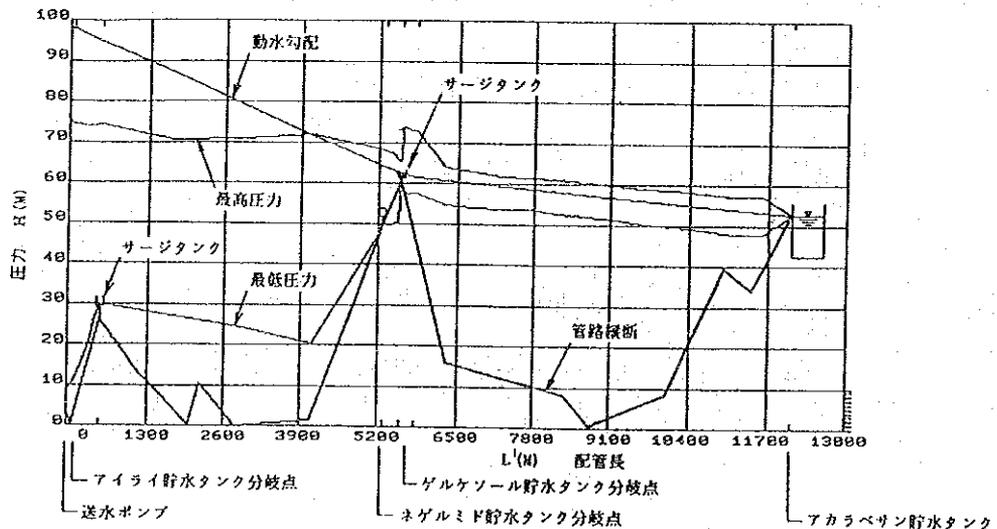


図5-4 水撃圧対策後の圧力線図

表 5-12 水撃圧の防止対策

目的	方法	ねらい	備考
負 圧 （ 水	フライホイールを付ける。	回転慣性GD ² を増大させ、回転数と管内流速をゆっくり変化させる。	小形機に対しては有効であるが、大形機や管長の大なるものに対してはフライホイールが過大となり不適である。
	大容量の空気槽を設ける。 （ポンプ吐出し側接続）	蓄積していた圧力エネルギーを放出して、圧力低下を防止する	空気槽が大きくなり、建設費がかさむとともに、維持・管理が困難である。
	管径を太くする。	管内流の速度を下げ、水圧低下を防ぐ。	管延長のほとんどにわたりこれを施さなければ効果がないので、建設費がかさみ経済的でない。
	管の経路変更。	管路の縦断面形状においてできるだけ深く管を敷設し、負圧を低減する。	用地の取得であるとともに建設費用が増大するために実施困難である。
柱 分 離 の 防 止	吸気弁の設置。	負圧発生箇所から空気を自動的に吸込ませて異常負圧を低減する。圧力波伝ば速度も小さくなる。	空気吸込地点より下流側が自然流下になっている場合には良いが、それ以外では吸込んだ空気によって、かえって水撃が助長される恐れがある。
	ポンプを挟んで吸水槽と吐出管との間に自動開閉弁を設ける。	吸水槽の水を自動的に吸揚げて異常圧力降下を防ぐ。	この場合は管路の高低状況によって目的を果たせない場合がある。
	ワンウェイ・サージタンクを設ける。	負圧発生箇所に水を押し込んで圧力の異常低下を軽減する。	高揚程ポンプ系でも規模の小さいタンク（ワンウェイ）で済み更に管路にそって複数のタンクを設けることも可能である。
	通常のサージタンクを設ける。	負圧発生箇所に水を押し込み、負圧を軽減するとともに圧力上昇をも吸収する。	送水中の管内圧力が高いものではサージタンクの規模も大きくなり、建設費は高価となるが効果は理想的である。しかも、サージタンク以降には水撃は発生せず、ポンプとタンクの間だけを考えればよい。

(3) 配水設備

5基の既設貯水タンクのうち、ネゲルミド及びゲルケソール貯水タンク以外の3基は現在給水システムの欠陥等により全く機能していないが、本計画ではマラカル貯水タンク以外の4基の貯水タンクを配水池として活用することとする。4基の貯水タンクの容量の合計は13,200 m^3 (3.5百万ガロン)であり、計画目標年次における給水量5,300 m^3 (2.1百万ガロン)／日に対して2.5日分の貯水容量がある。従って、朝・夕のピーク使用時の消費量に対して十分給水量、給水圧をまかなうことが可能となる。本計画ではそのために貯水タンクを再使用するのに必要な貯水位制御設備等の最小限の整備工事を行うよう計画する。

(4) 送水管路

1) 管種選定

送水ポンプ場から各貯水タンクまでの送水管路の口径は5-3(2)項で検討したように、口径200～400 mm の組合せとする。送水圧は平常時送水ポンプ場付近で約9.5 kgf/cm^2 (約135 PSI)、貯水タンク付近で約3.3 kgf/cm^2 (約50 PSI)となる。

上記の条件に基づき、送水管の管種を選定する。

管種については、原水導水管と同様に、ダクティル鑄鉄管、鋼管及び強化プラスチック複合管について技術(強度、耐久性、水密性、可とう性、伸縮性)、費用(材料費、工事費、維持管理費)、工期、施工性等について比較検討し、特に技術的に問題がなく、材料費が1番安く更に、維持管理作業も容易なダクティル鑄鉄管(3種)を採用する。

ダクティル鑄鉄管の継手については原水導水管路と同様、直管についてはT形(ソケット)継手を異形管についてはK形(機械)継手を採用する。

2) 標準土覆り厚さ

原水導水管路で検討したように、標準土覆り厚さは平坦区間で0.9 m 、傾斜区間で0.7 m とする。

なお、送水管路は全線に亘り原則として舗装道路の外側各 1.5m 幅の公共用地の下に埋設する。但しこの部分に建物、樹木等の障害物がある場合、または舗装道路の外側に地形の関係で 1.5m のスペースが取れない場合には、舗装道路下に敷設する。

従って基本的に配管の敷設位置が道路の外側になるため、自動車荷重は心配ないが、明確な進入道路があるか、あるいは道路から民家及び事務所への進入車が管路を横断する可能性があるかと予想される部分については 20 Ton トラックの荷重に耐えるよう計画する。

3) 掘削標準断面

本計画地域の土質は主としてラテライトから成り、雨水及び地下水によって湿潤しない限り良好である。掘削標準断面は管径、管の継手形式、土覆り厚さ、基礎工形式、管の敷設作業スペース、工事費の低廉、工期の短縮等を考慮して管径毎に下記のように設定する。

管 径 (mm)	掘削幅 (m)	掘 削 深 さ (m)	
		土覆り厚さ 0.9(m) の場合	土覆り厚さ 0.7(m) の場合
300	0.70	1.33	1.13
250	0.70	1.28	1.08
200	0.70	1.22	1.02

なおコーラルロックを掘削する部分の配管については、管底支持角度を 60° 以上にするとともに、管の保護のために、管の下 10cm の厚さで良質砂を敷き、つき固めるものとする。また、マングローブの腐食土を含む軟弱土を掘削する部分の配管についてはまくら胴木等の基礎工を設け、管の安全性、耐久性、施工性等を確保する。

4) 送水管厚

管厚計算は J I S G 5526 のダクタイル管厚計算式を用いて行う。各土覆りに対する管の厚みはすでに前表 5-9 に示すとおりである。

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

$T = t + 2 + 1$; (腐食代 2 mm、鑄造公差余裕代 1 mm を見込む)

ここで、

- t : 正味管厚 (mm)
- T : 設計管厚 (mm)
- P_s : 静水圧 (kgf/cm²)
- P_d : 水撃圧 (kgf/cm²)
- 2θ : 管底支持角度 60 (°)
- K_f : 土覆りに起因する土圧分布に関し、管底支持角により定まる係数
- W_f : 静土圧 (kgf/cm²)
- K_t : 動荷重に起因する土圧分布に関して定まる係数
- W_t : 動荷重 (kgf/cm²)
- s : ダクタイル鑄鉄の引張り強さ 4,200 (kg/cm²)
- D : 管径 (mm)

K_f , K_t 及び W_t の値は以下のとおりである。

K_f の値

位置 2θ	40°	60°	90°
管頂	0.140	0.132	0.120
管底	0.281	0.223	0.160

W_f : 静土圧 < 垂直土圧公式を用いて算定する >

$$W_f = rH$$

ここで

- r : 土の単位体積重量 1.8×10^{-3} (kg/cm³)
- H : 土覆り厚さ (cm)

Ktの値

管 頂	0.076
管 底	0.011

Wt : 動荷重 <ブーシネスク式を用いて算定する>

$$Wt = 1.5 \alpha P$$

ここで

α : 路面荷重の係数

土覆り (cm)	70	80	90
α	8.35×10^{-5}	7.20×10^{-5}	6.30×10^{-5}

W : トラック重量 20 (Ton)

p : トラック後輪荷重 8,000 (kg)

$$p = 4/5 \times 1/2 W$$

(5) マラカル島の給水状態の検討

1) 給水貯水タンク

マラカル島への給水はゲルケソール貯水タンク及びアラカベサン貯水タンクから既設給水管を使用して行うものとする。

2) 各給水地区の給水量

計画目標年次における各給水地区の給水量は下記のように設定する。

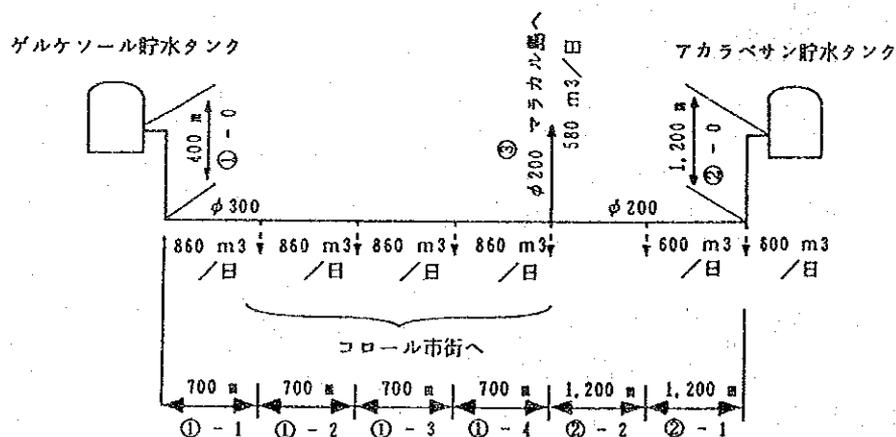
アラカベサン島、マラカル島及びコロール島西部（コロール市街地）の計画目標年次における給水人口と給水量を以下に示す。

地 区	コロール島西部	マラカル島	アラカベサン島	合 計
給 水 人 口	8,900	1,500	3,100	13,500
平均給水量 (m^3 /日)	2,300 (0.61百万ガロン/日)	400 (0.1百万ガロン/日)	800 (0.21百万ガロン/日)	3,500 (0.93百万ガロン/日)
施設計画用 給水量 m^3 /日)	3,500 (0.92百万ガロン/日)	580 (0.92百万ガロン/日)	1,200 (0.32百万ガロン/日)	5,280 (1.39百万ガロン/日)

3) 配管の損失水頭計算

貯水タンクから各島の給水区域までの配管摩擦損失水頭は、ヘイゼン・ウィリアムス式を用い、管の流速係数は通水年数による低下及び管路の曲りを考慮して $C = 110$ とする。

なお、本計算は、配管途中の水の無駄使い及び漏水はないものとし、コロール地区の給水分布は、下図のようにモデル化して計算する。



動水勾配及び摩擦損失水頭計算式は以下のとおりである。

$$I = 10.666 C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \dots\dots (1)$$

$$\Delta H = I \cdot L \dots\dots (2)$$

- ここで
- C : 流速係数 (110)
 - D : 管内径 (m)
 - Q : 送水量 (m³/秒)
 - ΔH : 摩擦損失水頭 (m)
 - L : 配管延長距離 (m)

上記水使用量、管径、管長等に基づくマラカル島給水区域間での損失水頭は以下のとおりである。

- ゲルケソール貯水タンクからマラカル島までの配管摩擦損失水頭：
4.8 m (下表の①+③)

- アラカベサン貯水タンクからマラカル島までの配管摩擦損失水頭：
5.1 m (下表の②+③)

なお、詳細は、以下のとおりである。

番号	送水量 Q (m ³ /s)	配管口径 D (m)	配管長さ L (m)	区間別 配管摩擦 損失水頭 Δh (m)	全配管摩擦 損失水頭 ΔH (m)	備考	
①-0	0.040	0.3	1,100	1.79	3.3		
①-1	0.040	0.3					
①-2	0.034	0.3		700			0.84
①-3	0.025	0.3		700			0.48
①-4	0.015	0.3	700	0.19			
②-0	0.016	0.2	1,200	2.58	3.6		
②-0	0.009	0.2	1,200	0.89			
②-0	0.002	0.2	1,200	0.06			
③	0.007	0.2	3,100	1.45	1.5		

4) マラカル島における有効水頭

マラカル島の給水可能地区は以下に示すように海拔51.9mまでである。

a) ゲルケソール貯水タンクからの配水管系統による有効水頭

①配管摩擦損失水頭 4.8 m

②ゲルケソール貯水タンク給水位 58.9 m

③マラカル島における有効水頭 (②-①) 54.1 m

b) アラカベサン貯水タンクからの配水管系統による有効水頭

①配管摩擦損失水頭 5.1 m

②アラカベサン貯水タンク給水位 57.0 m

③マラカル島における有効水頭 (②-①) 51.9 m (給水可能標高)

5) 結 論

マラカル島では、計画目標年次までに標高30~40mの地区まで住宅及び産業・観光用地として使用が計画されているが、マラカル貯水タンクを使用しなくても、これらの地区に給水が可能である。

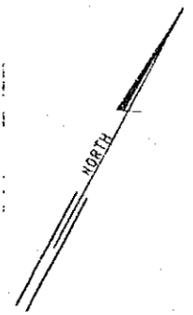
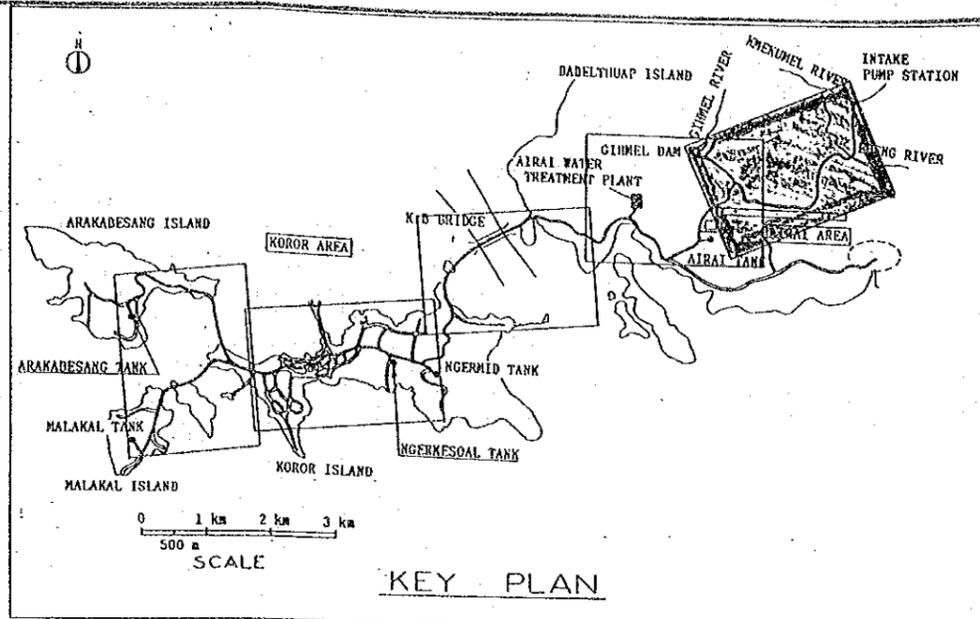
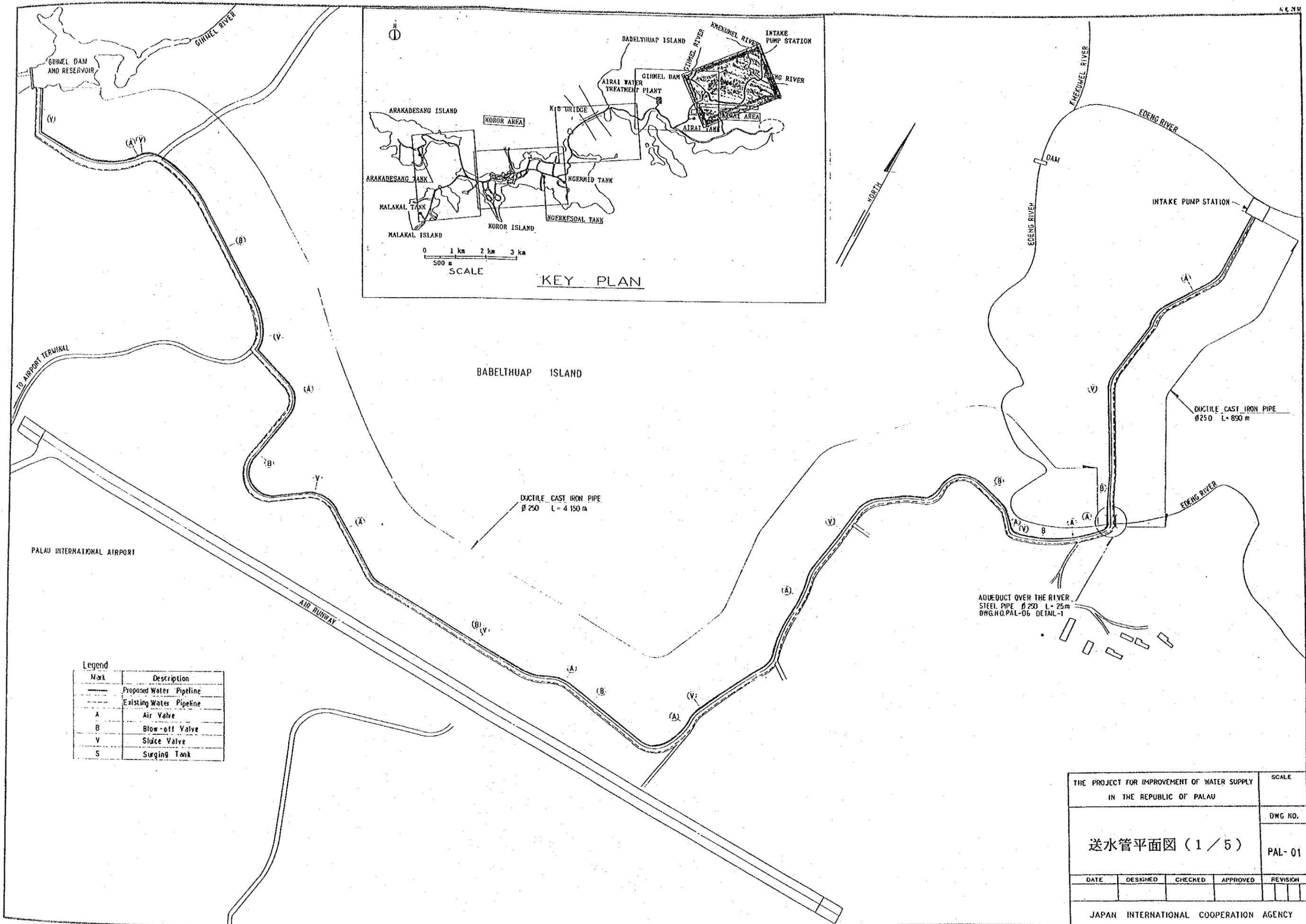
(6) 供与施設

本計画における供与施設は下記のとおりである。

施設名称	数量	摘要
導水配管（取水施設～ギーマルダムまで） φ250 ダクタイル鋳鉄管	5.1km	
送水管（浄水施設～各貯水タンクまで） φ400 ダクタイル鋳鉄管 φ300 ダクタイル鋳鉄管 φ250 ダクタイル鋳鉄管 φ200 ダクタイル鋳鉄管	0.1km 5.5km 6.8km 2.4km	橋梁及びコーズウェイ添架部の一部に鋼管使用部がある。
既設貯水タンク水位制御設備	4 基	自動弁、水位計等
浄水送水ポンプ	1 基	立形多段斜流ポンプ 容量：3.97 m^3 /分 (1050ガロン/分) 全揚程：87.2m (286 フィート)
アラカベサン貯水タンク塗装工事（内外面）	1 式	

5-4 基本設計図

番 号	名 称
PAL-01	送水管平面図 (1 / 5)
PAL-02	送水管平面図 (2 / 5)
PAL-03	送水管平面図 (3 / 5)
PAL-04	送水管平面図 (4 / 5)
PAL-05	送水管平面図 (5 / 5)
PAL-06	送水管詳細図 (1 / 4)
PAL-07	送水管詳細図 (2 / 4)
PAL-08	送水管詳細図 (3 / 4)
PAL-09	送水管詳細図 (4 / 4)
PAL-10	送水ポンプ配置図 (浄水場)



Legend

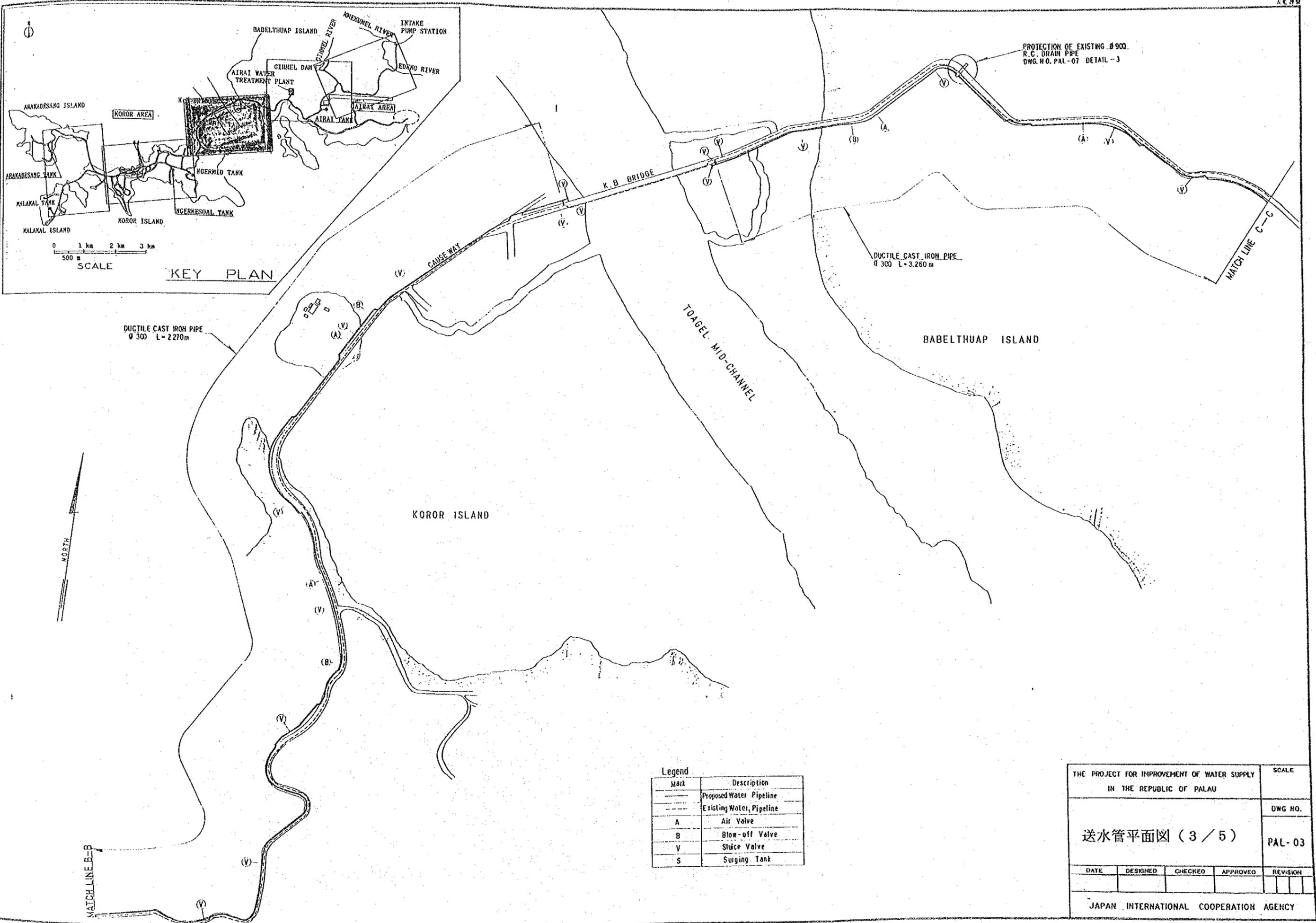
Mark	Description
—	Proposed Water Pipeline
- - -	Existing Water Pipeline
A	Air Valve
B	Blow-off Valve
V	Sluice Valve
S	Surging Tank

DUCTILE CAST IRON PIPE
 Ø 250 L = 4 150 m

DUCTILE CAST IRON PIPE
 Ø 250 L = 890 m

AQUEDUCT OVER THE RIVER
 STEEL PIPE Ø 250 L = 25 m
 DWG. NO. PAL-06 DETAIL-1

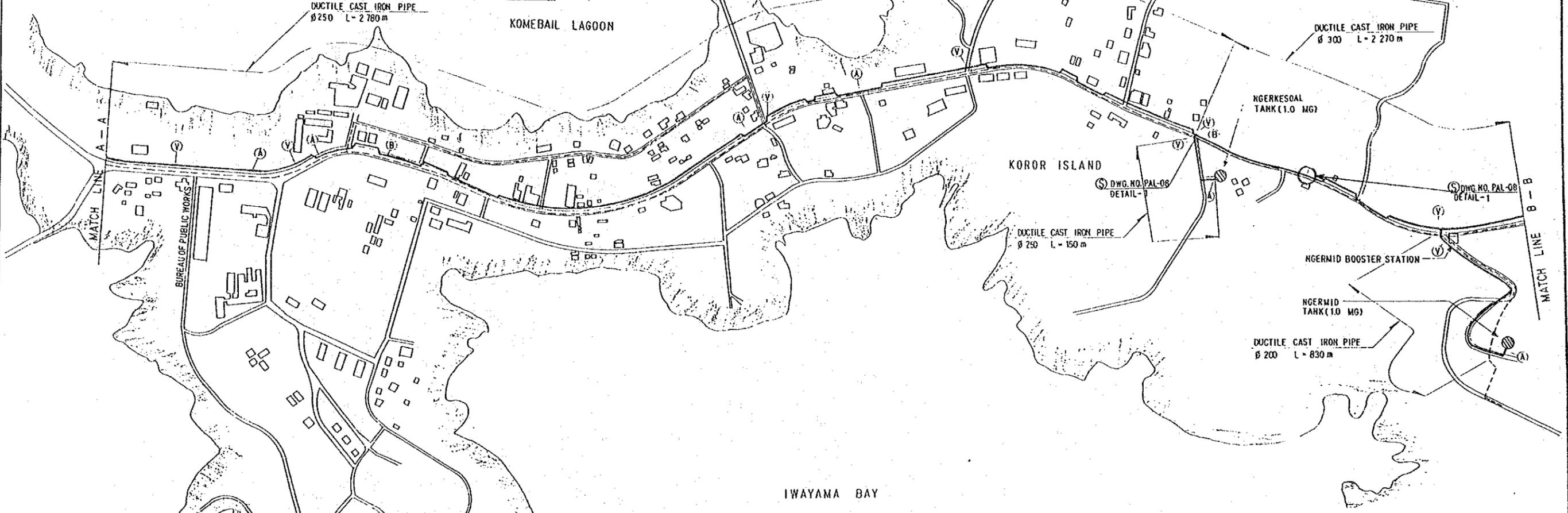
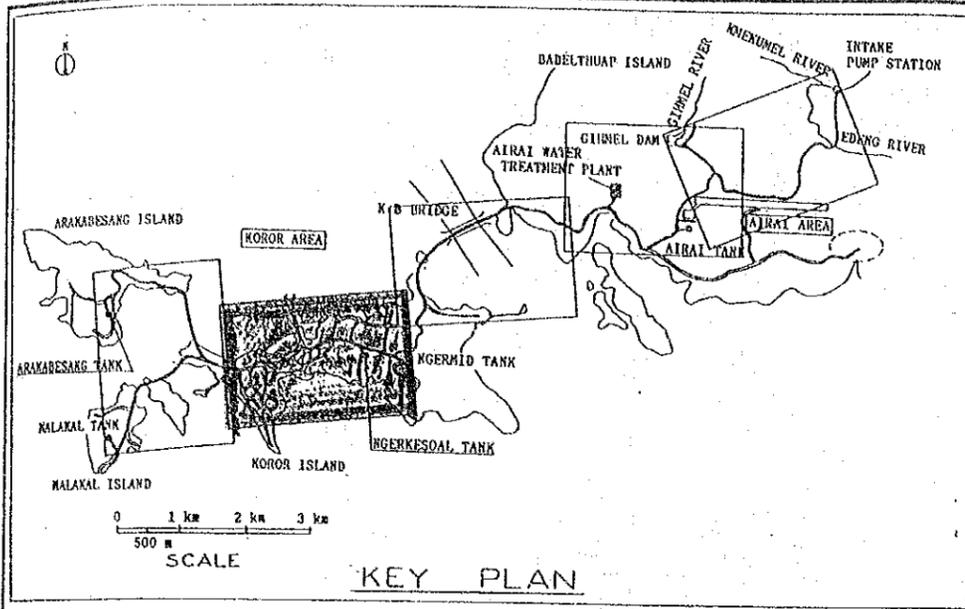
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN THE REPUBLIC OF PALAU				SCALE
送水管平面図 (1/5)				DWG. NO.
				PAL-01
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY				



Legend

Mark	Description
—	Proposed Water Pipeline
- - -	Existing Water Pipeline
A	Air Valve
B	Blow-off Valve
V	Sluice Valve
S	Surging Tank

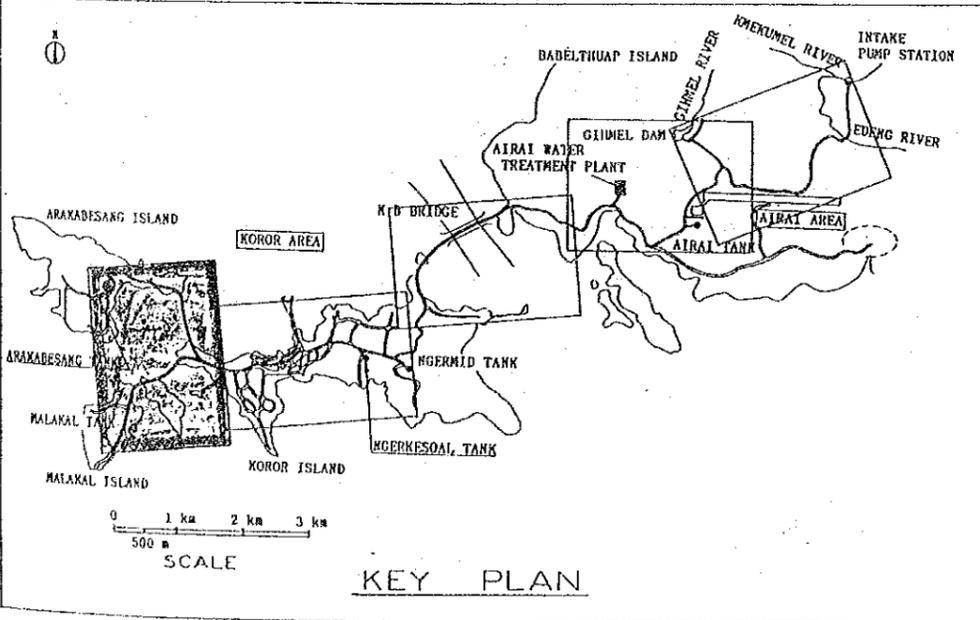
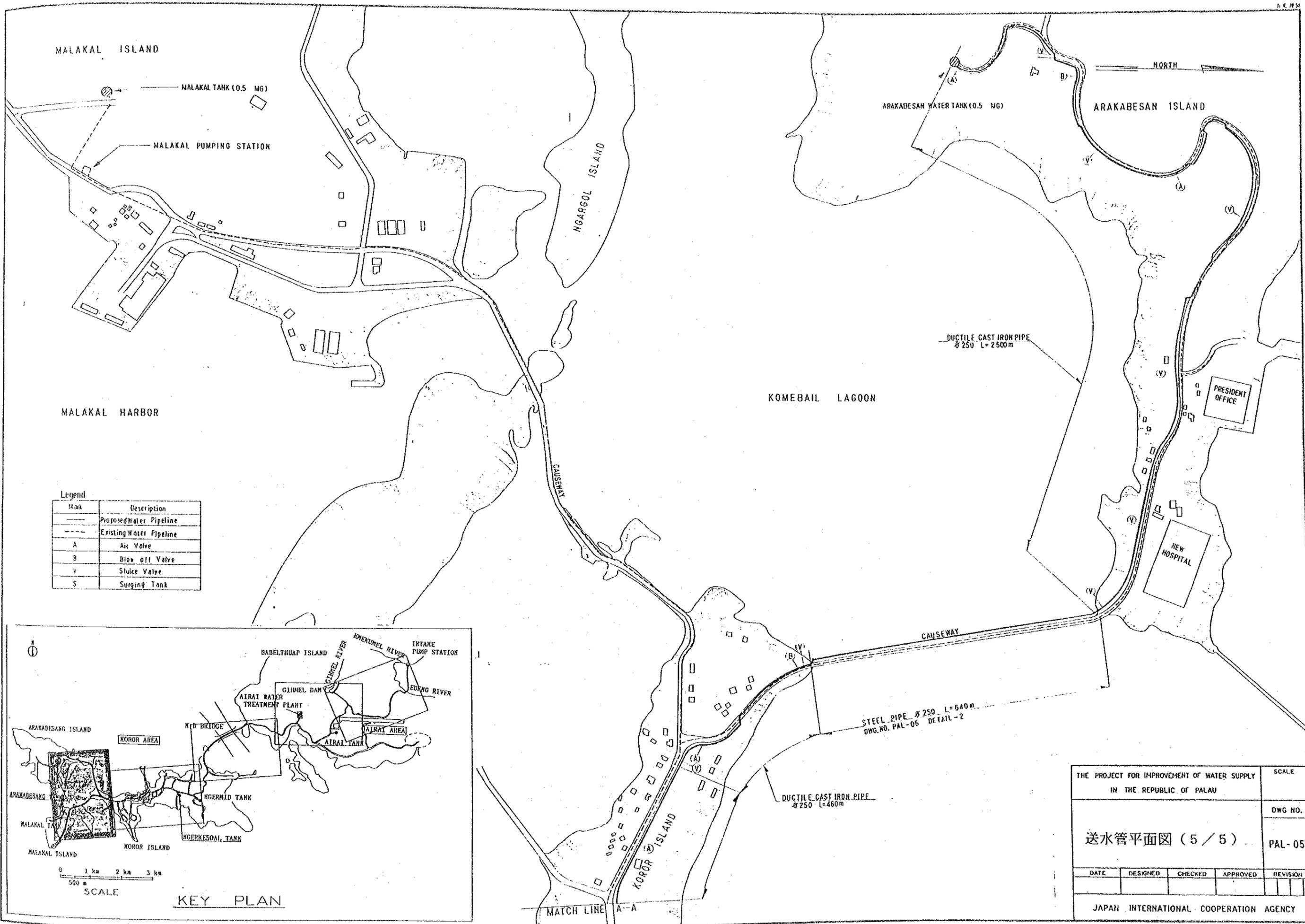
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN THE REPUBLIC OF PALAU				SCALE
送水管平面図 (3 / 5)				DWG. NO.
				PAL-03
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY				



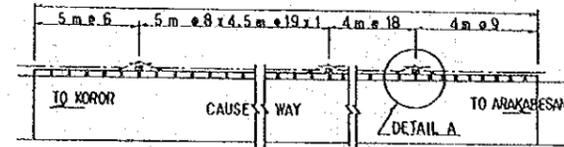
Legend

Mark	Description
—	Proposed Water Pipeline
- - - -	Existing Water Pipeline
A	Air Valve
B	Blow-off Valve
V	Sluice Valve
S	Surging Tank

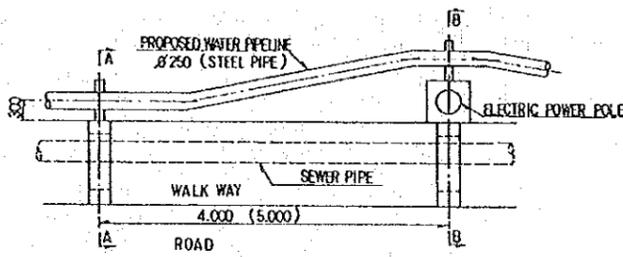
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN THE REPUBLIC OF PALAU				SCALE
送水管平面図 (4 / 5)				DWG NO.
				PAL-04
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY				



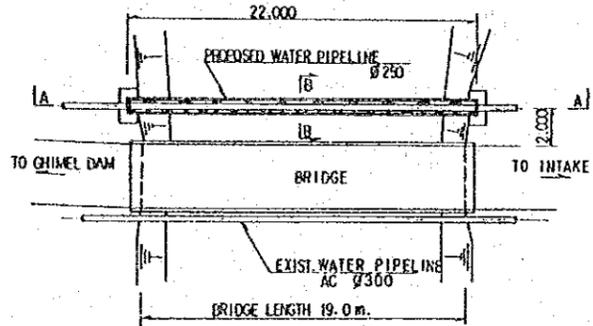
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN THE REPUBLIC OF PALAU					SCALE
送水管平面図 (5 / 5)					DWG NO.
					PAL-05
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY					



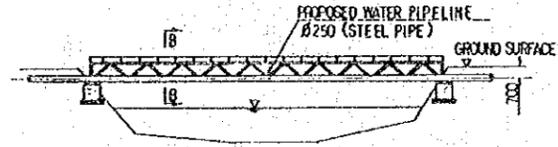
PLAN



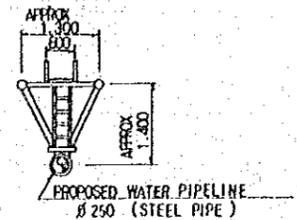
DETAIL A



PLAN

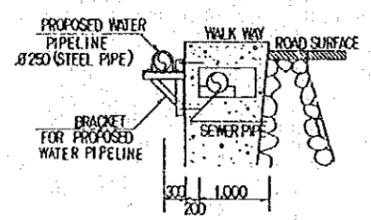


A - A SECTION

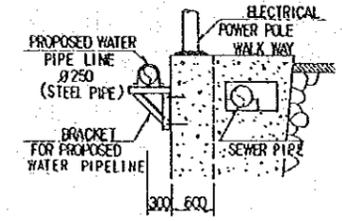


B - B SECTION

① DETAIL OF WATER PIPE BRIDGE TO INTAKE



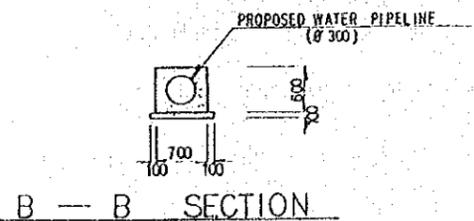
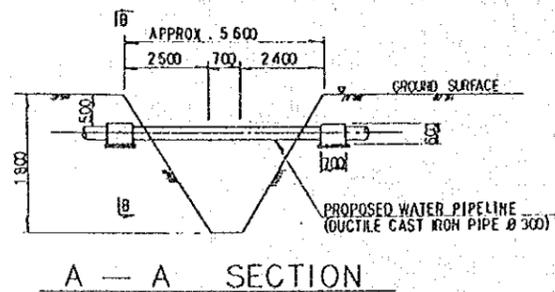
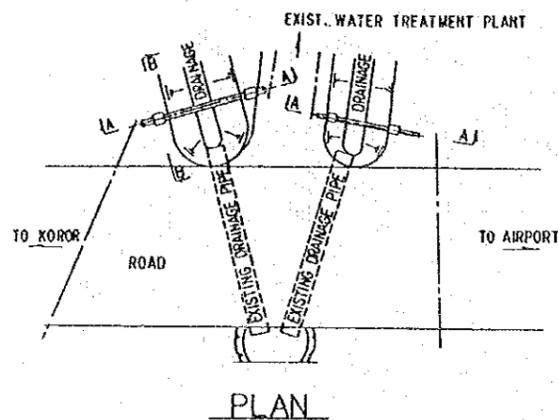
A - A SECTION



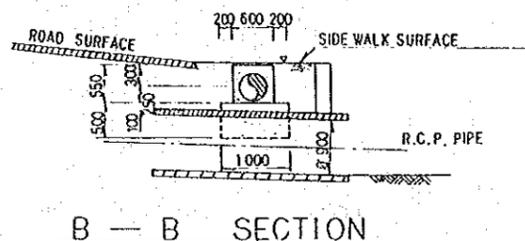
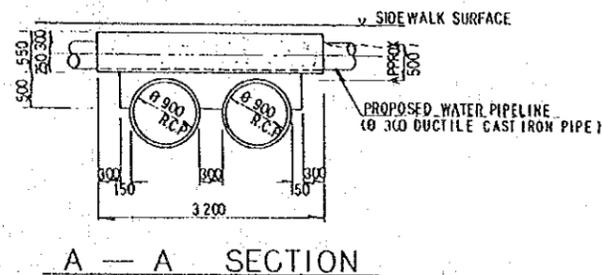
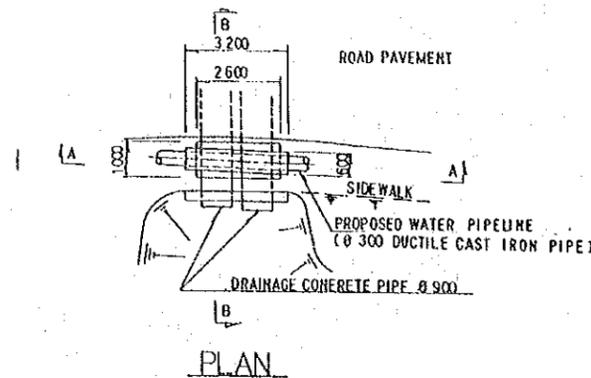
B - B SECTION

② PROPOSED WATER PIPELINE ALONG CAUSEWAY

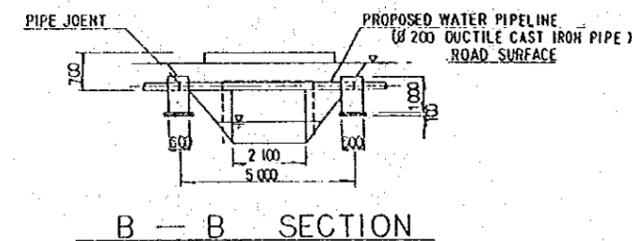
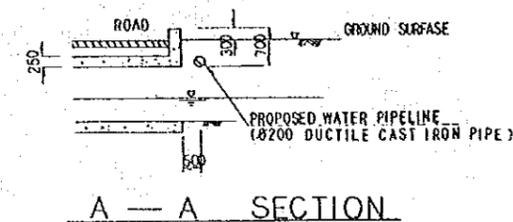
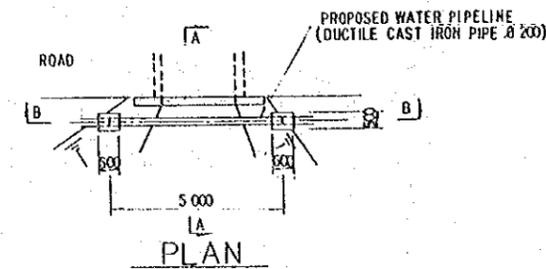
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN THE REPUBLIC OF PALAU					SCALE
送水管詳細図 (1 / 4)					DWG NO.
					PAL-06
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY					



① PLAN FOR PROPOSED WATER PIPELINE NEAR EXIST. W.T.P.



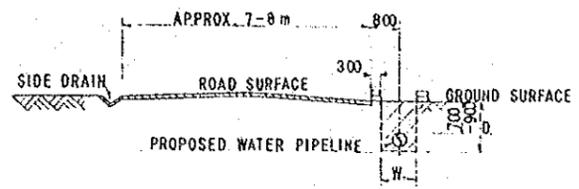
③ DETAIL OF PROPOSED WATER PIPELINE ON R.C.P. PIPE



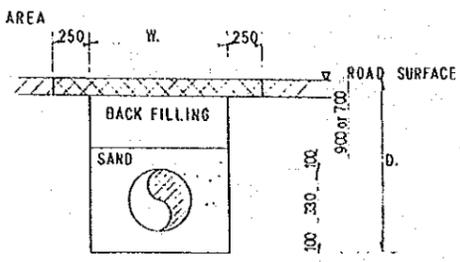
④ DETAIL OF PROPOSED WATER PIPELINE BESIDE EXIST. CULVERT AT AIRAI

THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN THE REPUBLIC OF PALAU				SCALE
送水管平面図 (2/4)				DWG NO.
				PAL-07
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY				

TYPE (1)



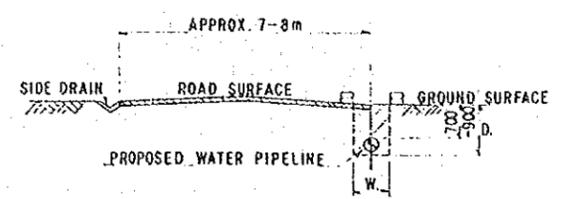
1) PAVED AREA



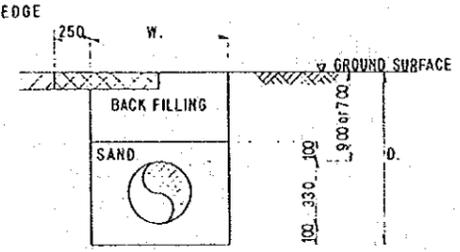
EXCAVATION MEASURE TABLE

LOCATION	PIPE DIAMETER COVER (mm)	300 (mm)		250 (mm)		200 (mm)	
		900	700	900	700	900	700
PAVED AREA	DEPTH (m)	1.33	1.13	1.28	1.08	1.22	1.02
	WIDTH (m)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
ROAD EDGE	DEPTH (m)	1.33	1.13	1.28	1.08	1.22	1.02
	WIDTH (m)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
UNPAVED AREA	DEPTH (m)	1.33	1.13	1.28	1.08	1.22	1.02
	WIDTH (m)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70

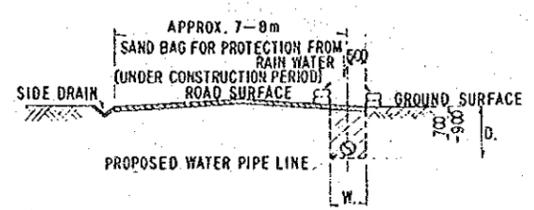
TYPE (2)



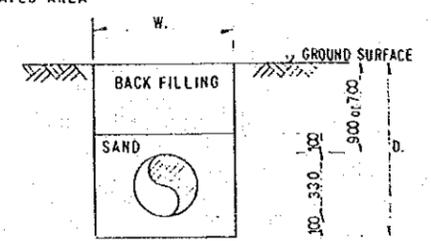
2) ROAD EDGE



TYPE (3)

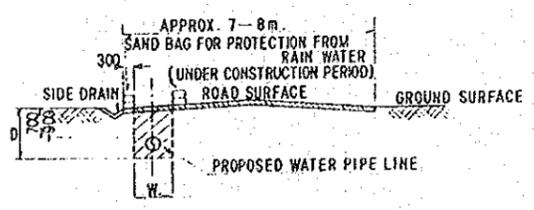


3) UNPAVED AREA



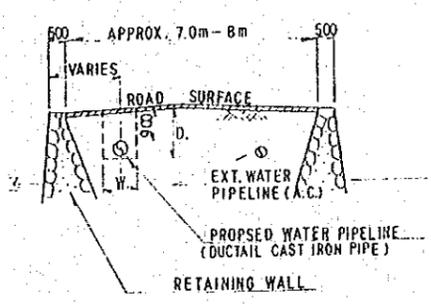
TYPICAL SECTION OF MAIN PIPE
DIAMETER OF PIPE = 300mm

TYPE (4)

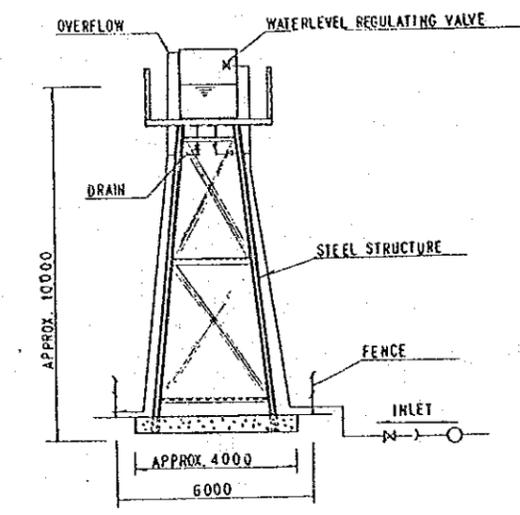


REMARK 1: FOR "W AND D", REFER TO FIG.

TYPICAL CROSS SECTION OF WATER PIPELINE

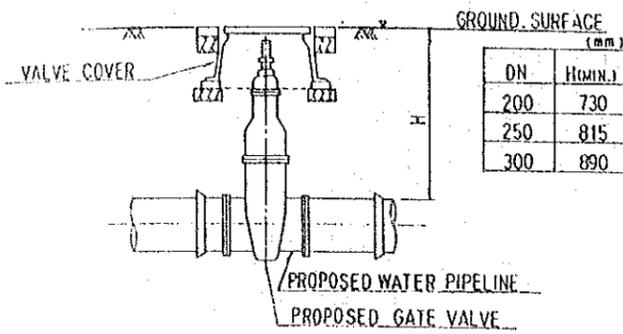


TYPICAL SECTION IN CAUSEWAY

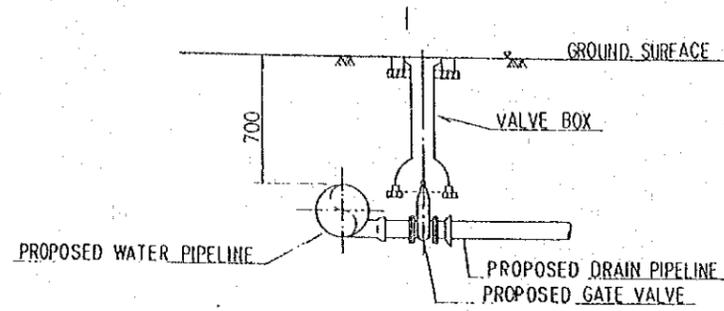


① DETAIL OF SURGING TANK

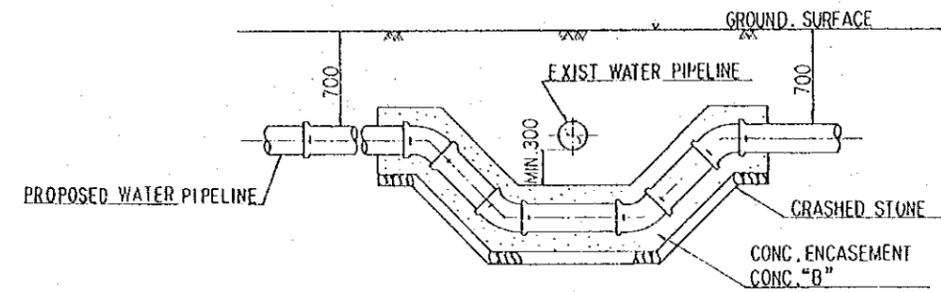
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN THE REPUBLIC OF PALAU					SCALE
送水管詳細図 (3 / 4)					DWG NO.
					PAL-08
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY					



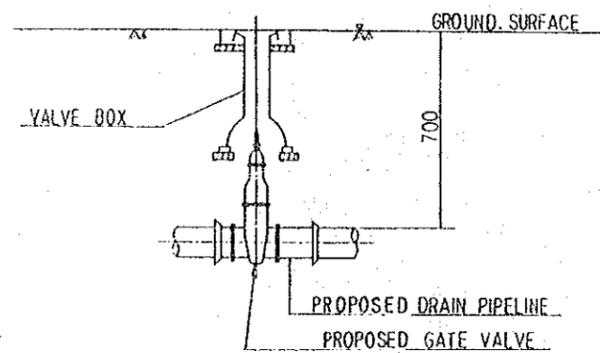
VALVE COVER



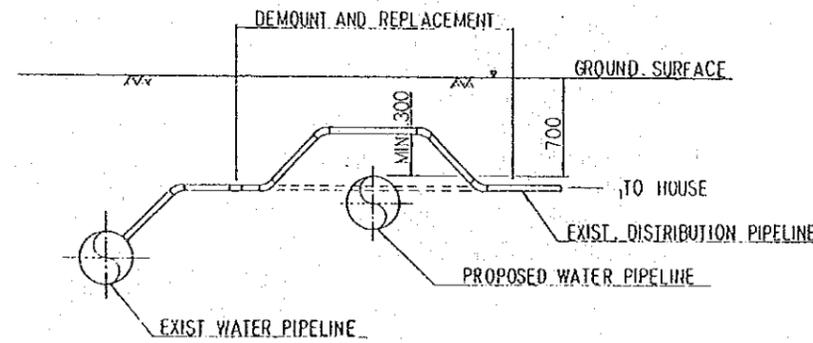
DRAIN BRANCH



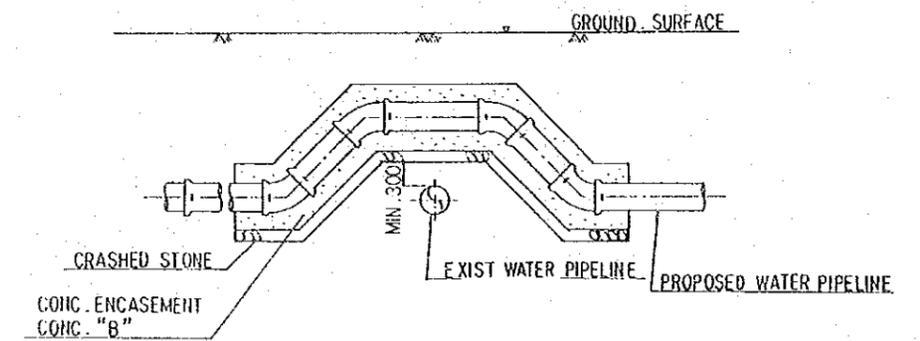
TYPE A



VALVE BOX FOR DRAIN PIPELINE

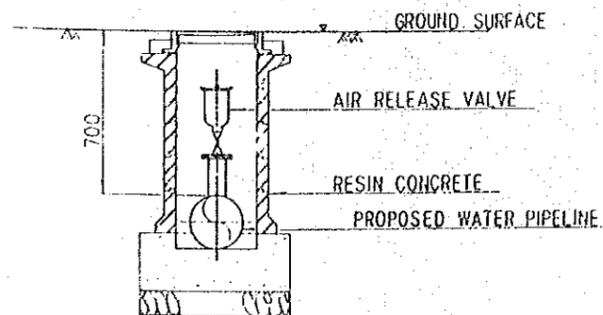


REPLACEMENT OF DISTRIBUTION PIPELINE
AT PARTS CROSSING PROPOSED WATER PIPELINE



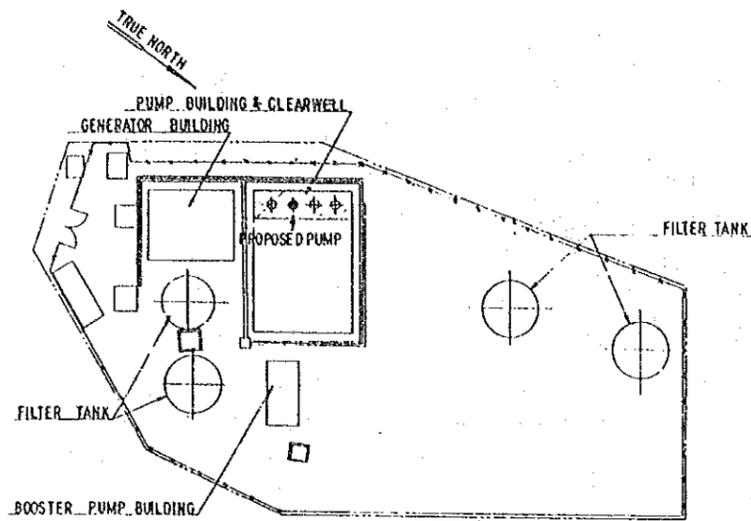
TYPE B

PIPE CROSSING OF EXIST WATER PIPELINE

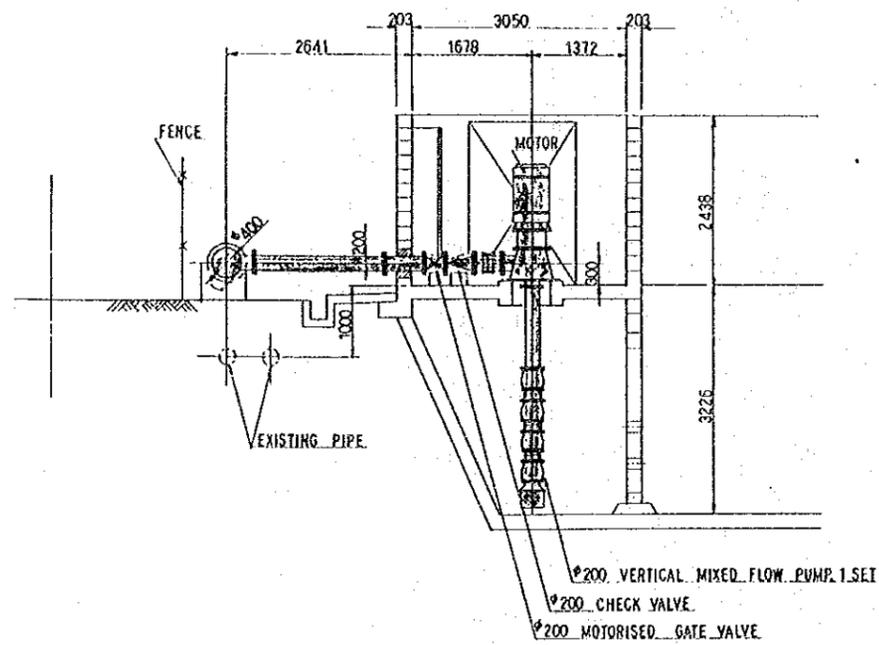


AIR VALVE BOX

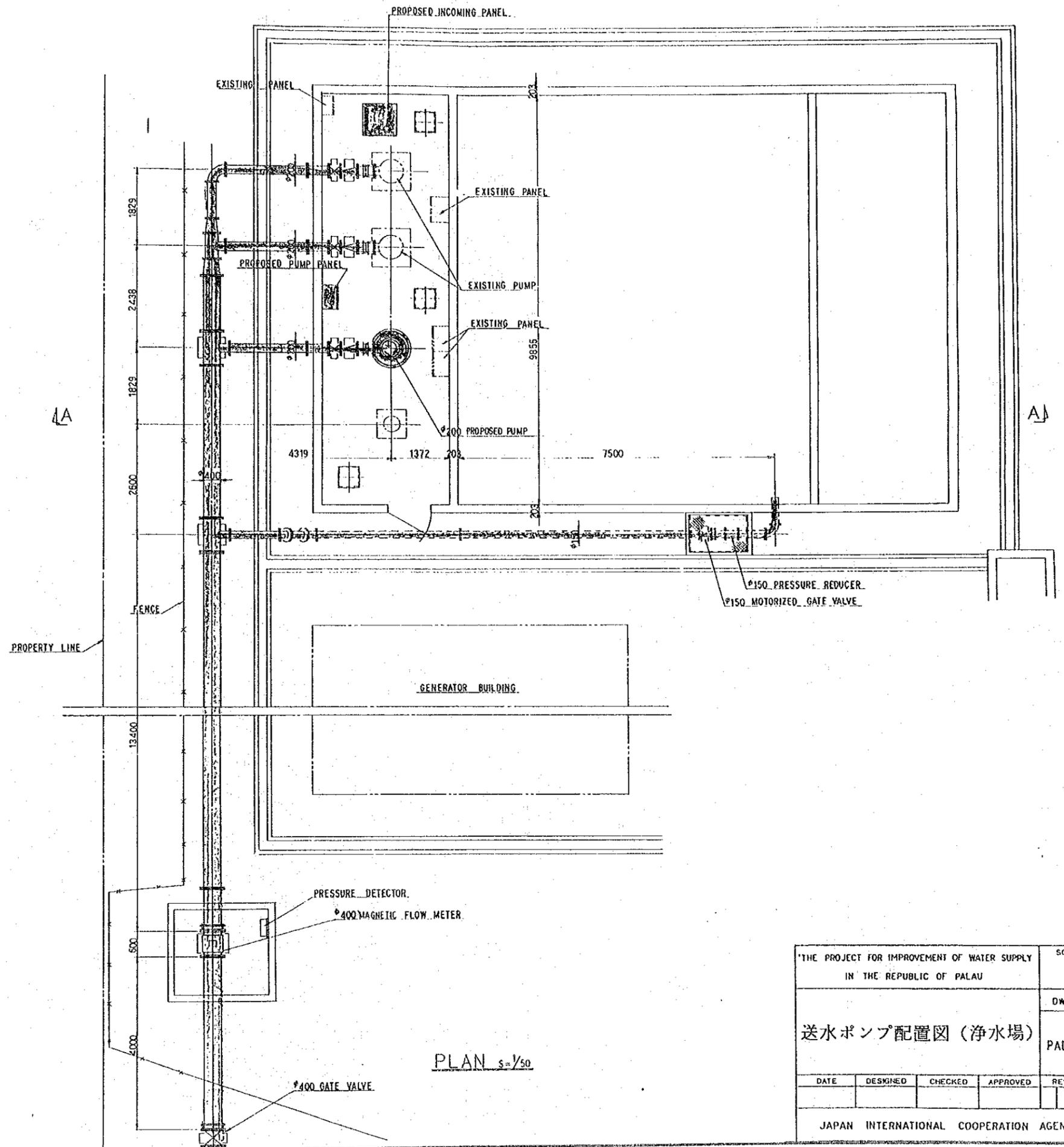
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN THE REPUBLIC OF PALAU				SCALE
送水管平面図 (4 / 4)				DWG NO.
				PAL-09
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY				



KEY PLAN NOT SCALE



SECTION A - A s = 1/50



PLAN s = 1/50

THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN THE REPUBLIC OF PALAU				SCALE
送水ポンプ配置図 (浄水場)				DWG NO.
				PAL - 10
DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVISION
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY				

5-5 施工計画

5-5-1 建設事情及び施工上の留意事項

(1) 建設事情

本計画の実施に関連する主な建設事情は次のとおりである。

- 1) パラオでは、ほとんどすべての建設資機材を海外からの輸入に依存している。
- 2) 現地の建設業者は少なく（3社程度）更に、施工能力は土工事、コンクリート工事、小配管工事及び中規模の建屋工事程度であると推定される。
- 3) 現地技術者、技能者及び労働者の能力ならびに労働意欲は一般に低いと懸念される。配管接続工事、ポンプ据付工事等の特殊技術者についてはフィリピン人を雇用し、普通作業員及び雑役夫はパラオより調達することとする。
- 4) 現地技術者、技能者及び労働者だけでは、管据付工事、ポンプ・モータ等の機械・電気設備据付工事、性能試験等は出来ないと判断されるので、高度の技術を必要とする作業、現地技術者及び技能者の技術指導、指示及び監督のために日本又は第3国技術者を派遣する必要がある。
ただし、原則として、第3国技術者の派遣は第3国より、調達資材が行われ、それに伴う場合のみとする。
- 5) 既設埋設管（上水配管、下水配管等）の位置、深さが不明のもの及び図面に示されている位置、深さと等しくないものがあるかと推定されるので、特に管工事の際、破損防止対策と復旧対策に留意する必要がある。

(2) 施工上の留意事項

本上水道施設改善工事を実施するにあたり、特に以下の事項に注意して施工法を決定するものとする。

- 1) 住民に本工事の内容をよく理解してもらい、その協力と援助を得るとともに住民が本工事によって事故を起こさないようにする。
- 2) 工事に際しては、住民に対し振動・騒音等の被害を与えないよう施工法、施

工機械の選定、作業時間帯の選定等に注意する。

- 3) 通行人、自動車の通行と安全ならびに商業活動の確保に努める必要があるため、掘削、管敷設、埋戻し及び舗装の仮復旧工事に伴う交通規制はなるべく速やかに解除し、一兩日中に完了するよう施工計画を立案する。
- 4) 地下埋設物（下水管、水道管）が多く、その機能の確保と損傷の防止に努める必要がある。
- 5) 管路敷設工事に当たっては、土質が粘性土で水を含むと流動化し、排水、乾燥が非常に悪い特性を有しているうえ、降雨頻度が多くさらに強い降雨に遭遇する確率が非常に高いので、掘削したトレンチに雨水が流入しないよう十分に留意する必要がある。
- 6) クレーン等の重機械類、ワイヤー等の点検を常に行ない、災害の防止に努める。
- 7) 工事用機械及び車両が一般道路を通行する場合は、現地の交通規則を遵守し人身事故が起こらないよう十分注意するとともに、道路等を破損しないよう留意する。
- 8) ポンプ等の設備は既設上水道施設を稼働させながら設置しなければならないうえ、既設施設との接続時間は数時間と非常に短い。

5-5-2 施工方針

(1) 上水道管路の一般部

- 1) 管路の詳細な敷設位置は、既設の上水道管、下水道管等が多数埋設されているため工事契約後の初期段階で試験掘りを行い、その位置を確認した後、決定する。
管敷設のための掘削は、主に機械を用いて垂直掘り（既設管、埋設物回りは手掘り）とし、床付け部分の最後の30cmは手掘りで行う。

- 2) 埋戻しは良質な掘削土を使用して行う。突固めは、ランマーを使用して十分に転圧する。

(2) 上水道管路の特殊部

- 1) 管敷設箇所にコーラル・ロックが露出している部分があり岩掘削となる。コーラル・ロックが出るところについては、管底支持角度を 60° 以上とするとともに、管の保護のために、管の下10cmの厚さで良質砂を敷き、つき固めるものとする。
- 2) マングローブ湿地帯を埋め立てて道路を建設した箇所があり、表土を1.2 ~ 1.5 m掘り下げると腐食したマングローブを含むヘドロ状の軟弱土が表われる。この部分の配管については、砂質土による置換えや、まくら胴木等の基礎工の設置及び土留工が必要となる
- 3) K.B.橋からコロール島側及びコロール島とアラカベサンを結ぶコースウェイ部分の地下水位は潮位とほぼ等しく上下し、更に透水係数が高いので、特に管の据付け工事及び埋戻し工事の排水対策に留意する必要がある。

5-5-3 施工管理計画

当該建設工事が所定の工事期間内に確実かつ安全に実施されるよう工事全般にわたり適切な施工管理を行なう必要がある。このため、コンサルタントは工事期間中現地の施工管理技術者を1名常駐する必要がある。

(1) 工程管理

特に、配管の調達及び敷設工事工程については常に計画と実績を比較し出来高の管理を行う。また、パラオより調達する資材については、生産量に限りがあり、他のプロジェクトの使用と重なる可能性もあるので、工程及び工期確保のため速やかに発注を行うとともに調達管理に十分留意するよう請負業者を指導する。

(2) 品質管理

管の敷設工事及び機器の据付け工事に関する品質管理が主となり、工事契約書に基づいて水圧試験、性能試験等を行う。

(3) 安全管理

- 1) 末端の労働者まで各種災害防止に関する意識を持たせ、職長クラスについては危険予知能力を身に付けさせるよう請負業者を指導する。
- 2) クレーン等の重機械類、ワイヤー等の点検を常に行い災害の防止に努める。
- 3) 運搬車輛及び工事用機械が道路を通行する場合は、現地の交通規則を遵守し人身事故等が起こらないよう十分注意する。また、道路、建物、既設埋設物等を破損しないよう留意し、その防止に努める。

5-5-4 資機材調達計画

(1) 建設資機材

1) 現地調達の資材

下記資機材を現地で調達するものとして計画する。

- 粗骨材
- 細骨材
- 鉄筋
- コーラル砂
- セメント
- 合板型枠
- 木材
- コンクリートブロック
- 主燃料
- 油脂類

2) 日本より搬入する主要建設資材

下記資材を日本で調達するものとして計画する。

- ダクタイル鋳鉄管
- 鋼 管
- 鋼 材
- ポンプ設備
- 電動バルブ及び手動バルブ
- 電気・計装用機器

3) 第3国調達について

第3国調達は下記の場合について実施する。

- a) 供与資材が明らかに日本製品より低廉で、更に性能が十分に満足できること。
- b) 維持管理が明らかに日本製品より容易であること。
- c) 供与機材の故障に対して、現地業者又は代理人のフォローアップ体制が整備されており的確にフォローアップができること。

(2) 建設機械

1) 現地調達可能な建設機械

現地調達可能な機械は下記のとおりである。

- | | | |
|---|----------|---------------------|
| - | トラッククレーン | 20トン |
| - | トレーラー | 20トン |
| - | バックホー | 0.7 m ³ |
| - | ホイールローダー | 2.0 m ³ |
| - | ダンプトラック | 10トン |
| - | ブルドーザー | 11トン |
| - | 溶接機 | 120 A - 6.8 ps |
| - | エアコンプレッサ | 7 m ³ /分 |
| - | 給水車 | 6 m ³ |

2) 日本から搬入する主な建設機械

下記の建設機械は、パラオでは調達できないため原則として日本から搬入する。

-	トラッククレーン	15 t
-	バックホー (ホイールタイプ)	0.35 m ³
-	ダンプトラック	8 t
-	トラック	4 t
-	クレーントラック	4 t
-	発電機	10KVA
-	エンジンポンプ	4 "
-	エンジンポンプ	2 "
-	タンパー	60～ 100kg
-	ランマー	60～ 100kg
-	舗装カッター	
-	コンクリートブレーカー	

(3) 輸 送

パラオへの貨物輸送は、海上及び空路によって行われている。

マラカル港には、5,000～8,000 t 大型輸送船が接岸可能でコンテナによる輸送も可能である。

日本から資機材を海上輸送する場合、日本からの定期運航は月1回程度である。

コロール・アイライ両地区における荷揚げ港はマラカル島にあるマラカル港のみである。

空路としては、日本からサイパン、グアム及びヤップを経由して、コンチネンタルマイクロネシア航空が毎日1～2便運行しているが、本計画では空路による資機材輸送はないと判断される。

5-6 実施スケジュール

(1) 実施設計及び施工管理

1) 実施設計及び入札業務

a) 実施設計及び入札図書類の作成

実施設計の時期は、各工期についてそれぞれE/N締結後、日本のコンサルタントはパラオと直ちにコンサルタント契約を締結し着手する。

基本設計調査及び実施設計調査の結果をもとに、実施設計及び入札図書類の作成を行い、パラオと協議する。

b) 入札及び契約締結

コンサルタントはパラオに代って入札広告、入札参加者の受理、審査、入札説明会の開催、入札図書配布等を行い一定の入札準備期間をおき、入札価格の受領後、速やかにその結果を審査し、パラオと日本国建設会社間の工事契約の締結推進をはかる。

2) 施工管理

パラオと日本国建設会社との契約締結をもって、本計画は施工管理段階に入る。コンサルタントは契約後直ちに建設会社により提出される承認図書等の承認業務を、計画の早期実施のためパラオに代って行うものとする。また、調達資機材管理についてもコンサルタントが国内において実施するものとする。コンサルタントは、着工前の打合せ、資機材の現地輸送、施工法、工事工程等について、建設会社の指導、監督を実施し、工程管理、品質管理を行いE/Nに定められている期間内に業務を完了するものとする。

(2) 工事期間

本計画は、無償資金協力制度による単年会計年度内の工事完了を原則とすることから本計画を3期に分けるものとする。その建設期間は図5-5実施スケジュールに示すように、各工期の施工業者契約締結後、下記の通りとする。

第Ⅰ期工事：	10ヶ月
第Ⅱ期工事：	9ヶ月
第Ⅲ期工事：	8ヶ月
合 計	25ヶ月

5-7 概算事業費

本計画の実施に要する概算事業費は概ね下記の通りと見込まれる。

(1) 日本側負担費

第Ⅰ期事業費	4.10 億円
第Ⅱ期事業費	4.17 [*] 億円
第Ⅲ期事業費	3.92 億円
合 計	12.19 億円

(2) バラオ政府負担分 (量水計設置工事)

第Ⅰ期事業費	530万円	(36,000 ドル)
第Ⅱ期事業費	530万円	(36,000 ドル)
第Ⅲ期事業費	530万円	(36,000 ドル)
合 計	1,590万円	(108,000ドル)

第6章 事業実施計画

第6章 事業実施計画

6-1 実施組織

(1) 全体的な関係

本計画は日本国政府の無償資金協力により実施されるが、実施組織の全体的な関係は下図に示すようになる。

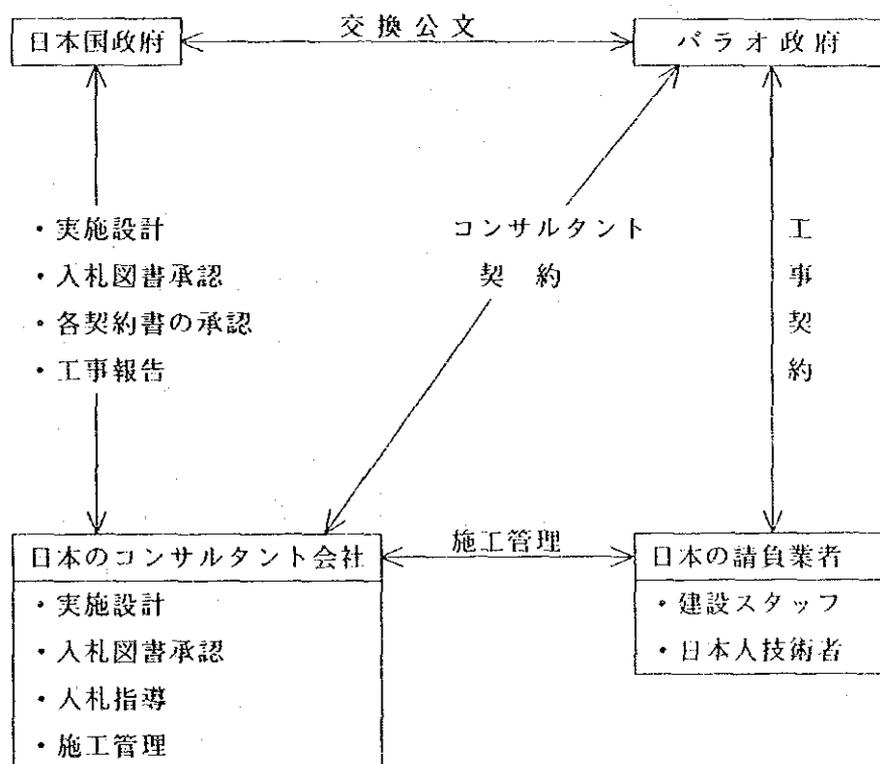


図6-1 事業実施関係図

(2) 実施主体

パラオの本計画の実施担当機関は、国家計画局である。パラオは、日本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い、本計画の全ての工事を円滑に進めるため、本計画を担当する責任者を選任する必要がある。実施計画及び施工管理は、日本のコンサルタントが担当する。

建設工事は日本の請負業者が契約者となり実施する。

6-2 工事範囲

6-2-1 バラオの負担する範囲

- (1) 管路及びその付帯施設の建設用地の確保、造成、整地
- (2) 資機材置場及び仮設事務所用地の確保、造成、整地
- (3) 残土処分用地の確保
- (4) 建設用地までの工事用道路の確保
- (5) 建設用地までの電力供給
- (6) 既設貯水タンクの再塗装及び周辺区域の清掃・整備工事
- (7) 建設工事に必要な資機材の迅速な荷降ろし措置、これらの輸入に対する税金、日本法人に対する事業税、通関手数料等の免税措置
- (8) 既設上水道、下水道施設等のマンホールの開閉及び調査、公有地及び民有地への立入り、測量実施等に関する関係当局の迅速な許可取得
- (9) 既設埋設管、ケーブル等を調査するための試掘工事及び既設埋設管、ケーブル等の切り廻し・防護・撤去・接続工事の許可取得ならびに工事実施時の立会い及び確認
- (10) 住民の協力取得ならびに交通規制についての必要な対策及び処置
- (11) 既設上水道管と本計画新設管との接続工事中の断水に対する必要な対策及び処置
- (12) 日本国政府の公認外国為替銀行口座開設費用
- (13) 派遣された日本人への便宜供与及び免税措置
- (14) 量水計の設置

6-2-2 日本国政府の負担する範囲

- (1) 原水及び送水管路（全長約19.9km）ならびに付帯設備の設置
- (2) 浄水送水ポンプ [3.97 m^3 /分（1050ガロン/分）] 1基の設置
- (3) 貯水タンク水位制御設備 4基の設置
- (4) アラカベサン貯水タンク塗装工事（内外面）

6.3 維持管理計画

(1) 新維持管理組織

現状の維持管理組織については、2-3-2項に述べたとおりであり、独立採算による運営の認識が乏しい。

新しい運営、維持管理体制は独立採算性の採用、責任の明確化ならびに本上水道施設と水資源の長年月にわたる有効利用を計るために、公共事業局の他の電気・電話等の事業体と分離した採算性の高い水道専門の組織とする。新しい運営維持管理組織は工事・設計、維持・管理、営業及び総務の組織からなり、これらが有機的に連係されて総合的運営管理が正確かつ確実に実行され、さらに衛生的で安定した水の供給が経済的に行えるものでなければならない。そのために留意しなければならない事項は下記のとおりである。なお、新しい組織は図6-2に示すとおりである。

- 1) 運営・管理組織は徴収した水道料金と給水に係る費用とのバランスの取れたものとするのが望ましい。
- 2) 役割分担が明確であるとともに、業務執行に伴う責任体制を確立する。
- 3) 運転管理面では、平常時のみならず緊急時においても迅速な対応ができる体制とする。
- 4) 維持管理面では、日常の定期点検プログラムを整備する。
- 5) 建設、計画、運転及び保守要員の技術向上が行えるような勤務体制と教育訓練プログラムを整備する。
- 6) 生活環境の向上及び産業の発展に役立つような水の有効・適正利用を推進できる企画機能を有する体制とする。
- 7) 日常のデータを記録・整理し、将来の水道整備事業に反映できるようにする。
- 8) 家庭及び事業所による水の無駄使いを防止するために専門の監視・指導要員を設置する。

図 6-2 新運営・維持管理業務分担



(2) 要員計画

上水道施設の効率的かつ安定的な運営・維持管理を長年月にわたって行うためには前項で提案したような組織及び体制の整備は不可欠であるが、これを構成する要員の適正配置も重要である。

現状の維持管理要員の中に米国人のアドバイザーにより教育・訓練を受けた技術者もいるが、全般的に専門知識を有する要員が少ない。従って、専門知識を有する職長及び運転・維持管理者の育成が必要である。

また、要員の配置に関しては、四直三交替制により24時間体制の要員配置を行っているが、全般的に明確な要員配置とはなっておらず、前項の組織の改善と同時に、要員の適正配置を行う必要がある。

(3) 維持管理の内容

1) 運転管理

水道水は日常生活及び産業活動に必要欠くことのできないものである。そのために、衛生的かつ安定した水の供給を確保することが基本条件である。そのためには、給水区域内の需要に応じた水量を、水質基準に適合した水質及び所要の水圧で供給出来ているとともに、上水道施設が正常に機能するよう運転管理する必要がある。

- a) 水道施設の運転管理では、送・配水の各施設における送・配水量を測定記録し、給水量の調節を行う必要がある。特に、取水河川流量、ギームルダムの貯水量、降雨量及び給水量を総合評価し、合理的に水量調節を行えるよう各施設を制御する必要がある。さらに、送水量と配水量のデータを分析し、水の無駄使いの防止及び漏水防止対策の立案をするなど、運営・管理の充実と実効を図っていくことが必要である。
- b) 水質管理では、供給水が常に衛生的に安全でかつ正常な状態で確保できるよう定期的に水質検査を行う必要がある。定期的な水質検査としては、現在実施されている残留塩素の毎日検査及び大腸菌群の毎日検査を継続的に実施するとともに、将来的にはパラオ内での全項目水質検査の実施を目指すべきである。
- c) 上水道施設の機械・電気設備の運転管理については、それらが水道施設の機能の根幹を成すものであるため、万全の運転管理体制を敷く必要がある。そのためにポンプ設備、濾過器等は、効率のよい運転をするよう維持・管理するとともに、偏重した運転は避け、予備機がある設備については交互運転をするなどして、正常な機能状態で長年月使用出来るように配慮する必要がある。また、自動制御設備等を含めた本上水道施設のシステムに関する運転管理上の必要事項は十分理解し、正常な運用を行う必要がある。また、運転日誌等を整備することが重要である。

2) 保守管理

上水道施設を効率よく、かつ安全に運転管理するためには、各施設がその機能を発揮できる状態に維持されるよう、点検・整備・修理等の保守管理を行わなければならない。

保守管理にあたっては、点検・整備・修理といった施設管理を計画的かつ定期的に効率よく実施する必要がある。このためには、管理業務の実施要領を定めたマニュアル等を作成するとともに点検結果をあらかじめ定めた基準及び目標と比較して、その適否を判断するチェックリストを作成することが重要である。

整備にあたっては、材料、部品等が必要になることがあるが、これらの調達及び備蓄についても常に十分な配慮をしておかなければならない。

3) 営 業

水道事業が、企業的に健全であることを指向することは、運営維持管理上からも望ましい姿である。そのためには量水計を全家庭・事業所に設置し、さらに合理的な水道料金徴集体系を確立して、住民に対し説得力ある料金請求を行う必要がある。これはパラオ及び「水道局」の財政の改善にとどまらず、水の無駄使いや節水に対する関心を高め、水の有効利用と産業の発展等に寄与する点でも大変有意義なことである。

4) 企画広報

住民の水の重要性に対する認識の低さは、これまでのパラオの運営維持管理体制の問題のみならず、水の有効利用、無駄使い防止等に関する指導・PR及び啓蒙活動という広報活動の不足に起因すると考える。

上水道事業が効果を上げるためには、施設ならびに組織の改善のみならず、住民の上水道に関する意識改革及び協力体制を作りあげることが必要である。

そのためには学校教育、ラジオ、新聞等の広報活動による住民への指導・PR及び啓蒙活動を実施する必要がある。

(4) 維持管理費

1) 1989年における上水道の維持管理費は下記のとおりである。

塩素注入費	約 3,000千円	(20,000 ドル) /年
予備品、修繕費	約 700千円	(5,000 ドル) /年
電気代	約20,700千円	(140,000 ドル) /年
	約24,400千円	(165,000 ドル) /年

- 2) 本計画完成時（1993年）における上水道事業の維持管理費は、送水ポンプの増強による電気代の増加及び送水量の増加による塩素注入費の増加が見込まれるので、下記のように予想される。

維持管理費

塩素注入費	約 3,600千円	(24,000ドル) /年
予備品、修繕費	約 900千円	(6,000ドル) /年
電気代	約22,900千円	(155,000ドル) /年
合計	約27,400千円	(185,000ドル) /年

人件費については、配管及びポンプ等の設備は増強されるが、既設上水道施設の維持管理と一緒に実施できる程度の改善であるうえ、送水ポンプの自動化及び貯水タンクの自動水位制御設備の設置により、運転要員の減少が見込まれるため、上水道課20人体制は変えないものとする。

従って本計画完成時の維持管理費は1989年に比較して約 3,000千円（20,000ドル）の経費増が見込まれる程度である。

3) 水道使用料金による収入

a) 近年3ヶ年間の実績

1987年	;	約16,400千円	(110,816ドル) /年
1988年	;	約17,800千円	(120,381ドル) /年
1989年	;	約16,100千円	(108,924ドル) /年

b) 本計画完成時（1993年）における予測値（量水計が100%普及したものとする）

-基本料金	2005戸 × 5 ¥ × 12ヶ月 =	120,300 ¥
-使用料金	0.5 ¥/1000 ガロン × 15,800人 × 68ガロン × 365日 =	196,100 ¥
合計		約46,800千円 (316,400 ¥/年)

(配水戸数は1989年、人口は1993年の統計を使用した。)

従って、本計画完成時の水道使用料金による収入は、1989年に比較して年間約30,700千円（約 207,500ドル）の増加が見込まれる。

第7章 事業評価

第7章 事業評価

コロール・アイライ両地区は政治・経済・観光の中心地である。この地区が国家の中核として十分に機能するためには、まず公共インフラの整備ならびに生活環境の改善が必要である。

そのために、大きく寄与する基本的な施設の1つとして上水道施設がある。

コロール・アイライ両地区には1940年頃敷設したごく一部分の管路を除き、米国の援助による上水道施設がある。しかし、人口の急増、給水システムの欠陥、量水計の設置不足、維持管理及び料金体系の不備に起因する水の無駄使いのために、断水が年間を通じて午後9時から翌朝の5時まで行われ、さらに乾期には降雨の状況によって、日中でも断水するとともに高台の地区及び給水末端地区では給水時間帯でも短時間しか取水出来ないという極めて厳しい状況になっている。

このような状況は、今後のコロール・アイライ両地区の人口増と急速な開発に伴って、ますます拍車がかかると予想される。

以上のようにコロール・アイライ両地区の給水状況の現状は、もはや限界状態にあり、市民の健康、民生の安定はもとより都市機能の維持、産業の発展等のためにも上水道施設の整備及び改善は緊急の対応に迫られている。

こうした状況を踏まえ、本計画の効果と妥当性について評価する。

7-1 効果

7-1-1 直接効果

本計画が実施され既設上水道施設が改善されることによる直接効果は以下のとおりである。

- (1) 送水管と給水管の分離及び送水ポンプの増強により本上水道施設の改善計画目標年次である西暦2000年に於ける給水人口ならびに事業計画に対して、1日24時間の安定的な給水が可能になる。
- (2) 現在水道水は各家庭・事業所による断水時の水確保、量水計の設置不足、無駄使い防止の啓蒙不足等の理由により多量に無駄使いされているが1日24時間の安定的な給水ならびに全家庭・事業所への量水計の設置により水の無駄使いがなくなる。

- (3) コロール・アイライ両地区の計画目標年次までの事業開発計画が可能となる。
- (4) 上水道使用料金は使用水量に基づいた料金徴収体制の確立が可能となるとともに、安定した独立採算性の高い上水道施設の管理・運営組織が確立する。それに伴って、上水道施設の拡充・整備、スペアパーツの購入ならびに維持・管理がパラオの財政で可能になる。
- (5) 本施設が自動化され、運転及び維持管理が容易になる。

7-1-2 間接効果

(1) 社会経済

本計画により既設上水道施設が改善され、年間を通して安定的に上水が供給されることにより、計画給水区域の都市機能の確保ならびに開発計画の推進が可能となり、ひいてはパラオ経済が自立出来る基盤整備がもたらされる。このことは国家5ヶ年計画の重点政策である「生活水準向上」及び「産業の発展」のための重要な基盤が整備されることになる。

(2) 市民生活

本計画により、飲料水の不足と既設上水道施設の欠陥からくる市民の不安、厳しい生活環境及び雨水を使用する不衛生な生活からの解放をもたらし市民生活の向上と民生の安定に寄与することになる。

(3) 上水道技術

上水道施設の整備計画及び維持管理は現在米国の技術によって行われている。しかしながら、既設の上水道施設改善事業はパラオの財政事情から遅れているのが現状である。本計画を実施することが、パラオの上水道施設整備及び維持管理技術の移転をもたらし、技術の進歩に大きく貢献するものと期待される。

(4) 保健衛生

米国人及びパラオ人の専門家によって、水道水の残留塩素など大腸菌含有量等の定期的試験が実施されている。

現在、飲料水及び食品を媒介とする赤痢等の消化器等の伝染病の発生情報は無いが、消化器系の病気が発生していると報告されている。

このような状況のもとで、断水時、管路に負圧が生じ、水道水への汚染地下水の混入等によって、既設水道施設は非常に危険な状況にあると考えられる。本計画の実施により安全で清潔な上水が安定的に供給されることになり、水に係る消化器系疾病の発生の危険性が大きく減ることはもとより、市民の公衆衛生の向上と、生活の安定にも寄与することが期待される。

(5) 上水道施設に対する市民の信頼の確保

既設上水道施設は断水、給水量不足等のため、信頼を得ていないのが現状である。

本計画を実施することが、全計画給水区域に対して、1日24時間の給水とほぼ均等な給水をもたらし、市民の上水道施設に対する信頼を取得することが可能となる。

7-2 妥当性

(1) 技術面

本計画では給水量及び給水圧不足の解決策として、浄水場からの既設送・配水兼用管路システムを変更し、送水機能及び配水機能をそれぞれ専用にする管路に分離する給水システムを採用した。

本給水システムの採用は浄水場に近い所にある家庭及び事業所への一切の直接取水と無駄使いを無くすとともに、各給水区域に設けられている4基の既設貯水タンクに一旦揚水及び貯水されて均等化された後、それを經由して各給水区域に配水されるため、全計画給水区域に1日24時間ほぼ均等に給水出来るようになる。

さらに、既設貯水タンクは計画目標年次に於ける1日の使用水量に比較して、大きな貯水容量(約2.5倍)を有しているため、朝・夕に生ずるピーク時の必要給水量及び給水圧を満足させることが出来るとともに、漏水対策及び緊急用貯水池として使用することが可能となり、上水道施設の信頼性、安全性及び安定性が大幅に向上し、本計画の妥当性はきわめて高い。

また、本給水施設を建設することによって、コロール・アイライ両地区の高台地区に計画されている住宅及び観光の開発が可能となる。

(2) 財政面

本施設を維持するための年間経費は、以下に示す作業に必要な費用程度であり、本計画の実施がパラオの財政に大きな負担となることはないと思われる。

- 1) 改善工事完成後の巡回作業費
- 2) 浄水場の送水ポンプの維持管理作業及び運転費
- 3) エデン川及びコースウェイ部分に設置される水管橋の維持管理費
- 4) 量水計設置費

(3) 維持管理面

現状で維持管理要員の技術力はかなり不足していると思われる。本計画で建設される施設について特殊な維持管理技術を必要とする施設はなく、本計画の実施段階で十分パラオに技術移転されるので、パラオ技術者による維持管理について問題はないと考える。施設が改善され、機能及び効率が上がることから維持管理のための労力ならびに費用が軽減されることが期待できる。よって技術面、財政面及び維持管理面から判断しても、本計画の妥当性は非常に高い。

第8章 結論・提言

第8章 結論・提言

コロール・アイライ両地区の既設上水道施設はコロール市街地のごく一部分の管路施設を除き、米国の援助によって建設されているが、給水施設の欠陥、維持・管理体制の不備、予算の不足、料金徴収体系の不備、水の無駄使い等多くの問題を抱えている。

これらの問題の解決には、既設施設のシステム変更、貯水池ダムへの原水送水専用管路の設置、送水機能と配水機能を完全分離する新たなシステムの導入及び量水計の設置等のハード面の改善並びに維持・管理体制及び水の無駄使い防止対策などのソフト面を改善することが絶対不可欠であり、それを実施することによって十分対処できると考える。

また、新設の施設と既設施設との整合を計り、それらに機能を十分発揮することを重点において、改善計画を検討した。

本計画は第7章で述べたように多大な効果が期待され、パラオの発展に寄与し、これは5カ年計画の目標としている下記項目に貢献するものである。

- 自由市場経済における自立国家の基盤の構築
- 計画的開発による国家資源のあらゆる可能性の開発、外貨獲得のための輸出拡大、及びそれに伴う生活水準の向上と国内需要の増大
- 人材の開発と雇用機会拡大
- 各州間の調和の取れた成長と発展及びパラオ人民の生活水準の向上
- 環境保全と國家の文化遺産の保存

従って、本件が日本の無償資金協力により実施されることは有意義であると判断される。しかし、以下の点が改善されれば、本計画はより効果が発揮し得るであろう。

(1) 確実で安定した給水を確保するとともに、採算性の高い水道事業にする努力が必要である。そのために上水道施設の管理・運営組織は公共事業局の他の電気、電話等の事業体と分離した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。

(2) 本計画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計画に専任で参画させ、当該施設が技術的に十分理解、修得されるよう、実施組織の確立と人選を行ない、技術を習得する必要がある。

(3) 本計画は新設を含むが、基本的には既設施設の改善である。既設施設の給水システムの欠陥並びに水の無駄使いが水不足の主な要因であるが、維持・管理・運営の不十分さ及び住民の非協力さが本計画の必要性を導いた要因であることを認識し、十分な維持管理を行うとともに、住民の理解、協力などが得られるよう努めることが必要である。

住民に水は有限の資源であるとともに高価なものであること、給水設備の大切さ、正しい給水設備の使い方、節水意識の啓蒙等を、学校教育、新聞、ラジオ等マスコミを通じて実施することが望まれる。

例えば、

- ・ 家庭、事業所の給水栓からの無駄な流出を防止する。
- ・ 各家庭の給水管を違法に公共水道配水管等に接続しない。
- ・ 貯水タンクの塗装及び配管、給水栓、量水計等の設備を損傷・破損しないようにする。
- ・ 洗濯水、貯水タンクの古い水等が公共水道の断水時にホースを通じてそのサイホン作用によって公共水道に逆流して水道水を汚染しないようにするため、正しい使い方（例えば、直接相互に接続しないこと）を指導する。

(4) 水道使用料金徴収体系は使用水量が増加すると急激に高額になるように整備する。また、日本の料金徴収システム及び管理・運営のノウハウを修得するために維持・管理に携わる関係者の日本での1ヶ月程度の研修ならびに必要な場合は日本人専門家の2～3週間パラオへの派遣によるノウハウの移転及び指導が望まれる。

(5) 毎月家庭及び事業所の消費水量を量水計データに基づいて、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、下記のような指針として用いることができる。

- ・ 各仮定及び事業所の無駄使いのチェック
 - ・ 無駄使い常習者のリストアップと監視・指導・啓蒙活動の強化
 - ・ 送水本管及び配水本管からの漏水チェック
 - ・ 配水小管及び給水管の漏水チェック
 - ・ 給水管からの違法取水の有無のチェック
 - ・ 水収支バランスを把握した適切な運転管理
- (6) 節水及び水の適性使用のため事業所の全水栓はスプリングを用いた自動塞栓に取り替えることが望まれる。
- (7) 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、弁等通常稼動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。
- (8) 非常時における復旧体制の確立と定期的な訓練の実施。例えば故障ならびに水質悪化等の非常時に備え、その復旧体制の確立と訓練を定期的に実施しておく必要がある。
- (9) ギメールダム貯水池の堆積土砂を除去し、貯水容量の増大に努める必要がある。
- (10) 浄水場に前処理施設（沈澱地）を設置し、給水量の増大、濾過器の機能確保と耐用年数の長期化ならびに水質の向上に努める必要がある。
- (11) 水道水の衛生上の安全を確保するために、給水量に応じた塩素剤等の自動注入設備を整備する必要がある。
- (12) 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ならびに給水施設の信頼性の向上に努める必要がある。

