

第4章 供与計画の内容

第4章 供与計画の内容

4-1 目的・内容

現在、首都マジュロ環礁のDUD地区住民は、年間降雨量が約3,400mmと多量であるにもかかわらず、効果的な集水がなされていないため、乾期には時には3日に1度の給水という苛酷な生活を強いられている。

2-5-1項に述べたように、既設給水施設には問題が多く、この状況を放置しておく、人間としての最低限の生活すらも維持することが困難となりかねない。本計画はこの既設水道設備の改善を行なうことによって、DUD地区に安全な上水を安定的かつ均一に供給することを目的としている。

本水道施設改善事業は、「マ」国の5ヶ年計画にかかげられている国家計画事業の中で最優先として位置付けられており、マジュロ環礁の中心地であるDUD地区の開発および民政の安定に大きく貢献するものであり、上記の目的を達成するため、日本政府が無償資金協力として水道改善施設を建設するものである。

4-2 要請内容の検討

現地の給水事情及び「マ」国の要請内容に沿って検討した結果、次に示すような設備に改善することが適切であると判断する。その概要を以下に記述するとともに、表4-1に現状給水システム、「マ」国要請の改善案及び基本設計調査改善計画案を示す。なお、今回の現地調査時にAPPENDIX-11項に示す改善計画案「現地調査水道設備改善案、水道設備改善規模の検討(IMPROVEMENT SCHEME OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL-DRAFT)」を「マ」国に提示し技術・維持・管理等の事項について検討・協議を行った。

(1) ポンプ場No.4設備の更新

ポンプ場No.4設備の更新が1982年に米国によって行なわれており、十分その機能を有していると判断される。要請ではポンプ設備の更新が取り上げられているが、本ポンプ設備を更新する必要はないと考える。

しかし、荒天時、RIPRAPを越える高波によって集水流域であるマジュロ空港滑走路及び周辺区域に海水が年、数回流入し、その都度高塩分濃度原水が流入し、飲料水に適さない状態が発生している。高塩分濃度上水の給水現象を防止するために空港敷地内の既設ポンプ場No.4に、塩分濃度を測定する電気伝導度計と高塩

分濃度原水が生じた場合の緊急排水管を新設し、飲料水に不適切な高塩分の原水をラグーン側に必要に応じて排出できる設備を設置する必要があると考える。

原水の原水貯水池への送水とラグーン側への緊急排水操作は基本設計図MWB-03に示す新設バルブと既設バルブの切り換え操作によって行なわれ、その操作は、手動とする。これは、自動操作とした場合、維持管理がむずかしくなるとともに、電気伝導度計の誤読等により貴重な飲料水として可能な原水をラグーン側に多量に排水してしまうような不測の事故を防ぐためである。

(2) 原水貯水池（900万ガロン×1基）の増設

年間降雨量は約3,400mmと多いが貯水池容量が不足しているため、集水域に降った雨水を十分有効に集水出来ていない。また、「マ」国及びCIPは貯水容量を増強してDUD地区の給水事情を改善すべく12百万ガロンの新設貯水池の建設を5ヶ年計画で検討している。貯水池を増設することによって、特に、乾期の苛酷な給水事情は緩和されると判断されたため、要請通りの内容で増設することが適当と考える。

新設原水貯水池の容量については4-3項計画概要で詳述する。現状の原水貯水池には、年1、2回行われる清掃作業時の排水に対する配慮がなされていない。このため排水はポータブルポンプで行なわれているため、その作業に長時間要しているのが現状である。新設の原水貯水池には、維持管理時間の短縮と費用の削減などのためラグーン側に維持管理用排水管を設ける。

(3) 浄水設備1基及び付帯設備の増設

既設浄水設備は定格能力の約150%とオーバーロードで全設備を稼働させており、定期点検、補修等が出来ず処理能力の低下及び水質の悪化を招く恐れのある危険な状態で運転している。最低1基増設することによって、定格能力以内での運転が出来るようになるとともに定期点検、補修等が可能となり、飛躍的にその機能及び上水設備全施設の安全性をも高めることが出来ると判断される。従って、要請通りの内容で増設することが適当と考える。また、浄水設備への送水ポンプ及び浄水池への送水ポンプは、浄水設備のオーバーロードに伴って全設備がフル稼働しており、危険な状態で運転している。従って、機能の確保と定期点検、補修等のため要請通り付帯設備についても、それぞれのポンプ設備を1台ずつ設置することが適当と考える。

なお、「マ」国より要請のあった塩素滅菌設備の増設に関しては、現地調査時に持ち帰った水道水の水質試験結果及び国立マジュロ病院で定期的に実施されている残留塩素量と大腸菌群に関する水質試験結果ならびに給水量の急増が数年以内にはないと推測されることよりそれを増設する必要はないと判断する。

(4) 高架水槽 2 基の建設

「マ」国は新設の高架水槽（既設高架水槽容量と同じ10万ガロン）を2基建設することを要請して来たが、現地調査の結果、既設の高架水槽（2基）を補強、改修、整備することで十分に所定の機能を確保することが出来ると判断されるうえ、その方が建設費用が低廉であるため、既設高架水槽の活用が適当と考える。補修、改修、整備で対応することについては、「マ」国及びCIPと協議し了解に達している。

(5) 約16kmの送水管の建設

既設設備では各家庭及び事業所等への給水は直接、送水管より行なわれている。そのため、送水ポンプ場側上流域で多量の水が使用されており、リタ地区下流域付近では僅かな水しか取水することが出来ず、不均一な給水状況となっている。

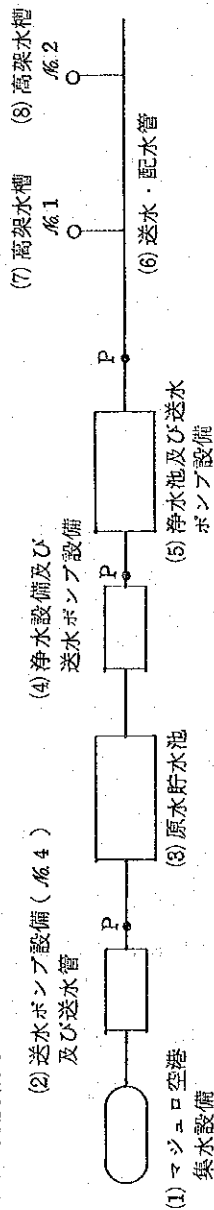
今後、益々上流域に住宅、公共施設等の建設が見込まれているため、その不均一な給水状況が顕著になると判断される。従って、下記のような送水・給水システムの変更と設備の新設及び改修等が必要であると判断し、要請内容を表4-1に示すように1部変更して送水管を敷設することが適当と考える。

送水管は送水ポンプ場から高架水槽No.1及びNo.2まで新設し、既設の送水兼配水管は配水管のみの機能を有する本来のシステムに代えたとともに、送水ポンプの送水圧力を定格圧力（約100 PSI）まで高める。このことによって既設高架水槽まで揚水することが可能となって、計画給水区域全域にほぼ均一で安定した給水が出来るようになるとともに、給水量のバラツキがなくなると判断される。

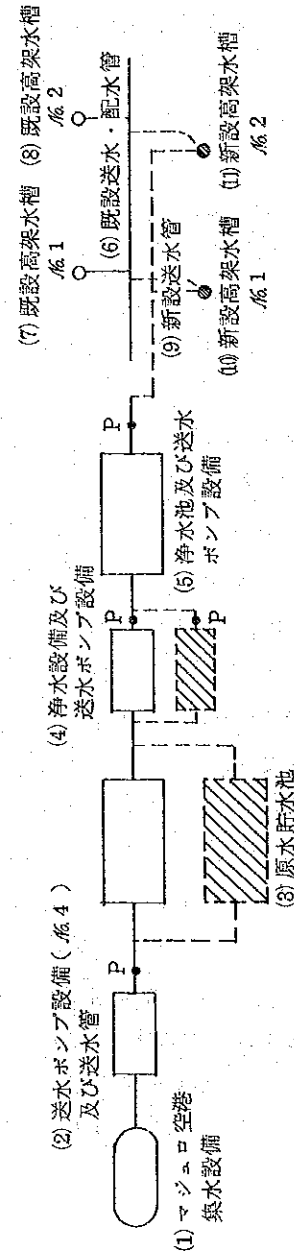
都市開発計画の不確実さ及び高架水槽より遠いこと等によって生ずる恐れのある上流給水区域の給水量が不足するという不測の事態を防ぐため、既設管を用いて送水ポンプ場より直接緊急送水出来るよう制水弁設備を既設管の上流域に設け、必要に応じて対応出来るように計画する。

なお、新設送水路は前述のように送水ポンプ場から高架水槽No.1及びNo.2までとし、その長さは約15.0kmに変更するのが適当と考える。

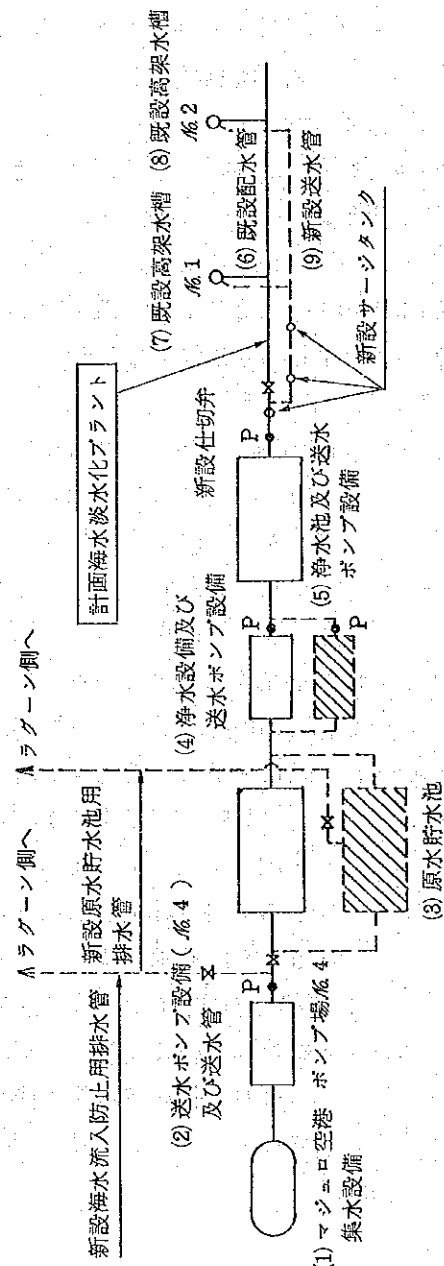
1. 既設給水システム



2. 「マ」国要請給水システム改善計画



3. 基本計画調査給水システム改善計画



- (1) 新設高架水槽の建設により、水送水が直接高架水槽から各戸に給水される。
- (2) 従って、既設の高架水槽2基は不要となる。
- (3) 送水ポンプ場側の上流給水区域に給水圧不足が生じた場合、対応出来ない。

- (1) 新設送水管を、浄水池から直接既設高架水槽に接続するため、過度の水頭損失は生じない。
- (2) そのため、既設高架水槽まで送水するに十分な水圧が得られる。
- (3) 送水ポンプ場側の上流給水区域に給水不足が生じた場合でも、既設置に仕切弁を設置し、既設置を従来どおりの配水管としても機能できるようにするので十分対応出来る。

表4-1 給水システム比較

(6) 量水計の設置

各家庭及び事業所の約47%に量水計が設置されており、使用水量の節約と、料金徴収のデータに用いられている。

しかしながら、約53%の家庭ならびに事業所に、量水計が設置されていないこと、住民の節水に対する意識の低さ等から未だ無効に上水をかなり使用している人達がいると言われている。量水計を設置することは、それをチェック・規制し、その人達を啓蒙することによって、現在の水不足を比較的低廉な費用で緩和しうる有効な手段になり得ると考えられる。更に、全水道使用者から使用水量をベースに、公平な料金を徴収し得るようになり、健全な上水事業の運営手段の1つの道具として貢献出来ると考える。

要請では量水計の設置まで求めているが、工事段階で住民と密接な協議が必要となるので、各家庭及び事業所等における量水計設置工事は、「マ」国負担工事とし、日本政府は量水計機器の資材供与にとどめるのが適当と考える。

(7) 「マ」国の要請内容と基本設計調査改善計画との比較ならびに改善計画を採択した理由を要約すると表4-2に示すとおりである。

表 4-2 「マ」国の要請内容と基本設計調査改善計画との比較

要 請 内 容	改 善 計 画	適 用
(1) 9百万ガロンを有する原水貯水池 1基の建設	(1) 9百万ガロンを有する原水貯水池1基の建設	乾期の苛酷な給水事情を緩和できる。
(2) 約10マイル(16km)の送水管の建設	(2) 約15.0kmの送水管および付帯設備の建設	送水管を新設することによって、既設の送水兼配水管を配水管のみの機能を有する本来のシステムに代えることができる。 このことによって、計画給水区全域に均等に安定した上水を給水することが出来るようになる。 また、現在その機能を發揮していない高架水槽を活用し得るようになることにも新設送水管の長さや要請長さより約1km短くすることが出来る。
(3) 高架水槽2基の建設	(3) 既設高架水槽(高さ約45m)2基の補強、改修、整備と付帯設備の設置	既設の高架水槽を補強、改修、整備することによって、十分所定の機能を確保できる。 既設設備を有効活用出来るようになることにも建設費用を低廉にすることが出来る。

要 請 内 容	改 善 計 画	適 用
(4) 量水計の設置	(4) 量水計機器の資材供与	使用水量の節約と公平な料金の徴収ならびに健全な水道事業の確立の有効な1手段になり得る可能性が大である。
(5) 付帯設備の建設	(5) 付帯設備の建設	(5-1)
(5-1) 空港敷地内ポンプ場設備の更新	(5-1) 空港敷地内ポンプ場No.4における海水流入防止設備の建設と1部集合送水管の整備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荒天時集水流域に侵入する高波による飲料水への海水混入を防止できる。 ・ ポンプ設備の送水能力を増大させることが出来る。
(5-2) 浄水設備の増設	(5-2) 既設設備と同仕様の浄水設備と付帯設備の増設	(5-2)
	1) 浄水設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 定格能力以上のオーバーロードを解消し、必要な維持管理作業の実施を可能にするとともに、安定した給水量と安全な水質の確保が出来る。
	2) 浄水設備への送水ポンプ設備	(5-3)
	3) 浄水貯水池への送水ポンプ設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在、水道水の残留塩素量は十分であり、水質が良好に保たれており、将来の給水量の増大に対しても対応できる。
(5-3) 塩素滅菌設備の増設	(5-3) 塩素滅菌設備増設	なし
(5-4) その他	(5-4) その他	なし

4-3 計画概要

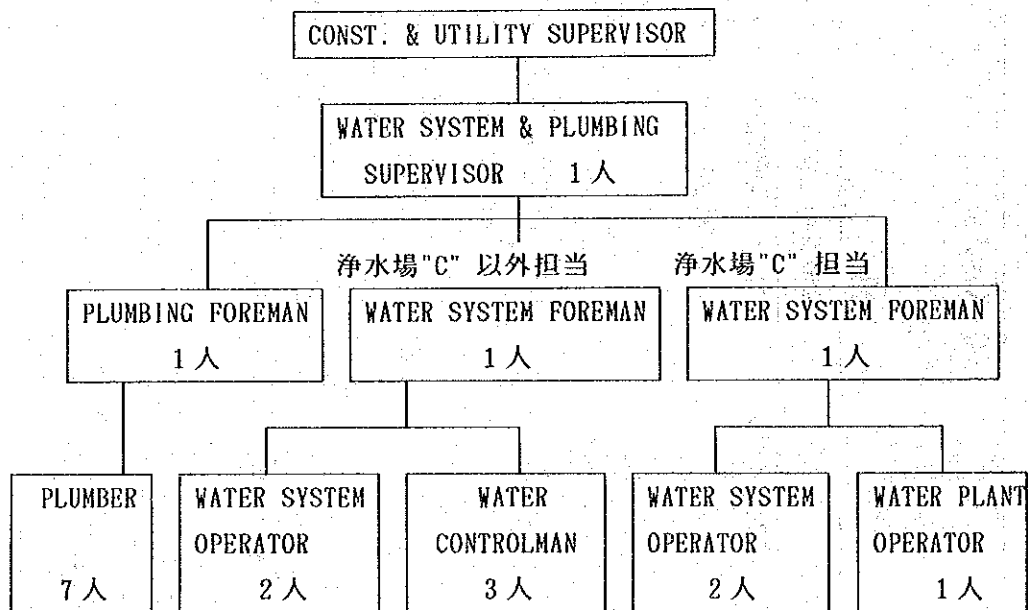
(1) 実施体制

水道事業は、公共事業省の管轄であり、公共事業省の組織は前述図2-3（2-5-2項参照）に示すとおりであるが、水道行政に関しては主に水道システム及び配管管理者（WATER SYSTEM & PLUMBING SUPERVISOR）が既設水道施設の運営・維持管理を担当している。現状の運営・維持管理組織は、図4-1に示すとおりである。

水道計画および水道施設建設工事は、主に米国の援助で行なわれてきたため、現在もCIPによって計画、設計及び工事管理がなされている。

また、公共事業省内には米国のTRIAD AMERICA SERVICES CORPORATIONより派遣されたアドバイザーが4人常駐し、運営・維持管理に対するアドバイスを行っている。

図4-1 現状の運営・維持管理組織



(2) 計画立案のための基本事項

本計画立案のための基本事項は次のように設定する。

① 計画目標年次は、「マ」国が1981年に策定した国家開発計画の目標年次でもある2000年に設定する。

② 計画給水区域はDUD 地区を含むマジュロ空港からリタまでとする。

③ 現在（1986年）の計画給水区域内の人口、給水人口及び給水率はそれぞれ約13,000人、11,700人、90%であり、2000年の目標年次には上記開発計画をベースに、人口増加率 1.5%/年、給水普及率上昇率 0.5%/年と想定しそれぞれ16,000人、15,520人、97%とする。

本計画人口及び給水人口については第5章の5-2.(7).1).②項において記述する。

④ 生活用水使用量及び計画1日平均給水量は以下のように設定する

・現在の生活用水使用量 = 113ℓ/人・日

・異常旱魃時における必要最小生活用水量 = 90ℓ/人・日

・2000年の計画目標年次における生活用水使用量 = 140ℓ/人・日

〃 1人1日平均給水量 = 200ℓ/人・日

〃 1日平均送水量 = 3,600 m³/日

本給水原単位については、上記の人口と同様第5章5-2.(7).②.1) 項において詳述する。

⑤ 既設の5つの貯水池（15百万ガロン）に加え、9百万ガロンを有する原水貯水池1基を建設する。

⑥ 集水及び送水システムは次のとおりとする。

- a) マジュロ空港の集水域（滑走路及び周辺地区）に降った雨水を集水して、空港近くの原水貯水池に貯水した後、浄化し、浄水を貯水池に貯留する。
- b) 既設原水ポンプ場に海水流入防止設備を建設し、荒天時、空港集水域に流入する海水に起因する高塩分濃度浄水の給水を防止する。
- c) 既設の浄水場“C”の送水ポンプより新設の送水管によってDUD 地区の既設高架水槽（2基）に揚水する。

- d) 既設浄水施設には、適正な能力と、安定した衛生的な上水を確保するために浄水設備1基及び付帯ポンプ設備を増設する。
- e) 計画給水区域全域にほぼ均等に配水するために、現システムを計画変更する。そのために新設の送水管を敷設し、既設の高架水槽を活用するとともに、既設送・配水管を配水管のみに使用するオーソドックスなシステムとする。なお、現況システムと同じように、送水ポンプより各家庭の事業所に直接送水できる機能は確保する。
- f) 上水送水ポンプ設備を高架水槽水位に応じて運転させるシステムとするため、送水ポンプ設備を送水管内水圧により自動起動、停止させる。
- g) 新設の送水管は口径350、300、250mmのダクタイル鋳鉄管を主体に敷設し高架水槽の給水及び配水管（口径250、200mm）は施工性、安全性を考慮して鋼管とする。管径及び管種については第5章、5-2.(7), ②, 2)及び3)において記述する。
- h) 高架水槽は既設施設を補強、改修、整備して活用する。
- i) 高架水槽より自然流下で既設の送・配水管を流用して配水管とし、前述したようにリタより空港までの計画給水区域の家庭及び事業所等にできるだけ安定的かつ均一に給水する。上流側給水区域に給水不足が生じた場合には既設送・配水管を用いて給水するようにする。
- j) 家庭・事業所の蛇口等からの漏水を防止し、より安定した上水の確保、有効利用率の増大、使用水量をベースにした公平な水道料金の徴収、維持管理の改善、健全な水道事業の確立ならびに住民の啓蒙等に役立てるために、現在、量水計のない家庭及び事業所に量水計を設置出来るよう機器を供与する。

(3) 計画概要

マジュロ環礁水道設備改善計画の計画概要は以下に示すとおりである。

改 善 計 画 の 概 要

- (1) 既設ポンプ場No.4における海水流入防止設備の建設と1部集合送水管の整備
- (2) 9百万ガロンを有する原水貯水池1基の建設
 - ・長さ：約328m
 - ・幅：約50m
 - ・深さ：約3.2mただし、周辺主要道路面とほぼ同じ高さ（約+1.6m）までの造成とRIPRAPは「マ」国側が所定の期日までに施工する。
- (3) 既設設備と同仕様の浄水施設と付帯設備の増設
 - (3-1) 浄水設備
 - ・機種；AUTOMATIC VALVELESS GRAVITY FILTER
 - ・基数：1
 - ・容量；226ガロン/分
 - (3-2) 付帯設備
 - ① 浄水設備への送水ポンプ設備及び集合送水管
 - ・機種：自吸式渦巻
 - ・台数：1
 - ・容量：226 GPM × 48' TDH × 5 HP
 - ② 浄水池への送水ポンプ設備及び集合送水管
 - ・機種：立軸斜流
 - ・台数：1
 - ・容量：178 GPM × 25' TDH × 5 HP
- (4) 既設高架水槽（高さ約45m）2基の補強、改修、整備
 - ・鉄筋コンクリート基礎工、アンカーボルト等の補強：1式
 - ・主柱、タンク及びブレース材等の補強と再塗装：1式
 - ・既設送水管、配水管の撤去：1式
 - ・送水管、配水管及び越流管の新設：1式
 - ・既設階段撤去と安全カゴ付き昇降階段の新設：1式
 - ・タンク頂部既設航空障害灯及び避雷針の撤去と新設：1式
 - ・既設制御設備の撤去と新設：1式

(5) 約15.0kmの送水管及び付帯設備の建設

(5-1) 送水管

- ・ ϕ 350mm : 約12.2km、ダクタイル鑄鉄管
- ・ ϕ 300mm : 約 2.6km、ダクタイル鑄鉄管
- ・ ϕ 250mm : 約 0.2km、ダクタイル鑄鉄管

(5-2) 付帯設備

- ・ 付帯設備 : 1 式
- ・ サージタンク : 1 式
- ・ 仕切弁 : 1 式
- ・ 泥吐管 : 1 式
- ・ その他 : 1 式

(6) 量水計機器

- ・ 個数 : 750個
 - ・ 種類 : 接線流羽根車式水道メータ
-

第5章 基本設計

第5章 基本設計

5-1 基本計画及び基本設計方針

本プロジェクトの基本計画及び基本設計は下記のような方針で実施する。

- (1) 本プロジェクトでは、「マ」国及びCIP が計画している5ヶ年計画の目標年次である2000年の計画目標も念頭において、「マ」国の要請内容に基づいて現在の厳しい給水事情を緩和することを主目的として計画を進める。
- (2) 本プロジェクトの計画対象区域はマジュロ空港からリタまでのDUD 地区とする。
- (3) DUD 地区への給水設備は米国の援助によって1973年に建設され現在に至っている。
従って本プロジェクトは既設設備を極力有効に活用及び流用するよう計画する。
- (4) 「マ」国及びCIP は人口の増加、生活の高度化、産業の発展及び異常早魃に対処するために、給水設備の改善計画を進めている。
従って、本プロジェクトはその長期改善計画との整合をはかり、より効率の良い効果的なものとする。
- (5) 本プロジェクトは既設設備を改善する設備であるため、維持・管理の容易さ、部品の互換性等を考慮して機種、仕様、規格等の整合に努めるが、設計基準及び製品は原則として日本の技術基準ならびに標準規格製品によるものとする。
ただし、既設設備との取り合い設計条件及び諸元等については支障のないよう計画する。
- (6) 維持・管理は米国の協力と援助を得て、「マ」国が実施しているが、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、極力シンプルで維持・管理作業が容易であり、かつ、費用が低廉な設備とする。
更に、本プロジェクトは将来のスムーズな維持・管理の実施及び技術移転をはかるために、建設段階から「マ」国技術者との協同作業のもとにプロジ

ェクトを推進する。

- (7) 本プロジェクトに対し「マ」国住民の理解と協力が得られるような計画を検討する。
- (8) 本プロジェクトでは「マ」国労働者の雇用増大と建設機材・資材を活用するよう計画を検討する。
- (9) 本プロジェクトはPHASE I及びPHASE IIに区分し、建設工事期間は交換公文締結後PHASE I：14.5ヶ月、PHASE II：17.5ヶ月とする。

5-2 基本計画

本設備の基本計画は給水状況及び給水施設の現状と問題点、自然条件、基本計画及び基本設計方針ならびに敷地・用地計画等のスタディーに基づいて、以下に詳述するように策定する。(基本設計図MWB-01 参照)

(1) マジュロ空港滑走路及び周辺地区の集水管路

空港滑走路及び周辺地区に敷設されている集水管路のうち、疎通能力が不足しているローラ側の集水管路の改善は、それを実施する場合、滑走路に近接する部分の舗装コンクリートの一部を撤去し、集水管路を敷設替えした後、再舗装することとなり、航空機の運行に支障をきたす可能性が大きい。従って近い将来その事業が計画されている空港拡張事業実施時に本集水管路改善事業も実施することが航空機の運行ならびに建設費から好ましく、更に緊急を要しないと判断されることから、本計画ではとり上げないこととする。

(2) ポンプ場No.4

ポンプ場集合送水管路のうち、集合直後の長さ約7m区間の送水管路(φ6")は基本設計図MWB-03に示すようにその他区間の送水管路径と同じ管径(250mm)のダクタイル鋳鉄管に敷設代えし、所定の機能を確保する。

また、荒天時、水道水への海水の侵入を防止するための施設は、図MWB-03に示すように原水が高塩分濃度となった場合、その原水をラグーン側に放流出来るよう既設送水管より緊急排水分岐管を設ける。

緊急排水分岐管のバルブは常時閉とし、バルブの開操作は集合送水管に取り付けられた電気伝導度計(ELECTRIC CONDUCTIVITY MEASUREMENT)の指示濃度により手動で行なうものとし、極力原水を有効に集水するようにする。

管種は主要道路及びRIPRAP部等に埋設するため、その安全性、耐久性を考慮してダクタイル鋳鉄管とし、管径は短時間で高塩分濃度原水を放流するために、送水管と同じ250mmとする。

(3) 原水送水管

上記改善送水計画を予定している管路区間以降の原水貯水池までの既設原水送水管路は、疎通能力、安全性及び漏水などについて、緊急に改善しなければならないような問題がないと思われるので現況のままとする。

(4) 原水貯水池

「マ」国は1983年とほぼ同じような異常早魃下でも人間らしい生活を営むために必要と考えられる最小給水量(90ℓ/人・日)を確保するために、原水貯水池の増設を5ヶ年計画で検討している。

調査団としても異常早魃下での上記必要最小給水量は1966年頃の日本での一般家庭の生活用水量に相当する程度のものであり、妥当と判断するので、本計画では現状の厳しい給水状況の緩和と異常早魃下での必要最小給水量を確保するために「マ」国の要請と同じ9百万ガロンの貯水容量を有する原水貯水池を1池設けるものとする。

新設原水貯水池の容量については、以下の2)項において検討する。

1) 新設原水貯水池の概要

原水貯水池の概要は基本設計図MWB-04に示すように下記のとおりである。

- ・構造形式：内面遮水シート張り、掘込み式盛土堰堤
- ・諸元：長さ約 328m×幅約50m×深さ約 3.2m
- ・天端標高：EL+ 4.2m
- ・付帯設備：原水流入流出管 1式
オーバーフロー管 1式
維持管理用排水管 1式

図MWB-04に示す建設位置、構造形式、諸元及び天端標高であれば、原水貯水池の建設は、現在及び将来の空港拡張計画完成後の航空機の運行に対して、建設時ならびに完成後とも何ら支障のないことを「マ」国及びCIPと協議済である。なお、航空機の発着時の昇降角度は1:34であるので、建設時クレーン等を使用するようであるならば、既設空港フェンスからの上記角度内に建設機械が入らないよう留意する必要がある。

2) 新設原水貯水池容量の検討

後述の(7)②の1)項1日平均送水量検討で算定されるように、本設備の平時における送水量は2200ℓ/日と推測され、これを確保するために必要な降雨量は約250mm/月(約10インチ/月)である。これより降雨の少ない月を渇水月とすると、過去30年間に渇水月が2ヶ月以上続くことは表5-1に示すように計34回ある。

表5-1 1956年～1985年における渇水期の出現回数

渇水期間(ヶ月)	2	3	4	5	6	7	計
継続出現回数	16	5	6	2	4	1	34

この表からわかるように、上記の定義による渇水期の最長は7ヶ月であるが、降雨量を考慮した場合過去30年間に於いて最悪の渇水期間は6ヶ月で、月平均38mmの降雨量しかなかった。これは1982年12月から1983年5月までの6ヶ月である。

「マ」国及びCIPは5ヶ年計画で1982年から1983年と同じような異常渇水状態に対応出来るよう貯水池(12百万ガロン)の増設の検討を進めている。従って、本計画の新設貯水池容量は「マ」国で計画を進めているのと同じ6ヶ月間の異常渇水状態に対処出来るだけのものを増設するものとして検討する。

「マ」国は、5ヶ年計画でイバイにおいて生活や産業活動を行ううえで最低の給水原単位として90リットル/人・日を見込んでいる。

DUD地区は首都であり、生活程度もイバイより多少高いと推測されるが、同量を最低の給水原単位として想定する。

計画目標年度は本プロジェクト完成予定年月(1989年3月)及び「マ」国5ヶ年計画年次(1985～1989年)を考慮して完成約10年後の2000年を想定して検討する。

計画目標年度までの給水区域内人口、普及率及び給水人口は1986年のデータをベースに推算する。(表5-2参照)なお、人口及び給水人口増はそれぞれ年1.5%、給水普及率は年0.5%とする。

表5-2 計画人口・普及率及び給水人口

年	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000
給水区域内人口(人)	13,000	13,390	13,800	14,210	14,640	15,090	15,540	16,000
給水普及率(%)	90	91	92	93	94	95	96	97
給水人口(人)	11,700	12,180	12,700	13,220	13,760	14,340	14,920	15,520

計画目標年度における乾期での必要最低送水量は

$$15,520人 \times 90\% / 人 \cdot 日 \div 0.86 = 1,624 \approx 1,620 \text{ m}^3 / \text{日}$$

とする。なお、有効率は日本での一般的な目標値である86%まで改善されるものとした。

「マ」国は海水淡水化プラントかあるいはローラ地区からの浄水補給プロジェクトのどちらかのプロジェクトからDUD地区に約950 m³/日（250,000ガロン/日）を供給する計画を検討しているので、本計画に考慮する。

従って、原水貯水池からの必要最低送水量は

$$1,620 \text{ m}^3 / \text{日} - 950 = 670 \text{ m}^3 / \text{日}$$

となる。

従って、既設貯水池容量、新設貯水池容量、蒸発量、降雨による集水量及び必要最低給水量との収支バランスより、新設貯水池容量を設定するものとし、方程式は次の通りである。

$$\begin{aligned} & \text{既設貯水池容量} + \text{新設貯水池容量 (V}_0\text{)} - \text{蒸発量} + \text{降雨による集水量} \\ & = \text{必要最低給水量} \end{aligned}$$

ここで、

- 既設貯水池容量（原水貯水池容量 + 浄水貯水池容量）（m³） = 64,000

- 蒸発量（m³） = 貯水池面積（m²） × 日平均蒸発量（mm） × 渇水日数 ÷ 1000

$$= \frac{45,300 \text{ m}^2 \times 5.3 \text{ mm} / \text{日} \times 6 \text{ ヶ月} \times 30 \text{ 日}}{1000}$$

$$= 43,200 \text{ (m}^3\text{)}$$

なお、新設の貯水池面積は17,000 m²と仮定した。

- 降雨による集水量（m³）

= 空港滑走路及び周辺区域よりの集水量 + 貯水池での集水量

$$= \frac{\text{集水面積 (m}^2\text{)} \times \text{渇水期間月平均降雨量 (mm/月)} \times \text{渇水期間 (月)} \times \text{流達率}}{1000}$$

$$+ \frac{\text{貯水池面積 (m}^2\text{)} \times \text{渇水期間月平均降雨量 (mm/月)} \times \text{渇水期間 (月)}}{1000}$$

$$= \frac{314,800 \times 38 \times 6 \times 0.8}{1000} + \frac{45,300 \times 38 \times 6 \times 1.0}{1000}$$

$$= 57,419 + 10,328 = 67,700$$

- 必要最低給水量（m³） = 日必要最低給水量（m³/日） × 渇水期間（日）

$$= 670 \times 6 \times 30 = 120,600$$

$$64,000 + V_0 - 43,200 + 67,700 = 120,600$$

$$\therefore V_0 = 120,600 - 64,000 + 43,200 - 67,700$$

$$= 32,100$$

従って、新設の貯水池容量は32,100㎡（848万ガロン）となる。

従って、本プロジェクトでは要請通り9百万ガロンの原水貯水池を建設することとする。

(5) 浄水設備

既設浄水設備は前述したごとく約150%の過剰運転という不安定で危険な状態で運転されているとともに、それに伴ってその付帯設備である浄水設備への送水ポンプ（FILTER TRANSFER PUMP）ならびに浄水池への送水ポンプ（DEEP WELL PUMP）もフル稼働で運転されている。

- ① 本設備は給水量の確保、水質の確保のために不可欠な設備であり、安定した状態で運転するために必要な維持・管理時間の確保、設備の安定性の確保などの観点から、既設設備1基分と同容量の浄水設備の1基増設を計画する。なお、1台故障した場合にはその修理期間のみ、現状と同じ定格容量の1.5倍の負荷運転で対処するものとする。
特に、浄水設備の増設の機種は運転、維持管理等が今後とも現状と同じように「マ」国によって実施されるため、部品の互換性、維持管理の容易さならびにその機能がシンプルで安定的であること等を考慮して既設設備と全く同じ自動重力式サイフォン・フィルター設備（226 GPM）を選定し、基本設計図MWB-05に示すように既設設備の空港側に設置する。
- ② FILTER TRANSFER PUMP及びDEEPWELL PUMP は上記のような理由でフル稼働してその設備能力に余裕が全くなく、維持管理も出来ない状況にあるため、それぞれ1台づつ（226 GPM × 48' TDH × 5 HP及び178 GPM × 25' TDH × 5 HP）増設を計画する。
- ③ また、集合送水管路の1部に疎通能力が不足している区間については敷設替えをし、所定の機能を確保するようにする。送水管路はJIS規格とし既設管路との接合部分については特殊な異形管とし、既設の米国規格管と整合するように計画する。
- ④ 次亜塩素酸ソーダ注入設備は現在12 GPM × 2台である。本計画完成後の単位時間当りの送水量が現状より特に増大することが予想されないうえ、「マ」国国立マジュロ病院での定期水質試験データによると水道水の残留塩素測定値は0.2～1.2 PPMであるとともに、大腸菌群が全検体から検出されず、又、

赤痢等の伝染病の情報もなく、水道水が良好に維持されていると判断されるため増設する必要はないと考える。

⑤ 処理水水質の安全性の確認

本施設の処理水質はその取流域が、マジュロ空港滑走路及びその周辺地域であるため、有害物質等の含有による人体への危険性についてチェックすべく、降雨直後の滑走路部からの採取サンプルを持ち帰り、日本の水道法に基づく水質検査を実施した。

試験の結果、銅、鉄、マンガン、亜鉛、鉛、六価クロム、カドミウム等の重金属の含有量は規制値に比べ 0.01 ~ 0.1mg/ℓとごく微量であり、更に、シアン、水銀、有機燐は検出されないため、空港滑走路など周辺からの取水については問題ないと考えられる。

又、原水貯水池からDUD 地区の末端部リタ地区までの全給水区域について処理水を含む水道水のサンプル（8検体）を持ち帰り、日本の水道法に基づく水質試験を実施したが、ほとんど上記と同様の結果を得た。従って、処理水についても危険性はないと考えられる。

(6) 浄水貯水池

現状では特に支障がないので、本計画では増設、改修等の計画を一切実施しない。

(7) 送水設備

送水設備は送水ポンプ設備と送水管路から構成される。

- ① 送水ポンプ設備は現在、自動制御設備がないため、3交替で24時間常駐体制にあるオペレーターにより給水時間とスケジュールに従って、手動操作で起動・停止を行なっている。

本計画後のポンプ設備は送水設備の全体システムから高架水槽と連動して作動するよう計画する。

なお、制御システムは下記のように計画する。

高架水槽の貯水容量制御は貯水タンク内の水位計と高架水槽の給水管に設置されている電動バルブの開閉を連動させて行なう。それに伴って生ずる送水管の水圧上昇圧及び下降圧を本プロジェクトで設置する水圧計によって感知し、送水ポンプ設備をこれに連動させて起動、停止する計画とする。

なお、既設送水ポンプ設備は計画給水量を送水し得る能力を有しているため、そのまま使用する。しかし、送水圧力は高架水槽への揚水の関係で、現在の50～90 PSIから定格圧力の約100 PSI に計画変更する。

- ② 計画給水区域に均等に配水するために、既設送・配水管に沿って新しい送水管路を送水ポンプ場から高架水槽No.1及びNo.2まで敷設する。

新設送水管路は計画送水量、所要水圧及び安全性を確保するために、ダクタイル鋳鉄管（Ⅲ種）とする。

次に示す送水管に関する基本的な検討については以下に詳述する。

- 1) 計画給水量及び設備改善後の1日平均送水量の検討
- 2) 送水管径の設定
- 3) 送水管の管種選定
- 4) 水撃圧の検討
- 5) 配管標準土被り、掘削断面及び管厚の検討

送水管の敷設計画は図5-1に示すように下記のように計画する。

- ・送水ポンプ場～高架水槽No.1の送水小管分岐点；長さ約12.2km、口径 350mm
- ・高架水槽No.1の送水小管分岐点～高架水槽No.2の送水管分岐点；
長さ約 2.4km、口径 300mm
- ・高架水槽No.1の送水小管；長さ約 0.2km、口径 250mm
- ・高架水槽No.2の送水小管；長さ約 0.2km、口径 300mm

新設管は基本設計図MWB-09～12に示すように、主要幹線道路に沿って既設送・配水管より更に外洋側に30cm以上離して、土被り90cmで敷設することを原則とし、既設管の曲線敷設部は外向きに働く水圧による既設管継手の離脱事故を防止するため、間隔を大きく確保する。

現地での最終的な敷設位置は既設管の正しい位置及び深さを示した図面が送水ポンプ場から火力発電所付近までないので、本格的な掘削工事に先だって、試掘を約200m間隔で実施し、既設管の正しい位置と深さを確認した後、「マ」国とコンサルタントとが協議して決定する。

また、火力発電所から高架水槽No.2までの区間については個人によって違法に取り付けられた配水小管を除き、既設管の位置及び深さが概略下水工用設計図に示されている。

現地での最終的な敷設位置及び既設管との交差部分の処理方法は本格的な掘削工事に先だって、図面に示されている全ての交差部分の試掘を実施し、既設管の正しい位置と深さの確認ならびに処理方法に問題がないことを確認した後、「マ」国とコンサルタントとが協議して決定する。

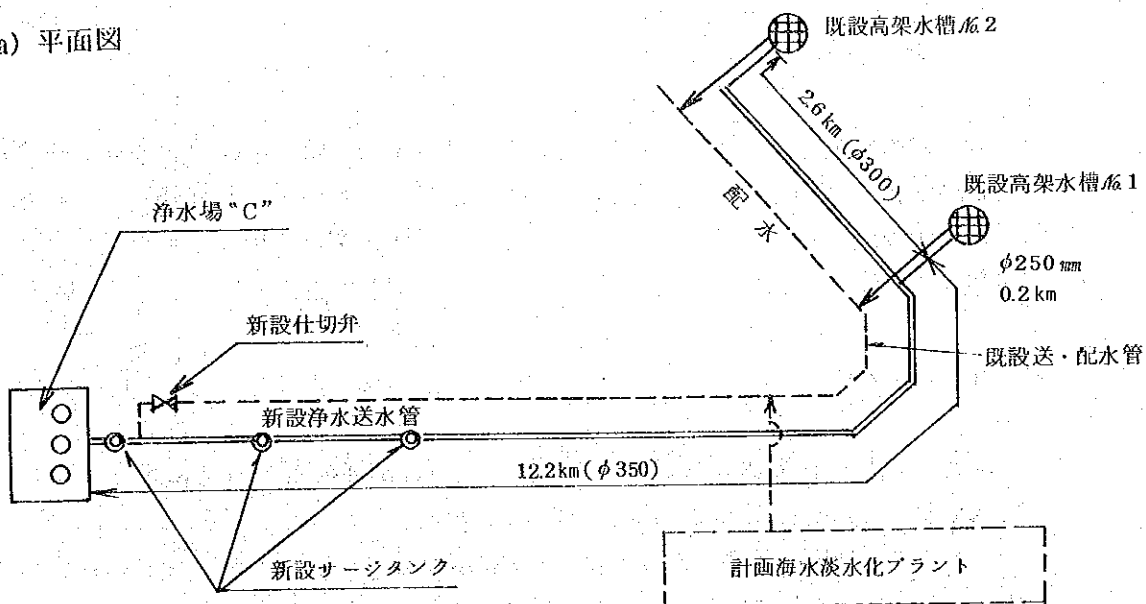
なお、前述したごとく、違法に取り付けられた配水小管がかなりあると言われているが、「マ」国に資料が無く、更に現地踏査でも発見できないので、慎重に掘削工事を行ない、極力破損しないように努める。

破損事故が発生した場合には、「マ」国の協力を得て早急に復旧するように努める。

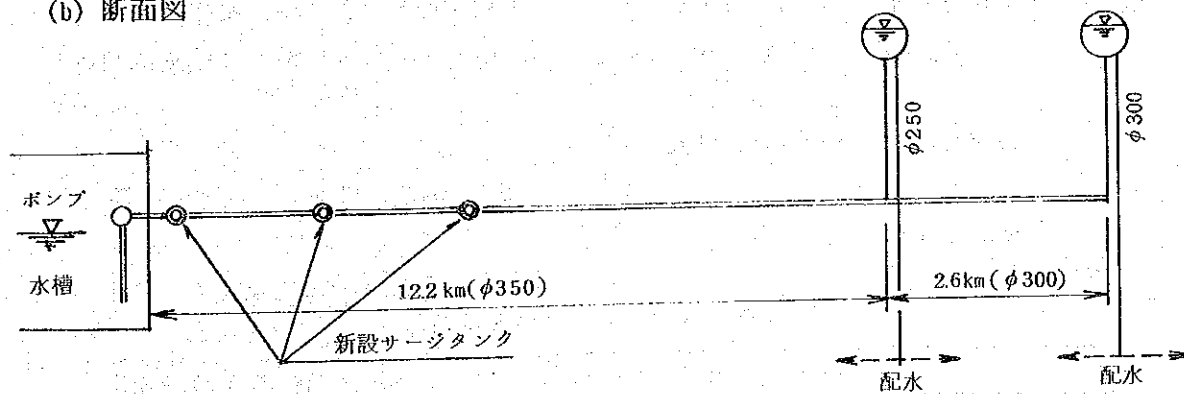
マジュロ橋添架部分の敷設は図MWB-09に示すようにアプローチ部分は歩道下に、橋梁部は高欄部分に沿せて、山形溝で保護して設置する。

維持・管理、安全性の確保のため、付帯設備として仕切弁、空気弁、泥吐管を設ける。

(a) 平面図



(b) 断面図



1) 計画給水量及び設備改善後の1日平均送水量の検討

a. 計画給水量

① 改善目標年次

本設備の改善目標年次は、現状の逼迫した給水事情を緊急に改善することを念頭において、「マ」国の長期計画では2000年に設定されていること、ならびに日本の水道施設設計指針では基本計画策定時より10～15年後を目標年次と定めていることを考慮して2000年に設定する。

② 計画給水人口

現在のDUD 地区の給水区域人口及び給水人口は前述の表5-2に示すように、1986年現在それぞれ13,000人と11,700人である。

また、DUD 地区の過去の人口は表5-3に示すように1973年から1980年において年1.5%程度増加している。これから2000年における計画給水人口は下記のように推定される。

給水区域の人口(2000年)

$$13,000人 \times (1 + 0.015)^{14} = 16,013 = 16,000人$$

給水普及率は「マ」国よりのデータによると現在90%であるが、毎年0.5%上昇するとして2000年には97%になるものとする。従って、2000年の計画給水人口は

$$16,000人 \times 0.97 = 15,500人$$

と推定される。

表5-3 マジュロ島人口統計

	1958	1967	1973	1980	1973～1980の人口増加率
DUD 地区	2387	-	7782	8667	1.5%
ローラ地区	1028	-	1754	3226	9%
マジュロ環礁全体	3415	5250	9536	11893	3.2%

注) この表はDUD 地区のみの人口を表わしており、給水区域人口とは異なる。

出典：MAJURO DEVELOPMENT PLAN 1980

③ 計画給水原単位及び一日平均計画給水量

計画年次における給水原単位は以下のように設定する。

- DUD 地区で生活をするために必要な最小給水量；「マ」国5ヶ年計画のイバイ島で設定していると同じ90ℓ/人・日（24ガロン/人・日）とする。
- 現時点での生活用水使用量；「マ」国水道設備の維持・管理指導を担当しているOMI, Inc.の“OPERATION AND MAINTENANCE MANGEMENT PLAN (DRAFT) 1986.7”によると、表5-4に示すように量水計のある家庭の生活用水使用量は113ℓ/人・日となっている。

表5-4 量水計のある家庭の消費水量

OVERALL データ (注1)

(注3)

	量水計のある家庭での月 合計消費水量 (ℓ/月)	戸数 (戸)	1戸1日あたりの 消費水量 (ℓ/戸・日)	1人1日あたりの 消費水量 (ℓ/人・日)
1984年8月	10,680,120ℓ/月	330戸	1044ℓ/戸・日	130ℓ/人・日
1985年1月	12,251,038ℓ/月	269戸	1469ℓ/戸・日	184ℓ/人・日
平均				157ℓ/人・日

REASONABLEデータ (注2)

1984年8月		330戸	929ℓ/戸・日	116ℓ/人・日
1985年1月		269戸	882ℓ/戸・日	110ℓ/人・日
平均				113ℓ/人・日

出典：OPERATION AND MAINTENANCE MANAGEMENT PLAN

(注1) 量水計の読みそのままのデータ

(注2) OMI INC.によって補足されたデータ

(注3) マジュロ環礁で平均として1家族8人と想定する。

表5-5から「マ」国の生活環境に類似していると考えられるマレーシア、インドネシア等の東南アジア諸国の1964年当時の生活用水使用水量は約90ℓ/人・日前後であり、その後の生活環境の高度化を考えると上記のDUD地区の使用水量はほぼ妥当であると判断される。

表5-5 世界各都市の生活用水使用原単位

国名及び都市名	1人あたり平均使用量 (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

- ・ 目標年次(2000年)での推定単位給水量；目標年次には「マ」国5ヶ年計画等に基づいてマジュロ環礁の生活環境の高度化、観光開発及び産業の発展等により生活用水原単位は140ℓ/人・日程度になると推定する。これは日本では昭和40年当時の4～6人/世帯の生活用水原単位程度に相当している。表5-6及び表5-7は、米国及び日本における生活用水使用量と産業用水使用量を示すものであり、米国の各都市では、生活用水は全体の17～86%、平均47%、日本では69%である。米国や日本では上水道と別に農業用水道や工業用水道もあるので、全体を考えれば、生活用水の割合はもっと低くなると思われる。DUD地区においては目標年次頃には前述したごとく観光化、産業化等により日本に近い生活用水の占める割合(70%)程度になると考える。

従って、目標年次における単位給水量は 200ℓ/人・日

(= $\frac{\text{生活用水原単位}}{\text{生活用水の占める割合}} = \frac{140}{0.70}$) となり、DUD 地区への 1 日平均計画給水量は $3,600\text{m}^3/\text{日}$ ($= \frac{\text{単位給水量} \times \text{計画給水人口}}{\text{有効率} \times 1000} = \frac{200 \times 15,520}{0.86 \times 1000} = 3609$) を想定する。従って、送水管路はこの量を送水できる能力とする。

表5-6 米国における生活用水使用量と産業用水使用量(1965年)

都 市, 州	給水人口 (千人)	総使用量 100万 ガロン/日	総使用量に対する割合(%)			
			家事用	営業用	工業用	公共,その他
バーミンガム, アラバマ	600	54.2	32	20	14	34
モンゴメリー, アラバマ	145	13.6	86	7	7	0
タクソン, アリゾナ	50	40.7	66	4	14	16
ロングビーチ, カリフォルニア	213	42.1	62	9	19	10
サンディエゴ, カリフォルニア	1,029	70.6	62	23	7	8
デンヴァー, コロラド	645	122.3	68	20	7	5
マイアミ, フロリダ	624	102.2	22	17	6	55
アトランタ, ジョージア	610	67.2	48	15	18	19
シャンペンバナ, イリノイ	91	10.0	47	22	8	23
ロックフォード, イリノイ	135	24.5	32	14	44	10
ガーリー, インディアナ	250	20.8	42	25	20	13
カンサスシティ, カンサス	200	32.0	17	29	42	12
デトロイト, ミシガン	1,266	477.0	39	23	22	16
オマハ, ネブラスカ	366	64.5	32	22	36	10
ニューヨーク, ニュージャージー	351	56.7	25	8	29	38
アルブケーク, ニューメキシコ	241	45.0	53	13	14	20
エリー, ペンシルベニア	92	37.4	45	13	37	5
フィラデルフィア, ペンシルベニア	140	49.7	77	12	10	1
ナッシュビル, テネシー	315	35.1	30	26	21	23
アマリロ, テキサス	155	25.5	57	23	9	11
ダラス, テキサス	986	124.9	53	20	12	15
ルーボック, テキサス	150	23.0	61	17	11	11
チャールストン, 西ヴァージニア	141	18.5	38	16	34	12
ミルウォーキー, ウィスコンシン	903	152.0	28	12	36	24

(Municipal Water Facilities)

出典: '86水道年鑑

:生活用水は全体の17~86%(平均47%)

表5-7 日本における上水道用途別有収水量

用 途	給水契約数 (件)	年 間 有 収 水 量 (千 m^3)	1件1カ 月当りの 給水量 m^3
家庭用(一般)	15,379,496	3,821,543	20.7
" (集合)	189,635	222,383	97.7
営 業 用	1,044,962	1,062,829	84.8
工 場 用	85,529	313,540	305.5
官公署・学校用	129,737	343,221	220.5
公衆浴場用	7,425	46,851	525.8
船 舶 用	931	5,714	511.5
そ の 他	123,751	73,845	49.7
計	16,961,466	5,889,926	28.9
共 用 せ ん	24,103	8,120	28.1
公 共 せ ん	9,317	2,364	21.1
合 計	16,994,886	5,900,410	28.9
メータ設置数	16,628,533		

(注) 用途別料金体系の上水道事業1,251カ所を集計。

出典: '86水道年鑑

日本:生活用水は全体の69%。ただし、この数字には工業用水道、農業用水道は含まれていない。

b. 改善直後の1日平均送水量の検討

本設備改善後の年平均1日送水量は、降雨量、集水面積、集水率等のデータ及び実績から算定する。

$$Q = \frac{Ra \times (Aa + Ar) \times \alpha}{365 \times 1000}$$

ここで、

Q : 1日平均送水量

Ra : 1956年から1985年までの年平均降雨量 (①参照)

$$134.1 \text{ インチ/年} = 3.406 \text{ mm/年}$$

Aa : 空港の集水面積 314,800㎡ (②参照)

Ar : 原水貯水池の集水面積 (9百万ガロン増設後) 45,300㎡ (②参照)

α : 集水率 (=給水量÷集水量) 0.66 (③参照)

$$Q = \frac{3406 \times (314,800 + 45,300) \times 0.66}{365 \times 1000}$$

$$= 2218 \text{ m}^3/\text{日} \approx 2200 \text{ m}^3/\text{日}$$

降雨パターンにもよるが1日平均2200㎡の送水を行ってれば、水収支バランスは保たれることとなる。従って、この2200㎡/日を本設備改善後の1日平均送水量と想定する。

なお、上記の値の根拠は後記①～③に示す。

① 年間降雨量

APPENDIX-6 “PRECIPITATION” (1956年～1985年) データより、年平均降雨量は134.1インチとする。

② 集水面積

本給水設備の集水面積は表5-8に示すようにマジュロ空港集水域と原水貯水池面積を考える。

表5-8 集水面積

	現 況	改 善 後
空港集水面積 (㎡)	314,800	314,800
原水貯水池面積 (㎡)	28,300	45,300
合 計 (㎡)	343,100	360,100

③ 集水率

集水率は集水量に対する送水ポンプ送水量との比率を示す。表5-9に示すように、1983年から1985年までの降雨量はかなりばらついているにもかかわらず、集水率はあまりかわらないので集水率はその平均値の66%とする。

表5-9 集水率の算出

	注(1)	注(2)	注(3)		
	降雨量 (mm/年)	集水量 (m^3 /年)	定格送水量 (m^3 /年)	実際の送水量 (m^3 /年)	集水率 (%)
1983	2192	752,000	433,125	519,000	69
1984	2939	1,008,000	537,828	645,000	64
1985	3802	1,304,000	708,683	850,000	65
平均					66

注(1) 合計集水面積(34,100 m^2)に降雨量を掛けて算出した。

注(2) 送水ポンプの運転時間に、ポンプの定格容量 113 m^3 /H・台を掛けて算出した。

注(3) ポンプ設備は定格送水圧100 PSI (230') に対し、50~90 PSIの間で90 PSIに近い送水圧で運転されている。
従って、実際の送水量はポンプ特性曲線より定格送水量の 1.2倍と推定する。

2) 送水管径の検討

- a. 本設備は2基の高架水槽の高さが、45mあるためポンプの実揚程が大きくなっている。そのうえ、送水配管長がNo.2高架水槽まで約14.8kmと長大となるので、送水ポンプの負荷の軽減と運転動力費を削減するために、極力摩擦損失を小さくしなければならない。本送水ポンプは、既設ポンプを流用するものとし定格容量500 GPM (113 m^3/H)、揚程100 PSI (70m)のものが3台設置されている。管径は水量と揚程の関係から決まるものであり、計画される給水量と揚程より管径として、 ϕ 400mm、350mm、300mm及び250mmの組合せたものについて、比較検討し決定する。ポンプの送水可能量はポンプの性能曲線から求めた。(図5-3、5-4、5-5参照)

ケース(1)、(2)、(3)はそれぞれ図5-2、表5-10のような送水管区分と管径組合せを示したものである。

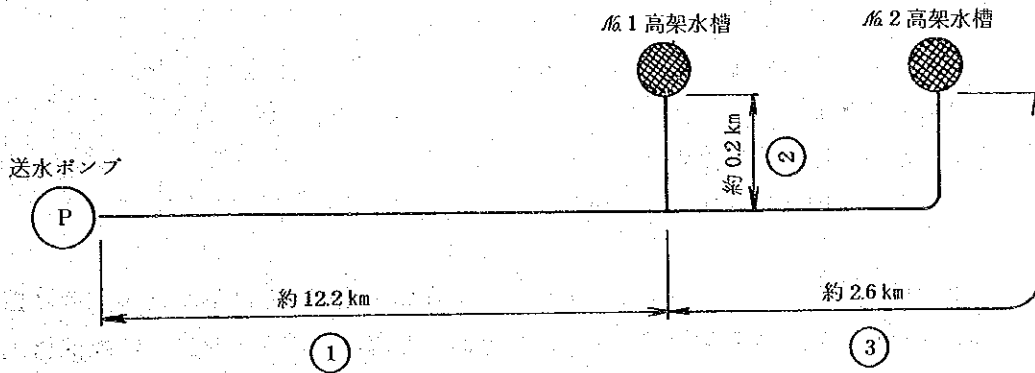


図5-2 送水管路平面概略図

表5-10 送水管径

送水管区分	ケース		
	ケース(1)	ケース(2)	ケース(3)
① 送水ポンプからNo.1高架水槽の分岐点までの距離約12.2km	400mm	350mm	300mm
② No.1高架水槽の分岐点からNo.1高架水槽までの距離約0.2km	300mm	250mm	250mm
③ No.1高架水槽の分岐点からNo.2高架水槽までの距離約2.6km	350mm	300mm	300mm

②の管径を③より細い管径を用いて、No. 1 高架水槽とNo. 2 高架水槽への送水量ができるだけ均等になるよう計画する。

- b. 摩擦損失水頭は、一般に採用されているヘーゼンウィリアム式を用い、管の流速係数は通水年数による低下をみこんでCH = 110とし、実揚程は送水ポンプピットの低水位 (EL-1 m) と高架水槽の貯水位 (EL+46m) より47m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。

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

ここで

I	: 動水勾配	
CH	: 流速係数	110
D	: 管内径	(m)
Q	: 送水量	($\text{m}^3/\text{秒}$)
$\Delta H = I \times L$		$\dots\dots\dots (2)$
ΔH	: 摩擦損失水頭	(m)
L	: 配管延長距離	(m)

上記計算式より、送水量毎に送水ポンプからNo. 1 及びNo. 2 高架水槽までの摩擦損失水頭を求め、それに実揚程47mを加えて全揚程を求め、送水ポンプの性能曲線上にプロットし、全揚程～送水量性能曲線を、図5-3、図5-4及び図5-5に示す。この水頭曲線と送水ポンプの性能曲線との交点がポンプの実際の運転点となる。

図5-3 揚程～送水量性能曲線（管径組合せ：ケース1）

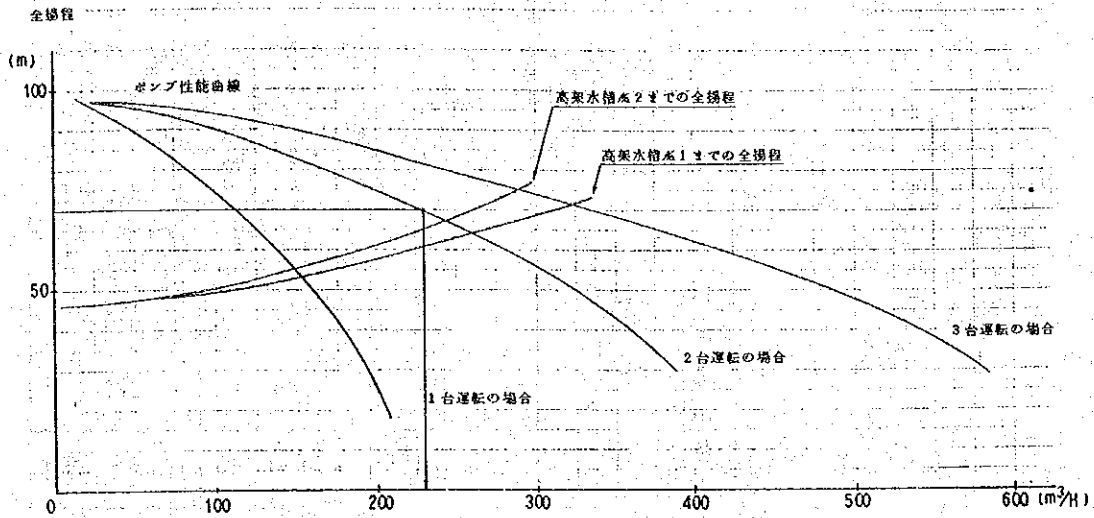


図5-4 揚程～送水量性能曲線（管径組合せ：ケース2）

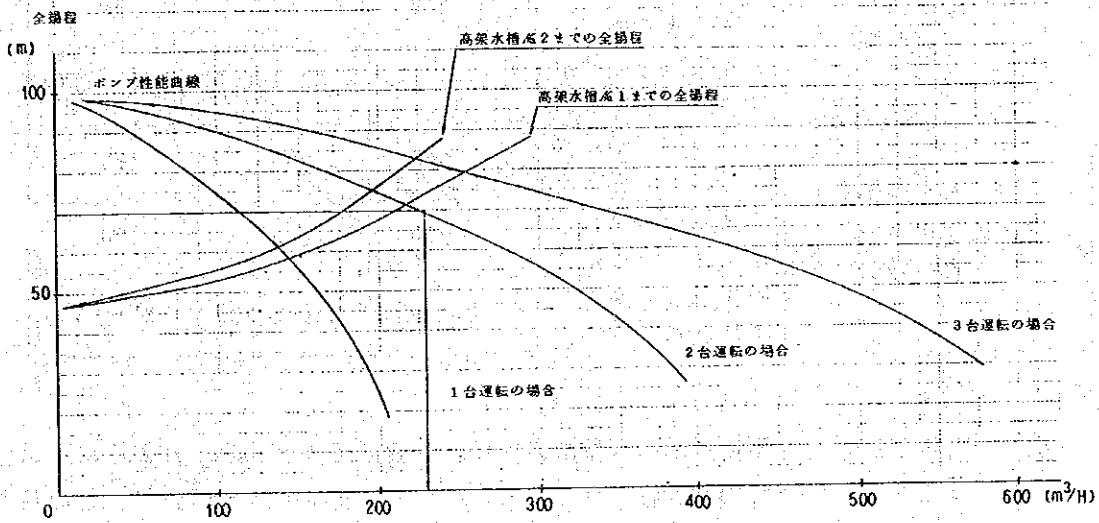
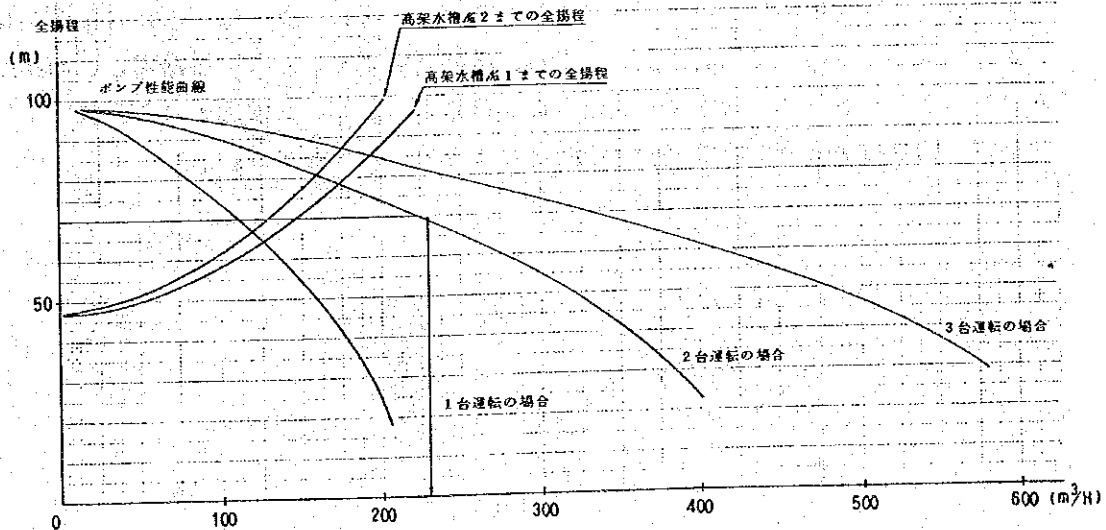


図5-5 揚程～送水量性能曲線（管径組合せ：ケース3）



なお、送水ポンプの定格水圧は銘盤データより約100 PSI（約70m）とする。

表5-11は上記性能曲線より管径組合せケース毎の送水量を示したものである。

表5-11 各管径組合せケース毎の送水量比較

項 目	送 水 先	ケース(1)	ケース(2)	ケース(3)
ポンプ1台を稼働させる場合の送水可能量 ($\text{m}^3/\text{時間}$)	No.1 高架水槽だけに送水する場合	155	144	130
	No.2 高架水槽だけに送水する場合	150	130	120
	No.1 及 No.2 高架水槽に送水する場合	150~ 155	130~ 140	120~ 130
ポンプ2台を稼働させる場合の送水可能量 ($\text{m}^3/\text{時間}$)	No.1 高架水槽だけに送水する場合	260	220	170
	No.2 高架水槽だけに送水する場合	240	190	160
	No.1 及 No.2 高架水槽に送水する場合	240~ 260	190~ 220	160~ 170
ポンプ3台を稼働させる場合の送水可能量 ($\text{m}^3/\text{時間}$)	No.1 高架水槽だけに送水する場合	320	260	190
	No.2 高架水槽だけに送水する場合	290	220	180
	No.1 及 No.2 高架水槽に送水する場合	290~ 320	220~ 260	180~ 190

- c. DUD 地区の一日平均計画給水量は、計画給水量算定の項で述べたように、目標年次である2000年で約3600 $\text{m}^3/\text{日}$ である。従って、新設の送水管路は、この量を送水できる疎通能力をもたねばならない。

マジュロ環礁住民の生活パターンは、朝6時ごろ起床し、夜9時ごろには夕食がほとんど終るとというのが平均的である。また、水の利用先としては、生活用と、商業用がほとんどであるため、夜中に水を使うことはほとんどないと推定される。従って、水使用は朝6時から夜9時までの15時間として考えることとする。

一日平均給水量を15時間で使用する事となるので、毎時平均使用水量は

$$3,600 \text{ m}^3 / \text{日} \div 15 \text{ 時間} = 240 \text{ m}^3 / \text{時間}$$

となる。一方高架水槽は2基で約750 m^3 の貯水量を持ち、これを朝・夕のピーク時の使用水量の急増を緩和する補給水として使用できる。その内、定常的な補給水として600 m^3 を使用し、残り150 m^3 は異常時あるいは諸々の開発計画の変更に伴う増加補給水量として使用する。従って、給水時間帯では

$$600 \text{ m}^3 \div 15 \text{ 時間} = 40 \text{ m}^3 / \text{時間}$$

の水量が高架水槽より補給可能となって水収支バランスが連続的に毎日確保される事となる。

なお、この高架水槽への補給水600 m^3 /日は夜9時以降の断水時に送水ポンプ2台運転で3時間、1台運転で6時間送水して、翌朝の給水開始時刻(6時)までに満水となるよう維持管理を実施する。

従って、送水管路の計画送水量は単位時間当たり、

$$240 \text{ m}^3 / \text{時間} - 40 \text{ m}^3 / \text{時間} = 200 \text{ m}^3 / \text{時間}$$

となる。

d. 送水管の組合せケース毎の送水可能量は、表5-11に示すように、ケース(3)では、仮に3台運転しても毎時間当たり180~190 m^3 しか送水できないので採用できない。

ケース(2)は、ポンプ2台運転で毎時間当たり190~220 m^3 送水できるうえ、運転効率が良く、更に1台予備として確保できる。従って、ケース(2)の ϕ 350mm、300mm、250mmの組合せ案を採用する。

なお、ケース(1)は、ポンプ1台運転では能力が不足し、2台運転では毎時240~260 m^3 と過大能力となって採用することは建設費、運転費用から得策でない。

3) 送水管の管種選定

送水ポンプからNo.1及びNo.2高架水槽までの送水管径は2)の項で検討したように、 ϕ 350mm、300mm、250mmである。送水圧は平常時送水ポンプ場付近で約100 PSI (約 7.0kgf/cm²)とし、高架水槽付近で約67 PSI (約 4.7kgf/cm²)となる。停電等で生ずるポンプ急停止時のサージングによる水圧は送水ポンプ付近で約185 PSI (約 12.9kgf/cm²)となり、高架水槽付近で平常時とほぼ同じ値となる。

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、硬質塩化ビニール管、石綿セメント管が考えられる。しかし、硬質塩化ビニール管及び石綿セメント管は上記水圧に強度的に耐えられないので検討管種から除外する。

従って、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比較検討して管種を選定する。

本計画では後述する管種別比較表に示すように技術(強度、耐久性、水密性、可とう性、伸縮性)、費用(材料費、維持管理費)及び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タイル鋳鉄管を採用する。

ダクタイル鋳鉄管の継手については一般に用いられているT形(ソケット継手)とK形(機械継手)について比較検討し、可とう性、伸縮性及び水密性についてほとんど両方で技術的に差異がなく、更に材料費が約1割程度安く、施工性も良いT形継手を本計画では採用する。

なお、マジュロ橋に添架する部分(約50m)の継手は空中での継手となるため、フランジ継手とする。

表5-1-2 管種別比較表

		管種別比較表							
		ダクタイル鉄管		鋼管		強化プラスチック複合管			
1. 管の機械的性質	引張強さ	曲げ強さ	伸び	引張強さ	曲げ強さ	伸び	引張強さ	曲げ強さ	伸び
		42以上	60以上	10以上	41以上	41以上	18	-	18-30 (周方向) 2-6 (軸方向)
	kgf/mm ²	kgf/mm ²	%	kgf/mm ²	kgf/mm ²	%	kgf/mm ²	kgf/mm ²	%
2. 耐衝撃性	<ul style="list-style-type: none"> 衝撃に強く、又これを吸収する弾性を有している。 内面をモルタルライニングするの で大きな衝撃は避けた方がよい。 管圧力算定は内圧と外圧の他に 造上の余裕と腐蝕代を含んで いるので安全率が高い。 								
3. 継手の水密性	<ul style="list-style-type: none"> ゴム輪のセルフシール機構により 高い水密性を有し、管体の破 裂ま で漏水は発生しない。 								
4. 伸縮可撓性	<ul style="list-style-type: none"> 地盤変動、温度変化に対し、管 体に 応力を発生させることなく、順 応させることが出来る。 								
安	<ul style="list-style-type: none"> 管体は韌性に富み、比較的耐衝 撃に 対して強いが大きな落石、 高所よりのダンプによる埋戻し 土の一挙投入は、さげなければ い けない。 								
全	<ul style="list-style-type: none"> 管体継手部の精度が良く高い耐 水 圧機能をもっている。 								
性	<ul style="list-style-type: none"> 継手自体に伸縮性があり、特に 伸 縮継手は必要としない。 								

	ダクタイプル 鑄鉄管	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。 ・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"> ・25年位の実績がある。 ・継手部現場溶接塗装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"> ・15年位の実績がある。 ・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"> ・外面 材質的に耐蝕性に優れており、更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動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が要する。局所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0.8mmであり、十分な厚さとは言いがたくダクタイプル鑄鉄管に比べ防蝕性は劣る。気象条件により塗装効果はバラツキが生じ易い。 	<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為、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。

	ダクタイル 鋳鉄管	鋼 管	強化プラスチック複合管
1. 管材料費 比率	<ul style="list-style-type: none"> φ 350mm : 1 φ 300mm : 0.85 φ 250mm : 0.68 	<ul style="list-style-type: none"> φ 350mm : 1.24 φ 300mm : 0.98 φ 250mm : 0.72 	<ul style="list-style-type: none"> φ 350mm : 1.19 φ 300mm : 1.23 φ 250mm : 1.00
2. 土木費	<ul style="list-style-type: none"> 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、埋戻し費用は割安となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 通常の条件下では砂基礎の施工承角は 120° で十分であり所要購入砂は僅少である。他管種の様な継手彫りを必要とせず土木費は安い。
3. 維持管理	<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。 電触防止費等の維持管理費を要する場合がある。 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、維持費など総合的に見て、ダクタイル鋳鉄管が経済的である。更に、作業性や維持管理も容易で、個人が送水本管に給水管を取りつけることも不可能であるうえ、高水圧での安全性及び実績が多数あるダクタイル鋳鉄管を使用する。</p>		
建 設 費			
維 持 管 理			

4) 水撃圧の検討

水撃圧は、送水管の仕切り弁の急閉そく及びポンプの急激な始動、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)}や上昇圧等の作用によるものである。

既設設備は、米国により設計され建設されたものであるが、特に水撃作用に対する
対策は施されていない。これは、既設の送水管がほとんど起伏のない地盤に埋設され、
ほぼ水平の管路となっていたため、管内部が負圧になる水柱分離の心配がなかったか
らであると思われる。

ところが、マジュロ橋が3年前に日本の無償援助により建設され、この橋の部分が
周辺の地盤より約8mも高くなったために、事情が一変した。このマジュロ橋建設に
よって管路が橋に添架されたため、この部分に水柱分離が発生する危険性が生じるこ
ととなった。しかし、既設設備はマジュロ橋が竣工する以前から送水管の小管や、各
家庭の蛇口等からの漏水が生じていたため、ポンプ急停止時には、そこから空気が出
入りして水撃作用が緩衝されるために特に障害とはならなかったと考えられる。

一方、本計画で新設する送水管には漏水部等の緩衝部がなくなり、高架水槽まで一
気に送水されるため、マジュロ橋で水柱分離をはじめ、その反動による水撃の発生が
懸念される。送水ポンプからNo.2高架水槽までの管路長が15.0kmと長く、送水先の高
架水槽への実揚程が47mと高いことから、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、サージタンクにより対策を検討する必
要がある。

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、
特に回りに比べて高くなっている地点が危険である。

従って、マジュロ橋に空気弁を設置するという条件で管路に水柱分離が生じるかど
うかを電子計算機を用いて数値解法にて検討した。

検討条件には、ポンプの性能特性曲線、ポンプ羽根の慣性力、空気弁の位置と大きさ、管路の正確な経路などの条件をインプット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、最も厳しい条件の1つであるポンプ停電時を想定し、その他は、妥当性のある数値を設定した。

「マ」国及びCIP はローラ地区の地下水源を開発して、その1部をDUD 地区へ補給水する計画を進めている。更に、降雨の状況によっては計画送水量より増大することも考えられるので、ポンプ3台運転時の送水量についても可能であるかどうか検討する。

なお、検討条件は下記に示す。

送水量 $100\text{m}^3 / \text{H} \cdot \text{台} \times 3 \text{台} = 300\text{m}^3 / \text{H}$
 揚程 47m
 管径 350mm
 管延長 12km (No.1 高架水槽まで) (注1)
 空気弁 マジュロ橋の近傍に75mm水道用双口空気弁をとりつける。

(注1) No.1 高架水槽からNo.2 高架水槽までは水柱分離の心配がないので無視する。

結果

① 図5-6 は空気弁の有無による最低圧力線図であるが、橋の部分に空気弁をつけただけでは、水中分離を防止できない。

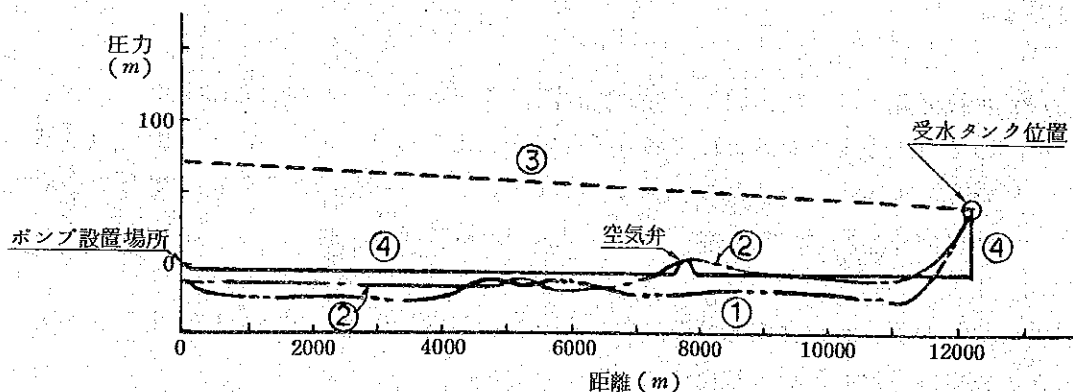


図5-6 水撃圧対策前の最低圧力線図

- ① 空気弁を設けなかった場合の最低圧力線
- ② 空気弁を設けた場合の最低圧力線
- ③ 動水勾配線
- ④ 管路縦断

従って、水柱分離対策を行わねばならない。

水柱分離対策としては次のようなものが一般に考えられる。

水柱分離の防止対策

目的	項	方 法	ね ら い	備 考
負 圧 水 柱 分 離 の 防 止	1	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。
	2	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、保守がわずらわしい。
	3	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、建設費がかさむ。
	4	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する。	用地や費用上の制約が生じ易く実施困難である。
	5	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。
	6	ポンプをまたい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。
	7	ワンウェイ・サージタンクを設ける。	負圧発生箇所水を押込んで圧力の異常低下を軽減する。	高揚程ポンプ系でも背の低いタンク（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てもよい。
	8	通常のサージタンクを設ける。	負圧発生箇所水を押込み、負圧を軽減すると共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背丈も高くなり、建設費もかさむが効果は理想的である。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。

この内で、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。約 30m^3 のワンウェイサージタンクを3ヶ所にとりつけることによって、圧力は図のようになり、水柱分離が生じなくなる。

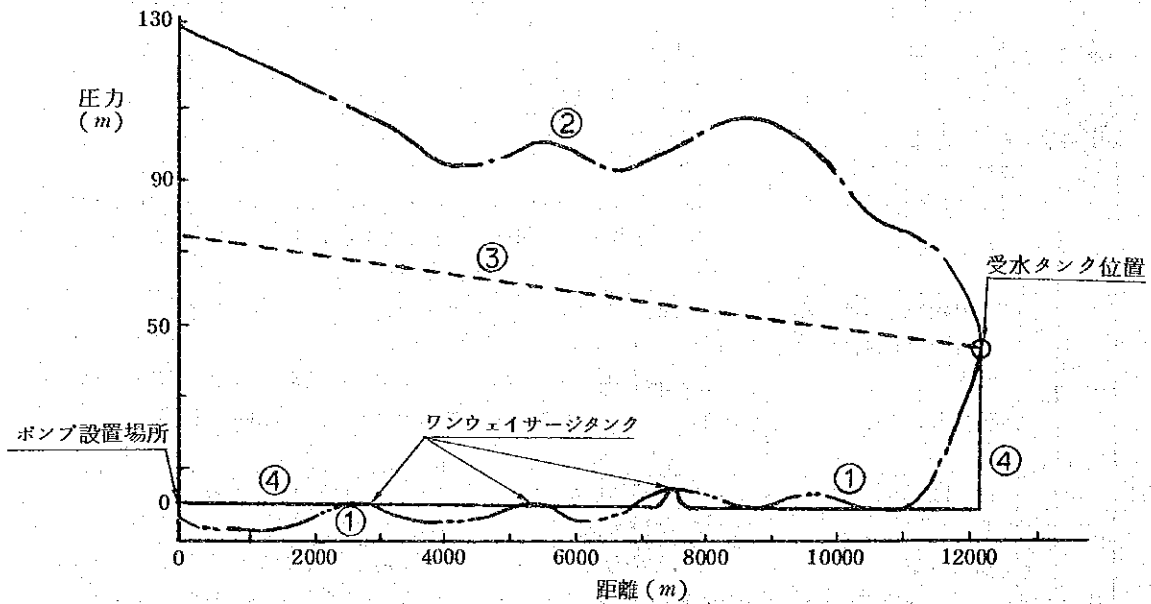


図5-7 サージタンク設置時の最高最低圧力線図

- | | |
|------------|---------|
| ① 対策後最低圧力線 | ③ 動水勾配線 |
| ② 対策後最高圧力線 | ④ 管路縦断 |

一方、上昇圧はポンプ付近にて最高の約 12.9 kgf/cm^2 となっている。すでに標準断面と管厚で述べたように、ダクタイルT型3種管を用いることにより対応できる。従って、本計画では、ワンウェイサージタンクを3ヶ所に設置するものとする。

5) 送水標準土被り、掘削断面及び送水管厚の検討

a. 標準土被り厚

空港から、DUD 地区へは、環礁の中心部を主要舗装道路が走っている。環礁ではこの一本の道路しか主要幹線道路がないが、車の交通量は比較的少ない。

既設の石綿セメント管は、この道路下に敷設されている一部の区間を除き、ほとんどの区間はこの舗装道路の外側（太平洋寄り）約50～60cmのところに敷設されている。本計画では、「マ」国及びCIPからの要請ならびに現場の状況を考慮して、原則として既設管のさらに30cm以上外側に敷設することとする。従って敷設位置が道路の外側約1m付近であるため、道路を走る車の荷重は心配ないが、明確な進入道路がなく、更に周辺部の宅地化が進んでいるために道路から家等への進入車が全路線にわたって管路を横断する可能性がかなり高いと予想されるため、本計画では20 Tonトラックの荷重にも耐えるよう検討する。

土被りは日本の基準では1.2m以上である。これは建設省道路法施行令に基づいており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けられている値である。

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、維持・管理費が安く、維持・管理作業が容易になるよう浅く埋設することが好ましい。従って、マジュロ環礁では自動車交通量及び地下埋設物が少ないうえ、地盤が良好であるが場所によっては表面下約0.8～1.0m程度で風化岩が出る可能性があるうえ、地下水位が高く更に、道路から1m離れていること等を考慮して、土被り厚さを1m以下のケースについて比較検討し、土被り厚さを選定する。

なお、「マ」国及びCIPとは最低0.7mまですることが出来ることで協議済である。また、一部舗装道路下へ埋設する管については常時、車が通り管を破損する危険性があるため、無筋コンクリートで防護するものとする。

表5-13は、管径 ϕ 350mmで土被り70cm、80cm、90cm、100cmについて比較検討したものである。なお、 ϕ 300mmについては ϕ 350mmと安全性、施工性、コスト等について同じ結果であるので検討を省略する。

この表が示すように、安全性、施工性、コスト等が最も望ましい、土被り90cmを選定する。掘削幅は日本国（東京都）の基準として径 ϕ 350mm、300mm、250mmのものについてそれぞれ80cm、70cm（250mmも同じ）とされており、本計画でも管据付け作業に支障ないと考えられるのでこれに準じるものとする。

b. 掘削断面

マジュロ環礁の土質は一般的に良好である。岩盤が出るところについては、管底支持角度を 60° 以上確保するとともに、管の保護のために、管の上・下10cmの厚さで良質砂を敷き、つきかためるものとする。その他の区間については玉石及び表土を除いた発生砂により埋戻すことも可能であると推定されるので購入土と発生砂との経済比較により基本的には安価な方を採用する。

従って、標準断面は、図面MWB-10に示すとおりとする。

表5-13 土被り比較表(管径φ350)

標準土被り (cm)	70	80	80	100
鉛直土圧 (kg/cm ²)	0.18	0.14	0.16	0.18
上載荷重 (kg/cm ²)	1.00	0.86	0.76	0.87
静水圧 (kg/cm ²)	7.5	7.5	7.5	7.5
衝撃水圧 (kg/cm ²)	5.4	5.4	5.4	5.4
設計管厚 (mm)	6.1	6.0	5.9	5.8
管種	ダクタイル鑄鉄管T型3種	ダクタイル鑄鉄管T型3種	ダクタイル鑄鉄管T型3種	ダクタイル鑄鉄管T型3種
縦断計画上の考慮事項と対策	<p>・仕切井及び空気井のシャフト長さが管頂面よりφ350mmの場合820mm)であるため、路面又は地面より20cm突出することとなる。</p> <p>・それを防ぐため、井を設置する個所で管を20cm以上深く設置する必要がある。</p> <p>・そのため、施工がやや面倒であるだけでなく、凹部に土砂等がたまる危険性があるため、泥吐管を井設置区間毎に設ける必要が生ずる。</p>	<p>・土被り70cmの場合とほぼ同じ現象と対策が必要となる。</p>	<p>・仕切井及び空気井のシャフトの突出は、ほとんどないと考えでよい。</p> <p>・特に対策は不要である。</p>	<p>・仕切井及び空気井のシャフトの突出は全くない。</p> <p>・対策は不要である。</p>
施工性	<p>・上記で述べたように突出を防ぐために仕切井及び空気井の設置箇所は深く下げなければならない。</p> <p>・施工が多少面倒となる。</p>	同	左	<p>・管を設置する深さと同じ深さで井を設置することが出来る。</p> <p>・掘削深さが1.45mとなり地下水の出現及び岩盤削の危険性が土被り90cmの場合よりやや高い。</p>
安全性 (順位)	4	3	2	1
工事費	100% + α	103% + β	106%	120%
評価	4	3	1	2
結論	<p>総工事費は、土被り70cm、80cmについて泥吐管、さげ越し等の工事費(α又はβ)を考える必要があるため土被り100cmの場合を除き、互わらないうと推定される。従って、土被り厚は施工性、工事の確実性、及び敷設後の管の安全性等を総合判断して90cmとする。</p>			

c. 送水管厚

管厚計算は J I S G 5528 のダクタイル管管厚計算式を用いて行なう。各土被りに対する管厚みは前表に示すとおりである。

$$t = \frac{1.25Ps + Pd + \sqrt{(1.25Ps + Pd)^2 + 8.4 (Kf \cdot Wf + Kt \cdot Wt) S}}{2S} \times D$$

$$T = t + 2 + 1 \quad (\text{腐蝕代 } 2 \text{ mm、} \text{ 鑄造公差余裕代最低 } 1 \text{ mm} \text{ を見込む)}$$

ここで、

t : 正味管厚 (mm)

T : 設計管厚 (mm)

Ps : 静水圧 (kg/cm²)

Pd : 水撃圧 (kg/cm²)

2θ : 管底支持角度 60 (°)

Kf : 土破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
計算条件は以下のとおりである。

Kf の値

位置	2θ	0°	40°	60°	90°	120°	180°
管頂		0.145	0.140	0.132	0.120	0.108	0.096
管底		0.433	0.281	0.223	0.160	0.122	0.096

Wf : 静土圧 < 垂直土圧公式を用いる >

$$Wf = rH$$

r : 土の単位体積重量 1.8 × 10⁻³ (kgf³ / cm³)

H : 土被り厚さ (cm)

Kt : 動荷重に起因する土圧分布に関して定まる係数

Kt の値

管頂	0.076
管底	0.011

Wt : 動荷重 < ブーシネス式を用いる >

$$Wt = 1.5 \alpha P$$

α : 路面荷重の係数

土被り (cm)	70	80	90	100
α	8.35 × 10 ⁻⁵	7.20 × 10 ⁻⁵	6.30 × 10 ⁻⁵	5.60 × 10 ⁻⁵

W : トラック重量 20 (Ton)

P : トラック後輪荷重 8000 (kg)

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

S : ダクタイル鑄鉄の引張り強さ 4,200 (kg/cm²)

D : 管径 (mm)

(8) 高架水槽

高架水槽No.1及びNo.2は全面足場と安全シートを高架水槽外周部分に設置して安全の確保と公害防止に努めながら、図MWB-12及び下記のように補強、改修、整備する。

- ・アンカーボルト、ベースプレート及び基礎工の補強・改修
- ・支柱、水槽全面のサンド・プラストと再塗装
- ・老朽化した昇降階段、ブレース、配管、避雷針等の撤去
- ・安全カゴ付き昇降階段、ブレース、給水・配水、オーバーフロー管、避雷針、航空障害灯、フロート・スイッチ等の設置
- ・給水管と同制御設備ならびに配水管と同制御設備の設置
- ・上記制御弁及び制御盤設置小屋

塗装は厳しい自然環境に対し、5年程度特に支障のないような施工法と材料で計画する。

高架水槽からの配水は配水管の制御弁に取り付けられたタイマーによって1日24時間の内で自由な時間帯に給水できるように計画する。

ただし、給水時間帯の設定は維持・管理者によって必要に応じて、手動でタイマーの時間を調整することによって行なう。

特に、他の設備に比べ、海岸に近いために自然環境が厳しいので高架水槽のフロートスイッチを含む制御設備ならびに塗装等の維持・管理が「マ」国によって十分行なわれるものとして計画する。

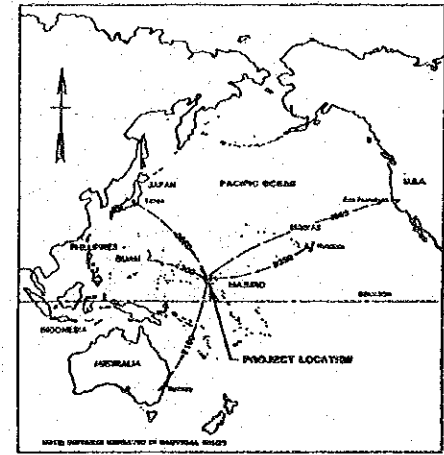
(9) 量水計

量水計は日本で一般に用いられ、維持・管理の容易な接線流羽根車式水道メータを採用し、本計画給水区域で量水計の設置されていない家庭及び事業所の750箇所量水計機器を供与する計画とする。

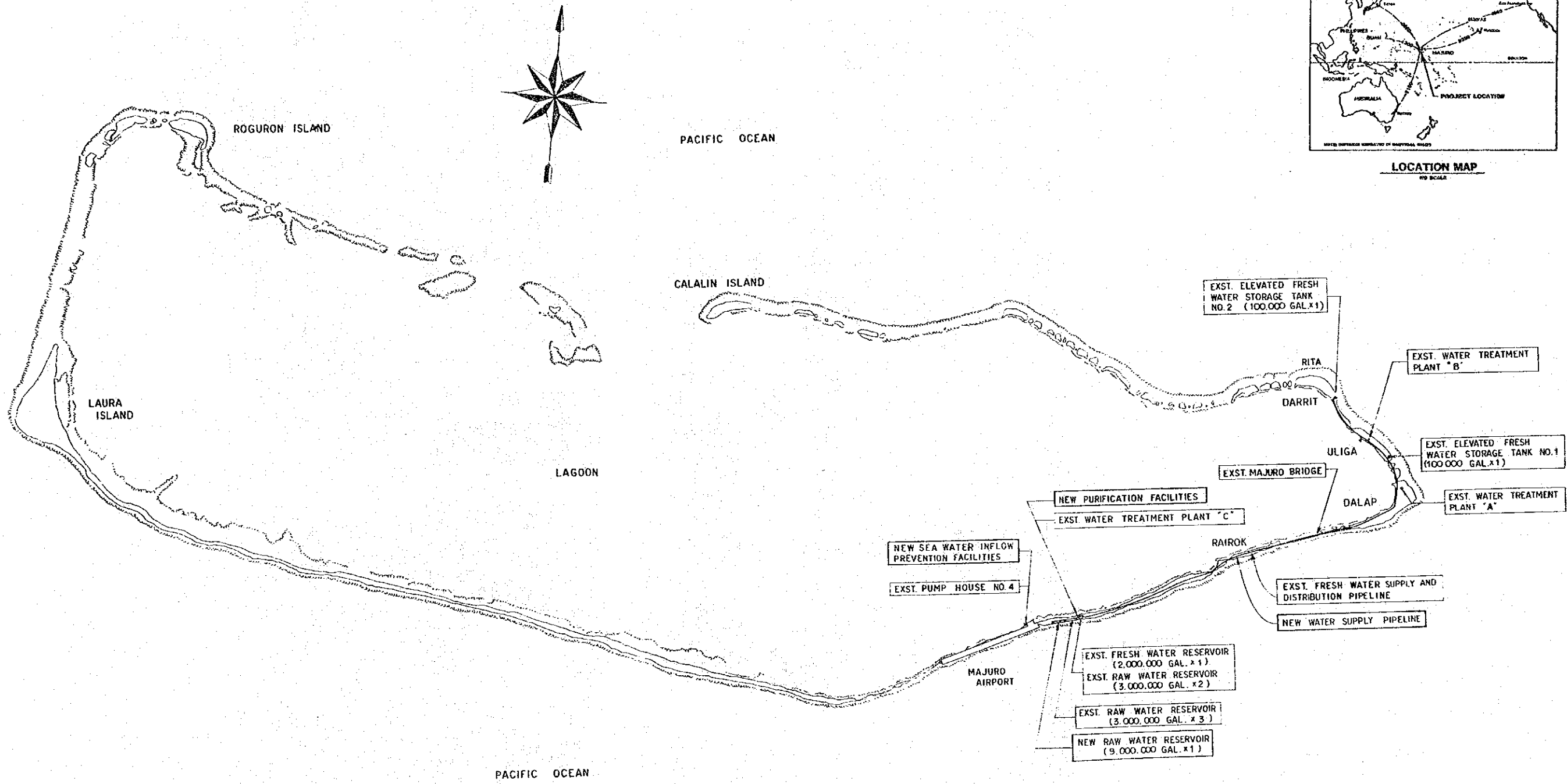
なお、水道メータの指示単位は m^3 とする。

5-3 基本設計図

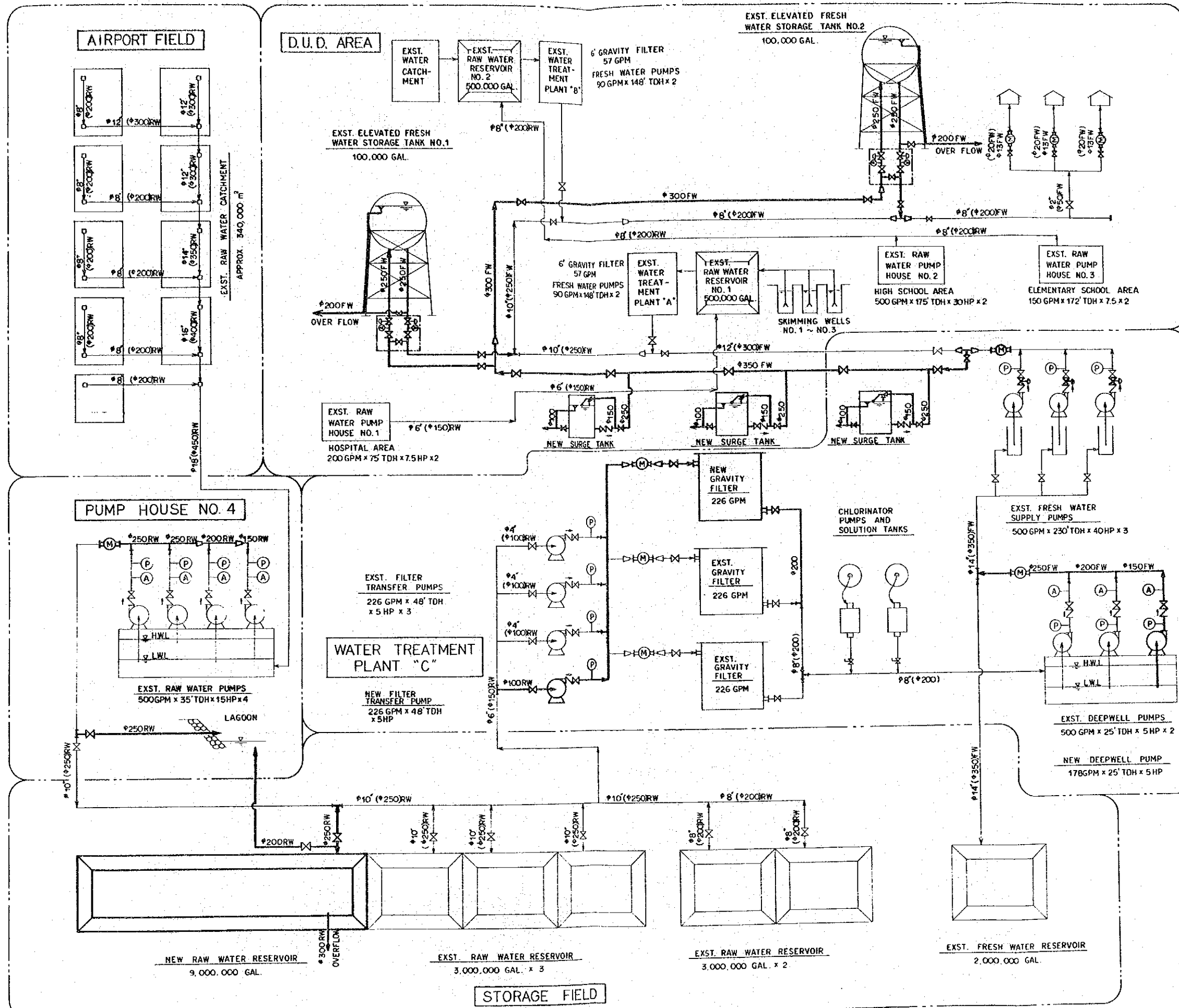
基本設計の図面を図MWB-01～図MWB-12に示す。



LOCATION MAP
NO SCALE



THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS			
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL			
一般配置図			
Date	DEC, 1986	Drawing No.	MWB-01
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			

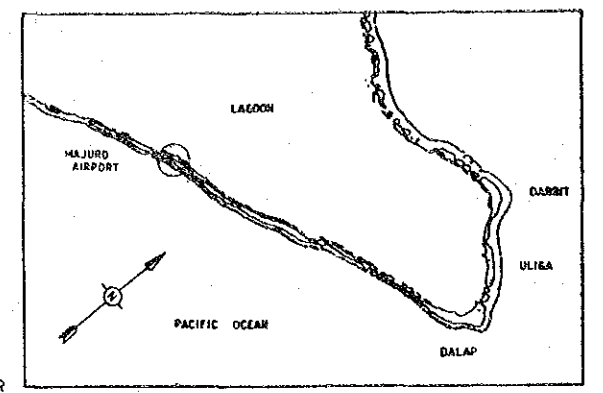
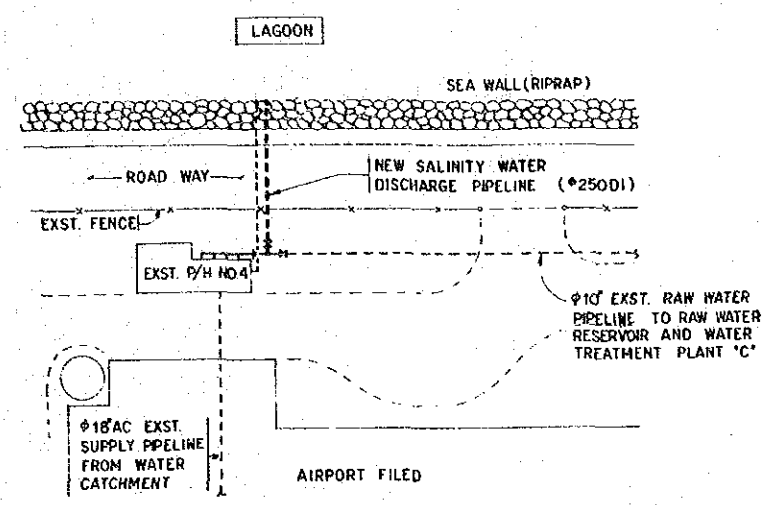
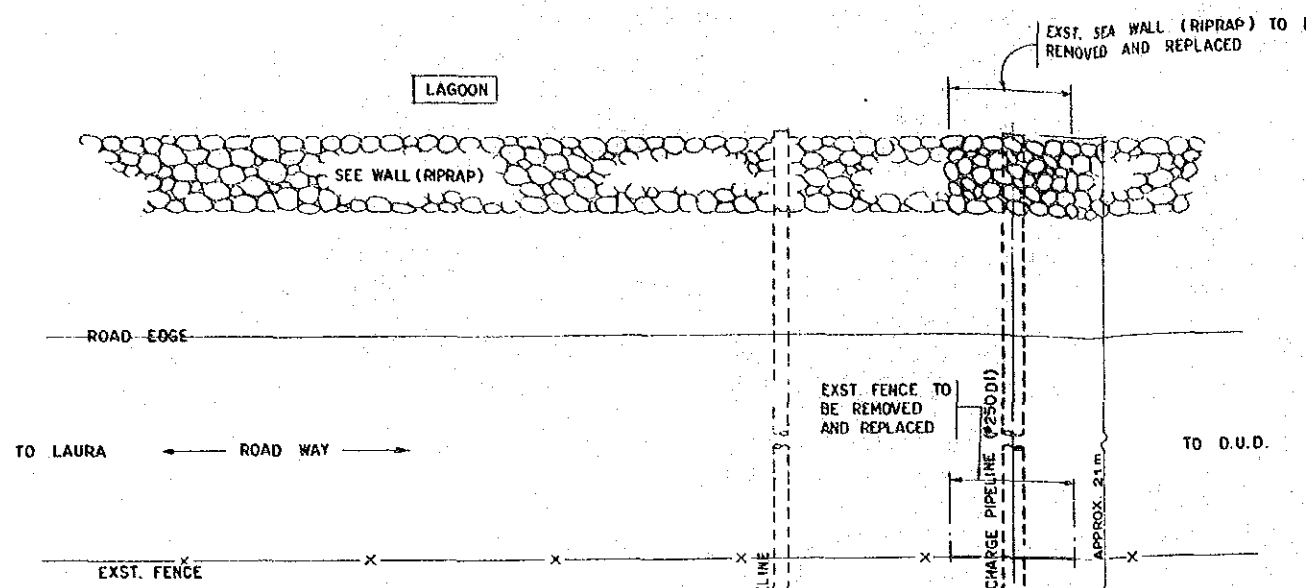


ABBREVIATIONS	
APPROX.	APPROXIMATE
EXST.	EXISTING
FW	FRESH WATER
GAL.	GALLON
GPM	GALLONS PER MINUTE
HP	HORSEPOWER
NO.	NUMBER
RW	RAW WATER
TDH	TOTAL DYNAMIC HEAD
TYP.	TYPICAL

LEGEND	
8" (300) FW	NEW FRESH WATER LINE
14" (300) FW	EXST. FRESH WATER LINE
150 RW	NEW RAW WATER LINE
6" (150) RW	EXST. RAW WATER LINE
	GATE VALVE
	CHECK VALVE
	MOTOR VALVE
	FLOW METER OR WATER METER
	REDUCER
	PUMP
	AIR RELEASE VALVE
	PRESSURE GAUGE

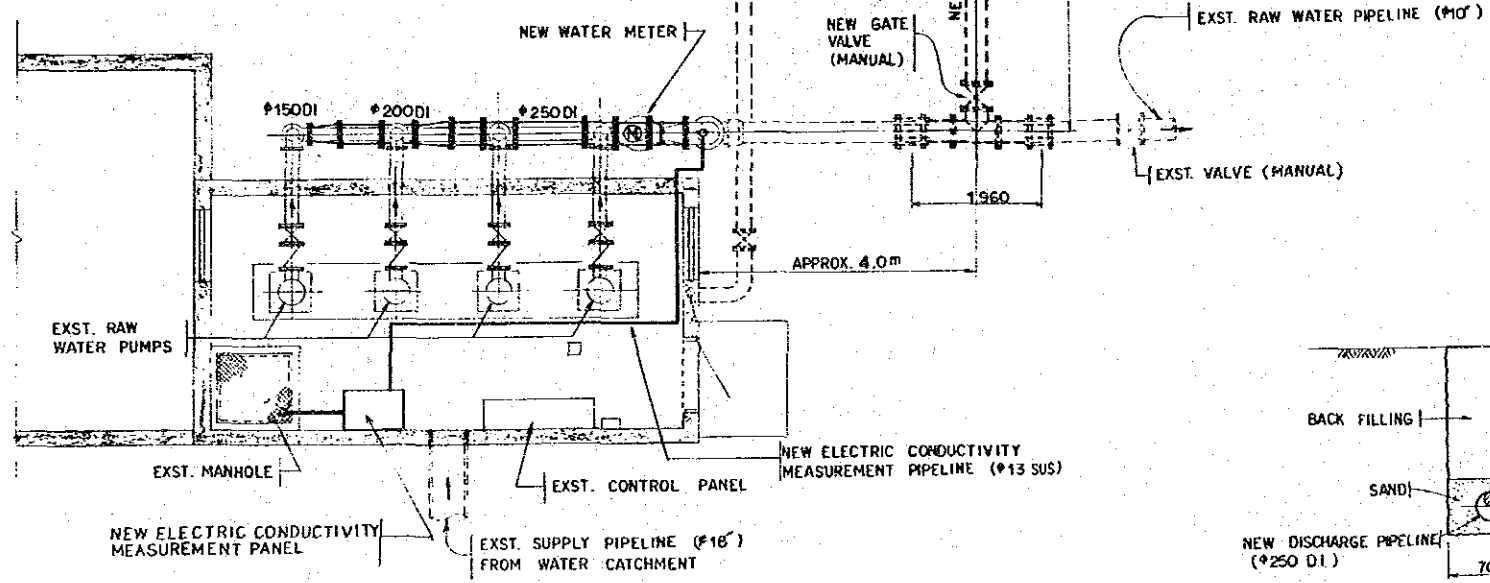
NOTE: FACILITIES IN THICK LINES TO BE INCLUDED IN THIS PROJECT

THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS	
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL	
7 □ - 8	
Date	DEC, 1986
Drawing No.	MWB-02
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	

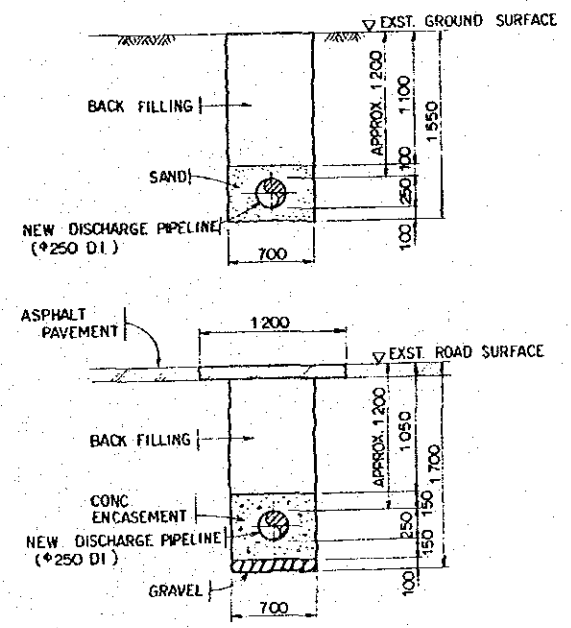


LOCATION MAP
NOT TO SCALE

GENERAL PLAN
SCALE = 1/400

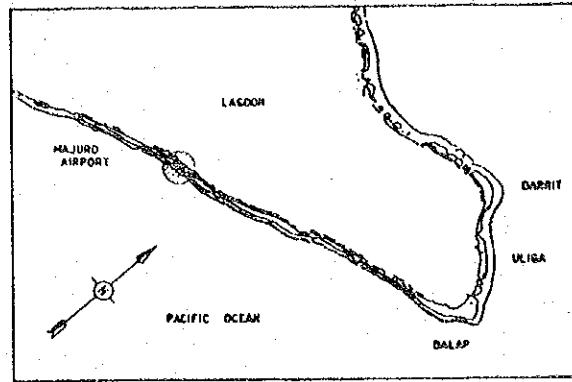
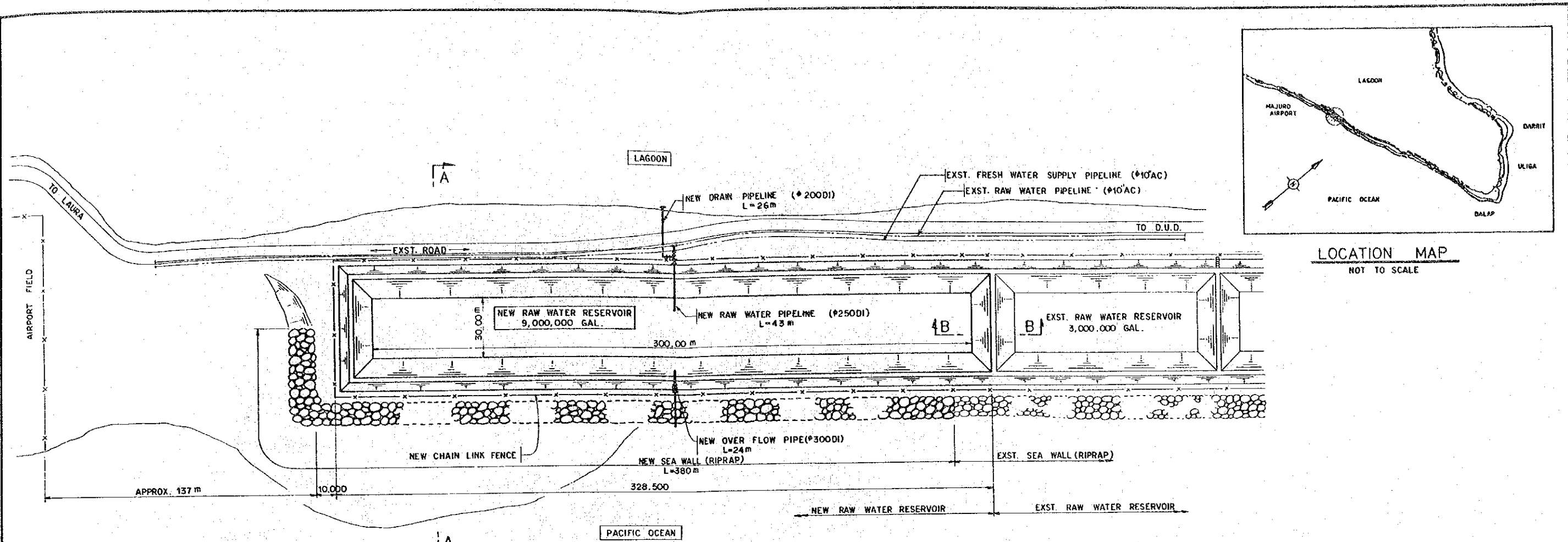


PLAN OF NEW SEA WATER INFLOW PREVENTION FACILITIES
SCALE = 1/50



TYP. TRENCH OF DISCHARGE LINE
SCALE = 1/30

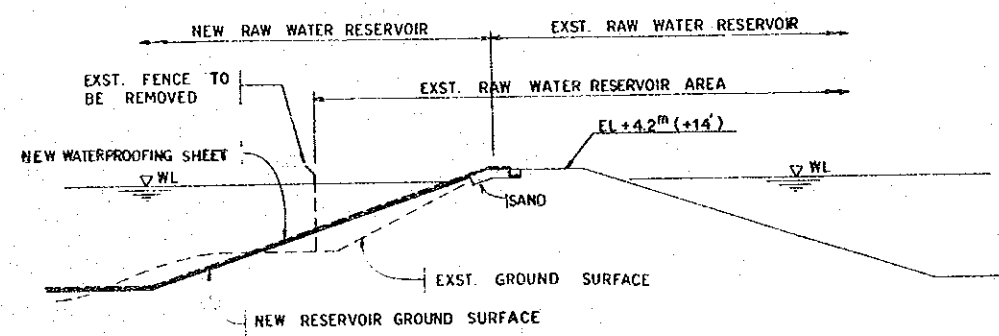
THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS			
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL			
原水ポンプ室No. 4 改善案			
Date	DEC, 1986	Drawing No.	MWB-03
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			



LOCATION MAP
NOT TO SCALE

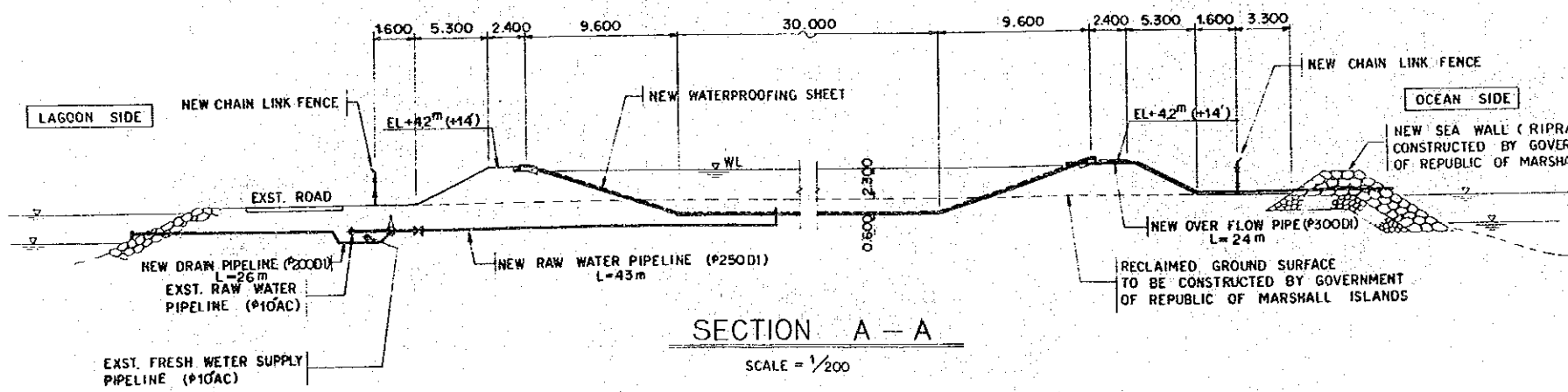
PLAN OF NEW RAW WATER RESERVOIR

SCALE = 1/1000



SECTION B - B

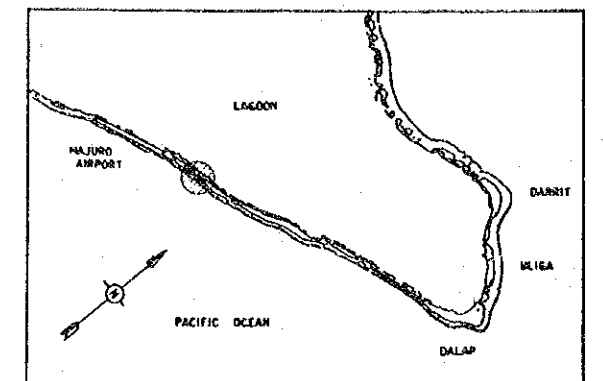
SCALE = 1/100



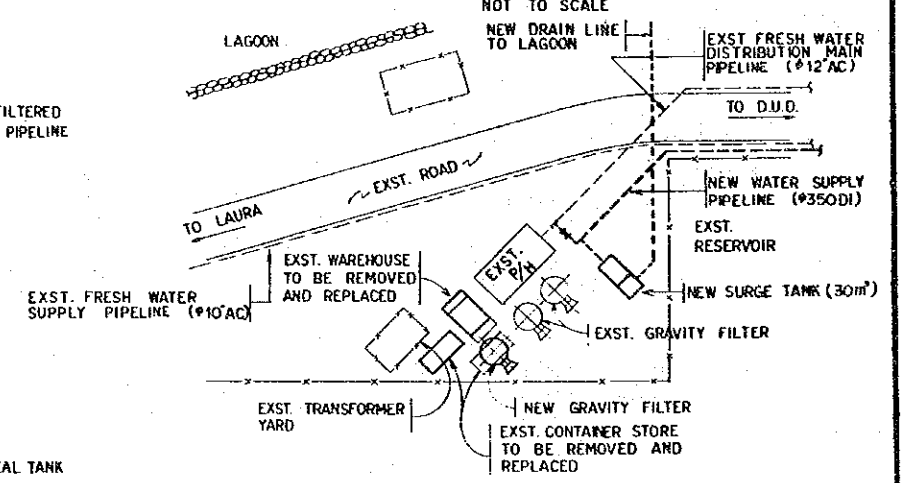
SECTION A - A

SCALE = 1/200

THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS			
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL			
新設原水貯水池平面及び断面図			
Date	DEC, 1986	Drawing No.	MWB-04
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			

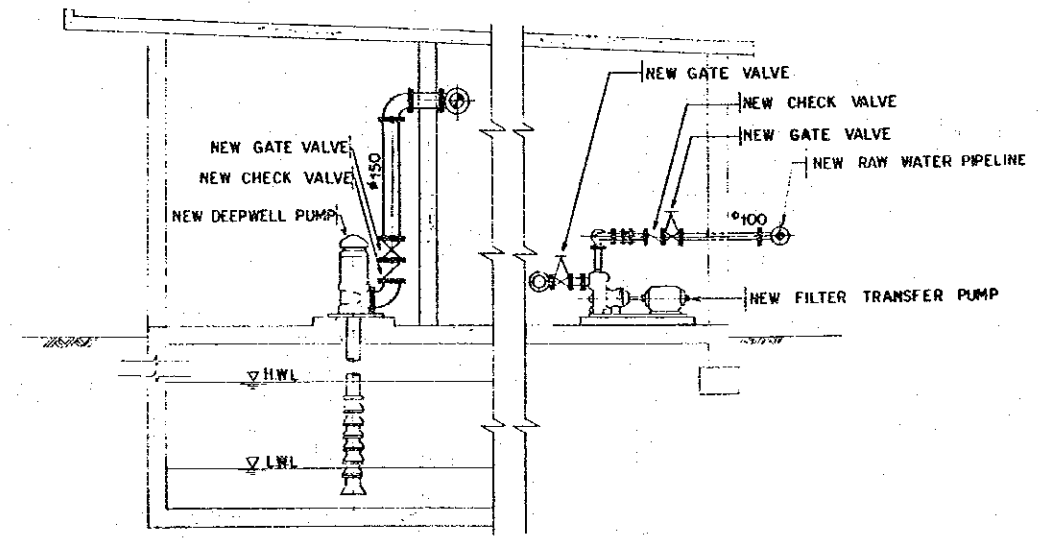


LOCATION MAP



GENERAL PLAN

SCALE = 1/500

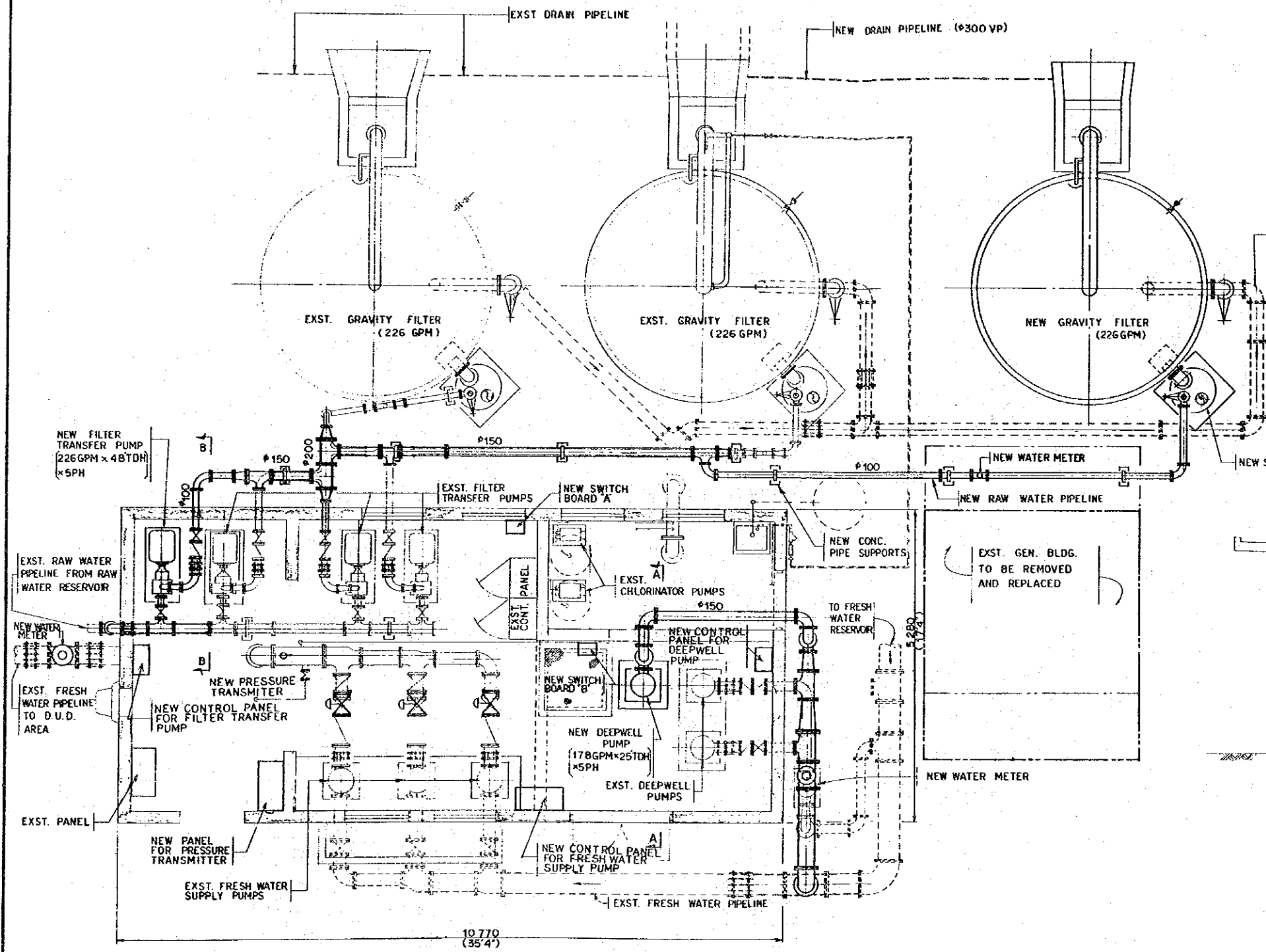


SECTION A-A

SCALE = 1/40

SECTION B-B

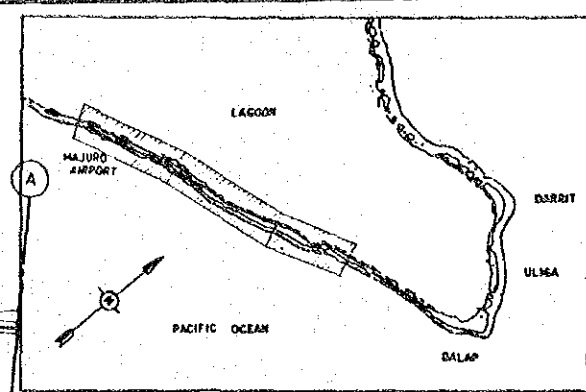
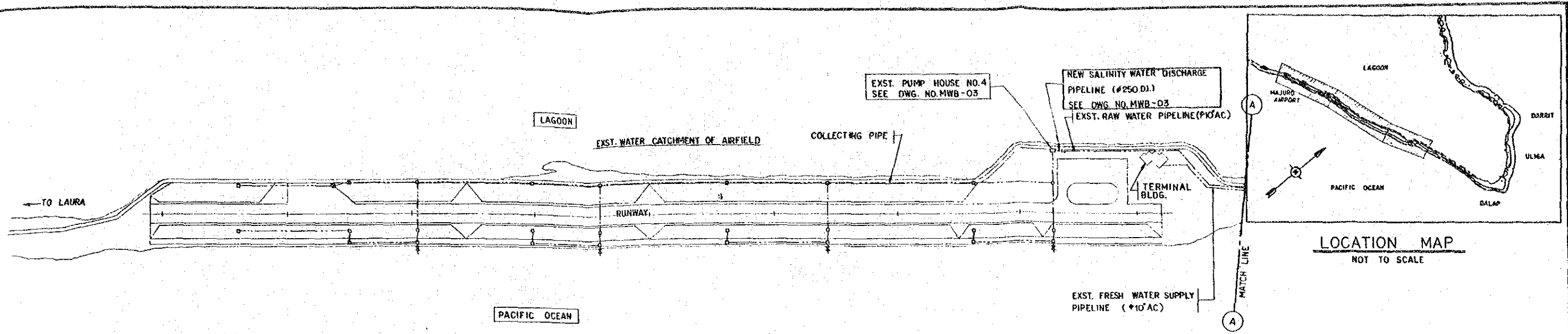
SCALE = 1/40



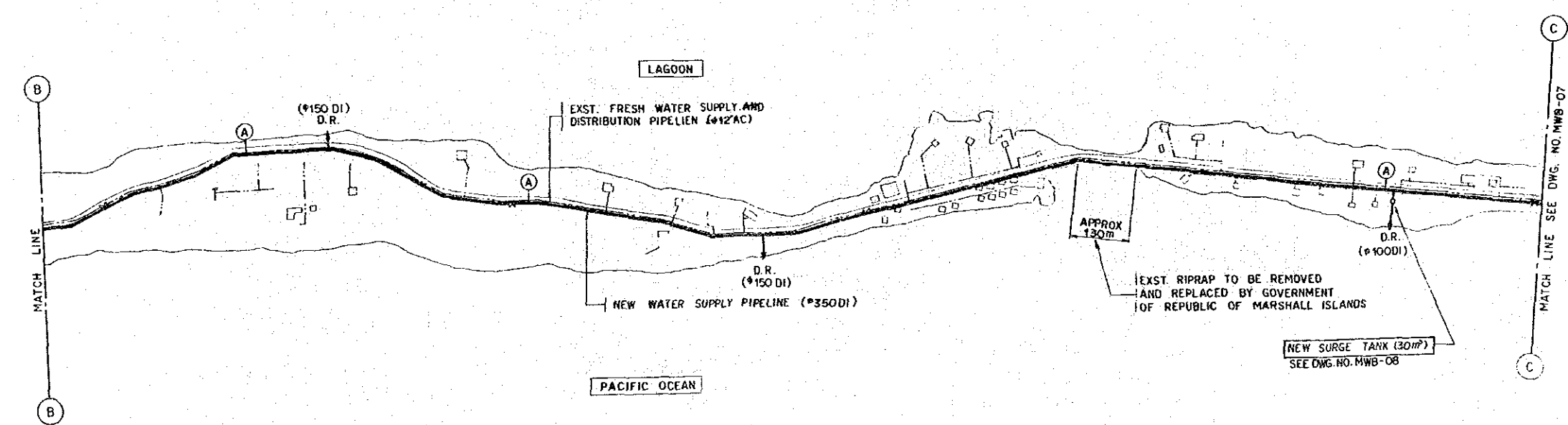
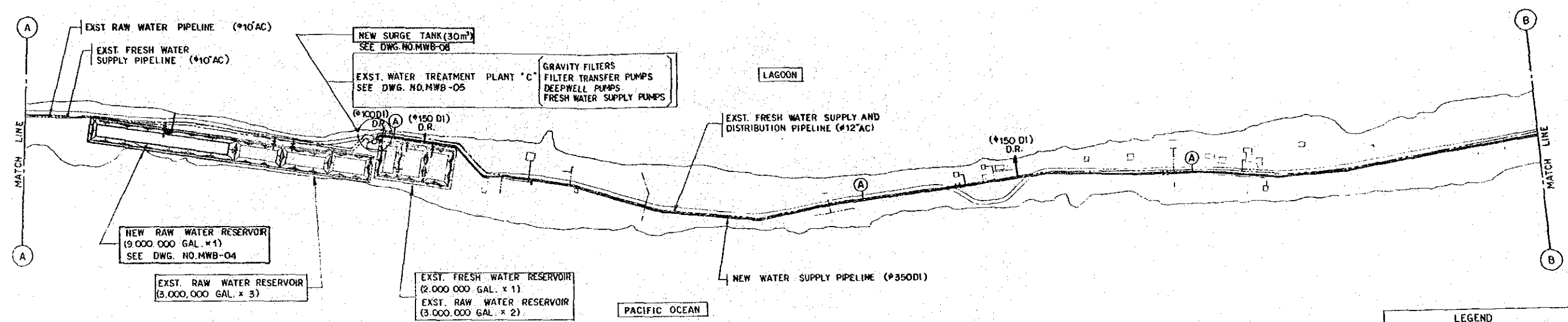
PLAN OF WATER TREATMENT PLANT "C"

SCALE = 1/40

THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS			
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL			
浄水場 "C" の新設浄水設備図			
Date	DEC, 1986	Drawing No.	MWB-05
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			

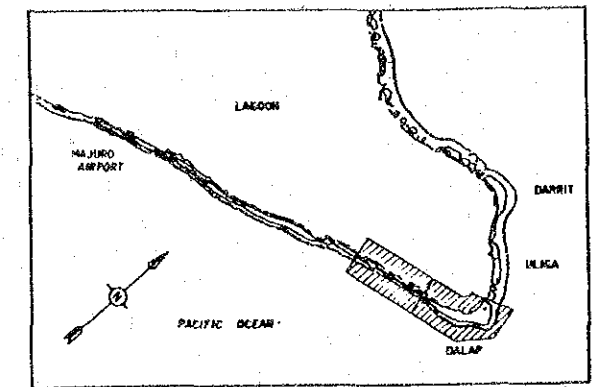
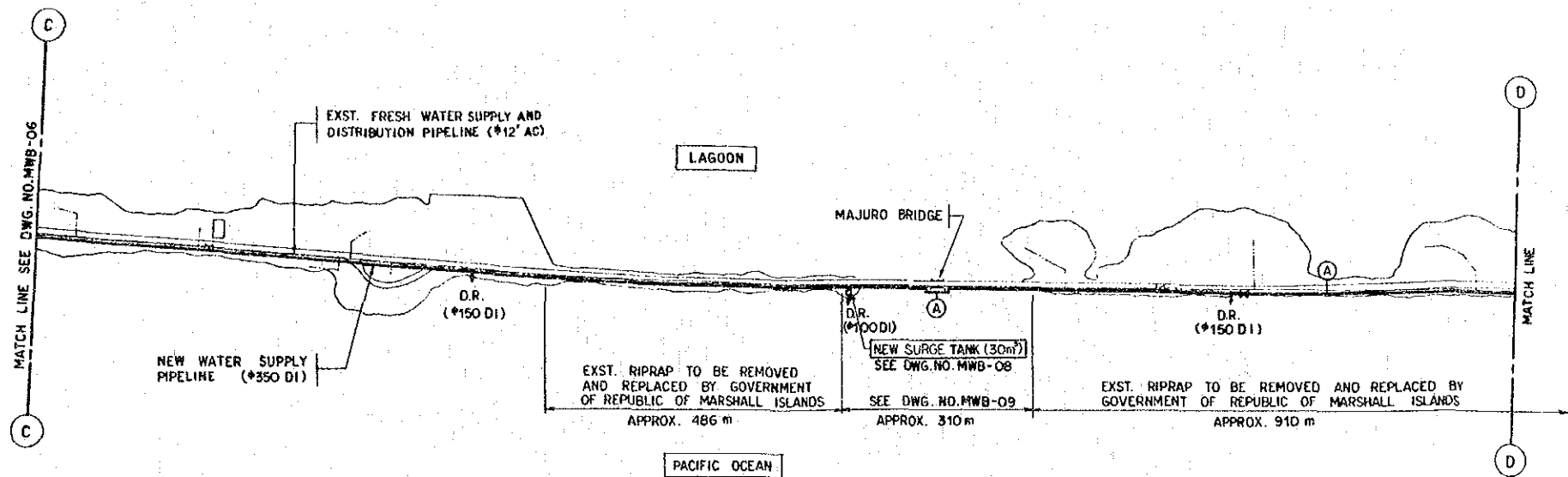


LOCATION MAP
NOT TO SCALE

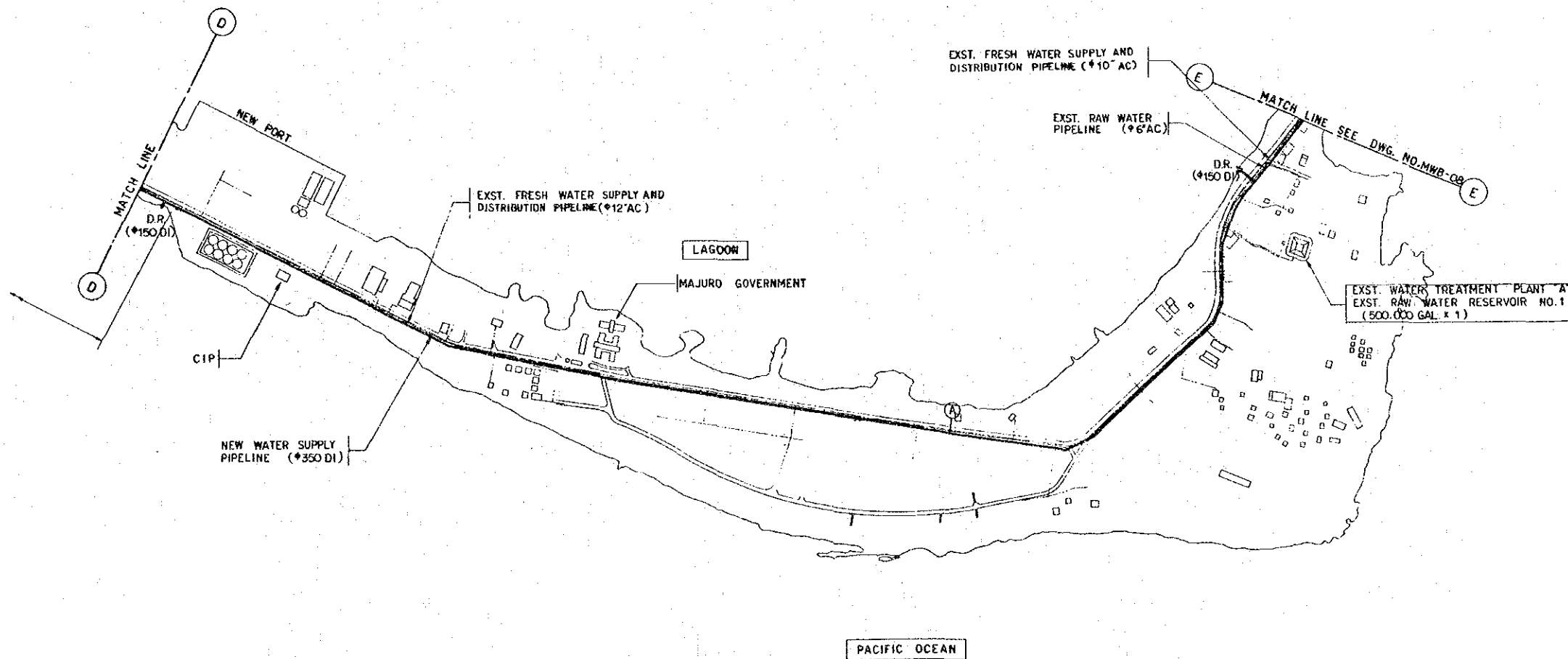
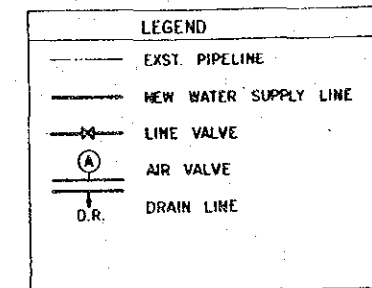


LEGEND	
---	EXST. PIPELINE
—	NEW WATER SUPPLY LINE
⊗	LINE VALVE
⊙	AIR VALVE
—	DRAIN LINE

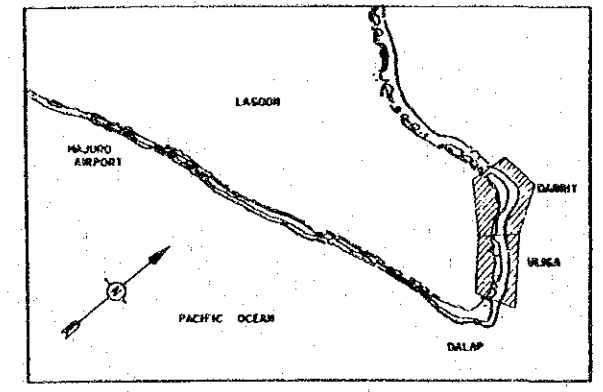
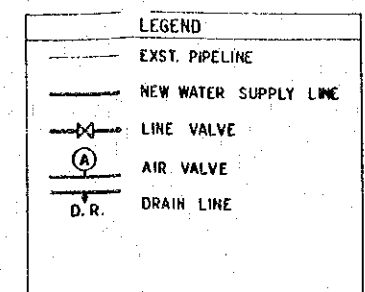
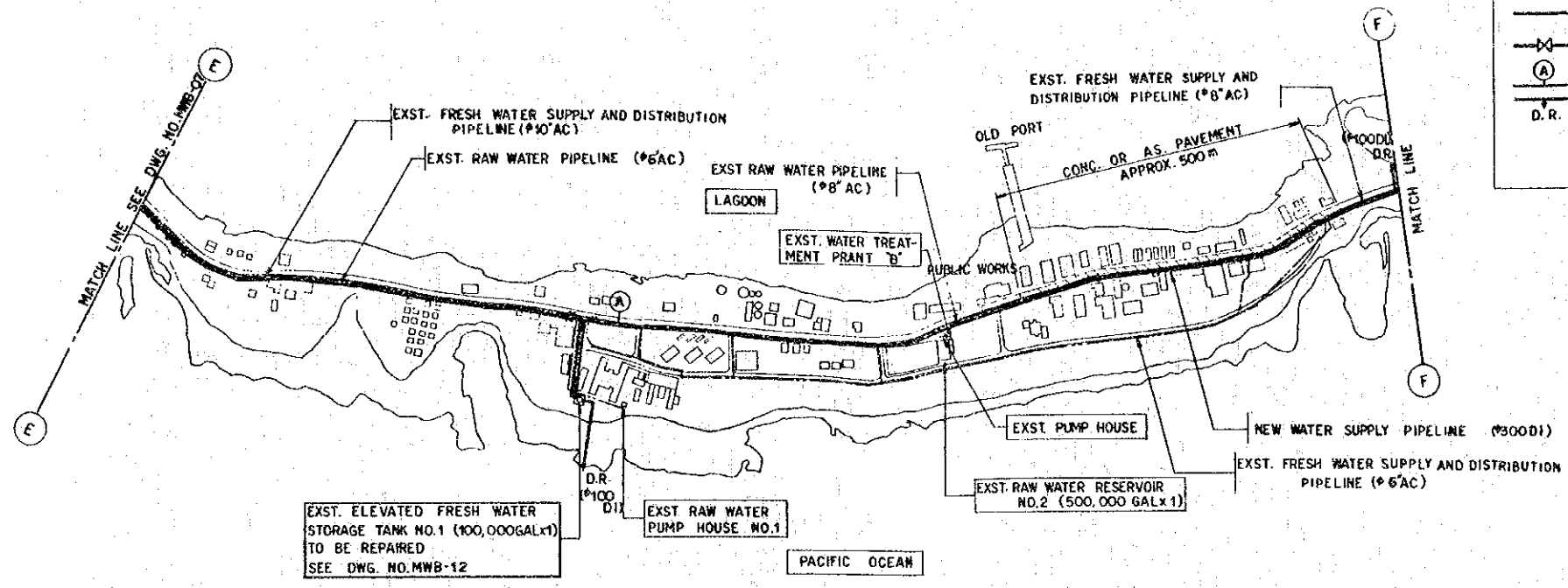
THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS			
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL			
新設送水管路平面図 (1 / 3)			
Date	DEC, 1986	Drawing No.	MWB-06
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			



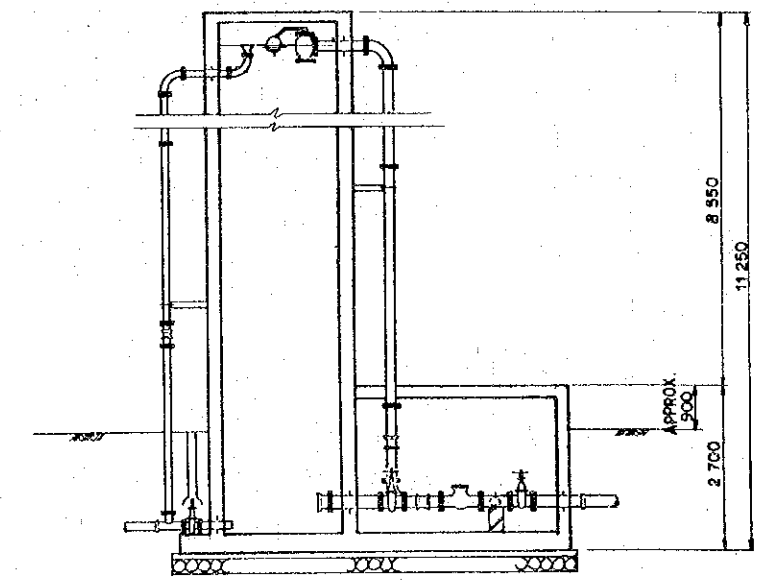
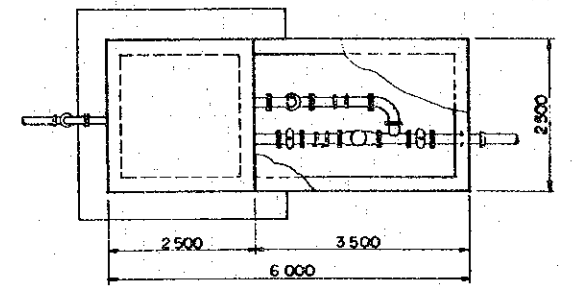
LOCATION MAP
NOT TO SCALE



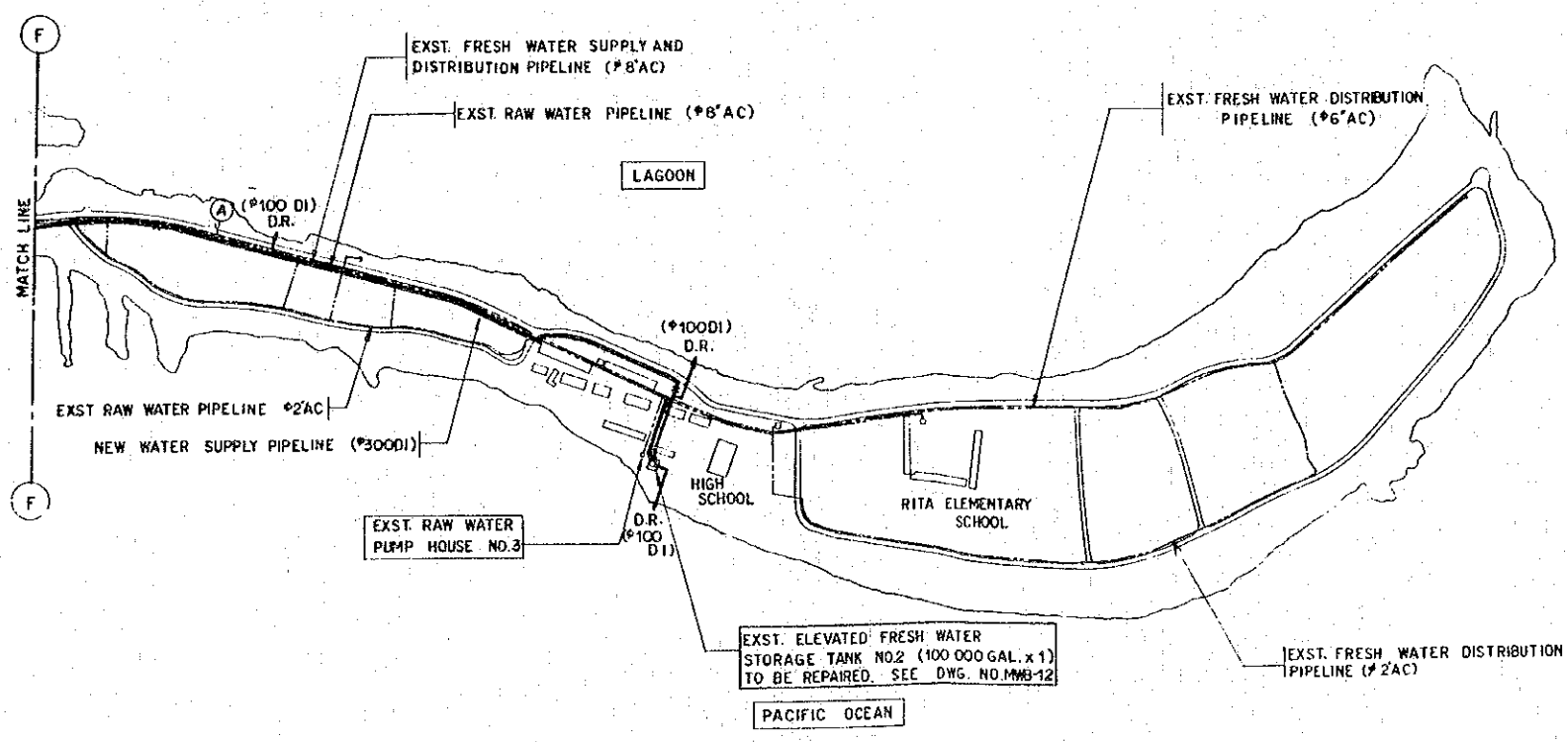
THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS			
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL			
新設送水管路平面図 (2 / 3)			
Date	DEC, 1986	Drawing No.	MWB-07
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			



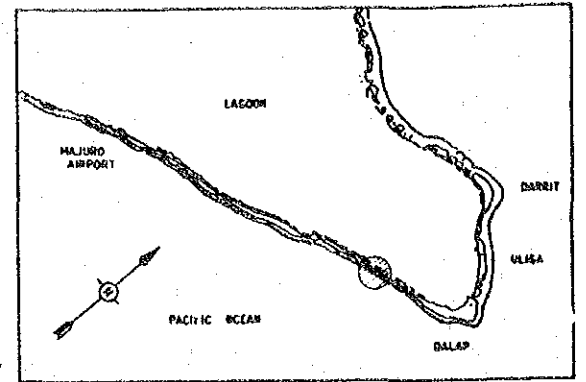
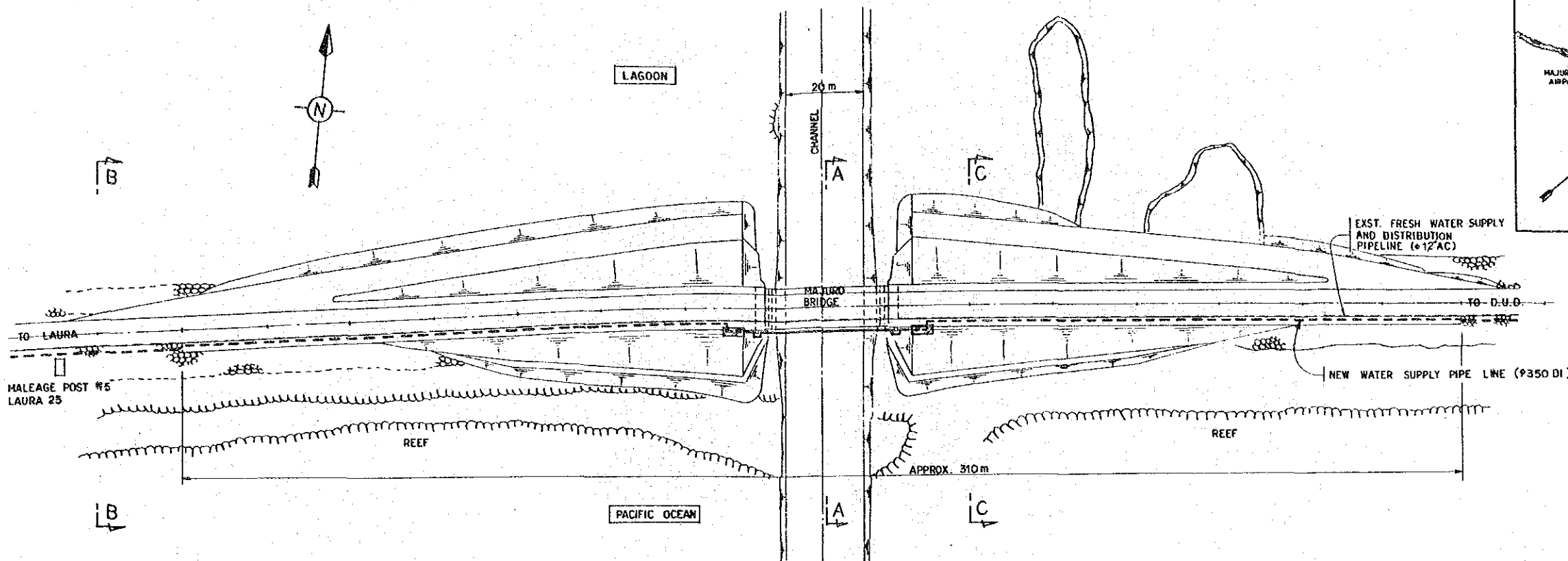
LOCATION MAP
NOT TO SCALE



NEW SURGE TANK
SCALE = 1/60

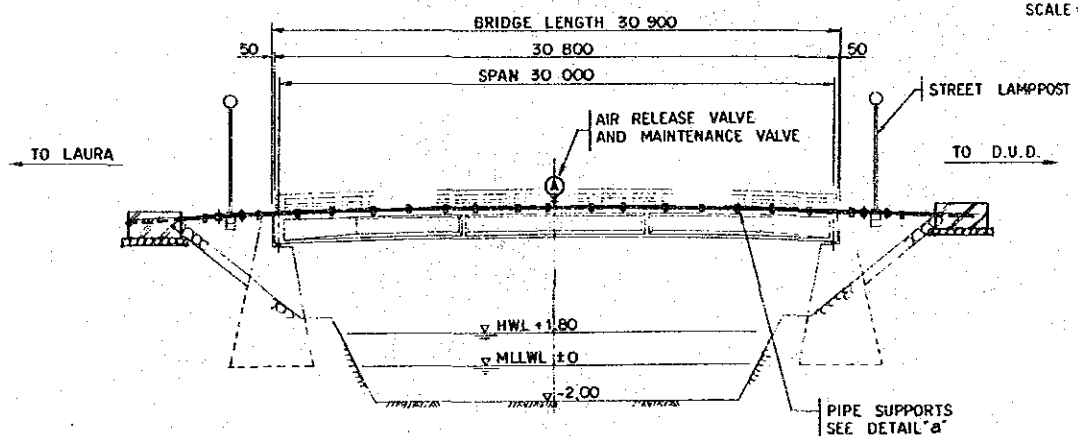


THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS			
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL			
新設送水管路平面図 (3 / 3)			
Date	DEC, 1986	Drawing No.	MWB-08
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			

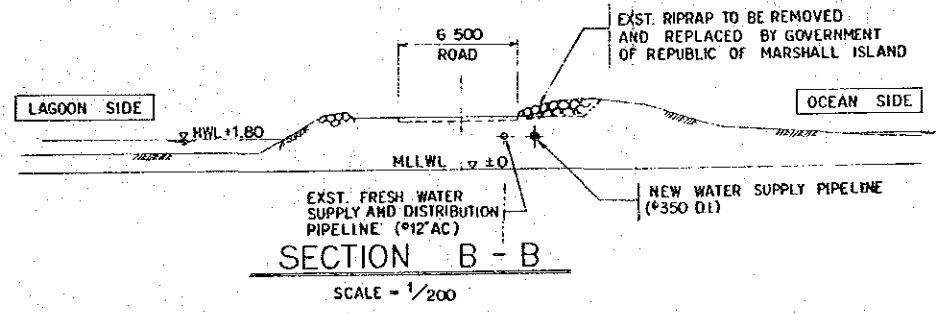


LOCATION MAP
NOT TO SCALE

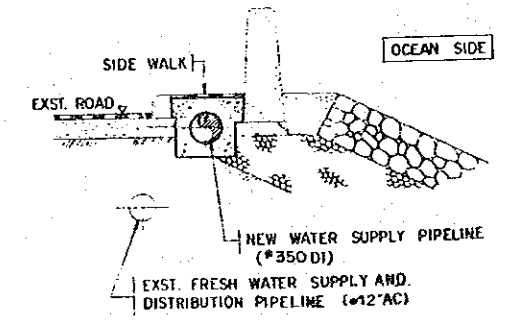
PLAN
SCALE = 1/600



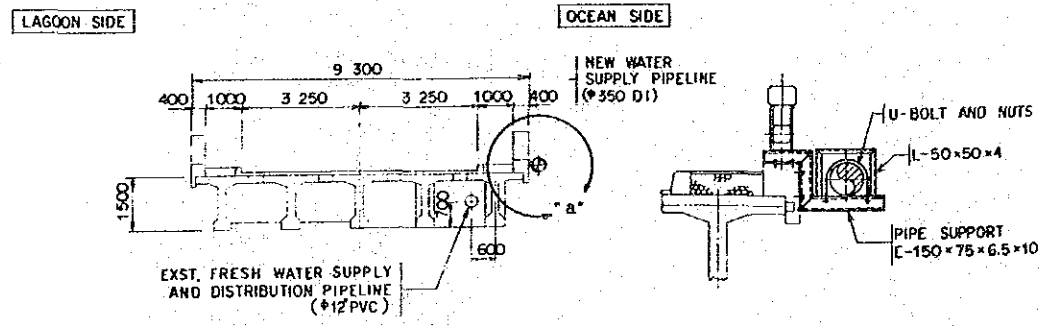
ELEVATION
SCALE = 1/200



SECTION B - B
SCALE = 1/200

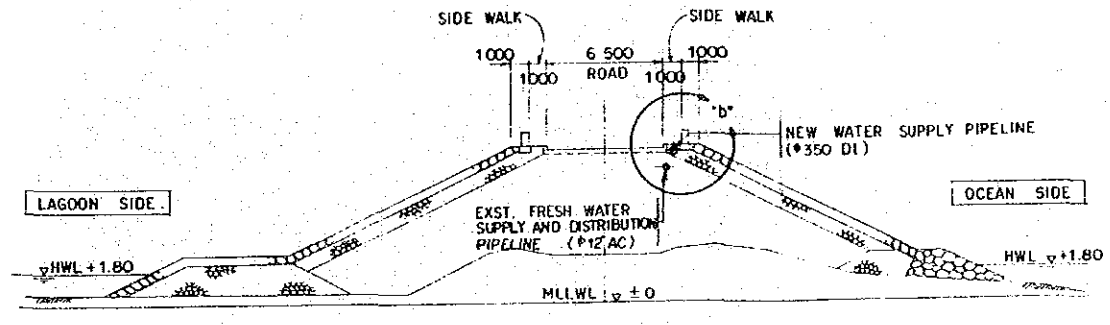


DETAIL "b"
SCALE = 1/40



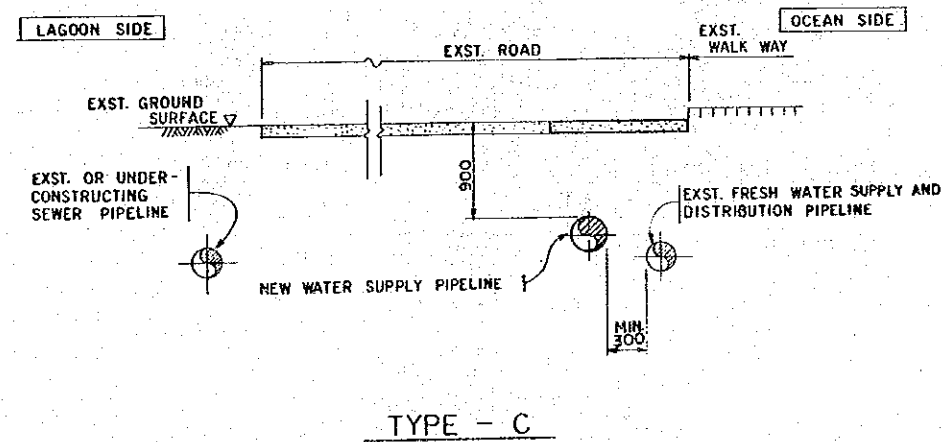
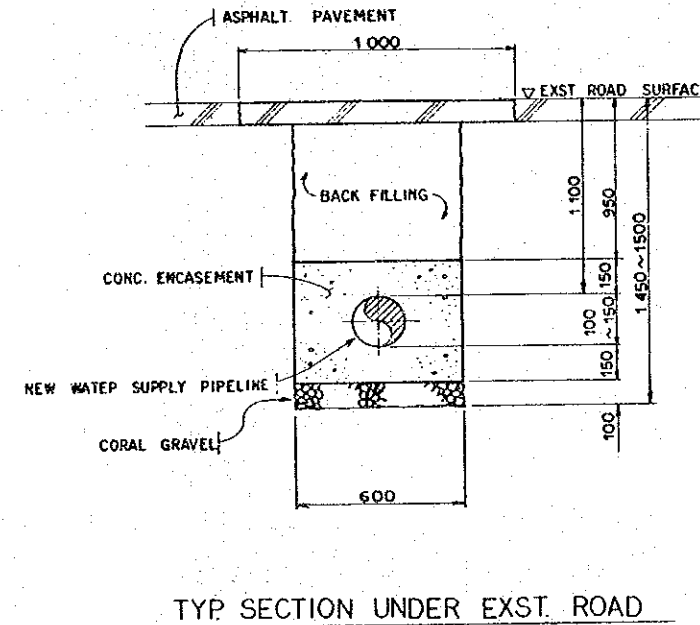
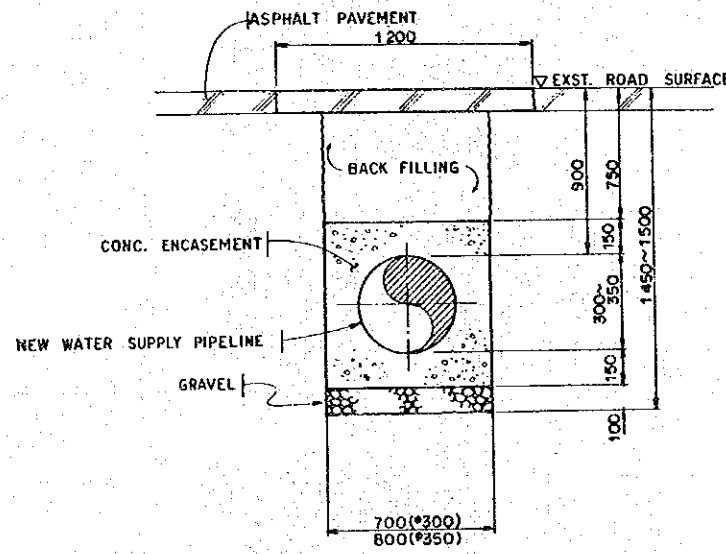
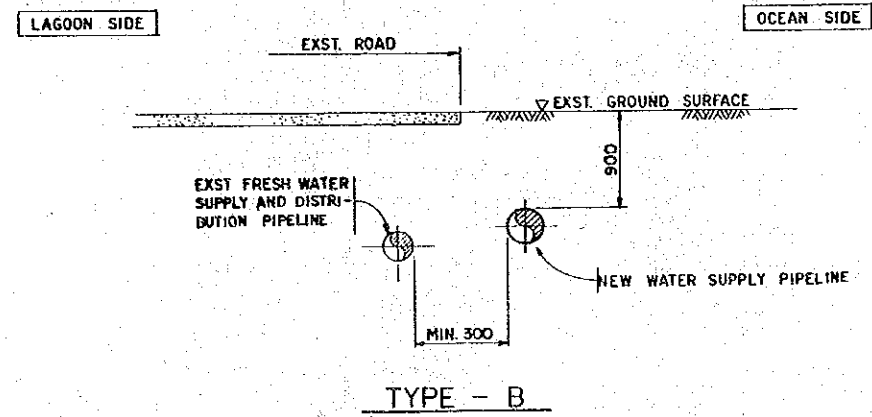
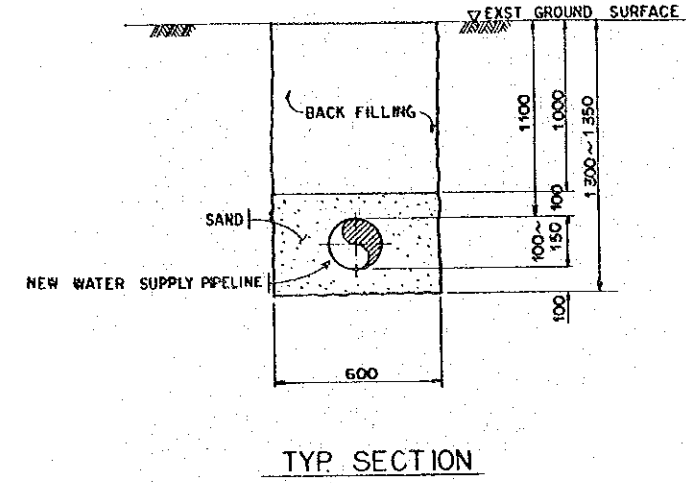
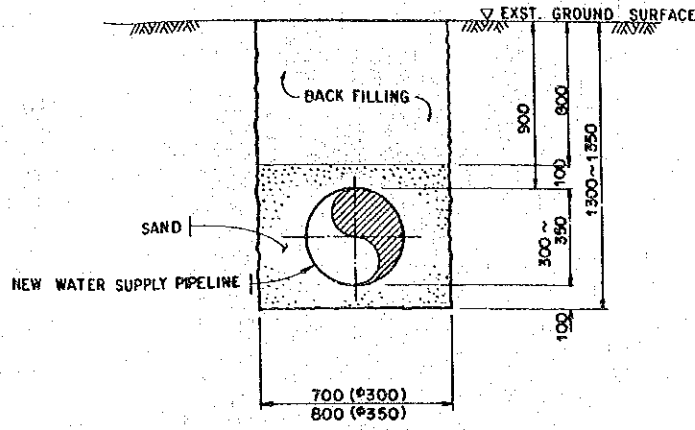
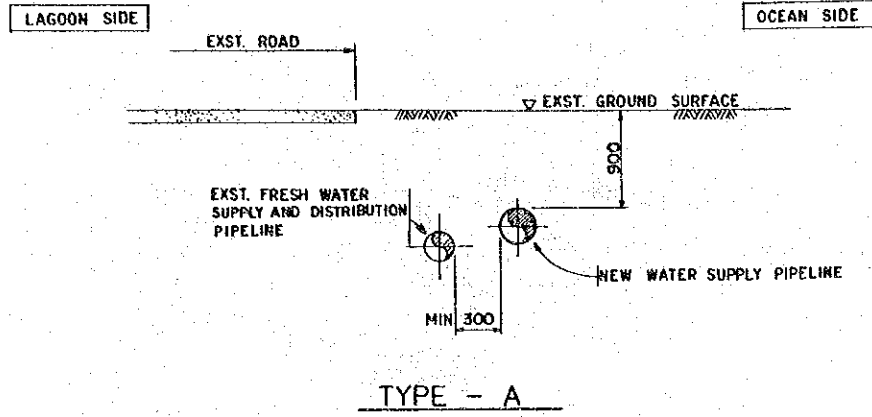
SECTION A - A
SCALE = 1/100

DETAIL "a"
SCALE = 1/40



SECTION C - C
SCALE = 1/200

THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS			
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL			
新設送水管路詳細図 (1/3)			
Date	DEC, 1986	Drawing No.	MWB-09
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			



TYP. SECTION UNDER EXST. ROAD

TYP. SUPPLY PIPE TRENCH

NOT TO SCALE

TYP. DRAIN PIPE TRENCH

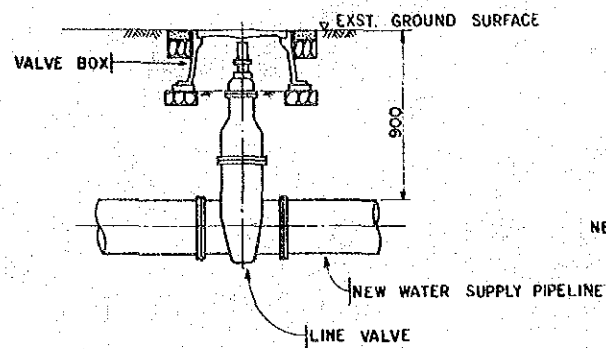
NOT TO SCALE

TYP. SECTION OF NEW WATER SUPPLY PIPE

NOT TO SCALE

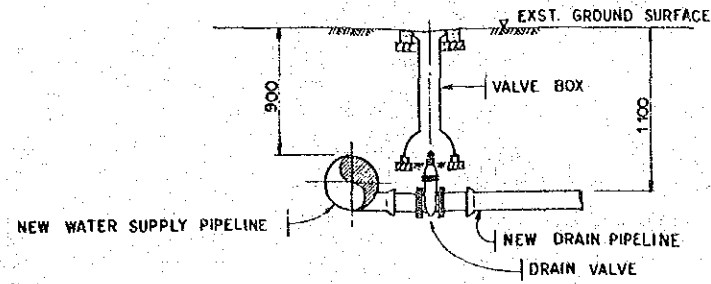
NOTE : AT PART OF BENDING, SEPARATION BETWEEN TWO PIPES SHALL BE KEPT MORE THAN 300 mm.

THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS			
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL			
新設送水管路詳細図 (2 / 3)			
Date	DEC, 1986	Drawing No.	MWB-10
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			



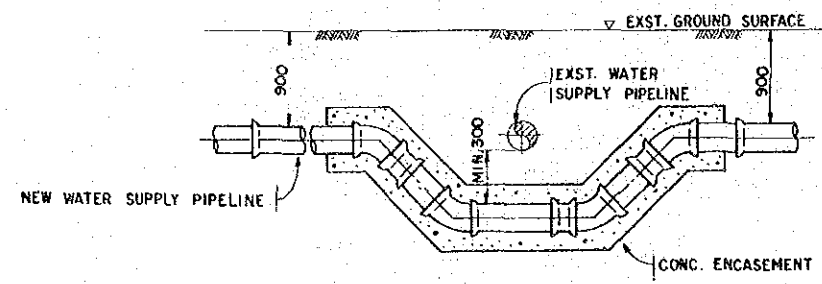
TYP. LINE VALVE BOX

NOT TO SCALE

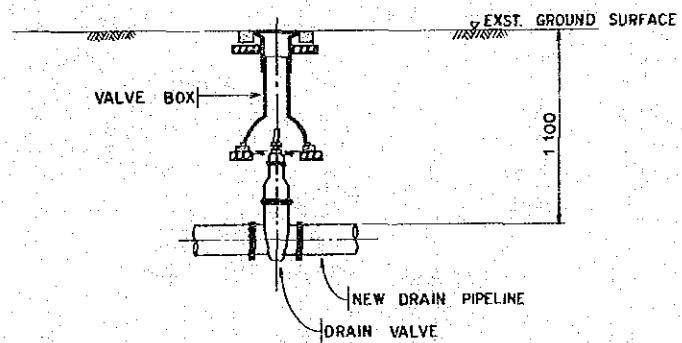


TYP. DRAIN BRANCH

NOT TO SCALE

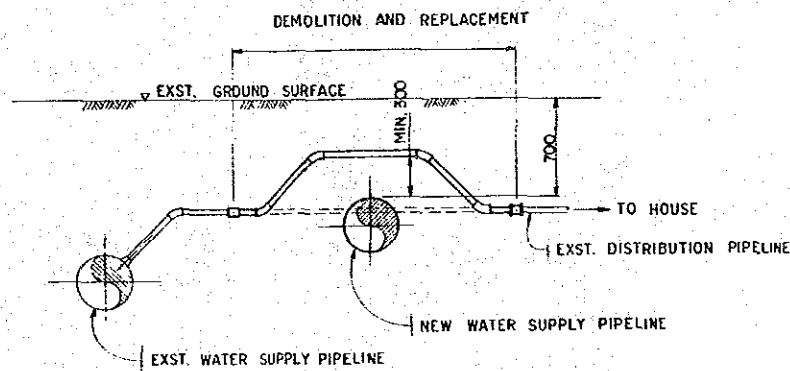


TYPE A



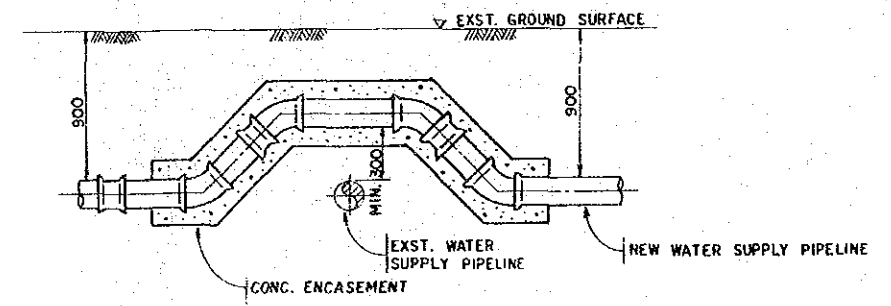
TYP. VALVE BOX FOR DRAIN LINE

NOT TO SCALE



TYP. REPLACEMENT OF DISTRIBUTION PIPE AT PARTS CROSSING NEW WATER LINE

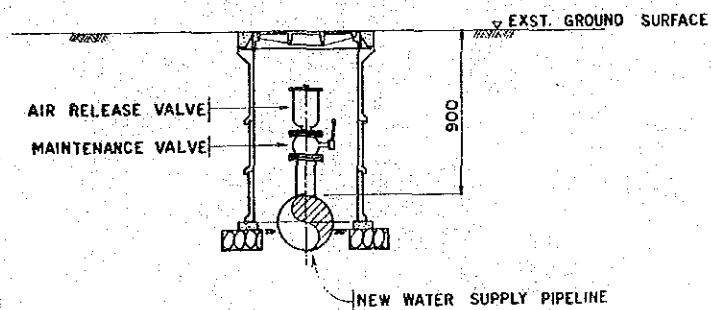
NOT TO SCALE



TYPE B

TYP. PIPE CROSSING OF EXST WATER MAIN PIPE

NOT TO SCALE



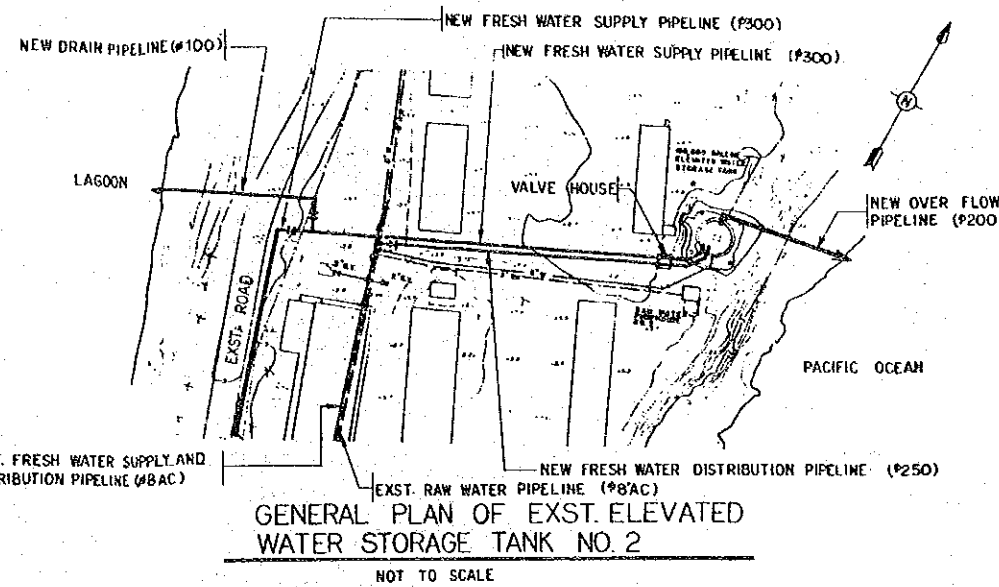
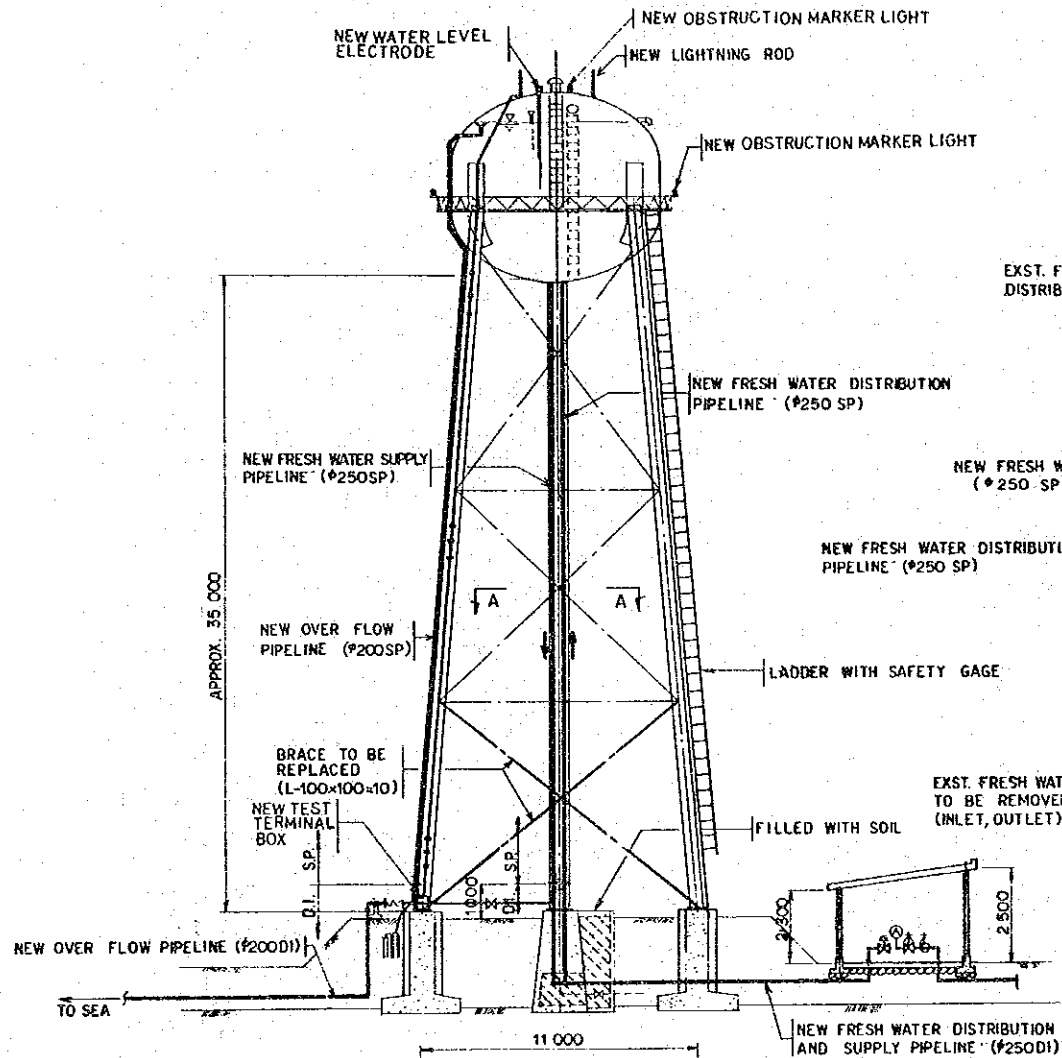
TYP. AIR VALVE BOX

NOT TO SCALE

THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS			
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL			
新設送水管路詳細図 (3 / 3)			
Date	DEC, 1986	Drawing No.	MWB-11
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			

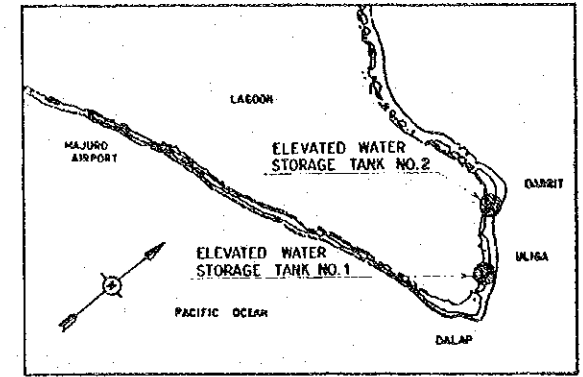
ELEVATION AND PLAN OF 100,000 GAL. EXST. ELEVATED FRESH WATER STORAGE TANK

NOT TO SCALE



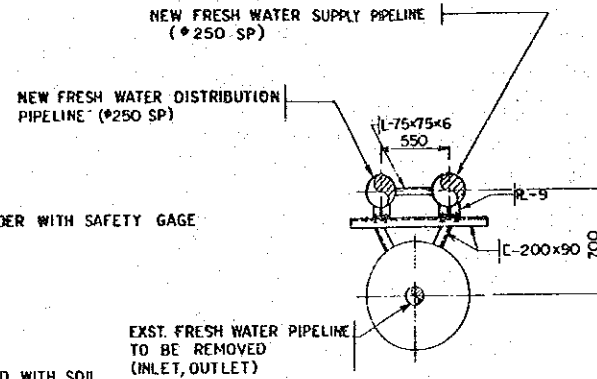
GENERAL PLAN OF EXST. ELEVATED WATER STORAGE TANK NO. 2

NOT TO SCALE



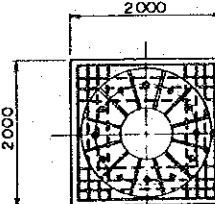
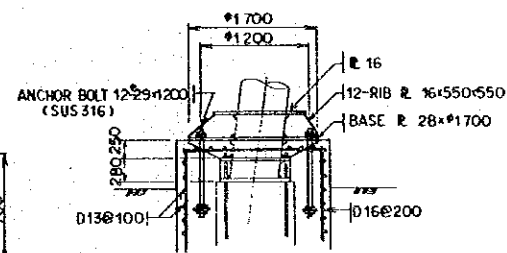
LOCATION MAP

NOT TO SCALE

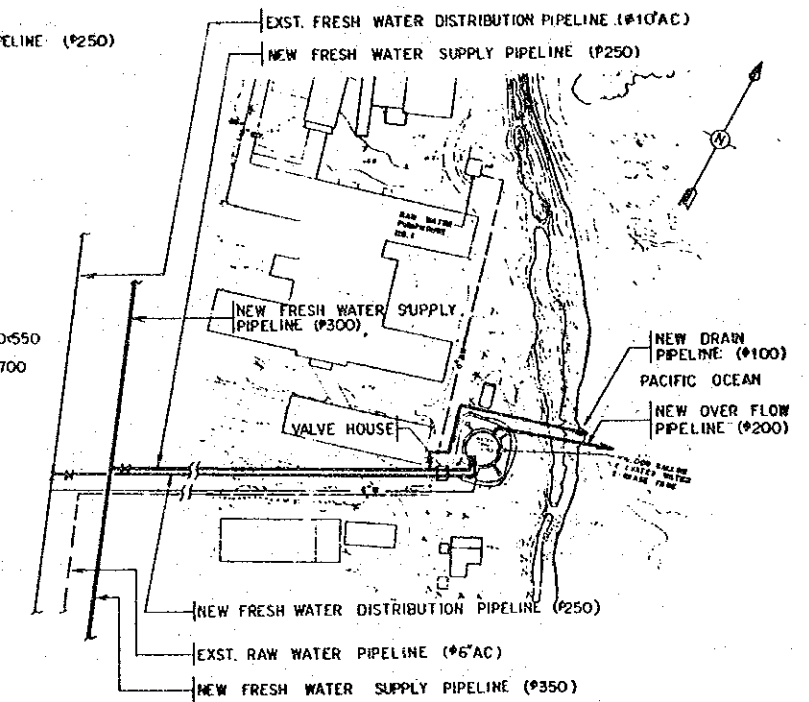


SECTION A-A

NOT TO SCALE

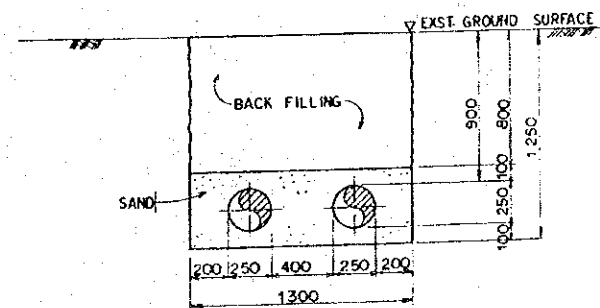
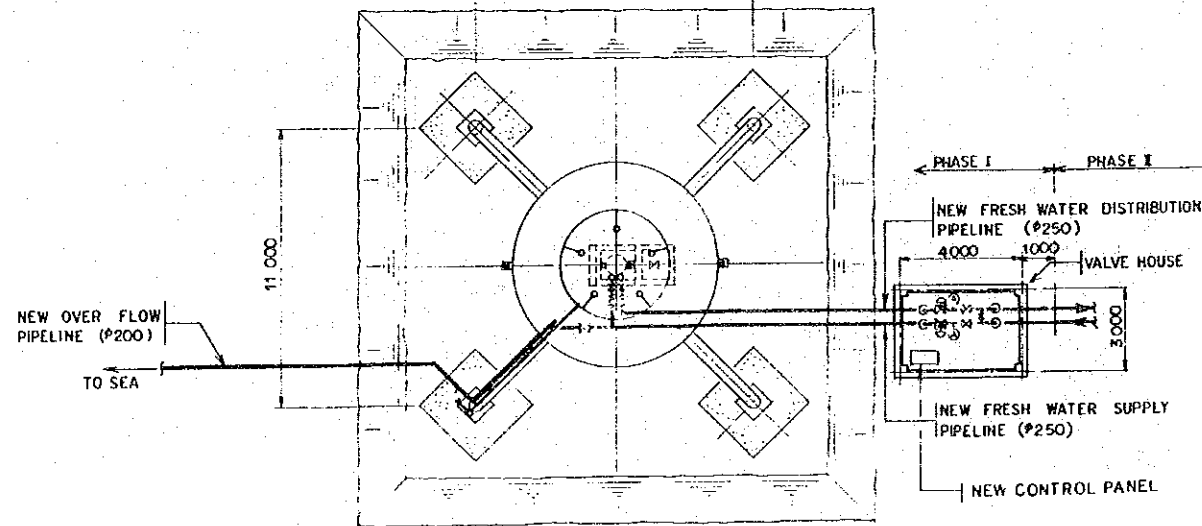


DETAIL OF ANCHOR



GENERAL PLAN OF EXST. ELEVATED WATER STORAGE TANK NO. 1

NOT TO SCALE



TYP. SUPPLY AND DISTRIBUTION TRENCH

NOT TO SCALE

THE REPUBLIC OF THE MARSHALL ISLANDS DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS			
THE IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MAJURO ATOLL			
既設高架水槽No. 1及びNo. 2平面及び立体図			
Date	DEC, 1986	Drawing No.	MWB-12
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			

5-4 概算事業費

本計画に要する概算事業費は、概ね下記のとおりと見込まれる。

1) 日本国政府負担分

① 概算事業費

PHASE I	:	4.1億円
PHASE II	:	5.4億円
合計		9.5億円

2) 「マ」国政府負担分

① 概算積算条件

・積算時点	1986年8月
・工事方法	公共事業省の直轄工事
・建設機械損料	なし
・人件費	なし
・現地調達資機材	現地単価を用いる。
・土地取得費用	なし
・工事用水料金	なし
・工事用電気料金	現地単価を用いる。

② 概算事業費

- ・日本法人会社の工事用水及び電気料金
- ・原水貯水池用地の着工前造成工事及びRIPRAPの設置工事費
- ・新設送水管路地沿いの送水管敷設前後のRIPRAPの撤去・復旧工事
- ・日本及び第3国からの輸入資機材に対する関税等の費用
- ・量水計取付工事費

計 630,000ドル (1億円)

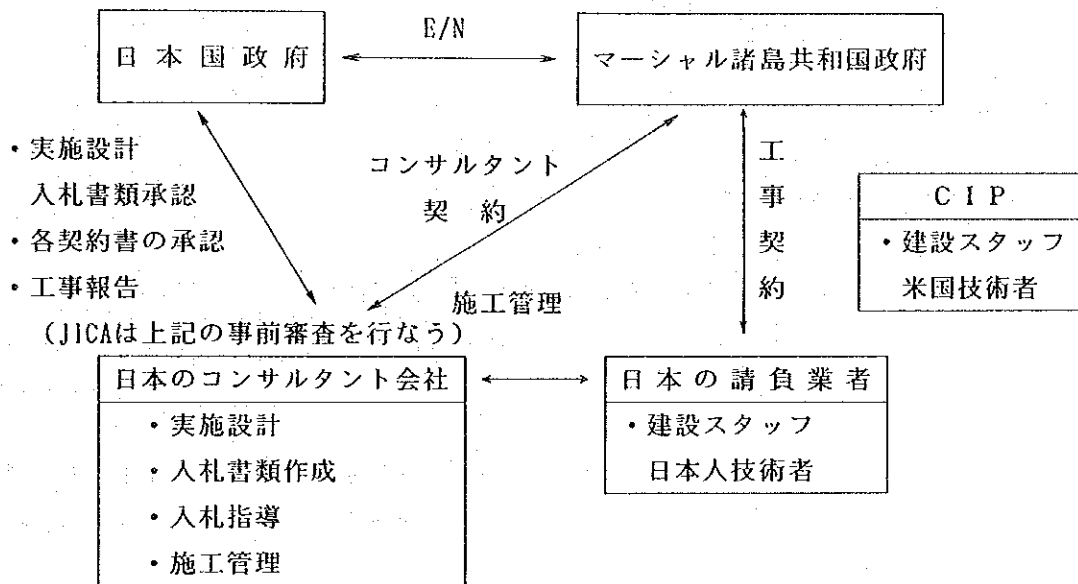
第 6 章 事業実施体制

第6章 事業実施体制

6-1 実施組織

1) 全体的な関係

本計画が日本の無償資金協力により実施されるとともに、米国の援助プロジェクトと密接な関係があるため、実施組織の全体的な関係は下図に示すようになる。



なお、既設水道設備の計画、設計、施工管理を実施しているとともに、今後の整備計画・調査を実施するCIPとは、本計画について十分密接に協議する必要がある。

2) 実施主体

「マ」国の本プロジェクト実施担当機関は、公共事業省 (MINISTRY OF PUBLIC WORKS) である。「マ」国は、日本のコンサルタントと請負業者と密接な連絡、協議を取り、本水道改善プロジェクトの一切の工事を円滑に進めるため、本プロジェクトを担当する責任者を選任する必要がある。

実施設計並びに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 施工計画

(1) 建設事情

本計画を実施するに当たっての主な建設事情は以下のとおりである。

- 1) 現地の建設業者は少なく（5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、中規模の建屋工事程度であると推定される。
- 2) 現地技術者及び技能者の能力及び労働意欲は一般に低いと懸念される。
- 3) 現地の建設業者だけでは、大規模土工事、原水貯水池遮水シート据付け工事、送水管据付工事、高架水槽足場、塗装工事、ポンプ・モータ等の機械・電気設備据付工事、及び性能試験工事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、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、調達資材があつて、それに伴う場合のみとする。
- 4) 火力発電所からリタまでの地区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、特に送水管工事の排水対策に留意する必要がある。
- 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のがかなりあると推定されるので、特に送水管工事の際、破損防止対策と復旧対策に留意する必要がある。
- 6) 高架水槽が45mと高く、更に工期が短いので労働災害及び周囲の民家、学校、教会等に建設公害を与えないよう留意する必要がある。
- 7) 高架水槽は海岸近くに建設されているため、塩害を受け易い立地条件にあるので塗装工事に留意する必要がある。
- 8) 小さなストームが通過する時、短時間ではあるが、強風と激しい降雨を伴う時があるので、高架水槽工事の足場、シート設備の安全に留意する必要がある。

(2) 施工計画

1) ポンプ場No.4への海水流入防止設備

既設送水管(φ10")の位置、埋設深さを試掘によって確認し、丁字管、バルブの取付工事を先行した後、ラグーン側への排水管埋設工事を行う。

既設送水管と排水管の取付け工事は降雨時又は直後をさけ、雨水を極力貯水するために、昼夜で実施する。

2) 原水貯水池

「マ」国により周辺主要幹線道路面とほぼ同一の高さ約1.6mまで造成された用地に原水貯水池を築造するが、貯水池の底部の一部となる用地の中央部(約30m×300m)を約0.6m掘削し、この掘削土を堤部の盛土材として流用し、ブルドーザー、グレーダーにて整正した後、大型ローラーにより転圧、締固める。築堤盛土用不足土については、現地にてRAW FILL MATERIALと称せられる土砂を購入し盛土材として使用する。

法面整正の後、遮水シートは貯水池内側全面に、専門技術者によって漏水しないよう設置する。

3) 浄水施設

浄水設備基礎工事(コンクリート基礎)の完成後、浄水設備の据付を行う。同時に、既設浄水設備配管の切廻し及び新設浄水設備への配管工事を行う。

隣接するポンプ室内に、浄水設備への送水ポンプ1基及び浄水貯水池への送水ポンプ1基を増設する。

これら、各ポンプ基礎工はポンプ室の床コンクリートを削り鉄筋を露出させ、この鉄筋に新設ポンプ基礎工の配筋を緊結させて安定を確保する。

4) 送水管

送水管の最終敷設位置については、以下に示すような要領で、試験掘りを行い、既設管位置を確認した後、公共事業省及びコンサルタントが協議して決定する。

- 浄水施設から火力発電所までの区間：200m間隔

- DUD地区：既設送水管から各家庭への全給水小管との交叉箇所及び下水道工事図面に示されている下水本管(SEWER MAIN)ならびに海水本管(SEA WATER MAIN)からの全給排水小管との交叉箇所で行なう。また、新設送水管と既設送水管との接続は一夜で実施し、極力給水に支障のないようにする。

送水管敷設のための掘削は主に機械で垂直に掘り（歩道部、既設管伏越部は手掘り）とし床付け部分の最後の約10cmは人力で行なう。

配管回りは砂で埋戻し、上層部の埋戻しは掘削土を流用して行なう。突固めはランマーを使用して十分に転圧する。

送水管（φ 350mm、φ 300mm、φ 250mm）はダクタイル鋳鉄管を使用し、送水管敷設工事で支障となる既設家庭引込管の切廻しは既設管と同等径のPVCパイプを使用して処理する。

5) 既設高架水槽（2基）の補強、改修

基本的に補強・改修工事は下記のような順序と内容で実施する。施工中及び建設後も高架水槽の安全を確保するために柱脚部をまず補強する。補強方法としては、既設鉄筋コンクリート基礎工を打増しするとともに、既設基礎工と打増しコンクリートは既設コンクリートをチップングで付着しやすくした後、差し筋で1体化を計る。

高架水槽が約45mと高く周囲に安定した足場がないと安全に所定の工事が出来ない。全面足場を高架水槽のまわりに設置した後、老朽化した既設昇降階段、ブレース、避雷針等の諸設備を撤去し、水槽タンク内外面、架溝外面など全面を長年月塗装効果を保持し得る下地工法、例えばサンドブラスト工法によって、塗料、サビ等を完全に除去する。

サンドブラスト工法などを実施する際、砂が飛散して建設公害を発生させないようにするために、全面にシートを張り、周辺住民に被害を生じないよう極力対策を講ずるものとする。除去した後、送水管、配水管、越流管、安全カゴ付き昇降階段、ブレース等を取り付け塗装する。

塗装材は高級品を選定し、耐水及び耐塩害に対処するために厚膜エポキシ樹脂等（5年間程度補修不要）を使用する。

塗装方法は少ない日本人技術者で現地労務者を使用して施工するため、その管理を確実なものとするためスプレー式とする。

中央柱内面塗装は既設送配水管を撤去した後も管径 900mmという狭所作業となるためサビ等の除去は施工可能な2種ケレンとし、塗装材はタンク、架構と同一仕様の厚膜エポキシ樹脂等を使用する。

避雷針、航空障害灯を新設し災害防止に対処する。足場は高架水槽（2基）の補強・改修工事を短期間で実施するよう計画する。

なお、水槽タンク水張り試験は「マ」国から無償支給される水を用いて実施する。

6-3 工事範囲

6-3-1 「マ」国の負担する範囲

- (1) 原水貯水池及び送水管路等水道施設のための建設用地及び仮設資機材置場用地の確保
- (2) 建設用地及び仮設資機材置場用地の着工前造成、整地
- (3) 原水貯水池用地のRIPRAPの設置及び1部新設送水管路地沿いの送水管敷設前後のRIPRAPの撤去・復旧
- (4) 建設用地までの工事道路の確保
- (5) 建設用地までの工所用電力設備の所定期日までの設置と工所用電気の無償支給
- (6) 建設用地までの恒久設備用電力設備の所定期日までの設置
- (7) 建設用地までの工用水の確保と無償支給
- (8) 建設工事に必要な資機材の輸入に対する税金、日本法人会社にかかる事業税及び通関手数料などの免税措置
- (9) 派遣された日本人への便宜と免税措置
- (10) 量水計取付工事費
- (11) 維持・管理の実施と維持管理に要する費用の確保

6-3-2 日本政府の負担する範囲

- (1) 貯水容量9百万ガロンを有する原水貯水池の1基の建設
- (2) 約15.0kmの送水管および付帯設備の建設
- (3) 既設高架水槽(2基)の補強、改修、整備及び付帯設備の建設
- (4) 漏水防止のための量水計750個の資材供与
- (5) 付帯施設の建設
 - (5-1) ポンプ場№4の海水流入防止設備とポンプ集合配水管の1部整備
 - (5-2) 処理能力226ガロン/分を有する浄水設備1基と付帯ポンプ設備の設置