

れた。原水は沈砂池を経て地下タンクから4基（うち1基は予備）の堅型タービンポンプ（揚程330m、1.975m³/分/基）によりカンブライ浄水場へ送水されている。雨期には堰に多量の土砂が堆積し取水に支障を来していたが、本年EMPAGUA独自の予算で堤体に土砂吐ゲートを設置したことにより現在特に問題はない。またEMPAGUAは乾期の水量不足を補うためポンプ場内に深井戸を築造し、現在試験運転中である。

3. 4. 3 浄水施設の現状

計画対象となる3浄水場はいずれも凝集沈殿・急速濾過の処理方式を採用している。竣工年はサントルイサ：1938年、カンブライ：1942年、イルシオネス：1971年で、すでに完成から20年から50年以上が経過しており、主要設備は老朽化の進行による故障や機能低下が著しい状況である。

各対象浄水場の施設構成は表-13に、また施設配置は図-4に、また各システムの構成は図-5にそれぞれ示す通りである。

3浄水場の水源はいずれも河川で、季節的に量と質が大きく変動する。すなわち乾期には水質は良いが河川流量が需要を下回り、逆に雨期には量的には十分であるが浄水場の機能を越える程の高濁度の水質となるため、取水停止を余儀なくされることがしばしば発生する。また集水流域での宅地開発や住民の無秩序な定住による生活排水の水源河川への流入の影響で、近年水質汚染の兆候も出はじめており、浄水施設整備上の将来の課題となりつつある。

既存浄水場の主たる処理項目は濁度除去及び消毒である。特に雨期の高濁度への対応が重要であり、原水濁度と流入量に対応した凝集剤の注入、堆積汚泥量を考慮したフロック形成池、凝集沈殿池の管理、また沈殿工程で処理仕切れなかった微細フロックの影響を考慮した濾過池逆洗の実施など、現場での適切な施設運転が必要とされる。しかし機械の故障や機能低下により、いずれの浄水場でも多くの困難に直面している。

EMPAGUAは施設の抜本的な改修の必要性は認識しているが、限られた財政状況の下、施設の維持補修を十分に実施することができない状況である。また市民からは断水や時間給水による給水量の不足に対する苦情も少なくなく、浄水場の運転を一定期間止めて修理や維持補修するにも困難が伴う。しかし現場担当技術者たちの創意と努力により、どうにか運転が継続され市民への給水もなされている。

計画対象である3浄水場の施設の現況は以下に記述する通りである。

表-13 浄水場施設の構成

項目	イロンオネネ浄水場		サンタルイサ浄水場		カンブライ浄水場	
	建設内容	設計容量	建設内容	設計容量	建設内容	設計容量
施設建設の歴史	1971年：原浄水施設の完成： 凝集沈澱池 2池 開放型重力式濾過池 4池 関連施設 1式	25,000m ³ /日	1938年：原浄水施設の完成： 凝集沈澱池 I 2池 重力式濾過池 I 9基 1958年：第1次拡張 混和70%形成池 1池 凝集沈澱池① 1池 重力式濾過池 II 10基 アカタン配水池 2池 1976年：地震により沈澱池①倒壊 1977年：凝集沈澱池 I の改良 (流末に傾斜板の設置) 1978年：凝集沈澱池 II 建設 横流式傾斜板	18,000m ³ /日 45,000m ³ /日 18,000m ³ /日 40,000m ³ /日	1942年：原浄水施設の完成： 混和70%形成池 1池 凝集沈澱池 2池 重力式濾過池 I 4基 1970年：第1次拡張 凝集沈澱池 1池 重力式濾過池 II 4基	*6,200m ³ /日 (上流側)
主要施設の仕様	1985年：排泥水回収設備の建設		水平方向迂流式	1池	水平方向迂流式	1池
1. 混和70%形成池			沈澱池 I：横流式、傾斜板位置部設置 39.6m×18.8m×6.0m(深)、表面積 740m ² 滞留時間 4時間 処理能力 24,000m ³ /日 沈澱池 II：横流式、全面傾斜板設置 17.7m×9.8m×4m(深)、表面積 178m ² 滞留時間 1.1時間 処理能力 16,000m ³ /日	1池	横流式： 41.7m×12.0m×6.0m(深)×3列 表面積 500m ² ×3池、 滞留時間 13.5時間	3池
2. 凝集沈澱池	パルセーター型(フランス製)：2池 11.8m×16.7m×4m(深) 有効表面積 167m ² ×2池 滞留時間 1.3時間	4池	重力式砂濾過池 4.0m×10.5m、濾過面積 42.0m ² ：4池 濾過砂層 80cm、(筒径 0.95mm、粒径 1.7) 濾過速度 149m/日 (筒径25,000m ³ /日に別して) 逆洗方式：水と空気併用洗浄	9基 φ2.5m×5.7m、濾過面積 14.25m ² ：3基 φ2.5m×9.0m、濾過面積 22.5m ² ：6基 10基 φ2.5m×7.2m、濾過面積 18.0m ² 濾過面積計 357.75m ² 濾過速度 112m/日 (筒径40,000m ³ /日に別して) 逆洗方式：水洗浄	圧力式濾過池 I：横型鋼板製 φ2.5m×5.7m、濾過面積 14.25m ² 圧力式濾過池 II：横型鋼板製 φ2.5m×9.0m、濾過面積 22.5m ² 濾過砂層 砂とアンスラサイト 濾過面積計 147.0m ² 濾過速度 109m/日 (筒径16,000m ³ /日に別して) 逆洗方式：水洗浄	4基 4基
3. 濾過池			圧力式濾過池 I：横型鋼板製 φ2.5m×5.7m、濾過面積 14.25m ² ：3基 φ2.5m×9.0m、濾過面積 22.5m ² ：6基 10基 φ2.5m×7.2m、濾過面積 18.0m ² 濾過面積計 357.75m ² 濾過速度 112m/日 (筒径40,000m ³ /日に別して) 逆洗方式：水洗浄	9基 φ2.5m×5.7m、濾過面積 14.25m ² ：3基 φ2.5m×9.0m、濾過面積 22.5m ² ：6基 10基 φ2.5m×7.2m、濾過面積 18.0m ² 濾過面積計 357.75m ² 濾過速度 112m/日 (筒径40,000m ³ /日に別して) 逆洗方式：水洗浄	圧力式濾過池 I：横型鋼板製 φ2.5m×5.7m、濾過面積 14.25m ² 圧力式濾過池 II：横型鋼板製 φ2.5m×9.0m、濾過面積 22.5m ² 濾過砂層 砂とアンスラサイト 濾過面積計 147.0m ² 濾過速度 109m/日 (筒径16,000m ³ /日に別して) 逆洗方式：水洗浄	4基 4基
4. 薬注設備			ドライファイダー式(米国製) 同上 前塩素、後塩素用(注入器3基) ドライファイダー式	1基 1基 1式 1基	同左 同左 後塩素用(注入器2基)	1基 1基 1式
5. 配水池	コンクリート製矩形タンク 容量：4,150m ³	1基	コンクリート製矩形タンク 容量：Q ₁ =30,940m ³ 、Q ₂ =13,140m ³	2基	コンクリート製矩形タンク 容量：3,300m ³	1基
6. 逆洗水回収装置	逆洗排水貯留池(Q=625m ³) 横型サクションポンプ 送水量 2.0m ³ /分、揚程 30m	1基 2基	排水貯留池(Q=270m ³) 横型サクションポンプ 送水量 3.15m ³ /分、揚程 30m	1基 2基	逆洗排水貯留池(Q=624m ³) 横型サクションポンプ 送水量 1.2m ³ /分、揚程 30m	1基 2基
7. 凝集池排水回収装置	コンクリート製矩形タンク 横型サクションポンプ	1基 2基	コンクリート製矩形タンク 横型サクションポンプ	1基 2基	同左	
8. 流量計	流入側：ベンチュリー型流量計 流出側：同上	1基 1基	同左	1式 1式	同左	1式
9. 水質試験器具	ジャーナスター、濁度計、色度計等	1式	同左	1式	同左	1式
10. 受変電設備	変圧器13.2KV/240V	1式	変圧器13.2KV/240V 変圧器13.2KV/415V	1式 1式	変圧器13.2KV/240V	1式

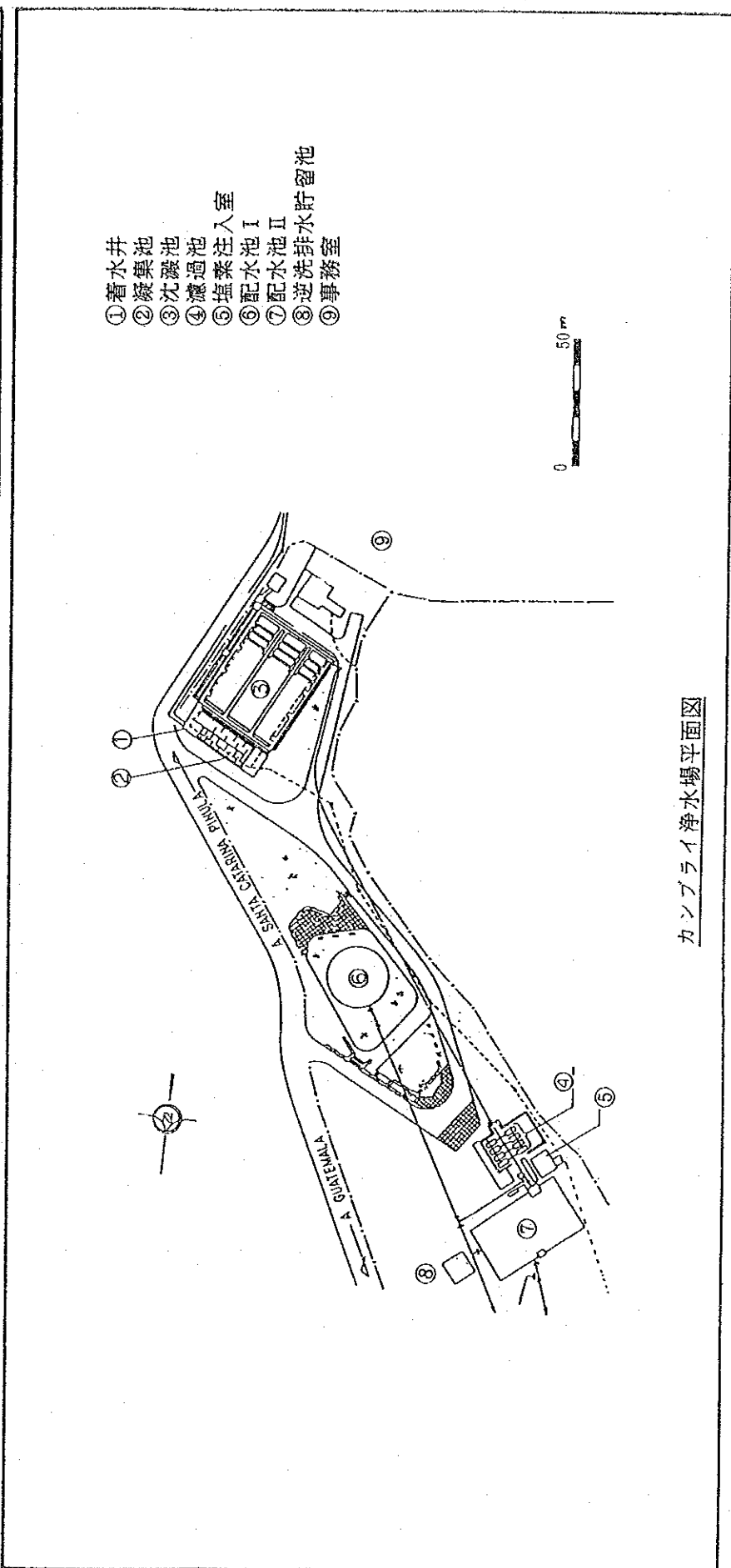
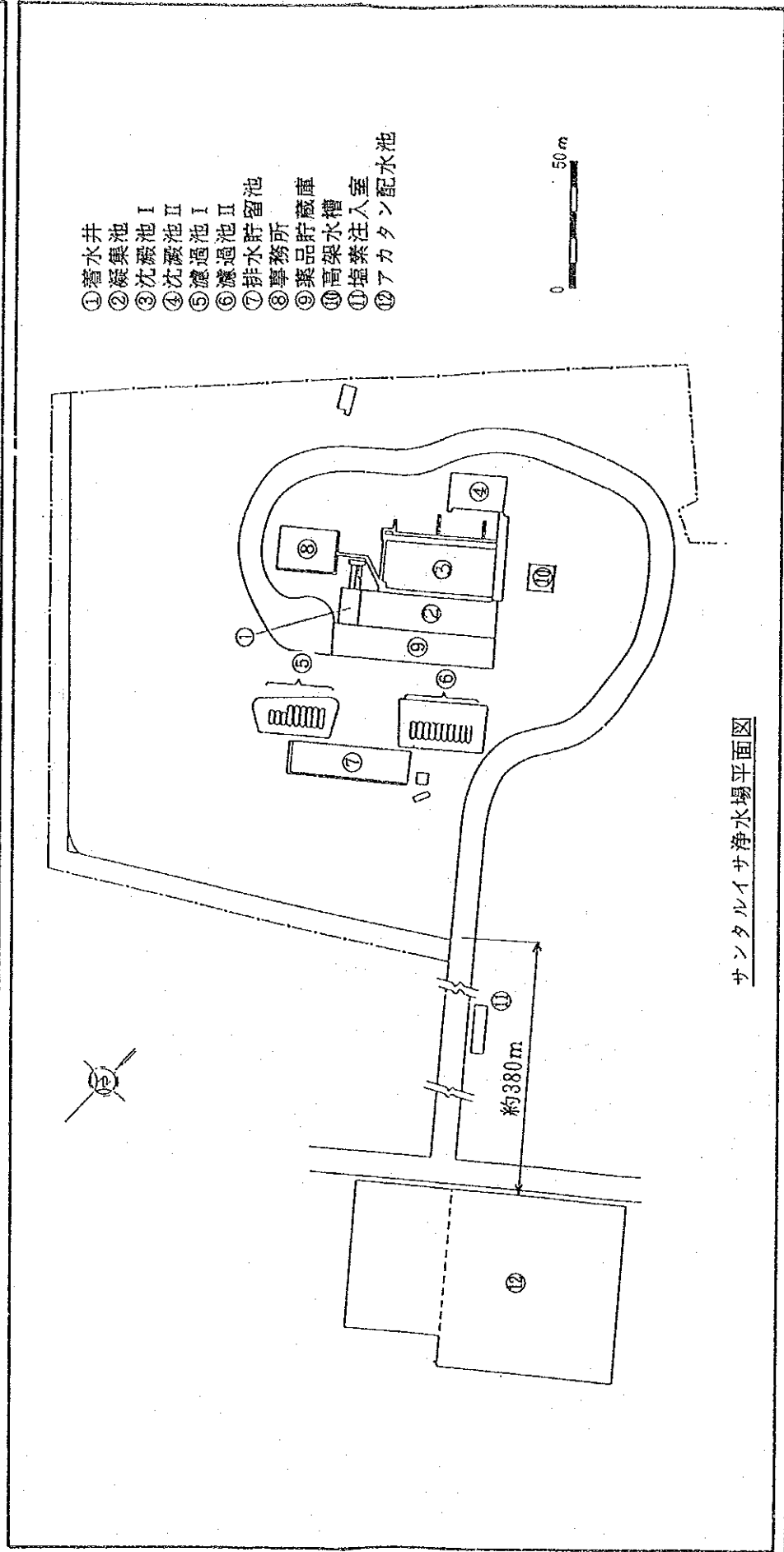
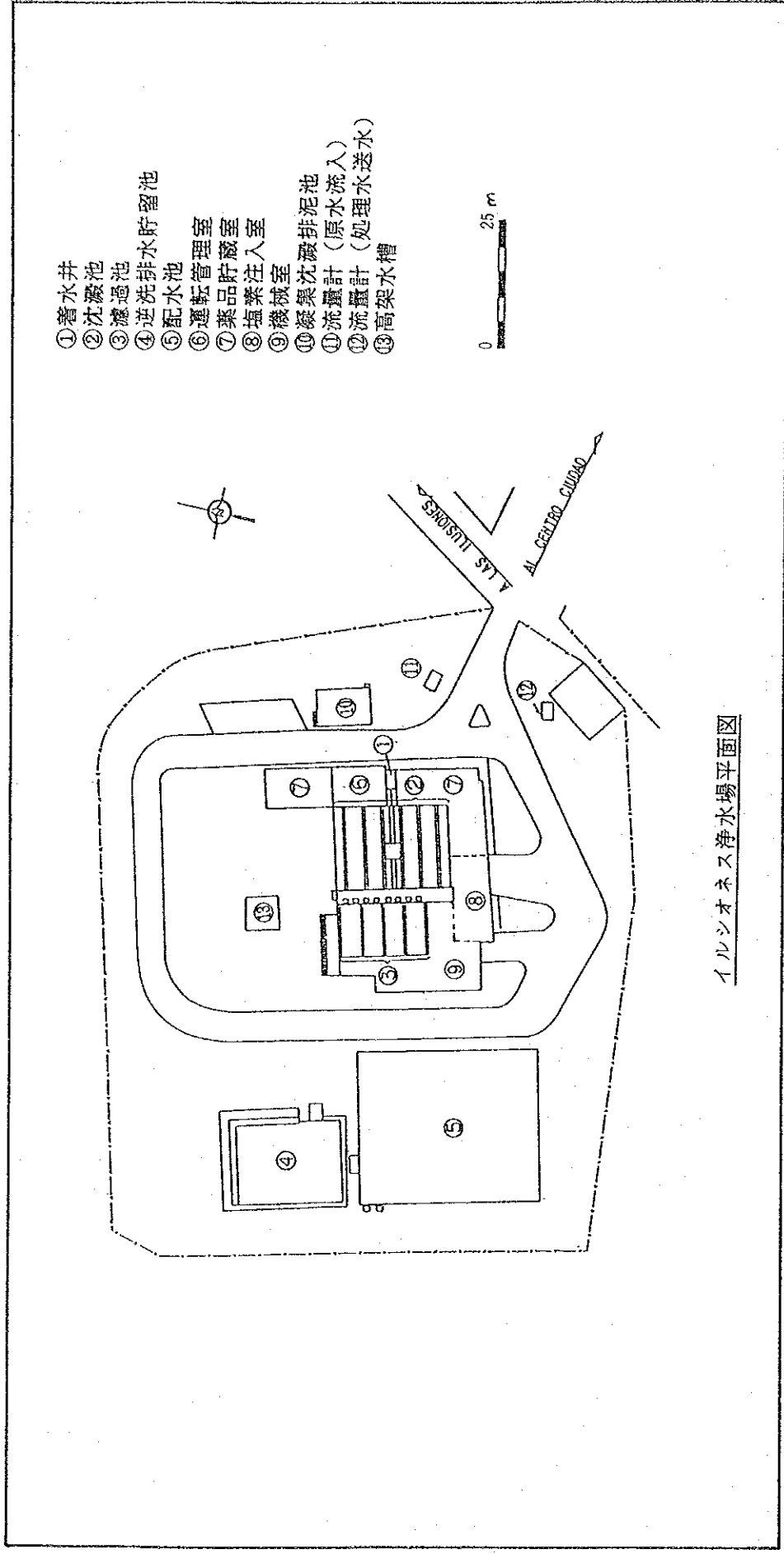


図-4 計画対象浄水場の施設配置図

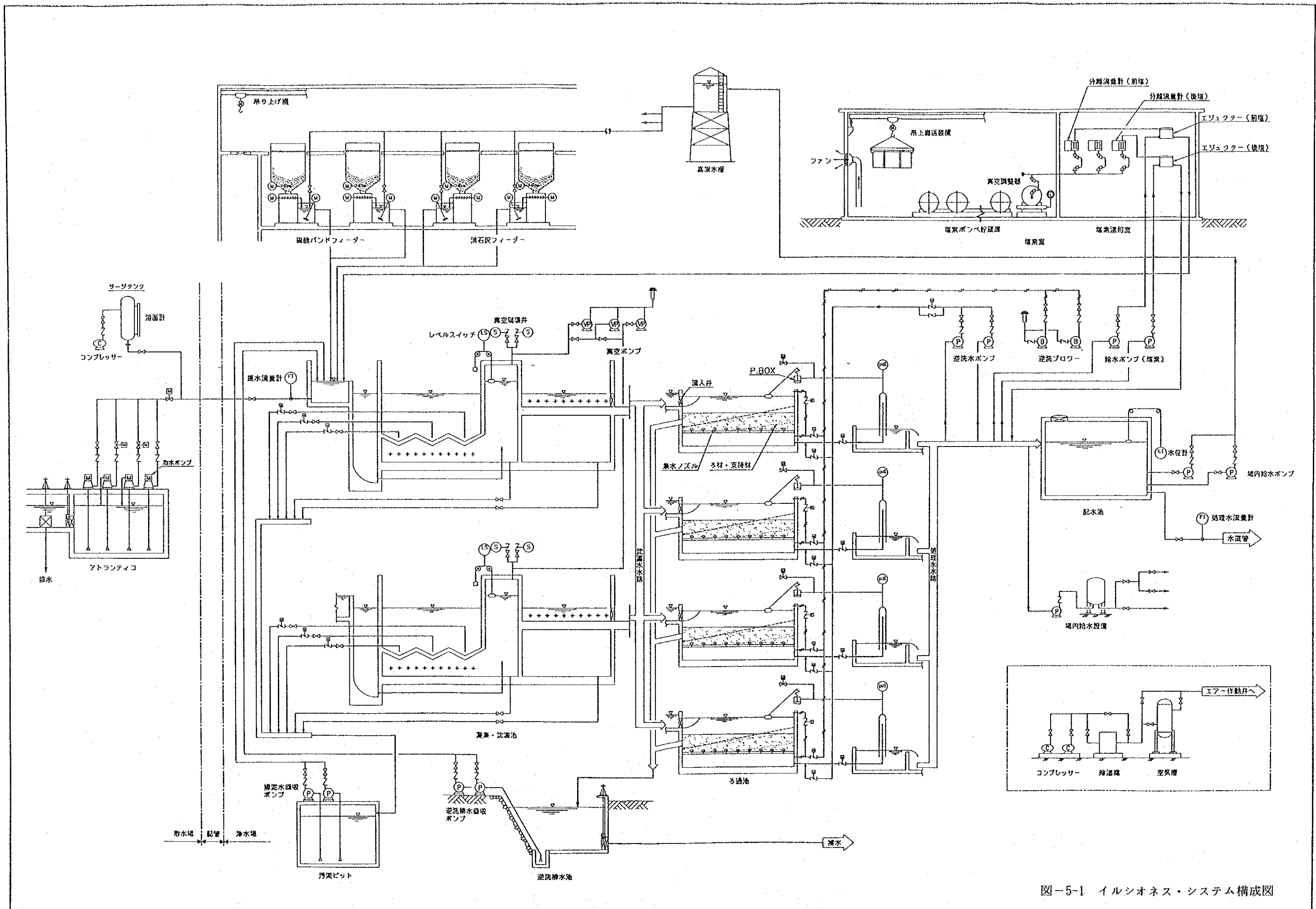


図-5-1 イルシオネス・システム構成図

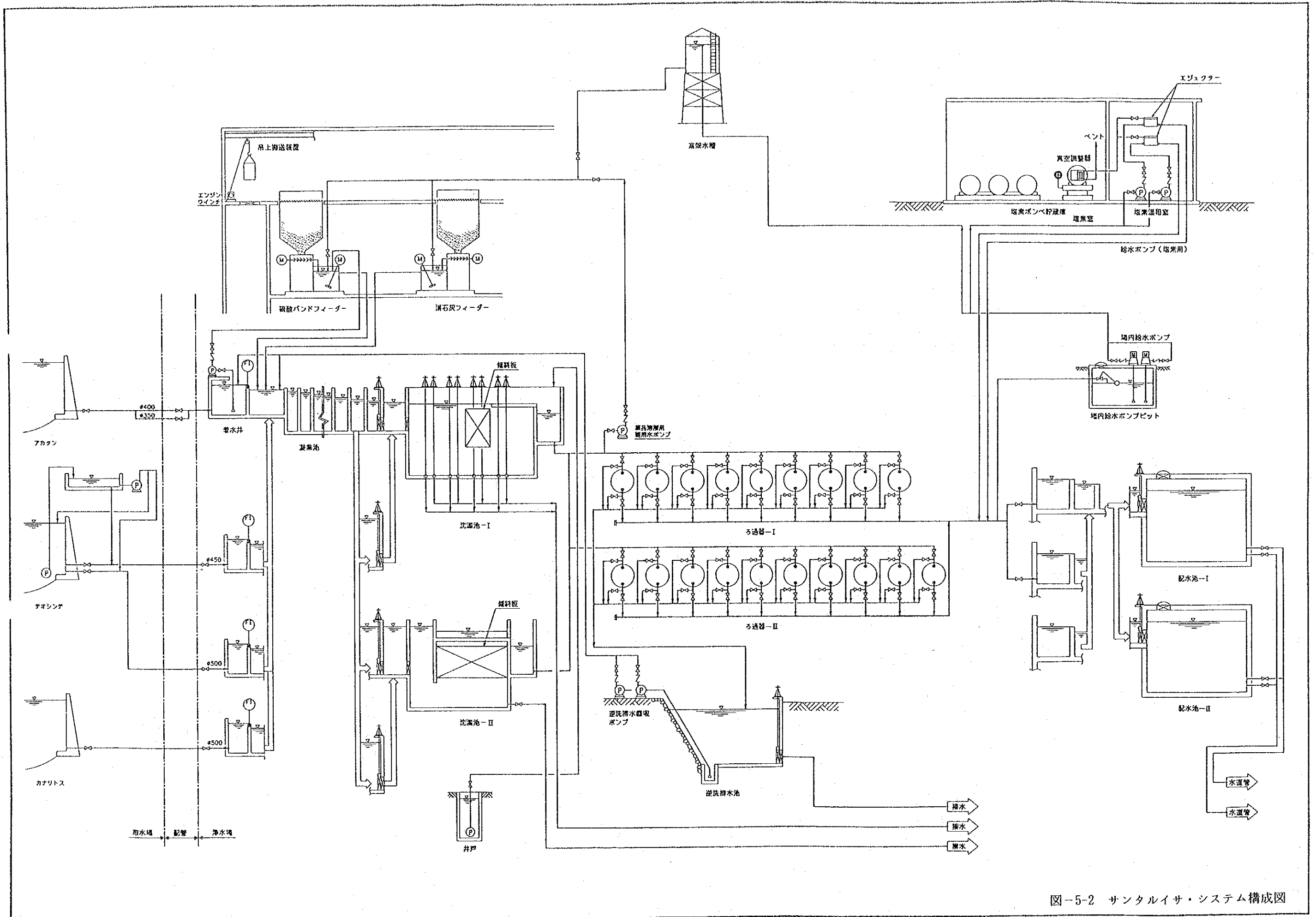


図-5-2 サンプルイサ・システム構成図

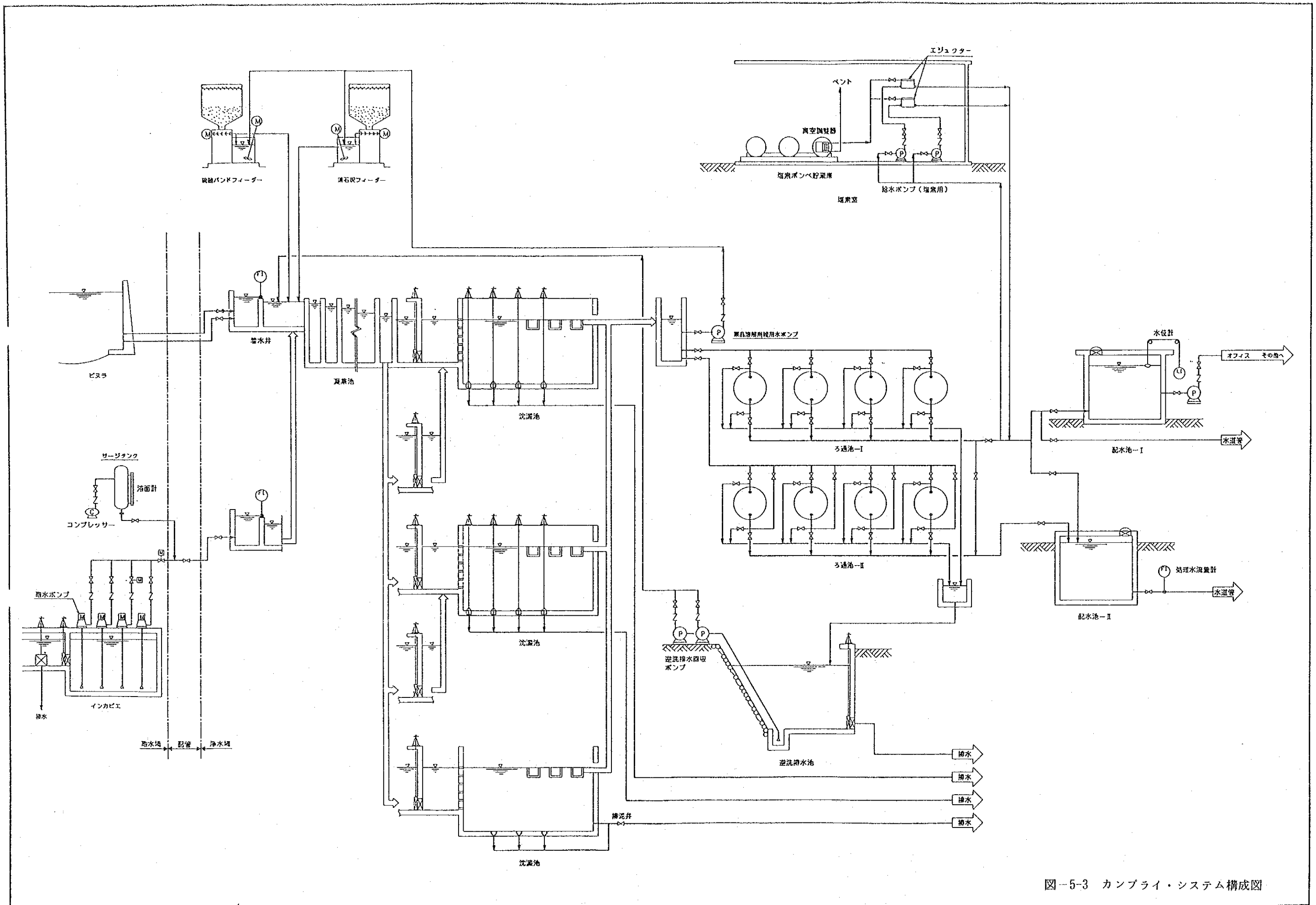


図-5-3 カンプライ・システム構成図

(1) イルシオネス浄水場

本浄水場はグアテマラ市の北東部（ゾーン18）に位置し、1971年に建設された。処理システムは仏国デグラモン社のパルセータ2池と重力式急速砂濾過池4池からなり、施設の設計処理能力は 25,000m³/日である。1986年から1993年7月までの実績によれば、1日当りの平均処理水量は 20,320m³/日であり、設計値の81%であった。

パルセータとは高速凝集沈澱池の一種で、デグラモン社の製品名であるが、そのユニークさ故に、一般にそのまま呼ばれることが多い。沈澱池の機構は図-6に示した池内部の断面にしたがって、以下に説明する。

池内には成長したフロックが、上昇水流によって沈殿することなく浮遊しながら、ブランケットゾーンを形成している。原水は凝集剤を混和された後、パイプで中央の真空塔へ送られる。塔内では、真空の切り替え作動により水位が数十秒間隔で40~60cm程度の高さで上下し、池底近くに並べられた多数の原水分配管から池全面に均一に放出される水に緩い圧力を脈状に加えている。水流は阻流板（トランキライザー）で一旦、弱い攪拌運動を加えられた後、ブランケットゾーンを緩い速度で上昇する。この間、凝集剤によって原水中の懸濁物質は徐々にフロックを形成しつつあるが、ブランケットゾーンを通過することにより、既存フロックと接触を繰り返し、大きいフロックに成長し、新たなブランケット層を形成する。成長したフロックはブランケット層内に止まり、その結果上澄水だけがさらに上昇し、水面付近に設けられた集水溝で受けられ、濾過池へと運ばれる。

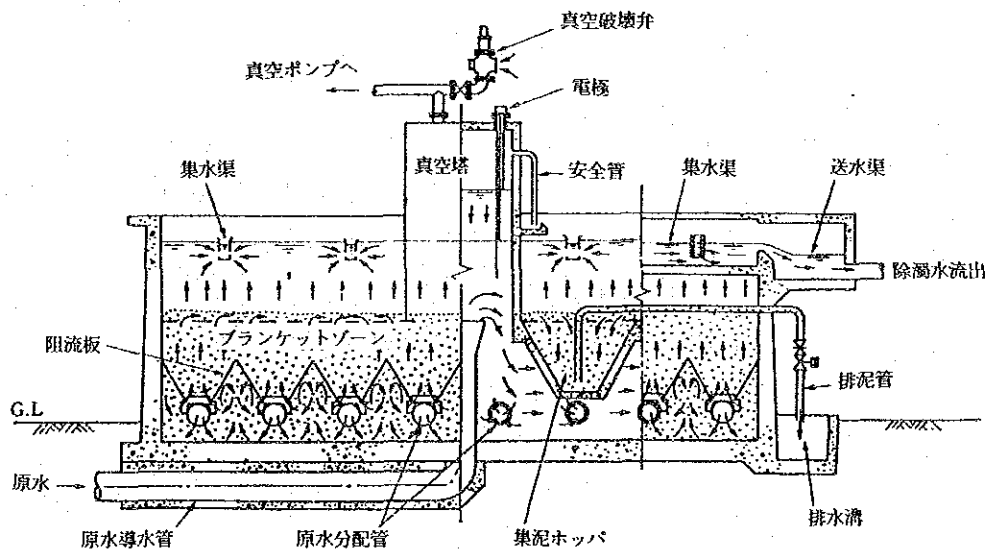


図-6 パルセータの機構

既存設備は一応稼働しているが、以下に述べるようにそれぞれに問題が認められた。

①パルセーター

真空塔の上に設置されている真空破壊弁は起動しているが、これを制御するレベルスイッチの作動が緩慢で、一定の周期で入切されていない。これには管理用マンホールの機密性の欠如も一因と考えられる。原水に混入している洗剤による泡が真空塔内部に溜まり、水と一緒に真空ポンプまで送られ、ポンプを詰まらせる事態も時々発生する。別室に設置されている真空ポンプには振動や異常音が発生している。パルセーターは日によって処理水の良否が変化し、また2池の間にも差が見られる。これは取水場からの送水量の変化、また真空塔によって作られる脈動流の制御不良、さらに不適切な凝集剤の注入等が影響していると考えられる。砂やシルト分を多く含む原水をパルセーターで処理する場合、池底に多量の沈澱汚泥が堆積する。一般にパルセーターは底部に堆積した汚泥の槽外への排出機構が不十分であり、沈澱槽の頻繁な掃除が余儀なくされる。イルシオネス浄水場では半年毎に槽内清掃を実施している。なお本年2月には故障していた余剰汚泥の引抜き装置の更新と破損したトランクリザー（阻流板）の交換を自己資金にて実施し、施設運転の改善にも努力している。

②砂濾過池

濾過方式は粗い砂（有効径 0.9mm、均等係数 1.7）を使用し、濾層厚（80cm）全体で濾過する全層濾過方式である。逆洗方式は水と空気が併用されている。

濾過池の操作盤は逆洗時のポンプとブローアの自動制御が故障しているが、手動運転にて起動可能である。逆洗ポンプと空気ブローア本体は良好な状態であるが、逆止弁の不調の為かポンプに空気が入り、直ぐに起動できないことがある。逆洗状況は池底に設置されているノズルの一部の破損により、不均一な空気の分散や噴出が発生し、局部的に濾過砂を吹き上げることもある。また水だけの洗浄に移行してから池内の濁水を流し出すのに長時間を要し、多量の洗浄水が使用されていた。一部の濾過池では流入弁の破損によって、逆洗時に逆洗汚水が他の濾過池への逆流していた。濾過砂はマッドボールも無く、著しい汚れは見られなかった。ただし層厚はすべての濾過池で設計値から20cm以上減少している。また砂の粒度試験結果によれば、有効径 0.4mm、均等係数3で、設計仕様から大きく異なっていた。

現地の水質記録によれば、原水濁度が上昇した後、濾過後の水質悪化がしばらく続くことがあり、濾過池は正常に機能している状態ではない。

③薬品注入装置

当初、硫酸バン土と消石灰の凝集剤注入装置が2セットずつ設置されていた。現在、消石灰注入装置は故障のため使用されず放置され、硫酸バン土のみが使用されている。硫酸バン土はスウェーデンから輸入された高純度の顆粒状で、米国 Warrace & Tiernann社製のスクリュウ押し出し式乾式注入機（ドライフィーダ）によって一旦、小さな溶解槽に入るが、溶解時間が短く完全に溶解しない内に原水に注入されている。注入器のスクリュウ一部は摩耗して正確な注入制御ができない状態である。また原水流量計が故障しているため流入量の正確

な把握ができず、適切な薬注管理が難しい。よって、フロックの成長が適切に進まず、良好な凝集効果を得ることが難しいと考えられる。なお原水濁度が高いため硫酸バン土の注入量が多くなるときには、消石灰注入によるpHの中和が必要となるが、注入機の故障により使用できない。運転記録によれば、実際にpH6以下の処理水が流出することが時々ある。

(2) サントルイサ浄水場

本浄水場は市中心のほぼ真東（ゾーン16）にあり、1938年に建設された。当初、18,000m³/日の処理能力を有していたが、1958年に45,000m³/日に拡張された。1976年の地震で沈澱池の半分以上が破壊され、翌年一部修復、さらに1978年傾斜板式沈澱池を増設した。浄水システムは迂流式フロック形成池、横流式凝集沈澱池及び圧力式濾過池によって構成されている。設計処理能力は40,000m³/日である。1986年から1993年7月までの実績によれば、1日当たり平均処理量は26,130m³/日で設計値の65%であった。各構成設備の概要は以下の通りである。

① フロック形成池

着水井に続くフロック形成池は公称60,000m³/日の処理能力を有する水平迂流型水路形式である。急勾配の上流部は薬品混和が目的であり、下流になるにしたがい緩勾配となる。構造上、水路での滞留時間が長く、特に下流側では処理容量に対して水路内流速が遅いため、フロック形成後、一部沈澱が水路内で進行している。また水路内で一旦成長したフロックが沈澱池への流入部で、水流が乱されるためフロックの破壊作用が起こっているようにも見受けられた。また原水に含まれる洗剤の影響で水路下流に泡が大量に発生することがある。

② 凝集沈澱池

沈澱池には、当初建設されたものを後に改良した沈澱池Ⅰとその後拡張された沈澱池Ⅱの2種類ある。沈澱池Ⅰは、1976年の地震によって倒壊した沈澱池の代わりに、池の一部に傾斜板を設置することによって沈澱能力を増強したものである。沈澱池Ⅱはその後、新たに建設されたもので、池の中層部全面に傾斜板を設置した沈澱池である。これら工事はEMPA GUAが独自に実施したもので、傾斜板には一般建設資材である石綿セメント板が用いられ、サポートも木材と鉄板の併用であり、耐久性に不安が残る。特に沈澱池Ⅱでは、傾斜板の撓みが進み、サポートの木材が外れるなど、全体的な補修が必要とされている。傾斜板にはフロックの付着も観察されたが、設置位置が水面下約1mにあるためか、緑藻などの付着や汚れで見苦しいということはない。処理水状況は原水濁度に影響され、特に急激に濁度が上がる時には、処理水の悪化が避けられず、細粒フロックのキャリーオーバーが見受けられた。沈澱池Ⅰの池底には沈澱汚泥を排除するため全部で8箇所の排泥弁が設置されている。しかし池内の静水圧のみを利用した汚泥排除であるため、弁周辺の排泥は可能であるが池全体に沈降濃縮された汚泥の排出に対しては効果が薄い。また取水ダムや堰から送られる原水には木の枝などの異物が多く混入しており、排泥時、これらが弁に挟まって締められなくなり漏水の原因となるため、普段は開閉せず2～3カ月に1度、池全体を空にして沈澱汚泥の排除と洗浄をおこなっている。季節によっては沈澱汚泥が腐敗し易くなり、水面に浮上して水質

を乱すことになるので、汚泥排出には特に配慮を要する。

③濾過池

濾過池は鋼製の圧力式密閉タンク19基によって構成されている。建設から既に30年から50年経過している。それぞれのタンク本体構造は頑健で将来の使用に耐え得る模様であった。現在、空気弁や計器類は全て故障若しくは破損しており、バルブ部からの漏水も多々見られた。よって濾過池の運転管理は操作員の勘に頼っている状態である。よって濾過工程の管理が悪く長年の間に濾過砂が流失したり、不十分な洗浄が原因で砂層にマッドボールが付着したりしている。また補充された砂が全く規格外の性状であるなど、十分な濾過効果が期待できない状況である。現状では、各種バルブ配置が不統一であったりタンク上部に管理用歩廊がないなど、濾過池の操作性が悪いためEMPAGUAは本濾過池を重力式解放型濾過池に変更することを希望している。

④薬品注入装置

当初、硫酸バン土と消石灰の凝集材注入装置が1セットずつ設置されていたようであるが、現状は、硫酸バン土の注入器が2台あるだけである。その内1台は去年米国から購入されたもので正常に運転されているが、もう1台は故障している。使用している硫酸バン土は他の浄水場と同じく、スウェーデン製の顆粒状硫酸バン土をスクリー式ドライフィーダーによって注入している。よってイルシオネス浄水場の説明で記述したのと同様に、良好な凝集効果を実現するための注入制御に対する問題が指摘される。また消石灰によるpH中和の必要性も同様である。

塩素注入装置は後塩素用に浄水場とアカタン配水池の中間点に設置され、配水池への配管に注入されている。現在ある装置は6年前に交換された注入機で、注入用ポンプを含め2セットずつあるが、その内の1セットが故障している。また機器各部の劣化も進行しているため、速やかな更新が望まれている。

(3) カンプライ浄水場

グアテマラ市の水道は植民地時代の1773年、ピヌーラ川の水を集め古い水道橋によって水道水を市内に送水したのが発祥である。本浄水場はこの最初の水路の起点になった場所で、今日もその遺構が記念として浄水場内に残されている。

本浄水場は市内の東南部10区に位置し、1942年に竣工した。浄水場の施設構成は当初、薬品凝集沈澱池2池と鋼製圧力式濾過タンク4基であった。1970年インカピエ取水場の完成に伴い、ブロック形成池、凝集沈澱池1池及び圧力式濾過タンク4基が増設された。施設の計画処理能力は16,000m³/日、1986年から1993年7月までの1日当り平均処理量は12,640m³/日で設計値の79%であった。それぞれの施設状況は以下の通りである。

①ブロック形成池

着水井に続くブロック形成池はサントルイサ浄水場と同様、水平迂流型水路である。水路の上流部は薬品混和を目的として急勾配であり、下流部は徐々に緩勾配としてブロックの成

長を促す構造になっている。しかしフロック形成部となる下流側水路の流速が処理容量に対して速すぎるため、フロック成長が期待どおりに促進されず、また凝集沈澱池への流入部での水流の乱れが発生し、フロックの破壊が起きているように見受けられた。原水中の洗剤の濃度は季節的に多いときで 0.7ppm という記録がある。現場ではサントルイサ浄水場と同様に、フロック形成池の末端部で水面に泡が発生し、その除去に多くの労力を要している。

②凝集沈澱池

既存凝集沈澱池は横流式で並列に3池ある。いずれもコンクリート製の構造体は損傷もなく良好な状態が保たれている。初期に建設された沈澱池2池の底には、流れ方向に沈澱汚泥の排出用にそれぞれ4カ所の排泥弁が取り付けられている。これらの弁は水面上に張り出したプラットフォームの上で操作される。全8カ所の排泥弁の内、2カ所は弁体のガイド軸が折れているが、その他は破損もなく正常である。EMPAGUAは2年前、水中部において腐食が進行した鋼製の弁体吊り上げ軸を独自に交換した。プラットフォームから弁を開けることは可能であるが、排泥時に原水中の異物が弁に噛み込み、閉められない状態になる。またサントルイサ浄水場と同様、池内の静水圧のみによる排泥では弁周辺しか排泥できず、効率が悪いので普段は弁操作はおこなわない。そのためEMPAGUAは2～3カ月に1度、池を空にして、1～2m厚に堆積した汚泥を排除している。汚泥はあまり時間を置くと池底で腐敗をおこし、水面上にスカムとなって浮上するので、排泥の管理には十分注意を要する。後で拡張された沈澱池は池内部には排泥弁がなく4カ所の汚泥吐き出し口があるのみで、槽外に設けられた1カ所のゲート弁の操作によって排水されている。このゲート弁は全閉できず常に漏水があるため補修を要する。

③濾過池

濾過池はサントルイサ浄水場と同じく鋼製の圧力式濾過タンクである。運転管理も同様に適切な運転管理を行うための計器類の故障と操作性の悪いバルブ配置などが見受けられた。また濾過砂の管理状態も悪く、濾過効率を低下させる原因となっている。EMPAGUAはサントルイサ浄水場と同様、既存濾過池に替えて重力式濾過池の新設を望んでいる。

④薬品注入装置

当初、硫酸バン土と消石灰の凝集材注入装置が1セットずつ設置されていたが、現在、硫酸バン土の注入器が1台あるだけである。米国製の機械は攪拌槽が故障しているため、顆粒硫酸バン土を直接原水へ注入している。薬品注入装置に関する問題は他の浄水場と同様である。また消石灰によるpH中和の必要性も同様である。

塩素注入装置は後塩素のみ実施している。既存装置はサントルイサ浄水場と同時の6年前に交換され、注入機、注入用ポンプとも2セットずつであったが、1セットは破損し、1セットのみが稼働している。機器各部の劣化も進行しており、速やかな更新が望まれている。

3. 4. 4 水質及び水質管理

現在、各浄水場では1時間毎に原水の濁度、色度の他、処理水の残留塩素等の水質試験をおこなっている。またジャーテストを適宜実施し、その結果を薬品注入率の決定に供している。これら試験器具は標準液の欠乏や長年無調整のまま使用していることから、精度上の信頼性に欠けるように見受けられた。これらのデータは各浄水場毎に運転管理台帳に記録されている。この他にEMPAGUAでは年間数回、グアテマラ市の試験場(Laboratorio de Quimica y Microbiologia Sanitaria)に委託して詳細な水質試験をおこなっている。試験項目は、i) 濁度、色度、浮遊懸濁固形物及び電気電導度、ii) 窒素化合物の変化、iii) pH、アルカリ度、硫酸イオン、塩素及びフッ素イオン、iv) 一般細菌、大腸菌試験等の4群に分けられ、沈殿、濾過等の処理工程における水質浄化の追跡を行っている。これら試験結果と本基本設計調査団が独自に実施した水質試験結果から、水源水質と浄水場の処理能力について以下に記述する。

(1) 水源の水質

計画対象の3浄水システムの水質は、ごく少量の地下水の利用を除けば、ほとんど全て表流水である。現地では5月から10月は雨期、11月から4月が乾期に大別され、水源の水質は季節の変化に大きく影響される。すなわち乾期、特に12～2月頃には原水の濁度は10度前後で安定しているが、雨期には濁度が高く、特に降雨の直後には濁度が上がり、1,000～5,000度という値が年間何度も計測されている。ただしこのような高濁度の継続時間は5～6時間で、その後は100～200度程度に戻る。また色度も濁度に比例して高くなることがある。ただし、色度測定は濁度分を含んだ原水のまま計測しているため数値的な信頼性は劣ると思われる。電気電導度は100から300程度で、これは通常の表流水の値である。pH値、アルカリ度、総鉄分は正常である。しかし飲料水としては同時に検出されてはならないとされるアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素が若干検出された。また有機性窒素や下水による水質汚染の疑いが濃いアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素も常に少量であるが検出されている。さらに生物学的試験の結果、一般細菌群、大腸菌群も検出され、下水による水質汚染を認めざるを得ない。現状の水質は水道原水として許容限界内ではあると言えるが、汚染の影響は明白であり、近い将来、流域の水質保全対策の実施が望まれる。

本地域では、どの表流水の水質もほぼ同じ傾向であると言える。ただしサントルイサ浄水場の水源の一つであるアカタン川は、上水道水源として100年以上の歴史がある川で、原水はごく薄く白濁しているが、濁度・色度とも対象水源の中で最も良好な水質であった。一方、同じくサントルイサの水源であるカナリトス川は、流量の少ない時には汚染を思わせる異臭がある。現地調査で実施した水質分析の結果によれば、異臭にもかかわらず、電導度、アルカリ度、亜硝酸性窒素、リン分等がやや高い程度で、汚染状況の甚だしさを示すものではなかった。しかしEMPAGUAはカナリトス川の汚染の実態を真剣に受け止め、なるべく取水を見合わせるよう努めている。

なお本報告書の資料編に(A)本基本設計調査団が実施した水源の水質調査結果、(B)グアテ

マラ市の試験場に委託しておこなった詳細水質試験結果を参考として示した。

(2) 処理水の水質

既存浄水システムはそれぞれに異なる処理容量を有し、施設構成や改修を要する機能障害も異なっている。既存浄水施設の処理水の水質には、既存システムが十分に機能しない状況の下で幾つかの問題がある。これらを以下に述べる。また浄水場を適切に管理するためには、基本的水質検査項目である濁度、色度、水温、pH等を検査する他、濁度が大きく変化する場合にはジャーテストをおこない正確な薬品の注入量を求め、この量を注入できる実践的な注入装置を導入することが不可欠である。

①凝集沈澱工程の処理水

前節で述べたように、原水濁度は雨期に大きく変動する。各浄水場では濁度分の除去に対し、硫酸バン土を注入して凝集沈澱処理している。注入器の形式はどの浄水場も同様で、顆粒硫酸バン土を短時間の内に水と混合して注入する仕組みである。既存注入機の注入レンジは20~300ppmの範囲であり、能力としては十分であるが、水との溶解時間が短いため十分に溶解しないまま注入されている模様である。エルカンブライ浄水場では溶解タンクが故障しているため顆粒硫酸バン土を直接原水へ注入している。以上の状況により薬注の濃度管理が理論通りにおこなわれず、原水濁度の変動に適切に対応していないように見受けられた。またサントルイサとエルカンブライ浄水場にはフロック形成池が設置されているが、水路内流速と沈澱池への流入部の構造上の特徴から、フロックの成長が阻害されていることが考えられる。以上の結果、沈澱池内での凝集効果が不十分となり、細粒フロックがキャリオオーバーされ濾過池への負荷が増加されている。また現在、どの浄水場でも消石灰が使用されてなく、硫酸バン土の過剰注入によるpH値の低下に対応できていない状況である。水質試験結果でもpH値が5程度になることが報告されている。

②濾過工程の処理水

各浄水場の濾過池は「3.4.3 浄水施設の現状」で述べたとおり問題を抱えている。よって現状では濾過池に正常な機能を期待できる状況ではない。水質試験結果からもこのことは明らかで、特に原水が高濁度となると数時間から数日間は処理水濁度が10~100度と基準を超える事態が発生している。原水中に微量に存在する有機性アルブミノイド窒素、アンモニア性窒素、硝酸性や亜硝酸性窒素等は処理過程でいずれも低減されている。配水池の段階では亜硝酸窒素はほぼ完全除去されるが、他の窒素成分は微量ながら検出されている。これらの各種窒素は消毒用塩素を多く消費(窒素量の7倍程度)するため、塩素注入量が増えることとなる。また微量ではあるが濾過水にアルミニウムや洗剤が検出されており、前者は浄水設備の機能低下、後者は原水の汚染による影響と言える。現在、塩素注入には細心の注意を払い、浄水場配水池での残留塩素を常に1mg/l以上に維持することにより、飲料水

としての衛生的安全を保っている。

浄水場の各処理工程における水質の推移は、上記 (B) グァテマラ市の試験場に委託しておこなった詳細水質試験 (資料編参照) に記述されている。この結果から、計画3浄水場の処理水の実態をグァテマラ、日本及びWHOのおもな水質基準の指標と比較するために表-14に示した。同表に実態として記載された値は濾過後の水質結果の特異値であるが、浄水場の機能の良否を判断する参考指標となろう。

表-14 水質基準の比較と処理水の実態

水質基準 項目	グァテマラ基準		基準		実態		
	LMA	LMP	WHO	日本	イソオネ	リソトルイ	カソライ
色	5°	50°	15°	5°	(42°)	(10°)	68 2
臭気	異常でない	異常でない	異常でない	異常でない	異常でない	異常でない	異常でない
pH	7.0~8.5	6.5~9.2	6.5~8	5.8~8.6	(4.8)	(5.7)	6 7
蒸発残留物(mg/l)	500	1,500	1,000	500			
味	異常でない	異常でない	異常でない	異常でない			
濁度 (NTU)	5	25	5	2	9 0	2.3	12 0
亜鉛 mg/l	5.0	15.0	5.0	1.0			
塩素付 mg/l	200	600	250	200			
銅 mg/l	0.05	1.50	1.0	1.0			
硬度 CaCO ₃ mg/l	100	500	500	300	140	120	102
フッ素 mg/l	-	1.7	1.5	0.8			
鉄 mg/l	0.1	1.0	0.3	0.3	0 25	0 13	0 44
マンガン mg/l	0.05	0.50	0.1	0.3			

注：() はLMPを超えて危険。 ~~///~~ はLMAを超えている。

LMA : Maximum Acceptable Limit. LMP : Maximum Permissible Limit

3. 4. 5 施設運転管理状況

計画対象である3システムの運転管理はEMPAGUAの技術局の運営管理部が行っている。3システムは各々独立した運転管理体制を有しているが、浄水場統括長がこれらを管轄している。それぞれの施設構成に応じた設備の保守点検マニュアルを作成し、これに従ってシステムの運転管理及び保守点検を独自に実施している。各浄水場には常駐の浄水場長が1名おり、その下に各種役割を担った専従職員を3交替制で配置している。各浄水場の管理運営体制は「4. 3. 1 実施機関及び運営体制」に詳しく記述されているので、参照されたい。

(1) 生産水量

各浄水場での生産水量に関する1986年から93年上期までの7年間にわたる毎月の実績データを基に、雨期(5月~10月)と乾期(11月~翌年4月)に大別し、それぞれの期間の平均日生産量をもとめ、図-7に示した。これによると各浄水場の日平均生産水量は表-15の通りである。

表-15 浄水場の日平均生産水量

浄水場名	日平均生産水量
イルシオネス	20,320m ³ /日
サントルイサ	26,130m ³ /日
カンブライ	12,640m ³ /日

注：1986年~93年までのデータの平均値

各浄水場での生産水量は年々減少し、1986年頃に比べ15~20%程度の減少となっている。また各々の浄水場での生産水量は乾期と雨期で明確な変動を示している。すなわちイルシオネス、サントルイサの両浄水場では乾期の生産水量が多く、雨期には少ない。これは降雨後の濁度が処理能力を超えるため、取水を見合わせるためである。一方、カンブライ浄水場は逆に、乾期に生産量が少なく、雨期に多くなる。カンブライ浄水場の取水点では、他の浄水場の集水面積よりもかなり小さいため、河川流量には降雨が直接影響する。よって乾期には減少した河川流量のほぼ全量を取水しても、雨期より少くなる。雨期の高濁度時にはカンブライ浄水場でも、取水を見合わせることもある。

生産水量の年々の減少傾向は、以下の2点が主たる原因と考えられる。

- ①取水と浄水設備の老朽化による処理能力の低下
- ②集水流域の開発行為に伴う森林の減少が原因となる流出土砂の増加と保水効果の減少。
- ③水源の水質汚染による一部河川からの取水休止。

よって本計画の目的とされる既存施設の改修により、生産水量の増加に寄与できる。一方、集水流域の保全に関しては、即効性のある対策は望めないが、下水対策も含め、将来へ向けて政府および市当局の地道で抜本的な対応が必要とされる。

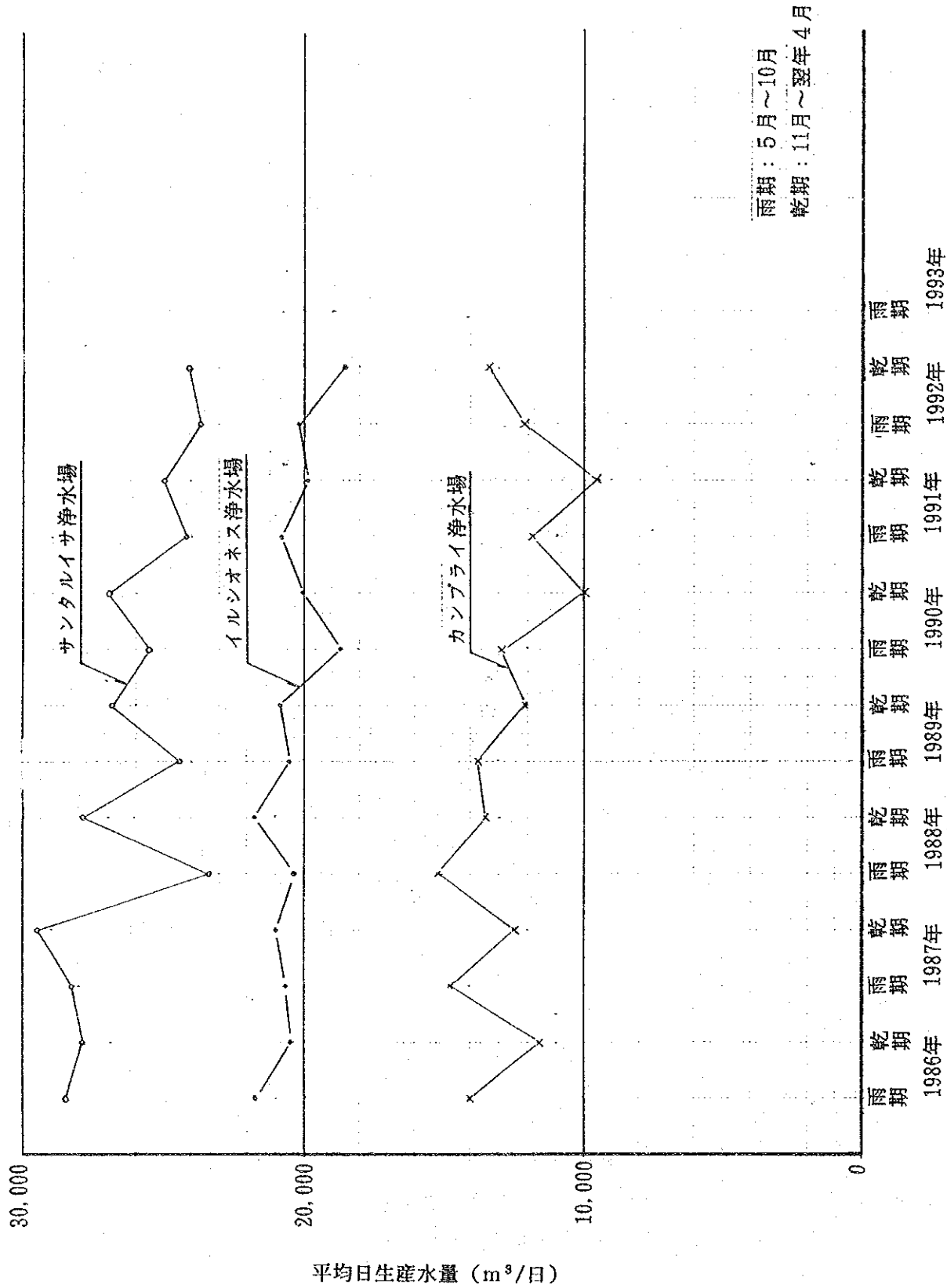


図-7 雨期・乾期の平均日生産水量の変動

(2) 取水施設の維持管理

取水施設では表-16に示す通り、ダムと堰部の堆積土砂の排除及びポンプによる揚水設備がある場合は、ポンプと関連設備の運転管理及び沈砂池の清掃等が主たる活動である。

表-16 既存ダム・堰の管理内容

システム名	ダム・堰名	管 理 内 容
イルシオネス	アトランティコ堰	土砂の堆砂状況により適宜排砂する。排砂口は取水ゲート兼用であり、ゲート以下の土砂排除は不可能。取水口の周辺の排砂に限られる。3カ月に1度程度、沈砂池を空にして、人力によりタンクを清掃する。
サンタルイサ	テオシンテ・ダム	河川流量が豊富な雨期の中間に排砂する。ダム底にφ500mmとφ450mmの2本排泥管により排砂するが、排水口の周辺の排砂のみにとどまる。
	カナリトス堰	乾期の終盤、雨期には適宜実施。ゲートを開き人力により清掃する。
	アカタン堰	同上
カンブライ	ピヌーラ堰	同上。取水場周辺の実験的植林。
	インカピエ堰	本年8月に堰を改良して排除ゲートを設置。取水ゲート周辺の排砂が適宜可能となり、管理能率が改善された。3カ月に1度程度、沈砂池を空にして、人力による清掃作業をおこなう。

アトランティコ、カナリトス、インカピエの各取水場では、ポンプ設備による揚水がおこなわれている。ポンプ設備に関する維持管理の内容は操作盤の点検、オイルの交換、ベアリングの交換及び塗装等2カ月から1年の期間ごとに実施している。なおEMPAGUAは1991年、自己資金によりアトランティコ取水場の揚水ポンプを米国より2台購入し据え付けた。1992年にはこの揚水ポンプ用にメキシコ製モーターを2台購入し、現地調査時点では、1台が既に取り付けられ、もう1台も据え付け準備中であった。またアトランティコとインカピエの取水堰にある沈砂池の清掃は、土砂流入の多い雨期には2カ月に1度程度に増える。堆積土砂も大量であるため、深夜に排泥し始め、早朝から夕方まで全て人力による、掻き寄せ・排砂作業となる。清掃作業は、他のシステムからも含め10~15名の職員によりおこなわれるが、泥まみれで苛酷な重労働である。

(3) 浄水施設の維持管理

各浄水場とも原水濁度の把握と凝集剤注入管理、濾過池の逆洗操作が特に重要な項目である。各浄水場では、1時間毎に原水の濁度、色度及び処理水の残留塩素等の水質検査をおこない、

またジャーテストも適宜実施されているが、水処理工程にはあまり反映できていないように見受けられた。これらの測定結果は、それぞれの浄水場毎に生産水量、使用薬品料、塩素消費量等とともに運転管理台帳に毎日記入することを義務づけられている。濾過池は24時間を標準に逆洗をおこなっているが、サントルイサとカンブライ浄水場では濾過工程の進行具合を判定するための計器類がすべて故障しているため、効果的な運転がなされていないように見受けられた。また凝集沈澱池では大量に沈澱堆積した汚泥排除のための清掃が、取水施設の沈砂池の清掃と同様、人力により2、3カ月に1度の割合でおこなわれている。浄水施設の主たる点検管理項目と実施時期は表-17の通りである。

表-17 主たる浄水施設の点検管理内容

施設名	点検管理項目	期間
薬注装置 (凝集剤)	グリース補充、清掃	毎月
	ベアリング点検	3カ月
	装置の掃除	毎月
塩素注入装置	バルブ、ローターメーターの清掃	2カ月
	ポンプ点検清掃	毎月
沈澱池の清掃	堆積汚泥の排除	2～3カ月

現状は、既存施設の故障や不良により厳しい運転管理環境となっているが、財政面の制約からEMPAGUAは大規模な設備更新が実施できる状況にない。しかし担当職員の創意と工夫により施設改善も試みられている。以下はEMPAGUAが1992年から93年前半にかけてイリソネス浄水システムで実施した維持管理内容から、施設改善のために特に有効であると思われる事項を選んだものである。このような地道な努力の積み重ねは、日本の援助によって施設が改修された後も、効果的に施設を維持運営していく上で、大きな力となるものと思われる。

- ①凝集沈澱池（バルセーター）に不可欠である石綿板製トランクリザーの80%が破損していることを発見した。国内市場で入手できないため、浄水場内でコンクリートにより自家製作し設置した。
- ②凝集沈澱池の汚泥引き抜き用配管とバルブの更新。
- ③取水施設の沈砂池効果の評価
- ④小規模な堰による濁度低減の検討。

第4章 計画の内容

第4章 計画の内容

4.1 目的

恒常的な水不足に直面しているグアテマラ首都圏の水道整備は、1982年に策定されたマスタープランに基づいて進められている。このマスタープランはEMPAGUAが有する既存施設が計画時の処理能力で運転されることを前提とした上で、逼迫している水需要に対応するための新規水源開発を提言している。そのため既存施設が本来の機能を発揮しない場合、マスタープランそのものの前提を覆すことになる。建設後既に25年から50年を経過しているイルシオネス、サントルイサ、カンブライの3浄水システムは、EMPAGUAの既存システムの中で最も古いシステムであり、設備の老朽化による機械類の故障や機能低下が著しい状況であり、抜本的な改修工事が必要とされている。よって本プロジェクトの目的は、これら3浄水システムの設備を改修することによって、量的かつ質的な処理能力を設計時点のレベルまで回復することである。

4.2 要請内容の検討

4.2.1 計画の妥当性、必要性の検討

人口が210万人を越えた首都グアテマラ市は、長引く国内の経済活動の低迷により地方からの流入人口が年間20万人と言われている。グアテマラ首都圏の北東部を占めるゾーン17、18は人口流入がもっとも顕著な地域で、住民の多くは低所得者層で構成されている。グアテマラ市は人口増加を抑制する有効な手段を講ずることができず、周辺地域の生活基盤整備は常に後手に回っている状況である。水道水の供給不足も深刻で、時間給水や隔日給水等の制限が恒常化している。ゾーン18では、かつて住民による水要求デモが発生し、社会問題化したこともある。また1991年に中南米一帯に猛威を奮ったコレラ病禍の際には、不十分な水処理のまま給水された水道水が、その一因と目され、市民は水道水の水質改善を強く望んでいる。

本プロジェクトの対象となる3浄水システムによる給水量の合計は現在、EMPAGUA全体255,000m³/日の22%を占め、給水人口107万人の34%に相当する36.1万人を賄っている。また給水地域に問題の多いゾーン17、18を含んでいることから、3浄水システムはグアテマラ首都圏の水道事業整備の上からも重要なシステムに位置付けられている。しかしながら3浄水システムからの給水量は過去10年程の間に15~20%程度減少した。その原因は、以下の複合作用と考えられる。

- ①取水/浄水設備の老朽化による処理能力の低下。
- ②流域の開発行為に伴う流出土砂の増加と生活排水による原水汚染による取水の停止時間増。
- ③保水森林の減少に伴う水源水量の減少。

上記②と③については、水道整備事業で対応できる範囲を大きく越え、むしろ首都圏の都市としての将来像にかかわる観点から市当局や国の施策として対応されるべき問題であると考えられ

る。①については老朽化した設備の改修により、比較的容易に対応できる内容である。また一部新規設備の導入によって、処理能力の向上を実現することも可能である。よって本プロジェクトで対象とする内容は、無償資金協力によって実施する特異性も勘案し、要請のあった3浄水システム設備の改修並びに一部施設の変更が妥当であると結論付けられた。

本プロジェクトの実施に伴い、雨期に浄水場の停止時間の低減に貢献でき、また既存施設による1993年の平均生産水量に対し29%、約 15,800m³/日（約65,800人の給水量に相当）の増加が見込まれ、市民への給水サービスの向上が実現できる。また本計画の実施はグアテマラ首都圏水道整備のマスタープランの実現を側面援護するもので、将来の水道整備事業のバランスのとれた発展を促すことを可能とするものである。

4. 2. 2 実施運営計画の検討

過去5ヶ年のEMPAGUAの財政収支は表-18に示す通りである（詳細は資料編に添付する）。

表-18 EMPAGUAの財政収支 (単位：千Qs.)

年	1988	1989	1990	1991	1992
収入	25,245	29,818	45,391	42,701	52,238
支出	30,236	42,233	39,364	48,470	74,912
経常損益	-4,991	-12,415	6,027	-5,769	-22,674
特別損益	4,062	5,352	-3,631	2,447	24,571
収支バランス	-929	-7,063	2,396	-8,216	1,897

出典：EMPAGUAの資料による

1990年には水道料金を改訂したことにより、料金収入が前年度に比し、54%上昇し、黒字決算となったが翌1991年には再び赤字になった。1992年度の支出は前年度に比し50%と大幅に増加し、大幅な赤字を計上した。これは物価上昇を補償するため職員給料を上げたこともあるが、最大の要因は電力費の高騰にあった。1991年の電力費は986万ケツァルであったが、1992年には2,502万ケツァルに増加した。1992年には特別損益として、人件費のうちボーナス相当分が中央政府から補助され、また市からも赤字相当分の補助金が補填されたため、最終的には黒字を計上することができた。EMPAGUAは増加する支出を賄うため、1992年8月31日に表-19に示すように料金を改訂した。従前は、使用水量に関係なく一定の定額料金制であったが、新水道料金体系では大量に使用するほど単価を上げる通増料金制（使用量抑制型）を採用した。この料金改訂により、1993年度の収入は大幅に増加し、経常収支の段階でも黒字になる見通しである。

本計画は3浄水場の設備装置の更新を主とする改修計画であり、計画実施後も浄水場の処理能力は変わらない。したがって、支出の33%（1992年度）を占めた電力費、9%を占めた薬品費ともに、施設完了後においても支出額は大きく変わらない。本プロジェクトの実施後に電気技士と機械技士の増員が必要となるが、全職員数が2,018名であることから人件費の増加も無視できる

ほど小額である。一方、施設の改善により生産水量の増加が見込まれるため、プロジェクト完了後においても、EMPAGUAの収支は健全に推移していく見通しである。

表--19 EMPAGUAの月当たり水道料金(単位:Qs.)

水道使用量	水道料金(ケツァル)
10m ³ 以下	2.00
11~ 20m ³	0.20/m ³
21~ 40m ³	0.60/m ³
41~ 60m ³	0.80/m ³
61~120m ³	1.30/m ³
121m ³ 以上	1.50/m ³

出典: EMPAGUAの資料より

4. 2. 3 類似計画及び国際機関等の援助計画との関係・重複等の検討

既存浄水システムの設備改修計画は日本政府へ要請された本プロジェクトのみである。本計画の上位計画としては1982年策定されたマスタープランがあるが、この計画は本プロジェクトの対象となる3浄水システムを含む既存施設が設計当初の処理能力にて運転されることを前提として、不足する水需要に対応する新規水源開発の可能性を検討しているもので、既存施設の能力評価や設備の改修内容は全く言及されていない。よって、もし既存の各システムが計画通りの機能を発揮できない場合には、開発されるべき水源量の見直しが迫られることになる。その意味で、老朽化の影響で特に処理能力低下の著しい3浄水システムの改修計画は重要であると言える。

4. 2. 4 計画の構成要素の検討

(1) 計画対象施設と計画規模

本計画の対象とする施設は以下の既存3取水・浄水システムである。計画の目的はシステムを構成する各設備の補修や交換により、低下した処理能力を本来の設計能力まで回復させることである。対象3施設はそれぞれ独立したシステムであり、運転管理上も相互に影響を受けることはないため、プロジェクト実施上はそれぞれ独立した工事として扱うことが可能である。各施設に関する改修工事の実施優先順位についてもEMPAGUAとの協議に基づき表-20に示す通りとする。

表-20 計画対象施設と計画規模

システム名	計画浄水規模	実施優先順位
イルシオネス	25,000m ³ /日	1
サントルイサ	40,000m ³ /日	2
エルカンブライ	16,000m ³ /日	3

(2) 要請内容の考察

グアテマラ国から日本へ要請された本計画の当初内容は、上記3システムの浄水施設の改修であった。これを受けて実施された事前調査において、浄水場の設計能力の回復の実現は浄水施設の改善だけでは不可能であり、取水量確保を前提とすることが確認され、本プロジェクトの要請内容に取水量確保の検討が追加された。

対象3システムの水源である河川の集水地域はグアテマラ市の東側に広がり、元々は森林や農用地として利用されてきた。一帯の地質は火山堆積物により形成され、雨による侵食に弱いのが特徴である。近年、都市のスプロール化現象により、市の周辺地区から宅地開発が進み、また一部では首都への流入人口の無秩序な定住化による人口増加の進行のため、宅地造成や森林伐採が顕在化している。このため水道水源である河川水にも、以下のような影響がでている。

- ①高濁度化。特に降雨後には土砂の流入が多く、堰やダムに堆積し、取水・貯水機能を低下させている。砂分を多く含む原水の揚水のためポンプの摩耗が激しい。
- ②原水の水質低下。人口の増加に伴い生活排水の流入増加が懸念される。一般細菌、大腸菌も検出され、洗剤による泡立ち現象も現れている。

このためEMPAGUAは以下の対応を余儀なくされ、取水量減少の主たる要因ともなっている。

- ①雨期に施設の処理能力を越える高濁度となるために取水を停止する。
- ②取水堰の排砂機能をはるかに越える土砂の流入のため、堰は満杯である。よって取水口付近の土砂の排除を頻繁におこなう必要があり、堰によっては作業を人力に頼らざるを得ない。
- ③沈砂池や沈澱地に堆積した土砂や汚泥の排除作業のためシステムの運転を停止する頻度

が増える。

④水質汚染が進行し、原水が異臭を放つような場合は取水を見合わせる。

EMPAGUAはこのような状況を打開するため、砂防ダム建設による流出土砂の軽減や既存取水堰の嵩上げによる貯水量の増加に関する基礎調査を準備中である。また施設の運転管理の効率化のために、取水堰に排砂ゲートを設置する改良工事や取水点付近の斜面の一部に植林して法面保護を実施するなど、地道な努力を重ねている。

EMPAGUAのこれら計画は取水地点で取り得る対症療法としての性格であり、一時的には効果が期待できる。しかし流域の開発や森林の減少傾向を放置したままでは、数年内にその効果が無くなる可能性が高く、これら計画の実施は技術的には可能であるとしても無償資金協力にて実施する意義は薄いと判断される。むしろ現時点にて必要とされることは、望ましい都市の発展形態や環境影響評価の観点から、流域一帯を対象にした開発行為の抑制、森林保護、土砂の流出低減を含む流域保全、下水道施設整備等の施策を総合的に調査し、将来への改善の手順を示すことであると考えられる。この作業は政治・行政面に深く踏み込み、EMPAGUAの管轄範囲をはるかに越えるものとなるため、グアテマラ国政府や市当局が主体的に取り組むべき内容である。なお現在、EMPAGUAが独自に取水堰に土砂吐きゲートを設置したり、取水点付近の植林事業に着手するなどの努力は、システムの運転管理上から、その有効性が十分評価される。

以上の理由により、水量確保に関する検討のうち、河川の流域保全や河川内の構造物の建設や改善に関する事項は無償資金協力で実施する内容にふさわしくないと判断し、本プロジェクトの協力範囲としては、要請された3浄水システムの取水場内の既存設備と浄水施設の改修を主たる内容と定めた。

4. 2. 5 要請施設、機材の内容検討

基本設計時にグアテマラ側が再検討し要請してきた改修項目は、取水施設としては揚水ポンプの一部交換、故障した装置機器の補修、及び浄水施設の各種装置機器の交換、補修等であり、対象範囲が若干拡大されていた。各システム毎の改修項目にはグアテマラ側が決定した3段階の優先度が付記された（優先度の高い方からA, B, C）。現地調査で実施した既存施設機能調査の結果、要請内容は技術的にはほぼ妥当なものであると判断できるものであるが、要請に従った既存設備の復旧では将来の施設運転管理上、問題を残すものも一部に想定されるため、以下の改善点を加え、より効果的な改修計画とした。

①薬注装置の変更（3浄水施設）

3浄水場に共通して、原水の高濁度時にpH調整が必要となるため、現在使用されている硫酸バン土の他に、消石灰が不可欠である。既存の注入装置は顆粒硫酸バン土を直接または短時間内に水に解いて注入する方式であるため、原水中での混合が不十分で、注入量の調整

も難しい。そのためフロックの成長が不十分で、常に沈澱池から細かいフロックがキャリーオーバーし、濾過池へ過大な負荷をかける結果となっている。よって、凝集用薬剤は硫酸バン土と消石灰を併用するが、注入方式は溶液の注入に変更する。3浄水場とも注入点に隣接する部屋には2種類の薬品溶解タンクを収納するスペースがなく、また構造的にもタンク荷重に耐え得るものでない。よって、薬注設備の設置は、既存上屋1階にある薬品倉庫にスペース確保が可能であり、注入点までの溶液の搬送のため薬注ポンプを使用する方式とする。

②非常用発電装置の設置（3浄水場）

停電時の塩素滅菌機の運転と夜間の場内照明を主目的とする非常用発電装置を設置し、浄水場の管理環境の改善を図る。（要請ではカンブライ浄水場のみ）

③汚泥弁制御用コンプレッサー、圧力タンクユニットの交換（イルシオネス浄水場）

イルシオネス浄水場の沈澱池運転の必須要素である汚泥弁制御用コンプレッサー、圧力タンクユニットは、老朽化による機能低下が顕著であった。将来の安定的な運転のため設備の交換が必要である。

以上の経緯を踏まえ、本プロジェクトの範囲を運転管理の技術的な必要性から再評価した。またグアテマラ国経済企画庁（SEGEPLAN）からの申し出に配慮してグアテマラ側の自助努力によって実施できる内容はグアテマラ国の実施範囲とすることにした。以上により、グアテマラ国の要請内容を以下の3種類に分類し、EMPAGUAと協議し合意した。

分類Ⅰ：システムの主要構成要素であり、老朽の程度も進んでいるため、日本側による改修を要する設備

分類Ⅱ：改修内容がグアテマラ国側の技術力と資金力で十分に対応され得る設備。

分類Ⅲ：本プロジェクトで実施すべき改修内容から除外する設備。

なお要請内容の一部が分類Ⅲとされ、計画対象から外された理由並びに設備名は表-21の通りである。また、現地調査時点でEMPAGUAと合意された要請内容と上記分類は表-22の通りである。

表-21 分類Ⅲに属する設備及びその理由

分類Ⅲとされた理由	設備名	施設名
①EMPAGUAが独自に補修し、正常に稼働しているため。	バルセーターの汚泥引き抜き装置の更新	イルシオネス浄水場
	バルセーターのトランキライザーの交換	イルシオネス浄水場
②既存設備の一部が故障しているが、現状の運転操作で大きな支障がない。	取水ポンプ回りの電気電動弁、各種ゲート	アトランティコ取水場 インカピエ取水場
	濾過池の操作パネル、手動制御のみ稼働	イルシオネス浄水場
③システムの主要な構成要素ではなく、重要度が低い。	フッ素注入装置	イルシオネス浄水場
	サラン粉注入装置	サントルイサ浄水場 エルカンブライ浄水場
	場内電話	3浄水場共通
④現状の的確な把握が難しく、改修範囲の限定が困難である。	電気配線、計装配線、関連パネル等	3浄水場共通

表-22-1 要請内容と対象設備の現況

要請内容		設備の現況と調査所見		グループ分け		
対象設備・装置	改修方法	優先度		I	II	III
I. イルシオネス・システム						
1) アトランテイコ取水場	交換	A	老朽化のため性能低下が著しい。交換を要する。	○		
*ウォーターハンマ防御用コンプレッサー	補修	A	鋼製の本体は十分使用可能。液面計は破損しており交換を要する。	○		
*サージタンク	補修	B	配線や接続線の老朽化が進行しており部分補修は不可能。やるとすれば全面交換。	○	○	○
*操作盤(計装、警報機付)	建設	A	既存沈砂池の水面負荷が取水量に比して小さい。原水が高濁度時の砂除去に有効である。形式は今後検討するが、コンクリート構造物となる場合はEMPAGUAが建設する。			
*送水ポンプ+モータセット 2台	交換	B	4台中1台は無し。1台は故障し、2台運転中。EMPAGUAはメキシコ製のモーター2台を購入済みで、1台は既に交換され、もう1台は近々交換される予定である。	○		
*水門	設置	C	現在も不十分ながら排砂設備はある。取水口付近の排砂効果を上げるために有効である。排砂ゲートの設置はEMPAGUAが既にインカピエ堰で実績がある。		○	○
*電動バルブ	交換	C	現在、各ポンプの吐出管4カ所とメイン管1カ所に設置されたいる。電動操作は故障しているが手動での操作は可能。			
2) 着水井(浄水場)	-	-				
3) 凝集沈殿池	交換	A	ルーツタイプポンプで、過去に何回か本体内に原水が吸い込まれている。いままで補修経歴はない。運転時の振動が激しく、またインペラーの摩耗が考えられる。	○		
*真空破壊弁 4式	交換	A	現在も稼働しているが、作動がやや緩慢である。			○
*レベルスイッチ 2式	交換	A	老朽化により反応が鈍くなっている。交換を要する。	○		
*汚泥引抜弁と配管 6式	交換	A	本年2月、EMPAGUAが独自に交換、補修を実施済み。現在順調に作動している。	○		○
*汚泥引抜弁制御用コンプレッサー 2式、圧力タンク	交換	-	振動や異音がある。要請項目でないが、運転の主要構成要素であるため交換を要する。	○		
4) 濾過池						
*濾過池用流入弁 4式	交換	B	全て故障中。池躯体取り付け部は既存品を使用できる。	○		
*ハンパレ-ジョイント 4式	交換	B	現在作動中。ボックス本体は良好であるが、シールパッキンの交換が必要。将来のスペアパーツとして2基の納入を必要とする。	○		
*集水ノズル 8,000個	交換	B	ノズルの目詰まりやスリットの破壊等が多く見られた。交換を要する。	○		
*濾過砂 4池分	交換	B	砂利と砂が混在し、所要砂層厚から15~20cm減少している。砂の粒径も不均一。	○		

表-22-2 要請内容と対象設備の現況

要請内容		設備の現況と調査所見			グループ分け			
対象設備・装置	改修方法	優先度				I	II	III
* 濾過池操作盤 4式	交換	A	<p>自動制御は機能しないが、手動により操作が可能。 現在1台のみ稼働しているが、性能低下が認められる。水を有効利用するため必要性は高く、1台の予備を含め2台の交換を要する。 現在開閉装置がなく、操作不能である。現地製品であるため、現地で補修可能。</p> <p>消石灰の注入装置は故障。硫酸バン士フィードは注入率の変性に乏しい。バン士の溶解が難しく、原水の凝集効果も悪い。よって薬品を一定の濃度に溶解した溶液による定量注入方式に変更するのが望ましい。</p> <p>3台のうち1台は破損、2台が稼働中。配管状態が不良で、現在後塩素のみ作動している。また注入ポンプも適切な設置状態でなく将来への信頼性に欠ける。 現在故障のため全く使用されていない。飲料水運営上、設備の必要性が低い。</p> <p>既存はベンチユリー方式であるが、故障している。設備の重要度は高い。 同上。</p> <p>要請された415Vと240Vの2種類の内、415Vは必要ない。240V-120Vのみ必要である。 今回改修する機器に対する操作盤は新設する。ただし既存8面の操作盤は他の機器に対する制御や場内照明等のために現在も稼働しているため、本計画から除外する。 現在、濁度計、色度計、ジャチスターがあるが調整などが的確にできているか疑問。</p> <p>現在1台のみ稼働しているが、性能低下が認められる。水を有効利用するため必要性が高く、1台の予備を含め2台の交換を要する。 現在、電話システムは無い。労務員の連絡用に有効ではあるが、必要性は低い。技術者クラスは携帯無線機にて常時連絡可能である。 現在設備がなく、特に夜間の停電時には照明が無くなり場内の点検等に支障がでる。また、停電時には塩素注入ポンプが停止して衛生面の問題がある。</p>			○		○
* 逆洗水回収ポンプ2式	交換	B				○		
* 逆洗水貯留槽排水ゲート	交換	C					○	
5) 薬品注入設備	交換	A				○		
* 硫酸バン士・消石灰注入装置	交換	A				○		
* 塩素注入器	交換	A				○		
* フッ素注入装置	補修	C				○		
6) 配水池	-	-						
7) 計装設備	交換	A				○		
* 原水流入計 1式	交換	A				○		
* 処理水流置計 1式	交換	A				○		
8) 電気設備	供与	C				○		
* 変圧器 2式	交換	B				○		
* モーター操作盤8式、配線	交換	A	○					
9) 水質分析機器	供与	A	○					
10) その他	交換	B	○					
* 凝集排泥回収ポンプ2式	交換	B	○					
* 場内連絡用電話システム	新設	C	○					
* 非常用発電機 1式	新設	-	○					

表-22-3 要請内容と対象設備の現況
設備の現況と調査所見

要 請 内 容		改修方法	優先度	グループ分け		
対象設備・装置	I			II	III	
II. サンタライサイ・システム						
1) 取水施設		-				
2) 着水井 (浄水場)		-				
3) 凝集池 * 混和効果改善用・堰		新設	C	○		
4) 凝集沈澱池 * 排泥弁 (沈澱池 I、II)		交換増設	C	○		
* 傾斜板 (沈澱池 II)		交換	C	○		
5) 濾過池 * 重力式オオプン型濾過池		新設	A	○		
6) 薬品注入設備 * 硫酸パンプ・消石灰注入装置 * 塩素ポンベ用リフト設備 * 塩素ポンベ重畳計 * 塩素注入器 2式		交換 設置 交換 交換	A A B -	○ ○ ○ ○		

迂流式凝集池であるため、送水量の変動に対応できない場合が想定される。よって取水量や水質変動に対応するための薬品注入点の移動や、混和効果を向上させるための堰の設置が必要となる。

沈澱池 I に 10カ所の排泥弁がある。沈澱池 II には閉閉弁が 1カ所ある。木の枝等の異物の流入が多く、排泥弁の開閉時にこれらが挟まるため日常的な弁操作は困難である。2、3カ月毎に 1回の割りで水槽の清掃をし、汚泥を排除している。作業は 1日程度を要する。弁体は老朽化が進行し、故障も目立つが、現地にて修理可能な程度と判断された。

建築用石綿板を利用し、サポートは木材である。既にサポートが壊れ、傾斜板がはずれている箇所やサポートの強度不足から、傾斜板が全体に壊れ、材料の劣化も進行している。現状を放置すれば、全体破壊が危惧される。使用材料も不適切である。

圧力式密閉型濾過池が 19基ある。計測器はすべて故障し、逆洗は操作員の感によって行っている。内部調査の結果、全体にマッドが形成され逆洗効果も低下している。濾過砂も適正仕様を有していない。バルブからの少量の水漏れはあるが、鋼製の濾過池本体には破損や漏水がない。よって、新規に濾過池を建設することなく、既存の濾過池の改良により対応することとした。

消石灰の注入装置は故障。硫酸パンプ・消石灰注入率の可変性に乏しい。パンプの溶解が難しく、原水の凝集効果も悪い。薬品溶液による定置注入方式に変更する。現在、リフトがなくポンベの積み降ろし作業が難しい。また危険物の扱いでもあり設置が望ましい。

現在、故障している。注入量は塩素注入器の操作により管理できるとは重要度は低い。塩素注入器 1台が故障している。要請項目ではないが、重要度が高く交換を要する。

表-22-4 要請内容と対象設備の現況
設備の現況と調査所見

要 請 内 容		設 備 の 現 況 と 調 査 所 見			グ ル ー プ 分 け				
対象設備・装置	改修方法	優先度							
* さらし粉注入装置 (前後用)	新設	B	塩素の納入が滞る時に、簡易にさらし粉を解いて使用している。使用頻度が2、3カ月に1回程度で、重要度は低い。また大容量の設備には取り扱い上、対応が難しい。				I	II	III
* フッ素注入設備	-	-							
7) 配水池	設置	C	配水池は2槽に分割されているが片方は漏水があるため使用していない。1基でも十分な容量を有しているため、現状で2槽を使用する必要がないものと想定される。また両方が接続されているため、現状では、1カ所の水位計で対応が可能である。					○	
* 水位計									
8) 計装設備	新設	A	流量計がないため、処理水量の確認ができていない。管理上重要で設置を要する。				○		
* 処理水流量計 1式									
9) 電気設備	供与	B	既存設備は現状のままで使用可能と判断された。新規に納入される機械を対象とした変圧器を供与する必要がある。(13.2KVA/480V、400V/120-240Vの2台)				○		
* 変圧器 2式									
* モーター操作盤、配線	設置	A	新規に納入される機械用の操作盤は新設される必要がある。既存のものは場内照明やその他の機器への配電等を賅っているため、現状のままの使用が望ましい。				○		
10) 水質分析機器	供与	A	現在、濁度計、色度計、ジャータスターがあるが調整などが的確にできていないか疑問。				○		
11) その他	新設	B	現在、電話システムは無い。労務員の連絡用に有効ではあるが、必要性は低い。技術者クラスは携帯無線機にて常時連絡可能である。						○
* 場内連絡用電話システム									
* 非常用発電機 1式	新設	-	現在設備がなく、特に夜間の停電時には照明が無くなり場内の点検等に支障がでる。また、停電時には塩素注入ポンプが停止して衛生面の問題がある。				○		
Ⅲ. カンブライ・システム									
Ⅰ) インカピエ取水場	供与	A	老朽化のため性能低下が著しい。交換を要する。				○		
* ウォーターハンマー防御用 コンプレッサー									
* サージタンク	補修	A	鋼製の本体は十分使用可能。液面計、圧力計は破損しており交換を要する。				○		
* 操作盤 (計装、警報機付)	補修	B	配線や接続線の老朽化が進行しており部分補修は不可能。やるとすれば全面交換。				○		
* 送水ポンプ+モーターセット 2台	交換	B	4台すべて稼働中であるが、老朽化の進行が著しい。インペラーの摩耗も激しく、取替えや修理を繰り返している。圧力計もすべて故障。取水量確保の観点から重要。				○		○

表-22-5 要請内容と対象設備の現況
設備の現況と調査所見

要請内容		グループ分け	
対象設備・装置	改修方法	優先度	
*水門	設置	C	I
*電動バルブ	交換	C	II
2) 着水井	-	-	III
3) 凝集池	新設	A	
*混和効果改善用・堰	変更	A	
*硫酸バン土、消石灰注入点	交換	A	
4) 凝集沈澱池	増設	A	
*排泥弁（沈澱池Ⅰ，Ⅱ）	新設	A	
*排泥弁（沈澱池Ⅲ）	交換	A	
5) 濾過池	交換	A	
*重力式オオプン型濾過池	交換	A	
6) 薬品注入設備	交換	A	
*硫酸バン土・消石灰注入装置	交換	A	

EMPAGUAは独自に堰を改良し、取水口付近に排砂ゲートを計画し本年8月完成された。試験的設備であるため、品質が十分でないが、排砂効果は飛躍的に改善された。

現在、各ポンプの吐出管4カ所の内1カ所とメイン管1カ所に設置されている。電動操作は故障しているが手動での操作は可能。

既存は迂流式凝集池なのである。取水量や水質の季節変動に対応するための薬品注入点の移動や混和効果を向上させるための堰の設置が有効である。

原水水量や水質の変動に対応すべく、注入点を変更できる装備が、既存凝集池の機能向上に有効である。

現在、沈澱池ⅠとⅡに8カ所の排泥弁がある。池へ木の枝等の異物の流入が多く、排泥弁の開閉時にこれらが挟まらため日常的な弁操作は困難である。現在2、3カ月毎に、池内を清掃し汚泥を排除している。作業は1日程度を要する。弁体は老朽化による故障も顕著であるが、過去に現地にて修理した実績もあり、EMPAGUAにて対応可能。沈澱池Ⅲには池内に4カ所の排泥口、池外部にこれらを統合した開閉弁が1カ所ある。要請は池内部に排泥弁4カ所の増設であったが、現状の管理方法が現地に適していると判断された。既存の開閉弁は漏水が多く、交換を必要とする。

圧力式密閉型濾過池が8基ある。計測器はすべて故障し、逆洗は操作員の感によって行っている。内部調査の結果、全体にマッドが形成され逆洗効果も低下している。濾過砂も適正仕様を有していない。バルブからの少量の水漏れはあるが、鋼製の濾過池本体には破損や漏水がない。現状では濾過池よりも高地盤にある配水池へ送水する必要があるため、濾過池に過剰水圧がかかり、運転管理上の問題が多い。よって、要請通り、新規に濾過池を建設するのが最適であると判断された。用地は確保されている。

消石灰の注入装置はない。硫酸バン土フィーダーは注入率の可変性に乏しく、溶解槽が故障しており、バン土を顆粒のまま注入している。原水の凝集効果が悪い。よって薬品を一定の濃度に溶解した溶液による定量注入方式に変更するのが望ましい。

表-22-6 要請内容と対象設備の現況

要 請 内 容		設備の現況と調査所見			グループ分け		
対象設備・装置	改修方法	優先度		I	II	III	
*塩素注入器 2式	交換	A	<p>1台は故障。1台のみ稼働中。装置の重要度が高く交換を要する。次の、さらし粉注入設備と同様の理由により削除する。</p> <p>*さらし粉注入室</p> <p>*さらし粉注入装置（前後用）</p> <p>*フッ素注入設備</p> <p>7) 配水池</p> <p>*水位計</p> <p>8) 計装設備</p> <p>*処理水流量計 2式</p> <p>9) 電気設備</p> <p>*変圧器</p> <p>*モータ操作盤、配線</p> <p>10) 水質分析機器</p> <p>11) その他</p> <p>*場内連絡用電話システム</p> <p>*非常用発電機 2式</p>	○			
*さらし粉注入室	建設	C					○
*さらし粉注入装置（前後用）	新設	B					○
*フッ素注入設備	新設	C					○
7) 配水池	設置	C			○		
*水位計							
8) 計装設備							
*処理水流量計 2式	新設	A			○		
9) 電気設備							
*変圧器	供与	C			○		
*モータ操作盤、配線	設置	B			○		
10) 水質分析機器	供与	A		○			
11) その他							
*場内連絡用電話システム	新設	C		○			
*非常用発電機 2式	新設	C		○			

4. 2. 6 技術協力の必要性検討

本計画のグアテマラ国側実施機関である EMPAGUA は、1972年に設立されて以来、20年に及ぶ水道整備事業の歴史があり、取水・浄水システムの運転技術の蓄積もある。1980年代、同国の社会情勢不安により、EMPAGUA の組織機能が一時期弱体化したが、近年取り組んできた組織強化の成果として、若手技術者が主要ポストへ登用され、組織の活性化が図られつつある。しかし、依然として EMPAGUA の技術力は十分とは言えず、また財政面、住民へのサービス強化等、問題も多い状況ではあるが、取水場や浄水場の各施設の現場では、担当職員の創意工夫に基づく施設の補修や改良工事もおこなわれ、徐々にその成果が現れつつある。よって現段階においては、本計画の実施運営に対する日本の専門家派遣による技術協力の必要性は低いと言える。

本プロジェクトの対象となる3浄水システムは運転副部に所属し、3システムの統括長の下、それぞれのシステムに常駐の浄水場長をはじめとする専属の要員が配置されている。このうち技術者としての専門知識を有しているのは浄水場長までである。これより下位の要員はシステム運転管理の専門技術を有しておらず、日常的な設備の運転とごく軽微な補修に対応できる程度である。また浄水場の運転操作の主要点と言える凝集沈澱工程の管理は、不十分な試験機材と薬品注入機の故障により、ジャーテストの結果を実際の薬品注入処理に十分に活かせる体制にない状況である。その他の設備に関しても、故障や破損により正常な機能を発揮していないことから、ややもするとお座りな運転管理に陥りやすい。

本プロジェクトの実施により、設備全般にわたる機能障害が除去される。また、装置自体の機能上問題があった、薬注設備を始め幾つかの新しい設備も導入されることによって、各浄水システムの処理能力が回復され、市民への水道サービスも向上することが期待される。しかしそのためには、運転管理を担当する要員の技術力の向上は不可欠な要素である。よって本プロジェクトが円滑に実施運営され、期待どおりの成果を発揮するために、EMPAGUA の主要技術者から、本プロジェクトの施設運営に係わる要員数名を選定し、浄水施設の運転操作に関する研修を日本で行うことが望ましい。また各施設完成後、直ちに、総合的システム運転管理に関する技術指導が日本の技術者により現場でなされれば、より効果的なシステムの運転管理が可能となろう。

4. 2. 7 協力実施の基本方針

本計画の実施については、以上の検討によりその効果、現実性、相手国の実施能力等が確認されたこと、本計画の効果が無償資金協力の制度に合致していること等から、日本の無償資金協力で実施することが妥当であると判断された。よって、日本の無償資金協力を前提として、以下において計画の概要を検討し、基本設計を実施することとする。ただし、計画の内容については、要請の一部を変更することが適当であることは、計画の構成要素や要請施設、機械の内容検討に述べたとおりである。

4. 3 計画の概要

4. 3. 1 実施機関及び運営体制

本プロジェクトのグアテマラ国側実施機関はEMPAGUA (La Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala) である。EMPAGUAはグアテマラ市の統轄下にある公営企業で、グアテマラ、ミスコ、ビジャヌエバ、ペタパ、サンタカタリナピヌーラ等の周辺5都市と、ビジャカナレス、チナウトラの2都市の一部に対する上下水道整備事業を管轄している。EMPAGUAは1972年11月に設立され1973年1月から業務を開始した。組織の最上部には理事会があり総裁はグアテマラ市長が兼務している。組織の運営と管理を実質的に統括するのは理事会の下に位置する局長 (Gerencia) である。組織は総務・財務局と技術局に大別され、総務・財務局は総務、人事、財務、顧客サービス等を担当し、技術局は水道整備計画、施設運転管理、工事管理等を管轄している。1993年8月現在、2,018名が在職している。またEMPAGUAの組織は図-8に示す通りである。

本プロジェクトの対象となる3浄水場は技術局内の運営管理部運転課の1セクションにて管轄されている。よって3浄水場の運転管理は1名の浄水場統括長の下でおこなわれ、各浄水場には浄水場長の他、表-23に示す陣容が配置されている。担当セクションの体制は図-9に示す通りである。

表-23 プロジェクト対象施設の管理体制

職分	イソネス・システム	サカルイ・システム	カンブライ・システム	計
浄水場統括長	1	-	-	1
浄水場長	1	1	1	3
操作主任	3	3	3	9
操作員	6	3	6	15
操作員補助	3	3	2	8
一般維持要員	-	3	2	5
配水池操作員	-	1	1	2
電気技師	1	-	-	1
倉庫員	1	1	-	2
取水場操作主任	3	-	3	6
同操作員	3	-	3	6
取水堰担当員	-	-	1	1
一般作業員	9	7	4	20
計	31	22	26	79

本計画は既存の各種設備の改修によって、それぞれの施設を原設計容量規模に回復することが目的であり、生産水量の大幅な増加を伴わない。しかしながら現状は、設備の故障によりシステムが十分に機能していないため、ややもするとお座成りな運転操作になりがちであったが、本計画実施後は担当職員の浄水施設の運転操作と維持補修等に関する技術力を強化し、施設を有効に稼働させる必要がある。特に原水濁度に対応した薬品注入機構に更新され、効果的な凝集沈澱工程が可能となるため、水質監視と薬品注入がより重要な運転管理項目の一つとなる。これについ

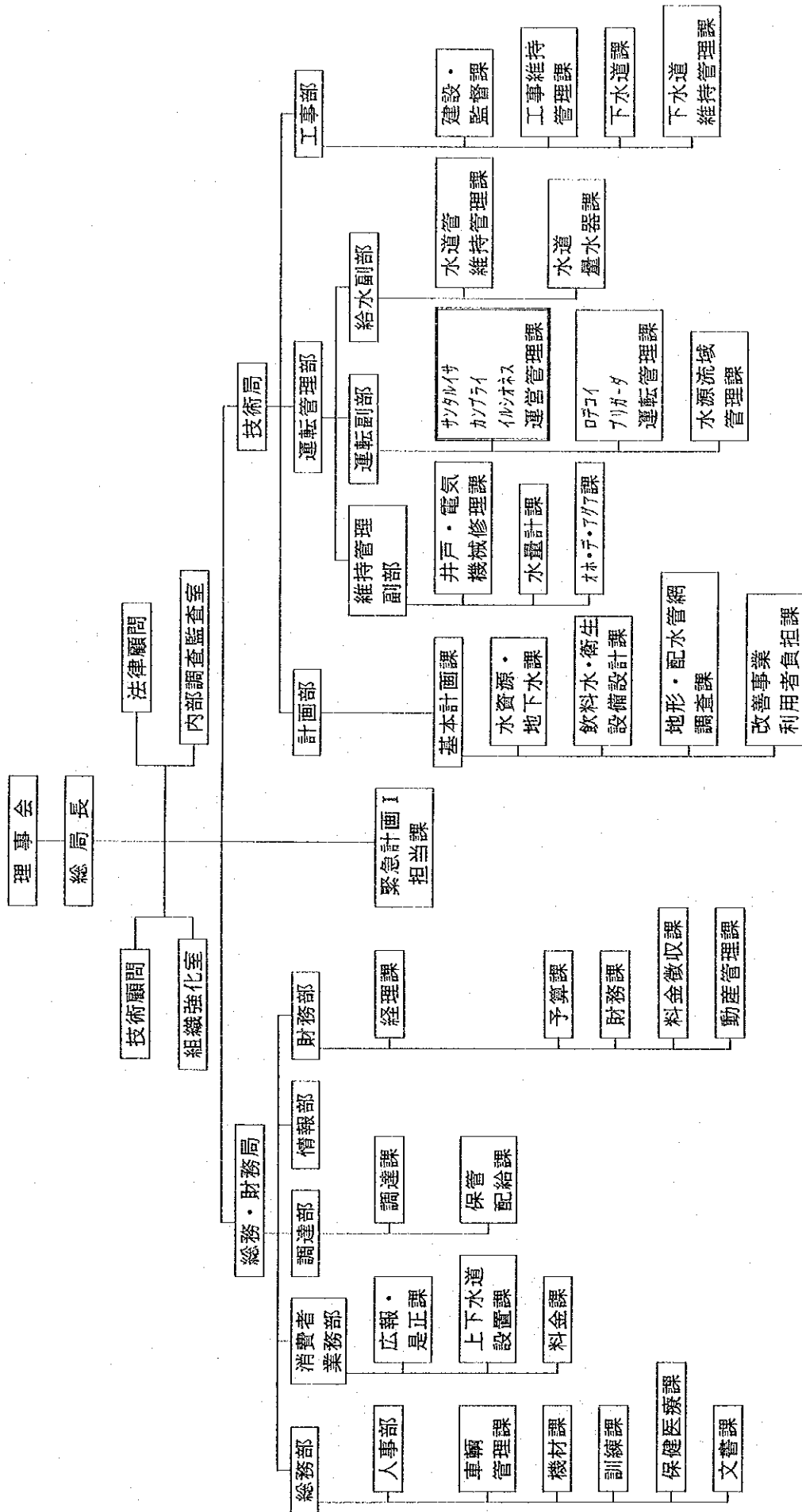


図-8 EMPAGUAの組織

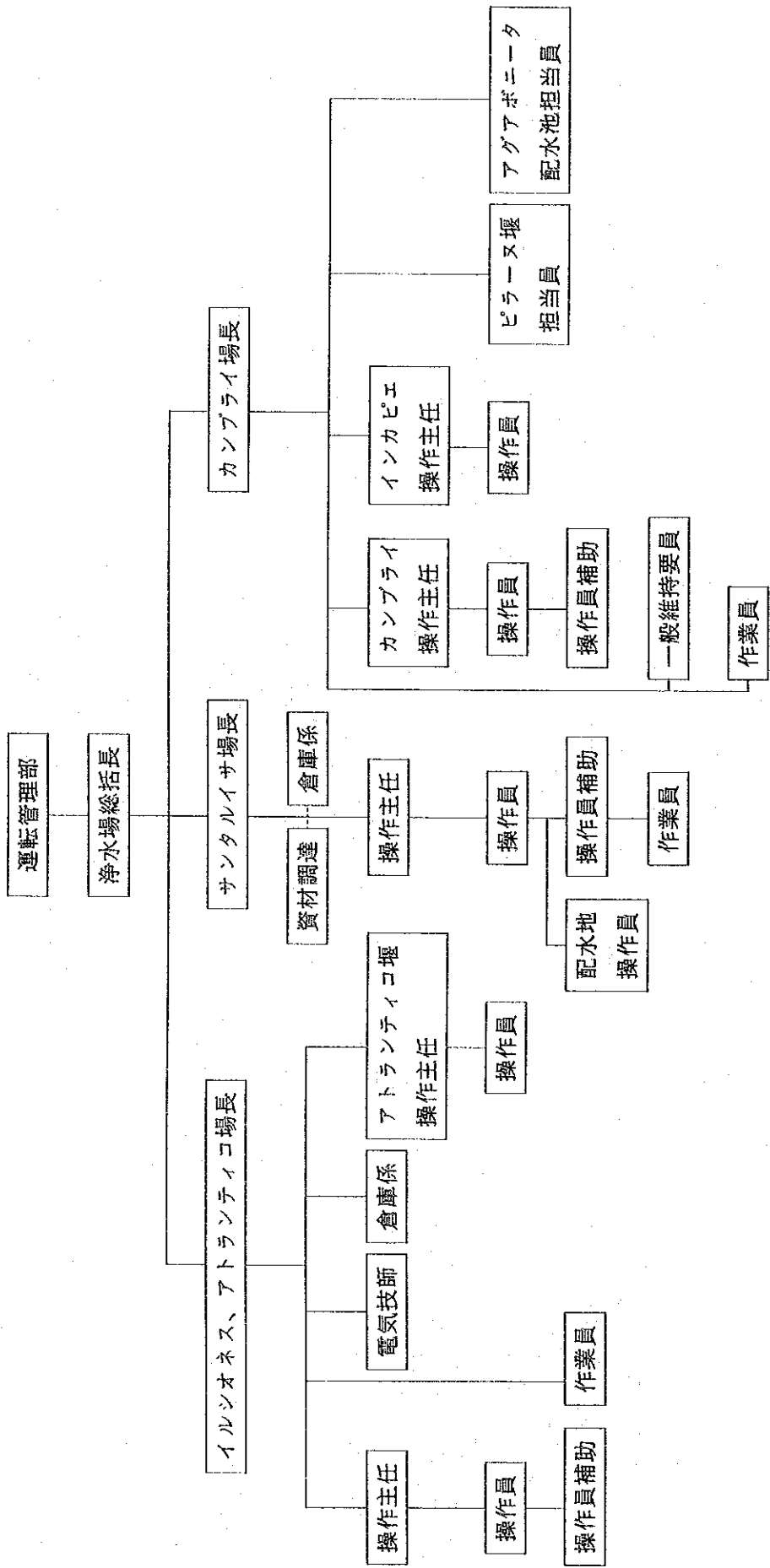


図-9 計画対象システムの運営管理体制

ては、その重要性から操作主任が担当し、浄水場長が責任を負うことになる。要員の増加としては、現在1名いる電気技師にもう1名と機械技師2名を加える。増員される電気技師と機械技師は以下の職務を担当する。

- ①電気技師：3浄水場を巡回しながら、電気設備の保守点検をおこなう。必要に応じて、機械技師と協力して装置の修理、部品交換等をおこなう。
- ②機械技師：3浄水場を巡回しながら、機械設備の保守点検をおこなう。必要に応じて、電気技師、機械操作員らと協力して装置の修理、部品交換等をおこなう。

4. 3. 2 事業計画

本プロジェクトの完成後に必要となる運転経費及び収入増加を以下に試算し、本計画の将来運営状況を推定する。

(1) 新規施設の運転経費

(i) 電力費

電気使用の基本料金はEMPAGUAの規定料金で1kWh当たり0.5ケツァル(Qs.)とする。各システムの1日当たりの電気使用量は表-25から求めると、年間の電力料金は表-24の通りである。

表-24 電気使用料金

	1日当たり電気使用量 ① (kWh)	年間の総電気使用量 ②=①×365日(kWh)	年間の総電気料金 ②×0.5 (Qs.)
イルシオネス	40,367.5	14,832,688	7,416,000
サンタルイサ	953.9	351,824	176,000
カンブライ	12,751.5	4,490,797	2,345,000
合計			9,937,000

表-25中の*印で表された部分は、本プロジェクトの実施によって新規に設置される設備によって増加される電気量である。既存設備の電気使用量に対する、新規設備による電気量の増加分は3システムの合計で、わずかに1.2%にとどまっている。

表-25 電気使用量

機械名	イルソオネス・システム				サントルイサ・システム				カンブライ・システム							
	運転台数	定格出力 (kW)	消費電力 (kW)	稼働時間 (H/日)	使用電力量 (kWh/日)	運転台数	定格出力 (kW)	消費電力 (kW)	稼働時間 (H/日)	使用電力量 (kWh/日)	運転台数	定格出力 (kW)	消費電力 (kW)	稼働時間 (H/日)	使用電力量 (kWh/日)	
取水場設備																
取水ポンプ	3	600	1,800	24	38,880.0						3	150	405.0	24	9,720.0	
コンプレッサー	1	15.0	15.0	24	252.0						1	3.7	2.59	24	62.2	
砂分離装置ポンプ	2	11.0	22.0	12	* 184.8											
地下水ポンプ											2	75.0	105.0	24	2,520.0	
浄水場設備																
真空ポンプ	2	22.0	44.0	24	739.2											
弁作動用コアクレサ-	1	1.5	1.5	6	6.3											
沈澱排水回収ポンプ	1	5.5	5.5	24	92.4											
逆洗水ポンプ	1	38.0	38.0	26.6	26.6						1	37.0	25.9	1.5	* 38.9	
逆洗ブロー	1	30.0	30.0	21.0	21.0						1	37.0	25.9	0.5	* 13.0	
逆洗排水回収ポンプ	1	5.5	5.5	12	46.2						1	15.0	10.5	12	126.0	
硫酸パンプ攪拌機	1	1.5	3.0	4	* 4.2						1	1.5	1.05	4	* 4.2	
硫酸パンプポンプ	1	1.5	1.5	24	* 25.2						1	1.5	1.05	24	* 25.2	
消石灰攪拌機	2	1.5	3.0	24	* 50.4						1	1.5	1.05	24	* 25.2	
消石灰ポンプ	1	3.7	3.7	24	* 62.2						1	3.7	2.59	24	* 62.2	
塩素給水ポンプ	1	3.7	3.7	24	62.2						1	3.7	2.59	24	62.2	
場内給水ポンプ	1	11.0	11.0	7.7	184.8						1	5.5	3.85	24	92.4	
地下水ポンプ																
使用量合計					40,637.5										953.9	12,751.5

注) *印は新規の導入設備による電力使用量の増加分である。

(ii) 薬品費

本浄水システムで使用する薬品は硫酸バン土、消石灰及び塩素である。各薬品の使用量は以下の条件によって算定する。

①薬品の価格は以下の通りとする。

硫酸バン土 : 1,200 Qs./トン

消石灰 : 4,343 Qs./トン

塩素ガス : 2,645 Qs./トン

②各薬品の1日当たり使用量は、各浄水場における生産水量を設計値の80%と仮定し、1日計画平均注入率の80%とする。ただし塩素の使用量は後塩素の計画注入量のみを計上する。

表-26 硫酸バン土の使用量と費用

	1日計画注入率 ①(トン)	1日使用量 ②=①×0.8	年間使用量 ③=②×365日	年間の総薬品費 ③×1,200(Qs.)
イルシオネス	0.71	0.57	208.1	250,000
サントルイサ	1.20	0.96	350.4	420,000
カンブライ	0.48	0.38	138.7	166,000
合計				836,000

表-27 消石灰の使用量と費用

	1日計画注入率 ①(トン)	1日使用量 ②=①×0.8	年間使用量 ③=②×365日	年間の総薬品費 ③×4,343(Qs.)
イルシオネス	0.375	0.30	109.5	476,000
サントルイサ	0.60	0.48	175.2	761,000
カンブライ	0.24	0.19	69.4	301,000
合計				1,538,000

表-28 塩素ガスの使用量と費用

	1日計画注入率 ①(トン)	1日使用量 ②=①×0.8	年間使用量 ③=②×365日	年間の総薬品費 ③×2,645(Qs.)
イルシオネス	0.075	0.06	21.9	58,000
サントルイサ	0.12	0.096	35.0	93,000
カンブライ	0.048	0.038	13.9	37,000
合計				188,000

よって使用する薬品の年間総費用は上記3薬品の合計で2,562,000ケツァルとなる。この内、現在、消石灰はほとんど使用されていないが、硫酸バン土と塩素ガスは使用されている薬品である。既存施設の薬品使用データによれば、硫酸バン土は現状で既に、上記計画使用量を越えており、塩素も計画使用量程度は使用されている。よって、本プロジェクトの完成後に増加する薬品費は消石灰の費用のみを考える。

(iii) 人件費

本プロジェクトの完成後の人件費は、電気技師1名と機械技師2名分を増員分として計上する。年間の人件費の総額は以下の計算が示すとおり約1.3百万ケツァル、本プロジェクトの完成後の人件費の増額は年間約40,000ケツァルと見込まれる。なお使用した単価はEMPAGUAの1993年の実勢給与によった。

現状の要員に係る人件費

EMPAGUAのデータより：83,110 Qs./月×14カ月=1,163,540 Qs./年

要員増による人件費の増額分

電気技師 I	:	1,040 Qs./月×14カ月=	14,560 Qs./年
機械技師 I	:	1,040 Qs./月×14カ月=	14,560 Qs./年
機械技師 II	:	800 Qs./月×14カ月=	11,200 Qs./年
小 計			40,320 Qs./年
合 計			1,203,860 Qs./年

(iv) 運転管理費の合計

以上の結果から、本プロジェクトの完成後に必要となる3のシステムの年間運転管理費を推定する。1992年のEMPAGUAの財政収支結果（巻末資料参照）によれば、施設の運転管理費は上記3項目の他、原価償却費、一般経費、その他によって構成されている。これによれば、電気料金、薬品費、人件費の3費目の合計は運転管理費の76%に相当している。よって本プロジェクトの完成後の年間運転管理費についても、上記の3費目の合計を0.76で除して、表-29に示す通り計算される。

表-29 プロジェクト完成後の年間運転管理経費

	運転管理費の合計	現状に対する増加分	摘 要
電気料金	9,937,000	119,000	電気量合計の1.2%
薬品費用	2,562,000	1,538,000	消石灰費用
人件費	1,204,000	40,300	要員増加分
①小計	13,703,000	1,697,300	
運転管理費合計	18,030,000	2,233,000	①÷0.76

本プロジェクトの完成後の施設運転管理費の合計は約18.0百万ケツァル、また現状に対する年間運転管理の増額分については、約2.2百万ケツァルと推定される。

(2) 新規施設による収入

上記のとおり、本プロジェクトの完成後は、施設の運転管理費の増加は避けられない。一方、生産水量の回復は収入増加に寄与するため、EMPAGUAの財政が好転することが期待できる。よって生産水量の増加に伴い、どの程度収入増加が期待できるか以下に検討する。

1993年1月から7月までの3システムの1日当たりの平均生産水量の合計は54,500m³であり、年間では19,892,500m³(=54,500m³/日×365日)に止まると推定される。本プロジェクトの完成後は、日生産水量が70,300m³/日まで回復され、年間では、約25,660,000m³(=70,300×365日)の生産水量となる。(詳細は「6.1 事業の効果」を参照)。以上を踏まえて、以下に生産水量1m³当たりの収入と全体収入を試算する。

(i) 生産水量1m³当たりの収入単価

1991年のEMPAGUAの全収入は42.7百万ケツァルであった。この内、純然たる水道料金は36.4百万ケツァルで、全収入の約85%を占めた。残りの収入に含まれる収入費目としては、水道加入金や水道使用権の販売などであり、これらは年間水道料金の伸びに平行して増える傾向を示している。よって計算の便宜上、全収入を同年のEMPAGUA全体の年間生産水量の合計91.73百万m³で除して、生産水1m³当たりの単価を求める。

$$1\text{m}^3\text{の生産水の単価} = 42,700,000 \div 91,700,000 = 0.465 \text{ Qs./m}^3$$

しかし現行の水道料金は1992年8月に改定されたため、上記の生産水単価を基本として現在ベースの単価を推定する。ここで、1契約戸数あたりの標準構成人員を8人、1人1日当たりの水道使用量を240ℓと仮定すると、標準契約戸当たりの月水道使用量は約58.6m³/月(=0.24m³/人×8人×30.5日)となる。1991年当時の水道料金体系では、この使用量に対する水道料金は30ケツァルであった。しかし現行の料金体系(「4.2.2 実施運営計画の検討」参照)に従えば、46.9(=58.6m³×0.8 Qs./m³)ケツァルとなり、56%の増加となる。従って、先に求めた1m³当たりの生産水の単価を56%増しにして、現行の単価を以下の通り0.73ケツァルと定める。

(ii) プロジェクト完成後の収入

以上に求められた生産水量の単価を本プロジェクト完成後の生産水量に乗ずることによって将来の収入が推定される。

$$\text{*総年間収入の推定} : 25,660,000\text{m}^3 \times 0.73 \text{ Qs./m}^3 = 18,731,800 \text{ Qs.}$$

$$\text{*現状に対する増加分} : (25,660,000 - 19,892,500)\text{m}^3 \times 0.73 \text{ Qs./m}^3 = 4,210,300 \text{ Qs.}$$

(3) プロジェクト完成後の財政収支

上記の通り、本プロジェクト完成後の支出である運転管理費と水道収入の推計から、若干の考察を加える。

3システム全体では、総収入が総支出をわずかに上回る結果となった。このことは、本プロジェクトの完成後には、システムはEMPAGUAの財政を圧迫する事なく、独自に運転管理費を賄っていけることを意味している。一方、新規設備の導入に伴う経費増と水量増加分に相当する収入増と比較すると、明らかに収入の方が上回る結果となった。よって、本プロジェクトの実施による効果は十分に認められると結論付けられる。

4. 3. 3 計画地の位置及び状況

(1) 計画対象3浄水場の周辺状況

(i) イルシオネス・システム

イルシオネス浄水場はゾーン18にあり、都心から東北に直線距離で約8kmに位置している。ゾーン18は首都圏で人口増加率が最も高く、かつ低所得層の多い地区でもある。浄水場の周辺まで住宅が迫っているが、上下水道、電気などの生活基盤の整備が不十分である。

アランティコ取水場はイルシオネス浄水場の東、約6kmでオコテス川の谷間に位置している。湾曲した川の内側、約300m²足らずの平地に建設されている。川の両側は急傾斜した崖面に囲まれ、用地の拡張は不可能である。谷底は木々も多く、一見自然に恵まれているように見えるが、尾根付近の緩傾斜地には貧しい家屋があちらこちらに建てられている。

(ii) サンタリイサ・システム

サンタリイサ浄水場は都心のほぼ真東へ約5kmの地点にあり、車で20分程度、ゾーン16と17の境界付近に位置している。浄水場付近から南にかけては、まだ森林地帯が残っており、都心からの所要時間が手頃であることから、商業資本による宅地開発が進行中である。

3カ所ある取水場のうち、テオシンテダムは浄水場から東南へ11kmの地点にあり、周囲は自然林に囲まれているが、貯水池の近くまで畑や牧場などとして利用されている。流域の上流にはサンホセピヌーラ町があり、住宅や工場などから排水が河川に流出している。アカタン堰は浄水場の南、約4kmのモンヒタス川の溪谷に位置している。カナリトス堰は浄水場から東北へ約3kmで、アセイツノ川とメンデス川がカナリトス川へ合流する地点にある。

(iii) カンプライ・システム

カンプライ浄水場は都心から東南へ約6kmのゾーン14にあり、ピヌーラ川とサウセ川に挟まれた幅100m程度の尾根の稜線部に建設されている。尾根の両側は河川の侵食によって急斜面となっており、細長い敷地に自然の高低差を利用して処理水を流下させるよう施設が配置されている。浄水場周辺は比較的古くから開発された高級住宅街である。

2カ所の取水点のうち、インカピエ取水場は浄水場からピヌーラ川に沿って約4km下流に位置している。川の両側は100mを越える切り立った崖に取り囲まれ、西側の崖の頂上はグァテマラ市で最も高級な住宅街のあるゾーン14地区の境界となっている。もう一つの取水場は浄水場からピヌーラ川を約1km上流に逆上った谷間にある。

(2) 地質状況

グァテマラ市の地質構造は太古からの造山活動と、第4紀に活発化した火山活動による噴出物の堆積により形成され、また河川の侵食により幾筋にも発達した溪谷地形が特徴となっている。当地域の台地の地層は概ね、火山の噴出灰が堆積したシルト～粘性土の表層、その下には風化した火山噴出岩層等となっており、これらが50m以深まで続いている。さらにその下は石灰岩や固結熔岩層になると想定される。本調査によって実施したサンタリイサ浄水場とカンプライ浄水場の地質調査の結果は図-10及び11の通りである。

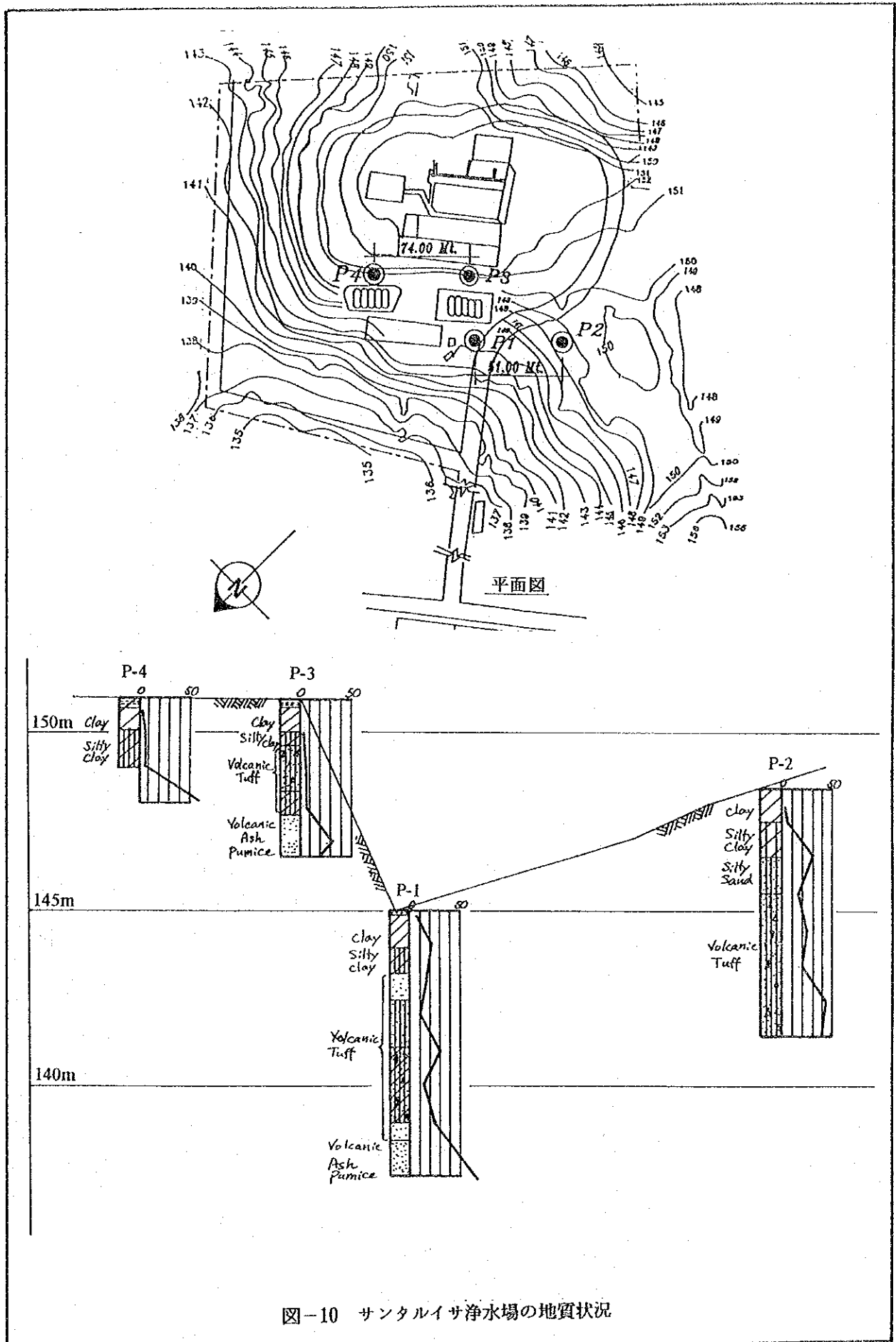


図-10 サントルイサ浄水場の地質状況

4. 3. 4 計画施設、機材の内容

グアテマラ国から要請された全項目は、現地で実施した既存施設機能調査の結果に基づき、以下の3種類に分類された。その内容は基本設計調査団とEMPAGUAにより協議、合意され、テクニカル・ノート（巻末「資料編」参照）としてまとめられた。

分類Ⅰ：日本側による実施を要する改修内容

分類Ⅱ：グアテマラ国側が実施する改修内容

分類Ⅲ：本プロジェクトから除外する改修内容。

本プロジェクトにおいて日本側が実施する主たる内容は分類Ⅰであったが、その後、詳細に各浄システムの運転操作上の問題を検証した結果、グアテマラ側の要請から除外した分類Ⅲの内から、将来の設備運転に、特に大きく係わる範囲に限定した盤と関連計器、配線の交換をおこなうこととした。また、当初サンタルイサ浄水場の濾過池については既存設備の改造で対応する方針であった。しかし配管や弁位置の変更によって操作性を若干向上させることができたとしても、19基の濾過タンク群の操作は依然として繁雑であること、またタンク形式のままでは外部からの逆洗状況の確認が困難であるため、運転管理上将来に問題を残すことになることが懸念された。よって、サンタルイサの濾過池もカンブライ浄水場と同様に重力式開放型に変更することとした。またアトランティコ取水場に以下の理由により、新たに砂分離装置を建設することとした。

集水流域にある幾つかの取水点の内、アトランティコ取水場は最も下流に位置している。そのため降雨による原水濁度の上昇の影響が長時間に亘って継続する。取水場には沈砂池があるが、原水中の濁度成分の除去能力が小さく、また砂の除去も不十分ないため、揚水ポンプの摩耗が激しい状況である。そのため、雨期には原水の高濁度による取水停止が頻発している。このような状況を改善するため、既存の狭い用地内で建設が可能で、砂の除去効率が高く、かつ操作も容易な旋回流式砂分離装置を建設する。これにより、原水の濁度成分が除去され、取水停止時間が短縮されることにより、浄水場での生産水増が期待できる。イルシオネス・システムが賄っている給水地域は水事情が最も逼迫しているため、これを建設する効果は大きい。

以上の経過によって決定された本計画で実施する設備の改修及び機材調達の内容は表-30に示す通りである。

表-30-1 計画施設・機材の必要性及び妥当性（イルシオネス・システム）

改修対象設備	数量	工事	改修の必要性及び妥当性
1) アトランティコ取水場			
①ウォーターハンマー防御用コルパ	1台	交換	老朽化のため性能低下が著しい。
②サージタンク	1台	交換	液面計、圧力計等が破損している。
③送水ポンプ+モータセット	2台	交換	故障や破損のため、運転されていない。
④砂分離装置	2基	新設	既存沈砂池の機能を補完し、砂分の除去により揚水ポンプの摩耗を抑制する。原水濁度を低減し、施設の停止時間を低減させる。
2) イルシオネス浄水場			
①凝集沈澱池			
*真空ポンプ（含む配管類）	3台	交換	運転時の振動が激しく、またインペラーの摩耗による機能低下が想定させれる。
*レベルスイッチ	2式	交換	作動が緩慢で適切な制御ができない。
*汚泥引抜弁制御用コンプレッサー（含む圧力タンク、配管類）。	2式	交換	振動や異音が発生し、運転に不安がある。
*凝集排泥回収ポンプ	2式	交換	性能低下が激しい。既存1台を交換+1台（予備）を新設する。
②濾過池			
*濾過池用流入弁	4式	交換	扉部が故障により全閉できない。逆洗水の逆流が起きている。躯体取り付け部は既存のまま使用し扉部のみ交換。
*パーシャリゼーションボックス	4式	補修	本体は良好であるが内部シールパッキンを交換する。ボックス2基は将来予備として調達する。
*集水ノズル	2,600個	交換	ノズルの目詰まり、破壊が多い。
*濾過砂	4池	交換	砂が流出し砂層厚が減少している。濾材が規格に適應していない。
*逆洗水回収ポンプ	2式	交換	性能低下が激しい。既存1台を交換+1台（予備）を新設する。
③薬品注入設備			
*硫酸バン土・消石灰注入装置	1式	新設	既存方式は注入率制御が不十分で、機械も故障している。凝集効果の向上のため溶液注入装置に変更する。
*塩素注入器	1式	交換	配管不良、注入ポンプが性能低下している。
④計装設備			
*原水流入計	1式	新設	既存は故障している。設備の必要性が高い。
*処理水流量計	1式	新設	同上。
⑤電気設備			
*変圧器	1式	新設	既存はそのまま使用。新規改修機器に対応して240V/120V用を設置する。
*操作盤、配線	1式	新設	新規改修機器に対するものを新設する。
*非常用発電機	1式	新設	停電時に浄水機能の一部が働くようにする。
⑥水質分析機器	1式	調達	基礎的水質試験のための器具を備える。

表-30-2 計画施設・機材の必要性及び妥当性（サントルイサ・システム）

改修対象設備	数量	工事	改修の必要性及び妥当性
1) サントルイサ浄水場			
①凝集池 *混和効果改善用・堰	1式	新設	薬品混和効果を向上させるため。
②凝集沈澱池 *傾斜板（沈澱池Ⅱ）	1式	交換	破損が進行しているため、全体を塩ビ板製に変更する。
③濾過池 *逆洗水回収ポンプ	1式 2式	新設 交換	既存は計器が全て故障し、操作性も悪い。技術的には既存圧力濾過タンクの改造も可能であるが、操作性、維持管理面の改善がなされない。将来の運転管理改善を重視し、重力式開放型濾過池へ変更する。 1台しかない。機能が低下している。
④薬品注入設備 *硫酸バン土・消石灰注入装置	1式	新設	既存方式は注入率制御が不十分で、機械も故障している。凝集効果の向上のため溶液注入装置に変更する。
*塩素ポンプ用リフト設備	1台	新設	リフトがなく積み降しが難しい。
*塩素注入設備	1式	新設	既存設備は前塩素用には遠すぎる位置にある。注入器も一部故障している。前後塩素注入には浄水場内に新規設備が必要である。
⑤計装設備 *処理水流量計	1式	新設	処理水量の把握のために必要である。
⑥電気設備 *変圧器	2式	新設	既存はそのまま使用。新規改修機器に対応して240V/120V用を設置する。
*モーター操作盤、配線	1式	新設	新規改修機器に対するものを新設する。
*非常用発電機	1式	新設	停電時に浄水機能の一部が働くようにする。
⑦水質分析機器	1式	調達	基礎的水質試験のための器具を備える。

表-30-3 計画施設・機材の必要性及び妥当性（カンブライ・システム）

改修対象設備	数量	工事	改修の必要性及び妥当性
1) インカピエ取水場			
①ウォーターハンマー防御用コンプレッサー	1台	交換	老朽化のため性能低下が著しい。
②サージタンク	1台	交換	液面計、圧力計は破損している。
③送水ポンプ+モータセット	2台	交換	機能低下が進行しているため、当初製品と同一メーカー、同一仕様製品にて交換する。
2) カンブライ浄水場			
①凝集池			
* 混和効果改善用・堰	1式	設置	薬品混和効果を向上させるため。
* 硫酸バン土、消石灰注入点	1式	新設	同上。
②凝集沈澱池			
* 排泥弁（沈澱池Ⅲ）	1基	新設	弁からの漏水が多いため交換する。
③濾過池			
* 重力式オープン型濾過池	1式	新設	既存濾過池は操作性が悪く、圧力制御上も改良が困難である。よって新規に濾過池を建設する。
* 逆洗水回収ポンプ	2式	交換	1台しかない。機能が低下している。
④薬品注入設備			
* 硫酸バン土・消石灰注入	1式	新設	既存方式は注入率制御が不十分で、機械も故障している。凝集効果の向上のため溶液注入装置に変更する。
* 塩素注入器	2式	交換	配管不良や注入ポンプの性能低下している。
⑤配水池			
* 水位計	1式	新設	水位計の無い円形配水池に設置する。
⑥計装設備			
* 処理水流量計	2式	新設	処理水量の把握のために設置する。
⑦電気設備			
* 変圧器	1式	新設	既存はそのまま使用。改修機器に対して必要となる240V/120V用を設置する。
* 操作盤、配線	1式	新設	改修機器に対するものを新設する。
* 非常用発電機	1式	新設	停電時に浄水機能の一部が働くようにする。
⑧水質分析機器	1式	新設	基礎的水質試験のための器具を備える。

4. 3. 5 維持・管理計画

本プロジェクトの対象施設である3浄水システムは現在も稼働中である。本プロジェクトの主たる内容は既存施設の改修で、システムの構成要素は現状と変わらない。本プロジェクトの実施後は、各装置の能力回復に伴い、システムからの生産水量の増量が図られる。現在、これら3システムは、EMPAGUA内の1つの運転管理課によって管轄され、79名の要員数が各々の役割分担に従って、機能的に活動している。本プロジェクトの完成後は、現在の要員に電気技師1名と機械技師2名の増員を要するが、その他は変更する必要はないと判断する。ただし個々の要員の技術力向上は不可欠である。特に浄水場の主要スタッフに対する浄水システムの基礎的理解と応用技術の訓練については、各システムの工事完成直後に、日本人技術者による技術指導の実施を考慮する。この内容はシステム運営管理に関する講義と現場でのオンザジョブ・トレーニングによって構成される。

4. 4 技術協力

本計画では各浄水場の完成段階に実施される現場職員に対するオンザジョブ・トレーニングの他に、本事業完成後に施設運営に関わる中堅技術者を対象にした日本での研修を実施するのが望ましい。日本での研修はグアテマラ国の技術者が水道施設の運転管理技術の習得することを主たる目的とする。研修の実施内容は以下の通りが望ましい。

- ①研修対象者：浄水場の運転管理責任者及びこれに準ずる技術者
- ②実施期間：約2カ月間
- ③研修内容：地方自治体の水道施設の見学
 - 日本の水道事業の実情把握
 - 浄水場において施設運転の実地訓練
 - 日本における濾材の生産工程等の見学
 - 本計画関連施設の実施例の見学等

第5章 基本設計

第5章 基本設計

5-1 設計方針

本計画の基本設計に関する設計方針は以下の通りである。

①自然条件に対する方針

グアテマラ国は北緯15度付近に位置し、緯度からすれば熱帯性気候帯に相当するが、計画地域であるグアテマラ市は標高 1,500~1,600m、年平均気温 18.4度で年間の気温高低差も小さく過ごしやすい気候である。季節は大まかに5~10月の雨期と11~4月の乾期に分かれ、年間降雨量 1,112mm、その94%までが雨期に集中する。

グアテマラ国は地震国で、過去に大規模な被害を被った歴史がある。今世紀の代表的な地震は1917年と1976年に発生している。特に後者はマグニチュード7.5でグアテマラ史上最大規模の地震と言われる。この地震は多数の家屋倒壊や大規模な地滑りを引き起こし、22,000人が死亡、約100万人が被害を被った。この時にサントルイサ浄水場の沈澱池1池が倒壊している。

本プロジェクトによって新たに建設される主構造物はサントルイサ及びカンブライ浄水場内の開放型重力式濾過池、アトランティコ取水場内の砂分離装置及びその他小規模な上屋である。構造物の設計に当たっては地震ファクターを考慮すべきであるが、現地では過去の歴史にもかかわらず地震に対する設計基準はない。よって施設設計には、同様に大規模地震の経験を有する東京地区の基準を採用する。

②社会的条件に対する方針

本計画の対象地域であるグアテマラ市はグアテマラ国の首都である。1991年、人口は 210万人に達し、国内総人口 961万人の1/5が首都圏に居住している。近年、地方からの年間流入人口は20万人で、市の周辺地区への無秩序な定住化が進行している。特に本計画の対象である3浄水場から飲料水供給されている地域は、最も人口増加が激しい地域で、配水管網の整備の遅れや供給水不足から給水制限を余儀なくされている。またEMPAGUA全体での1人当たりの1平均日水使用量が238ℓであるのに対して、計画対象の3浄水システムの平均は158ℓと極端に少ない。このような状況を反映して、過去に住民による水要求デモが発生し、不穏な様相を呈したこともある。よって本計画が実施されて、浄水システムの機能が回復され、安定的な給水が行われることが切望されている。計画対象の3浄水システムは現在稼働中の施設であり、本計画の実施のためと言えども給水停止は極力避ける必要がある。

③建設事情等に対する方針

グアテマラ国では建設資材のうち砂、骨材、セメント及び木材は国内で生産されているが、鉄筋、鋼材、配管材等は輸入品である。また汎用機械類や電気器具は米国やメキシコなどからの輸入品が市中に出回っているものの、ものによっては品薄のため、まとまった量の調達

には対応できない。建設機械に関しては、現地でリースが可能であるが機種は多くない。従って本計画で使用する機械器具類は日本製品とグアテマラ国の市場で入手できる汎用製品を主に調達する事とする。しかし既存取水ポンプのような大型設備機械の一部を交換する場合は、運転操作の互換性や将来の維持補修の容易さを考慮し、同一メーカー、同一機種を使用するのが望ましく、これについては第3国調達を考慮する。

現地建設業者については、首都圏を中心に有力な業者がいくつかある。また資格を有するコンサルタントも多い。よって本事業の実施時にはこれら業者をサブコンとして調達することが可能である。

④現地実施機関の能力に対する方針

EMPAGUAは1972年に設立されて以来、20年に亘ってグアテマラ首都圏の水道整備事業を担当してきている。EMPAGUAの主要技術者は技術力も高く、また水道サービス向上にも意欲的である。浄水場を運転管理する現場レベルでは、技術職員は各浄水場長までで、これより下位の要員は日常的な設備の運転とごく軽微な補修に対応できる程度である。本プロジェクトの計画範囲は既存施設の改修が主たる内容で、ほとんどの設備は従来の運転方法と変わることはない。しかし今までは設備の故障や破損により正常な機能が発揮できないことから、ややもするとお座りな運転管理に陥っていたのを改善して、施設の運転効率を向上させなければ、せっかくの設備の更新が有効に働かない事態となるであろう。特に凝集沈澱工程の重要点である薬品注入は効率の悪い従来型から、理論注入量の管理が容易な溶液注入方式を採用したが、EMPAGUAでは初めての設備である。よって本計画の中で浄水システムの総合的な管理運転に関する技術指導を実施することにより、現地要員に対して専門知識が十分に移転されるよう考慮する。

⑤計画施設内容と整備レベルに対する方針

本計画の主たる内容は既存3浄水システムの改修であり、容量的にも既存施設のそれぞれの設計能力を変更するものではない。しかしそれぞれの施設が建設されてから既に25~50年が経過し、原水の水質変化等をはじめとして、設計当初の環境とは異なってきたため、従来の施設では対応が難しい事態が出現している。よって既存施設の機能調査結果に基づいて以下の改良点を考慮した。

*薬品注入設備の形式変更

硫酸バン土と消石灰の2種類を使用し、溶解液注入方式に変更する。これにより原水濁度の変動へ対応を容易ならしめる。

*濾過池の形式変更

サントルイサ、カンプライ両浄水場とも既存の圧力式密閉型濾過タンクから開放型重力式濾過池へ変更する。これにより濾過効率の改善と運転操作性を向上させる。

*砂分離装置の建設（アトランティコ取水場）

限られた用地内で建設可能であり、高い砂分の除去効果によって、既存沈砂池の機能

を補完する。効果としては、揚水ポンプ摩耗の抑制と原水濁度の低減による取水停止の発生を減少する。

***非常用発電装置の設置**

停電時の薬品注入装置と塩素滅菌機の運転と夜間の場内照明を可能とし、浄水場の管理環境の改善を図る。

⑥工期に対する方針

計画対象となる3浄水システムはそれぞれ水源、施設及び給水地域等が独立しており、事業実施も独立した工事として扱うことが可能である。また工事実施の優先順位はグアテマラ国側との合意に基づき、①イルシオネス、②サントルイサ、③カンブライの順である。よって本事業の実施は優先順位に従って、それぞれの浄水システムの改修工事を1年ずつ実施し、全3カ年度で完成させる。

本計画の実施に伴う工事中の既存施設の処理能力低下はある程度避けられないが、給水地域に対する唯一の浄水システムであるため、長期間に亙り施設を運転停止することは給水地域への影響が大きく、極力回避しなければならない。そのため工事は市内給水をしながらの実施を余儀なくされ、工期の算定上この影響をあらかじめ十分考慮しておく必要がある。

5-2 設計条件

5-2-1 設計基準

水道施設に関する自国の設計基準はない。そのため設計作業の多くを米国設計基準に準拠しておこなっている。浄水施設に関しても基準がなく、設計者の知識と経験に基づき随意に任されている。本基本設計に関しては原則的に以下の基準を用いることとする。

- ・厚生省監修「水道施設設計指針・解説」 日本水道協会
- ・建築基礎構造設計基準・同解説 日本建築協会
- ・コンクリート基準示方書、解説 日本土木学会
- ・JIS、JEM等の基準

5-2-2 施設能力の設定

本プロジェクトは本報告書「4-2-4 計画の構成要素」にて検討した通り、各既存施設の改修工事により、既存浄水システムの設計容量に回復させることを目的としている。それぞれの設計容量は以下の通りである。

表-31 計画対象施設と計画規模

システム名	計画浄水規模
イルシオネス	25,000m ³ /日
サントルイサ	40,000m ³ /日
エルカンブライ	16,000m ³ /日

5.3 基本設計

本プロジェクトにおいて実施される内容は既存設備の改修であり、既存設備の交換や補修が主な内容となる。従ってこの中には、既存設備と同性能を有する装置とその付属品で置き換えるものが多いが、既存設備では将来の施設運転に問題を残すと判断されたものは、新たな装置を付加することによって既存設備の性能を向上させるものや、全く新規に設備を建設するものもある。本プロジェクトの対象である3システムにおいて改修される設備は表-32に示す通りであるが、○印は既存設備を同性能の装置で交換するのが主となる内容を、●印は既存設備の改良を主とする内容、また◎印は新規設備を建設する内容を表している。なお電気設備については主として、今回のプロジェクトによって導入される機械設備に必要なものを対象としており、既存電気設備の補修は限られた範囲に留める。

表-32 各システムにおける改修対象設備

設備名	イルシオネス	サンタルイサ	カンブライ
取水設備	○◎	—	○
フロック形成池	—	●	●
沈澱池	○	○	○
濾過池	○	◎	◎
薬品注入設備	◎	◎	◎
計装設備	○	◎	◎
電気設備	○	○	○
場内給水設備	○	—	○
水質分析機器	◎	◎	◎

上表の内、◎印で示された新規導入となる設備装置は以下の通りである。

*アトランティコ取水場の砂分離装置（イルシオネス・システム）

効果：河川原水の砂分を除去し、揚水ポンプの摩耗を防止する。また高濁度時の濁度を軽減し、安定的な取水を可能とする。

*溶解液注入方式による薬品注入設備（3システム共通）

効果：原水水質に対応した凝集沈澱を可能とする。

*重力式開放型濾過池（サンタルイサ、カンブライの2システム）

効果：操作性を改善する。

*超音波流量計（3システム共通）

効果：浄水場での原水流入水量と処理水送水量を計量する。

*水質分析機器（3システム共通）

効果：原水濁度に対応した凝集剤の注入量を決定するために必要である。

なお、水質分析機器は調達資機材として扱い、既設の水質試験室に整備される。

次頁に示す表-33は基本設計の結果に基づき決定された本プロジェクトで改修する設備のまとめである。なお各システムの設備に関する基本設計は、次節以降にそれぞれ記述されている。

表-33-1 イルシオネス・システムの改修内容(1/3)

No.	工事名称	名称	仕様	数量	備考
1	取水施設				
1.1	取水ポンプ交換	取水ポンプ	立型渦巻、5.86m ³ /分×448m×800HP	2台	
		圧力計	0~700mAq	2ヶ	
		配管材料	STPG	1式	
1.2	サージタンク付 属品交換	圧力計	0~700mAq	1ヶ	
		液面計	耐圧700mAq×面間700mm	1基	
1.3	コンプレッサ 交換	コンプレッサー	自動圧力開閉式レシプロコンプレッサ 620ℓ/分×50kg・f/cm ² ×15kw	2台	内1台倉庫予備
		圧力計	0~70kg・f/cm ²	2ヶ	
1.4	砂分離装置建設	砂分離装置	遠心分離式、φ6.0m×8.3mH	2基	
2	凝集沈澱池設備				
2.1	脈動発生装置 交換	真空ポンプ	ルーツ型10m ³ /分×-1,000mmAq×2.2kw	3台	
		圧力計	0~-2,000mmAq	3ヶ	
		真空破壊弁	電磁開閉式φ100	4ヶ	
		配管材料	SGP-W	1式	
		レベルスイッチ	マイクロスイッチ式レベルスイッチ	2式	
		基礎改修		1式	
2.2	コンプレッサー 交換	コンプレッサー	自動圧力開閉式レシプロコンプレッサー 150ℓ/分×4kg・f/cm ² ×1.5kw	2台	
		圧力計	0~10kg・f/cm ²	2ヶ	
		除湿機	水冷式150ℓ/分	1基	
		配管材料	SGP-W	1式	
		基礎改修		1式	
2.3	排泥水回収 ポンプ交換	排泥水回収ポンプ	水中ポンプ1.0m ³ /分×12m×5.5kw	2台	
		圧力計	0~20mAq	2ヶ	
		チェック弁	φ80	2ヶ	
		吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ80	2ヶ	
		配管材料	SGP-W	1式	
3	濾過設備				
3.1	流入弁交換 P-BOX補修	流入弁	インレット・チェックバルブ 630mmL×360mmW	8ヶ	
		P-BOX	シートパッキン交換	4基	
			口径φ50、フロート径φ400	2ヶ	倉庫予備
3.2	集水ノルズ交換	ノルズ	ロングステムプラスチックノルズ	2,600ヶ	
3.3	ろ材交換	ろ材	粒径0.9~1.0mm、均等係数1.7、層厚900mm	4池分	168m ³
3.4	逆洗排水回収 ポンプ交換	逆洗排水回収ポンプ	水中ポンプ0.9m ³ /分×16m×5.5kw	2台	
		圧力計	0~20mAq	2ヶ	
		チェック弁	φ100	2ヶ	
		吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ100	2ヶ	
		配管材料	SGP-W	1式	
		架台	鋼製	1式	

表-33-2 イルシオネス・システムの改修内容(2/3)

No.	工事名称	名称	仕様	数量	備考
4	薬品注入設備				
4.1	硫酸バニ土注入設備				
4.1.1	既設撤去			1式	
4.1.2	硫酸バニ土タンク設置	硫酸バニ土タンク	コンクリート製6.5m ³	2基	
4.1.3	攪拌機設置	攪拌機	縦型1.5kw	2基	
		架台	鋼製	2式	
4.1.4	硫酸バニ土ポンプ設置	硫酸バニ土ポンプ	マグネットポンプ 50ℓ/分×20mAq×1.5kw	2台	
		圧力計	0~30mAq	2ヶ	
		配管材料	φ25PVC	1式	
4.1.5	定水位注入槽設置	定水位注入槽	ステンレス製	1基	
		ロータメータ	0~30ℓ/分	1ヶ	
		配管材料	PVC	1式	
4.2	消石灰注入設備				
4.2.1	既設撤去			1式	
4.2.2	消石灰タンク設置	消石灰タンク	コンクリート製 5.0m ³	2基	
4.2.3	攪拌機設置	攪拌機	縦型1.5kw、鋼製架台付	2基	
4.2.4	消石灰ポンプ設置	消石灰ポンプ	耐摩擦スクリューポンプ 200ℓ/分×20m×3.7kw	2台	
		圧力計	0~30mAq	2ヶ	
		配管材料	PVCφ50	1式	
4.2.5	消石灰フィーダ	消石灰フィーダ	容積式ロータリータイプ 0.6~20.0ℓ/分	1基	
		架台	鋼製	1式	
		配管材料	PVC	1式	
4.3	塩素注入設備				
4.3.1	塩素注入機交換	真空調整器	直結型 10kg/hr	2基	内1基倉庫予備
		分離流量計(前塩素)	10kg/hr	1基	
		分離流量計(後塩素)	10kg/hr	1基	
		エリクター(前塩素)	10kg/hr	1基	
		エリクター(後塩素)	10kg/hr	1基	
4.3.2	給水ポンプ交換	給水ポンプ	横型渦巻ポンプ 200ℓ/分×40m×3.7kw	2台	
		圧力計	0~60mAq/cm ²	2ヶ	
		フート弁	φ50	2ヶ	
		チェック弁	φ40	2ヶ	
		吐出弁	グローブ弁φ40	2ヶ	
4.3.3	配管交換	配管材料	SGP-#	1式	
5	計装設備				
5.1	原水流量計交換	流量計	超音波式 1,050m ³ /hr, φ500	1基	
		流量計用配管材料	DCIP φ500	1式	
		ピット	コンクリート製	1式	
5.2	処理水水量計交換	流量計	超音波式 1,050m ³ /hr, φ500	1基	
		流量計用配管材料	DCIP φ500	1式	
		ピット	コンクリート製	1式	

表-33-3 イルシオネス・システムの改修内容(3/3)

No.	工事名称	名称	仕様	数量	備考
6	電気設備				
6.1	変圧器設置	変圧器	13.2kv/460v 3相150kVA	1台	
6.2	照明変圧器盤設置	照明変圧器盤	屋内自立形(460V/240-120V変圧器内蔵)	1面	
6.3	配電盤設置	配電盤	屋内自立形	1式	
6.4	操作盤交換	排泥水回収ポンプ盤	屋外自立形	1面	
		逆洗排水回収ポンプ盤	屋外自立形	1面	
		コンプレッサー盤	屋内自立形	1面	
		硫酸水注入設備盤	屋内自立形	1面	
		消石灰注入設備盤	屋内自立形	1面	
		塩素給水ポンプ盤	屋内自立形	1面	
		場内給水ポンプ盤	屋外自立形	1面	
6.5		計器盤設置	計器盤	屋内自立形	1面
6.6	自家発電設備設置	ディーゼル発電機	3相460v80kVA	1台	
		切替盤	屋内自立形	1面	
6.7	電気室設備	上屋	コンクリート製 10m×6m×4m	1棟	変圧機、発電機 配電盤設置
6.8	取水施設電気設備	取水ポンプ電動機盤	屋内自立形	2式	
		取水ポンプ機側盤	屋外自立形	2式	
		補機電源盤	屋内自立形(4,160V/240V変圧器内蔵)	1面	
		補機制御盤	屋内自立形	1面	
		計器盤	屋内自立形	1面	
		コンプレッサー盤	屋内自立形	1面	
		排砂ポンプ盤	屋外自立形	1面	
7	その他				
7.1	場内給水ポンプ 交換	場内給水ポンプ	横型渦巻ポンプ 1.0m ³ /分×30m×11kw	2台	
		圧力計	0~50mAq	2ヶ	
		チェッキ弁	φ100	2基	
		吸込弁/吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ100	4基	
8	資機材調達				
8.1	分析器具セット	ジャーテスト	6検体同時検査用	1式	
		濁度計	散乱光測定方式	1式	
		pH計	デジタル表示	1式	
		残留塩素計	滴定計測	1式	
		色度計	散乱光測定方式	1式	
		ガラス器具		1式	
		アルカリ滴定装置		1式	
		収納棚		1式	

表-33-4 サンタリイサ・システムの改修内容(1/3)

No.	工事名称	名称	仕様	数量	備考
1	凝集池設備				
1.1	混和装置改善	混和改善装置		1式	
2	沈澱池設備				
2.1	沈澱池II/斜傾板交換	傾斜板	上向流式、材質PVC 傾斜板寸法(1枚当り) 740mmLx740mmW	2,385枚	
3	濾過設備				
3.1	濾過池設置		コンクリート製、40,000m ³ /日処理	1式	
3.2	濾過池部品設置	流入部堰	コンクリート製	10池分	260m ³
		逆洗排水トラフ	コンクリート製	10池分	
		濾材	粒径: 0.9~1.0mm、層厚900mm	10池分	
		支持材		10池分	
		下部集水装置	ストレーナ式(集水ノルズ)	10池分	
		空気分配装置	SUS管	10池分	
3.3	逆洗水ポンプ設置	逆洗水ポンプ	横型渦巻ポンプ 8.6m ³ /分×15mAq×37kw	2台	
		圧力計	0~30mAq	2ヶ	
		チェッキ弁	φ250	2基	
		吸込弁/吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ250	4基	
3.4	逆洗プロワ設置	逆洗プロワ	ルーツ型 26m ³ /分×0.4kg.f/cm ² ×37kw	2台	
		圧力計	0~1kg.f/cm ²	2ヶ	
		チェッキ弁	φ150	2基	
		吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ150	2基	
		配管材料	SGP-W	1式	
3.5	弁・連絡配管設置	流入弁	手動平底弁φ300	10基	
		浄水弁	手動バタフライ弁φ200	10基	
		空気流入弁	手動バタフライ弁φ150	10基	
		逆洗水流入弁	手動バタフライ弁φ250	10基	
		逆洗排水弁	手動バタフライ弁φ400	10基	
		流入水路ドレン弁	手動平底弁φ150	2基	
		排水弁	手動バタフライ弁φ150	10基	
		浄水水路ドレン弁	手動バタフライ弁φ150	1基	
		逆洗水主管弁(小)	手動バタフライ弁φ150	1基	
		逆洗水主管弁(大)	手動バタフライ弁φ250	1基	
		配管材料	SGP-W	1式	
3.6	逆洗排水回収ポンプ交換	逆水排水回収ポンプ	水中ポンプ 2.51m ³ /分×22mAq×22kw	2台	
		圧力計	0~30mAq	2ヶ	
		チェッキ弁	φ150	2基	
		吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ150	2基	
		配管材料	SGP-W	1式	

表-33-5 サンタルイサ・システムの改修内容(2/3)

No.	工事名称	名称	仕様	数量	備考
4	薬品注入設備				
4.1	硫酸バ土注入設備				
4.1.1	既設撤去			1式	
4.1.2	硫酸バ土槽設置	硫酸バン土タンク	コンクリート製6.5m ³	2基	
4.1.3	攪拌機設置	攪拌機	堅型1.5kw	2基	
		架台	鋼製	2式	
4.1.4	硫酸バ土ポンプ設置	硫酸バン土ポンプ	マグネットポンプ 50ℓ/分×20mAq×1.5kw	2台	
		圧力計	0~30mAq	2ヶ	
		弁及配管類	φ25、PVC	1式	
4.1.5	定水位注入槽設置	定水位注入槽	ステンレス製	1基	
		ロータメータ	0~20ℓ/分	1ヶ	
		配管材料	PVC	1式	
4.2	消石灰注入設備				
4.2.1	既設撤去			1式	
4.2.2	消石灰槽設置	消石灰タンク	コンクリート製 5.0m ³	2基	
4.2.3	攪拌機設置	攪拌機	堅型1.5kw	2基	
		架台	鋼製	2式	
4.2.4	消石灰ポンプ設置	消石灰ポンプ	耐摩耗スクリューポンプ 200ℓ/分×20m×3.7kw	2台	
		圧力計	0~30mAq	2ヶ	
		弁及配管類	φ50、PVC	1式	
4.2.5	消石灰フィーダ	消石灰フィーダ	容積式ロータリーフィーダ 0.6~30.0ℓ/分	1基	
		配管材料	PVC	1式	
4.3	塩素注入設備				
4.3.1	塩素室設置	塩素室	建屋1FL	1式	
4.3.2	吊上搬送装置	ホイスト	ギヤード付手動チェーンブロック2,000kg	1基	
	設置	ホイスト架台	Iビーム	1式	
4.3.3	塩素注入機設置	真空調整器	直結型10kg/hr	3基	1基倉庫予備
		分離流量計(前塩素)	10kg/hr	1基	
		分離流量計(後塩素)	10kg/hr	1基	
		エjector(前塩素)	10kg/hr	1基	
		エjector(後塩素)	10kg/hr	1基	
4.3.4	給水ポンプ設置	給水ポンプ(前塩素)	横型渦巻ポンプ 100ℓ/分×40m×3.7kw	2台	
		圧力計	0~60mAq	2ヶ	
		チェック弁	φ40	2ヶ	
		吸込弁/吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ40、φ50	4ヶ	
		給水ポンプ(後塩素)	横型渦巻ポンプ 100ℓ/分×40m×3.7kw	2台	
		圧力計	0~60mAq	2ヶ	
		チェック弁	φ40	2ヶ	
		吸込弁/吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ40、φ50	4ヶ	
4.3.5	配管設置	配管材料	SGP-W	1式	

表-33-6 サンタリイサ・システムの改修内容(3/3)

No.	工事名称	名称	仕様	数量	備考
5	計装設備				
5.1	浄水地/水位計設置	水位計	機械式フロート水位計 0~5mH	2基	
5.2	処理水流量計設置	流量計 ピット	超音波式 1,667m ³ /hr, φ600 コンクリート製	2基 2式	
6	電気設備				
6.1	変圧器設置	変圧機	13.2kv/460v 3相200kVA	1台	
6.2	照明変圧器盤設置	照明変圧器盤	屋内自立形 (460V/240-120V変圧器内蔵)	1面	
6.3	配電盤設置	配電盤	屋内自立形 (460v/240v変圧機内蔵)	1式	
6.4	操作盤交換	逆洗ブロウ盤 逆洗排水回収ろ過盤 硫酸ホ土注入設備 消石灰注入設備盤 塩素給水ポンプ盤 逆洗ポンプ盤	屋内自立形 屋外自立形 屋内自立形 屋内自立形 屋内自立形 屋内自立形	1面 1面 1面 1面 1面 1面	
6.5	計器盤設置	計器盤	屋内自立形	1面	
6.6	自家発電機備設置	ディーゼル発電機 切替盤	3相460v80kVA 屋内自立形	1台 1面	
6.7	電気室設置	上屋	コンクリート製 10m×6m×4mH	1棟	
7	資機材調達				
7.1	分析器具セット	ジャーテスタ 濁度計 pH計 残留塩素計 色度計 ガラス器具 アルカリ滴定装置 収納棚	6検体同時検査用 散乱光測定方式 デジタル表示 滴定計測 散乱光測定方式	1式 1式 1式 1式 1式 1式 1式 1式	

表-33-7 カンブライ・システムの改修内容 (1/3)

No.	工事名称	名称	仕様	数量	備考
1	取水施設(伊能工)				
1.1	取水ポンプ交換	取水ポンプ	立型渦巻ポンプ 1.975m ³ /分×330m×220HP	2台	1台倉庫予備
		圧力計	0~500mAq	2ヶ	
		配管材料	STGP	1式	
1.2	サージタンク付属品交換	圧力計	0~500mAq	1ヶ	
1.3	コンプレッサ交換	液面計	耐圧 500mAq×面間700mm	1基	
		コンプレッサー	自動圧力開閉式レボロコンプレッサー 400ℓ/分×50kg. f/cm ² ×3.7kw	2台	
		圧力計	0~70kg. f/cm ²	2ヶ	
2	着水井、凝集池設備				
2.1	混和装置改善	混和改善装置		1式	
3	沈澱池設備				
3.1	沈澱池皿用排泥弁交換	排泥弁	手動外ネジ仕切弁φ300	1基	
		配管材料	DCIP	1式	
		ピット	コンクリート製	1式	
4	濾過設備				
4.1	濾過池設置		コンクリート製、16,000m ³ /日処理	1式	132m ³
4.2	濾過池部品設置	流入部堰	コンクリート製	6池分	
		逆洗排水トラフ	コンクリート製	6池分	
		濾材	粒径: 0.9~1.0mm, 層厚900mm	6池分	
		支持材		6池分	
		下部集水装置	ストレーナ式(集水ノルズ)	6池分	
		空気分配装置	SUS管	6池分	
4.3	逆洗水ポンプ設置	逆洗水ポンプ	横型渦巻ポンプ 8.6m ³ /分×15mAq×37kw	2台	
		圧力計	0~30mAq	2ヶ	
		チェッキ弁	φ250	2基	
		吸込弁/吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ250	4基	
		配管材料	SGP-W	1式	
4.4	逆洗ブロワ設置	逆洗ブロワ	ルーツ型 22m ³ /分×0.4kg. f/cm ² ×37kw	2台	
		圧力計	0~1kg. f/cm ²	2ヶ	
		チェッキ弁	φ150	2基	
		吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ150	2基	
		配管材料	SGP-W	1式	
4.5	弁・連絡配管設置	流入弁	手動平底弁φ250	6基	
		浄水弁	手動バタフライ弁φ200	6基	
		空気流入弁	手動バタフライ弁φ150	6基	
		逆洗水流入弁	手動バタフライ弁φ250	6基	
		逆洗排水弁	手動バタフライ弁φ400	6基	
		流入水路ドレン弁	手動平底弁φ150	2基	
		排水弁	手動バタフライ弁φ150	6基	
		浄水水路ドレン弁	手動バタフライ弁φ150	1基	
		逆洗水主管弁(小)	手動バタフライ弁φ150	1基	

表-33-8 カンプライ・システムの改修内容(2/3)

No.	工事名称	名称	仕様	数量	備考
4.6	逆洗排水回収 ポンプ交換	逆洗水主管弁(大)	手動バタフライ弁φ250	1基	
		配管材料	SGP-W	1式	
		逆洗排水回収ポンプ	水中ポンプ 0.73m ³ /分×35m×15kw	2台	
		圧力計	0~50mAq	2ヶ	
		チェッキ弁	φ100	2基	
		吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ100	2基	
		配管材料	SGP-W	1式	
5	薬品注入設備				
5.1	硫酸パル土注入設備				
5.1.1	既設撤去			1式	
5.1.2	硫酸パル土タンク設備	硫酸パル土タンク	コンクリート製、5.0m ³	2基	
5.1.3	攪拌機設置	攪拌機	縦型1.5kw	2基	
5.1.4	硫酸パル土ポンプ設備	硫酸パル土ポンプ	マグネットポンプ 50ℓ/分×20mAq×1.5kw	2台	
		圧力計	0~30mAq	2ヶ	
		配管材料	φ25、PVC	1式	
5.1.5	定水位注入槽設置	定水位注入槽	ステンレス製	1基	
		ロータメータ	0.5~15ℓ/分	1ヶ	
		弁及配管材料	PVC	1式	
5.2	消石灰注入設備				
	消石灰タンク設置	消石灰タンク	コンクリート製、4.0m ³	2基	
5.2.2	攪拌機設置	攪拌機	縦型1.5kw	2基	
5.2.3	消石灰ポンプ設置	消石灰ポンプ	耐摩耗スクリューポンプ 200ℓ/分×20m×3.7kw	2台	
		圧力計	0~30mAq	2ヶ	
		弁及配管類	φ50、PVCスイング式	2ヶ	
5.2.4	消石灰フィーダ	消石灰フィーダ	容積式ロータリーフィーダ 0.4~16.0ℓ/分	1基	
		配管材料	PVC	1式	
5.3	塩素注入設備				
5.3.1	塩素室設置	塩素室	建屋1FL	1式	
5.3.2	吊上搬送装置設置	ホイスト	ワイヤロープ付手動チェーンブロック 2,000kg	1基	
		ホイスト架台	Iビーム	1式	
5.3.3	塩素注入機設置	真空調整器	直結型 10kg/hr	2基	1基倉庫予備
		分離流量計(前塩素)	4kg/hr	1基	
		分離流量計(後塩素)	4kg/hr	1基	
		エレクトリック(前塩素)	4kg/hr	1基	
		エレクトリック(後塩素)	4kg/hr	1基	
5.3.4	給水ポンプ設置	給水ポンプ	横渦巻ポンプ 100ℓ/分×40m×3.7kw	2台	
		圧力計	0~60mAq	2ヶ	
		チェッキ弁	φ40	2ヶ	
		吸込弁/吐出弁	手動外ネジ仕切弁φ40、φ50	4ヶ	
		配管材料	SGP-W	1式	

表-33-9 カンプライ・システムの改修内容(3/3)

No.	工事名称	名称	仕様	数量	備考
6	計装設備				
6.1	浄水池水位計設置	水位計	機械式フロート水位計 0~5mH	2基	
6.2	処理水流量計設置	流量計	超音波式 670m ³ /hr. φ350	2基	
		ピット	コンクリート製	2式	
6.3	取水場流量計設置	送水流量計	超音波式 φ350	1台	
7	電気設備				
7.1	変圧器増設	変圧器	13.2kv/460v3相200kVA	1台	
7.2	照明変圧器盤設置	照明変圧器盤	屋内自立形 (460V/240-120V変圧器内蔵)	1面	
7.3	配電盤設置	配電盤	屋内自立形	1式	
7.4	操作盤交換	逆洗水ポンプ盤	屋内自立形	1面	
		逆洗ブロワ盤	屋内自立形	1面	
		逆洗排水回収機盤	屋外自立形	1面	
		硫酸ハ土注入設備盤	屋内自立形	1面	
		消石灰注入設備盤	屋内自立形	1面	
		塩素給水ポンプ盤	屋内自立形	1面	
		場内給水ポンプ盤	屋内自立形	1面	
7.5	計器盤設置	計器盤	屋内自立形	1面	
7.6	自家発電設備設置	ディーゼル発電機	3相460v80kVA	1台	
		切替盤	屋内自立形	1面	
7.7	電気室設置	上屋	コンクリート製 10m×6m×4mH	1棟	
7.8	取水施設電気設備	取水ポンプ電動機盤	屋内自立形	2面	
		取水ポンプ機側盤	屋外自立形	2面	
		補機制御盤	屋内自立形	1面	
		コンプレッサー盤	屋内自立形	1面	
		計器盤	屋内自立形	1面	
8	その他				
8.1	場内給水機設置	給水ポンプ	パッケージ 0.5m ³ /分×30m×5.5kw	1式	
		配管材料	SCP-W	1式	
9	資機材調達				
9.1	分析器具セット	ジャーテスト	6検体同時検査用	1式	
		濁度計	散乱光測定方式	1式	
		pH計	デジタル表示	1式	
		残留塩素計	滴定計測	1式	
		色度計	散乱光測定方式	1式	
		ガラス器具		1式	
		アルカリ滴定装置		1式	
		収納棚		1式	

5. 3. 1 イルシオネス・システムの設計計算

(1) アトランティコ取水場設備

アトランティコ取水場の設計対象は、揚水ポンプ交換、沈砂池建設及び関連設備の補修である。

(i) 揚水ポンプ設備

既存揚水ポンプは4台設置されており、この内2台分のポンプ本体は1991年に交換された。これらの為のモーターは1992年に購入され、1台は据え付けも完了し通常運転に入っており、残り1台のモーターも近々交換される予定である。今回計画されるのは、これらの他の2台の揚水ポンプとモーターの交換である。システムの計画揚水量は常時3台のポンプ稼働により確保されており、計画ポンプは常に既設ポンプと組合わせて運転されることとなる。よって計画されるポンプは既存ポンプとの運転や維持補修の互換性による有利さを考慮し、既存設備と同一機種、同一メーカーの製品にて交換することが望ましい。また本施設は既に20年以上の稼働実績があり、ウォーターハンマーやその他の技術的な不都合もなく今日まで運転されており、既存設備と同等品を選定することによる問題はない。ポンプの仕様は以下の通りである。

①型 式：立型渦巻ポンプ

②吐出力：5.86m³/min

$$5.86\text{m}^3/\text{分} \times 3\text{台} = 17.58\text{m}^3/\text{分} \Rightarrow 25,315\text{m}^3/\text{日} > 25,000\text{m}^3/\text{日}$$

③揚 程：448m

④出 力：800HP

⑤台 数：2台

(ii) 砂分離装置：新設

(a) 基本形状及び性能のチェック

①型 式：コンクリート製円形沈砂池

②設計水量：25,000m³/日 (=17.4m³/min)

③池 数：2池

④寸 法：φ6.0m×8.3mH

⑤水面積：

$$\frac{17.4\text{m}^3/\text{min}}{\left(\frac{6.0\text{m} - 1.0\text{m}}{2}\right)^2 \times \pi \times 2\text{基}} = 0.44\text{m}/\text{min} < [0.5\text{m}/\text{min以下}]$$

⑥滞留時間：14.5min

⑦捕捉粒子径（目標）：

沈降する粒子の限界沈降速度は

$$v' = \frac{V_1 \times H}{L} = \frac{0.45 \text{ m/min} \times 2.0 \text{ m}}{2.3 \text{ m}} = 0.39 \text{ cm/s}$$

沈降速度 0.39cm/s で、沈降する砂の比重を2.5と仮定すれば、理論上の捕捉粒子径は 0.1mm以上とされる。

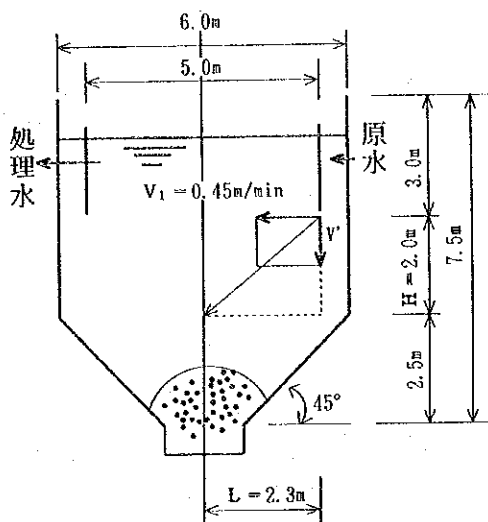


図-12 砂分離装置

(b) 排砂ポンプ

①原水流入水量：25,000m³/日

② SS濃度：最大濁度4,500NTUとした時、SSと濁度の換算率を1.05とする。

$$4,500 \times 1.05 = 4,725 \text{ mg/l}$$

③総捕捉SS量：捕捉率を85%と仮定して、

$$\frac{25,000 \text{ m}^3/\text{日} \div 24 \text{ Hr} \div 60 \text{ 分} \times 4,725 \text{ mg/l}}{1,000} = 82.0 \text{ kg/分}$$

④ポンプ容量：含水率を90%として、

$$\frac{82.0 \text{ kg/分}}{0.1} = 820 \text{ l/分} \Rightarrow 0.82 \text{ m}^3/\text{分}$$

⑤ポンプ仕様：水中攪拌サンドポンプ型：2式

$$1.5 \text{ m}^3/\text{分} \times 15 \text{ mH} \times 100 \phi \times 11 \text{ kw}$$

(2) イルシオネス浄水場設備

イルシオネス浄水場の計画対象に関する設計を以下におこなう。以下の設備性能の検証では日本の設計基準と比較し、その処理能力を評価する。なお [] カッコ内は「水道施設設計指針」によるガイドライン値である。

(i) 凝集沈澱池設備

(a) 基本形状及び性能のチェック

①型式：パルセーター式凝集沈澱池

- ②池数 : 2池
 ③寸法 : 11.8mL×16.7mW×4mH
 ④水面積 : 164m²
 ⑤容量 : 780m³
 ⑥滞留時間 : $\frac{780\text{m}^3 \times 2\text{池}}{25,000\text{m}^3/\text{日} \div 24\text{hr}} = 1.5\text{hr} \geq [1.5\text{hr以上}]$
 ⑦表面積負荷 : $\frac{25,000\text{m}^3/\text{日}}{164\text{m}^2 \times 2\text{池}} = 76\text{m}^3/\text{日} \Rightarrow 53\text{mm}/\text{min} \geq [40\sim 60\text{mm}/\text{min}]$
 ⑧せき負荷率 : $\frac{25,000\text{m}^3/\text{日}}{16.7\text{m} \times 4\text{列} \times 2\text{池}} = 187\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{日} < [350\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{日以下}]$

(b) 汚泥弁開閉制御用エアークンプレッサー

①型式 : 自動圧力開閉式レシプロコンプレッサー

②仕様 : 下記仕様選定による。

バタフライ弁作動エアークンプレッサー量 (吐出圧 4kg·f/cm²にて) = 0.5ℓ/sec/台

同時稼働最大台数 = 4台

必要エアークンプレッサー量

0.5ℓ/sec/台×4台×60sec = 120ℓ/min ⇒ 150ℓ/min (余裕含む)

ゆえに、コンプレッサーの仕様は以下の通りとする。

150ℓ/min×4kg·f/cm²×1.5kw : 2台 (内1台予備)

(c) 凝集沈澱排泥水回収ポンプ

①パルセレータからの汚泥引抜量 : Q

排泥管の口径 d = 0.124m φ

本数 : 6本

パルセレータ水面より排泥弁迄の水位差 H = 1.0m

配管長 ℓ = 15m

直管部以外での損失の割合 : 15%と仮定

$\Delta h = 1.0\text{m} \times (1 - 0.15) = 0.85\text{m}$

圧力損失係数 λ = 0.03

以上条件で、Manning & Darcy の式により、

$$Q = \frac{\pi}{2} d^2 \cdot v = \frac{\pi}{2} d^2 \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta h \cdot d}{\lambda \ell}}$$

$$= \frac{\pi \times 0.125^2}{2} \cdot \sqrt{\frac{2 \times 9.8 \times 0.85 \times 0.125}{0.03 \times 15}}$$

$$= 0.0529\text{m}^3/\text{s}$$

排泥弁の運転間隔：14分閉→35秒開として排泥管6本の排泥量は、

$$\frac{60分}{14分} \times 0.0529m^3/s \times 35秒 \times 6本 = 47.6m^3/Hr$$

(スラッジピット容量：10mL×7mW×3mH=210m³：4.4時間分容量に相当)

②ポンプ仕様選定

1時間当りの排泥量よりスラッジピットが大きいので、回収ポンプはスラッジピット流入量と同程度を吐出できるものとする。

$$\text{吐出量 } 47.6m^3/Hr \div 60min = 0.8m^3/min \Rightarrow 1.0m^3/min$$

既存配管口径 80φ, 吐出配管流速 3.6m/s

揚程は、実揚程：9m

$$\text{損失揚程：全長 } 33m \times \text{圧損 } 90mm/m = 3m$$

$$\text{全揚程：} 9m + 3m = 12m$$

ゆえに、ポンプ仕様は

$$1.0m^3/min \times 12mAq \times 5.5kw$$

(ii) 濾過池設備

(a) 基本形状及び性能のチェック

①形式：開放型急速ろ過池（水・空気混合式逆洗方式）

②寸法：4m×10.5m×4池

③池表面積：42m²

④濾過速度： $\frac{25,000m^3/日}{42m^2 \times 4池} = 149m/日$ < [150m/日]

⑤洗浄水量：空洗 42m²×0.9m³/m²/min=37.8m³/min

水+空洗時逆洗水

$$42m^2 \times 0.1m^2/min = 4.2m^3/min$$

$$\text{水逆洗 } 42m^2 \times 0.35m^3/m^2/min = 14.7m^3/min$$

よって1回の逆洗排水量

$$(4.2m^3/min \times 5min) + (14.7m^3/min \times 10min) = 168m^3$$

(b) 集水ノズル（既設と同仕様）

交換するノズルの数量は、4池全体の総数の30%とし、以下により2,600個とする。

$$49個/1ブロック \times 44ブロック/1池 \times 4池 \times 0.3 = 2,600個$$

(c) 濾材（既設と同仕様）

濾材の数量は以下の計算により、4池分で167m³とする。

$$42m^2/1池 \times 0.9m/1池 \times 4池 \times 1.1 = 167m^3$$

本計画にて使用する濾過砂は、グアテマラ市の西約150kmに位置するアティトラ湖の周辺から調達することを予定している。本調査で採取した自然砂の試験結果は表-34に示すとおりである。熱灼減量以外の項目は洗浄やふるい分け調整によ

て日本の濾過砂の基準を満足する。熱灼減量は有機物や石炭、石灰石などの混入度合いを示すもので、熱灼減量が多い砂を使用する場合、実際の濾過行程で行われる逆洗時に摩滅、排除される濾材が若干多くなることが想定される。しかし減少された量に見合った濾材を補充すれば濾過行程には影響がないため、濾過池の運転管理に十分注意する事を前提として、現地で採取した砂を本計画で使用することとする。濾過砂の選別方法や調整方法は濾過池の運転管理と同様、本計画でマニュアル化し技術移転する。なお、試験結果表は巻末に参考資料として掲載している。

表-34 現地採取砂の濾過砂試験結果

採取場所	日本の基準	バハツェル川敷	7イトワ湖中	7イトワ湖畔	評価
採取時の外観		正常	正常	正常	OK
洗浄濁度	30度以下	350	40	50	OK1
比重	2.55~2.65	2.62	2.61	2.62	OK
熱灼減量	0.7以下	2.17	1.92	1.68	-
塩酸可溶率	3.5%以下	1.2	1.0	1.1	OK
摩滅率	3%以下	0.9	0.46	0.46	OK
有効径	0.45~0.7mm	0.31	0.56	0.54	OK2
均等係数	1.7以下	4.84	3.09	2.22	OK2

表中の評価は以下の通りである。

OK : 基準を満たしている。

OK1 : 砂を洗浄して不純物を取り除けば良い。

OK2 : ふるい分けによって砂の粒径分布を調整すれば良い。

(d) 逆洗排水回収ポンプ

①型 式 : 水中ポンプ

②仕 様 : 下記仕様選定による。

逆洗水量 168m³/1回 (逆洗排水槽有効容量625m³)

4濾過池を8Hrにてすべて逆洗するとし、12Hrにて回収するとすれば

ポンプ吐出量 168m³/1回×4池÷12Hr÷60min=0.9m³/min

吐出配管流速 2m/sとして、配管径 100φ

実揚程 : 12m

損失揚程 : 全長90m×圧損40mm/m=3.6m

全揚程 : 12m+3.6m=16m

ゆえに、逆洗回収ポンプ仕様は、

0.9m³/min×16mAq×5.5kw

(iii) 薬品注入設備

(a) 硫酸バン土注入設備 : 新 設

①設計条件

計画処理水量 25,000m³/日

設計濁度 MAX 4500 NTU
 MIN 20 "
 品質 Al₂O₃含有量 16%以上 (18.9%)
 注入率

(平均) 30mg/ℓ (既設実績より)
 (MAX) 150mg/ℓ (")

固形物使用量

(平均) 25,000m³/日 × 30.0mg/ℓ × 10⁻³ = 710kg/日
 (MAX) 25,000m³/日 × 150mg/ℓ × 10⁻³ = 3,750kg/日

溶解後使用量 (10%溶液, 比重: 1.1)

(平均)
 $710\text{kg/日} \times \frac{100}{10} \times 10^{-3} \times \frac{1}{1.1} = 6.45\text{m}^3/\text{日} (4.7\ell/\text{min})$
 (MAX)
 $3,750\text{kg/日} \times \frac{100}{10} \times 10^{-3} \times \frac{1}{1.1} = 34.1\text{m}^3/\text{日} (23.7\ell/\text{min})$

②硫酸バン土溶解タンク容量

平均濁度の原水流入時に、1回/日溶解するとして6.5m³/槽とし溶解作業を考え、2槽とする。なお槽容量の6.5m³は、MAX濁度の原水流入時でも約4.5時間分に相当する。また溶解濃度を20%に変更すると9時間分となり予備槽にて硫酸バン土を溶解するために十分な時間が確保できる。

③硫酸バン土ポンプ選定

注入方式はポンプ循環+定量注入方式とし、設置台数は常時1台、予備1台とする。ポンプ吐出量は必要最大注入量 23.7ℓ/分に余裕を見込み 50ℓ/分とする。

型 式 : マグネットポンプ

仕 様 : 50ℓit/min × 20mAq × 1.5kw

(b) 消石灰注入設備 : 新 設

①設計条件

品 質 : Ca(OH)₂含有量を65%と仮定し消石灰の注入率を以下の式によって求める。

$$\begin{aligned} \text{注入率式} &= \text{硫酸バン土注入量} \times \frac{3 \times 74}{666} \times \frac{100}{65} \text{ (mg/ℓ)} \\ &= \text{硫酸バン土注入量} \times 0.51 \end{aligned}$$

よって、 (平均) 30.0(mg/ℓ) × 0.51 = 15.0mg/ℓ

(MAX) 150.0(mg/ℓ) × 0.51 = 77.0mg/ℓ

固形物使用量

(平均) 25,000m³/日 × 15.0mg/ℓ × 10⁻³ = 375kg/日

(MAX) 25,000m³/日 × 77.0mg/ℓ × 10⁻³ = 1,925kg/日

溶解後使用量 (10%溶液, 比重: 1.06)

$$\text{(平均)} \quad 375\text{kg/日} \times \frac{100}{10} \times 10^{-3} \times \frac{1}{1.06} = 3.54\text{m}^3/\text{日} (2.5\ell/\text{min})$$

$$\text{(MAX)} \quad 1,925\text{kg/日} \times \frac{100}{10} \times 10^{-3} \times \frac{1}{1.06} = 18.16\text{m}^3/\text{日} (12.6\ell/\text{min})$$

②消石灰溶解タンク容量

平均濁度の原水流入時に、1回/日溶解するとして5.0m³/槽とし、溶解作業を考慮して2槽とする。なお MAX濁度の原水流入時でも、約6時間分の槽容量となる。また硫酸バン土と同様に溶解濃度を20%に変更すると約13時間分となり予備槽にて消石灰を溶解するために十分な時間が確保できる。

③消石灰ポンプ選定

注入方式は、消石灰粒子による配管の詰まりを防止するため、ポンプ循環+定量注入方式とする。ポンプ設置台数は常時1台、予備1台の計2台とする。消石灰溶液の必要最大注入量は12.6ℓ/分であるが、配管の口径を大きくとる必要があるため、ポンプ吐出量は余裕を見込み200ℓ/分とする。

型式: 耐摩耗スラリーポンプ

仕様: 0.2m³/min × 20m × 3.7kw

④消石灰フィーダ

消石灰溶液はミルク状態で、不純物微粒子が配管を詰まらせることがしばしば発生する。よって注入点付近でポンプ圧を解放し、フィーダによって注入する。余剰溶液はタンクへ返送される。

型式: 容積式ロータリーフィーダ

仕様: 0.6ℓit/min ~ 20.0ℓit/min (10%消石灰スラリー)

(c) 塩素注入設備 : 新設

①設計条件

計画処理水量	25,000m ³ /日 = 1,042m ³ /Hr
注入率	前塩素 (平均) 3mg/ℓ
	(MAX) 5mg/ℓ
	後塩素 (平均) 3mg/ℓ
	(MAX) 5mg/ℓ
注入量	前塩素 (MAX) $1,042\text{m}^3/\text{Hr} \times 5\text{mg}/\ell \times 10^{-3} = 5.21\text{kg}/\text{Hr}$
	後塩素 (MAX) $1,042\text{m}^3/\text{Hr} \times 5\text{mg}/\ell \times 10^{-3} = 5.21\text{kg}/\text{Hr}$
	合計 (MAX) <u>10.42kg/Hr</u>

②真空調整器

仕様: 直結型、10kg/Hr

③分離流量計・エジェクター

仕様／数量：前塩用 10kg/Hr 1基
後塩用 10kg/Hr 1基

④給水ポンプ

仕様：横型渦巻ポンプ、200lit/min×40m×3.7kw

(iv)計装設備

(a)原水流量計

型式：超音波式流量計

仕様：1,050m³/Hr×500φ

(b)処理水流量計

型式：超音波式流量計

仕様：1,050m³/Hr×φ500

(v) 電気設備

(a) 変圧器 (イルシオネス浄水場)

①設計条件

- *今回更新する機器は、原則として新設トランスより給電する。
- *既設の各トランス、盤および照明設備は、原則として全て流用する。
- *非常用発電機を設置し、停電時に対応する。

②新設動力変圧器 : 当処理場に新設する動力変圧器は機器仕様、経済性および保守を考慮して下記とする。

形式 : 油入自冷据置形 (既設は柱上トランス)

定格 :

相数 : 3相

一次電圧 : 13.2kV, 60Hz

二次電圧 : 460V

容量計算

合計負荷 a. ΣP : 38.4kW

b. ΣP_L : 25kW (既設照明) \rightarrow 3相に換算

計算式 : トランス容量 P_T は

$$P_T = \frac{\Sigma P + \Sigma P_L \times \sqrt{3}}{\cos \theta \cdot y} \times \alpha \times \beta$$
$$= \frac{38.4 + 25 \times \sqrt{3}}{0.8 \times 0.85} \times 0.8 \times 1.2 = \underline{103} \text{ kVA}$$

よって、標準容量 150 kVAを採用する。

但し、 $\cos \theta$ = 力率0.8、 y = 効率0.85、 α = 需要率0.8、 β = 余裕率20%

③新設照明変圧器 : 既設照明及び新設照明用電源用として、下記を新設する。

形式 : 乾式 (キュービクル内収納)

定格 :

相数 : 単相3線式

一次電圧 : 460V, 60Hz

二次電圧 : 120-240V

容量計算 :

既設照明負荷 : $\Sigma P_{L1} = \underline{30} \text{ kVA}$

新設照明負荷 : $\Sigma P_{L2} = \underline{1} \text{ kVA}$

計算 : トランス容量 P_T は

$$P_T = (\Sigma P_{L1} + \Sigma P_{L2}) \times \alpha \times \beta$$
$$= (30 + 1) \times 0.7 \times 1.1$$

$$= 23.87 \text{ kVA}$$

但し、 α = 需要率0.7、 β = 余裕率1.1。よって、標準容量 30 kVAを採用する。

④既設変圧器の容量検討

No.1変圧器（柱上トランス）

定 格： 13.2kV/120-240V, 1相25kVA×3

本トランスより給電されていた、照明および薬注設備を新トランスより給電するため、現有容量でOK。

(b) 変圧器（アトランティコ取水場）

設置理由：今回増設する砂分離装置に付属する負荷の動力は既存の低圧トランス容量不足のため下記を新設する。

形 式：乾式モールド形（キュービクル内収納）

定 格：

相 数：3相

一次電圧：4160V

二次電圧：230V

容量計算：

合計負荷： $\Sigma P = \underline{37} \text{ kw}$

計 算 式：トランス容量 P_T は

$$\begin{aligned} P_T &= \frac{\Sigma P}{\cos \theta \cdot y} \times \alpha \times \beta \\ &= \frac{37}{0.8 \times 0.85} \times 0.8 \times 1.1 \\ &= \underline{47.8} \text{ kVA} \end{aligned}$$

よって標準容量 50 kVAを採用する。

但し $\cos \theta$ = 力率0.8、 y = 効率0.85、 α = 需受率0.8、 β = 余裕率10%

(c) 非常用発電機

①発電機の対象負荷：薬品注入設備と主要な場内の照明。

②発電機容量：

形 式：搭載形、自冷式ディーゼル発電機

定 格：

相 数：3相

電 圧：460V, 60Hz

始動方式：手動始動

容量計算 :

*全負荷定常運転に必要とする容量: P_{G1}

$$\begin{aligned} P_{G1} &= \frac{\Sigma P + \Sigma P_L \times \sqrt{3}}{\cos \theta \times y} \times \alpha \\ &= \frac{11.9 + 25 \times \sqrt{3}}{0.8 \times 0.85} \times 0.8 \\ &= 65 \text{ kVA} \end{aligned}$$

但し、 ΣP = 動力負荷 11.9 kw

ΣP_L = 照明負荷 (单相) 25 kw \rightarrow 3相に換算

$\cos \theta$ = 力率 0.8

y = 効率 0.85

α = 需要率 0.8

*許容電圧降下から必要とする容量: P_{G2}

$$\begin{aligned} P_{G2} &= P_m \times \beta \times c \times X_d \frac{1 - \Delta E}{\Delta E} \\ &= 3.7 \times 7.2 \times 1.0 \times 0.3 \frac{1 - 0.25}{0.25} \\ &\approx 24 \text{ kVA} \end{aligned}$$

但し、 P_m : 最大容量の電動機出力 kw

β : 最大容量の1kw当りの始動kVA 7.2

c : 始動方式による係数 (直入れ=1.0)

X_d : 発電機定数 0.3

ΔE : 許容電圧降下 0.25

*最大容量の発電機を最後に始動するために必要とする容量: P_{G3}

$$\begin{aligned} P_{G3} &= \frac{\left\{ \frac{(\Sigma P + \Sigma P_L \times \sqrt{3})}{y} \times \alpha - \frac{P_m}{y_m} \right\} + P_m \times \beta \times c \times \phi_s}{y_s \times \phi_c} \\ &= \frac{\left\{ \frac{(12 + 25 \times \sqrt{3})}{0.85} \times 0.8 - \frac{3.7}{0.85} \right\} + 3.7 \times 7.2 \times 1 \times 0.4}{1.5 \times 0.8} \\ &= 48.5 \text{ kVA} \end{aligned}$$

但し、 y_m : 最大容量電動機の効率 0.85

ϕ_s : 最大容量電動機の始動力率 0.4

γ : 発電機の瞬時負荷耐量 1.5

ϕ_c : 発電機の力率 0.8

以上3種類の計算のうち最大容量は 65 kVA。よって、標準容量は 80 kVA を採用する。