

ザンビア共和国  
地方自治住宅省

ザンビア共和国  
ンドラ市上水道改善計画  
準備調査（その2）報告書

平成 23 年 5 月  
（2011 年）

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

株式会社 三祐コンサルタンツ

環境
CR(1)
11-090

## 序 文

独立行政法人国際協力機構は、ザンビア共和国のンドラ市上水道改善計画にかかる協力準備調査を実施することを決定し、平成22年8月17日から平成23年2月15日まで、株式会社三祐コンサルティングの高橋徹氏を総括とする調査団を組織しました。

調査団は、ザンビアの政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与し、ひいては両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

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

平成23年5月

独立行政法人国際協力機構  
地球環境部長 江島 真也

## 要 約

### (1) 国土・自然・社会経済状況

ザンビア共和国（以下「ザ」国という）はアフリカ大陸南部に位置し、国土面積は75万km<sup>2</sup>（日本の約2倍）、人口は1,294万人（2009年 世銀）である。本計画の対象地域であるンドラ市は、「ザ」国中部のコッパーベルト州の州都であり、ンドラ市街はコンゴ民主共和国（旧ザイル共和国）との国境まで約10kmの距離に位置している。ンドラ市内を流れるカフブ川は「ザ」国とコンゴ民主共和国との国境付近を水源とし、ンドラ市の水道水源となっている。カフブ川はカフエ川、ザンベジ川に順に合流し、モザンビーク共和国を経てインド洋に達する。

ンドラ市は南半球に位置し、東経 28 度、南緯 13 度と熱帯気候の緯度にありながら標高が海拔 1,300m 程度であるため、温帯冬季少雨気候（Cw）に区分され、平均気温の年較差は 10℃程度であり概して温暖な気候である。9 月～11 月は暑期（夏季）にあたり平均最高気温が 30℃を超える。5 月～8 月は寒期（冬季）で、6 月～7 月には平均最低気温が 10℃以下になる。雨期と乾期は明瞭に分かれており、11 月～3 月の雨期には月間 100mm を越す降雨量があるが、4 月～10 月の乾期には殆んど雨が降らない。過去 10 年の年間降雨量の変遷を見ると 800mm から 1,500mm までの年較差があるものの、乾期と雨期をあわせた 1 年の間には安定した降雨量がある。

「ザ」国の国民一人当たりの GNI は 970 米ドル（2009 年 世銀）であり、サハラ以南の後発開発途上国（LDC）の 1 つである。産業構造は、第 1 次産業 19.7%、第 2 次産業 33.7%、第 3 次産業 46.6%（2010 年推定値 CIA）となっており、主要産業は、農業（とうもろこし、タバコ、落花生、綿花）、鉱業（銅、コバルト、亜鉛、鉛、石炭）、工業（食品加工、繊維、建築資料、肥料）である。1925 年に大規模な銅山が発見されて以来、1964 年の英領からの独立以降も銅が輸出額の 7 割以上を占める。銅価格は一時低迷したが、近年は中国・インドの経済発展により国際的な鉱物価格が上昇し、観光業・建設業の好調もあいまって、経済成長率は 6.3%（2009 年 世銀）と高まる一方、物価上昇率は 9.9%（2009 年 世銀）と一桁台になりつつあり、少しずつ成長を続けている。

2005 年 4 月、世銀および IMF 理事会にて「ザ」国の重債務貧困国スキーム（HIPC）完了点到達が承認され、ドナー各国および機関が債務救済を行い、「ザ」国の対外債務は著しく減少した。

「ザ」国政府は 2030 年までに中所得国となることを目指しており、長期的な開発方針であるビジョン 2030 を実現するための中期的な計画として第 6 次国家開発計画（SNDP：Sixth National Development Plan、2011-2015 年）を策定したところである。この計画は第 5 次国家開発計画（2006-2010 年）の成果に基づき、持続的な経済成長と貧困削減を主題として、インフラ開発、経済の成長と多様化、地方への投資と貧困削減・人間開発の促進を目指している。

「ザ」国ではこれまでに、構造調整に伴う公務員改革によりザンビア銅公社の民営化を 2000 年に実施したほか、石油公社、商業銀行、電力、電話等の基幹国営企業の民営化が進められてきているが、銅関連産業に替わる雇用は伸びておらず都市部の失業者対策が課題となっている。「ザ」国の人口の 7 割以上が一日 1 ドル以下で生活する貧困層であり、銅鉱業の急速な発展によりアフリカ諸国の中でも都市化率が高い一方、都市における社会インフラの不足および居住環境の悪化、

それに伴う感染症が問題となっている。HIV/AIDSの成人有病率は13.5%と高く(2009年推計)、平均寿命は52.36歳である(2011年推定値CIA)。

## (2) プロジェクトの背景、経緯および概要

「ザ」国の安全な水へのアクセス率は、都市部で87%、地方部で46%(2008年 UNICEF)、都市周辺に広がる近郊部の未計画居住区(Peri-Urban Area)では44%(2007年第5次国家開発計画)であり、都市の人口が増大する中で貧困層に対して安全な水へのアクセスを高めることは急務である。また、「ザ」国の大都市の上下水道施設には独立以前の英国統治時代に建設されて現在も利用されているものがあり、こうした比較的早期に整備が進んだ施設には老朽化が進んで故障や漏水が頻発し、更新時期を迎えているものも多い。

都市給水に関しては、第6次国家開発計画の給水衛生に関する方針の記載において、「都市および都市周辺地域を対象とした安全な水の開発と持続的な供給」が7つの主要な戦略のうちに挙げられており、2014年までに10都市で水道施設の改修事業を行うことが目標とされている。また、国家都市給水衛生プログラム(NUWSSP: National Urban Water Supply and Sanitation Programme)において、「無収水対策」および「主な既存の都市給水施設の改修整備」は2009年から2015年にかけて取り組むべき課題とされている。

ンドラ市の2010年の人口推定値は48.3万人と、「ザ」国内では首都ルサカ市、コッパーベルト州のキトウェ市に次ぐ人口規模の都市である。「ザ」国の主要産業である銅の生産は主に同州で行われており、ンドラ市は経済的に重要な都市であることから、今後も人口の増加が見込まれ給水状況の改善は喫緊の課題となっている。ンドラ市の上下水道サービスは、2000年以前はンドラ市庁の管轄下にあったが2000年にカフブ上下水道公社(KWSC)の設立に伴い移譲された。KWSCの運営指標を見ると、給水率は86%と全国平均より高いものの1日の平均給水時間は16時間であり、漏水が激しいために夜間は断水する地域がある。

ンドラ市の南部を含む本計画の対象配水区域(2010年の人口推定値31.7万人)には貧困層が多く居住しており、郊外に向けて都市化が広がる中で上水道の整備が遅れている上に既存施設の老朽化により給水状況の劣悪な地域が広く存在している。例えば、同配水区域での給水時間は1日12時間未満であり、推定人口31.7万人のうち4万人は給水圧が水頭1m(0.01MPa)未満の給水不良の状況にある。市内の南部地域に浄水を供給するカフブ浄水場の浄水量は、81,800m<sup>3</sup>/日の計画値に対して、取水ポンプや送水ポンプを含む浄水施設の老朽化に伴い、55,000m<sup>3</sup>/日に低下している。また、カフブ浄水場からの送水を受けるナカプタ配水池から市中心部への送水管路(一次幹線)は老朽化が激しく、6,500m<sup>3</sup>/日が漏水していると試算されている。

このような状況を改善するため、2009年12月に「ザ」国は我が国にカフブ浄水場の浄水施設の改修、送水管路の改修・拡張、下水処理に係る安定化池の設置等に係る無償資金協力を要請した。これを受けてJICAは本計画の予備的調査として位置付けられる準備調査(その1)を実施し、2010年4月12日から2010年5月10日まで現地調査団を派遣して、要請内容の確認と協力内容の検討を行った。

### (3) 調査結果の概要とプロジェクトの内容

JICAは準備調査(その1)の結果に基づき、無償資金協力事業の妥当性を検討する準備調査(その2)の実施を決定し、2010年8月17日から2010年9月25日まで概略設計調査団を現地に派遣した。同調査団は「ザ」国側の実施機関である地方自治住宅省およびKWSCと協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施した。帰国後の国内作業の後、2011年2月6日から2月15日まで概略設計概要説明調査団を現地に派遣し、「ザ」国側関係者に対し概略設計内容の説明と協議を行って合意に達した。

「ザ」国による要請から協力準備調査(その1)、(その2)を経て、協力対象範囲を選定した経緯は次表のとおりである。表中に当初要請内容およびそれぞれの項目に対する検討結果とその理由を示す。なお、ンドラ市においては、デンマーク国際開発援助庁(DANIDA)によるンドラ市を含めた周辺3地区への上下水道分野の協力が予定されており、上記2回の協力準備調査を通じて、「ザ」国政府およびDANIDAと調整した上で、一部要請内容を見直している。

当初要請内容		変更内容および理由	
カフブ 浄水場	取水ポンプ	7台	計画流量および現場調査より既存4台に加えて予備の更新2台とした。
	薬品注入設備	1式	凝集剤注入設備に加えて、塩素注入設備の改修を追加。前塩素処理は現況では人力で行われている。
	沈殿池集水トラフ	180本	現場調査により数量を136本に確定した。
	濾過砂の交換	600m <sup>3</sup>	現状では濾過砂厚0.9m、砂の状況も良好なため計画対象外とした。
	濾過ノズルの更新	1式	現場調査の結果ストレーナは健全であり、更新不要と判断した。
	急速濾過池の逆流洗浄設備	—	急速濾過池の正常な運転の継続のために改修が必要と判断した。
	送水ポンプの更新	7台	計画流量より5台設置とした。
	小規模な修理	—	取水塔床排水設備を追加した。
ナカプタースカイウエイズ送水管 布設φ900mm		8km	水理計算および現場調査により、φ450~800mm×5.9kmに変更。
カロコ地区キオスク型公共水栓建設		6箇所	現地調査の結果、6箇所の建設予定地を変更して確定した。
アッパームシリ地区分水工事		1箇所	水理計算および現場調査により、3箇所に変更した。
チフブ地区配水本管設置 φ600mm		2km	水理計算および現場調査によりφ700mm×2.1kmとした。
ノースライズ地区配水本管設置 φ375mm		1.7km	水理計算および現場調査によりφ500mm×1.6kmとした。
西部環状線送水管設置 φ700mm		12.8km	管路延長に比べて裨益人口が少なく、優先順位が低く対象外とした。
ダンボ下水ポンプ場送水ポンプの更新		4台	DANIDA支援による下水道整備の中で検討されることとなった。
カニニ水質分析所の水質分析機器の設置		1式	水銀・砒素・農薬の検出のため、原子吸光光度計のアクセサリとガスクロマトグラフを選定した。
積算流量計の設置		1式	現地調査の結果、7箇所とした。

当初要請内容		変更内容および理由
下水処理池の建設	4箇所	DANIDA 支援による下水道整備の中で検討されることとなった。
下水管の埋設	1km	

概略設計における基本方針は以下のとおりである。

- ① 要請内容に対して「裨益人口」、「緊急度（水困窮度）」、「施設の老朽度」の観点から協力対象を選定する。
- ② ンドラ市の中でも貧困層の多い南部地域を主たる裨益の対象とする。
- ③ 既存施設の能力の回復を基本とした上で計画年次を2020年として施設の能力を検証する。
- ④ 現地調査結果を基に、使用可能な施設は現況のまま使用し、施設の更新や新設は必要最小限に留める。

上記の基本方針に従い、各施設に対して次のような検討を行った。

- ・ カフブ浄水場は既存施設の計画浄水量である 81,800m<sup>3</sup>/日の浄水能力の復旧を設計方針とした。浄水処理後の水質は、「ザ」国の飲用水水質基準を遵守するものとした。
- ・ 浄水処理フローは、現行の沈殿、急速濾過、後塩素注入に加えて、使用不能となっている凝集剤注入設備の復旧および原水中の藻類対策として前塩素注入設備を追加した。
- ・ 管路施設は、調達および施工に係る条件を考慮して送配水本管（φ150mm～φ800mm）にはダクタイル鋳鉄管を採用した。配水区域内の小口径管（φ100mm）は亜鉛メッキ鋼管とした。
- ・ カロコ地区に計画したキオスク型公共水栓は、「ザ」国における信託基金（DTF: Devolution Trust Fund）のプロジェクトマニュアルに準じた構造とした。
- ・ 水質検査機器の設置は当初要請には含まれていなかったが、上水道水源の水質保全の観点から、要請が追加され、有機農薬および重金属の検出が可能となるように水質分析機器を選定した。
- ・ 要請項目のうち、急速濾過池の濾過砂と集水ノズルの交換については、砂層厚・粒径・ストレーナの状況を調査して、既存施設の機能に問題が無いことから、計画対象外とした。
- ・ 西部環状線送水管は、裨益人口が少なく投資効果が低いため更新の対象外とした。
- ・ 下水処理水の安定化池、下水管、ダンボ下水ポンプ場の送水ポンプについては、DANIDAの支援によりンドラ市の下水道分野の整備計画が進められており、調整の結果、デンマーク側の協力対象として検討されることとなった。

以上により、本調査により確定した無償資金協力事業の対象となる計画内容を次の表に示す。本計画はンドラ市内の上水道施設の改修・拡張を行うものであり、このうち我が国の無償資金協力事業では、カフブ浄水場および市内の送配水管の改修、給水困難地区におけるキオスク型公共水栓の建設、水質検査機材の設置、およびこれらの施設に係るソフトコンポーネントを実施する。

## プロジェクトの概要

番号	施設	計画内容
①	カフブ浄水場の取水ポンプおよび関連施設の更新	取水ポンプ 予備 2 台更新、 チェーンブロック 1 台更新、床排水ポンプ 2 台更新、 取水ポンプ制御盤改修、400V 進相コンデンサ盤設置
②	カフブ浄水場の薬品注入設備の更新	凝集剤注入設備更新（攪拌機 3 台、注入ポンプ 3 台）、 攪拌機・注入機の配電盤設置および制御盤改修、 塩素注入設備更新（前塩素、後塩素）
③	カフブ浄水場の沈殿池集水トラフの更新	FRP 製トラフ（370×280×8,400mm）の更新 Stage-1 40 本、Stage-2 96 本 *
④	カフブ浄水場の急速濾過池の逆流洗浄設備	Stage-2 の逆洗ポンプ 3 台およびブロワ 2 台更新、ブロワ制御盤設置 逆洗配管の弁 3 ヶ×17 組更新、送水渠内の角落し設置、 サイフォン手動制御装置 17 組新規設置
⑤	カフブ浄水場の送水ポンプおよび関連施設の更新	送水ポンプ 5 台更新（常用 4+予備 1）、床排水ポンプ 2 台更新、 サージタンク補修、浄水池水位警報装置設置、送水ポンプ制御盤更新、 3.3kV 進相コンデンサ設置、超音波流量計設置
⑥	カフブ浄水場の小規模な修理	取水塔内の排水ポンプ 1 台更新、スイッチ盤設置
⑦	ナカブタ配水池からスカイウェイズ配水池までの送水管および付帯設備の埋設	ダクタイル鋳鉄管（φ 800mm×5.03km、φ 450mm×0.81km、 φ 600mm×0.02km）埋設、 弁類（仕切弁・空気弁・排泥弁）設置
⑧	カココ地区のキオスク型公共水栓の建設	キオスク型公共水栓 6 箇所建設、 鋼管埋設（φ 100mm×3.13km）、 弁類（仕切弁・空気弁・排泥弁）設置
⑨	アッパー・ムシリ地区への送水管および付帯設備の埋設	分岐管（φ 300mm×70m、φ 250mm×140m、φ 400×30m）の埋設 分岐弁の設置
⑩-1	チフブ配水池からのコンクリート製配水本管および付帯設備の埋設	ダクタイル鋳鉄管（φ 700mm×2.06km、φ 300mm×0.07km）埋設、 弁類（仕切弁・空気弁・排泥弁）設置
⑩-2	ノースライズ配水池からのコンクリート製配水本管および付帯設備の埋設	ダクタイル鋳鉄管（φ 500mm×1.60km、φ 150mm×0.02km）埋設、 弁類（仕切弁・空気弁・排泥弁）設置
⑪	カニニ水質分析所の分析機材の設置	ガスクロマトグラフの設置、 原子吸光光度計のアクセサリの補充
⑫	上記項目に必要な大口径水量計の設置	積算流量計 7 基（φ 100～800mm）の設置

\* カフブ浄水場は、2 系列となっており、Stage-1 が 1966 年に、Stage-2 が 1975 年に完工している。

## ソフトコンポーネントの内容

項目	実施時期	ソフトコンポーネントの内容
浄水処理プロセスの管理	浄水場工事 完了時	カフブ浄水場運転員に対する、凝集沈殿濾過および塩素注入に係る講義・実技指導
水質分析	水質分析機器 設置後	カニニ水質分析所の担当者に対する、水質モニタリング計画と水質分析に係る実習
管路流量測定	管路工事 完了時	水道管路課の職員を対象とした、流量測定と記録の分析評価に係る実習
住民組織による キオスク型公共水栓の運営	・公共水栓建設前 ・建設中 ・供用開始時 ・供用開始後	現地コンサルタントとの共同によるカフブ上下水道公社の郊外地区課と住民組織に対する、住民集会・衛生啓発活動・料金徴収・施設維持管理等に係る支援

#### (4) プロジェクトの工期および概算事業費

本計画を我が国の無償資金協力事業として実施する場合、実施設計に 4.5 ヶ月、施設建設に 17.5 ヶ月を要する。また、概算事業費は、21.63 億円（日本側負担分：21.50 億円、「ザ」国側負担分：0.1313 億円）である。

#### (5) プロジェクトの評価

##### 1) 妥当性

我が国の無償資金協力による協力対象事業の実施は以下の点から妥当と判断される。

- ① 都市の人口が増大する中で都市周辺に広がる近郊部の未計画居住区を含め、安全な水へのアクセスを高めることは急務であり、本計画の実施は第 6 次国家開発計画や NUWSSP 等の「ザ」国の開発計画（前項(2)に記述）に合致するものである。
- ② 本計画は「ザ」国第三の都市の高い給水需要に対処するものであり、裨益対象はンドラ市の住民 35.4 万人（2020 年）である。この中には低所得地区や、貧困層が多く居住する給水困難地区が含まれている。事業実施によって安全な水へのアクセスが拡大され、計画対象地域のベーシック・ヒューマン・ニーズ（BHN）を満たすものであり、衛生状況の改善と水汲労働の削減によって住民の生活改善に大きく寄与する。また、改修の対象となる既存の施設の激しい劣化状況に鑑みて、耐久性に富み、機器寿命が長い、高品質の日本の技術を用いる必要性・優位性が認められる。

##### 2) 有効性

本プロジェクトの実施によるンドラ市の上水道施設の改善により、以下の効果が期待できる。

##### ① 定量的効果

指標名	基準値 (2010 年)	計画値 (目標年次 2020 年*)
給水困難地区（カロコ地区・アップパームシリ地区）の給水人口	17,400 人	45,000 人
改修対象路線の配水区域における給水時間	1 日あたり 12 時間	1 日あたり 18 時間

\* 完工後 3 年目の事後評価実施時点（2016 年）では、42,600 人。

##### ② 定性的効果

- ・ 安全な水へのアクセスが向上する地域において衛生状況が改善され水因性疾病の罹患事例が減少する。
- ・ 給水困難地区において、児童、女性の水汲み労働が軽減される。
- ・ 漏水による幹線道路の冠水、道路沿いの漏水箇所における水汲み、漏水管の補修工事が減少し、交通の安全度が向上する。

以上のように、本計画はンドラ市民の健康で衛生的な生活の向上に寄与するものであり、無償資金協力事業を実施することの妥当性が認められ、また事業実施後の施設の運営・維持管理についても「ザ」国側の体制は人員・資金共に問題ない。従って、本案件の妥当性は高く、また有効性が見込まれるものと判断される。

# 目 次

序 文

要 約

目 次

位置図／完成予想図／現地写真集

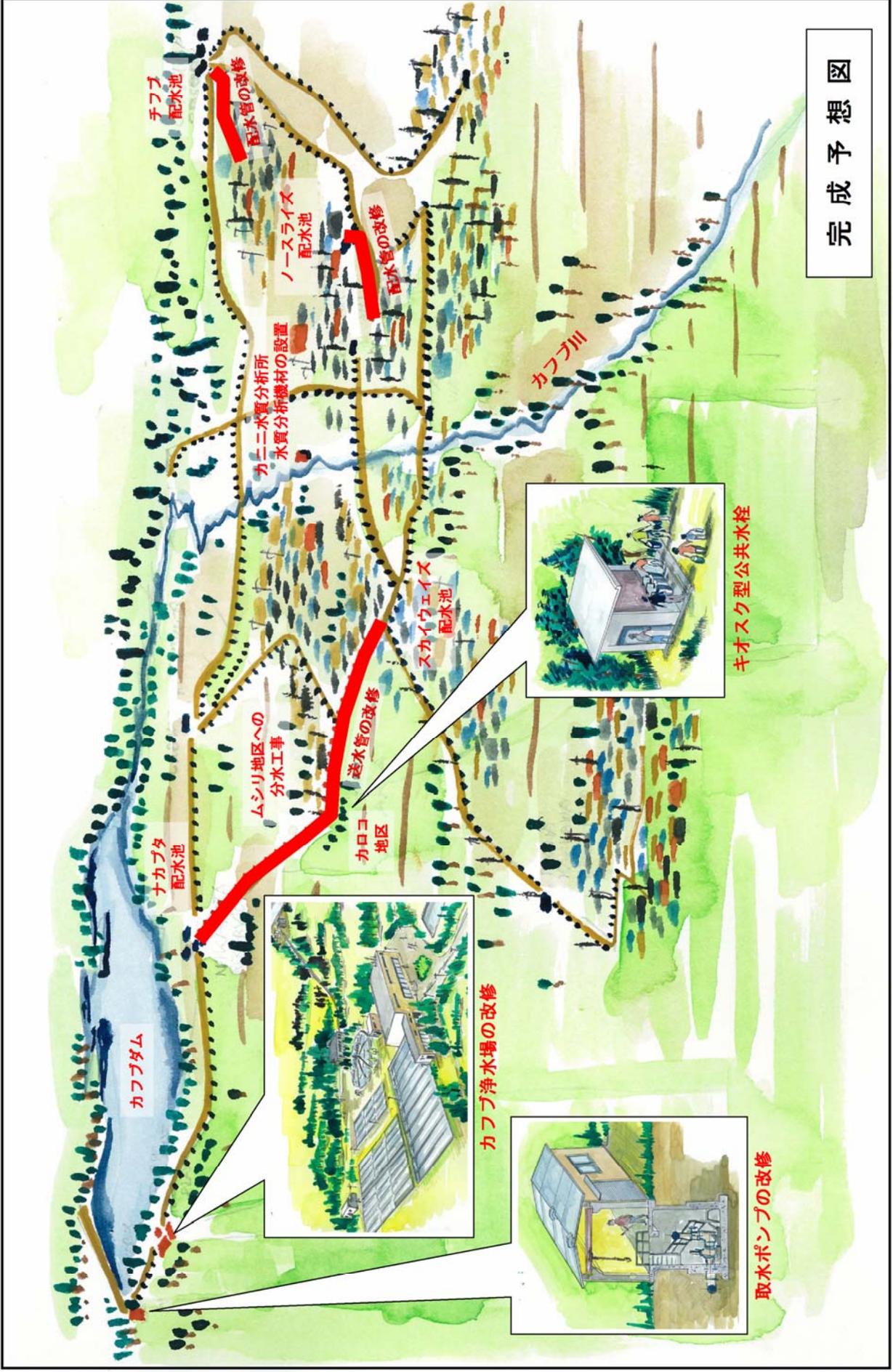
図表リスト／略語集

第1章 プロジェクトの背景・経緯	1-1
1-1 当該セクターの現状と課題	1-1
1-1-1 現状と課題	1-1
1-1-2 開発計画	1-3
1-1-3 社会経済状況	1-4
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要	1-5
1-3 我が国の援助動向	1-7
1-4 他ドナーの援助動向	1-8
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2-1 プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1 組織・人員	2-1
2-1-2 財政・予算	2-3
2-1-3 技術水準	2-4
2-1-4 既存施設・機材	2-5
2-1-4-1 ンドラ市上下水道の全体システムの確認	2-5
2-1-4-2 水道水源に関する水量の確認	2-6
2-1-4-3 浄水場およびポンプ場の設備・機材	2-6
2-1-4-4 管路施設	2-22
2-1-4-5 給水困難地区	2-23
2-1-4-6 水質分析機材	2-23
2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況	2-24
2-2-1 関連インフラの整備状況	2-24
2-2-2 自然条件	2-25
2-2-2-1 地勢・水文・気象	2-25
2-2-2-2 自然条件調査	2-26
2-2-3 社会条件調査	2-28
2-2-3-1 調査目的・対象・方法	2-28
2-2-3-2 調査結果	2-29
2-2-4 環境社会配慮	2-34
2-2-4-1 計画対象と代替案	2-34
2-2-4-2 ザンビア国における環境社会配慮に係る制度	2-34

2-2-4-3	国際協力機構 環境社会配慮ガイドラインに基づく評価とモニタリング	2-35
2-3	その他（グローバルイシュー等）	2-38
第3章	プロジェクトの内容	3-1
3-1	プロジェクトの概要	3-1
3-1-1	上位目標とプロジェクト目標	3-1
3-1-1-1	プロジェクトの上位目標	3-1
3-1-1-2	プロジェクト目標	3-1
3-1-2	プロジェクトの概要	3-1
3-2	協力対象事業の概略設計	3-3
3-2-1	設計方針	3-3
3-2-1-1	基本方針	3-3
3-2-1-2	自然環境条件に対する方針	3-3
3-2-1-3	社会経済条件に対する方針	3-4
3-2-1-4	建設事情／調達事情に対する方針	3-4
3-2-1-5	現地業者（建設会社、コンサルタント）の活用に係る方針	3-5
3-2-1-6	運営・維持管理に対する対応方針	3-5
3-2-1-7	施設、機材等のグレードの設定に係る方針	3-5
3-2-1-8	工法／調達方法、工期に係る方針	3-5
3-2-2	基本計画（施設計画）	3-7
3-2-2-1	全体計画	3-7
3-2-2-2	施設計画	3-9
3-2-2-2-1	計画給水量	3-9
3-2-2-2-2	カフブ浄水場施設計画	3-13
3-2-2-2-3	管路施設計画	3-32
3-2-2-2-4	給水困難地区の改善（ムシリ地区・カロコ地区）	3-36
3-2-2-2-5	カニニ水質分析所	3-38
3-2-3	概略設計図	3-39
3-2-4	施工計画／調達計画	3-83
3-2-4-1	施工方針／調達方針	3-83
3-2-4-2	施工上／調達上の留意事項	3-84
3-2-4-3	施工区分／調達・据付区分	3-85
3-2-4-4	施工監理計画／調達監理計画	3-86
3-2-4-5	品質管理計画	3-87
3-2-4-6	資機材等調達計画	3-87
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画	3-88
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画	3-89
3-2-4-9	実施工程	3-100
3-3	ザンビア国側分担事業の概要	3-101

3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	3-103
3-4-1	維持管理体制・人員配置	3-103
3-4-2	維持管理の内容	3-104
3-5	プロジェクトの概略事業費	3-108
3-5-1	協力対象事業の概算事業費	3-108
3-5-1-1	日本国負担経費	3-108
3-5-1-2	ザンビア国負担経費	3-108
3-5-1-3	積算条件	3-109
3-5-2	運営・維持管理費	3-110
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項	3-112
第4章	プロジェクトの評価	4-1
4-1	プロジェクトの前提条件	4-1
4-1-1	事業実施のための前提条件	4-1
4-1-2	プロジェクト全体計画達成のための前提条件・外部条件	4-2
4-2	プロジェクトの評価	4-3
4-2-1	妥当性	4-3
4-2-2	有効性	4-5
[資料]		
1.	調査団員・氏名	A-1
1-1	概略設計調査団	A-1
1-2	概略設計説明調査団	A-1
2.	調査行程	A-2
2-1	概略設計現地調査時	A-2
2-2	概略設計概要説明調査時	A-3
3.	関係者（面会者）リスト	A-4
4.	討議議事録（M/D）	A-5
4-1	概略設計現地調査時	A-5
4-2	概略設計概要説明調査時	A-11
5.	ソフトコンポーネント計画書	A-19
6.	収集資料リスト	A-34
7.	その他の資料・情報	A-35
7-1	水質調査結果	A-35
7-2	社会条件調査結果	A-39
7-3	環境社会配慮 チェックリスト	A-57
7-4	環境社会配慮 モニタリングフォーム	A-60
7-5	環境社会配慮 ザンビア国環境審議会による事業承認書	A-63

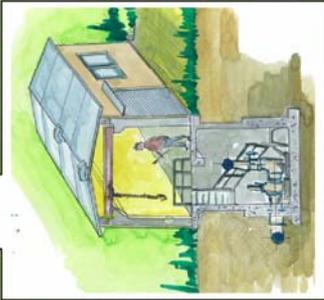




完成予想図



カフブ浄水場の改修

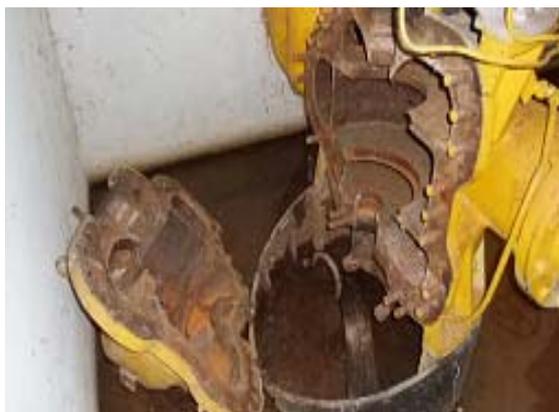


取水ポンプの改修



キオスク型公共水栓

## 現地写真集



【写真-1：取水ポンプ】

ポンプ、電動機の劣化・腐食により、現在は全7台のうち4台しか稼働していない。(写真は全2系列のうち Stage-1 系列)



【写真-2：薬品注入施設】

施設は現在使用されておらず、室内のポンプや配管はほとんど撤去されている。



【写真-3：沈殿池】

沈殿池の集水トラフはFRP製であるが、経年変化により劣化し、変形、破損している。



【写真-4：急速ろ過池の調査】

急速ろ過池の水を抜いて集水ノズルの調査を行ったが、破損、劣化等は確認されなかった。

砂の粒度の状態は概ね良好であり、固化もしていなかった。



【写真-5：逆洗ポンプ設備】

逆洗ポンプは、全6台のうち3台の電動機が故障または撤去されており、現在は3台で稼働している。(写真は全2系列のうちStage-2系列)



【写真-6：送水ポンプ】

調査期間中にも故障が生じ、解体・応急処置を行っていた。(写真は全2系列のうちStage-1系列)



【写真-7：床排水ポンプ】

床排水ポンプは、駆動するものの激しく腐食・汚損しており、起動が確実ではない。(写真は Stage-1 系統の取水ポンプ室内の床排水ポンプ)



【写真-8：ナカプタ送水管】

経年劣化のため、漏水箇所を補修しても別の漏水が生じる状況である。



【写真-9：既設キオスクの状況】

既設は全6箇所あるが、水量および水圧が不足しており、4箇所は使用不能である。残りの2箇所においても給水可能な時間が限られている。



【写真-10：カロコ地区の入口付近】

地区内のキオスクでは給水困難のため、ナカプタ送水管の漏水箇所まで水を汲みにきている。



【写真-11：チフブ配水管】

露出している箇所では、破損箇所から漏水している。



【写真-12：空気弁等の管理施設】

老朽化した弁類から漏水している箇所も見られる。

## 図 リ ス ト

	頁
図 2-1-1 「ザ」国地方自治住宅省の組織図.....	2-1
図 2-1-2 カフブ上下水道公社の組織図.....	2-2
図 2-1-3 ンドラ市の上下水道システム概念図.....	2-5
図 2-1-4 カフブ浄水場フローシート.....	2-6
図 2-2-1 ンドラ市における月別の平均最高気温と平均最低気温.....	2-25
図 2-2-2 ンドラ市における月別の降雨量.....	2-26
図 2-2-3 ンドラ市における年間降雨量の長期変遷.....	2-26
図 2-2-4 カフブ川の流量測定箇所.....	2-27
図 3-2-1 ンドラ市給水系統模式図.....	3-7
図 3-2-2 カフブ浄水場原水のアルカリ度の変化（2009 年）.....	3-25
図 3-2-3 標準施工断面.....	3-35
図 3-4-1 エンジニアリング部門の組織図.....	3-103

## 表 リ ス ト

		頁
表 1-1-1	ザンビア国内の上下水道公社 .....	1-1
表 1-1-2	カフブ上下水道公社の主な運営指標 .....	1-2
表 1-1-3	ンドラ市の人口増加の状況 .....	1-4
表 1-2-1	協力対象範囲の選定経緯 .....	1-5
表 1-2-2	当初要請内容と検討結果 .....	1-6
表 1-3-1	我が国の技術協力・有償資金協力の実績（給水分野） .....	1-7
表 1-3-2	我が国の無償資金協力実績（給水分野ほか） .....	1-7
表 1-4-1	他ドナー国・国際機関の援助実績（給水分野） .....	1-8
表 1-4-2	KWSC に対する最近の DTF プロジェクト .....	1-9
表 2-1-1	カフブ上下水道公社のンドラ市担当職員数 .....	2-2
表 2-1-2	カフブ上下水道公社の予算執行状況 .....	2-3
表 2-2-1	社会条件調査対象配水区域と抽出世帯数 .....	2-29
表 2-2-2	ンドラ市における給水時間 .....	2-29
表 2-2-3	ンドラ市における各戸口給水栓圧力 .....	2-30
表 2-2-4	ンドラ市南部地域における給水圧の時間帯による影響の聞き取り結果 .....	2-30
表 2-2-5	ンドラ市における各戸口給水栓水質（色） .....	2-30
表 2-2-6	ンドラ市における各戸口給水栓水質（大腸菌群） .....	2-30
表 2-2-7	ンドラ市における世帯収入（月収） .....	2-31
表 2-2-8	ンドラ市における水道料金（月別） .....	2-31
表 2-2-9	ンドラ市における水道料金に対する意識調査結果 .....	2-31
表 2-2-10	ンドラ市における、1日のうち水汲みに要する時間（地域別） .....	2-32
表 2-2-11	ンドラ市における、1日のうち水汲みに要する時間（給水カテゴリー別） .....	2-32
表 2-2-12	ンドラ市における主な水因性疾病の状況 .....	2-32
表 2-2-13	ンドラ市におけるトイレ設置状況（地域別） .....	2-33
表 2-2-14	ンドラ市におけるトイレ設置状況（給水カテゴリー別） .....	2-33
表 2-2-15	KWSC に対する満足度（上水道サービス）聞き取り結果 .....	2-33
表 2-2-16	KWSC に対する満足度（下水道サービス）聞き取り結果 .....	2-33
表 2-2-17	本計画による影響評価結果 .....	2-35
表 2-2-18	緩和策およびモニタリング計画 .....	2-37

表 3-1-1	プロジェクトの概要.....	3-2
表 3-2-1	雨期、乾期の期間と平均月間降雨量.....	3-3
表 3-2-2	ンドラ市給水区域区分.....	3-8
表 3-2-3	住居区分と計画一日平均使用水量.....	3-8
表 3-2-4	計画対象となる配水区域の人口と計画一日平均使用水量（一般家庭分）.....	3-9
表 3-2-5	計画給水量とりまとめ.....	3-11
表 3-2-6	配水池の滞留時間.....	3-12
表 3-2-7	カフブ浄水場の水質.....	3-13
表 3-2-8	カフブ浄水場水質と水質基準値.....	3-14
表 3-2-9	各設備容量とりまとめ.....	3-27
表 3-2-10	更新対象機器リスト.....	3-28
表 3-2-11	管路施設水理計算とりまとめ.....	3-33
表 3-2-12	管路の直接工事費（材料＋工事）比較.....	3-34
表 3-2-13	管路計画とりまとめ.....	3-34
表 3-2-14	ムシリ地区の計画内容.....	3-36
表 3-2-15	カロコ地区の計画内容.....	3-38
表 3-2-16	カロコ地区のキオスク型公共水栓設置予定箇所.....	3-38
表 3-2-17	水質分析機材の計画.....	3-38
表 3-2-18	施工区分.....	3-85
表 3-2-19	品質管理計画（施工）.....	3-87
表 3-2-20	主要資材の調達区分.....	3-88
表 3-2-21	初期操作指導・運用指導等の計画.....	3-89
表 3-2-22	ソフトコンポーネントの成果達成度の確認方法.....	3-93
表 3-2-23	浄水場処理プロセスにかかるソフトコンポーネントの活動.....	3-94
表 3-2-24	水質分析にかかるソフトコンポーネントの活動.....	3-95
表 3-2-25	管路流量測定にかかるソフトコンポーネントの活動.....	3-96
表 3-2-26	キオスク型公共水栓にかかるソフトコンポーネントの工程.....	3-98
表 3-2-27	キオスク型公共水栓にかかるソフトコンポーネントの活動.....	3-98
表 3-4-1	本計画により改修・導入される施設に必要なとなる運転・維持管理体制.....	3-104
表 3-4-2	カフブ浄水場の運転・維持管理の内容.....	3-105
表 3-4-3	送水管路の維持管理内容.....	3-105
表 3-4-4	カロコ地区におけるキオスク型公共水栓を管理する住民組織の構成案.....	3-106
表 3-4-5	DTF の Tool Kit に示される公共水栓運営に係るモニタリング項目.....	3-107
表 3-4-6	水質分析所が実施する水質分析の内容.....	3-107
表 3-4-7	ガスクロマトグラフ機器の維持管理の内容.....	3-107
表 3-5-1	本計画の対象施設にかかる運転・維持管理費.....	3-110
表 3-5-2	プロジェクト実施前と比較して増加する費用.....	3-111
表 3-5-3	過去 3 年間の KWSC 収支状況の概要.....	3-111
表 3-5-4	KWSC 予算の推移状況.....	3-112

## 略 語 集

AC	Asbestos Cement 石綿セメント
AfDB	African Development Bank アフリカ開発銀行
BOD	Biological Oxygen Demand 生物学的酸素要求量
CIA	Central Intelligence Agency 米国中央情報局
CP	Cooperating Partner ドナー
CSO	Central Statistics Office 中央統計局
CU	Commercial Utilities 公社
DANIDA	Danish International Development Assistance デンマーク国際開発援助庁
DCIP	Ductile Cast Iron Pipe ダクタイル鋳鉄管
DO	Dissolved Oxygen 溶存酸素
DTF	Devolution Trust Fund 権限委譲信託基金
ECZ	Environmental Council of Zambia ザンビア環境審議会
EIA	Environmental Impact Assessment 環境影響評価
EIS	Environmental Impact Statement 環境影響報告書
EPB	Environmental Project Brief 簡易環境報告書
EU	European Union 欧州連合
FNDP	Fifth National Development Plan 第5次国家開発計画
FRP	Fiber Reinforced Plastic 繊維強化プラスチック
GI	Galvanized Iron (Pipe) 亜鉛メッキ鋼 (管)
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (German Agency for International Cooperation) ドイツ国際協力公社
GNI	Gross National Income 国民総所得
GRZ	Government of the Republic of Zambia ザンビア共和国政府
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (German Agency for Technical Cooperation) ドイツ技術協力公社
HIPC	Heavily Indebted Poor Countries 重債務貧困国
HIV/AIDS	Human Immunodeficiency Virus / Acquired Immune Deficiency Syndrome ヒト免疫不全ウイルス／後天性免疫不全症候群
ISO	International Standardization Organization 国際標準化機構
JASZ	Joint Assistance Strategy for Zambia ザンビア共同援助戦略
JICA	Japan International Cooperation Agency 独立行政法人国際協力機構

JIS	Japanese Industrial Standards 日本工業規格
KfW	KfW Bankengruppe/ German Development Bank ドイツ復興金融公庫
KWSC	Kafubu Water and Sewerage Company Limited カフブ上下水道公社
LDC	Least Developed Country 後発開発途上国
NAPSA	National Pension Scheme Authority 国家年金制度局
MEWD	Ministry of Energy and Water Development エネルギー・水開発省
MLGH	Ministry of Local Government and Housing 地方自治住宅省
MTENR	Ministry of Tourism, Environment and Natural Resources 観光・環境・自然資源省
NUWSSP	National Urban Water Supply and Sanitation Programme 国家都市給水衛生プログラム
NWASCO	National Water Supply and Sanitation Council 中央水道衛生審議会
PS	Pump(ing) Station ポンプ場
PUWSS	Peri Urban Water Supply and Sanitation 都市近郊給水衛生
PVC	Polyvinyl Chloride ポリ塩化ビニル
RBI	Regulation By Incentive 報奨制度
RDC	Resident Development Committee 住民開発委員会
SNDP	Sixth National Development Plan 第6次国家開発計画
SOMAP	Sustainable Operation & Maintenance Project for Rural Water Supply 地方給水維持管理プロジェクト
T-N	Total Nitrogen 全窒素
T-P	Total Phosphorus 全磷
TSS	Total Suspended Solids 全浮遊物質
UN	United Nations 国際連合
UNICEF	UN Children's Fund ユニセフ、国連児童基金
VCS	Vacuum Circuit Switch 真空開閉器
WHO	World Health Organization 世界保健機構
WB	World Bank 世界銀行
WTP	Water Treatment Plant 浄水場
ZESCO	Zambian Electricity Supply Corporation Limited ザンビア電力供給公社

度量衡：

$\mu$ m	micrometer	%	percent
mm	millimeter	sec	second
cm	centimeter	min	minute
m	meter	hr	hour
km	kilometer	m/sec	meter per second
cm <sup>2</sup>	square centimeter	m <sup>3</sup> /sec	cubic meter per second
km <sup>2</sup>	square kilometer	kg	kilogram
L, ℓ	liter	t	ton (1,000 kg)
m <sup>3</sup>	cubic meter	kW	kilo Watt
N	Newton	$\mu$ S	micro Siemense
Pa	Pascal (1Pa = 1N/m <sup>2</sup> )	NTU	Nephelometric Turbidity Unit
mAq	meter of water (= mH <sub>2</sub> O)	pH	hydrogen-ion exponent
Lpcd	Liter per Capita per Day	V	Volt
G	gallon	A	Ampere
ft	feet	$\Omega$	ohm
HP	horsepower		
bar	(1 bar = 0.1MPa)	abs	absolute (absolute vacuum)
mmCE	millimètre de colonne d'eau (1 mmCE = 1 mmAq = 9.80665 Pa)		
Hz	hertz	rpm	revolutions per minute

通貨：

J. Yen	: Japanese Yen	日本円
USD	: US Dollar	アメリカ・ドル
ZMK	: Zambia Kwacha	ザンビア クワチャ

換算率 (2010年9月)：

USD	= 90.90 J.Yen
ZMK	= 0.0182 J. Yen

## 第 1 章 プロジェクトの背景・経緯

# 第1章 プロジェクトの背景・経緯

## 1-1 当該セクターの現状と課題

### 1-1-1 現状と課題

ザンビア共和国（以下「ザ」国という）の安全な水へのアクセス率は、都市部で87%、地方部で46%（2008年、UNICEF）、都市近郊に広がる未計画居住区（Peri-Urban Area）では44%（2007年第5次国家開発計画）であり、都市の人口が増大する中で貧困層に対して安全な水へのアクセスを高めることは急務である。また、「ザ」国の大都市の上下水道施設には独立以前の英国統治時代に建設されて現在も利用されているものがあり、こうした比較的早期に整備が進んだ施設は老朽化が進んで故障や漏水が頻発し、更新時期を迎えているものが多い。面的に存在する劣化した施設については、都市の規模を考慮して計画的に更新を進めていくことが望ましいが、そのためには対象地区全域の基本計画（マスタープラン）を整備する必要があり、全面的な更新への着手は容易でないのが現状である。

「ザ」国では、都市部において上下水道サービスを行う事業者の多くが2000年以降に公社化されており、中央の規制・監督機関である The National Water Supply and Sanitation Council (NWASCO, エネルギー・水開発省傘下) が地方の上下水道公社 (CU: Commercial Utilities (CU)) に事業のライセンスを発行し、各上下水道公社において最低限達成されるべきサービスの内容を規定したガイドラインを提示している。NWASCO は各地方上下水道公社のサービスを数値化して評価し報奨金を出す取り組み (RBI: Regulation By Incentive) を行っている。こうした組織構成や取り組みの状況により、上下水道の事業者が市の行政組織から独立して経営を行っていること、運営の目的と評価が明確であることが「ザ」国における都市上下水道サービスの特徴となっている。

表 1-1-1 ザンビア国内の上下水道公社

上下水道事業者	略称	運営開始年	供給先の町数	州	地域内の人口	水道普及率	衛生設備普及率
Lusaka WSC	LWSC	1989	4	Lusaka	1,831,408	88%	52%
Lukanga WSC	LGWSC	2007	6	Central	365,869	66%	27%
Nkana WSC	NWSC	2000	3	Copperbelt	685,420	70%	19%
Kafubu WSC *	KWSC	2000	3	Copperbelt	633,656	86%	59%
Mulonga WSC	MWSC	2000	3	Copperbelt	436,249	89%	71%
Southern WSC	SWSC	2000	17	Southern	328,882	89%	58%
Chambeshi WSC	CHWSC	2003	12	Northern	275,474	63%	32%
North Western WSC	NWWSC	2000	7	North-Western	223,817	69%	22%
Western WSC	WWSC	2000	6	Western	176,477	58%	16%
Eastern WSC	EWSC	2009	8	Eastern	217,632	58%	22%
Luapula WSC	LPWSC	2009	7	Luapula	173,206	19%	0%

出所：Urban and Peri-Urban Water Supply and Sanitation Sector Report 2009/2010, NWASCO

\* : Kafubu Water Supply and Sewerage Company Limited (KWSC) 本計画の「ザ」国側実施機関

本計画の対象となるンドラ市は「ザ」国中部に位置するコッパーベルト州の州都であり、2010年の人口推定値は48.3万人と、「ザ」国内では首都ルサカ市、コッパーベルト州のキトウェ市に次ぐ人口規模の都市である。「ザ」国の主要産業である銅の生産は主に同州で行われており、ンドラ市は経済的に重要な都市であることから、今後も人口の増加が見込まれ給水状況の改善は喫緊の課題となっている。

ンドラ市の上下水道サービスは、2000年以前はンドラ市庁の管轄下にあったが2000年にカフブ上下水道公社（KWSC）の設立に伴い移譲された。KWSCはンドラ市のほかにルアンシャ市とマサイチ郡を合わせ、3つの自治体に対して上下水道サービスを提供している。KWSCの運営指標<sup>1</sup>を見ると、給水率は86%と全国平均より高いものの1日の平均給水時間は16時間であり漏水が激しいために夜間は断水する地域がある。また契約接続数48,365本のうち、水道メータによる計量率は45%、料金徴収率は73%と、全CUの平均を下回っている。

表 1-1-2 カフブ上下水道公社の主な運営指標

主要指標	水道普及率	衛生設備普及率	給水時間	メータ計量率	料金徴収率
KWSC	86 %	59 %	16 時間	45 %	73 %
CU 平均値	74 %	35 %	16 時間	55 %	86 %

出所：Urban and Peri-Urban Water Supply and Sanitation Sector Report 2009/2010, NWASCO

ンドラ市の南部を含む本計画の対象配水区域（2010年の人口推定値31.7万人）には貧困層が多く居住しており、郊外に向けて都市化が広がる中で上水道の整備が遅れている上に既存施設の老朽化により給水状況の劣悪な地域が広く存在している。例えば、同配水区域での給水時間は1日12時間未満であり、推定人口31.7万人のうち4万人は給水圧が水頭1m（0.01MPa）未満の給水不良の状況にある。市内の南部地域に浄水を供給するカフブ浄水場の浄水量は、81,800m<sup>3</sup>/日の計画値に対して、取水ポンプや送水ポンプを含む浄水施設の老朽化に伴い、55,000m<sup>3</sup>/日に低下している。また、カフブ浄水場からの送水を受けるナカプタ配水池から市中心部への送水管路（一次幹線）は老朽化が激しく、6,500m<sup>3</sup>/日が漏水していると試算されている。

こうした状況に示されるようにンドラ市においては、浄水場・管路施設の改修により送水を増やすとともに漏水を減らして、給水時間を改善することと、主として郊外地区（Peri-Urban Area）を対象とする未給水地区の解消が、給水サービスの課題である。また、水道メータの設置・検針によって料金収入を増加させることが経営面の課題となっており、水道メータ設置事業が現在までに進められてきている。

また、KWSCの衛生設備普及率は59%であり、全国都市平均の36.6%よりは高いもののンドラ市においても多くの汚水・排水が道路側溝や地下浸透によりカフブ川に流入していると考えられる。ンドラ市の下水処理場は4箇所（オールドカニニ、ニューカニニ、オールドルプト、ニュールプト）が稼動しているが、設計処理水量以上の流入量があることに加えて施設改修中であるた

<sup>1</sup> : Urban and Peri-Urban Water Supply and Sanitation Sector Report 2009/2010, NWASCO

めに、完全に処理しきれない下水がカフブ川に放流されている状況である。これらの生活排水や未処理下水の流入箇所は、カフブ浄水場の水源であるカフブダムよりも上流に位置しており、水道水源への影響が問題視されている。特に乾期の終わりの10月ごろはカフブ川の水量が減るうえに、暑期であり水温が上昇するためにカフブダムにおける藻類の発生が著しく、カフブ浄水場では藻類の流入による濾過池の閉塞を防ぐために、硫酸銅や次亜塩素酸カルシウム等の殺藻剤の投入が行われている。

## 1-1-2 開発計画

2005年4月、世銀およびIMF理事会にて「ザ」国の重債務貧困国スキーム（HIPC）完了点到達が承認され、ドナー各国および機関が債務救済を行い、「ザ」国の対外債務は著しく減少した。

「ザ」国政府は2030年までに中所得国となることを目指しており、長期的な開発方針であるビジョン2030を実現するための中期的な計画として第6次国家開発計画（SNDP：Sixth National Development Plan、2011-2015年）を策定したところである。この計画は第5次国家開発計画（FNDP 2006-2010）の成果に基づき、「持続的な経済成長と貧困削減」を主題として、インフラ開発、経済の成長と多様化、地方への投資と貧困削減・人間開発の促進を目指している。

第6次国家開発計画の中の水セクターにおいて、給水および衛生の向上は経済成長と貧困削減達成のための基本的なサービスとして課題の1つに挙げられている。また、「健康と生活の向上のために2030年までに全ての人々が給水と衛生サービスにアクセスできるようになること」が掲げられ、2015年までに安全な水へのアクセス率75%と適切な衛生サービスへのアクセス率60%を達成することとされている。給水衛生に関する方針としては、「都市および都市周辺地域を対象とした安全な水の開発と持続的な供給」が7つの主要な戦略のうちの1つに挙げられており、2014年までに10都市で水道施設の改修事業を行うことが目標とされている。

そのほかの水セクターの政策として、2010年に国家水政策（National Water Policy）が改訂され、この中で上下水道に関して、「費用対効果と環境に配慮しつつ安全な水と衛生サービスが十分に提供されるよう支援する」ものとされている。さらに国家都市給水衛生プログラム（NUWSSP: National Urban Water Supply and Sanitation Programme 2009-2030）では、「既存の都市給水施設の改修整備と都市における上水道普及率の向上」が、2009年から2015年にかけて取り組むべき課題として取り上げられており、本計画におけるンドラ市の上水道改善と合致している。

「ザ」国におけるドナー間の調整のための戦略としては、ザンビア共同援助戦略（JASZ: Joint Assistance Strategy for Zambia 2007-2010）があり、ドナー（CP: Cooperating Partner）の役割分担制（リードCP制）の導入が方針として示されている。JASZによれば水セクター（水資源、給水衛生分野）の「ザ」国側主管官庁はエネルギー・水開発省（MEWD）と地方自治住宅省（MLGH）であり、ドナー側では、デンマークとドイツがリードCP、AfDB・UN・WB・アイルランド・日本がアクティブCP、EUとオランダがバックグラウンドCPといった体制となっており、現在ンドラ市では日本による上水道分野の協力（本計画）とデンマークによる下水道分野の協力という区分でそれぞれの計画が進められている。

### 1-1-3 社会経済状況

「ザ」国は1924年に英国保護領となった後、1964年に独立した共和制国家でありアフリカの中では比較的平和な国という評価がある（2010年 世界平和度指数）。人口は1,294万人（2009年 世銀）であり、うちバントゥー系民族が99.5%を占め、73部族に区分されている。公用語は英語で、各地域では部族の言葉が用いられる。宗教はキリスト教が7割程度で、他にイスラム教・ヒンドゥー教・伝統的宗教が信仰されている。15歳以上の識字率は男性86.8%、女性74.8%（2003年推計）である。HIV/AIDSの成人有病率は13.5%（2009年推計）と高い数値を示しており、平均寿命は男性51.13歳、女性53.63歳（2011年推定値 CIA）となっている。

「ザ」国の国民一人当たりの GNI は 970 米ドル（2009 年 世銀）であり、サハラ以南の後発開発途上国（LDC）の1つである。「ザ」国の産業構造は、第1次産業 19.7%、第2次産業 33.7%、第3次産業 46.6%（2010年予想 CIA）である。主要産業は、農業（とうもろこし、タバコ、落花生、綿花）、鉱業（銅、コバルト、亜鉛、鉛、石炭）、工業（食品加工、繊維、建築資料、肥料）である。

1920年代に大規模な銅山が発見されて以来、英領からの独立以降も銅に依存するモノカルチャー経済の状況にあり、銅が輸出額の7割以上を占め、銅の生産量と国際価格の変動が「ザ」国の経済に大きな影響を与えている。銅価格は一時低迷したが、近年は中国・インドの経済発展により国際的な鉱物価格が上昇し、観光業・建設業の好調もあいまって、経済成長率は6.3%（2009年 世銀）と高まる一方、物価上昇率は9.9%（2009年 世銀）と一桁台になりつつあり、少しずつ成長を続けている。

「ザ」国ではこれまでに、構造調整に伴う公務員改革によりザンビア銅公社の民営化を2000年に実施したほか、石油公社、商業銀行、電力、電話等の基幹国営企業の民営化が進められてきているが、銅関連産業に替わる雇用は伸びておらず都市部の失業者対策が課題となっている。「ザ」国の人口の7割以上が一日1ドル以下で生活する貧困層であり、銅鉱業の急速な発展によりアフリカ諸国の中でも都市化率が高い一方、都市における社会インフラの不足及び居住環境の悪化、それに伴う感染症が問題となっている。ンドラ市ではHIV/AIDSの感染率が高いことから人口増加率は低下傾向にあり、2000年では1.1%となっている。

表 1-1-3 ンドラ市の人口増加の状況

地区	人口 1969-1980年	人口増加率 (年率)	人口 1990年	人口増加率 (年率)	人口 2000年	人口増加率 (年率)
ンドラ	159,786人	5.3%	334,777人	1.7%	374,757人	1.1%

出所：Summary Report for the 2000 Census of Population and Housing (November, 2003)

ンドラ市は、英国植民地時代の1904年に街の基礎が作られて以来、周辺で採れる銅などの鉱物資源の集散およびその精錬の町として栄えてきた。かつては関連する官営企業のほか幾つかの外国企業が進出していた。その後、政府の構造調整・民営化政策に加え世界的な不況等の影響によ

り、これら企業のほとんどは撤退し過去 15 年間に経済は大幅に縮小したが、近年は国際的な鉱物価格の上昇等により再び活況を取り戻しつつある。鉱物資源等を求めて進出する中国企業や、地域内で算出される良質の石灰岩を原料とするセメント工業、石油精製所のほか、整備された交通インフラにより多くの第三次産業も引き付けておりコッパーベルト州の工業、商業、行政、流通の中核都市となっている。

## 1-2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要

本計画は、コッパーベルト州の州都であるンドラ市における既存上水道システムの能力を回復させることを目的としており、ンドラ市の給水状況を改善し、安全な水へのアクセス率を向上させるものである。

ンドラ市はカフブ川を境に南北両地域に分けられ、本計画の主な対象地域である南部地域には、市の人口の約半数が居住しており低所得者層の居住地域が多く含まれている。南部地域にはカフブ浄水場からナカプタ配水池を経て配水が行われているが、カフブ浄水場は 1966 年の供用開始から 40 年以上にわたり運転されており、取水ポンプや送水ポンプを含む浄水施設の老朽化に伴い、現在の浄水量は計画の 3 分の 2 になっている。また、カフブ浄水場直近のナカプタ配水池から市中心部への送水管は老朽化が激しく、ナカプタ送水管の周辺には給水困難地区が見られる。

このような状況を改善するため、2009年12月に「ザ」国地方自治住宅省（MLGH）は我が国にカフブ浄水場の浄水施設の改修、送水管路の改修・拡張、下水処理に係る安定化池の設置等に係る無償資金協力を要請した。これを受けて我が国は、2010年4月～5月に本計画の協力準備調査（その1）を実施し、予備的調査として要請内容の確認と協力内容の検討を行った。さらに2010年8月からは本調査（協力準備調査（その2））を実施し、無償資金協力事業のための概略設計と概略事業費積算を行ってきた。

「ザ」国による要請から協力準備調査（その1）、（その2）を経て、協力対象範囲を選定した経緯は、表1-2-1のとおりである。当初要請内容およびそれぞれの項目に対する検討結果とその理由を表 1-2-2に示す。なお、ンドラ市においては、デンマーク国際開発援助庁（DANIDA）によるンドラ市を含めた周辺3地区への上下水道分野の協力が予定されており、上記2回の協力準備調査を通じて、「ザ」国政府およびDANIDAと調整した上で、一部要請内容を見直している。

表 1-2-1 協力対象範囲の選定経緯

記号	年 月	項 目
①	2009年12月	「ザ」国地方自治住宅省より要請
②	2010年5月	準備調査（その1）における変更
③	2010年8月	準備調査（その2）の議事録署名時の変更
④	2010年10月	準備調査（その2）の議事録署名後の現地調査結果による変更
⑤	2010年11月	準備調査（その2）現地調査後の国内解析による変更

表 1-2-2 当初要請内容と検討結果

項 目		数量	時期 *	変更内容および理由
カフブ 浄水場	取水ポンプ	7 台	⑤	計画流量および現場調査より既存4台に加えて予備の更新2台とした。
	薬品注入設備	1 式	④	凝集剤注入設備に加えて、塩素注入設備の改修を追加した。前塩素処理は現況では人力で行われている。
	沈殿池集水トラフ	180 本	④	現場調査により数量を136本に確定した。
	濾過砂の交換	600m <sup>3</sup>	⑤	現状では濾過砂厚が0.9mあり、砂の状況も良好なため計画対象外とした。
	濾過ノズルの更新	1 式	④	現場調査の結果ストレーナは健全であり、更新不要と判断した。
	急速濾過池の逆流洗浄設備	—	③	急速濾過池の正常な運転の継続のために改修が必要と判断した。
	送水ポンプの更新	7 台	⑤	計画流量より5台設置とした。
	小規模な修理	—	③	取水塔床排水設備を追加した。
ナカプタースカイウェイズ 送水管布設 φ900mm	8km	④	水理計算および現場調査により、φ450～800mm×5.9kmに変更。	
カロコ地区キオスク型公共水 栓建設	6 箇所	④	現地調査の結果、6 箇所の建設予定地を変更して確定した。	
アッパー・ムシリ地区分水工 事	1 箇所	④	水理計算および現場調査により、3 箇所に 変更した。	
チフブ地区配水本管設置 φ600mm	2km	④	水理計算および現場調査によりφ700mm ×2.1kmとした。	
ノースライズ地区配水本管設 置 φ375mm	1.7km	④	水理計算および現場調査によりφ500mm ×1.6kmとした。	
西部環状線送水管設置 φ700mm	12.8km	⑤	管路延長に比べて裨益人口が少なく、優先 順位が低く対象外とした。	
ダンボ下水ポンプ場送水ポン プの更新	4 台	⑤	DANIDA 支援による下水道整備の中で検 討されることとなった。	
カニニ水質分析所の水質分析 機器の設置	1 式	⑤	水銀・砒素・農薬の検出のため、原子吸光 光度計のアクセサリとガスクロマトグラ フを選定した。	
積算流量計の設置	1 式	④	現地調査の結果、7 箇所とした。	
下水処理池の建設	4 箇所	②	DANIDA 支援による下水道整備の中で検 討されることとなった。	
下水管の埋設	1km	②		

\* : 表中の「時期」の欄の○内の数値は、表 1-2-1 の「記号」の欄に示す計画内容変更時期を表す。

### 1-3 我が国の援助動向

「ザ」国の水セクターに関しては、地方給水を対象とした技術協力プロジェクトがこれまでに実施されてきた。無償資金協力事業としては、首都ルサカ市およびその近郊の未計画居住区において給水改善計画が実施されたほか、地方州において地下水開発計画が実施されてきた。またンドラ市においては、無償資金協力事業「平成 21 年度ンドラ市及びキトウェ市道路網整備計画」が現在実施されている。

表 1-3-1 我が国の技術協力・有償資金協力の実績（給水分野）

協力内容	実施年度	案件名／その他	概要
技術協力プロジェクト	2005 ～ 2007 年度	地方給水維持管理能力強化プロジェクト (SOMAP-I)	南部州、中央州における地方給水施設の維持管理モデルの普及、長期専門家 1 名、短期ローカルコンサルタント 3 名、人力ポンプ予備品供与
	2007 ～ 2010 年度	地方給水維持管理能力強化プロジェクト フェーズ 2 (SOMAP-II)	同上、長期専門家 1 名、短期専門家 1 名、ローカルコンサルタント 1 名、機材供与(予備品・車両等)

表 1-3-2 我が国の無償資金協力実績（給水分野ほか）

（単位：億円）

実施年度	案件名	供与限度額	概要
1985 年	地下水開発計画	6.26	南部州 5 郡における井戸掘削、掘削機調達
1986 ～ 1987 年	ルサカ市給水設備改善計画	17.53	ルサカ郊外に位置するカフェ浄水場および送水ポンプ場改修、維持管理車両調達
1988 年	南部州地下水開発計画	5.41	南部州における新規井戸建設、既存井戸改修、維持管理用車両および人力ポンプ調達
1991 ～ 1994 年	地方給水計画	27.77	ルサカ州、セントラル州、コッパーベルト州における深井戸給水施設建設および改修、掘削機材、維持管理用車両調達
1993,4 年 1997,8 年	ルサカ市周辺地区給水計画	26.12	ルサカ市ジョージ地区における井戸掘削、高架水槽、公共水栓建設
1996 ～ 1997 年	南部州地方給水計画	13.64	南部州 8 郡とリヴィングストン市における人力ポンプ付深井戸建設および維持管理機材調達
2000 ～ 2002 年	早魃地域給水計画	16.40	西部州、中央州、南部州における人力ポンプ付深井戸建設および維持管理機材調達
2004 ～ 2005 年	ルサカ市未計画居住区住環境改善計画	4.61	ルサカ市近郊における給水施設建設と住民による施設運営管理センター建設
2005 年	北部州地下水開発計画	2.86	北部州における人力ポンプ付深井戸建設、掘削機材の調達
2008 ～ 2010 年	ルアプラ州地下水開発計画	7.11	ルアプラ州における人力ポンプ付深井戸建設、維持管理工具の調達、水管理組合の組織化
2010 ～ 2011 年	ルアプラ州地下水開発計画フェーズ 2 準備調査	未定	ルアプラ州における人力ポンプ付深井戸建設にかかる概略設計調査
2009 ～ 2011 年	ンドラ市及びキトウェ市道路網整備計画	26.92	市内の主要道路の改修工事

#### 1-4 他ドナーの援助動向

「1-1-2 開発計画」に前述のように、「ザ」国における給水衛生分野のドナーは JASZ により区分されている。また複数のドナーによるバスケットファンドとして、DTF (Devolution Trust Fund) プロジェクトが進められており、これはドイツ (KfW・GIZ)、デンマーク (DANIDA)・EU・「ザ」国政府 (GRZ) により構成されている。DTF プロジェクトでは、全国の都市周辺部・低所得者層居住地区への給水サービスの拡張・改善プロジェクトのための資金供給を行っており、SNDP で示される、「安全な水へのアクセス率の向上」に寄与している。

また、ンドラ市においては中国が上水道分野において、デンマークが下水道分野においてそれぞれ協力事業を実施している。デンマークは KWSC の管轄するンドラ市、ルアンシャ市、マサイチ郡の 3 地区を対象とする包括的な上下水道施設の整備・改修事業のフィージビリティスタディを実施中である。これらは SNDP で示される、「既存の都市給水施設の改修整備と都市における上水道普及率の向上」の課題解決に役割を果たすものである。本計画とこのデンマークのプロジェクトの間では、ンドラ市の上下水道の基幹施設に対して日本が上水道分野を、デンマークが下水道分野を協力事業の対象として区分し、それぞれ調査を進めている。

表 1-4-1 他ドナー国・国際機関の援助実績（給水分野）（単位：千 US\$）

実施年度	機関名	案件名	金額	援助形態	概要
2003 年 ~ 継続中	DTF (独・デンマーク・EU・ザンビア政府による信託基金)	都市貧困層の水と衛生	(年間 3,000)	バスケットファンド	全国の都市周辺部・低所得者層居住地区への給水拡張・改善
2004 ~2009 年	ドイツ (GTZ*)	水道メータ設置プロジェクト	250	無償	全国の水道事業者へ水道メータ供与
2007 ~2008 年	中国	ンデケ地区給水改善計画	3,000	有償	ンドラ市内の老朽配水管の更新、水道メータ設置
2007 ~2008 年	中国	イタワ浄水場改修計画			ンドラ市イタワ浄水場の改修工事
2008 ~2009 年	デンマーク (DANIDA)	カニニ・ルプト下水処理場の改修	300	有償	ンドラ市の下水処理場改修、機械・電気設備工事
2008 ~2010 年	世界銀行	水セクターパフォーマンス向上プログラム	23,000	有償	全国における水道メータ設置、不法接続の削減、無収水率改善
2010 ~2011 年	デンマーク (DANIDA)	カフブ上下水道公社に対するフィージビリティスタディ	未定	有償+無償が想定されている	ンドラ・ルアンシャ・マサイチの上下水道施設整備に係る調査

GTZ：旧ドイツ技術協力公社、2011年1月1日にボランティア派遣機関および研修実施機関と統合し、現在はドイツ国際協力公社 (GIZ) に再編。

表 1-4-2 KWSC に対する最近の DTF プロジェクト

終了時期	機関名	案件名	金額	援助形態	概要
～2008 年	DTF	タワピア地区 給水改善キオスクプロジェクト	1,054,229,876 ZMK	バスケット ファンド	キオスク型公共水栓 建設 20 箇所、メータ 300 個設置、配水管 2.5km
～2009 年 6 月	DTF	マッケンジー地区 給水改善キオスクプロジェクト	62,500 US\$	バスケット ファンド	キオスク型公共水栓 建設と配水管布設
～2009 年 6 月	DTF	カントロンバ地区 給水改善キオスクプロジェクト	108,500 US\$	バスケット ファンド	キオスク型公共水栓 建設と配水管布設
～2009 年 12 月	DTF	マサラ地区・ルプト地区 下水管改修プロジェクト	125,000 US\$	バスケット ファンド	老朽化または口径が 不足する下水管の更 新による下水管閉塞 対策
～2009 年 12 月	DTF	ミコンファ地区 水道メータ設置プロジェクト	205,750 US\$	バスケット ファンド	各戸給水用メータお よび給水区域の水量 計設置
～2009 年 12 月	DTF	ルプト地区 水道メータ設置プロジェクト	325,000 US\$	バスケット ファンド	ルプト地区に 4,050 個のメータ設置
～2010 年 7 月	DTF	カリバ地区衛生設備パイロット プロジェクト	3,000,000 US\$	バスケット ファンド	手洗場およびバイオ ガス施設の建設
～2010 年 10 月	DTF	マサイチ町ボマ地区 給水改善プロジェクト	250,000 US\$	バスケット ファンド	浄水場の取水・送水 ポンプの更新、キオ スク型公共水栓建設
～2010 年 12 月	DTF	チフブ地区・パモジ地区 水道メータ設置プロジェクト	700,000 US\$	バスケット ファンド	各戸給水用メータお よび給水区域の水量 計設置

出所：KWSC 資料、Urban and Peri-Urban Water Supply and Sanitation Sector Report 2008/2009

DTF が支援する都市周辺部のキオスク型公共水栓建設プロジェクトでは、キオスク型公共水栓の建設から住民の組織化、衛生啓発までの一連の手法をパッケージとして取りまとめた“Tool Kit”がプロジェクトの指針として利用されており、施設の構造や運営方法が「ザ」国内の同プロジェクトの間で標準化されている。

## 第 2 章 プロジェクトを取り巻く状況

## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

### 2-1 プロジェクトの実施体制

#### 2-1-1 組織・人員

本プロジェクトにおける「ザ」国側の主管官庁は地方自治住宅省（MLGH: Ministry of Local Government and Housing）であり、上下水道・廃棄物・道路などに係るインフラ整備は住宅・社会基盤開発局（Department of Housing and Infrastructure Development）の管轄となっている。図 2-1-1 に地方自治住宅省の各部局を示す。



図 2-1-1 「ザ」国地方自治住宅省の組織図

「ザ」国の地方都市において上下水道サービスを行う事業体は公社化されており各公社（CU）は独立採算性となっている。本プロジェクトの実施機関はKWSCであり、ンドラ市・ルアンシャ市・マサイチ郡の3つの自治体の上下水道部門を前身として2000年に公社として設立された（「1-1-1 現状と課題」に前述）。KWSCの本部はンドラ市に置かれている。図2-1-2にKWSCの各部局を示す。現在のところ大きな組織改編は予定されていない。本計画の実施および実施後の施設の運営・維持管理を担当する部署はKWSCのエンジニアリング部門である。同部門内の詳細については、「3-4-1 維持管理体制・人員配置」に後述する。

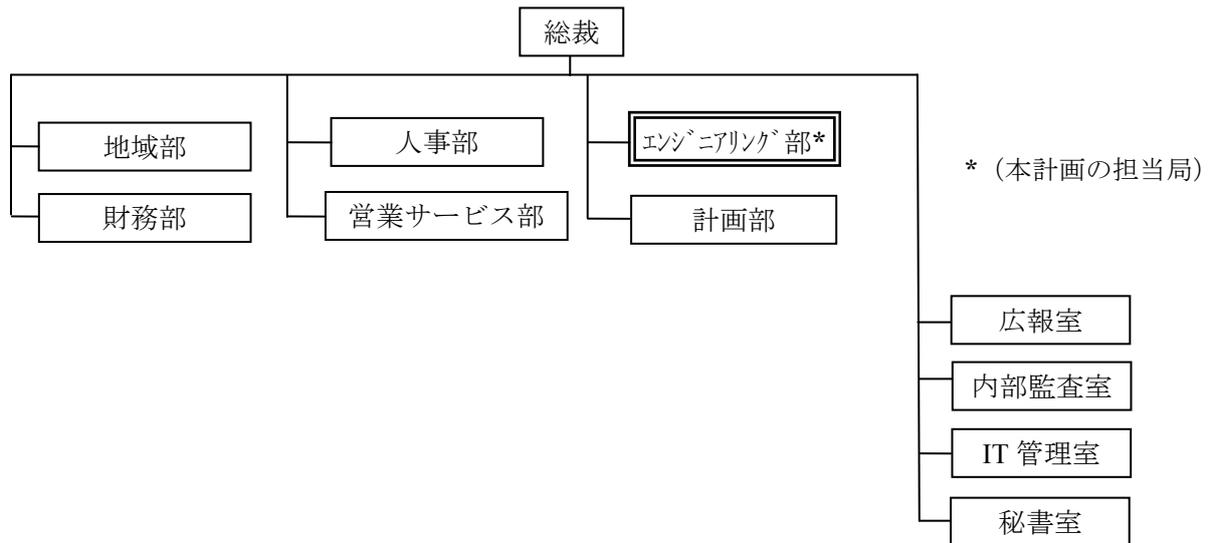


図 2-1-2 カフブ上下水道公社の組織図

KWSCの全職員数は345人であり（2010年）、ンドラ市を担当する職員は227人、そのうち計画・エンジニアリング部門の職員が117人となっており、この中には本計画実施後の施設の維持管理を行う、浄水場の運転員、機械・電気設備の保守操作技術者、送配水管の保守点検や漏水修理を行う配管工等が含まれている。

表 2-1-1 カフブ上下水道公社のンドラ市担当職員数

部局	総務部門	人事部門	財務部門	営業サービス部門	計画・エンジニアリング部門	合計
内容	総裁・秘書 ・広報・監査	人事・管理 ・運転手含む	経理・財務 ITシステム	支払窓口・ 検針員・ メータ設置工	配管保守 処理場運転 漏水担当	
人数	5人	28人	12人	65人	117人	227人

## 2-1-2 財政・予算

カフブ上下水道公社の2007年から3年間の予算と支出および2011年度の予算を表2-1-2に示す。各年度の予算執行期間は4月から翌年3月までである。2007/2008年については、社会保障制度(NAPSA: National Pension Scheme Authority)に対する不定期な支払いがあったもののこれを除くと現在までに収入が支出を上回っており、継続して収益が計上されている。その主な要因は、DTFプロジェクトによる水道メータ設置(「1-4 他ドナーの援助動向」に前述)の実施に伴い水道料金収入が年々増えているためであり、予算額は今後も増加傾向にある。

KWSCの予算には中央政府やンドラ市などの行政からの補助金は含まれておらず、水道料金収入によって必要な人件費ほか、電力代・薬品代を含む施設運転費用や維持管理に係る費用が賅われている。KWSCの予算規模は、「ザ」国の国家予算16,718.5十億ZMK(2010年度)の0.4%にあたるが、上記のとおり独立採算となっていることから、国家予算の配分には影響を受けない。

本計画の実施後は、ポンプの運転時間による電気代の増加、薬品注入による薬品代の増加、水質分析器導入による消耗品費の増加が想定されるが、本計画の実施後は浄水量・配水量が増え、加えてDTFプロジェクトによる水道メータ設置の継続によって収入の増加が見込まれることから、今後も健全な財務状況が継続する見通しである(「3-5-2 運営・維持管理費」に後述)。

表 2-1-2 カフブ上下水道公社の予算執行状況

単位(百万ZMK)

	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2010/2011
年度予算	27,396	44,294	58,635	71,379
予算の伸び率(前年度比%)	—	162%	132%	122%
収入実績	28,185	46,639	46,005	—
支出実績	22,300	37,843	43,584	—
支出内訳				(予算内訳)
人件費	8,357	21,207	20,533	23,286
事務所・車両費用	1,256	2,289	2,212	3,829
浄水場・管路維持管理費	701	733	935	12,800
電力代	3,427	7,079	9,641	11,141
薬品代	1,001	1,670	1,727	3,107
事業許可他	7,558*	4,865	8,536	13,918

出所: KWSC 財務部

(\*: NAPSA への支払 29,274,百万 ZMK を除く)

### 2-1-3 技術水準

KWSC は、2000 年の公社化以前はンドラ市を含む 3 つの自治体の上下水道部門が前身であったことから、カフブ浄水場およびンドラ市内の管路施設の維持管理に関して 20 年以上にわたる経験を有する技術者が在籍している。また技術部門の各課を統率する課長級の上級技術者は工科系の高等教育を受け十分な技術力を持っている。浄水場の運転や管路施設の保守点検・維持管理といった作業についても、管理者・作業員とも現行の作業に対して一定の技術水準に達している。

本計画の実施後は、良質な水道水質の提供（水道水質の向上）、漏水率の低減（水道水量の向上）といった水道供給サービスの質が向上することにより、従来よりも高いレベルの維持管理技術が必要となるため、本計画にて改修・導入される施設または機材に対するソフトコンポーネントの実施により技術水準の向上を図る（「3-2-4-8 ソフトコンポーネント計画」に後述）。

浄水場の運転管理については、ンドラ市においてカフブ浄水場およびイタワ浄水場が過去 40 年以上稼動しており、凝集沈殿と砂濾過による浄水処理工程、濾過池の逆流洗浄、消毒用塩素ガスの取り扱い、ポンプ機器の保守・修理、受変電・操作設備の点検・補修など、現況の施設に関する必要な知識と技術を有している。これに加えて本計画でカフブ浄水場に導入する前塩素処理、凝集剤の計量注入と浄水水質管理に関してソフトコンポーネントによる技術支援を計画する。

水質分析については、カニニ下水処理場の水質分析所において濁度ほか一般水質項目の測定および原子吸光光度計を用いた重金属類の検出が定期的に行われており、担当官は水質分析に関する知識と技術を有している。本計画では、有機系農薬や水銀、砒素の検出を行う機器を導入することから、これらの機器の操作技術を含めて、各項目の水質モニタリングを行う体制の構築に関するソフトコンポーネントを計画する。

管路の維持管理については、ンドラ市の南北に管路保守事務所が配置されており、漏水補修などの作業が行われている。また、KWSC 本部では携帯式の超音波流量計を用いた定期的な流量調査を行っており、この結果に基づく漏水量の試算や配水量分析を行っている。本計画では、改修対象の管路の起点・終点・分岐点に積算流量計を設置し、各箇所を通過する流量を計測する設備を導入する計画であり、ソフトコンポーネントを通じて、計画対象地域における管路流量モニタリングの計画と実施手法について技術支援を行う。

キオスク型公共水栓は郊外地区に設けられており、各水栓の周辺の住民組織が主体となって水の小売、施設の清掃等の運営・維持管理を行っている。KWSC では各水栓の管理者（住民組織）から料金を徴収するほか、郊外地区課の職員が各施設の管理状況をモニタリングしている。本計画ではカロコ地区に新たに 6 箇所の水栓を設置することから、ソフトコンポーネントにより水栓建設に先立つ住民組織立ち上げの支援や衛生状況の改善に係る啓発活動を行うとともに、施設の供用開始後に KWSC が行う水栓運営状況のモニタリング手法の向上を図る。



## 2-1-4-2 水道水源に関する水量の確認

カフブ浄水場の取水源であるカフブダムは集水域は 550km<sup>2</sup> であり、貯水容量は約 3,000,000m<sup>3</sup> で乾期にも取水不能になることはなく水量は安定している。カフブダムからの取水に関して KWSC は、エネルギー・水開発省 (MEWD) の水部局 (Department of Water Affairs) から認可された水利権を所有している。

## 2-1-4-3 浄水場およびポンプ場の設備・機材

### (1) 概要

カフブ浄水場の改修検討範囲の既存施設について、水道施設更新指針 (日本水道協会) の「機械、電気の更新評価」を参考として調査した。カフブ浄水場は 2 系列に分かれており、Stage-1 が 1966 年に、Stage-2 が 1975 年に完成し、その後 1998 年にポンプ施設の一部改修が行われている。カフブ浄水場の既存の処理方式は下記のとおりである。

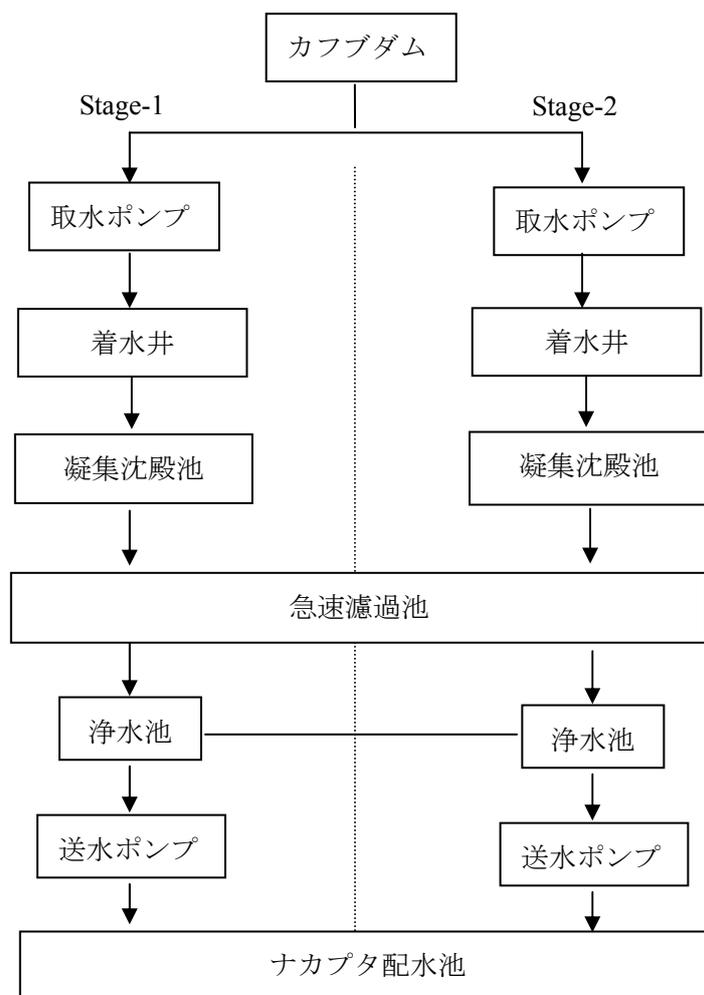


図 2-1-4 カフブ浄水場フローシート

(2) 取水ポンプ施設

1) 既存設備の仕様

① 取水ポンプ

名称	設置年	製造会社	型式	揚水量	揚程	回転数
No.1	1966	WORTHINGTON	12-LNHV-17	3,000Gallon/min	375ft	975rpm
No.2	1998	KSB	Omega V300-300B	792m <sup>3</sup> /h	20m	1,450rpm
No.3	1998	KSB	Omega V300-300B	792m <sup>3</sup> /h	20m	1,450rpm
No.4	1998	KSB	Omega V300-300B	792m <sup>3</sup> /h	20m	1,450rpm
No.5	1998	KSB	Omega V300-300B	792m <sup>3</sup> /h	20m	1,450rpm
No.6	1975	Mather & Platt	1012ALVE	3,000Gallon/min	70ft	1,472rpm
No.7	1975	Mather & Platt	1012ALVE	3,000Gallon/min	70ft	1,472rpm

② 電動機

名称	設置年	製造会社	電圧(V)	電流(A)	出力(kW)	周波数	極数
No.1	1966	Lank Dynamon	390	115	80HP	50Hz	3
No.2	1998	Siemens - WAG	380	140	75kW	50Hz	3
No.3	1998	Siemens - WAG	380	140	75kW	50Hz	3
No.4	1998	Siemens - WAG	380	140	75kW	50Hz	3
No.5	1998	Siemens - WAG	380	140	75kW	50Hz	3
No.6	1975	Hawker Siddeley	390	144	100kW	50Hz	3
No.7	1975	Hawker Siddeley	390	144	100kW	50Hz	3

③ 配管設備

Stage-1 : ポンプの吸込側の接続配管 鋼管 φ 350mm  
 ポンプの吐出側の接続配管 鋼管 φ 350mm  
 ポンプの吐出側の集合配管 鋼管 φ 450mm  
 Stage-2: ポンプの吸込側の接続配管 鋼管 φ 400mm  
 ポンプの吐出側の接続配管 鋼管 φ 350mm  
 ポンプの吐出側の集合配管 鋼管 φ 525mm

④ 床排水ポンプ

Stage-1 : 型式 : 自給式、2,000ℓ/h×0.37kW1,400rpm、手動起動、 接続配管系 : φ 50mm  
 Stage-2 : 型式 : 自給式、2,000ℓ/h×0.37kW1,400rpm、手動起動、 接続配管系 : φ 50mm

⑤ 搬入用ホイスト

Stage-1 : 型式 : チェーンブロック、走行チェーン付、吊上げ荷重 : 2 t  
 Stage-2 : 型式 : チェーンブロック、走行チェーン付、吊上げ荷重 : 3 t

⑥ 電気設備

● 変圧器

名称	製造年	製造会社	容量	電圧	用途
TR-13	1952	GEC	200kVA	11kV/400V	取水ポンプ No.1, No.2
TR-14	1965	GEC	200kVA	11kV/400V	取水ポンプ No.3, No.4
TR-19	1972	BRUSH	200kVA	11kV/400V	取水ポンプ No.5, No.6
TR-20	1978	KIRLOSKAR	200kVA	11kV/400V	取水ポンプ No.7,

● 開閉器・制御盤

名称	設置年	面数	寸法	用途
取水ポンプ制御盤 Stage-1	1998	3面	W1,800、D600、 H1,500	3φ3w 50Hz 380V 75kW×3
取水ポンプ制御盤 Stage-2	1998	3面	W2,100、D600、 H2,100	3φ3w 50Hz 380V 75kW×4
低圧油入開閉器	1964	5台	W600、D600、 H1,500	取水ポンプ制御盤 Stage-1

2) 既存設備の状況

名称	調査結果
Stage-1 取水ポンプ No.1	振動...ポンプ本体が取り外されており測定不能。 絶縁抵抗...∞Ω ポンプ本体の目視...ポンプ本体が無い。 電動機の目視...電動機の外見に多少の汚れがある。
Stage-1 取水ポンプ No.2	振動...前=40μm、左=30μm、右=30μm、平均値=33.3μm 絶縁抵抗...∞Ω ポンプ本体の目視...封水部の水漏れが本体を汚している。破損は無い。 電動機の目視...電動機の外見に多少の汚れがある。
Stage-1 取水ポンプ No.3	振動...前=60μm、左=30μm、右=40μm、平均値=43.3μm 絶縁抵抗...∞Ω ポンプ本体の目視...封水部の水漏れが本体を汚している。破損は無い。 電動機の目視...電動機の外見に多少の汚れがある。
Stage-2 取水ポンプ No.4	振動...前=20μm、左=20μm、右=30μm、平均値=23.3μm 絶縁抵抗...∞Ω ポンプ本体の目視...封水部の水漏れが本体を汚している。破損は無い。 電動機の目視...多少の汚れ有り。
Stage-2 取水ポンプ No.5	振動...前=70μm、左=50μm、右=40μm、平均値=53.3μm 絶縁抵抗...∞Ω ポンプ本体の目視...封水部の水漏れが本体を汚している。破損は無い。 電動機の目視...電動機の外見に多少の汚れがある。
Stage-2 取水ポンプ No.6	振動...電動機が故障しており、測定不能。 絶縁抵抗...∞Ω ポンプ本体の目視...ポンプの軸封部と軸が腐食している。 電動機の目視...電動機の駆動軸が腐食している。
Stage-2 取水ポンプ No.7	振動...電動機が故障しており、測定不能。 絶縁抵抗...∞Ω ポンプ本体の目視...ポンプの軸封部と軸が腐食している。 電動機の目視...電動機の駆動軸が腐食している。
配管設備	Stage-1：ポンプ周りの配管（鋼管）及び弁類... φ350～450mm 弁類、配管共に破損、腐食は無い。 Stage-2：ポンプ周りの配管（鋼管）及び弁類... φ350～525mm 弁類、配管共に破損、腐食は無い。

① 取水ポンプ本体の振動調査結果

No.1 取水ポンプ本体は撤去されている。No.6、No.7 取水ポンプの電動機は故障している。振動調査は No.2、No.3、No.4、No.5 取水ポンプのポンプ本体上部軸受について3箇所を測定した。振動値の調査結果は3箇所の平均値とした。調査結果は、23.3～53.3μmであった。水道施設更新指針によれば、ポンプ回転数が1,475rpmの場合、振動値の使用限界値は70μmであり、No.2、No.3、No.4、No.5 取水ポンプのポンプ本体は使用限界値に達していない。

② 取水ポンプ電動機の絶縁抵抗値測定結果

絶縁抵抗値調査は、No.1～No.7 取水ポンプについて実施した。絶縁抵抗値は、ポンプの動力ケーブルを動力盤より分離し測定した。測定結果は全て∞Ωであった。また振動、騒音、発錆は無い。水道施設更新指針によれば、低圧機器の場合、致命的な損傷を与える絶縁抵抗値は1.0MΩであり、電動機は使用可能と判断できる。

### ③ 取水ポンプ及び電動機の外観目視調査結果

No.2、No.3、No.4、No.5 取水ポンプは破損、腐食、油漏れも無い。

No.1 ポンプ本体は撤去してある。

No.1、No.6、No.7 ポンプの電動機は軸受の故障により運転不能である。軸の腐食が激しい。

### ④ 床排水ポンプ

Stage-1、2：ポンプ及び電動機は激しく腐食している。起動に呼水が必要である。

### ⑤ 搬入用ホイスト

Stage-1：既設のチェーンブロックは使用可能。

Stage-2：既設のチェーンブロックの走行用チェーンが欠落して使用不能。

鋼製支持梁（アイビーム）は使用可能。

### ⑥ 電気設備

#### ● 変圧器

TR-13 と TR-20 の変圧器は落雷により内部コイルが焼損している。TR-14 と TR-19 の変圧器は絶縁油が劣化している。変圧器の上部より油が漏れている。1次と2次側のムフラ（引込端子モールド）が絶縁劣化している。変圧器のフレーム全体が錆びている。固定ボルトの錆が激しい。中性点接地端子に青錆が発生している。また接触不良が見られる。

#### ● 取水ポンプ制御盤

制御盤の電気配線図、仕様書が保管されておらず、外観の目視調査を実施した。盤内外の電気部品には破損、欠損箇所がない。盤内配線に運転上支障となる改線箇所がない。端子締不足によるケーブルの損傷箇所がある。

#### ● 低圧油入開閉器

塵埃が見られる。

#### ● 接地抵抗測定

接地抵抗を測定した。測定結果は  $3.2\Omega$  であった。

### (3) 薬品注入設備

#### 1) 既存設備の仕様

高濁度の原水が濾過池に流入すると濾過砂層が閉塞するため、原水に凝集剤を添加して微細な濁質を大きなフロックに成長させて沈殿池で沈降させて除去する。また藻類が濾過池に流入すると濾過障害が発生するため、沈殿池の前段に塩素を添加して（前塩素処理）藻類を死滅させて沈殿池で沈降させる。さらに濾過した浄水に塩素を添加して消毒を行う（後塩素処理）。

#### ① 凝集剤（固形硫酸バンド）添加設備

##### ● 既設凝集剤溶解槽

構造：鉄筋コンクリート製

形状：1.9m 幅×1.9m 長×1.9m 深×3 槽

内部籠の形状：1.9m 幅×0.47m 長×790mm 深

既設固形硫酸バンド溶解槽には、固形硫酸バンドを充填する籠が設置してある。籠下部には、固形硫酸バンドの落下を防止するストレーナがある。

- **ストレーナの仕様**

材質：硬質木材

ストレーナ形状：1.9m 幅×0.47m 長×30mm 厚（穴径φ15mm、ピッチ35mm）

- **溶解槽攪拌機：1.1kW**

- **注入ポンプは、容積式**

また必要注入量と注入システムの詳細は、設計図書がなく不明である。

## ② 凝集剤用電気設備

- **注入ポンプ・攪拌機制御盤：壁掛け型**

名称	設置年	面数	寸法	用途
注入ポンプ・攪拌機制御盤	1998	6	W1,500、D200、H1,000	380V 1.1kW×6

- **配電盤：壁掛形配電盤、開閉スイッチ4回路がある。**

## ③ 前塩素注入機

既設の機械設備は無い。ドラム缶の中でさらし粉を溶解した後、着水井後段に人力で注入している。

## ④ 後塩素注入機

Stage-1 : 1セット、1966年設置

Stage-2 : 1セット、1975年設置

製造会社 : Wallace & Tiernm 型式 : S-10K

## ⑤ 塩素貯留設備

1t ボンベ計量器 : 数量 2台

1t ボンベ搬入クレーン : 数量 1台、型式 天井走行クレーン、吊上荷重 2t

1t ボンベ架台 : 数量 20本、材質 鉄筋コンクリート（ゴムシート付）

## 2) 既存設備の状況

### ① 凝集剤添加設備

凝集剤添加設備は使用されていない。注入ポンプと配管類は撤去してある。

既設の鉄筋コンクリート製凝集剤溶解槽には破損がない。耐食塗装が劣化している。

溶解槽内部のストレーナは一部が散逸している。

溶解槽攪拌機は錆、腐食、汚れが顕著で、殆どが取り外されている。

Stage-2 注入点には高架式 FRP 製の槽があるが、劣化が激しく使用不能。

### ② 凝集剤注入機室床排水ポンプ

既設床排水ポンプと配管類は撤去されている。

### ③ 凝集剤用電気設備

- 注入ポンプ・攪拌機用制御盤

盤内外の電気部品は破損、欠損の箇所がない。

- 配電盤

盤内の開閉スイッチ内部が破損している。配線が混線している。

### ④ 塩素注入機

注入装置の注入量指示計に動作不良あり。注入点の配管は劣化していない。

### ⑤ 前塩素注入機

ドラム缶で溶解したさらし粉を自然落下で注入しているため添加量が安定せず、注入初期は原水中の塩素濃度が高くなると推定される。注入点近傍では塩素によりコンクリート構造物が腐食している。

### ⑥ 塩素ガス貯留設備

既設の 1t ボンベ質量計は故障している。ボンベ内の残量は塩素注入機の注入量で判断している。1t ボンベのコンクリート架台は破損が激しく更新が必要である。塩素ガス配管は、仮設配管であり、塩素ガス漏洩事故防止のため安全な配管に更新する必要がある。ボンベ搬入用の天井クレーンは作動する。

## (4) 沈殿池の集水トラフ

### 1) 既存設備の仕様

集水トラフは沈殿池の水面に設置されており、沈殿地の上澄水を集水して濾過池へ導く。トラフが破損したり変形すると沈殿池内の塵芥や藻類が濾過池に流入し、沈殿池の能力が低下する。

Stage-1 : ① スラッジブランケット式沈殿池  $\phi 24.7\text{m} \times 1$  池 1964 年設置

トラフ材質は鉄筋コンクリート    トラフ本数=44 本

② スラッジブランケット式沈殿池  $8.1\text{m} \times 8.0\text{m} \times 10$  池 1964 年設置

トラフ形状 :  $370\text{mm}$  幅  $\times 190\text{mm}$  深  $\times 8,400\text{mm}$  長 (穴、 $\phi 15\text{mm} \times 300\text{mm}$ )

材質 : FRP、トラフ本数=4 本/池  $\times 10$  池=40 本

Stage-2 : ① スラッジブランケット式沈殿池  $8.1\text{m} \times 8.0\text{m} \times 24$  池、1966 年設置

トラフ形状 :  $370\text{mm}$  幅  $\times 190\text{mm}$  深  $\times 8,400\text{mm}$  長 (穴、 $\phi 15\text{mm} \times 300\text{mm}$ )

材質 : FRP、トラフ本数=4 本/池  $\times 24$  池=96 本

### 2) 既存設備の状況

Stage-1 : ①  $\phi 24.7\text{m}$  の円形沈殿池に設置してある 44 本のトラフの材質は鉄筋コンクリート製であり、円周には石綿セメント製のトラフがあり、劣化は少ない。

②  $8.0\text{m} \times 8.1\text{m}$  の矩形沈殿池には 40 本の FRP 製トラフが設置してあり、設置後 46 年が経過し、劣化して破損、変形している。トラフを支持する鋼製梁 (アイビーム  $120\text{mm}$  幅  $\times 250$  高) には腐食は見られない。

Stage-2 : ① 8.0m×8.1m の矩形凝集沈殿池には 96 本の FRP 製トラフが設置してあり、設置後 44 年が経過し、劣化して、破損、変形している。アイビームの腐食は見られない。

## (5) 急速濾過池の濾過砂

### 1) 既存設備の仕様

型式：下向流式急速濾過池（アカブルーフィルター）

濾過面積：幅＝4.877m、長さ＝9.754m、池数：Stage-1＝8 池、Stage-2＝9 池、計＝17 池

濾過砂の交換年：1998 年

### 2) 既存設備の状況

No.2 濾過池の砂を池底まで掘り起こして濾過砂の状況を目視で確認した。濾過砂はマッドボールを形成しておらず、粒径も比較的均一で良好であった。濾過池の池底から表面までの高さは、950mm～930mm であり、前回の交換時に 1.0m の層厚であったものが 12 年間に摩耗したり、流出したと考えられる。

## (6) 急速濾過池の集水ノズル

### 1) 既存設備の仕様

集水ノズルは濾過した水を集水するためのストレーナであり、濾過池底部の集水板の全面に均一に設置する。逆流洗浄の洗浄水と空気もノズルを通過する。ノズルが破損すると濾過砂が漏出したり、濾過水を均一に集水することができなくなり、急速濾過池の性能が低下する。

集水板：寸法…580mm 幅、1,520mm 長、材質…石綿セメント板

ノズル：材質…ABS 樹脂、取付ピッチ…140mm×140mm、目開き…0.2mm

### 2) 既存設備の状況

No.2 濾過池の砂を掘り起こし、ノズルを集水板より取り外して目視で確認した。ノズルヘッドのストレーナに破損、劣化、汚れは無く、継続使用は可能である。

## (7) 急速濾過池の逆流洗浄設備

### 1) 既存設備の仕様

濾過池を使用するうちに濾過砂が目詰まりするため逆流洗浄設備で洗浄する。洗浄設備が故障すると濾過砂が固化して濾過池が閉塞し、浄水場の処理能力が低下する。

### ① Stage-1： 逆洗ポンプ

名称	設置年	製造会社	型番	揚水量	揚程	回転数
No.1	1966	KSB	ETA 150/26	320m <sup>3</sup> /h	12.5m	1,440rpm
No.2	1966	KSB	ETA 150/26	320m <sup>3</sup> /h	12.5m	1,440rpm
No.3	1966	KSB	ETA 150/26	320m <sup>3</sup> /h	12.5m	1,440rpm

② Stage-1 : 逆洗ポンプ電動機

名称	設置年	製造会社	型式	電圧(V)	電流(A)	出力(kW)	周波数	極数
No.1	1966	CEM-	MJPT200	390	31.8	15.5kW	50Hz	3
No.2	1998	Siemens	判読不能	380	43.5	22kW	50Hz	3
No.3	1998	Siemens	判読不能	380	43.5	22kW	50Hz	3

③ Stage-1 : 空洗ブロワ

名称	設置年	製造会社	型番	風量	圧力	回転数
No.1	1966	Hibon Pumps	Mw-32	—	3,000mmCE	1,450rpm
No.2	1966	Hibon Pumps	Mw-32	—	3,700mmCE	1,450rpm

④ Stage-1 : 空洗ブロワ電動機

名称	設置年	製造会社	電圧(V)	電流(A)	出力(kW)	周波数	極数
No.1	1966	CEM	390	65.6	33	50Hz	3
No.2	1966	CEM	390	65.6	33	50Hz	3

⑤ Stage-2 : 逆洗ポンプ

名称	設置年	製造会社	型番	揚水量	揚程	回転数
No.1	1975	KSB	ETA 150/26	320m <sup>3</sup> /h	16.0m	1,450rpm
No.2	1975	KSB	ETA 150/26	320m <sup>3</sup> /h	16.0m	1,460rpm
No.3	1975	KSB	ETA 150/26	320m <sup>3</sup> /h	16.0m	1,460rpm

⑥ Stage-2 : 逆洗ポンプ電動機

名称	設置年	製造会社	電圧(V)	電流(A)	出力(kW)	周波数	極数
No.1	1998	Siemens - WAG	380	43.5	22kW	50Hz	3
No.2	1998	Siemens - WAG	380	43.5	22kW	50Hz	3
No.3	1998	Siemens - WAG	380	43.5	22kW	50Hz	3

⑦ Stage-2 : 空洗ブロワ

名称	設置年	製造会社	型番	風量	圧力	回転数
No.1	1998	Hibon Pumps	XN-809	1,260m <sup>3</sup> /h	1.336bar abs	2,885rpm
No.2	1966	Hibon Pumps	XN-809	—	1.336bar abs	2,885rpm

⑧ Stage-2 : 空洗ブロワ電動機

名称	設置年	製造会社	電圧(V)	電流(A)	出力(kW)	周波数	極数
No.1	1998	Siemens	390	64	37kW	50Hz	3
No.2	1998	Siemens	390	64	37kW	50Hz	3

⑨ 電気設備

• Stage-1 : 変圧器

名称	製造年	製造会社	容量	電圧	用途
TR-23	1969	BRUSH	200kVA	11kV/400V	逆洗ポンプ
TR-24	1999	ABB	200kVA	11kV/400V	空洗ブロワ

• Stage-2 : 変圧器

名称	製造年	製造会社	容量	電圧	用途
TR-17	1972	BRUSH	200kVA	11kV/400V	逆洗ポンプ
TR-18	1972	BRUSH	200kVA	11kV/400V	空洗ブロワ

● Stage-1： 制御盤（逆洗ポンプ、空洗ブロワ）

盤名称	逆洗ポンプ、空洗ブロワ制御盤		
設置年	1998年		
使用電圧	3φ3w 50Hz 380V		
盤寸法	W1,800、D600、H2,100 自立形		
運転方式	手動 ON-OFF 制御 トリップ回路方式		
盤面数	3		
空洗ブロワ	回路数 200A×2	—	—
コンプレッサー	—	回路数 100A×2	—
逆洗モータ	—	—	回路数 100A×3

● Stage-2： 制御盤（逆洗ポンプ）

盤名称	逆洗ポンプ制御盤		
設置年	1998年		
使用電圧	3φ3w 50Hz 380V		
盤寸法	W2,000、D600、H1,500 自立形		
運転方式	手動 ON-OFF 制御 トリップ回路方式		
盤面数	4		
空洗ブロワ	主幹回路 200A×1	回路数 100A×3	21kW×3

● Stage-2： 制御盤（空洗ブロワ）

盤名称	空洗ポンプ制御盤 3φ3w 50Hz 400V		
設置年	1998年		
使用電圧	3φ3w 50Hz 380V		
盤寸法	W1,500、D600、H1,500 自立形		
運転方式	手動 ON-OFF 制御 トリップ回路方式		
盤面数	3		
空洗ブロワ	主幹回路 200A×1	回路数 100A×2	36kW×2

⑩ 濾過池配管及び制御弁

- 逆洗弁： 口径：φ350mm×17個  
型式：フランジレスバタフライ弁、手動ハンドル、操作棒長さ=3,500mm
- 空洗弁： 口径：φ150mm×17個  
型式：フランジレスバタフライ弁、手動ハンドル、操作棒長さ=3,000mm
- 処理水弁：口径：φ275mm×17個  
型式：フランジレスバタフライ弁、手動ハンドル、操作棒長さ=3,500mm
- フラップ弁： 口径：600mm 幅×260mm 高×34個、 材質：ステンレス
- 配管： 口径：φ150mm～350mm、 材質：鋼管

## 2) 既存設備の状況

名称	調査結果
Stage-1 逆洗ポンプ No.1	振動...電動機が故障しているため計測不能 ポンプ本体の目視...軸の錆が多い。グランド部は腐食し錆付き、汚れている。 電動機の目視...電動機は故障している。電動機の駆動軸部は錆ついている。
Stage-1 逆洗ポンプ No.2	振動...軸受上面=140 $\mu$ m、左側=47 $\mu$ m、右側、50 $\mu$ m、平均 79 $\mu$ m ポンプ本体の目視...軸の錆が多い。グランド部は腐食し錆付き、汚れている。 電動機の目視...電動機の軸部は錆びている。
Stage-1 逆洗ポンプ No.3	振動...軸受上面=50 $\mu$ m、左側=120 $\mu$ m、右側、130 $\mu$ m、平均 100 $\mu$ m ポンプ本体の目視...軸の錆多い。グランド部は腐食し錆付き、汚れている。 電動機の目視...電動機の軸部は錆びている。
Stage-1 空洗ブロワ No.1	振動...ブロワの振動が大きく定常運転不能。 ブロワ本体の目視...基礎部に腐食がある。 電動機の目視...電動機駆動軸が錆びている。
Stage-1 空洗ブロワ No.2	振動...軸受上面=61 $\mu$ m、左側=109 $\mu$ m、右側、114 $\mu$ m、平均 95 $\mu$ m ブロワ本体の目視...基礎部に腐食がある。 電動機の目視...電動機駆動軸が錆びている。
Stage-2 逆洗ポンプ No.1	振動...測定不能。 ポンプ本体の目視...本体は汚れと腐食が多い。 電動機の目視...電動機の基礎部は錆びている。
Stage-2 逆洗ポンプ No.2	振動...電動機が撤去してあり、計測不能。 ポンプ本体の目視...封水部の腐食が多い。回転軸は錆ついている。 電動機の目視...電動機が無い。
Stage-2 逆洗ポンプ No.3	振動...電動機が撤去してあり、計測不能。 ポンプ本体の目視...封水部の腐食が多い。回転軸は錆ついている。 電動機の目視...電動機が無い。
Stage-2 空洗ブロワ No.2	振動...計測不能。 ポンプ本体の目視...本体は汚れと腐食が多い。 電動機の目視...電動機は汚れと腐食が多い。
Stage-2 空洗ブロワ No.2	振動...本体と電動機が無い。 ポンプ本体の目視...本体が無い。 電動機の目視...電動機が無い。
濾過池配管 および制御弁	設置年：Stage-1...1964年、Stage-2...1966年 調査結果：Stage-1のNo.2、No.3ポンプ、Stage-2のNo.1ポンプは停止時に逆回転している。弁からの漏水水により逆回転していると考える。 目視確認できる範囲の配管は腐食、破損は無い。

### ① Stage-1： 逆洗ポンプ

逆洗ポンプのポンプ本体軸受について3箇所の振動測定を実施した。測定結果は3箇所の平均値とした。平均値はNo.2=79 $\mu$ m、No.3=100 $\mu$ mであった。No.1ポンプは故障しており使用不能。水道施設更新指針によれば、ポンプ回転数が1,475rpmの場合、振動値の使用限界値は70 $\mu$ mであり、No.2、No.3ポンプ本体は使用限界に達している。No.1ポンプは故障して錆ついております、運転は困難である。

### ② Stage-1： 空洗ブロワ

No.2空洗ブロワのブロワ本体軸受について3箇所の振動値を測定した。測定結果は3箇所の平均値とした。平均値はNo.2=95 $\mu$ mであった。

No.1ブロワは振動が大きく定常運転不能。No.1、No.2空洗ブロワの使用年数は44年であり、No.1ブロワの修理は部品の供給が難しく困難である。

③ Stage-2 : 逆洗ポンプ

No.2、No.3 逆洗ポンプの電動機は撤去されている。逆洗ポンプ本体の使用期間は 35 年、電動機の使用期間は 12 年である。No.1 逆洗ポンプは外見から判断して使用限界を超えている。No.2、No.3 ポンプは電動機が無い。No.2、No.3 ポンプ本体は回転軸が錆ついて運転は困難である。また運転していないポンプが逆回転していることから、吐出側の逆流防止弁、ストップ弁の漏れが推測できる。

電動機の絶縁抵抗値は無量大であり、軸はスムーズに回転した。ポンプ本体のインペラは損傷している。逆洗ポンプの操作盤には吸込水槽水位下限の保護機能が無いことから、吸込水槽（浄水池）の水位が低下した状態で運転し、キャビテーションにより破損したと推測できる。改修後は、適切な運転指導が必要である。

④ Stage-2 : 空洗ブロワ

No.1 空洗ブロワは外見から判断して使用限界を超えている。No.2 は本体、電動機が撤去されている。使用期間は 12 年である。

⑤ 濾過池逆洗配管及び弁

逆洗弁の×印……………操作不能

空気弁の×印……………操作台が無い（操作室より階下の弁室へ移動して操作する）

処理水弁の×印……………操作不能

処理水量……………目視により水量別に、大、中、小、とした。

空気量……………目視により処理水に含まれる気泡から空気量を判断した。

Stage	名称	逆洗弁	空気弁	処理水弁	処理水量	空気量
Stage-1	1 号		×		大	大
Stage-1	2 号		×		大	小
Stage-1	3 号				大	大
Stage-1	4 号		×		大	小
Stage-1	5 号				大	大
Stage-1	6 号				小	大
Stage-1	7 号		×	×	停止	
Stage-1	8 号		×		大	大
Stage-2	9 号		×		小	
Stage-2	10 号		×		中	大
Stage-2	11 号		×		中	無
Stage-2	12 号				中	無
Stage-2	13 号		×		中	無
Stage-2	14 号		×		中	大
Stage-2	15 号	×	×		停止	
Stage-2	16 号	×	×		停止	
Stage-2	17 号		×		中	大

逆流洗浄設備の制御弁類（逆洗弁、空洗弁、処理水弁）は操作性が悪い。15、16 号濾過池の逆洗弁は操作不能。7 号濾過池の処理水弁は操作が出来ない。空気弁は応急措置がしてある。応急に設置された弁には階上に貫通する開閉操作棒が無く、濾過池洗浄時には下の階へ移動して弁を操作する。

逆洗ポンプ～逆洗弁、空洗ブロワ～空洗弁の連絡配管は、破損、腐食、汚染も無く良好である。

## ⑥ 電気設備

- Stage-1 : TR-23 変圧器

1 次側碍子の二相が破損している。変圧器の絶縁油が劣化している。2 次側端子ブッシングと変圧器本体から油が漏れている。1 次と 2 次側の端子支持部が絶縁劣化している。変圧器のフレーム全体が錆びている。固定ボルトの錆が激しい。中性点接地端子に青錆が発生している。接触不良が見られる。

- Stage-1 : TR-24 変圧器

変圧器の絶縁油が劣化している。変圧器の上部より、油が漏れている。1 次と 2 次側のムフラ（引込端子モールド）が絶縁劣化している。ムフラの支持サポートに錆がある。変圧器のフレーム全体が錆びている。中性点接地端子に青錆が発生している。接触不良が見られる。

- Stage-2 : TR-17 変圧器、TR-18 変圧器

変圧器の絶縁油が劣化している。中性点接地端子に青錆が発生している。また接触不良が見られる。1 次、2 次ケーブル被膜が劣化している。

- Stage-1,2 : 制御盤（空洗ブロワ・逆洗ポンプ）

盤内外の電気部品には特に破損、欠損箇所がない。一部の部品は正規品でない。

## (8) 送水ポンプ設備

### 1) 既存設備の仕様

#### ① 送水ポンプ

名称	設置年	製造会社	型番	揚水量	揚程	回転数
No.1	1998	KSB	OmegaV250-600A	846m <sup>3</sup> /hr	119m	1,450rpm
No.2	1998	KSB	OmegaV250-600A	846m <sup>3</sup> /hr	119m	1,450rpm
No.3	1984	WORTHINGTON	8-LNV-26	948m <sup>3</sup> /hr	118.6m	1,475rpm
No.4	1998	KSB	OmegaV250-600A	846m <sup>3</sup> /hr	119m	1,450rpm
No.5	1998	KSB	OmegaV250	948m <sup>3</sup> /hr	119m	1,450rpm
No.6	1975	Mather & Platt	810EME.V	2,800G/min	430ft	1,465rpm
No.7	1975	Mather & Platt	810EME.V	2,800G/min	430ft	1,465rpm

#### ② 送水ポンプ電動機

名称	設置年	製造会社	電圧(V)	電流(A)	出力	周波数	極数
No.1	1998	Siemens - WAG	3,300	87	400kW	50Hz	3
No.2	1998	Siemens - WAG	3,300	87	400kW	50Hz	3
No.3	1998	Lancashire Dynamo	3,300	90	550HP	50Hz	3
No.4	1998	Siemens - WAG	3,300	87	400kW	50Hz	3
No.5	1998	Siemens - WAG	3,300	87	400kW	50Hz	3
No.6	1975	Kirloskar	3,300	85	525HP	50Hz	3
No.7	1975	Hawker Siddeley	3,300	85	525HP	50Hz	3

③ 配管設備

Stage-1

- ポンプの吸込側配管…鋼管 φ 350mm
- ポンプの吐出側配管…鋼管 φ 400mm
- ポンプの吐出側連絡配管…鋼管 φ 400mm～500mm

Stage-2

- ポンプの吸込側配管…鋼管 φ 400mm
- ポンプの吐出側配管…鋼管 φ 400mm
- ポンプの吐出側連絡配管…鋼管 400mm～525mm

④ 床排水ポンプ

Stage-1, 2 : 撤去されており仕様不明。

⑤ 天井クレーン

型式 : 電動走行クレーン、 吊上げ荷重 : 3 t

⑥ 水撃対策

サージタンク : 仕様 : 直径 2.0m × 3.8m 高 (直動部) × 鋼板製 × 2 槽

配管及び弁 : 鋼管 φ 32mm

圧縮機

名称	設置年	製造会社	型番	風量	吐出圧	回転数
No.1	1998	Atlas Copco	LT-1515CV	3.1ℓ/s	15bar abs	1,420rpm
No.2	1998	Atlas Copco	LT-1515CV	3.1ℓ/s	15bar abs	1,420rpm

圧縮機電動機

名称	設置年	製造会社	電圧(V)	電流(A)	出力(kW)	周波数	極数
No.1	1998	Leroy Somer	220	6.4	1.5kW	50Hz	3
No.2	1998	Leroy Somer	220	6.4	1.5kW	50Hz	3

⑦ 電気設備

● Stage-1 : 変圧器

名称	設置年	製造会社	容量	電圧	用途
TR-21	1964	GEC	1,500kVA	11kV/3.3kV	送水ポンプ
TR-22	1964	GEC	1,500kVA	11kV/3.3kV	送水ポンプ

● Stage-2 : 変圧器

名称	設置年	製造会社	容量	電圧	用途
TR-15	1972	BRUSH	2MVA	11kV/3.3kV	送水ポンプ
TR-16	1998	ABB	2MVA	11kV/3.3kV	送水ポンプ

- Stage-1 : 送水ポンプ制御盤

盤名称	送水ポンプ制御盤					
製作年	1998年 9月					
製造会社	ABB					
盤寸法	W4,200、D2,500、H1,800 自立形					
運転方式	手動 ON-OFF 制御 負荷切替インターロック回路方式					
面数	6面					
盤形式	Unflex					
定格電圧	3.3kV					
使用周波数	50Hz					
耐電圧	12kV					
遮断電流 (3秒時)	20kA					
最大遮断電流	50kA					
盤保護階級	IP 4X					
母線許容電流	1250A					
操作電源	AC 110V					
面名称	送水ポンプ No.1	送水ポンプ No.2	中継断路 切替盤	送水ポンプ 予備	送水ポンプ No.3	送水ポンプ 予備
制御部	2E,V,A	2E,V,A	インター ロック	2E,V,A	2E,V,A	2E,V,A
VCS 盤	VCS あり 運転中	VCS 無し	DS	VCS 無し	VCS 無し	VCS 無し

- Stage-2 : 送水ポンプ制御盤

盤名称	送水ポンプ制御盤 3φ3w 50Hz 3.3kV						
設置年	1998年						
製造会社	ABB						
盤寸法	W4,500、D2,500、H1,800 自立形						
運転方式	手動 ON-OFF 制御 負荷切替インターロック回路方式						
面数	6						
面名称	送水ポン プ No.4	送水ポン プ No.5	送水ポン プ 予備	中継断路 切替盤	送水ポン プ 予備	送水ポン プ No.6	送水ポン プ No.7
制御部	2E,V,A	2E,V,A	2E,V,A	INTER,L	空	2E,V,A	2E,V,A
VCS 盤	VCS 有	空	空	DS	空	空	空

- VCS 真空電磁接触器

名称	真空電磁接触器
製造会社	SACE
形式	VRC/ZC 7.2
定格電圧	7.2kV
使用周波数	50Hz
定格電流	600A
遮断電流 (3秒時)	20kA
定格遮断電流	50kA
操作電源	AC 100V

## 2) 既存設備の状況

名称	調査結果
Stage-1 送水ポンプ No.1	振動...玉軸受が破損、修理中で駆動できず測定不能 絶縁抵抗... $\infty\Omega$ ポンプ本体の目視...錆、腐食、汚れ大。 電動機が目視...汚れ有り。
Stage-1 送水ポンプ No.2	振動...電動機が無いので測定不能 絶縁抵抗...電動機無く測定不能 ポンプ本体の目視...故障中。インペラが無い。 電動機が目視...電動機が無い。
Stage-1 送水ポンプ No.3	振動...前=450 $\mu\text{m}$ 、左=171 $\mu\text{m}$ 、右=206 $\mu\text{m}$ 、平均=276 $\mu\text{m}$ 絶縁抵抗...測定日に電動機が無かったので測定不能。 ポンプ本体の目視...錆、腐食、汚れ大。軸封の水漏れ大。 電動機が目視...腐食多く、穴があいている。
Stage-2 送水ポンプ No.4	振動...前=460 $\mu\text{m}$ 、左=550 $\mu\text{m}$ 、右=580 $\mu\text{m}$ 、平均=530 $\mu\text{m}$ 絶縁抵抗... $\infty\Omega$ ポンプ本体の目視...錆、腐食、汚れ大。軸封の水漏れ大。 電動機が目視...汚れ大。
Stage-2 送水ポンプ No.5	振動...前=120 $\mu\text{m}$ 、左=180 $\mu\text{m}$ 、右=180 $\mu\text{m}$ 、平均=160 $\mu\text{m}$ 絶縁抵抗... $\infty\Omega$ ポンプ本体の目視...錆、腐食、汚れ大。軸封の水漏れ大。 電動機が目視...汚れ大。
Stage-2 送水ポンプ No.6	振動...ポンプ運転できず測定不能 絶縁抵抗... $\infty\Omega$ ポンプ本体の目視...汚れ、腐食、錆大。下部軸受けが無い。 電動機が目視...汚れ大。
Stage-2 送水ポンプ No.7	振動...ポンプ運転できず測定不能 絶縁抵抗...電動機無く測定不能。 ポンプ本体の目視...インペラが無い。 電動機が目視...電動機が無い。
送水ポンプ 配管弁類設備	吸込弁、吐出弁の全閉が出来ない。また Stage-1 の吐出配管は腐食している。 Stage-2 の吐出管は腐食、錆が無い。 ポンプの吐出側配管及び弁...鋼管 $\phi$ 300mm
水撃対策	Stage-1 設置年は 1966 年 サージタンク...タンク本体の塗装が剥離している。本体の破損、腐食は無い。 水位計が破損している。 圧縮機...故障して作動不能。 配管設備の目視調査...配管は腐食している。弁類も漏れが多く腐食している。 Stage-2 設置年は 1975 年 サージタンク...タンク本体の塗装が剥離している。本体の破損、腐食は無い。 水位計が破損している。 圧縮機...故障して作動不能。 配管設備の目視調査...配管は腐食している。弁類も漏れが多く腐食している。

### ① 送水ポンプの振動調査結果

送水ポンプのポンプ本体軸受について 3 箇所の振動測定を実施した。3 箇所の平均値は、No.3 = 276  $\mu\text{m}$ 、No.4 = 530  $\mu\text{m}$ 、No.5 = 160  $\mu\text{m}$  であった。

水道施設更新指針によれば、ポンプ回転数が 1,475rpm の場合、使用限界値は 70  $\mu\text{m}$  であり、No.3 = 276  $\mu\text{m}$  は運転不能領域 (245  $\mu\text{m}$ ) を超えている。No.5 = 160  $\mu\text{m}$  は要急修正値 (125  $\mu\text{m}$ ) を超えている。

### ② 送水ポンプ電動機の絶縁抵抗値測定結果

No.1、No.4、No.5、No.6 の各ポンプについて、ポンプの動力ケーブルを動力盤より分離した状態で、絶縁抵抗値を測定したところ全て  $\infty\Omega$  であった。振動、騒音、発錆が顕著。

### ③ 送水ポンプの外観目視調査結果

No.1、No.3、No.4、No.5 のポンプは現場でポンプ本体の軸受、電動機の軸受を修理して運転している。ポンプは腐食、汚れが多い。また軸受部からの漏水が多い。

No.2、No.6、No.7 ポンプは機器の一部が存在せず運転不能である。

### ④ 送水ポンプ配管、弁類設備

Stage-1 は弁、配管、共に腐食、漏れが見られる。

Stage-2 の配管は一部使用が可能である。弁類は水漏れが多く更新が必要である。

### ⑤ 床排水ポンプ

Stage-1, 2

既設は撤去され現在は仮設ポンプで排水している。仮設ホースより多量の水が漏れている。

### ⑥ 天井クレーン

作動する。

### ⑦ 電気設備

#### ● Stage-1 : TR-21 変圧器

変圧器の絶縁油が劣化している。変圧器の上部より油が漏れている。2次側端子プレートと変圧器本体接合部から油が漏れている。1次と2次側のムフラ（引込端子モールド）が絶縁劣化している。ムフラの支持サポートに錆がある。変圧器のフレーム全体が錆びている。固定ボルトの錆が激しい。中性点接地端子に青錆が発生している。また接触不良が見られる。落雷があり、内部コイルが損焼した。雨期は絶縁が低下する。

#### ● Stage-1 : TR-22 変圧器

変圧器の絶縁油が劣化している。変圧器の上部より油が漏れている。1次と2次側のムフラ（引込端子モールド）が絶縁劣化している。ムフラの支持サポートに錆がある。変圧器のフレーム全体が錆びている。固定ボルトの錆が激しい。中性点接地端子に青錆が発生している。また接触不良が見られる。

#### ● Stage-2 : TR-15 変圧器

変圧器の上部より油が漏れている。油ドレン弁より油が漏れている。2次側端子プレートと変圧器本体接合部から油が漏れている。2次側のムフラ（引込端子モールド）より、絶縁用タールが漏れている。変圧器のフレーム全体が錆びている。特に固定ボルトの錆が激しい。中性点接地端子に青錆が発生している。また接触不良が見られる。

1次、2次ケーブル被膜が劣化している。2010年6月に絶縁油交換、変圧器の上部の油シール交換。

#### ● Stage-2 : TR-16 変圧器

変圧器の絶縁油が劣化している。変圧器の上部より、油が漏れている。1次と2次側のムフラ（引込端子モールド）が絶縁劣化している。ムフラの支持サポートに錆がある。変圧器のフレーム全体が錆びている。固定ボルトの錆が激しい。中性点接地端子に青錆が発生している。また接触不良が見られる。中性点端子が欠落している。

- Stage-1 : 送水ポンプ制御盤  
No.2、No.3 送水ポンプ制御盤と予備盤には VCS 真空電磁接触器が無い。制御部盤内外の電気部品は破損、欠損箇所がない。盤内配線に運転上支障を起こす解線箇所がない。
- Stage-2 : 送水ポンプ制御盤  
No.6、No.7 の送水ポンプ制御盤と予備盤には VCS 真空電磁接触器が無い。制御部盤内外の電気部品の破損、欠損箇所がない。盤内配線に運転上支障を起こす解線箇所がない。

## (9) カフブ浄水場の小規模な改修検討箇所

### 1) 取水塔内の床排水ポンプ設置

取水塔内の床排水ポンプが撤去されており、内部が湛水している。塔内に床排水ポンプ用の電源端子はあるが、取水ポンプ場から取水塔までの区間の動力線 100m を更新する必要がある。

### 2) 沈殿池の排泥弁

Stage-1 : 円形沈殿池の排泥弁 (φ 75mm) 2 個が全閉不能。

Stage-2 : No.31、No.32 の排泥弁 (φ 150mm) 2 個が全閉不能。

### 3) 浄水池の警報装置

送水ポンプ、逆洗ポンプの吸込水位低下を検知する警報装置は設置されていない。

## 2-1-4-4 管路施設

### (1) ナカプタ配水池～スカイウェイズ配水池

ナカプタ送水管は、カフブ浄水場よりナカプタ配水池およびスカイウェイズ配水池を経由し、市内南部に配水する幹線管渠であり、カフブ浄水場で浄水された水の約 80%を送水する。改修対象はナカプタ配水池より山間地を通り、ムシリロードに沿ってスカイウェイズ配水池までのコンクリート管の区間である。「ザ」国の大都市で幹線管渠にコンクリート管を使用しているのはンドラ市のみであり、本区間は漏水量が非常に多いことから早急な更新が必要となっている。配水区域の人口は 20 万人以上であり改修の裨益効果は高い。

改修対象区間にはφ 600mm とφ 675mm のコンクリート管渠 2 条が 6km にわたり布設されている。φ 675mm の管渠は漏水が多く現在は一部を除いて使用されていない。使用されているφ 600mm の管渠も低地箇所において漏水が多く、現地調査時には全区間で 25 箇所の漏水が見られた。漏水の修復は随時行われているが、修復後まもなく近傍の継ぎ目より新たに漏水するため、全面的な修復は困難である。現地調査時には山間地からムシリロードに入る箇所で大規模な修復工事が行われており、工事箇所の上流では新たな漏水が発生していた。(巻頭写真)

### (2) チフブ配水池からの配水本管

ンドラ市北部のφ 600mm のコンクリート管渠 2km が対象であり、現地調査では 8 箇所の漏水を

確認した。配水区域はチフブ地区（低所得地域）とパモジ地区（中所得地域）であり（表 3-2-3 参照）、現在の配水区域の人口は 6.4 万人である。既設管の大部分は公道脇に埋設されており、一部で墓地に隣接する箇所がある。対象路線の中間部では工事用の仮設道路が必要となる。

### (3) ノースライズ配水池からの配水本管

ンドラ市北部の軍用地内に位置するノースライズ配水池からタンザニアロードまでの 1.7km のコンクリート管渠（φ 600, 450, 375mm）である。配水区域はカンセンシ地区（高所得地区）とチプルクス地区（郊外地区）、配水区域の人口は 5 万人である。高所得地区では使用水量が多く、水道料金も高く設定されており、改修による公社の経営への影響が期待できる。市街地に埋設されているため交通量が多く、交差点内の漏水が見られる。既設管布設後に宅地整備が行われており、道路幅員 3m 程度の狭い箇所があるほか、電力線・電話線が埋設されているため移設工事が必要となる。

## 2-1-4-5 給水困難地区

### (1) カロコ地区

カロコ地区はンドラ市南部に位置し、ナカプタ配水池からスカイウェイズ配水池までの送水管から直接分水されており給水カテゴリ（表 3-2-3 参照）では郊外地区に区分されている。街区は区画整理され、現在の人口は約 12,000 人で貧困層が多く居住している。地区内にはφ 50mm の鋼管が埋設されており既設のキオスク型公共水栓が 6 箇所あるが、ナカプタ配水池からの幹線送水管の漏水によりカロコ地区内の配水管の水圧が下がるため、6 箇所中 2 箇所のみ給水を行っており給水時間は午前中に限られている。キオスクでは水圧が低いことから給水に多くの時間が必要になっている。飲料用にキオスクの水を利用し、洗濯等の生活用水は近くの漏水箇所から得ているといった状況の住民も多い。

### (2) アッパームシリ地区

アッパームシリ地区も、ナカプタ配水池からスカイウェイズ配水池までの送水管から直接分水されており、送水管を挟んでカロコ地区の逆側（西側）に位置している。給水カテゴリは中所得地区に区分されており、郊外地区に比べて街区は整然としている。現在の人口はロワームシリ地区を合わせたムシリ地区全体で約 28,000 人である。幹線送水管の漏水のためにムシリ地区全体で水圧・水量がともに不足しており、同地区内でも標高が高いアッパームシリ地区では全く給水が得られず、ロワームシリ地区まで毎日水汲みに行かなくてはならない状況である。

## 2-1-4-6 水質分析機材

KWSC では、カニニ下水処理場の水質分析所において、担当官 3 名が水質分析を実施している。現在、一般項目の分析に加えて、原子吸光光度計による重金属の分析を行っているが水銀と砒素を検出する器具がない。また農薬等に含まれる微量な有機溶解物質はクロマトグラフによる分析が必要となる。現地にて確認した機材・設備の内容を以下に示す。

既存の水質分析機材・設備

機 材	使 用 対 象
原子吸光光度計 (Varian Spectra AA 10 Plus)	銅、マンガン、亜鉛、カドミウム、クロム、鉄、鉛
バランスウエイト (120g/0.001g)	質量計測
比色度計 (Jenway 6060, 430 – 710nm)	磷酸
pH 計 (Jenway 3051)	pH 計測
電気伝導度計 (Jenway 4150)	電気伝導度計測
濁度計 (Orion Aquafast II)	濁度計測
残留塩素計 (HACH, digital)	残留塩素濃度計測
定温培養器 (孵卵器) (Wagtech)	大腸菌群培養
水槽 (Equitron)	糞便性大腸菌群計測
加圧滅菌器(20Litres,Dixons Surgical Instruments)	菌類培養機材の滅菌
冷蔵庫	標本の低温保存
膜濾過器	細菌試験の前処理
ジャーテスター	凝集剤注入量決定
分光光度計 (HACH)	アンモニア、全浮遊物質
蒸留器 (4Litres/hour)	蒸留水製造
顕微鏡	藻類観察
ガスタンク格納庫	原子吸光光度計用のガスボンベ保管

2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

空路はンドラ空港からルサカ、カサマへの国内線のほか、ケニア国のナイロビ、コンゴ民主共和国のルブンバシ、タンザニア国のダルエスサラーム、南アフリカ共和国のヨハネスブルグへの国際線が就航している。鉄道は、北へは国境を越えてルブンバシへ通じており、南へはルサカを経由してリヴィングストンに達するザンビア国鉄が通っている。東方面へはンドラから南に下ったカピリムポシを起点として、中国の協力により建設されたタンザン鉄道がタンザニア国のダルエスサラームまで繋がっている。

道路はンドラから首都ルサカまで舗装されており、ジンバブエ国を経由してモザンビーク国のベイラ港や南アフリカ共和国のダーバン港まで繋がっている。ンドラから隣のキットウェまでは片側 2 車線以上の道路が整備されている。ンドラ市内の道路は舗装されているが路面の状況はあまりよくない。ンドラ市街南部からナカプタ配水池を経由してカフブ浄水場まで、およびンドラ市街北部からチフブ配水池までは未舗装である。また、ダルエスサラームから繋がる原油パイプラインの終点がンドラにあり石油精製所が稼動している。

電力供給は、半官半民の電力会社である ZESCO が全国を統一して行っている。地域により施設の点検補修のために 3 時間半程度続く計画停電が年に数回あり、新聞等で前もって通知される。電力料金は、銅および原油の価格上昇、自国通貨 (ZMK) の下落を主な理由として上昇傾向にあり、2009 年 8 月 1 日、2010 年 7 月 1 日と電力料金が値上げされてきている。これにより各地方水道公社もポンプ設備等の運転費用が増加するため水道料金の値上げを余儀なくされている。

下水処理は、KWSCによってンドラ市内の4箇所の下水処理場で行われている。下水管は市内の高低差を利用して南北から自然流下でカフブ川に向かって流れ、カフブ川の流下方向に沿って、2箇所のポンプ場で処理場に圧送されている。下水処理場の容量が不足していることから未処理下水がカフブ川に流入する状況が見られており、ンドラ市の下水処理場、ポンプ場、下水管の改修を対象とした協力がデンマークにより進められている。雨期の雨水は地下浸透または市街の側溝から排水路を通じてカフブ川に流入する。ごみ・廃棄物の収集はンドラ市公衆衛生局の管轄であるが人員およびトラックなどの機材が不足している。

## 2-2-2 自然条件

### 2-2-2-1 地勢・水文・気象

「ザ」国はアフリカ大陸南部に位置しており国土面積は75万km<sup>2</sup>（日本の約2倍）である。ンドラ市は「ザ」国中部のコッパーベルト州の州都であり、ンドラ市街はコンゴ民主共和国（旧ザイール共和国）との国境まで約10kmの距離に位置している。ンドラ市内を流れるカフブ川は「ザ」国とコンゴ民主共和国との国境付近を水源とし、ンドラ市の水道水源となっている。カフブ川はンドラ市の下流では、ルアンシャ市の水道水源となっており（KWSCが浄水場運転ほかの水道サービスを行っている）、さらに下流ではカフエ川、ザンベジ川に順に合流し、モザンビーク共和国を経てインド洋に達する。

ンドラ市は南半球に位置し、東経28度、南緯13度と熱帯気候の緯度にありながら標高が海拔1,300m程度であるため、温帯冬季少雨気候（Cw）<sup>1</sup>に区分され、平均気温の年較差は10℃程度であり概して温暖な気候である。ンドラ市の月別の平均最高気温と平均最低気温を下図に示す（1994-2003年）。9月～11月は暑期（夏季）にあたり平均最高気温が30℃を超える。5月～8月は寒期（冬季）で、6月～7月には平均最低気温が10℃以下になる。

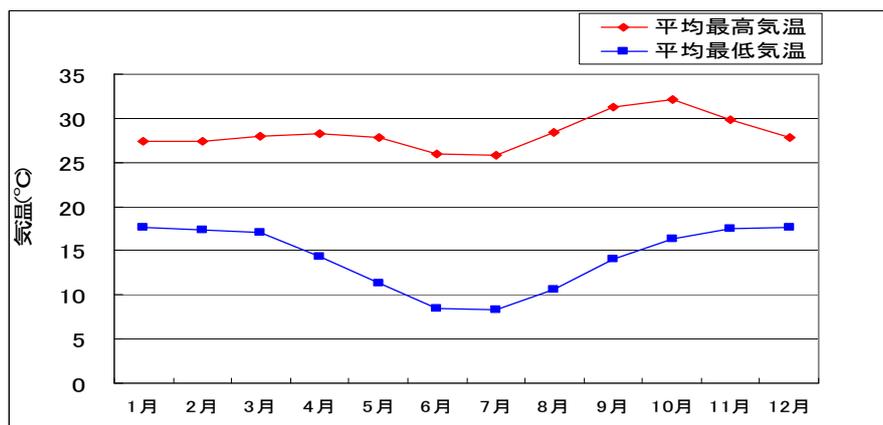


図 2-2-1 ンドラ市における月別の平均最高気温と平均最低気温

<sup>1</sup> : ケッペン（Köppen）の気候区分による。

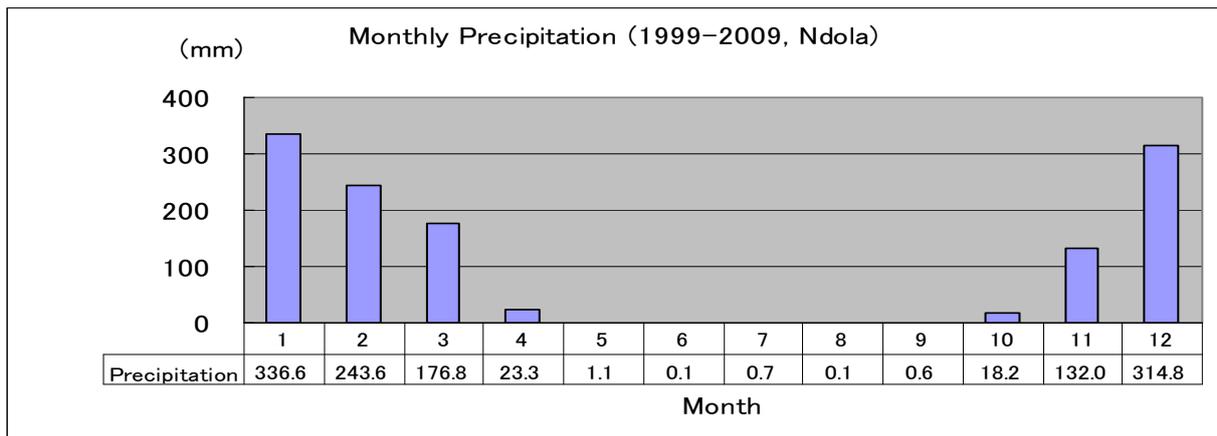


図 2-2-2 ンドラ市における月別の降雨量

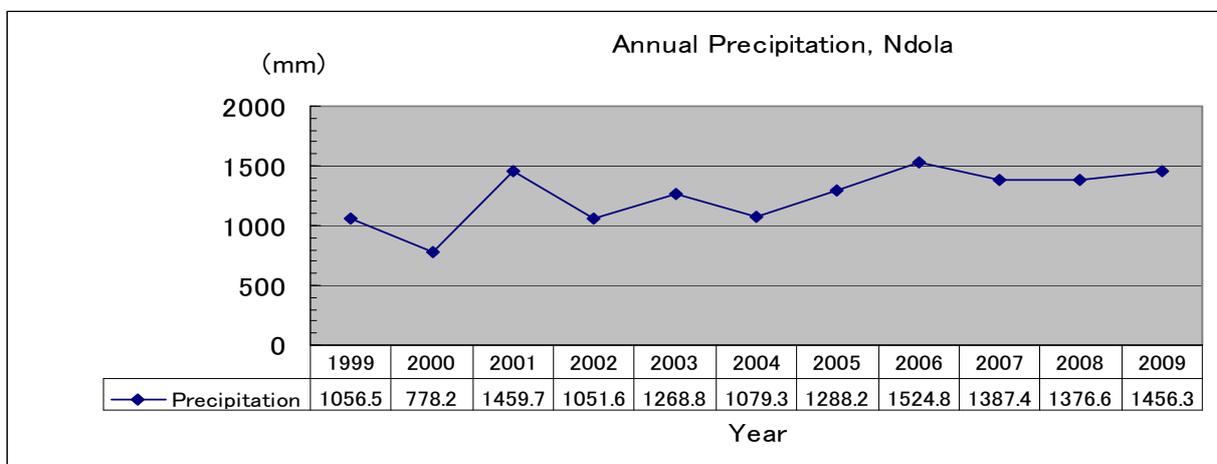


図 2-2-3 ンドラ市における年間降雨量の長期変遷

ンドラ市では雨期と乾期が明瞭に分かれており、11月～3月の雨期には月間100mmを越す降雨量があるが、4月～10月の乾期には殆んど雨が降らない（1999年～2009年、ンドラ空港測候所）。過去10年の年間降雨量の変遷を見ると800mmから1,500mmまでの年較差があるものの、乾期と雨期をあわせた1年の間には安定した降雨量があると言える。

## 2-2-2-2 自然条件調査

### (1) 測量調査

管路の路線測量（平面・縦断・横断）を行い、測量図を基に「3-2-3 概略設計図」を作成した。ポンプ圧送区間については路線の縦断形状を測量した。また、カフブ浄水場および配水池の構造物を測量した。カロコ地区とムシリ地区については地区内の配管図を作成した。

### (2) 土質調査

ンドラ市周辺の地質は原生代から古生代カンブリア紀の堆積岩・変成岩を基盤とし、表層は風化したラテライトを主体としている。現地調査では管路改修の対象路線において、管の材質および基礎の検討、施工計画策定に必要な基礎資料を得るために、深さ5mのボーリングおよび標準貫

入試験を 10 箇所で行った。調査結果に基づく土質柱状図を「3-2-3 概略設計図」の管路縦断図中に示す。N 値は 1～60、土質区分は粘性土／砂質土／砂礫、地下水位の最高値は、GL-1.8m であった。

### (3) 試掘調査

既設の配管図、弁・管の露出箇所、漏水発生箇所などから管路の所在を推定して 1.5m×1.5m×1.0m 深の規模で開削し、10 箇所で既設管の埋設位置・深さ・状況を確認した。この結果に基づき既設配管との離隔を確保して、新規に布設する管路の道路占用位置を決定した。

### (4) 水質調査

ンドラ市の水道水源の水質を確認するとともに、必要な浄水処理を検討する基礎資料として水質調査を 2010 年 9 月に実施した結果を巻末資料 7-1 に示す。また、長期的な計測結果は「3-2-2-2 (1) 水質条件」に示すとおりである。カフブ浄水場原水の濁度は凝集沈殿処理の対処範囲内である。9 月は乾期の終わりにあたりカフブ川の流量が少なく下水処理場の放流点近傍では、亜硝酸態窒素やアンモニアの濃度が高くなる傾向が見られた。有害な重金属類は検出されなかったが有機物質であるディルドリンがカフブ川から検出されている。水中の農薬は希釈や微生物による分解によって減少していくが引き続き水質のモニタリングを継続することが望ましいと考えられる。

### (5) カフブ川の流量調査

カフブ浄水場の水源の水量を確認するためにカフブ川の 3 地点において乾期の流量を測定した。  
(2010.9.11 測定)

測定箇所	① カニニ下水処理場の放流水の合流点	② カニニ下水処理場とルプト下水処理場の中間点	③ ルプト下水処理場の下流
河川流量 (m <sup>3</sup> /s)	1.40	9.99	4.87

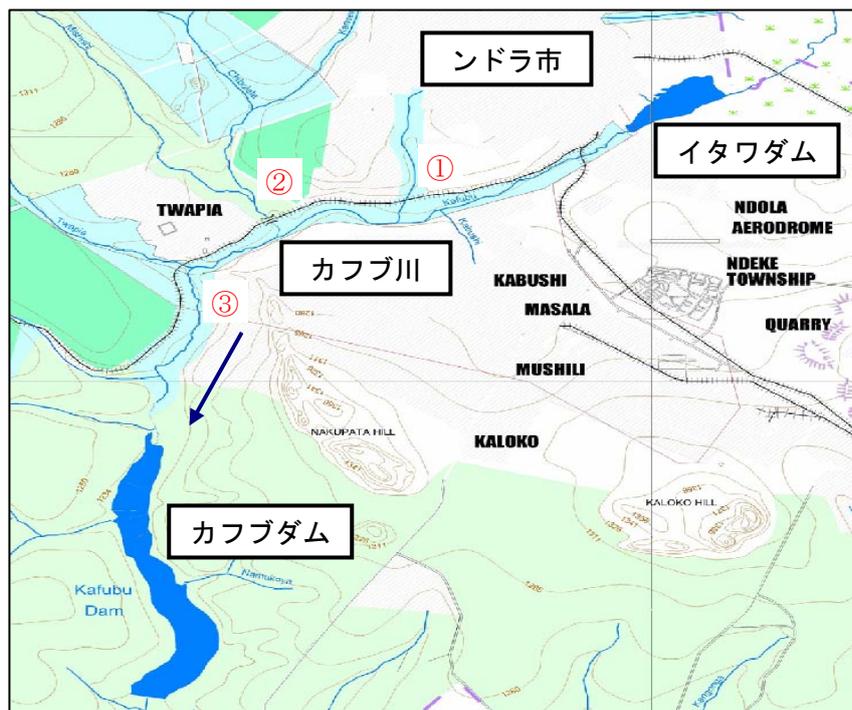


図 2-2-4 カフブ川の流量測定箇所

流量観測および現場確認により、以下の状況を観察した。

- ・ イタワダム下流は湿地であり、カニニ下水処理場放流点までの流量は 0 である。
- ・ カニニ下水処理場放流点では河川流量のほぼ 100%が放流水であり、流量は 1~2m<sup>3</sup>/s 程度。放流水は下水処理が不十分であり、放流水の色は暗い灰色で浮遊物質が多量に含まれている。
- ・ カニニ下水処理場の下流では湧水の流入や河床からの伏流水の増加が見られる。ルプト下水処理場放流点の近くでは流量が毎秒 10m<sup>3</sup>/s 程度に増える。
- ・ カフブダムに流入するあたりでは下水処理場放流点と比べて河川水の透明度が上がることから、カフブ川による希釈と周辺土壌への浸透による濾過作用があると考えられる。
- ・ カフブ浄水場での問題は、下水放流水に含まれる窒素・リンを栄養源としてカフブダムで藻類が繁茂し、浄水場の濾過池の閉塞等の障害が起こることであり、これに対して今回の改修では浄水場の前塩素処理による殺藻と凝集剤の注入による凝集沈殿処理を計画している。

## 2-2-3 社会条件調査

### 2-2-3-1 調査目的・対象・方法

ンドラ市における、給水・水利用の状況および住民の水道料金の支払い能力、支払意思、世帯収入、給水実態、水因性疾病の状況などの調査を目的として、社会条件調査を実施した。また、同時に事業実施後の効果測定に活用可能となる基礎資料を収集した。

調査は現地ローカルコンサルタントによる再委託により実施した。調査員は各世帯において、質問票を使ったインタビュー調査を行うと同時に、ブルドン管圧力計・簡易水質パックテスト（残留塩素）・簡易水質試験紙（大腸菌検出用）を用いて測定を行った。

社会条件調査の対象とした配水区域と抽出世帯数を表 2-2-1 に示す。調査世帯の抽出については、KWSC が給水サービスを行っているンドラ市内の配水区域全域から満遍なく抽出し、イタワ浄水場およびミスンド井戸群を水源とする北部地域から 43 世帯、本計画により改修を行うカフブ浄水場を水源とする南部地域から 57 世帯の合計 100 世帯を抽出した。調査世帯の位置図を巻末資料 7-2 に示す。

表 2-2-1 社会条件調査対象配水区域と抽出世帯数

地域	北部地域		南部地域	
水源	イタワ浄水場、ミスンド井戸群		カフブ浄水場	
配水区域	チフブ <sup>o</sup> 配水池 系統 Chifubu Pamodzi  ノースライズ <sup>o</sup> 配水池 系統 Kansensi Chipulukusu Northrize	カンセンシ配水池 系統 Kanini Central Broadway  ミスント <sup>o</sup> I , II 井戸群系統 Dola Hill Kawama Nkwazi Misundu	ナカブ <sup>o</sup> タ配水池～ スカイウェイズ <sup>o</sup> 配水池系統 Kafubu Kaloko Upper Mushili Mine Masala Lower Mushili Kabushi Main Masala Skyways Itawa Mckenzie Ndeke Bwana Mukubwa	ナカブ <sup>o</sup> タ配水池～ 西部環状線 系統 Lubuto Kantolomba Kanyala Twapia Monkey Fountain Hill Crest
抽出世帯数 (計 100 世帯)	57 世帯		43 世帯	

### 2-2-3-2 調査結果

#### (1) 給水・水利用の状況

##### a) 給水時間

ンドラ市全体での一日の給水時間の平均は 13.2 時間となっており、北部地域と南部地域で比較すると 4 時間程度南部地域の給水時間が短い。南部地域の水源であるカフブ浄水場の現状の浄水能力の限界と共に、主要送水管であるナカブタ～スカイウェイズ送水管からの漏水により、同送水管路周辺区域への配水時間制限の影響が見られる。また、北部地域で給水時間 0～3 時間または 3～6 時間と回答した世帯の中には、チフブ配水池系統の Pamozi、Chifubu 地区の世帯、およびノースライズ配水池系統の Northrize、Chipulukusu も含まれており、本計画による配水管路の改修が必要とされていることが裏付けられる。

表 2-2-2 ンドラ市における給水時間

	給水時間	0～3 時間	3～6 時間	6～12 時間	12～24 時間	平均
北部地域	世帯数	5	4	13	21	15.3 時間
	割合	12%	9%	30%	<b>49%</b>	
南部地域	世帯数	4	11	28	14	11.5 時間
	割合	7%	19%	<b>49%</b>	25%	
全体	世帯数	9	15	41	35	13.2 時間
	割合	9%	15%	<b>41%</b>	35%	

##### b) 給水圧

給水圧については、各戸の給水栓におけるブルドン管圧力計を用いた直接測定と聞き取り調査

の2種類を実施した。直接測定は日中に実施したが調査対象の半数以上の世帯において断水または低水圧の状況であった。地域で比較すると南部地域の方が給水圧が低い。南部地域の時間帯による給水圧の状況をみると、午後から夜間に従って次第に給水圧が低いと回答した人が増えており、1日の中で漏水によって水圧が低下していく状況が考えられる。また、給水時間と同様に北部地域のチフブ配水池系統およびノースライズ配水池系統においても、断水または低水圧と回答した世帯が見られた。

表 2-2-3 インドラ市における各戸口給水栓圧力

	給水圧	断水または低水圧	0.05-0.1MPa	0.1-0.2MPa	0.2-0.4MPa
北部地域	世帯数	20	8	13	2
	割合	<b>47%</b>	19%	30%	5%
南部地域	世帯数	37	8	6	6
	割合	<b>65%</b>	14%	11%	11%
全体	世帯数	57	16	19	8
	割合	<b>57%</b>	16%	19%	8%

表 2-2-4 インドラ市南部地域における給水圧の時間帯による影響の聞き取り結果

	給水圧	十分	不十分
午前中	世帯数	29	28
	割合	<b>51%</b>	49%
午後	世帯数	21	36
	割合	37%	<b>63%</b>
夜間	世帯数	19	38
	割合	33%	<b>67%</b>

### c) 水質

水質の調査は、各戸の給水栓からサンプルを採取し、調査員による官能検査と簡易試験機材を用いて実施した。地域で比較すると、カフブ浄水場を水源とする南部地域の方が水質は悪く、3割近い対象から給水中の着色が認められたほか、4割程度の世帯で大腸菌群が検出されている。着色が確認された世帯においては、臭気・味についても同様に異常がみられた。この原因として、漏水箇所における汚水の吸い込みが考えられるが、本計画の実施後は送配水本管からの大規模な漏水がなくなり管路内の水圧も増加するため給水点における水質が改善されるものと想定される。

表 2-2-5 インドラ市における各戸口給水栓水質（色）

	状態	断水中	正常	着色
北部地域	世帯数	6	36	1
	割合	14%	84%	<b>2%</b>
南部地域	世帯数	8	33	16
	割合	14%	58%	<b>28%</b>
全体	世帯数	14	69	17
	割合	14%	69%	<b>17%</b>

表 2-2-6 インドラ市における各戸口給水栓水質（大腸菌群）

	状態	断水中	正常	検出
北部地域	世帯数	6	28	9
	割合	14%	65%	<b>21%</b>
南部地域	世帯数	8	25	24
	割合	14%	44%	<b>42%</b>
全体	世帯数	14	53	33
	割合	14%	53%	<b>33%</b>

## (2) 世帯収入と水道料金

ンドラ市南部地域は、75%の世帯が月収 1,000 千 ZMK 以下となっており、北部地域に比べると低所得者層の割合が多い。KWSC では水道メータを設置していない需要家に対して所得に応じた居住地域の給水カテゴリー別に固定の水道料金を設けており、収入に配慮した料金徴収が行われている。調査結果を見ると、世帯収入の多少と支払っている水道料金の分布は一致しており、収入に応じた料金徴収が行われていることが窺われる。また、給水カテゴリー別の水道料金(表 3-2-3 参照)に対する意識調査結果をみると、高所得地区と郊外地区の 60%以上が水道料金は適切であるという意識を持っているが、中所得地区と低所得地区では半数に満たない。これは高所得地区では給水条件が良いこと、郊外地区では料金設定が低いことが理由と考えられる。なお水道料金調査に対して、「未使用(水道はあるが断水または低水圧により使用不能)」、「水道料金を把握していない」などの回答が全体の 3 割程度含まれている。

表 2-2-7 ンドラ市における世帯収入(月収)

	月収(千 ZMK)	~1,000	1,000~2,000	2,000~5,000	5,000 以上
	北部地域	世帯数	21	8	7
	割合	<b>49%</b>	19%	16%	16%
南部地域	世帯数	43	8	5	1
	割合	<b>75%</b>	14%	9%	2%
全体	世帯数	64	16	12	8
	割合	<b>64%</b>	16%	12%	8%

表 2-2-8 ンドラ市における水道料金(月別)

	水料金 (千 ZMK/月)	未使用/ 把握していない	~50	50~100	100~200	200 以上
	北部地域	世帯数	14	8	9	9
	割合	33%	19%	<b>21%</b>	<b>21%</b>	7%
南部地域	世帯数	16	22	11	4	4
	割合	28%	<b>39%</b>	19%	7%	7%
全体	世帯数	30	30	20	13	7
	割合	30%	<b>30%</b>	20%	13%	7%

表 2-2-9 ンドラ市における水道料金に対する意識調査結果

	費用	高いと感じる	やや高い	適切
	高所得地区 High Cost Area	世帯数	6	6
	割合	18%	18%	<b>65%</b>
中所得地区 Medium Cost Area	世帯数	2	7	8
	割合	12%	41%	<b>47%</b>
低所得地区 Low Cost Area	世帯数	4	11	13
	割合	14%	39%	<b>46%</b>
郊外地区 Peri-Urban Area	世帯数	4	4	13
	割合	19%	19%	<b>62%</b>
全体平均	割合	16%	28%	56%

## (3) 代替水源等、水利用の状況

調査対象の 47%が敷地内の水源(給水栓、敷地内の井戸等)を利用しており、他 53%が敷地外の代替水源を利用している。代替水源としては、周辺井戸や河川・湧水などの利用が見られる。

給水カテゴリー別の傾向をみると、高所得地区の73%が代替水源を利用していないのに対して、郊外地区では85%が代替水源を必要としている。代替水源を利用する場合の水汲みに要する時間は、1日に1時間以内と回答した世帯が多かった。

表 2-2-10 ンドラ市における、1日のうち水汲みに要する時間（地域別）

	時間	敷地内の水源のみ使用	1時間以内	1～2時間	2時間以上
北部地域	世帯数	26	12	3	1
	割合	<b>62%</b>	29%	7%	2%
南部地域	世帯数	20	17	3	15
	割合	<b>36%</b>	31%	5%	27%
全体	世帯数	46	29	6	16
	割合	<b>47%</b>	30%	6%	16%

表 2-2-11 ンドラ市における、1日のうち水汲みに要する時間（給水カテゴリー別）

	時間	敷地内の水源のみ使用	1時間以内	1～2時間	2時間以上
高所得地区 High Cost Area	世帯数	24	4	3	2
	割合	<b>73%</b>	12%	9%	6%
中所得地区 Medium Cost Area	世帯数	7	2	1	7
	割合	41%	12%	6%	41%
低所得地区 Low Cost Area	世帯数	12	11	1	3
	割合	44%	41%	4%	11%
郊外地区 Peri-Urban Area	世帯数	3	12	1	4
	割合	<b>15%</b>	60%	5%	20%

#### (4) その他

##### a) 水因性疾患の状況と衛生習慣

最も多い疾病はマラリアであり、次いで下痢・食あたりと続く。南部地域では下痢の割合が60%であり、不衛生な水の飲用や炊事・調理への利用が原因と思われる。調査対象のほぼ全数において、食事前・トイレ時の手洗い、食物の水洗いなどの衛生習慣はあるという回答であった。

表 2-2-12 ンドラ市における主な水因性疾患の状況

	水因性疾患	下痢	食あたり	マラリア	コレラ	チフス	赤痢
北部地域	該当世帯数	19	6	35	0	0	3
	割合	<b>44%</b>	14%	81%	0%	0%	7%
南部地域	該当世帯数	34	8	46	1	1	0
	割合	<b>60%</b>	14%	81%	2%	2%	0%
全体	該当世帯数	53	14	81	1	1	3
	割合	53%	14%	81%	1%	1%	3%

##### b) 下水・衛生設備の状況

下水道については、上水道と同様に南部地域の方が、整備が遅れている。水洗トイレの設置率は、調査対象のうち北部地域では70%であるのに対し、南部地域は56%であった。給水カテゴリー一別にみると、高所得地区では100%であるのに対して、順次設置率が下がり、郊外地区においては10%の設置率であった。

表 2-2-13 ンドラ市におけるトイレ設置状況（地域別）

	トイレの状況	水洗トイレ設置済	穴掘式簡易便所他
北部地域	世帯数	30	13
	割合	<b>70%</b>	30%
南部地域	世帯数	32	25
	割合	<b>56%</b>	44%
全体	世帯数	62	38
	割合	<b>62%</b>	38%

表 2-2-14 ンドラ市におけるトイレ設置状況（給水カテゴリー別）

	トイレの状況	水洗トイレ設置済	穴掘式簡易便所他
高所得地区 High Cost Area	世帯数	34	0
	割合	<b>100%</b>	0%
中所得地区 Medium Cost Area	世帯数	13	4
	割合	<b>76%</b>	24%
低所得地区 Low Cost Area	世帯数	13	15
	割合	<b>46%</b>	54%
郊外地区 Peri-Urban Area	世帯数	2	19
	割合	<b>10%</b>	90%

c) KWSC の上水道・下水道サービスに対する満足度

KWSC への満足度については、上水道・下水道サービス別に 4 段階にて聞き取りを行った。北部地域においては、良いまたは概ね良いと回答した世帯が上水道・下水道サービス共に過半数であったのに対し、南部地域においては半数を下回った。地域間において、給水時間や給水圧などの給水サービスの品質の差が生じていることが原因と考えられる。

表 2-2-15 KWSC に対する満足度（上水道サービス）聞き取り結果

	満足度	1. 良い	2. 概ね良い	3. 普通	4. 悪い
北部地域	世帯数	10	20	2	11
	割合	23%	47%	5%	26%
南部地域	世帯数	13	15	6	23
	割合	23%	26%	11%	40%
全体	世帯数	23	35	8	34
	割合	23%	35%	8%	34%

表 2-2-16 KWSC に対する満足度（下水道サービス）聞き取り結果

	満足度	1. 良い	2. 概ね良い	3. 普通	4. 悪い
北部地域	世帯数	11	22	2	8
	割合	26%	51%	5%	19%
南部地域	世帯数	11	16	5	25
	割合	19%	28%	9%	44%
全体	世帯数	22	38	7	33
	割合	22%	38%	7%	33%

## 2-2-4 環境社会配慮

### 2-2-4-1 計画対象と代替案

本計画の対象となるンドラ市は、「ザ」国中部に位置する「ザ」国第3位の都市であり、同国の東西南北を結ぶ地理的要所であるコッパーベルト州の州都である。「ザ」国の主要産業である銅の生産は主に同州で行われており、経済的に重要な都市である。本計画の給水対象地域であるンドラ市南部（ンドラ市の人口の約半数が居住）は、低所得者層の居住区と郊外地区が多くを占めている。本計画の対象地域には国立公園や自然保護区は含まれておらず、野生動物や貴重種への影響はない。また、樹木の伐採等についても計画されていない。

本計画の事業コンポーネントのうち環境社会に与える影響を検討すべきものとして、浄水場の改修工事、送水管および付帯設備の工事、給水困難地区（カロコ地区）におけるキオスク型公共水栓の建設工事が挙げられる。

本計画に対する代替案の検討としては、① ゼロオプション（計画を実施しない）または② 新規水源開発の2通りが考えられる。前者の場合、既設のカフブ浄水場の老朽化および一次送水管からの漏水が深刻化し、水量および水質の両方の点において給水サービスの更なる低下を引き起こすことから、地域の社会環境に対する負の影響が大きい。特に給水困難地区では、低所得者層または貧困層の住民の浅井戸利用や漏水地点からの不衛生な水の使用が改善されず、水因性疾病の増加を招くことが考えられる。

また、後者の新規水資源開発として地下水源の開発が考えられるが、大量の地下水の揚水が必要となるため、地下水開発ポテンシャルや既存の井戸への影響を長期に亘って評価することが必要となる。さらに事業としては数十本の井戸施設および調整水槽の建設が必要となり、多額の費用を要するものになる。計画対象地域の逼迫した給水状況により事業の緊急性は高まっており、現案の表流水を水源とした既存施設の改修案を早期に実施することが妥当であると判断される。

### 2-2-4-2 ザンビア国における環境社会配慮に係る制度

「ザ」国における環境社会配慮に係る制度については、観光・環境・自然資源省(MTENR: Ministry of Tourism, Environment and Natural Resources)の管轄にあり、その傘下にあるザンビア環境審議会(ECZ: Environmental Council of Zambia)が環境影響評価の審査を実施する。「ザ」国の環境アセスメント規則では、事業の性質に応じて、簡易環境報告書(EPB: Environmental Project Brief)、またはこれより程度の高い環境影響報告書(EIS: Environmental Impact Statement)の作成・提出が必要とされている。

本計画については、① 新規建設ではなく改修事業であること、② ECZ 担当官の現地踏査の結果、EPB 該当の事業であると判断されること、の理由により、EPB 該当事業であることが2010年5月の準備調査(その1)で確認されている。これを受けて、準備調査(その2)の現地調査期間である2010年9月24日に、本事業の実施機関となるKWSCは本計画に対するEPBをECZへ正式に提出し、2010年11月10日にECZよりEPBに対する承認書を受領した(巻末資料7-5)。承認に際する付帯条件については表2-2-17に示す緩和策の実施により対処が可能である。

### 2-2-4-3 国際協力機構 環境社会配慮ガイドラインに基づく評価とモニタリング

「国際協力機構 環境社会配慮ガイドライン（2004年4月制定）」（以下、JICA 環境社会配慮ガイドライン）に基づく本計画のカテゴリ分類は、カテゴリBである。このガイドラインに基づき、本計画の実施による環境社会への影響を評価した結果を表 2-2-17 に示す。管路布設工事中の地域交通への影響や管路漏水試験時の排水の影響などが主として考えられるが、適切な緩和策の実施により影響を軽減することが可能であり、環境社会に対して深刻な影響は生じない。

表 2-2-17 本計画による影響評価結果

番号	環境項目	評定	根 拠
<b>(1) 社会環境</b>			
1	非自発的住民移転	D	本計画における工事内容は、浄水場の改修、送水管および付帯施設の布設、キオスク型公共水栓の建設である。浄水場の改修工事については、既設の場内で実施される。また、送水管路および付帯施設の布設については、公道に沿って実施される。キオスク型公共水栓については公用地に建設されるため、非自発的住民移転は発生しない。
2	雇用や生計手段等の地域経済	F	大規模工事による地域住民の雇用機会が促進されるため、地域経済に良い影響をもたらす可能性が期待できる。
3	土地利用や地域資源利用	D	上記1の通り、本計画における工事は、既存施設内、公用地、公道内で実施されるため、土地利用および地域資源利用に対する影響は生じない。管路は既設管に沿って埋設するため新たな用地取得は発生しない。また土捨場・資材仮置場は公用地を利用する。これらの土地利用許可をンドラ市役所から 2011年11月8日に取得済みである。カロコ地区のキオスク型公共水栓は公用地に建設する。予定地6箇所の利用許可を2010年9月16日にンドラ市役所から取得済みである。
4	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	本計画は既存施設の改修を内容とするため、影響は生じない。ただし、カロコ地区内のキオスク型公共水栓建設予定地では、無償資金協力実施段階におけるソフトコンポーネントの一環として、公共水栓の運営維持管理体制構築を目的とした住民集会を実施する（巻末資料5 ソフトコンポーネント計画書を参照）。
5	既存の社会インフラや社会サービス	B	1) ナカプタ配水池～スカイウェイズ配水池間の送水管改修区間については、地域の幹線道路区間であるため、工事期間中の地域交通に配慮する必要がある。 2) 既設管路と改修管路の接続時および漏水試験時に、断水時間が短くなるよう配慮する必要がある。
6	貧困層・先住民・少数民族	F	本計画には、貧困層居住地区（カロコ地区）へのキオスク型公共水栓による給水が含まれることから、貧困層に対して良い影響が期待できる。

番号	環境項目	評価	根拠
7	被害と便益の偏在	D	本計画は既存施設の改修を内容とするため、本計画による被害と便益の偏在は生じない。加えて、対象地区の選定は、貧困層支援を重視して実施されたものである。
8	遺跡・文化財	D	本計画は既存施設の改修を内容とするため、文化財に影響を及ぼすことはない。 遺跡や文化財は本改修工事箇所には存在しない。
9	地域内の利害対立	D	カロコ地区内のキオスク型公共水栓建設地では、水販売を行うベンダーの選定など、コミュニティ内の利害関係に対して、住民集会の開催等を通じて十分な対話を行うことから影響はほとんど無視できる。
10	水使用・水利権・入会（いりあい）権	D	本計画に必要な水利権については、KWSC がエネルギー・水開発省より取得済みである。本計画に入会権の必要箇所は存在しない。
11	公衆衛生	F	既設管路の改修により、これまで地域住民が利用していた漏水地点（特に貧困層居住地区）からの不衛生な水の利用が低減されるため、良い影響が期待できる。
12	災害（リスク）、HIV/AIDS のような感染症	D	計画対象地域に山地や急傾斜地は含まれておらず、本計画による地滑りなどの自然災害のリスクが生じることはない。 工事労働者による HIV/AIDS などの感染症が発生する可能性については、雇用者による啓蒙などの適切な予防対策をとることから影響はほとんど無視できる。
<b>(2) 自然環境</b>			
13	地形・地質	D	大規模な採石、切土、盛土は計画されていない。
14	土壌浸食	D	本計画は既存施設の改修を内容とするため、土壌浸食への影響は生じない。
15	地下水	D	地下水の揚水は計画されていない。
16	湖沼・河川流況	D	既存施設以外で湖沼・河川からの大規模な取水は計画されていない。
17	海岸・海域	D	本計画の工事箇所には海岸および海域は含まれていない。
18	動植物・生物多様性	D	本計画の工事箇所は、野生生物や貴重種の生息する自然保護区域の中に位置しておらず、工事中、施設供用時ともに影響は生じない。
19	気象	D	本計画は既存施設の改修を内容としており、本計画に起因する気象の変化はない。
20	景観	D	本計画は既存施設の改修を内容としており、景観が悪化することはない。
21	地球温暖化	D	本計画は既存施設の改修を内容としており、地球温暖化を促進する可能性はない。

番号	環境項目	評定	根拠
<b>(3) 環境汚染</b>			
22	大気汚染	D	工事期間中の排気については、適切な工事管理により、深刻な影響を防ぐことが可能である。
23	水質汚濁	D	工事期間中の排水については、適切な工事管理により、深刻な影響を防ぐことが可能である。カフブ浄水場の排水は処理池を通して放流される。
24	土壌汚染	D	工事において有毒な物質や化学物質は使用されない。
25	廃棄物	B	管路改修工事により、大量の掘削土が発生する。大部分の掘削土について、管路布設後に埋戻しによる再利用が必要である。
26	騒音・振動	B	管路改修工事の際に、重機による工事が想定される。重大な騒音・振動は発生しないが、一部の改修区間については、居住地区の近くで工事が行われるため、近隣住民に対する配慮が必要である。
27	地盤沈下	D	本改修工事では、地下水の揚水は計画されておらず地盤沈下は想定されない。
28	悪臭	D	悪臭の元となる要因はない。
29	沈殿物	D	沈殿物となる要因はない。
30	事故	B	工事車両の通行による地域住民の交通事故や、管路布設の際の重機による事故などの潜在的なリスクは、適切な安全対策をとることによってその影響はほとんど無視できる。
<b>評価分類</b> A: 深刻な影響があるもの、B: 影響があるもの、C: 影響の範囲が不明なもの、 D: 影響がないもの、F: 好影響のもの			

評価結果に対する必要な緩和策およびモニタリング計画を表 2-2-18 に示す。緩和策のうち、交通、廃棄物、騒音・振動等、工事に伴う影響に対するものは KWSC と施工業者との間の業者契約の中で安全衛生などの間接費用として元から含まれる範疇にあり、新たな費用が発生するものではない。また、断水日時の通知に関しては KWSC が通常予算に基づいて行う。こうした緩和策のモニタリングは「ザ」国側実施機関である KWSC が行う。これは施主が行う工事状況の定期的な現場確認に含まれる内容であり、KWSC の通常予算により実施される。

表 2-2-18 緩和策およびモニタリング計画

想定される影響	緩和策または回避策	モニタリング計画
<b>【交通】</b> ナカプタ配水池～スカイウェイズ配水池間の送水管改修区間については、地域の幹線道路区間であるため、工事期間中の地域交通に配慮する必要がある	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工事標識を適切に設置し、車両または歩行者に対して注意喚起を行う</li> <li>・ ガードマンを配置し、交通整理等に従事させる</li> <li>・ トラック等の車両を減速させるためのハンプ（丘状隆起帯）を設置する</li> </ul>	<b>【方法】</b> ・ 交通渋滞の有無について現場にて確認する ・ 適切な安全対策が講じてられているか現場にて確認する <b>【期間】</b> ：送水管布設工事期間 <b>【頻度】</b> ：1 回/月

想定される影響	緩和策または回避策	モニタリング計画
<b>【断水】</b> 新設管と既設管の接続工事時および漏水試験時に断水時間が短くなるよう配慮する必要がある	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象の給水区に対して、断水が生じる日時を事前に通知する</li> </ul>	適宜
<b>【廃棄物】</b> 管路改修工事により、大量の掘削土が発生する	<ul style="list-style-type: none"> <li>大部分の掘削土について、管路布設後に埋戻しによる再利用を行う</li> </ul>	<b>【方法】</b> 掘削土の埋戻し状況を確認する <b>【期間】</b> 送水管布設工事期間 <b>【頻度】</b> 1回/月
<b>【騒音・振動】</b> 管路改修工事の際に、重機による工事が想定される。重大な騒音・振動は発生しないが、一部の改修区間については、居住地区の近くで工事が行われるため、近隣住民に対する配慮が必要である。	<ul style="list-style-type: none"> <li>適切なマフラーや騒音を弱める装置を付けた重機を使用し、工事中の騒音・振動を軽減する</li> <li>居住地区の近くでは夜間の工事を避ける</li> </ul>	<b>【方法】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>工事中の重機の使用状況を現場にて確認する</li> <li>近隣住民へヒアリングし、苦情等が発生していないか確認する</li> </ul> <b>【期間】</b> 送水管布設工事期間 <b>【頻度】</b> : 1回/月

本計画の環境チェックリストおよびモニタリングフォームを巻末資料 7-3、7-4 に添付する。これは JICA 環境社会配慮ガイドラインの内容を調査団から KWSC に説明し、合意を得た上で KWSC と共同で作成したものである。

### 2-3 その他（グローバルイシュー等）

本計画は、貧困層を多く含む対象地区において安全な水へのアクセスを増加させるものであり、事業実施後は、婦女子の水汲み労働の軽減による就学機会の増加、就労機会の増加による家計向上、衛生状況の改善に伴う水因性疾病の減少やこれに伴う医療費の軽減等の副次的な影響がもたらされることが予想され、これらを通じて貧困削減に寄与することが期待される。特に郊外地区において計画するキオスク型公共水栓の導入に当たっては、ソフトコンポーネントの中で実施する住民集会や衛生啓発活動を通じて女性の意見や役割に十分配慮する計画とする。

また、「ザ」国ではこれまでにコンゴ民主共和国との国境付近において越境した難民・不法移民が窃盗・強盗を働く等の治安の悪化が見られている。本計画の対象地であるンドラ市もコンゴ民主共和国に隣接しており、2011年1月に不法移民が一度に200人逮捕される取締りが行われている。ンドラ市では人口増加により街区が拡大しており郊外地区では水道整備が追いついていない状況にあるため、本計画の実施により衛生状況が改善されて民生が安定し、ひいては都市の治安向上に繋がることを期待される。

## 第 3 章 プロジェクトの内容

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

#### 3-1-1 上位目標とプロジェクト目標

##### 3-1-1-1 プロジェクトの上位目標

「ザ」国の第6次国家開発計画の中で、給水衛生に関する方針として、「都市および都市周辺地域を対象とした安全な水の開発と持続的な供給」が7つの主要な戦略のうちの1つに挙げられており、2014年までに10都市で水道施設の改修事業を行うことが目標とされている。また、国家都市給水衛生プログラム（NUWSSP: National Urban Water Supply and Sanitation Programme）において、「無収水対策」及び「主な既存の都市型給水施設の整備／改修」は2009年から2015年にかけて取り組むべき課題とされている（1-1-2 開発計画参照）。本計画ではンドラ市の給水サービスが向上し、対象地域住民の生活環境が改善されることを上位目標とする。

##### 3-1-1-2 プロジェクト目標

「ザ」国の都市給水率は73.9%<sup>1</sup>、都市周辺に広がる未計画居住区（Peri-Urban Area）では44%（2007年 FNDP）であり、都市の人口が増大する中で貧困層に対して安全な水へのアクセスを高めることは急務である。また、「ザ」国の大都市の上下水道施設には1964年の独立以前の英国統治時代に建設されて現在も利用されているものがあり、こうした比較的早期に整備が進んだ施設は老朽化が進んで漏水など故障が頻発し、更新時期を迎えているものが多い。本計画ではンドラ市の市街部および郊外地域を対象として、既存上水道施設の改修および拡張を通じてンドラ市における給水状況が改善されることを目標とする。

### 3-1-2 プロジェクトの概要

本計画は、上記目標を達成するために表 3-1-1 の内容の計画を実施するとともに、ソフトコンポーネントを通じた維持管理にかかる支援活動を行うものである。本計画の実施によって、給水困難地区における2万3千人の給水人口の増加と、改修対象路線の配水区において給水時間が現状より6時間程度増加することが期待される。

---

<sup>1</sup> : Urban and Peri-Urban Water Supply and Sanitation Sector Report 2009/2010, NWASCO

表 3-1-1 プロジェクトの概要

番号	施設	計画内容
①	カフブ浄水場の取水ポンプ および関連施設の更新	取水ポンプ 予備 2 台更新、 チェーンブロック 1 台更新、床排水ポンプ 2 台更新、 取水ポンプ制御盤改修、400V 進相コンデンサ盤設置
②	カフブ浄水場の薬品注入設 備の更新	凝集剤注入設備更新（攪拌機 3 台、注入ポンプ 3 台）、 攪拌機・注入機の配電盤設置および制御盤改修、 塩素注入設備更新（前塩素、後塩素）
③	カフブ浄水場の沈殿池集水 トラフの更新	FRP 製トラフ（370×280×8,400mm）の更新、 Stage-1 40 本、Stage-2 96 本 *
④	カフブ浄水場の急速濾過池 の逆流洗浄設備	Stage-2 の逆洗ポンプ 3 台およびブロワ 2 台更新、ブロワ制御 盤設置、逆洗配管の弁 3 ヶ×17 組更新、送水渠内の角落し設 置、サイフォン手動制御装置 17 組新規設置
⑤	カフブ浄水場の送水ポンプ および関連施設の更新	送水ポンプ 5 台更新（常用 4+予備 1）、床排水ポンプ 2 台更 新、サージタンク補修、浄水池水位警報装置設置、送水ポン プ制御盤更新、3.3kV 進相コンデンサ設置、 超音波流量計設置
⑥	カフブ浄水場の小規模な 修理	取水塔内の排水ポンプ 1 台更新、スイッチ盤設置
⑦	ナカプタ配水池からスカイ ウェイ配水池までの送水 管および付帯設備の埋設	ダクタイル鋳鉄管（φ 800mm×5.03km、φ 450mm×0.81km、 φ 600mm×0.02km）埋設、 弁類（仕切弁・空気弁・排泥弁）設置
⑧	カロコ地区のキオスク型 公共水栓の建設	キオスク型公共水栓 6 箇所建設、 鋼管埋設（φ 100mm×3.13km）、 弁類（仕切弁・空気弁・排泥弁）設置
⑨	アッパー・ムシリ地区への 送水管および付帯設備の 埋設	分岐管（φ 300mm×70m、φ 250mm×140m、φ 400×30m）の 埋設、 分岐弁の設置
⑩-1	チフブ配水池からのコンク リート製配水本管および 付帯設備の埋設	ダクタイル鋳鉄管（φ 700mm×2.06km、φ 300mm×0.07km） 埋設、弁類（仕切弁・空気弁・排泥弁）設置
⑩-2	ノースライズ配水池からの コンクリート製配水本管 および付帯設備の埋設	ダクタイル鋳鉄管（φ 500mm×1.60km、φ 150mm×0.02km） 埋設、弁類（仕切弁・空気弁・排泥弁）設置
⑪	カニニ水質分析所の分析 機材の設置	ガスクロマトグラフの設置、 原子吸光光度計のアクセサリの補充
⑫	上記項目に必要な大口徑 水量計の設置	積算流量計 7 基（φ 100～800mm）の設置

\* カフブ浄水場は 2 系列となっており、Stage-1 が 1966 年に、Stage-2 が 1975 年に完工している。

## 3-2 協力対象事業の概略設計

### 3-2-1 設計方針

#### 3-2-1-1 基本方針

本計画は、コッパーベルト州の州都であるンドラ市における給水状況を改善し、安全な水へのアクセス率の向上を目標とする既存上水道システムの改修・拡張計画である。基本方針を以下とする。

- ① 要請内容に対して「裨益人口」、「緊急度（水困窮度）」、「施設の老朽度」の観点から協力対象を選定する。
- ② ンドラ市の中でも貧困層の多い南部地域を主たる裨益の対象とする。
- ③ 既存施設の能力の回復を基本としたうえで計画年次を2020年として施設の能力を検証する。
- ④ 現地調査結果を基に、使用可能な施設は現況のまま使用し、施設の更新や新設は必要最小限に留める。

#### 3-2-1-2 自然環境条件に対する方針

自然条件に対する方針は以下のとおりとする。

##### (1) 降雨量

計画対象地域は下記に示されるように雨期と乾期が明確に区分された気候であり、雨期には集中豪雨となることも多い。計画対象の管路は比較的平坦であり道路冠水が発生することがある。従って、現地の気象条件、地形、排水条件、地下水位に適合した設計とする。管路の管理施設のうち、弁室には水抜管を設置する。また、排水設備については排水不良とならないように位置を選定する。管路工事の埋め戻しについては降雨による浸食に対して十分な土被りを確保する。管路布設工事はできる限り雨期を避け乾期に実施して工事の品質を確保する。カフブ浄水場の機械電気設備には落雷の被害が見られるため避雷設備を設置する。

表 3-2-1 雨期、乾期の期間と平均月間降雨量

気候区分	期間	月間平均降雨量	備考
雨期	11月～3月	337mm～1,321mm	1999～2010年
乾期	4月～10月	0mm～23mm	同上

##### (2) 気温

ンドラ市の月平均最高気温は26～32℃であり、日中の最高気温は40℃前後まで上昇することもあるため、コンクリート打設時の温度管理や養生を適切に行うなど、現地の気温特性に適合した施工計画として、設計品質を確保する。

### 3-2-1-3 社会経済条件に対する方針

ンドラ市では比較的早期から上水道の整備が進んだが、街区が拡大しており施設の整備が追いついていない地域が見られる。一方で、近年は HIV/AIDS の影響があることから急激な人口増加は生じない見通しである。計画対象地区の人口増加と今後の水道整備の状況を検討して必要十分となるよう施設能力を計画する。

「ザ」国における電力供給は、半官半民の電力会社である ZESCO が全国を統一して行っている。地域によって 3 時間半程度の計画停電が年に数回あり、新聞等で前もって通知される。本計画によるポンプ施設は停電時の水撃に耐えるような設計とする。電気設備については停電と復旧時の突入電流等の影響が少なくなるように設計する。

電力料金は上昇傾向にあり 2009 年に続き 2010 年 7 月 1 日に電力料金が値上げされた。これにより各上下水道公社もポンプ設備の運転費用が増加するため水道料金の値上げを余儀なくされる見通しである。本計画においても動力費および維持管理費の低減を目指した施設設計とする。

### 3-2-1-4 建設事情／調達事情に対する方針

#### (1) 準拠法

「ザ」国における労働基準法を基に、建設工事に係る協定を、建設系労働組合の全国組織 (National Union of Building, Engineering & General Workers) と建設業協会 (The Association of Building & Civil Engineering Contractors) が毎年結んでいることから、最低賃金や労働時間についてはこれに準拠する。

#### (2) 準拠規格

「ザ」国においては水道に関する設計基準が整備されていないため、資機材や工事の仕様・品質・試験方法等は ISO および JIS 規格に準拠するものとする。また、水質基準についてはザンビア基準局 (Zambia Bureau of Standard) 発行の飲料水基準に従うものとする。

#### (3) 建設事情

「ザ」国では、現地建設会社の大部分は小規模であり、建設工事に関する知識や技術を有する技術者や技能工が少ないのが現状である。南アフリカ等の外国系建設会社は首都ルサカ市に統括事務所を、また主要な地方都市に支店を設け、建設機械や外国人技術者を保有して十分な施工能力と施工実績を持っているところがある。このような会社を活用することで品質確保と工期の削減を図ることを検討する。

#### (4) 工所用資機材

「ザ」国内で流通している鉄筋、セメント、砂、砂利、石等は現地調達資材とする。バックホウ・ブルドーザ・クレーンなどの汎用建設機械は必要量にもよるが「ザ」国内でも調達可能である。小口径の管材は「ザ」国内で流通しているが、本計画では大口径・中口径の管材を大量に使

用するため、品質確保と調達規模の点から日本または第三国からの調達とする。ポンプ・電動機・配電盤類についても「ザ」国での生産は限られることから日本または第三国からの調達とする。

### 3-2-1-5 現地業者（建設会社、コンサルタント）の活用に係る方針

浄水場の工事および管路工事について、1年近くにわたる施工規模と施工の難易度を勘案して類似工事の実績を持つ現地の外国系建設会社を活用する方針とする。また、本件の工事はカフブ浄水場からチフブ配水池までの約30km区間に点在し、並行して実施されるため、対象工事について専門のローカルコンサルタントを配置して各施工箇所における施工監理を行う計画とする。

### 3-2-1-6 運営・維持管理に対する対応方針

本計画の「ザ」国側実施機関であるKWSCはンドラ市庁から独立して公社化されており、独立採算制による経営の状況は良好である。また、浄水場や管路施設の維持管理の実施については一定の技術水準に達している。本計画の対象施設については、KWSCが運営・維持管理を行う。

本計画の実施により、カフブ浄水場の改修に伴う凝集処理プロセスの復旧、送水管路施設の改修と流量計の新規設置、ガスクロマトグラフ（水質分析機材）の新規導入、DTFファン<sup>1</sup>を利用しないキオスク型公共水栓の建設が計画されており、従来に加えた新規の浄水工程管理・維持管理活動が必要となることから、本計画のソフトコンポーネントにて維持管理にかかる支援活動を行い、事業の持続性を図る。

### 3-2-1-7 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

施設の主要機材となるポンプ類およびダクタイル管は、日本または第三国調達を想定している事から、ISOまたはJIS規格によって品質を保証する。また、浄水場設備は、既存施設の能力復旧を計画していることから、既設と同等のグレードとなるようにするが、ポンプや沈殿池の集水トラフなど、既設機材のうち劣化の程度が著しいものについては強度や品質の高いものを計画する。キオスク型公共水栓についてはDTFマニュアルに記載された「ザ」国の標準構造とする。水質検査機材については、「ザ」国の水質基準項目を検出可能なレベルの機材とし、現地でのスペアパーツ入手や維持管理の容易さに考慮して計画する。

### 3-2-1-8 工法／調達方法、工期に係る方針

#### (1) 浄水場施設工事

既設浄水場を利用しながら施工を行うこととする。2系列あるカフブ浄水場の1系列を運転し、別の系列を弁や角落しで締め切って改修工事を行う。電気設備については特別高圧機器を取り扱うことから安全面に配慮して、一括遮断して工事を行う期間を設ける。

---

<sup>1</sup> : 「1-4 他ドナーの援助動向」に前述。

## (2) 管路布設工法

既設管路は原則として撤去せずにこれに沿った位置に新設管を計画する。既設管は布設から年数が経っており、埋設位置が不明な区間や住宅・畑地となっている箇所があることに注意する。管路工事に先立ち、用地の確認や道路占有等の手続きを行う。また、新設管の計画箇所では試掘を行い、地下埋設物（電気、電話、上下水道、排水暗渠など）の有無を確認し、存在する場合にはKWSCを通じて所有者に対して移設を依頼する。

管路工事の総延長は13kmあり、工区を分けて各区間で工事を並行して行う。施工区間は一般道路であるため、歩行者・車両の交通を確保し安全に留意した計画とする。布設するダクタイトイル管は重量物であることから、クレーン付トラック等を利用して安全に吊り下ろしを行う。管路布設後は、早期に通水試験と埋め戻しを行い、交通に対する影響が最小限となるように計画する。既設管路との繋ぎこみにあたって一時的な断水が必要となる場合はKWSCを通じて広報などにより日程を需要家に連絡する。

## (3) 調達方法

調達する資機材のうち、ダクタイトイル管（直管、異形管）、弁類、施設更新用機材、また、仮設材である型枠部品、足場材、支保工材などについては、コンテナ等を利用して効率的に輸送する。現地に到着した資機材は施工箇所別に区分して資機材置場に仮置きしたうえ、必要分をダンプトラックやクレーン付きトラック等に搭載して施工箇所へ運搬する。管材の数量が多いことから資機材置場は十分な広さを確保し、施工箇所までの運搬距離が短くなるよう必要箇所数を計画する。

## (4) 工期設定

本事業の工事期間は、17.5ヶ月間と想定される。このうち、11月から翌年3月までの雨期を2回経ると考えられることから、初年度の雨期に工事資機材の調達を行い、乾期には工事箇所を分けて並行作業によって施工量を増やす計画とする。

### 3-2-2 基本計画（施設計画）

#### 3-2-2-1 全体計画

##### (1) ンドラ市の上水道システム

ンドラ市の上水道システムは、カフブ川を挟んで下図に示すようにカフブ浄水場を水源とする南部地域と、イタワ浄水場とミスンド井戸群を水源とする北部地域に大別される。南部地域は、市全体の約 55%の給水人口をカバーしている。

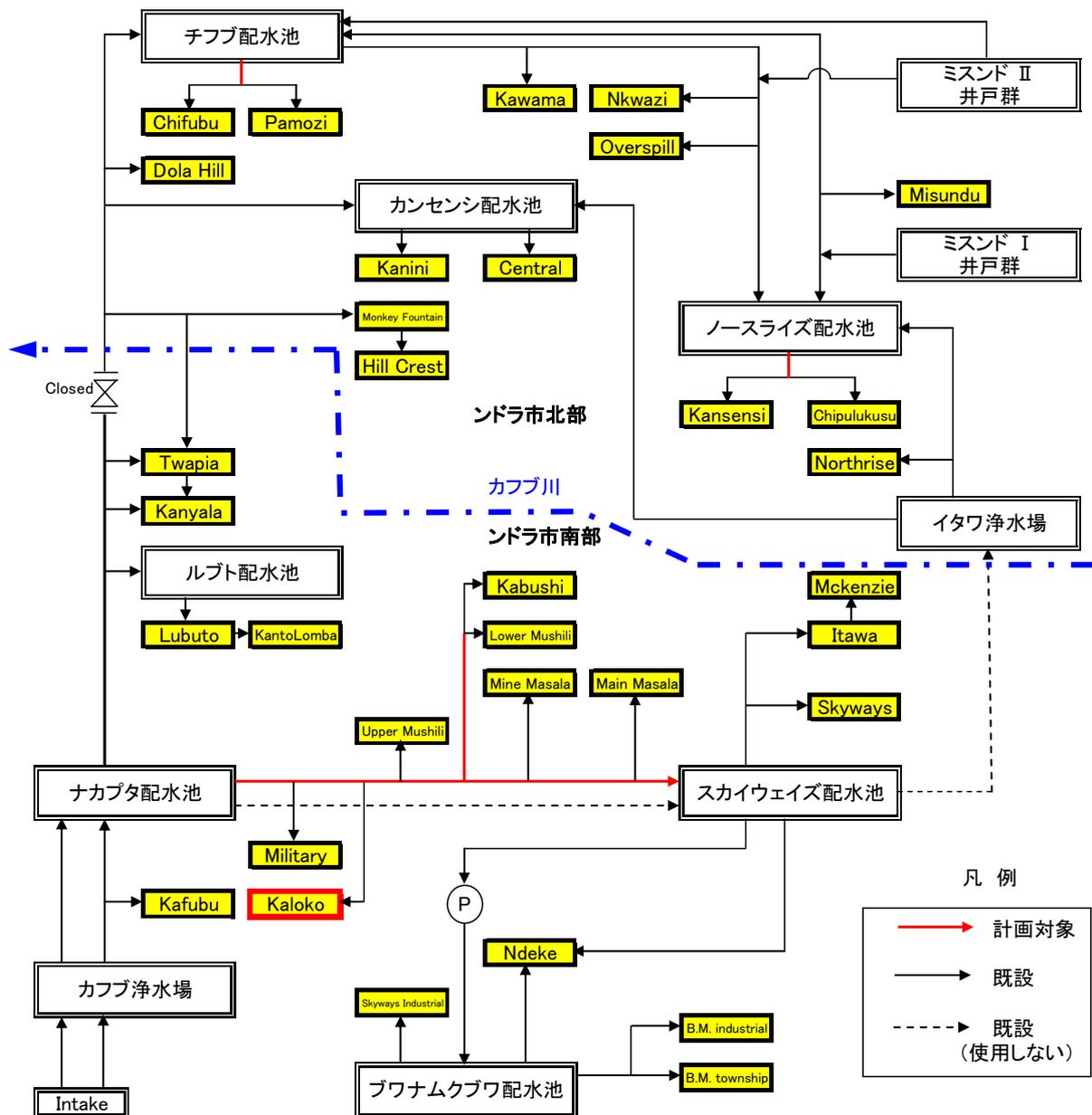


図 3-2-1 ンドラ市給水系統模式図

表 3-2-2 ンドラ市給水区域区分

ンドラ市北部地域  
(水源：イタワ浄水場、ミスンド井戸群)

配水ブロック	住居区分	原単位 (Lpcd)
Hill Crest	高所得地区	280
Monkey Fountain	高所得地区	280
Chifubu	低所得地区	100
Pamodji	中所得地区	160
Northrise	高所得地区	280
Kansenshi	高所得地区	280
Chipulukusu	郊外地区	60
Kawama	郊外地区	60
Nkwazi	郊外地区	60
Overspill	郊外地区	60
Dola Hill	低所得地区	100
Misundu	低所得地区	100
Central	高所得地区	280
Kanini	高所得地区	280

ンドラ市南部地域  
(水源：カフブ浄水場)

配水ブロック	住居区分	原単位 (Lpcd)
Upper Mushili	中所得地区	160
Lower Mushili	中所得地区	160
Kabushi	低所得地区	100
Main Masala	低所得地区	100
Mine Masala	低所得地区	100
Kafubu	低所得地区	100
Kaloko	郊外地区	60
Skyways	中所得地区	160
Skyways Industrial	工業地区	—
Ndeke	中所得地区	160
Itawa	高所得地区	280
Makenzie	郊外地区	60
Bwana Mkubwa Industrial	工業地区	—
Bwana Mkubwa Township	低所得地区	100
Lubuto	中所得地区	160
KantoLomba	郊外地区	60
Kanyala	郊外地区	60
Tawapia	郊外地区	60

表 3-2-3 住居区分と計画一日平均使用水量

住居区分	概 要	KWSC による計画一人一日平均使用水量
高所得地区 (High Cost Area)	建築面積 120m <sup>2</sup> 以上、良質な家屋、 多くの水栓と 1 箇所以上の便所を有する	280 Lpcd
中所得地区 (Medium Cost Area)	建築面積 90~100m <sup>2</sup> 、平均的な家屋、 多くの水栓と 1 箇所かそれ以上の便所を有する	160 Lpcd
低所得地区 (Low Cost Area)	建築面積 60m <sup>2</sup> 以下、最低限の家屋、 少ない水栓で 1 箇所の便所を有する	100 Lpcd
郊外地区 (Peri-urban Area)	共同もしくは個別水栓、 一区画に 1 つの水栓、穴掘式便所	60 Lpcd

Lpcd : Liter per Capita per day

表 3-2-2 は、各水源による地域区分毎に配水ブロック、住居区分、計画一人一日平均使用水量 (Unit: Liter per Capita per day) を示したものである。住居区分は、ザンビア国の基準書「WATER SUPPLY SYSTEMS-CONSUMPTION Figures for design-Guidelines (DZS361:2007 ICS:91.140.60)」にて、表 3-2-3 のように定められている。KWSC ではこれらの住居区分について、計画一人一日平均使用水量を設定している。

## (2) 計画の方針

- ・浄水場は、現況施設能力に復旧する。
- ・管路施設は、当初建設後に水源の追加及び給水区域の変更が行われたことにより、各管路における計画給水量が建設時と異なっている。本計画では、今後の人口増加や給配水管の更新

を考慮して、管路施設の計画年次を概略設計の10年後の2020年として、水理計算により管径を設定する。

### (3) 計画対象人口

「ザ」国政府中央統計局（CSO）の報告書<sup>1</sup>によれば、ンドラ市の2010年の人口予測値は483千人（HIV/AIDSの影響を考慮した推定値）であり、KWSCによる2010年の給水率は86%<sup>2</sup>であることからンドラ市の給水人口は415千人である。このうち本計画の対象となる配水区域の計画対象人口合計は317千人である。ンドラ市庁による現在の人口増加率予測は1.1%<sup>3</sup>であり、この値を用いると2020年の計画対象人口は354千人となる。

## 3-2-2-2 施設計画

### 3-2-2-2-1 計画給水量

#### (1) 計画一日平均使用水量（一般家庭分）

2020年の各計画対象配水区域の人口と前述の住居区分別の計画一人一日平均使用水量から、計画年次の計画一日平均使用水量を求めると、一般家庭分は40,285m<sup>3</sup>/日となる。

表 3-2-4 計画対象となる配水区域の人口と計画一日平均使用水量（一般家庭分）

系統	配水ブロック	住居区分	接続数	施設あたり平均人数	計画対象人口		計画一人一日平均使用水量 (Lpcd)	給水需要 (L/日)		
					2010	2020		2010	2020	
カフブ 浄水場	Itawa	高所得地区	842	8	6,736	7,515	280	1,886	2,104	
	Ndeke	中所得地区	1,994	8	15,952	17,796	160	2,552	2,847	
	Lubuto	中所得地区	3,995	8	31,960	35,655	160	5,114	5,705	
	Skyways	中所得地区	176	8	1,408	1,571	160	225	251	
	Mushili	中所得地区	3,492	8	27,936	31,166	160	4,470	4,986	
	Main Masala	低所得地区	1,716	8	13,728	15,315	100	1,373	1,532	
	Mine Masala	低所得地区	1,066	8	8,528	9,514	100	853	951	
	Mwaiseni/Kanyala	低所得地区	31	8	248	277	100	25	28	
	Kafubu	低所得地区	14	8	112	125	100	11	12	
	Kabushi	低所得地区	2,416	8	19,328	21,562	100	1,933	2,156	
	Kantolomba	公共水栓	郊外地区	8	1,500	12,000	13,387	60	780	870
		個別水栓		22						
	Kaloko	公共水栓	郊外地区	6	1,500	9,000	10,040	60	720	803
		個別水栓		59						
	Tawapia	公共水栓	郊外地区	20	1,500	30,000	33,468	60	2,580	2,878
		個別水栓		424						
	Mckenzie	公共水栓	郊外地区	3	1,500	4,500	5,020	60	540	602
個別水栓		3		4,500						
小計					202,936	226,397	—	23,062	25,725	
チフブ 配水池	Pamodzi	中所得地区	2,811	8	22,488	25,088	160	3,598	4,014	
	Chifubu	低所得地区	5,148	8	41,184	45,945	100	4,118	4,595	
	小計					63,672	71,033	—	7,716	8,609
ノースライズ 配水池	Kansenshi	高所得地区	1,310	8	10,480	11,692	280	2,934	3,274	
	Chipulukusu	Kiosks	郊外地区	24	1,500	36,000	40,162	60	2,400	2,677
				Individual						
	小計					50,480	56,316	—	5,334	5,951
計画対象地域 合計					317,088	353,746	—	36,112	40,285	

(KWSC 計画部資料)

<sup>1</sup> : 2000 Census Population Projections Report, CSO

<sup>2</sup> : Urban and Peri-Urban Water Supply and Sanitation Sector Report2009/2010, NWASCO

<sup>3</sup> : Summary Report for the 2000 Census of Population and Housing, CSO

## (2) 計画一日平均使用水量（全体：一般家庭分＋公共施設＋工業利用）

計画一日平均使用水量（全体）は、一般家庭分の計画一日平均使用水量に、KWSC との協議により現在の配水量を考慮した割合として、その他利用（学校・病院等）20%および工業利用 45%を加算する。

区 分	係数 (%)
その他（学校・病院等）	20
工業利用	45

## (3) 計画一日平均給水量

KWSC の資料より現時点の漏水量（NRW）は、48.2%となっている。本計画により、幹線管路の改修を行い、漏水量を 40%まで軽減する計画とする。今回改修対象外となる配水管より相当量の漏水が懸念されることから、漏水量を 40%以下とすることは困難である。従って、計画有効率を 71.4% (=1/1.4)とする。

計画一日平均使用水量（全体）

$$= (\text{一般家庭分の計画一日平均使用水量}) \times (1.00 + \text{学校・病院等 } 0.20 + \text{工業利用 } 0.45)$$

計画一日平均給水量

$$= (\text{計画一日平均使用水量（全体）}) \div \text{計画有効率（0.714）}$$

## (4) 計画一日最大給水量

計画一日最大給水量は、計画一日平均給水量を計画負荷率で除して算出する。KWSC との協議の結果、給水量の変動を表す係数は 1.2 であり、計画負荷率はこの逆数である 83.3% (=1/1.2) とする。

$$\text{計画一日最大給水量} = \text{計画一日平均給水量} \div \text{計画負荷率（0.833）}$$

## (5) 計画時間最大配水量

計画時間最大配水量は、計画一日最大給水量に係数を乗じて算出する。カフブ浄水場の計画一日最大給水量は、約 75,000m<sup>3</sup>である。「水道施設設計指針 2000 日本水道協会（以下「指針」という）」p.429 においては、計画一日最大給水量 75,000m<sup>3</sup>に対する住宅地域の時間係数は、1.45 となっている。従って、本計画の対象地域の給水目標時間が 18 時間であることを考慮して、時間係数は、以下のとおりとする。

$$1.45 \times 24/18 = 1.93 \rightarrow 2.00$$

$$\text{計画時間最大配水量} = \text{計画一日最大給水量} \times \text{時間係数 } 2.0$$

## (6) 給水量のとりまとめ

(1)から(5)による本計画区域内の計画給水量をとりまとめると、次表のとおりである。

表 3-2-5 計画給水量とりまとめ

区 分	計画一日 平均給水量 (一般家庭分) (m <sup>3</sup> /日)	計画一日 平均給水量 (m <sup>3</sup> /日)	計画一日 最大給水量 (m <sup>3</sup> /日)	計画時間 最大配水量 (m <sup>3</sup> /日)
カフブ浄水場	25,725	59,449	71,339	142,678
チフブ配水池	8,609	19,895	23,874	47,748
ノースライズ配水池	5,951	13,752	16,502	33,004
計画対象合計	40,285	93,095	111,714	223,428

## (7) 施設と計画給水量

各施設の定義を以下のフローのとおりとする。



対象とする計画給水量は、下記のとおりとする。

計画給水量区分	対 象 施 設
計画一日平均給水量	—
計画一日最大給水量	取水施設、導水施設、浄水場、送水施設、配水池
計画時間最大配水量	配水施設

## (8) 各施設必要容量

### ① カフブ浄水場取水施設

計画取水量は、計画一日最大給水量に浄水場内利用分 5%を見込む。

$$\text{計画取水量} = 71,339\text{m}^3/\text{日} \times 1.05 = 74,906\text{m}^3/\text{日}$$

### ② カフブ浄水場導水施設

導水施設の必要容量は、取水施設（計画取水量）と同様とし、74,906m<sup>3</sup>/日とする。（指針 p.129）

### ③ カフブ浄水場

本計画ではカフブ浄水場の計画浄水量を現況施設能力 81,800m<sup>3</sup>/日として復旧し、通常は取水量に合わせて運転を行う。

計画浄水量 81,800m<sup>3</sup>/日は、計画取水量 74,906m<sup>3</sup>/日に 10%程度の予備力を含む値であり、浄水場の改良、更新時における浄水能力の維持、また災害時や機器の故障、事故等に際しても、給水への影響を最小化し復旧を迅速化することを考慮したものである。(指針 p.145)

#### ④ カフブ浄水場送水施設

送水施設容量は、計画一日最大給水量とし、71,339m<sup>3</sup>/日とする。

#### ⑤ 配水池

現況施設能力（滞留時間）をとりまとめると、下表のとおりである。

表 3-2-6 配水池の滞留時間

配水池	計画一日最大 給水量 (m <sup>3</sup> /日)	実容量 (m <sup>3</sup> )	実滞留時間 * (時間)
ナカプタ	78,891	45,600	13.9
スカイウェイズ	12,151	4,500	8.9
ブワナムクブワ	12,267	4,300	8.4
チフブ	47,318	15,900	8.1
ノースライズ	16,496	8,300	12.1

\* 実滞留時間 = 実容量(m<sup>3</sup>) ÷ 計画一日最大給水量 (m<sup>3</sup>/日) × 24 (時間/日)

既設配水池の施設能力は、上表のとおり、8.1～13.9 時間分となっている。

配水池の施設は、需要水量の時間変動の調整および非常時において一定時間給水できる能力とし、日本国内においては 12 時間を標準としている。本地域においては、日本国内と比較して、時間変動も少なく、概ね 8 時間以上の容量を保持していることから、配水池の能力は問題ないと判断する。従って、管路施設の設計にあたっては、配水池の能力を加味して、配水管施設能力を決定する。

### 3-2-2-2 カフブ浄水場施設計画

#### (1) 水質条件

カフブ浄水場の原水 (Raw Water) と浄化水 (Treated Water) の水質について、2009年9月～2010年3月のデータを月報より調査した。最大値、平均値、最小値と共に調査結果を下表に示す。

表 3-2-7 カフブ浄水場の水質

#### 原水

	pH	伝導度	TDS	TSS	濁度	色度	残留塩素	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	総7カリ度	総硬度	Ca	Mg	TC	FC
	-	μS/cm	mg/L	mg/L	NTU	度	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	/100mL	/100mL
2009 9月	7.8	355	237	60	34	10	-	32	8	190	187	47	17	TNTC	TNTC
" 10月	8.4	337	225	15	18	15	-	20	39	190	130	32	12	TNTC	92
" 11月	8.8	325	217	11	54.0	40	-	12	25	186	162	43	13	340	90
" 12月	8.8	337	225	20	28.0	40	-	27	71	155	154	41	13	20	ND
2010 1月	7.8	258	172	13	20.0	20	-	30	14	156	154	38	15	120	55
" 2月	6.8	315	210	14	9.0	10	-	18	13	75	128	40	7	90	10
" 3月	6.8	266	177	12	7.5	15	-	14	25	191	18	41	6	9	-
最大	8.8	355	237	60	54.0	40	-	32	71	191	187	47	17	340	92
平均	7.9	313	209	21	24.4	21	-	22	28	163	133	40	12	116	62
最小	6.8	258	172	11	7.5	10	-	12	8	75	18	32	6	9	10

#### Stage-1 浄水

	pH	伝導度	TDS	TSS	濁度	色度	残留塩素	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	総7カリ度	総硬度	Ca	Mg	TC	FC
	-	μS/cm	mg/L	mg/L	NTU	度	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	/100mL	/100mL
2009 9月	7.5	346	231	30	21	5	1.0	27	7	190	170	40	17	-	-
" 10月	7.3	357	238	4	5	5	0.4	28	26	180	154	33	17	-	-
2010 1月	7.7	321	214	7	11.8	10	0.2	20	9	160	156	42	13	-	-
" 2月	6.8	338	225	2	0.6	5	0.6	22	29	78	130	48	2	-	-
" 3月	7.0	286	191	2	6.1	5	0.1	17	34	184	120	41	4	-	-
最大	7.7	357	238	30	21.0	10	1	28	34	190	170	48	17	-	-
平均	7.3	330	220	9	8.8	6	0	23	21	158	146	41	11	-	-
最小	6.8	286	191	2	0.6	5	0	17	7	78	120	33	2	-	-

#### Stage-2 浄水

	pH	伝導度	TDS	TSS	濁度	色度	残留塩素	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	総7カリ度	総硬度	Ca	Mg	TC	FC
	-	μS/cm	mg/L	mg/L	NTU	度	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	/100mL	/100mL
2009 9月	7.6	347	231	2	11	5	1.6	30	10	188	180	39	20	-	-
" 10月	7.3	357	238	2	6	5	0.7	27	28	170	124	36	8	-	-
" 11月	8.1	340	227	27	14.0	5	0.5	20	23	128	146	38	13	-	-
" 12月	7.3	364	243	4	7.3	10	0.5	40	64	147	156	46	10	-	-
2010 1月	7.5	326	217	6	13.1	10	0.2	20	10	158	158	44	12	-	-
" 2月	7.0	300	200	6	0.9	5	1.2	20	25	75	134	48	3	-	-
" 3月	7.0	262	175	4	3.4	5	0.2	18	30	179	120	42	6	-	-
最大	8.1	364	243	27	14.0	10	2	40	64	188	180	48	20	-	-
平均	7.4	328	219	7	7.8	6	1	25	27	149	145	42	10	-	-
最小	7.0	262	175	2	0.9	5	0	18	10	75	120	36	3	-	-

#### Stage-1 + Stage-2 浄水

	pH	伝導度	TDS	TSS	濁度	色度	残留塩素	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	総7カリ度	総硬度	Ca	Mg	TC	FC
	-	μS/cm	mg/L	mg/L	NTU	度	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	/100mL	/100mL
最大	8.1	364	243	30	21.0	10	2	40	64	190	180	48	20	-	-
平均	7.3	307	205	9	7.9	7	1	23	27	138	143	43	9	-	-
最小	6.8	262	175	2	0.6	5	0	17	7	75	120	33	2	-	-

TC : 全大腸菌群数  
 FC : 糞便性大腸菌群数  
 TNTC: 数えきれず

上記の調査結果より、Stage-1、と Stage-2 の処理水の水質は、近似している。

次に、原水の水質、Stage-1 と Stage-2 を合わせた浄化水の値、および「ザ」国の飲料水基準を比較した結果を下表に示す。

表 3-2-8 カフブ浄水場水質と水質基準値

項目	原 水			浄 水			ザンビア国基準	備考
	最大	平均	最小	最大	平均	最小		
色							—	
pH	8.8	7.9	6.8	8.1	7.3	6.8	6.5～8.5	
色度 (HU)	40	21	10	10	7	5	15 以下	
電気伝導度 (μS/cm)	355	313	258	364	307	262	2,300 以下	
全溶解性物質 (mg/l)	237	209	172	243	205	175	1,000 以下	
総硬度 (mg/l)	187	133	18	180	143	120	500 以下	
Ca (mg/l)	47	40	32	48	43	33	200 以下	
Mg (mg/l)	17	12	6	20	9	2	150 以下	
塩化物 (mg/l)	32	22	12	40	23	17	250 以下	
アルカリ度	191	163	75	190	138	75	—	
濁度 (NTU)	54.0	24.4	7.5	21	8	1	5 以下	
糞便性大腸菌(数/100ml)							0	

上記の表より、「ザ」国基準値を超える項目は濁度のみである。従って、濁度の除去を行う浄水施設の構築が必要である。なお、河川の濁度は雨天時に急上昇する。現場調査の結果カフブダムの濁度の最大値は 150NTU である。カフブ浄水場の濁度に関する計画条件は、下記とする。

	最大	平均	最小
濁度 (NTU)	150	24.4	7.5

カフブ浄水場の原水は、カフブダムより取水している。カフブダムに流入する水量の大部分は、カフブ川に放流された下水処理水（十分に処理されないものも含む）である。ダムの水は流入する下水を栄養源として藻類が繁茂しているため、浄水施設には藻類の流入に対する対策が必要である。

以上により、処理対象となる水質項目を、濁度および藻類とする。

## (2) 処理方式

既設浄水施設の処理方式は前章の図 2-1-4 に示すとおりである。既設浄水施設の処理方式より、濁度については、凝集剤を着水井で注入し、既設設備で凝集沈殿処理および急速濾過を実施することにより、「ザ」国の基準である NTU 値 5 度未満を遵守することは可能である。また藻類対策としては、既設設備の着水井 に前塩素を注入し、殺藻後に凝集沈殿処理により除去することが可能である。

## (3) 処理水量

現況の施設能力とし、計画処理水量は下記とする。

Stage-1 : 40,900 m<sup>3</sup>/日  
Stage-2 : 40,900 m<sup>3</sup>/日  
合計 : 81,800 m<sup>3</sup>/日

#### (4) 取水ポンプ施設能力

取水ポンプ場では、変圧器の電源容量の制限から各系列（Stage）でポンプ3台を同時に運転することができないため、ポンプの予備機は各系列（Stage）に1台ずつ配置する。従って、既設4台（792m<sup>3</sup>×20m）+新設2台（予備機）とする。

計画取水量 ; 74,906m<sup>3</sup>/日 (3,121m<sup>3</sup>/h)

従って、

ポンプ能力=3,121m<sup>3</sup>/h÷4台=780m<sup>3</sup>/h

既設ポンプ能力と同等として、792m<sup>3</sup>/h/台 とする。

取水ポンプ仕様

形 式	立軸両吸込渦巻ポンプ
吐出量	13.2m <sup>3</sup> /min/台 (792m <sup>3</sup> /h/台)
揚 程	20m
電動機	75kW
台 数	既設4台+新設2台 (内2台予備)

カフブ浄水場の処理方式フローチャート（前章、図2-1-4）に示すように、Stage-1とStage-2は、急速濾過池の入口までは、独立した経路で凝集沈殿処理を行う。従って、各系列（Stage）の沈澱池処理能力は、取水ポンプ2台運転分の流量となる。

通常時の既設取水ポンプの能力は、

Stage-1（常用）=792 m<sup>3</sup>/h×2台=1,584 m<sup>3</sup>/h=38,016 m<sup>3</sup>/日

Stage-2（常用）=792 m<sup>3</sup>/h×2台=1,584 m<sup>3</sup>/h=38,016 m<sup>3</sup>/日

以上の条件で、既設施設の処理能力を検討する。

#### (5) 送水ポンプ施設能力

送水ポンプ施設は、新設5台（常用4台、予備1台）とする。

計画送水量 : 71,339m<sup>3</sup>/日(2,972m<sup>3</sup>/h)

従って、

ポンプ能力=2,972m<sup>3</sup>/h÷4台=743m<sup>3</sup>/h

従って、743m<sup>3</sup>/h/台 とする。

## 送水ポンプ仕様

形 式	立軸両吸込渦巻ポンプ
吐出量	743m <sup>3</sup> /h/台
揚 程	134m
電動機	400kW
台 数	新設 5 台 (内 1 台予備)

## (6) Stage-1 浄水施設の能力の検討

現況施設能力を「水道施設設計指針」(前出)に基づき検討する。既存施設には日本の設計指針に示された施設構造と異なる形式の施設も含まれているが過去の運転記録から既存施設によって一定の浄水処理が行えると判断できる。本計画では既存施設の改修により能力を復旧させることを方針とすることから、既存浄水施設の基本構造を変更しないこととする。

本項では浄水処理施設の各要素について、設計指針上の類似する形式の基準値を参考値として既存施設を改修した場合の能力を検証する。これらの基準値は性能保証のための必要値と施設建設の際の経済性を考慮した上(下) 限值の間の範囲を持つが、本計画が既存施設の改修であり水槽容量等の施設規模を変更しないことから必要値を適用して処理能力の確認を行う。

### 処理水量

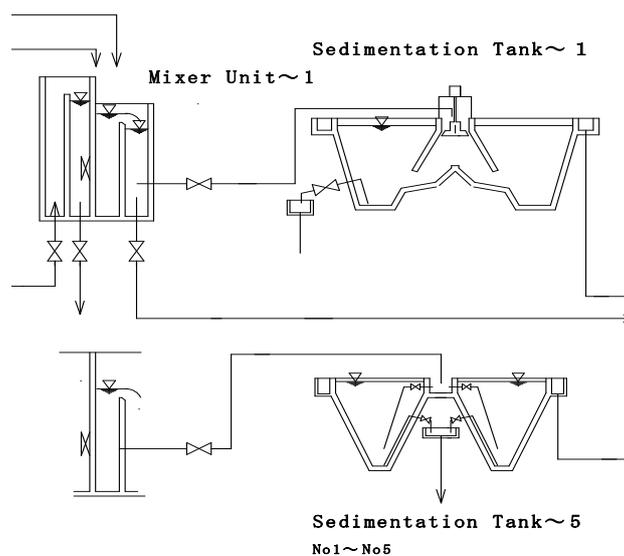
$$40,900\text{m}^3/\text{日} = 1,704\text{ m}^3/\text{h} = 28.4\text{ m}^3/\text{min} = 0.47\text{ m}^3/\text{s}$$

以上の条件で既設能力の検討を行う。

## 1) 凝集沈殿設備

### ① 処理フロー

Stage-1 の凝集沈殿設備のフローを下図に示す。



原水は着水井に流入し、ここで凝集剤(固形硫酸バンド)と前塩素を注入する。その後、φ24.7mのブランケット形の沈殿池と8.1m×8.0m×10池の沈殿池系に均等に2分割される。

## ② 着水井

### A) 既設の池形状

池幅 $W_1$	3.57m
池長 $L_1$	5.0m
水深 $H_1$	4.0m

### B) 検討

$$\text{池容量 } V_1 = W_1 \times L_1 \times H_1 = 71.4 \text{ m}^3$$

$$\text{滞留時間 } T_1 = V_1 \div \text{処理水} = 71.4 \text{ m}^3 \div 28.4 \text{ m}^3/\text{min} = 2.5 \text{ 分}$$

薬品混和時間は 2.5 分であり、基準値を満たすものである。(混和時間 1 分以上、指針 p.186)

## ③ 円形沈殿池 (スラッジブランケット形 $\phi 24.7\text{m}$ ) $\times 1$ 池

Stage-1 に流入した原水の 1/2 を処理する。

$$\text{流入水量} = \text{Stage-1 処理水量} \div 2 = 40,900\text{m}^3/\text{日} \div 2 = 20,450\text{m}^3/\text{日}$$

### A) 既設の池形状

表面半径 :	$r_1 = 12.35 \text{ m}$
下部推測半径 :	$r_2 = 8.2 \text{ m}$
下部推測径までの高さ :	$h = 7.6 \text{ m}$
上部中心半径 :	$r_3 = 1 \text{ m}$
池数 :	1 池

### B) 計算

$$\text{容量 } V_2 = 1/3 \times \pi \times (r_1^2 + r_1 \times r_2 + r_2^2) \times h = 2,554 \text{ m}^3$$

$$\text{表面積 } S_2 = \pi \times (r_1^2 - r_3^2) = 476 \text{ m}^2$$

### C) 検討

既存のフローでは、着水井で凝集剤を添加した原水が沈殿池の流入管まで流れる間に小さなフロックを形成し、沈殿池内ではフロックゾーンを通過しながらフロックが大型化して、沈降する原理となっている。これはフロックの形成を既成フロックの存在下で効率的に行うものであり、高速凝集沈殿池に類似した機構であるためこの形式の基準値を適用する。

$$\text{表面積負荷率} = \text{処理水量} \div S_2 = 20,450\text{m}^3/\text{日} \div 476 \text{ m}^2 = 0.0298 \text{ m}^3/\text{min} \doteq 30\text{mm}/\text{min}$$

(実表面積負荷率)

$$\leq 60\text{mm}/\text{min} \text{ 以下 (指針 p.199)}$$

$$\text{滞留時間 } T_2 = V_2 \div \text{流入水量} = 2,554 \text{ m}^3 \div 20,450\text{m}^3/\text{日} = 180 \text{ 分 (実滞留時間)}$$

$$\geq 90 \text{ 分以上 (指針 p.199)}$$

表面積負荷率は基準値以下、滞留時間も必要値以上であり、必要能力が確保されていることから既設設備での処理は可能である。沈殿池で濁質を沈降分離した後、上澄水を後段の濾過池に送るためには、集水トラフの性能を確保することが必要である。円形沈殿池の既設トラフはコンクリート製であり、劣化状況は見られないため継続利用する。

④ スラッジブランケット形高速凝集沈殿池 8.1m×8.0m×10 池

Stage-1 に流入した原水の 1/2 を処理する。

$$\text{流入水量} = \text{Stage-1 処理水量} \div 2 = 40,900\text{m}^3/\text{日} \div 2 = 20,450\text{m}^3/\text{日}$$

A) 既設の池形状

幅  $W_3 = 8.0\text{m}$

長さ  $L_3 = 8.1\text{m}$

池数  $N_3 = 10$  池

B) 計算

容量 = 直胴部 + 角錐台部

$$\text{直胴部面積} = L_3 \times W_3 = 64.8\text{m}^2$$

$$\text{台下部面積} = 0.762 \times 0.762 = 0.58\text{m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{角錐部容量} &= 1/3 \times (\text{直胴部面積} + \sqrt{\text{直胴部面積} \times \text{台下部面積}} + \text{台下部面積}) \times \text{角錐部高さ} \\ &= 1/3 \times (64.8 + \sqrt{64.8 \times 0.58} + 0.58) \times 6.96 = 166\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{直胴部容量} = \text{直胴部面積} \times \text{直胴部水深} = 64.8 \times 1.5 = 97\text{m}^3$$

$$\text{合計容量 } V_3 = (166 + 97) \times 10 = 2631\text{m}^3$$

$$\text{表面積 } S_3 = W_3 \times L_3 \times N_3 = 648\text{m}^2$$

C) 検討

前記同様に高速凝集沈殿池の基準値を適用して検討を行う。

$$\begin{aligned} \text{表面積負荷率} &= \text{処理水量} \div S_3 = 20,450\text{m}^3/\text{日} \div 648\text{m}^2 \\ &= 0.022\text{m}/\text{min} = 22\text{mm}/\text{min} \quad (\text{実表面積負荷率}) \\ &\leq 60\text{mm}/\text{min} \text{ 以下 (指針 p.199)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{滞留時間 } T_3 &= V_3 \div \text{流入水量} = 2631\text{m}^3 \div 20,450\text{m}^3/\text{日} = 185\text{分} \quad (\text{実滞留時間}) \\ &\geq 90\text{分以上 (指針 p.199)} \end{aligned}$$

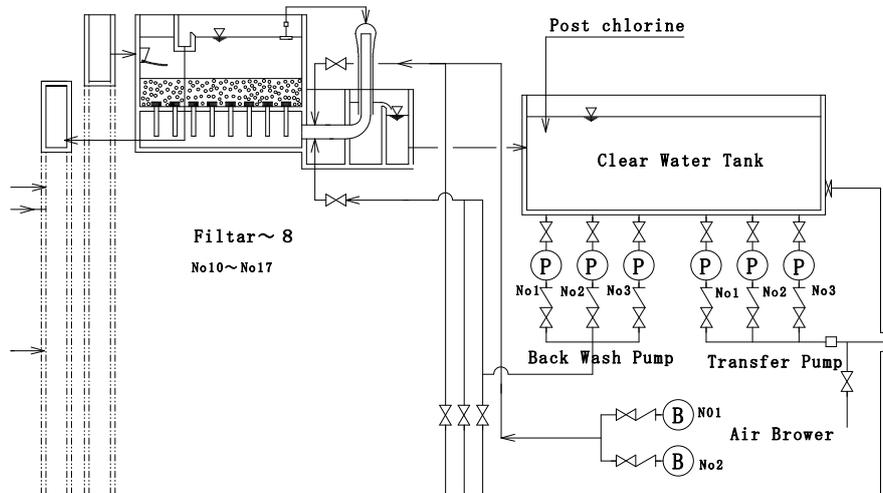
表面積負荷率は基準値以下、滞留時間も必要値以上であり、必要能力が確保されていることから既設設備での処理は可能である。

既設の集水トラフは FRP 製であり、劣化による割れや曲がりなどの損傷が見られるため更新する。沈殿池に屋根や覆蓋はなく直射日光による影響が大きいためトラフの材質選定においてこれを考慮する。コンクリート製トラフは強度・耐候性に優れるものの重量が大きく、据付にあたり既設沈殿池のコンクリート製躯体に支柱設置等の補強工事を行う必要がある。既設沈殿池は建設から 40 年以上経過しており、新たに荷重を増やすことは適切ではない。従って軽量で耐候性の高い FRP を採用し、鉄芯を入れて部材の強度を確保する。

## 2) 急速濾過池

### ① 処理フロー

Stage-1 の急速濾過池の処理フローを下図に示す。



### ② 既設の濾過池形状

池幅  $W_4 = 4.877$  m

長さ  $L_4 = 9.754$  m

濾過面積 = 幅  $W_4 \times$  長さ  $L_4 = 4.877\text{m} \times 9.754\text{m} = 47.6 \text{ m}^2$

池数  $N_4 = 8$  池

合計濾過面積  $S_1 = W_4 \times L_4 \times N_4 = 381 \text{ m}^2$

### ③ 検討

既存施設の濾過池の濾層は砂層のみで構成されている。砂利層を敷く代わりに集水ストレーナの目幅を小さくして砂の流出を防止している。濾過池の構造および濾層は指針と同類のものであり、指針中の急速濾過池の基準値を適用して検討を行う。

濾過速度  $V_1 = \text{処理水量} \div \text{合計濾過面積 } S_1 = 40,900\text{m}^3/\text{日} \div 381 \text{ m}^2 = 107.5 \text{ m/日}$

(実濾過速度)

$\leq 150\text{m/日}$  以下 (指針 p.213)

濾過速度は必要濾過速度を下回っており濁質の漏洩を生じずに既設設備で処理することが可能である。

### ④ 濾過池の洗浄条件

既設設備能力と運転条件の計算を下記に示す。

既設逆洗ポンプの仕様 吐出量 =  $320\text{m}^3/\text{h}/\text{台}$  (3 台設置)

1 台運転時の逆洗速度 = 既設ポンプ吐出量  $\div$  濾過面積 =  $320 \text{ m}^3/\text{h} \div 47.6 \text{ m}^2$

=  $6.73 \text{ m/h} = 0.112 \text{ m/min}$

$$3 \text{ 台運転時の逆洗速度} = 6.73 \text{ m/h} \times 3 \text{ 台} = 20.2 \text{ m/h}$$

既設空洗ブロワの仕様 吐出量 = 1,260 m<sup>3</sup>/h/台 (2 台設置)

$$1 \text{ 台運転時の空洗速度} = \text{既設ブロワ吐出量} \div \text{濾過面積} = 1,260 \text{ m}^3/\text{h} \div 47.6 \text{ m}^2 \\ = 26.5 \text{ m/h} = 0.441 \text{ m/min}$$

$$2 \text{ 台運転時の空洗速度} = 26.5 \text{ m/h} \times 2 \text{ 台} = 53 \text{ m/h}$$

以上の計算値と最適洗浄条件の関係を下記に示す。

推定最適条件			既設設備での対応
状態	時間(分)	条件(m/h)	
スタート			
逆洗	4~6	6~7	ポンプ 1 台運転 = 6.73 m/h
空洗	8~10	50~60	ブロワ 2 台運転 = 53 m/h
空洗停止			
逆洗	5~6	20	ポンプ 3 台運転 = 20.2 m/h

以上より、逆洗ポンプ (3 台)、空洗ブロワ (2 台) を常用として、更新する。

予備については既設浄水場の運転状況より判断し、各 1 台の故障時も短期間であれば急速濾過池の洗浄が可能であると考えられるため予備機を設置しない。

### 3) 浄水池

$$\text{既設池容量 } V_5 = 965 \text{ m}^3$$

$$\text{滞留時間 } T_5 = \text{池容量} \div \text{処理水量} = 965 \text{ m}^3 \div 28.4 \text{ m}^3/\text{min} = 34.0 \text{ 分}$$

浄水池は、濾過水量・送水量の急変や浄水場内の保守作業への対処を目的とした水量調節施設であり、指針 p.264 によれば、必要滞留時間は、1.0 時間である。既設池容量はこれに満たないが、カフブ浄水場から直接ナカプタ配水池 (容量 : 45,600m<sup>3</sup>) に送水されるシステムとなっており、ナカプタ配水池において配水量の調整が可能である。カフブ浄水場内では取水ポンプと送水ポンプの運転を連動させて浄水池の水位変動を少なくするような運転が必要である。

#### (7) Stage-2 浄水処理施設の能力の検討

##### 処理水量

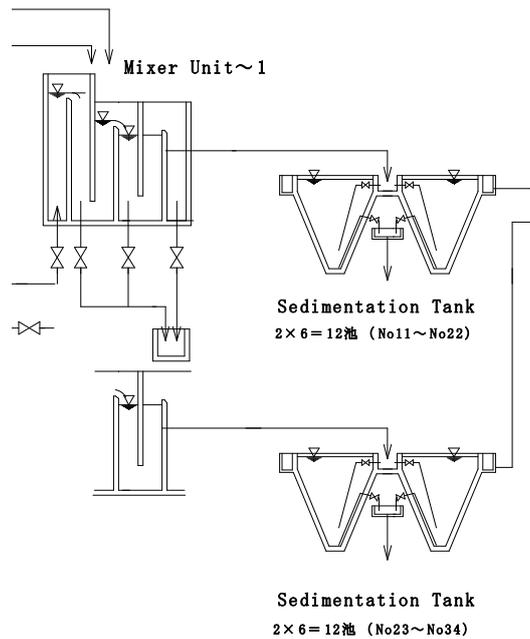
$$40,900 \text{ m}^3/\text{日} = 1,704 \text{ m}^3/\text{h} = 28.4 \text{ m}^3/\text{min} = 0.47 \text{ m}^3/\text{s}$$

Stage-1 と同様に、以上の条件で既設能力の検討を行う。

#### 1) 凝集沈殿設備

##### ① 処理フロー

Stage-2 の凝集沈殿設備のフローを下図に示す。



原水は着水井に流入し、ここで凝集剤（固形硫酸バンド）と前塩素を注入する。その後、沈殿池（8.1m×8.0m×12池×2列の計24池）に均等に分割される。

② 着水井

A) 既設の池形状

池幅	$W_1$	3.77m
池長	$L_1$	3.8m
水深	$H_1$	4.0m

B) 検討

池容量  $V_1 = W_1 \times L_1 \times H_1 = 57.3 \text{ m}^3$

滞留時間  $T_1 = V_1 \div \text{処理水} = 57.3 \text{ m}^3 \div 28.4 \text{ m}^3/\text{min} = 2.0 \text{ 分}$

薬品混和時間は2.0分であり、基準値を満たすものである。（混和時間1分以上、指針 p.186）

③ スラッジブランケット形高速凝集沈殿池 8.1m×8.0m×12池×2列

Stage-2 に流入した原水は12池ずつに分配される。

流入水量 = Stage-2 処理水量  $\div$  2列 =  $40,900 \text{ m}^3/\text{日} \div 2 \text{ 列} = 20,450 \text{ m}^3/\text{日}$

A) 既設の池形状

幅	$W_3 = 8.0\text{m}$
長さ	$L_3 = 8.1\text{m}$
池数	$N_3 = 12 \text{ 池}$

B) 計算

容量 = 直胴部 + 角錐台部

$$\text{直胴部面積} = L_3 \times W_3 = 64.8 \text{ m}^2$$

$$\text{台下部面積} = 0.762 \times 0.762 = 0.58 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{角錐部容量} &= 1/3 \times (\text{直胴部面積} + \sqrt{\text{直胴部面積} \times \text{台下部面積}} + \text{台下部面積}) \times \text{角錐部高さ} \\ &= 1/3 \times (64.8 + \sqrt{64.8 \times 0.58} + 0.58) \times 6.96 = 166 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{直胴部容量} = \text{直胴部面積} \times \text{直胴部水深} = 64.8 \times 1.5 = 97 \text{ m}^3$$

$$\text{合計容量 } V_3 = (166 + 97) \times 12 = 3,157 \text{ m}^3$$

$$\text{表面積 } S_3 = W_3 \times L_3 \times N_3 = 778 \text{ m}^2$$

### C) 検討

前記同様に高速凝集沈殿池の基準値を適用して検討を行う。

$$\begin{aligned} \text{表面積負荷率} &= \text{処理水量} \div S_3 = 20,450 \text{ m}^3/\text{日} \div 778 \text{ m}^2 \\ &= 0.018 \text{ m}/\text{min} = 18 \text{ mm}/\text{min} \quad (\text{実表面積負荷率}) \\ &\leq 60 \text{ mm}/\text{min} \text{ 以下 (指針 p.199)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{滞留時間 } T_3 &= V_3 \div \text{流入水量} = 3,157 \text{ m}^3 \div 20,450 \text{ m}^3/\text{日} = 222 \text{ 分 (実滞留時間)} \\ &\geq 90 \text{ 分以上 (指針 p.199)} \end{aligned}$$

表面積負荷率は基準値以下、滞留時間も必要値以上であり、必要能力が確保されていることから既設設備での処理は可能である。集水トラフは Stage-1 と同様に更新する。

## 2) 急速濾過池

### ① 処理フロー

Stage-1 と同じ

### ② 濾過池形状

$$\text{池幅 } W_4 = 4.877 \text{ m}$$

$$\text{長さ } L_4 = 9.754 \text{ m}$$

$$\text{濾過面積} = \text{幅 } W_4 \times \text{長さ } L_4 = 4.877 \text{ m} \times 9.754 \text{ m} = 47.6 \text{ m}^2$$

$$\text{池数 } N_4 = 9 \text{ 池}$$

$$\text{合計濾過面積 } S_1 = W_4 \times L_4 \times N_4 = 428 \text{ m}^2$$

### ③ 検討

$$\begin{aligned} \text{濾過速度 } V_1 &= \text{処理水量} \div \text{合計濾過面積 } S_1 = 40,900 \text{ m}^3/\text{日} \div 428 \text{ m}^2 = 95.6 \text{ m}/\text{日} \\ &\quad (\text{実濾過速度}) \\ &\leq 150 \text{ m}/\text{日} \text{ 以下 (指針 p.213)} \end{aligned}$$

濾過速度は必要濾過速度を下回っており濁質の漏洩を生じずに既設設備で処理することが可能である。

#### ④ 濾過池の洗浄条件

Stage-1 と濾過池形状が同一であり、洗浄条件も Stage-1 と同様となる。  
なお、Stage-1 と、Stage-2 で共通の洗浄装置を使用する。

### 3) 浄水池

$$\text{容量 } V_5 = 1,752\text{m}^3$$

$$\text{滞留時間 } T_5 = \text{池容量} \div \text{処理水量} = 1,752\text{m}^3 \div 28.4 \text{ m}^3/\text{min} = 61.7 \text{ 分}$$

指針 p.264 によれば、必要滞留時間は 1.0 時間であり既存施設は必要容量を満足している。

### (8) 硫酸バンド注入設備

#### 1) 設計条件

処理水量

$$\text{Stage-1} + \text{Stage-2} = 40,900\text{m}^3/\text{日} + 40,900\text{m}^3/\text{日} = 81,800\text{m}^3/\text{日}$$

以上の条件で計算する。

#### 2) 計算

##### ① 既設溶解槽を使用した時の溶液濃度

溶解槽の容量は

$$1.88\text{m} \times 1.90\text{m} \times 1.8\text{m} \times 1 \text{ 槽} = 6.43 \text{ m}^3$$

既設バンド籠容量

$$1.88\text{m} \times 0.43\text{m} \times 0.7\text{m} \times 1 \text{ 槽} = 0.566 \text{ m}^3$$

籠内部投入可能硫酸バンドは固形バンドの見かけ比重=0.7 とすると

$$0.566 \text{ m}^3 \times 0.7 = 396\text{kg}$$

1 袋の固形バンド容量は 50kg であり、8 袋を籠に 1 度に投入できる。

2 度、繰り返し投入すると合計投入量は

$$\text{投入量} = 50\text{kg} \times 8 \text{ 袋} \times 2 \text{ 回} = 800\text{kg}$$

$$\text{この時の固形硫酸バンドの濃度} = 800/6.43/1,000 = 0.124$$

硫酸バンドの最大溶解量は 87g/100ml=0.87 であり、溶解は可能である。

以上より、既設溶解槽を使用し、硫酸バンドの濃度を 12.4% で使用する。

##### ② 硫酸バンドの注入率

原水の濁度設計条件は下記である。

原水濁度 (NTU) 最大=150 平均=24.4 最小=7.5

以上の濁度設計条件より硫酸バンド注入率を下記のように計算する。

$$\text{最大注入率} = 1.5 \times \sqrt{150} = 18.3 \rightarrow 20\text{mg}/\ell$$

最大 20mg/ℓ (固形硫酸バンドとして) とする。なお、平均濁度=24.4、最小濁度=7.5 についても同様に計算する。計算結果を下表に示す。

### ③ 硫酸バンドの注入量

$$\begin{aligned} \text{最大注入量} &= \text{処理水量} \times \text{注入率} = 81,800\text{m}^3/\text{日} \times 20\text{mg}/\ell = 1,636,000\text{g}/\text{日} \\ &= 1,636\text{kg}/\text{日} \end{aligned}$$

硫酸バンドの溶解濃度は前記計算のように 12.4%である。従って、最大注液量は下記で計算できる。

$$\text{最大注入量} = \text{注入量} \div \text{濃度} = 1,636\text{kg} \div 0.124 \div 2 = 6,597\ell/\text{日} = 4.58\ell/\text{min}$$

同様にそれぞれの原水濁度について計算すると以下のようになる。

原水濁度 (NTU)	Stage-1			Stage-2		
	150	24.4	7.5	150	24.4	7.5
注入率 mg/ℓ	20	8	4	20	8	4
注入液量 ℓ/min	4.58	1.8	0.9	4.58	1.8	0.9

この時の既設溶解槽 1 槽の貯留時間は

$$\text{既設溶解槽容量} \div \text{最大注入量} = 6.43 \text{ m}^3 \div (4.58 + 4.58) \ell/\text{min} = 702\text{min} = 11.7\text{h}$$

$$\text{注入ポンプ注入量} = 4.58\ell/\text{min} \rightarrow 5.0\ell/\text{min}$$

以上より、新設する硫酸バンド注入ポンプ

Stage-1 注入ポンプ 5.0ℓ/min 1 台

Stage-2 注入ポンプ 5.0ℓ/min 1 台

共通予備注入ポンプ 5.0ℓ/min 1 台

とする。

なお、必要注入量が増加した場合は、固形バンドの溶解濃度を変化させて対応することが可能である。

Stage-2 の取水ポンプを 3 台運転した時、同一濃度で運転した場合の注入率は

$$\text{注入率} = 5.0\ell/\text{min} \times 0.124\text{mg}/\ell \times 60\text{min} \times 24\text{h} \div (792\text{m}^3/\text{h} \times 3 \text{ 台} \times 24\text{h}) = 15.7 \text{ mg}/\ell$$

以上より、濃度の変更をせず、15.7 mg/ℓ まで注入が可能となる。

### ④ 貯蔵量の検討

20 日分を貯留すると貯蔵量は

$$\text{貯蔵量} = \text{使用量} \times \text{貯蔵日数} = 1,636\text{kg}/\text{日} \times 20 \text{ 日} = 32,720\text{kg}$$

$$\text{貯蔵袋数} = 32,720\text{kg} \div 50\text{kg}/\text{袋} = 654 \text{ 袋}$$

50kg 袋の形状 = W 0.4m × L 0.8m × H 0.15m とする。

$$5 \text{ 袋} \times 14 \text{ 列} \times 5 \text{ 段} \times 2 \text{ 箇所} = 700$$

貯蔵スペースは

$$\text{長さ} = W 0.8\text{m} \times 5 \text{ 袋} \times \text{余裕} (1.1) = 4.4\text{m}$$

$$\text{幅} = L 0.4\text{m} \times 14 \text{ 列} = 5.6\text{m}$$

$$\text{高さ} = H 0.15\text{m} \times 5 \text{ 段} = 0.75\text{m}$$

既設の薬品置場は、12.1m×15.5m であり、貯蔵することが可能である。

## (9) 消石灰注入設備

### 1) 設計条件

処理水量 81,800 m<sup>3</sup>/日

硫酸バンドによるアルカリ消費量=0.45mg/ℓ

塩素によるアルカリ消費量=1.41mg/ℓ

消石灰のアルカリ量=0.77 mg/ℓ

注) アルカリの低下量について

硫酸バンドによるアルカリ低下量

=硫酸バンド注入率×アルカリ消費量=20mg/ℓ×0.45=9mg/ℓ

塩素によるアルカリ消費

=前塩素注入率×塩素によるアルカリ消費量

=前塩素 7mg/ℓ×1.41mg/ℓ=9.87mg/ℓ

合計アルカリ消費量=9mg/ℓ+9.87mg/ℓ=18.87 mg/ℓ

2009年のカブツ浄水場原水のアルカリ度データを下のグラフに示す。

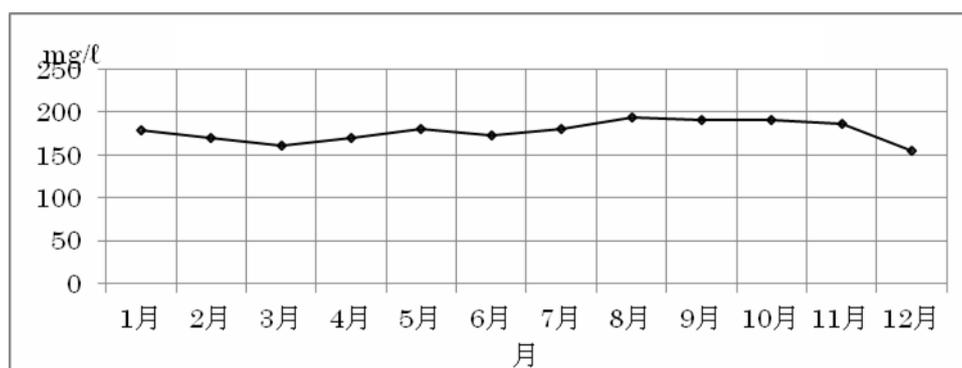


図 3-2-2 カブツ浄水場原水のアルカリ度の変化 (2009 年)

原水のアルカリ度は一年間を通じて 150mg/ℓ 以上であり、アルカリ剤の注入は不要である。

## (10) 塩素注入設備

### 1) Stage-1

#### ① 設計条件

処理水量 40,900 m<sup>3</sup>/日

前塩素注入率 (塩素ガス)

最大 7mg/ℓ

平均 3mg/ℓ

最小 1mg/ℓ

後塩素注入率 (塩素ガス)

最大 3mg/ℓ

平均 2mg/ℓ

最小 1mg/ℓ

## ② 計算

前塩素最大注入量＝処理水量×注入率＝40,900 m<sup>3</sup>/日×7mg/ℓ＝286kg/日  
同様に最大、平均、最小について計算すると次のようになる。

	前塩素			後塩素			
	最大	平均	最小	最大	平均	最小	
原水濁度(NTU)	150	24.4	7.5	150	24.4	7.5	
注入率 mg/ℓ	7	3	1	3	2	1	
注入量	kg/日	286	123	41	123	82	41
	kg/h	12	5	2	5	3	2

## 2) Stage-2

Stage-1 と同様である。

## 3) 塩素注入設備

以上の計算結果より、新設する塩素注入設備は下記とする。

### 前塩素注入設備

Stage-1 12kg/h 1台

Stage-2 12kg/h 1台

共通予備 12kg/h 1台

### 後塩素注入設備

Stage-1 5kg/h 1台

Stage-2 5kg/h 1台

共通予備 5kg/h 1台

## 4) 付帯設備の検討

### ① ポンペ使用量の検討

$$\begin{aligned} \text{時間最大使用量} &= \text{Stage-1 (前塩素+後塩素)} + \text{Stage-2 (前塩素+後塩素)} \\ &= 12+5+12+5=34 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

1t ポンペ (塩素ガス貯蔵量 1,000kg) 1本よりの最大塩素ガス取り出し量＝8kg/h/本  
34kg/h の塩素ガスを取り出す事に必要な 1t ポンペの必要本数は、

$$\text{必要本数 (N)} = 34\text{kg/h} \div 8\text{kg/h/本} = 4.25 \text{ 本} \rightarrow 5 \text{ 本}$$

従って、1t ポンペ 5本を使用する。

貯蔵量は最大使用量の 10 日分とすると必要貯蔵量 (K<sub>1</sub>) は

$$K_1 = 34 \text{ kg/h} \times 24 \text{ 時間/日} \times 10 \text{ 日} = 8,160\text{kg} \rightarrow 9,000\text{kg} \text{ (1t ポンペ 9 本)}$$

既設のポンペ貯蔵能力は 24 本であり、貯蔵は可能である。

### ② 圧力水の検討

塩素ガスを圧力水中に溶解させて注入することとする。

注入機は湿式圧力を使用する。この時の必要水量を以下に算出する。

12kg/h の時 80ℓ/min、5kg/h の時 33ℓ/min とする。必要合計水量 (Q<sub>2</sub>) は  
 (Q<sub>2</sub>) = 80ℓ/min × 2 + 33ℓ/min × 2 = 226 ℓ/min

既設管の口径 = φ 50mm × 100m、の圧力損失 (h<sub>1</sub>) は

$$h_1 = \lambda \times \ell / d \times V^2 / 2g = 0.03 \times 100 / 0.05 \times 1.92^2 / (2 \times 9.8) = 11.3 \text{mAq}$$

λ : 管摩擦係数 = 0.03 (鋼管)

ℓ : 管路長 ≒ 100m

d : 配管口径 = φ 0.05m

V : 管内流速 = 226 ℓ/min ÷ (π/4 × 0.05<sup>2</sup>) = 1.92m/s、

既設管の口径 = φ 40mm × 20m、の圧力損失(h<sub>2</sub>)は

$$h_2 = \lambda \times \ell / d \times V^2 / 2g = 0.03 \times 20 / 0.04 \times 3.0^2 / (2 \times 9.8) = 6.9 \text{mAq}$$

λ : 管摩擦係数 = 0.03 (鋼管)

ℓ : 管路長 ≒ 20m

d : 配管口径 = φ 0.04m

V : 管内流速 = 226 ℓ/min ÷ (π/4 × 0.04<sup>2</sup>) = 3.0m/s、

合計配管損失 = 11.3mAq + 6.9mAq = 18.2mAq

給水点の水圧は 110mAq、従って圧力水の給水圧力は、

$$110 \text{mAq} - 18.2 \text{mAq} = 91.8 \text{mAq}$$

であり、供給は可能である。なお、この時、塩素水の塩素濃度 (C<sub>1</sub>) は

$$C_1 = \text{塩素注入量} \div \text{必要合計水量 (Q}_2) = 34 \text{ kg/h} \div 226 \text{ ℓ/min} = 2,510 \text{ mg/ℓ}$$

となる。

### (11) 容量計算とりまとめ

各設備の容量をとりまとめると、下表のとおりである。

表 3-2-9 各設備容量とりまとめ

設備名称	必要容量 (設計指針)		実容量			
			Stage-1		Stage-2	
着水井 (混和池)	滞留時間	1 分以上	2.5 分	250%	2.0 分	200%
凝集沈殿池 (円形)	滞留時間	90 分以上	180 分	200%	—	—
	表面積負荷率	60mm/min 以下	30mm/min	200%	—	—
凝集沈殿池 (矩形)	滞留時間	90 分以上	185 分	205%	222 分	246%
	表面積負荷率	60mm/min 以下	22mm/min	272%	18mm/min	333%
急速濾過池	濾過速度	150m/日以下	107.5m/日	139%	95.5m/日	157%
浄水池	滞留時間	1.0 時間以上	34 分	56%	62 分	103%

(12) 機器リスト

主要な更新対象機器リストは、下表のとおりである。

表 3-2-10 更新対象機器リスト

Stage	名称	仕様	数量
1. 取水ポンプ場			
1	取水ポンプ	立軸両吸込渦巻ポンプ(792m <sup>3</sup> /h×20m×75kW) 既設撤去・基礎改修	1 台
1	床排水ポンプ	水中ポンプ、10m×0.1m <sup>3</sup> /min×0.75kW 自動起動内蔵 ケーブル=30m 配管材共	1 台
2	取水ポンプ	立軸両吸込渦巻ポンプ7(792m <sup>3</sup> /h×20m×75kW) 既設撤去・基礎改修	1 台
2	チェーンブロック	2t 走行、吊上げ、チェーン	1 台
2	床排水ポンプ	水中ポンプ、10m×0.1m <sup>3</sup> /min×0.75kW 自動起動内蔵 ケーブル=30m 配管材共	1 台
2. 沈殿池			
1	トラフ	FRP製鉄心入り 370mm幅×280mm深×8,400mm長	40 本
2	トラフ	FRP製鉄心入り 370mm幅×280mm深×8,400mm長	96 本
3. 濾過池制御弁			
—	逆洗弁	φ350mm フランジレスバタフライ弁、手動、 操作棒長さ3,500mm 配管共	17 個
—	空洗弁	φ150mm フランジレスバタフライ弁、手動、 操作棒長さ3,000mm 配管共	17 個
—	処理水弁	φ275mm フランジレスバタフライ弁、手動、 操作棒長さ3,500mm 配管共	17 個
—	サイフォン流量調節配管材	φ50mm、φ25mm ニードル弁	17 式
4. 逆洗ポンプ			
2	逆洗ポンプ	片吸込渦巻きポンプ 320m <sup>3</sup> /h×16m×22kW 既設撤去・基礎改修 仕切弁・逆止弁・接続配管共	3 台
5. 空洗ブロウ			
2	ブロウ	ルーツブロウ、1,260Nm <sup>3</sup> /h×50kPa×30kW 付属品共 仕切弁・逆止弁・配管共	2 台
6. 角落とし			
—	本体	幅910mm×300mm、材質:木材(腐食防止) ガイド共	5 枚

Stage	名称	仕様	数量
7. 送水ポンプ			
1	送水ポンプ	立軸両吸込渦巻ポンプ 744m <sup>3</sup> /h × 134m × 400kW 既設ポンプ撤去・基礎改修 仕切弁・逆止弁・電動吐出弁・配管共	2 台
1	床排水ポンプ	水中ポンプ、10m × 0.1m <sup>3</sup> /min × 0.75kW 自動起動内蔵 ケーブル=30m 配管共	1 台
2	送水ポンプ	立軸両吸込渦巻ポンプ 744m <sup>3</sup> /h × 134m × 400kW 既設ポンプ撤去・基礎改修 仕切弁・逆止弁・電動吐出弁・配管共	3 台
2	床排水ポンプ	水中ポンプ、10m × 0.1m <sup>3</sup> /min × 0.75kW 自動起動内蔵 ケーブル=30m 配管材共	1 台
1, 2	サージタンク水位計	液面計	各 1 個
1, 2	サージタンク用圧縮機	配管共	各 1 台
1, 2	サージタンク補修	溶接・塗装	各 1 式
8. 凝集剤(硫酸バンド)注入設備			
—	既設溶解槽耐酸塗装	耐酸モルタル	3 槽
—	ストレーナ	硬質木材 1.9m × 0.49m × 30mm	3 組
—	溶解槽攪拌機	立軸プロペラ式 0.75kW	3 台
—	注入ポンプ	定量ポンプ 5.0ℓ/min 0.4kW ストップ弁、逆止弁共	3 台
—	配管ドレン弁	ダイヤフラム弁 φ50mm 本体:塩ビ、 ダイヤフラム:ゴム、フランジ:JIS10K	4 個
—	貯槽ドレン弁	ダイヤフラム弁 φ100mm 本体:塩ビ、 ダイヤフラム:ゴム、フランジ:JIS10K	3 個
—	定水位弁	φ40mm	3 個
—	水道用ストップ弁	φ40mm	3 個
—	洗浄用水道元弁	φ40mm	1 個
—	水道用配管材	STPG φ40mm	1 式
—	屋内注入配管材	VP φ50mm、VP φ100mm	1 式
—	屋外配管材	VP φ50mm	1 式
—	注入点配管用架台	SS 製	1 式
—	屋外配管用トラフ	充填砂共 コンクリート製	1 式

Stage	名称	仕様	数量
9. 塩素注入設備			
—	塩素ポンベマニホールド	STPG φ20mm×5m	2 本
—	前塩素注入機マニホールド	STPG φ20mm×3m	1 本
—	後塩素注入機マニホールド	STPG φ20mm×3m	1 本
—	前塩素注入セット	湿式圧力式 12kg/h 壁掛型	3 組
—	後塩素注入セット	湿式圧力式 5kg/h 壁掛型	3 組
—	給水調節セット	ブルドン管 20kg/cm <sup>2</sup>	1 組
—	塩素ガス用弁	φ20mm 20kg/cm <sup>2</sup>	1 個
—	〃	φ10mm 20kg/cm <sup>2</sup>	10 個
—	注入管用弁	ダイヤフラム弁φ50 本体:塩ビ、 ダイヤフラム:ゴム、フランジ:JIS10K	13 個
—	水道用弁	φ40mm 20kg/cm <sup>2</sup>	4 個
—	〃	φ20mm 20kg/cm <sup>2</sup>	6 個
—	塩素ガス用配管材	STPG φ20mm	1 式
—	水道用配管材	STPG φ40mm	1 式
—	注入機セット架台	SS 製	1 式
—	屋内注入配管材	VPφ50mm	1 式
—	屋外注入配管材	VPφ50mm	1 式
—	屋外配管用トラフ	充填砂共 コンクリート製	1 式
—	1t ポンベ架台	鉄筋コンクリート製	1 式
—	ゴムシート	ゴムシート付 22 本分	1 式
10. その他			
—	取水塔排水ポンプ	水中ポンプ、20m×0.1m <sup>3</sup> /min×1.5kW 自動起動内蔵 ケーブル=100m 配管共	1 台

Stage	名 称	仕 様	数 量
1	主受配電盤改修	11kV 受電、碍子整備、絶縁処置、継電器動作試験	1 式
1	送水ポンプ動力制御盤	750W × 2,000D × 2,500H	2 面
1	3.3KV 進相コンデンサ	進相コンデンサ+直列リアクトル	2 台
1	400V 進相コンデンサ盤	1,200W × 1,000D × 2,200H	2 面
2	空洗ブロウ動力制御盤	1,200W × 1,000D × 2,200H	1 面
1	取水ポンプ動力制御盤改修	焼損箇所補修、インターロック設定、動作試験	1 式
2	取水塔排水ポンプ用 スイッチ盤	800W × 300D × 600H	1 面
1	排水ポンプ用スイッチ盤	800W × 300D × 600H	1 面
1	送水ポンプ吐出弁操作盤	500W × 300D × 1,000H	1 面
2	警報機	屋外型	1 台
2	フロートレベルスイッチ	5 点	1 組
1	超音波流量計	600mm	1 組
1	コンプレッサ盤改修	サーマルリレー交換、動作試験	1 式
2	主受配電盤改修	1kV 受電、碍子整備、絶縁処置、継電器動作試験	1 式
2	送水ポンプ動力制御盤	750W × 2,000D × 2,500H	3 面
2	3.3KV 進相コンデンサ	進相コンデンサ+直列リアクトル	3 台
2	400V 進相コンデンサ盤	1,200W × 1,000D × 2,200H	1 面
2	取水ポンプ動力制御盤改修	焼損箇所補修、インターロック設定、動作試験	1 式
2	排水ポンプ用スイッチ盤	800W × 300D × 600H	1 面
2	送水ポンプ吐出弁操作盤	500W × 300D × 1,000H	1 面
2	コンプレッサ盤改修	サーマルリレー交換、動作試験	1 式
—	注入・攪拌機用配電盤	1,200W × 1,000D × 2,200H	1 面
—	旧注入・攪拌機制御盤改修	サーマルリレー交換、動作試験	1 式

### 3-2-2-2-3 管路施設計画

#### (1) 管路施設必要容量

管路施設は、時間最大給水量を用いて設計する。その他利用として 1.65、計画有効率 0.714、日最大係数 1.2 とする。時間係数は、幹線より直接給水する場合、2.0 として算出し、配水池に送水する場合 1.0 とする。

#### ① ナカプタ配水池～スカイウェイズ配水池 (m<sup>3</sup>/日)

	配水ブロック	原単位	計画人口	日最大給水量	時間係数	計画給水量
直接給水	Kaloko	60	13,387	2,227	2.0	4,454
	Mushili	160	31,166	13,828		27,656
	Kabushi	100	21,562	5,979		11,958
	Mine Masala	100	9,514	2,638		5,276
	Main Masala	100	15,315	4,247		8,494
スカイウェイズ配水池	Skyways	160	1,571	697	1.0	697
	Itawa	280	7,515	5,835		5,835
	Mckenzie	60	10,040	1,671		1,671
	Ndeke	160	8,898	3,948		3,948
	スカイウェイズ配水池 小計			12,151		12,151
ブクナム配水池	Ndeke	160	8,898	3,948	1.0	3,948
	Bwana Mkubwa	100	30,000	8,319		8,319
	ブクナムクブワ配水池 小計			12,267		12,267
合 計						82,256

\*Bwana Mkubwa は、工業用水を区間流量として加算した。(数値は、KWSC 聞き取りにより)

#### ② カロコ地区 (m<sup>3</sup>/日)

配水ブロック	原単位	計画人口	日最大給水量	時間係数	計画給水量
Kaloko	60	13,387	2,227	2.0	4,454

#### ③ ムシリ地区 (カブシ地区を含む) (m<sup>3</sup>/日)

配水ブロック	原単位	計画人口	日最大給水量	時間係数	計画給水量
Mushili	160	31,166	13,828	2.0	27,656
Kabushi	100	21,562	5,979		11,958
合 計					39,614

#### ④ チフブ配水本管 (m<sup>3</sup>/日)

配水ブロック	原単位	計画人口	日最大給水量	時間係数	計画給水量
Chifubu	100	45,945	12,741	2.0	25,482
Pamozzi	160	25,088	11,131		22,262
合 計					47,744

⑤ ノースライズ配水本管

(m<sup>3</sup>/日)

配水ブロック	原単位	計画人口	日最大給水量	時間係数	計画給水量
Kansensi	280	11,692	9,078	2.0	18,156
Chipulusuku	60	44,624	7,425		14,850
合 計					33,006

(2) 管路施設水理計算

送水管の水理計算は、下記のヘーゼン・ウィリアムズ公式により行う。

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

ここに、

H：摩擦損失水頭 (m)

C：流速係数 (=110)

D：管内径 (m)

Q：流量 (m<sup>3</sup>/s)

L：延長 (m)

計算結果をとりまとめると、下表のとおりである。

表 3-2-11 管路施設水理計算とりまとめ

始点	終点	延長 (m)	上流水位	下流水位	流量 (m <sup>3</sup> /日)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	管径 (m)	動水勾配 (‰)	損失水頭 (m)	流速 (m/S)
ナカプタ 配水池	スカイウェイズ 配水池	6,000	1,328	1,280	82,256	0.952	0.80	4.829	28.974	1.895
チフブ 配水池	エント ポイント	2,000	1,345	1,332	47,744	0.553	0.70	3.387	6.774	1.438
ノースライズ 配水池	エント ポイント	1,700	1,320	1,300	33,006	0.382	0.50	8.795	14.952	1.946

ムシリ地区は、現況管径と同一とし、カロコ地区は、地区内配水管と同一として、φ100mmとする。

(3) 管種の選定

本管路施設において使用する分岐管等を除く、主要な管径は、φ100mm、φ250mm、φ500mm、φ700mm、φ800mmである。φ100mmについては、「ザ」国内の他プロジェクトでも利用され、流通の多い亜鉛メッキ鋼管 (GI) とする。φ250mm以上の代表的な管径における単位距離あたりの材料費＋工事費を比較すると次表のように、据付時に溶接作業の必要な鋼管の方が高価となる。

表 3-2-12 管路の直接工事費（材料＋工事）比較 (円／m)

管 径	ダクタイル管	鋼 管
φ 250	13,553	26,755
φ 500	35,115	49,202
φ 700	58,350	71,974
φ 800	72,479	90,067

本計画対象地域における雨期は、11月～3月までであり、降雨時には管布設工事の能率が下がる。鋼管は継ぎ手の溶接に時間を要することから、管布設工事に必要な工事期間も長くなる。従って、工期が短く経済的に有利なダクタイル鋳鉄管（DCIP）を使用する。

#### (4) 管路計画のとりまとめ

以上をとりまとめると、下表のとおりである。

表 3-2-13 管路計画とりまとめ

始点	終点	計画管種 計画管径 (mm)	延長 (km)	要請管径 (mm)
ナカプタ 配水池	スカイ ウェイズ 配水池	DCIP φ 800	5.03	900
		DCIP φ 450	0.81	
		DCIP φ 600*	0.02	
ナカプタ 送水管	カロコ 地区	GI φ 100	3.13	100
ナカプタ 送水管	ムシリ 地区	DCIP φ 300*	0.07	225
		DCIP φ 250	0.14	
		DCIP φ 400*	0.03	
チフブ 配水池	配水本管 末端	DCIP φ 700	2.06	600
		DCIP φ 300*	0.07	
ノースライ ズ配水池	配水本管 末端	DCIP φ 500	1.60	375
		DCIP φ 150*	0.02	

\* 延長の短いものは分岐管



## (6) 付属設備

本管路施設の付属設備として、仕切弁、空気弁、排水設備、流量計を設置する。

### 1) 仕切弁

仕切弁は、管路の始点、分岐点、排水管の分岐部に設置する。日本国内での最大間隔は、通常 1～3km とされている。本管路施設の最大間隔は、始点～ムシリ地区分岐部であり、3km 弱となっており、日本基準値内となっている。

φ100mm 以下は、横型水道用仕切弁とし、φ150mm 以上は、流量調整が容易となるようにバタフライ弁を設置する。また、φ400mm 以下は、弁筐を設置し、φ450mm 以上は、維持管理を考慮して弁室を設ける。

### 2) 空気弁

空気弁は、管路の凸部に設ける。空気弁は、補修弁付水道用急速空気弁を用いる。空気弁室は、鉄筋コンクリート製とする。

### 3) 排水設備

排水設備は、管路の凹部に設ける。排水 T 字管、仕切弁、排水柵より構成し、排水柵は、排水先の確保が困難であることから、現状と同様に 900mm×900mm の浸透柵を設置する。

### 4) 流量計

流量計は、管路の始点および分岐点に設置する。流量計形式は、絞り流量計（ベンチュリー管）、プロペラ式流量計、電磁流量計、超音波流量計のうち、電源の確保が困難であることから、小口径（φ400mm 以下）は、プロペラ式流量計、中口径（φ500mm 以上）は、超音波流量計（バッテリー内蔵型）とする。

## 3-2-2-2-4 給水困難地区の改善（ムシリ地区・カロコ地区）

### (1) ムシリ地区

ナカプタ配水池～スカイウェイズ配水池間の送水管の漏水により分水圧が不足して給水不良となっているムシリ地区に、ナカプタースカイウェイズ送水管から 3 箇所の分岐管を設ける。3 箇所の分岐管のうち、2 箇所は、既設分岐管の付け替えであり、ミドルムシリ地区には新たに 1 箇所の分岐管を追加する。これにより、上流部のアップームシリ地区内の圧力不足を解消する。また、送水管の圧力上昇により、地区内への安定した水の供給が可能となる。各分岐箇所には分水量の計測のため積算流量計を設置する。

表 3-2-14 ムシリ地区の計画内容

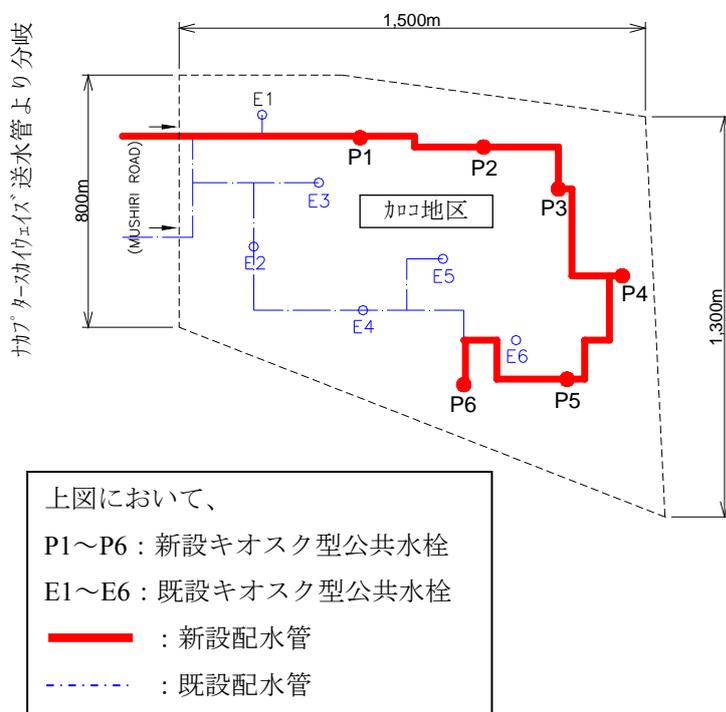
分水位置	分水施設
アップームシリ地区	ダクタイル鋳鉄管 φ300mm、L=70m、積算流量計
ミドルムシリ地区	ダクタイル鋳鉄管 φ250mm、L=140m、積算流量計
ロワームシリ地区	ダクタイル鋳鉄管 φ400mm、L=30m、積算流量計

## (2) カロコ地区

カロコ地区は、面積約 1.5km<sup>2</sup>、人口約 12,000 人（2010 年の推定値）の貧困居住地区である。また居住区は区画整理され、約 2,800 に区分されている。8 人／1 軒として計画されていることから、現在の区画に全て居住されるとすれば、その人口は、約 22,000 人となる。

既設のキオスク型公共水栓が 6 箇所あるが、幹線管渠の漏水により、水圧が下がり午前中に 2 箇所程度のキオスク型公共水栓がかろうじて給水可能な状態となっている。給水可能なキオスク型公共水栓についてもその水圧は非常に低く、流量が少ないため、給水には多くの時間が必要になっている。多くの住民は、飲料用にキオスク型公共水栓の水を利用し、洗濯は近くの幹線漏水箇所にて行っている。

地区内の配水管も石綿管を使用しているため、所々に漏水が認められた。カロコ地区の概況およびキオスクの配置を次図に示す。DTF によれば、キオスク型公共水栓 1 基につき 1,200～1,500 人の裨益人口、水栓までの距離は半径 500m（0.25 km<sup>2</sup> の区域）を最適条件としている。今回の計画は、6 箇所のキオスク型公共水栓を新設することから、既設の 6 箇所と合わせて 12 箇所となる。DTF の推奨する面積から判断すれば、1.5 km<sup>2</sup> ÷ 12 = 0.125 km<sup>2</sup>、計画上のキオスク型公共水栓間距離は 200m 以下となることから十分な箇所数となる。人口から判断すれば、現人口の場合 1,000 人／箇所、将来 22,000 人となった場合には、1,800 人／箇所となることから、妥当な箇所数と判断できる。



新設のキオスク型公共水栓と幹線管渠とは、φ 100mm にて配水管を布設する。既設管からの漏水により、十分な給水量が確保できなくなることを避けるため、既設管への接続では無く、全てのキオスク型公共水栓までの配水管を新設する。また管径に関しては、将来の拡張に備えて φ 100mm とすることで KWSC と合意した。

既設配水管網から新設公共水栓までの間に新たに布設する配水管として口径 φ 100mm × 総延長 3.13km が必要となる。キオスク型公共水栓の構造は DTF マニュアルの標準構造に従うものとする。

表 3-2-15 カロコ地区の計画内容

区分	給水施設
管路布設	亜鉛メッキ鋼管 φ100mm、3,130m
公共水栓	キオスク型公共水栓 6箇所 1箇所あたり、φ25mm 水栓 3ヶ、積算流量計 1ヶ ブロック積み、鉄筋コンクリート（屋根・床） 2,000mm×2,150mm、高さ 2,450mm、排水枘 1ヶ

表 3-2-16 カロコ地区のキオスク型公共水栓設置予定箇所

No	キオスク型公共水栓 新規建設予定箇所
1	Free Space between Plot №0243 and the road
2	Free Space between Plot №1198 and the road
3	Free Space between the road, Plot №1699 and Plot №1742
4	Free Space between Plot №2003 and the road
5	Free Space between Plot №2434 and the road
6	Free Space between Plot №1426 and the road

巻末資料 4-1 討議議事録（2010年8月25日）から変更、2010年9月3日現地立会確認

### 3-2-2-2-5 カニニ水質分析所

KWSC では、カニニ下水処理場の水質分析所においてンドラ市上下水道事業全体の水質分析を実施している。ンドラ市は鉱工業の盛んな地域であるため、現在、一般項目の分析に加えて、原子吸光光度計による重金属の分析を行っているが「ザ」国の水質基準項目のうち、水銀と砒素を検出する器具が欠けていることから、これら2項目の分析のためのアクセサリを調達する。また、同様に水質基準に示される農薬等に含まれる微量な有機溶解物質を検出するためガスクロマトグラフを設置する。

表 3-2-17 水質分析機材の計画

機材	仕様
ガスクロマトグラフ	測定項目 : 農薬等 (Aldrin, Dieldrin, chlordane, DDT, Endosulfan, Endrin, Heptachlor, Heptachlor epoxide, Hexachlorobenzene, Lindane (Gamma BHC), Methoxychlor) 検出器 : ECD (電子捕獲型検出器) 試料導入法 : 手動式 (スプリット/スプリットレス注入) 分離管 : キャピラリカラム 記録方法 : データ処理装置 キャリアガス流量調整器 : 自動流量制御 キャリアガス : ヘリウムガスシリンダー 窒素ガスシリンダー
原子吸光光度計 (AAS*)のアクセサリ	水銀検出用ランプ、砒素検出用ランプ

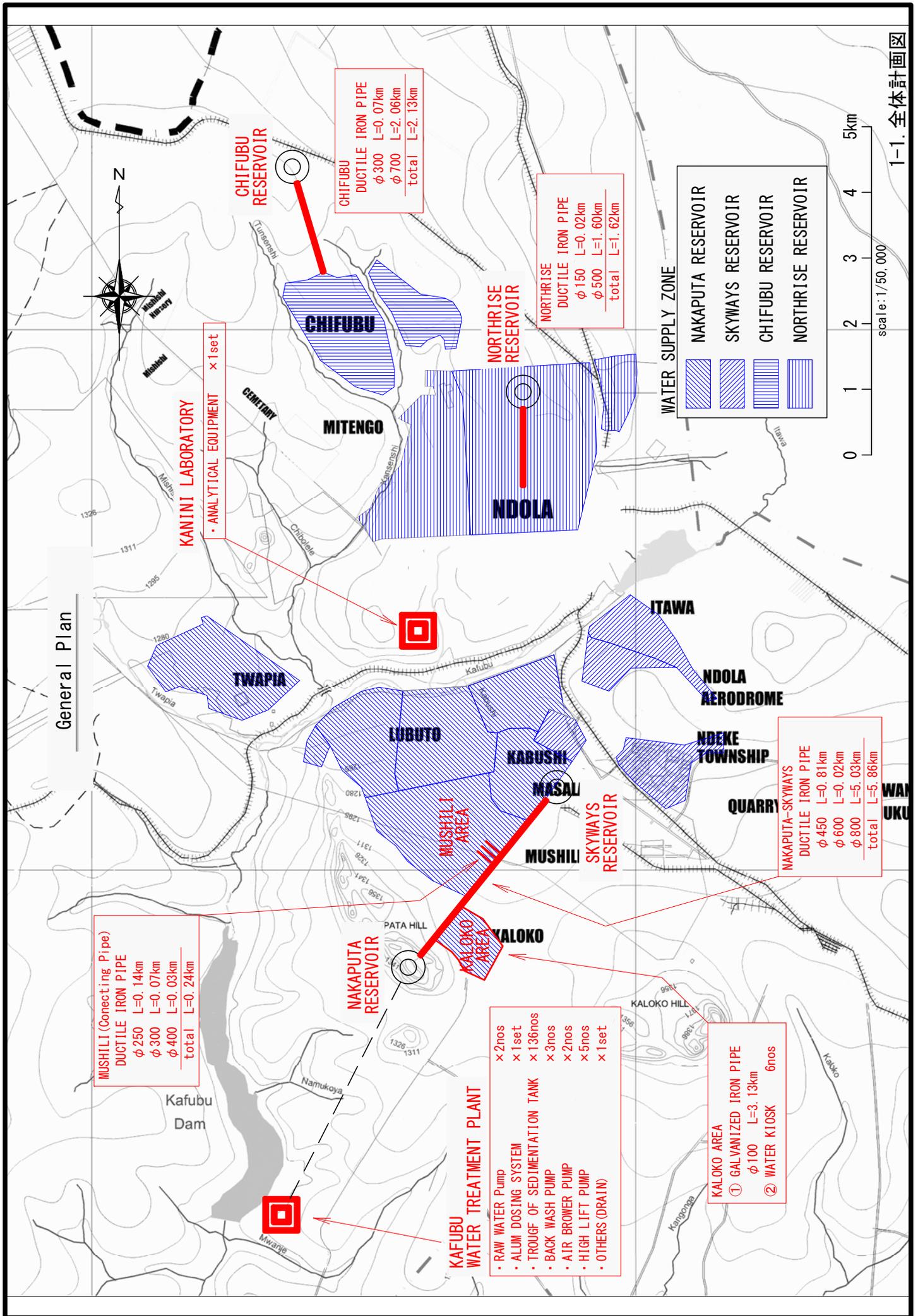
\* : Atomic Absorption Spectrometer

## 3-2-3 概略設計図

ザンビア国  
ンドラ市上水道改善計画準備調査（その2） 設計図面

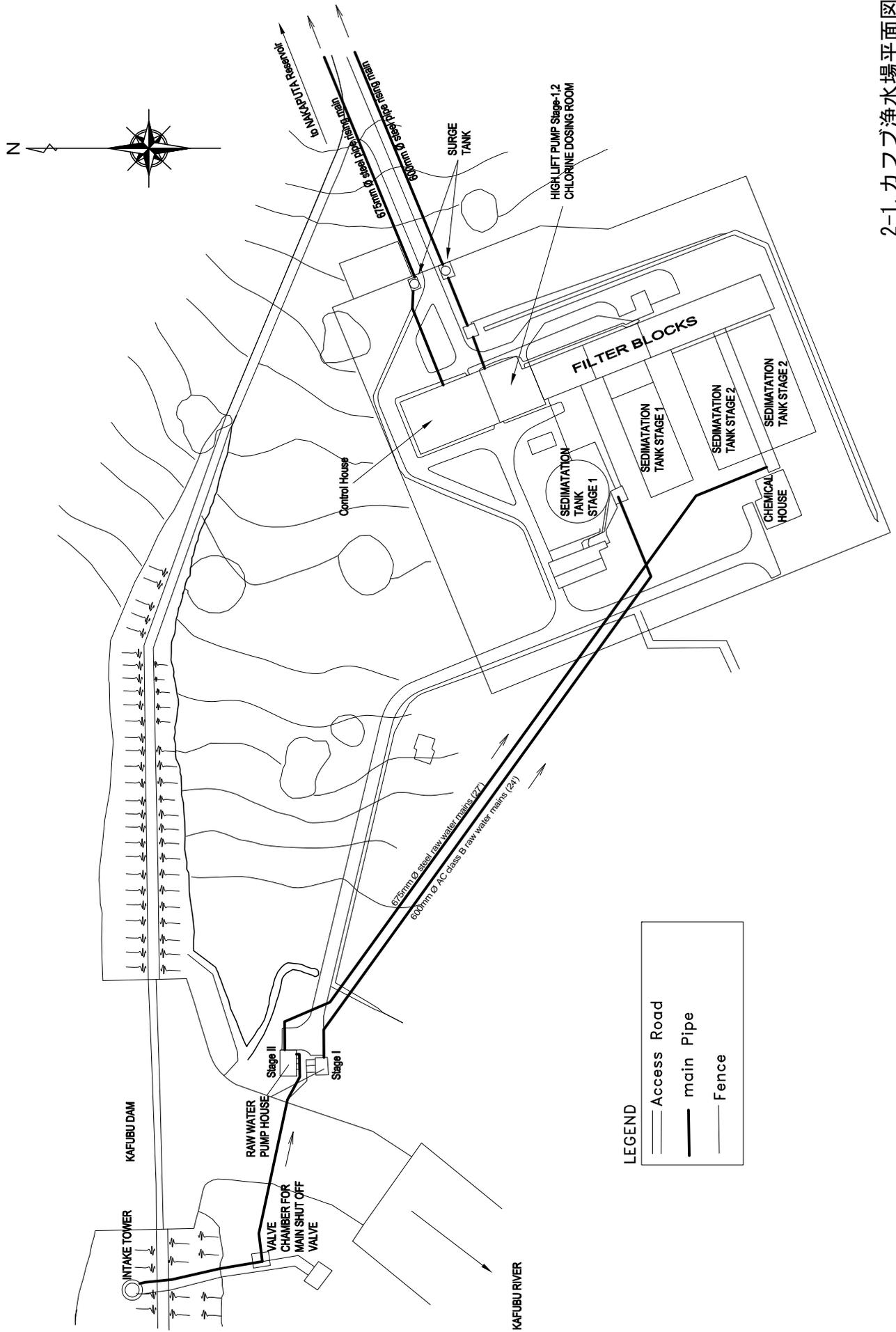
図 面 目 録

図面番号	図 面 名 称	図面枚数	摘 要
1 - 1	全体計画図	1	
2 - 1	カフブ浄水場平面図	1	
3 - 1	フローシート（浄水処理）	1	
- 2	フローシート（薬品注入）	1	
4 - 1	水位高低図	1	
5 - 1	取水塔構造図	1	
6 - 1	取水ポンプ室構造図(stage1)	1	
- 2	取水ポンプ室構造図(stage2)	1	
7 - 1	沈殿池構造図	1	
8 - 1	急速濾過池構造図	1	
9 - 1	送水ポンプ室構造図(stage1)	1	
- 2	送水ポンプ室構造図(stage2)	1	
10 - 1	薬品注入設備図	1	
11 - 1	塩素注入設備図	1	
12 - 1 ~ 2	単線結線図(stage1)	2	
- 3 ~ 5	単線結線図(stage2)	3	
13 - 1 ~ 9	管路平面縦断図(ナカプタ-スカイウェイズ)	9	
- 10 ~ 13	管路平面縦断図(チフブ)	4	
- 14 ~ 16	管路平面縦断図(ノースライズ)	3	
14 - 1 ~ 2	制水弁工標準構造図	2	
15 - 1	空気弁工標準構造図	1	
16 - 1	排泥工標準構造図	1	
17 - 1	流量計室工標準構造図	1	
18 - 1	カロコ地区平面図	1	
19 - 1	ムシリ地区平面図	1	
20 - 1	キオスク型公共水栓標準構造図	1	
	合 計	43	



# KAFUBU WATER TREATMENT PLANT Layout

scale: 1/1500

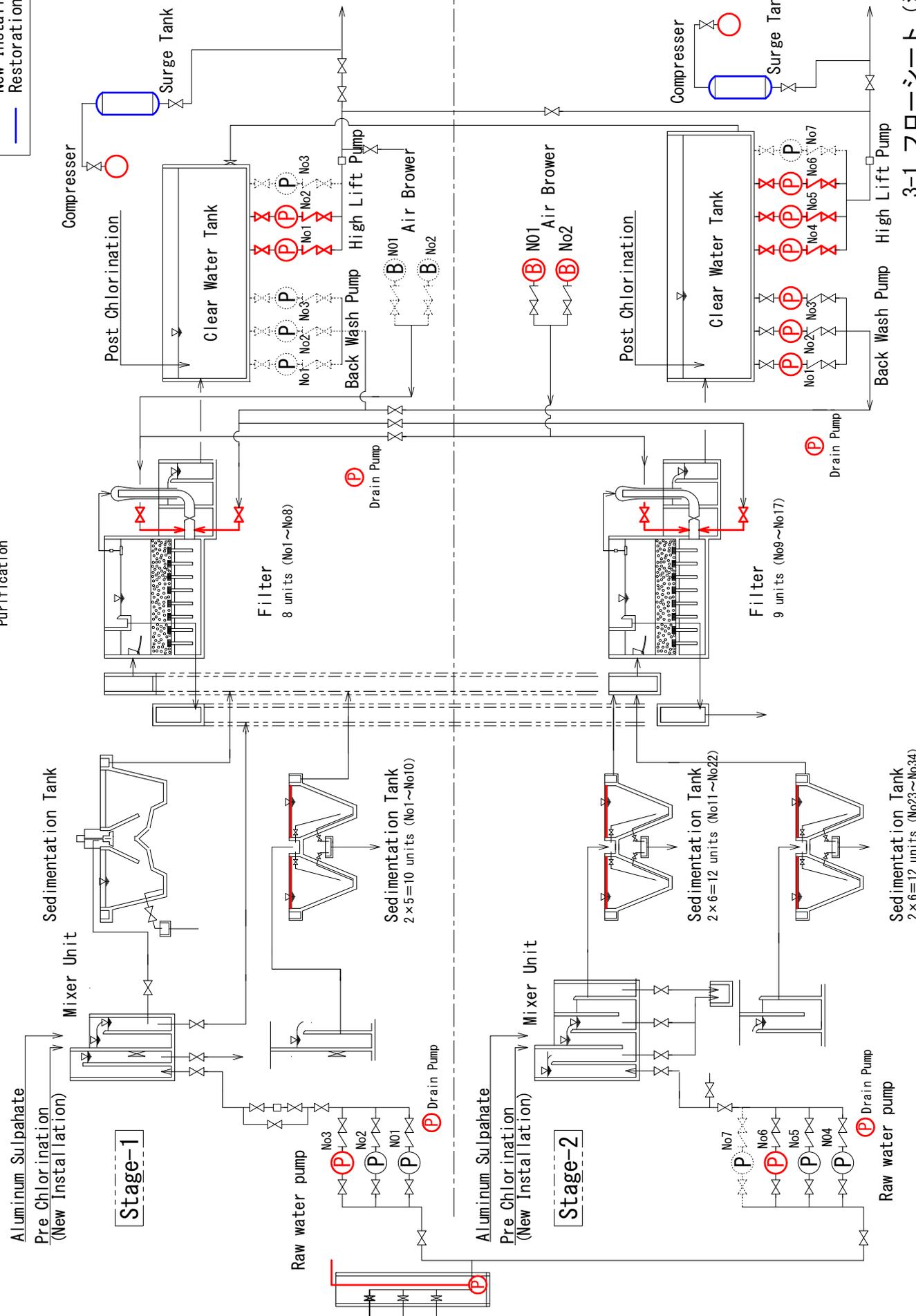


2-1. カフブ浄水場平面図

# Flowsheet

Purification

LEGEND  
— New Installation  
— Restoration

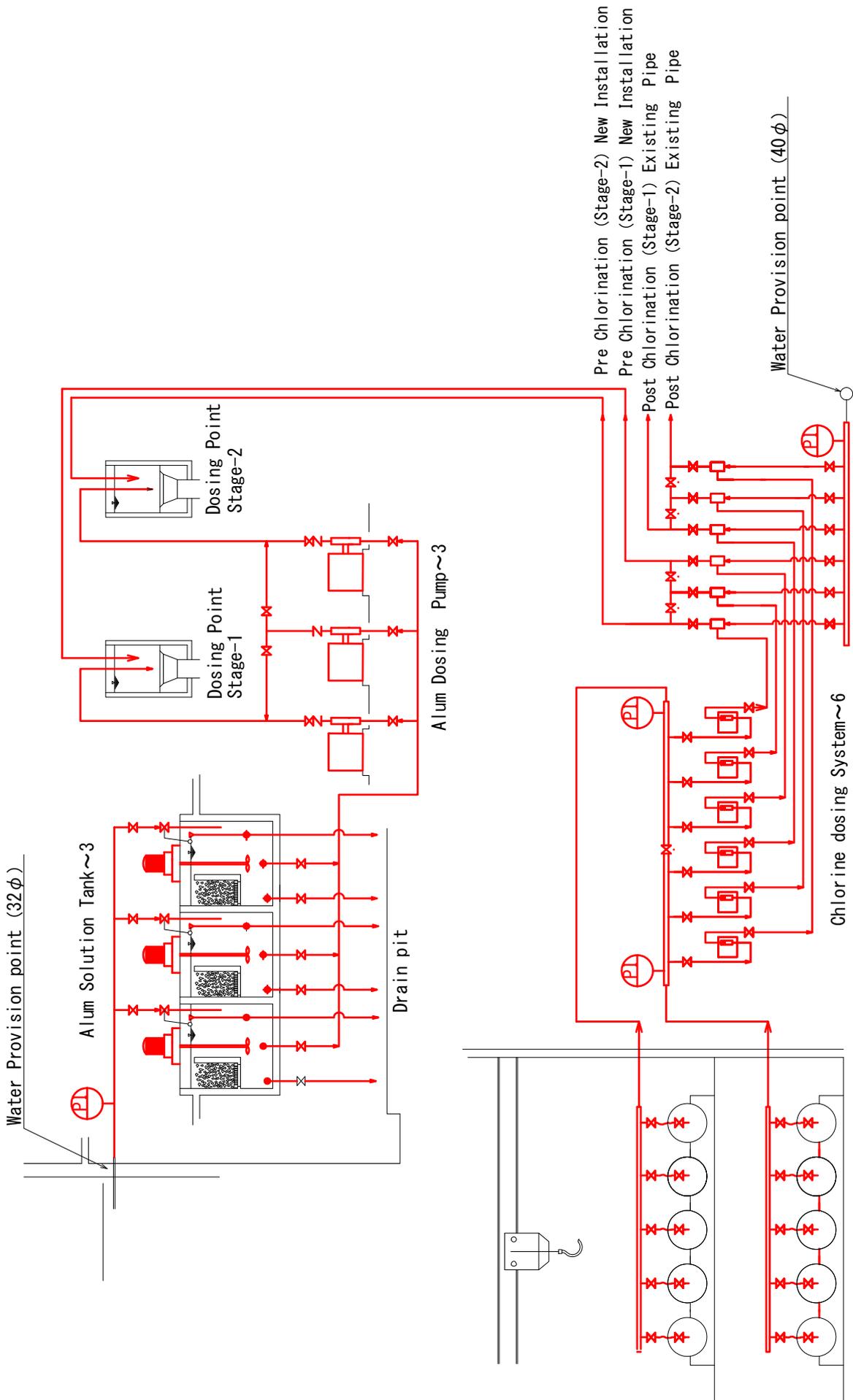


# Flowsheet

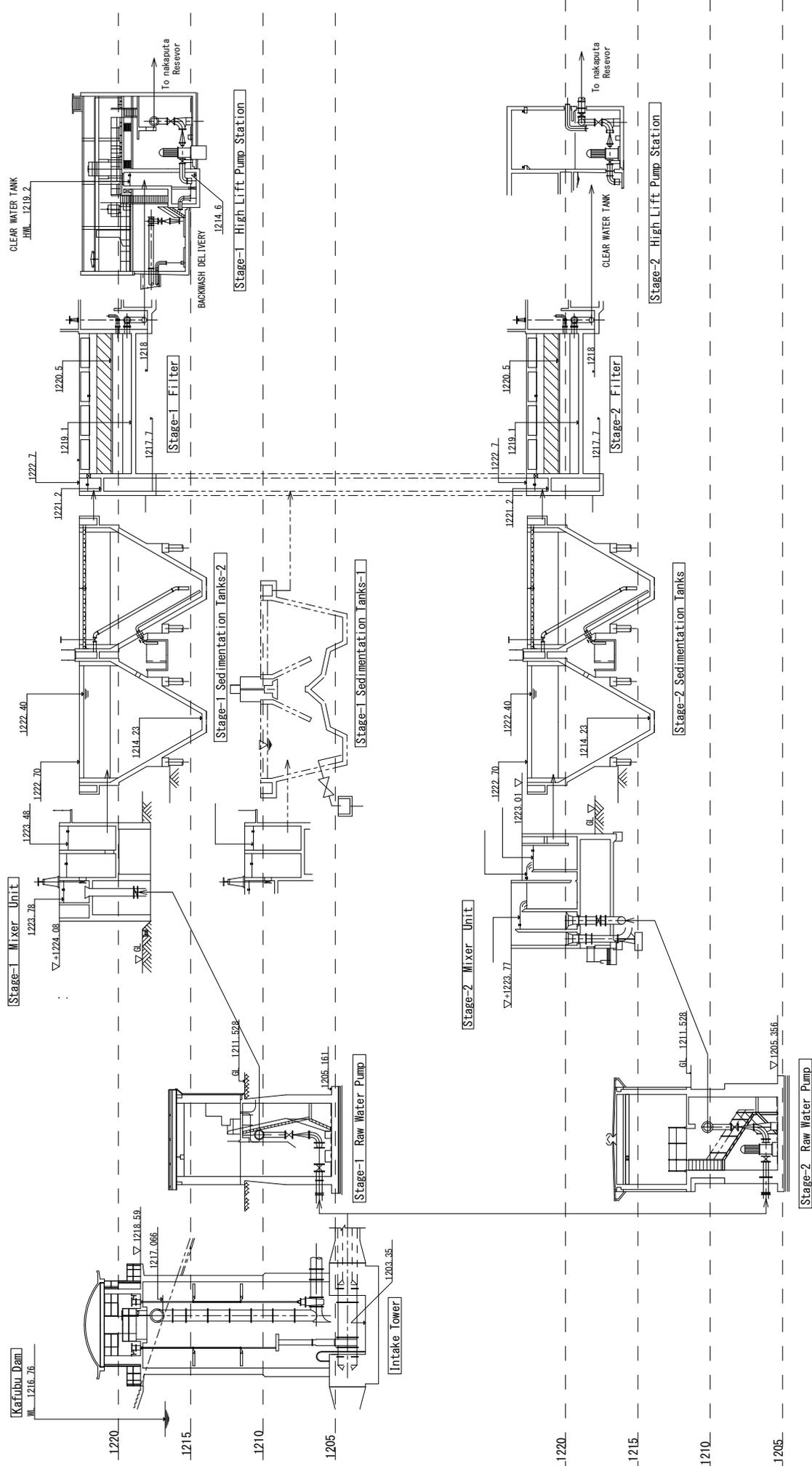
Coagulation, Chlorination

**LEGEND**

<span style="color: red;">—</span>	New Installation
<span style="color: blue;">—</span>	Restoration

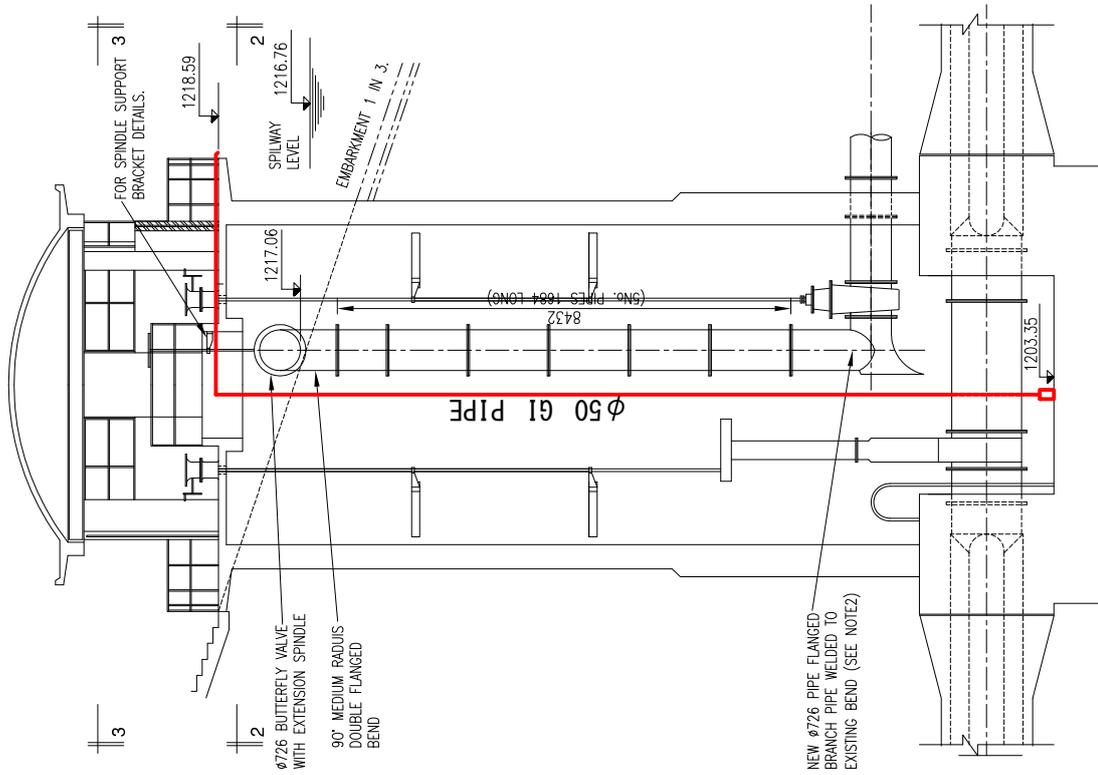
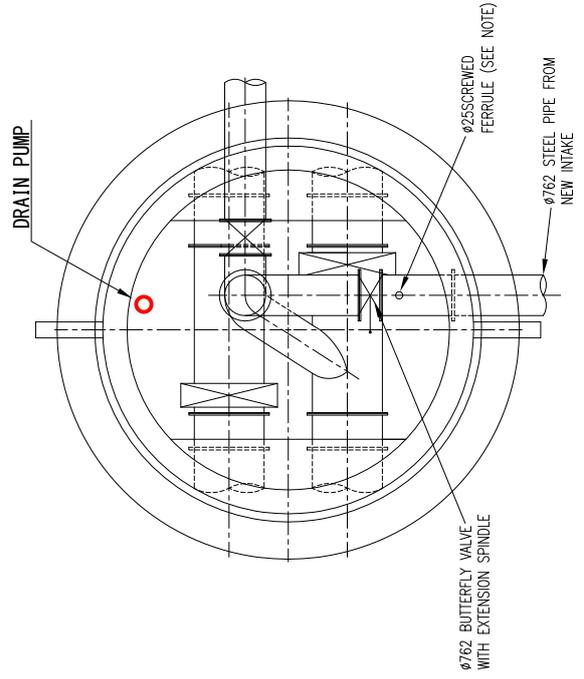
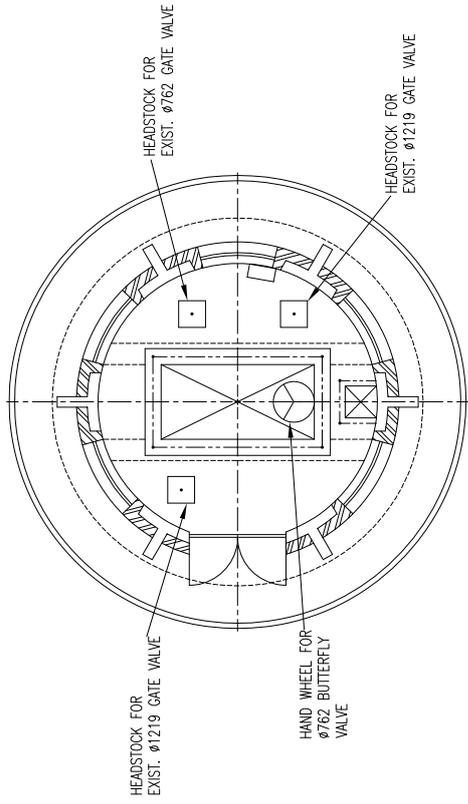


# Water Level



# Intake Tower

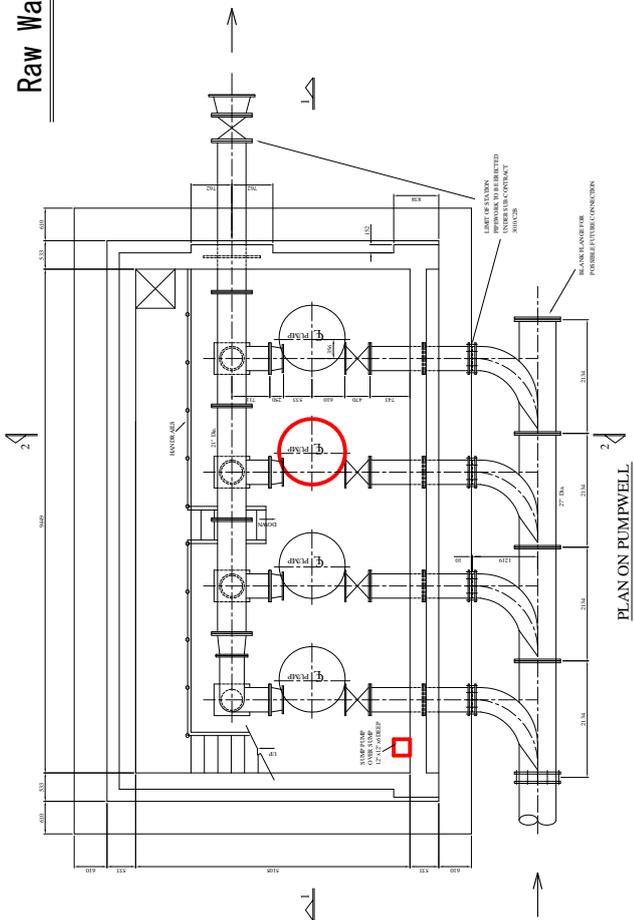
scale: 1/100



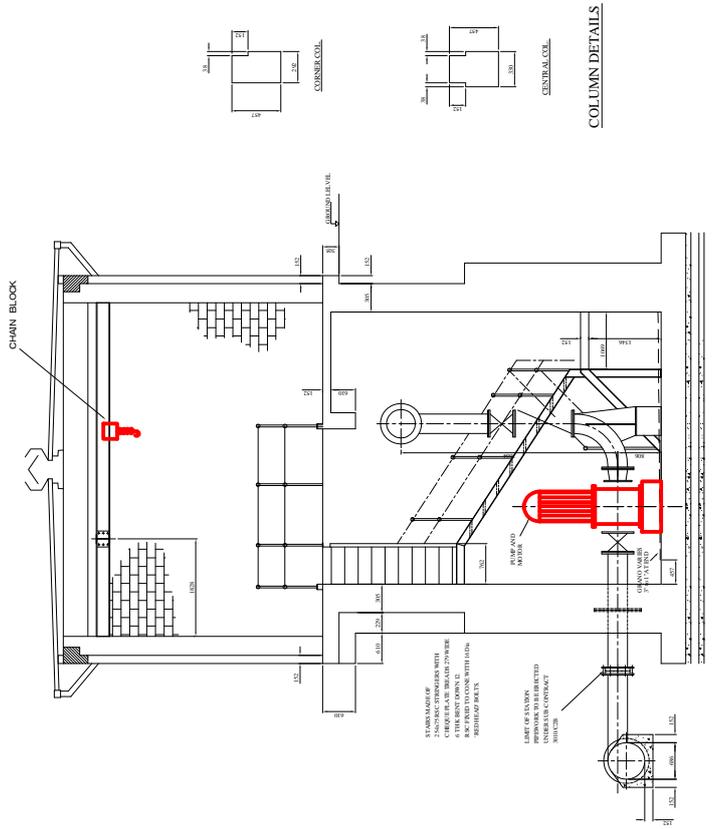


# Raw Water Pump (Stage2)

scale: 1/100



PLAN ON PUMPWELL

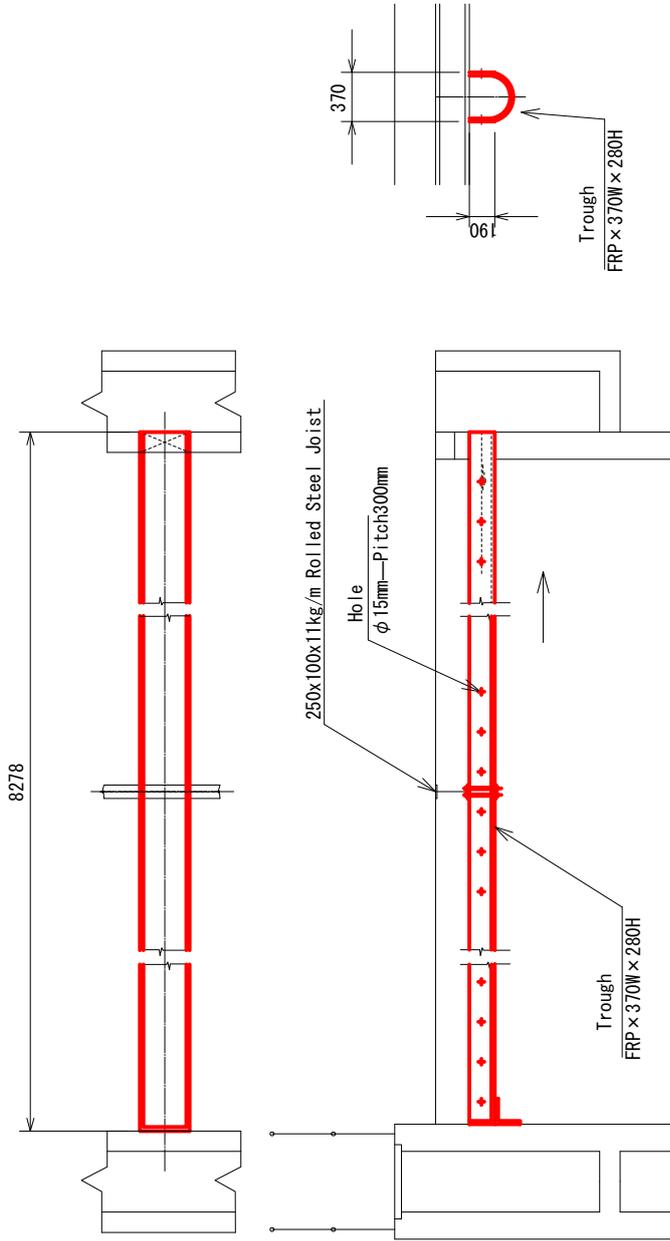


COLUMN DETAILS

SECTION 1-1

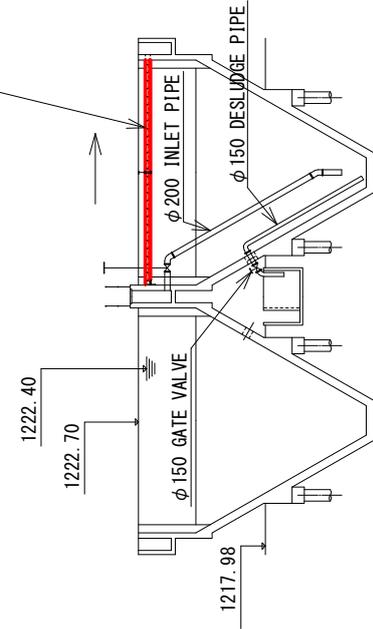
SECTION 2-2

# Sedimentation Tanks

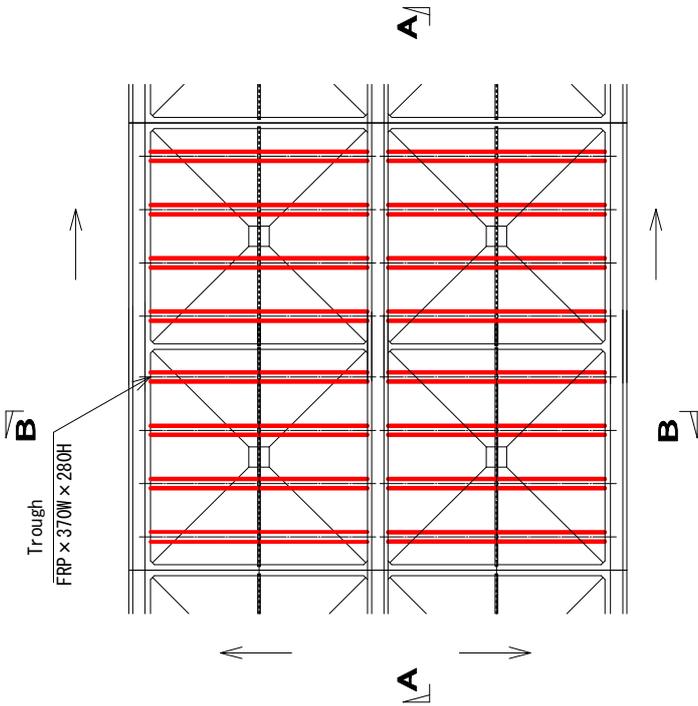


Trough Detail

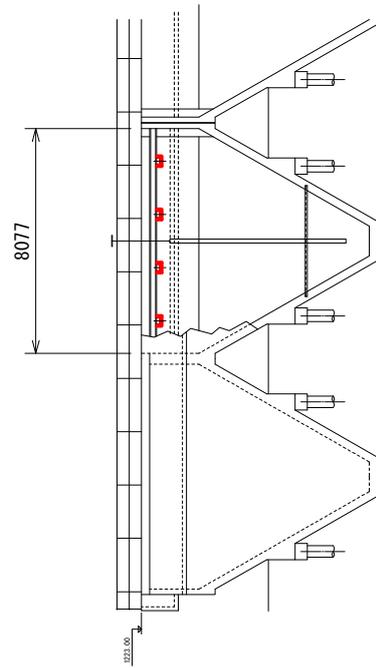
4 No. PERFORATED DECANTING TROUGHS PER TANK BY SPECIALIST



B-B Section



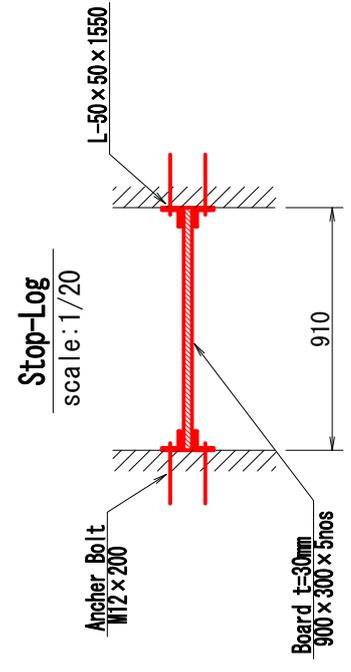
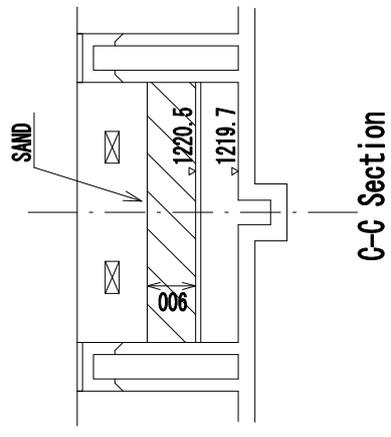
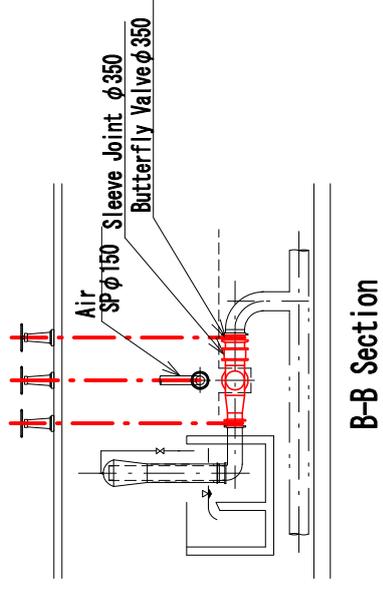
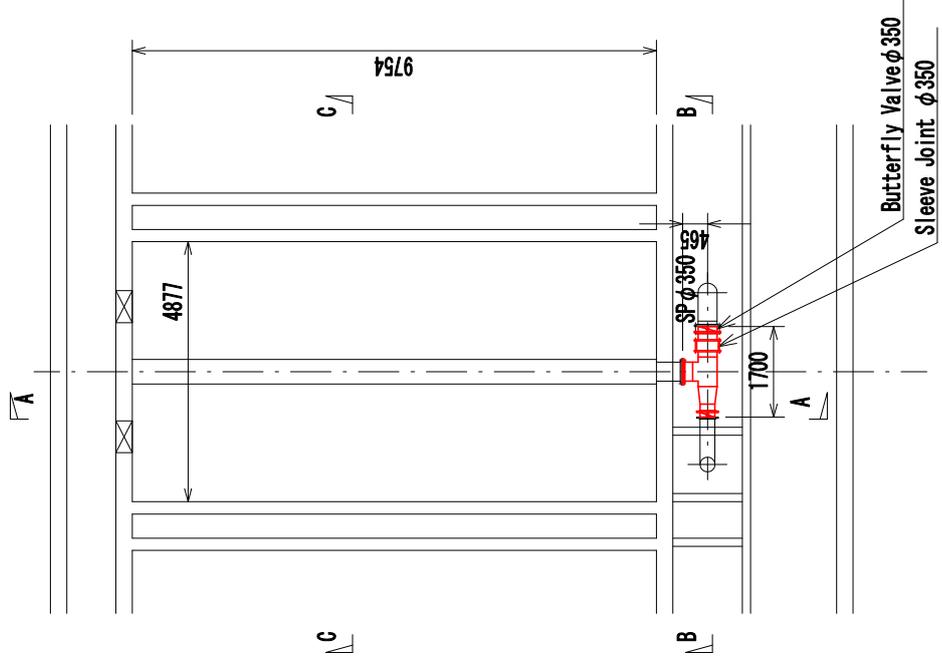
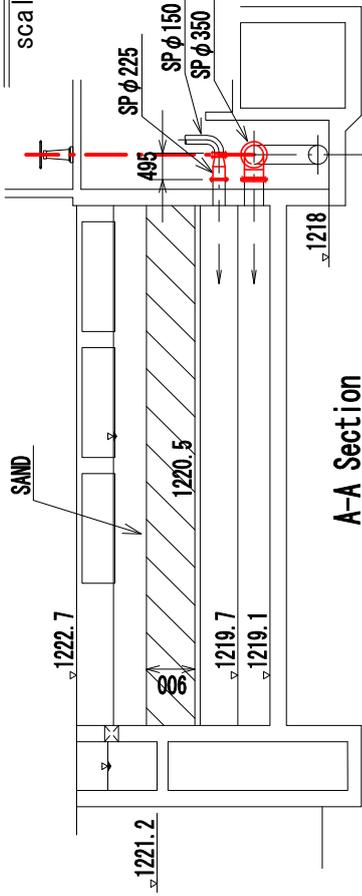
Sedimentation Tanks



A-A Section

Filter

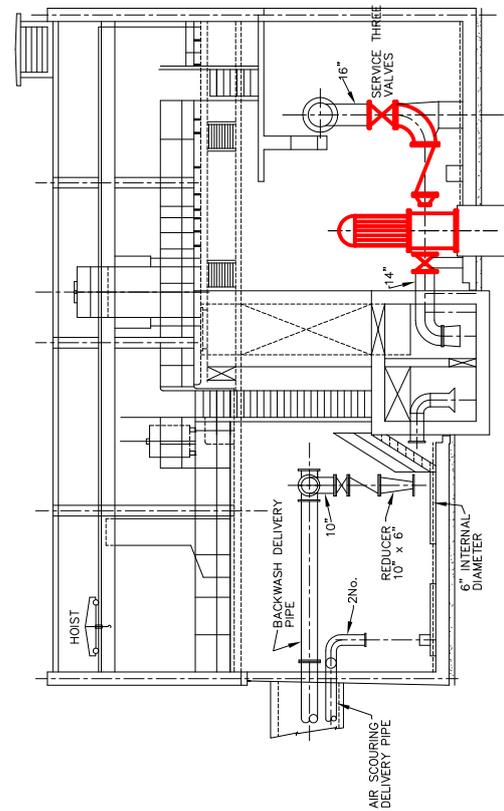
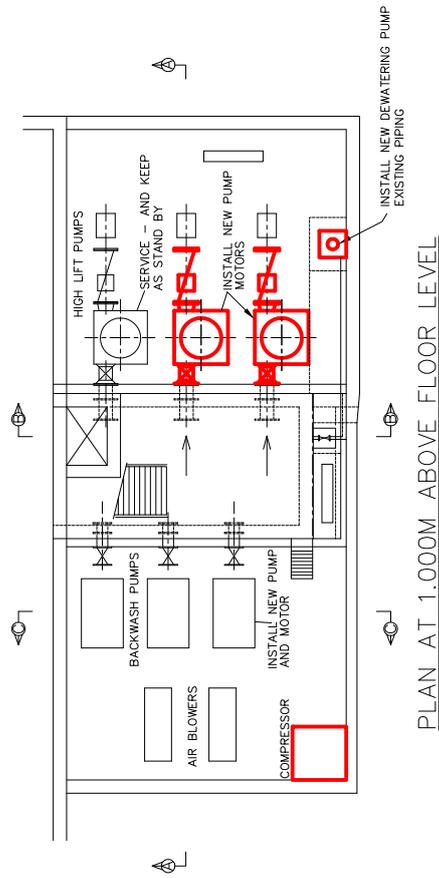
scale: 1/100



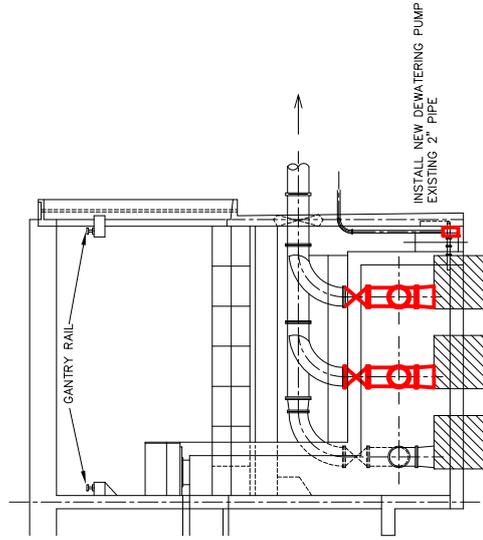
8-1. 急速濾過池構造図

# High Lift Pump (Stage1)

scale: 1/100

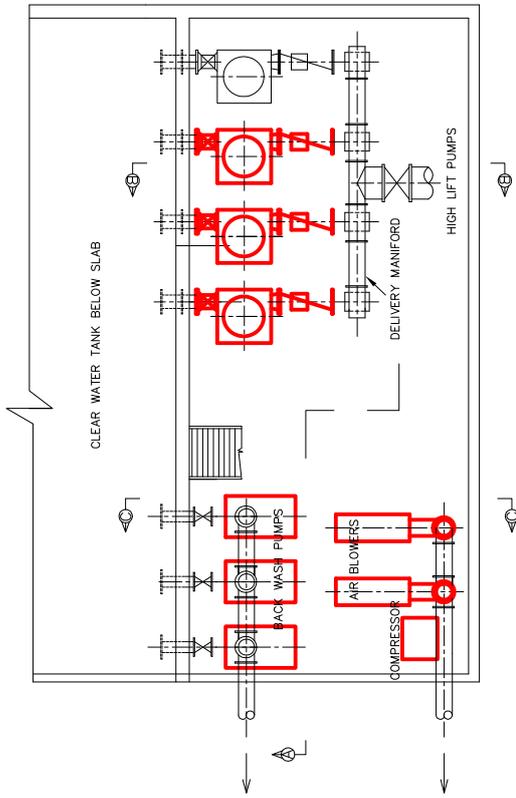


SECTION A - A

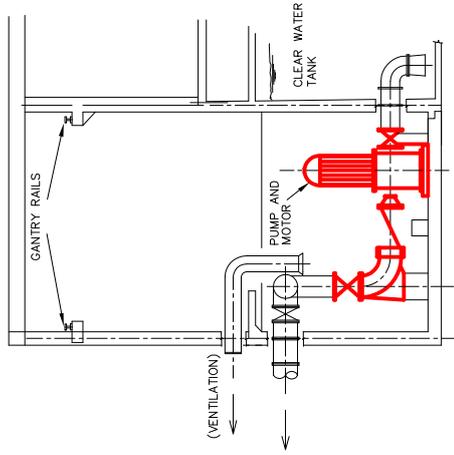


SECTION B - B

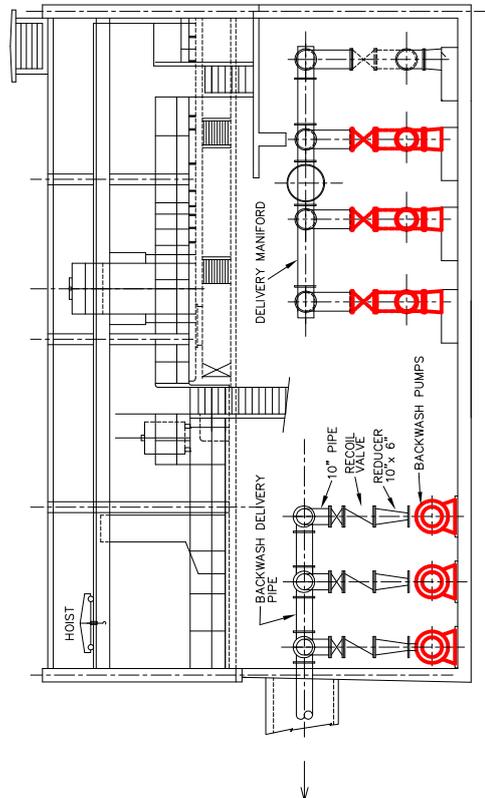
High Lift Pump Station (Stage2)  
 Back Wash Pumps & Air Blower Pumps  
 scale : 1/100



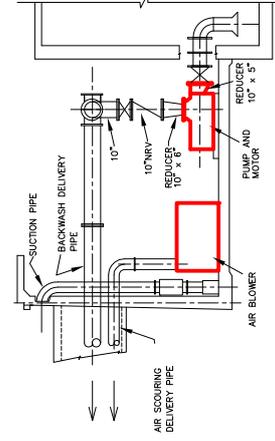
PLAN



SECTION B - B



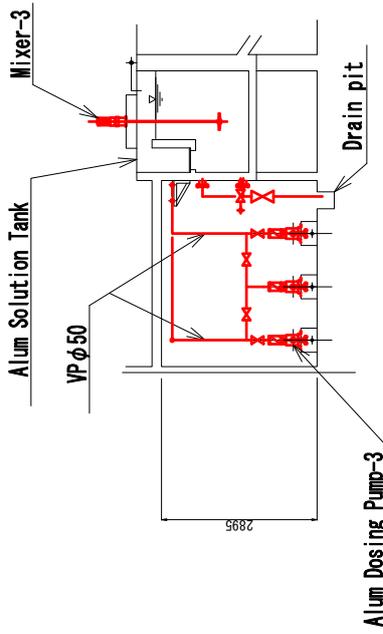
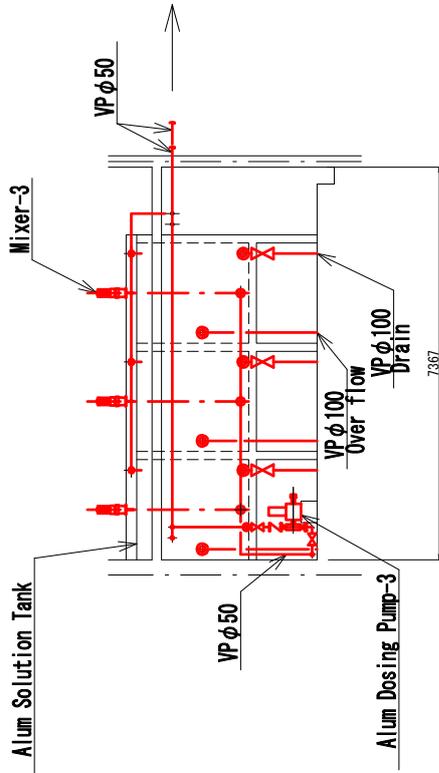
SECTION A - A



SECTION C - C

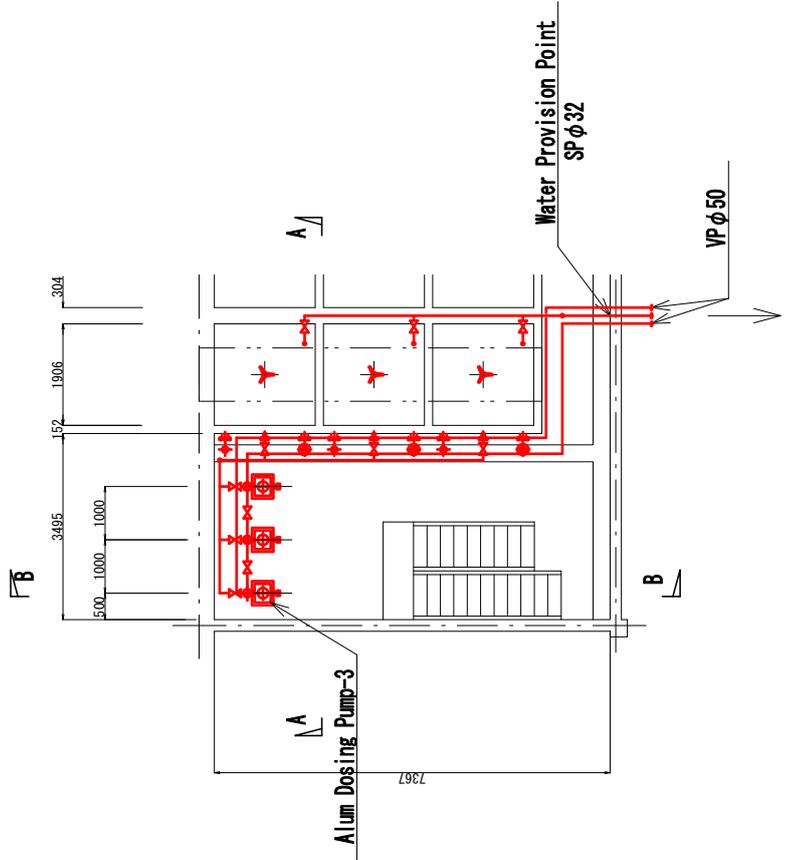
# Alum Dosing System

scale: 1/100



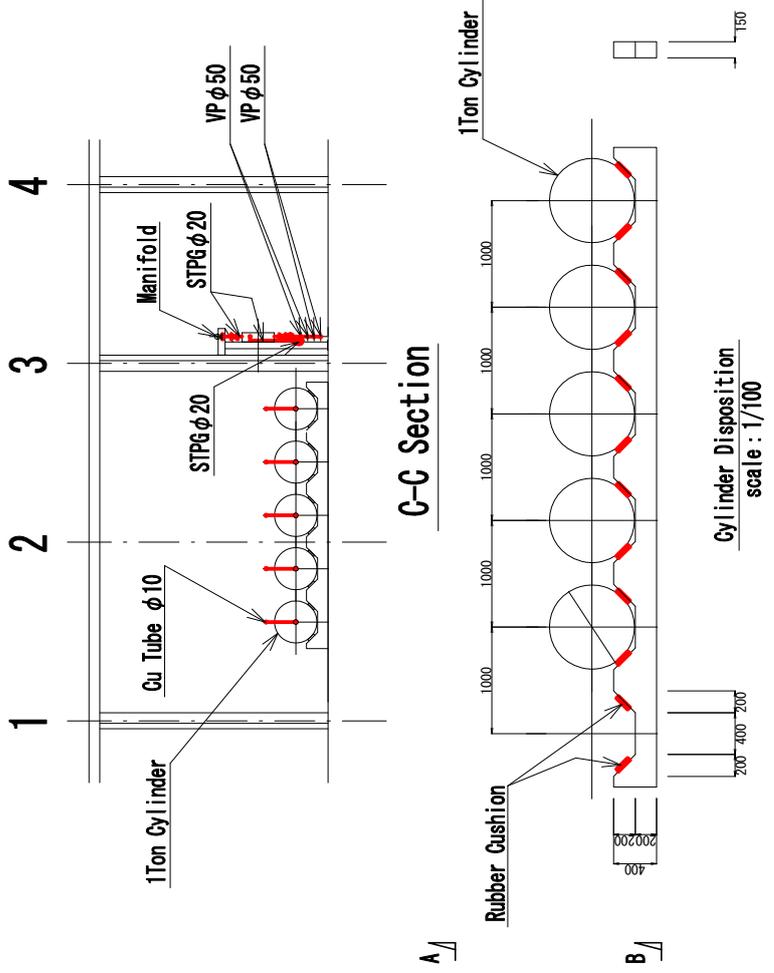
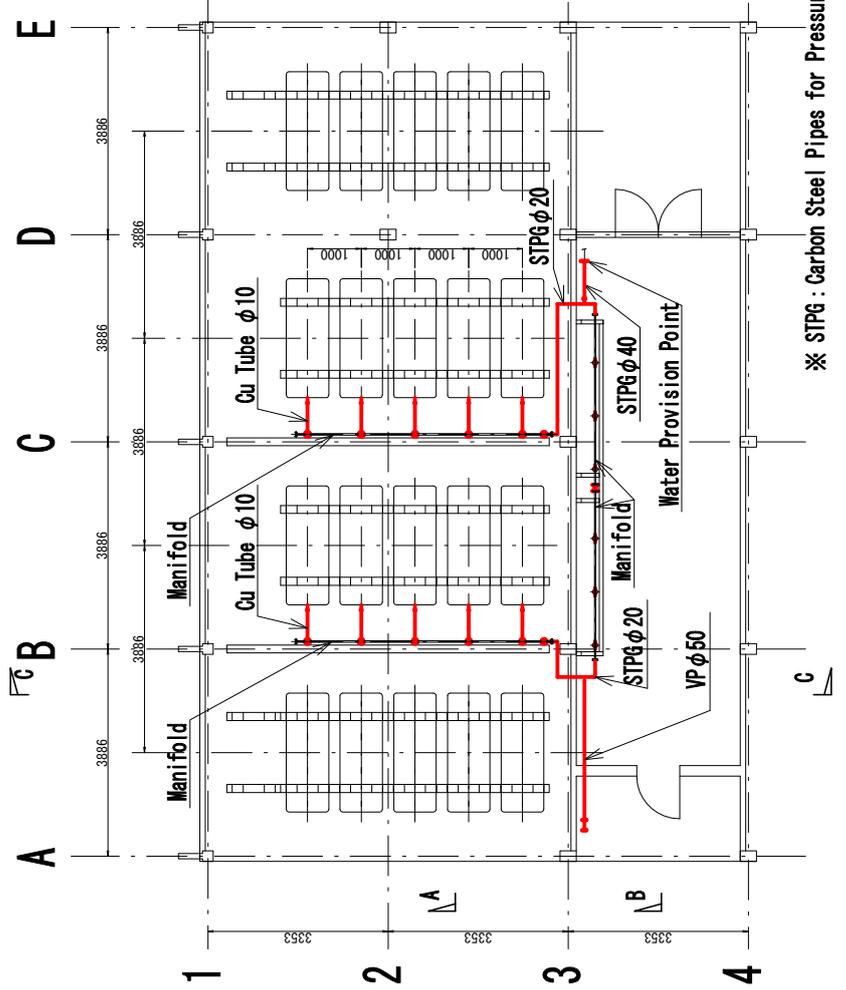
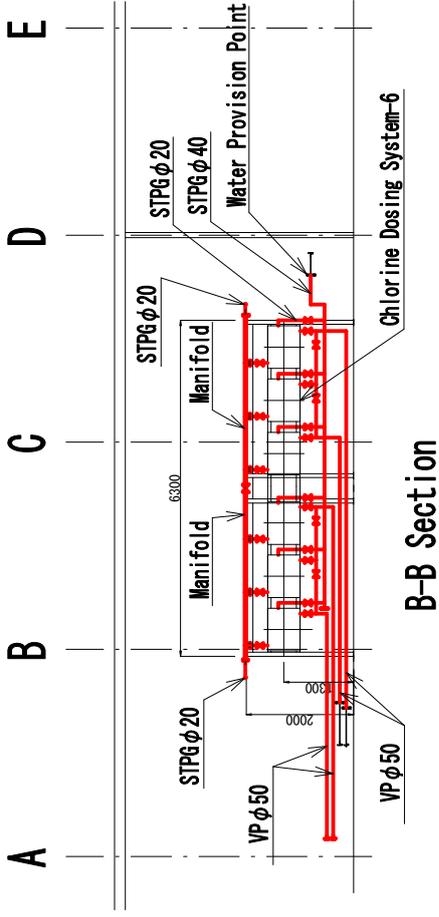
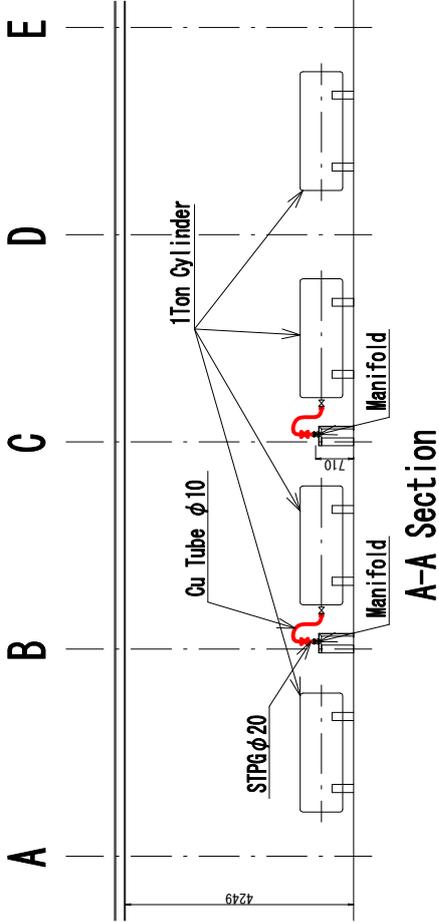
A-A Section

B-B Section



# Chlorine dosing System

scale: 1/100



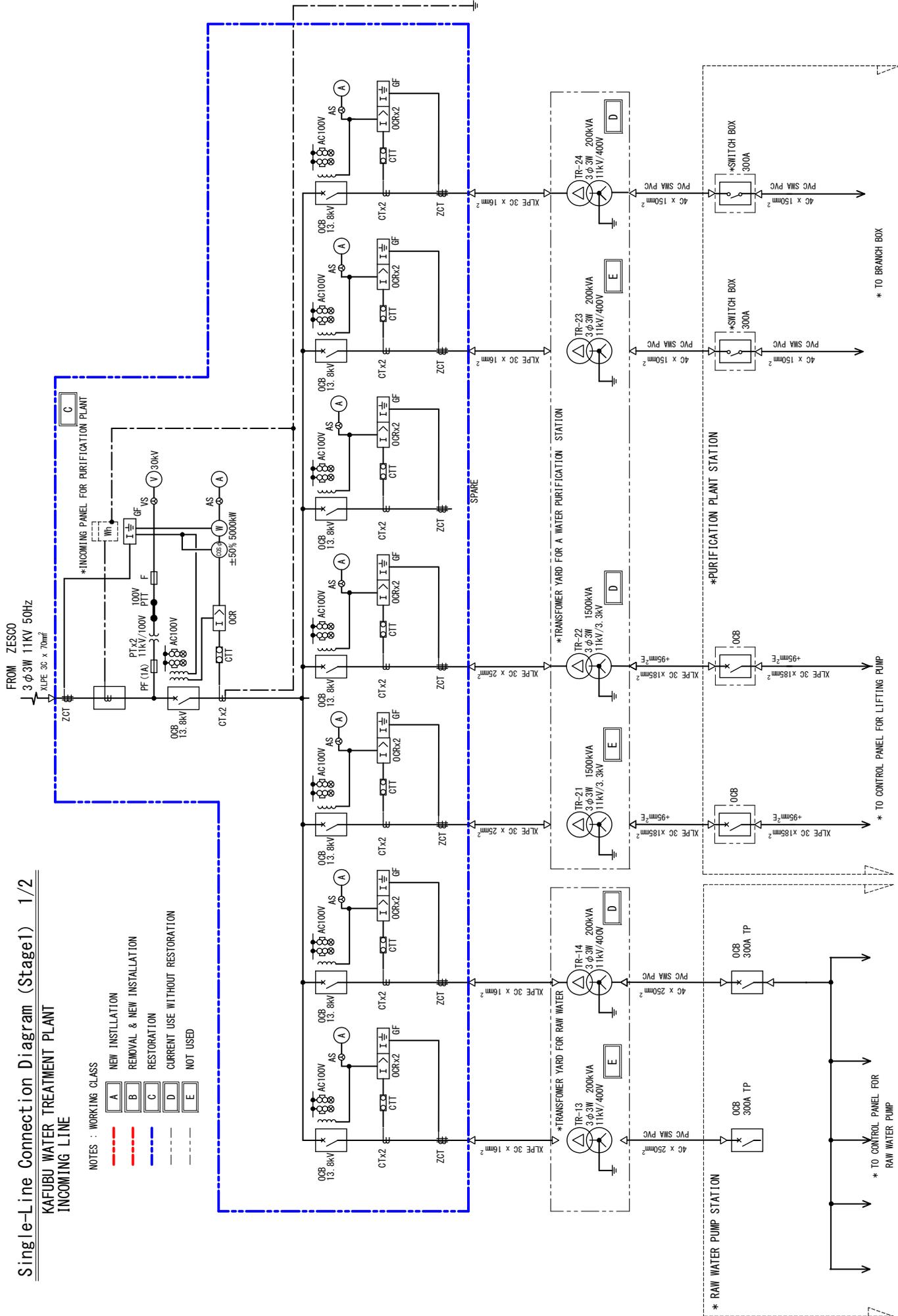
※ STPG : Carbon Steel Pipes for Pressure Service

# Single-Line Connection Diagram (Stage1) 1/2

## KAFUBU WATER TREATMENT PLANT INCOMING LINE

NOTES : WORKING CLASS

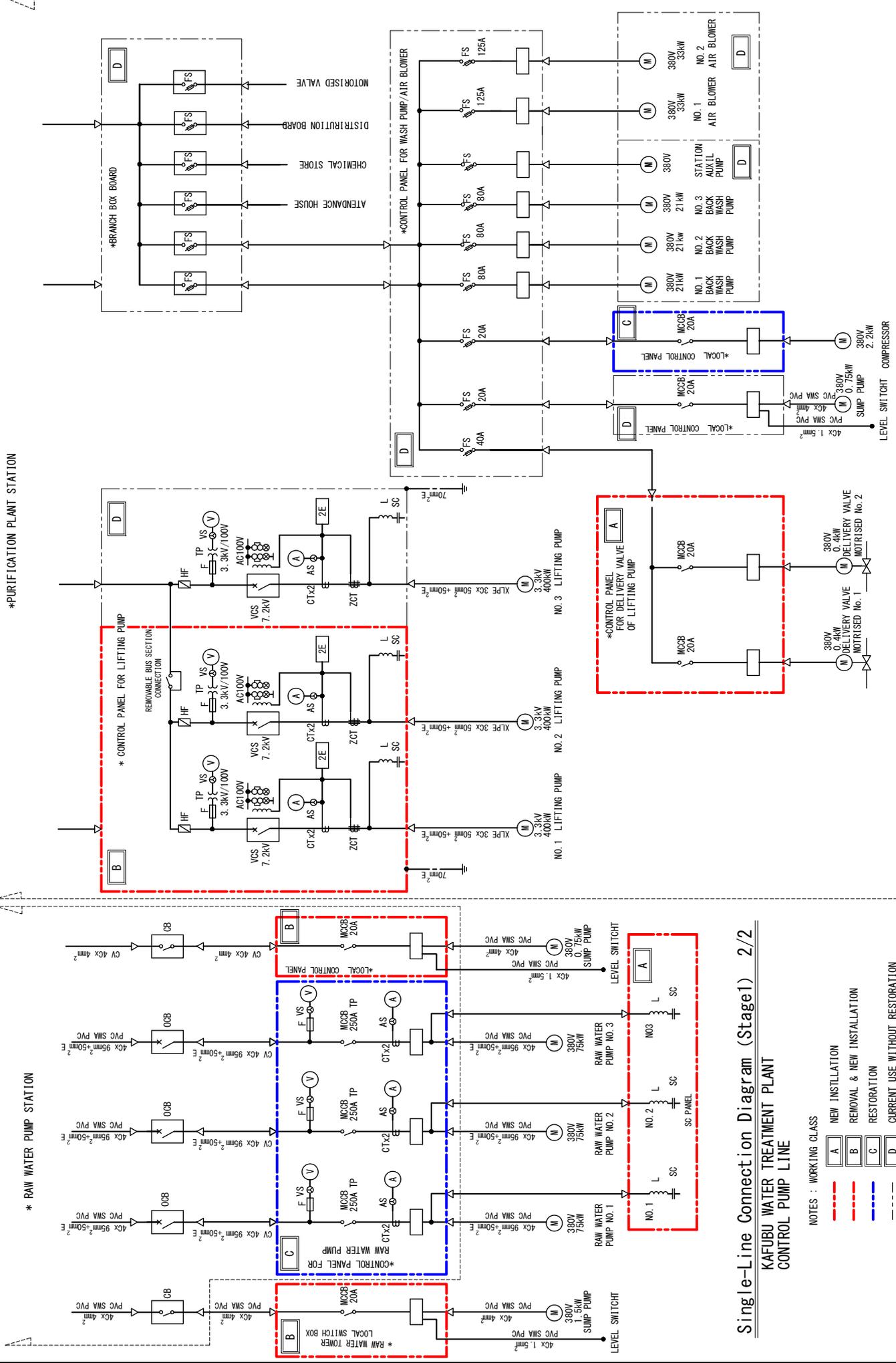
- A NEW INSTALLATION
- B REMOVAL & NEW INSTALLATION
- C RESTORATION
- D CURRENT USE WITHOUT RESTORATION
- E NOT USED



\* TO BRANCH BOX

\* TO CONTROL PANEL FOR LIFTING PUMP

\* TO CONTROL PANEL FOR RAW WATER PUMP



Single-Line Connection Diagram (Stage1) 2/2  
 KAFUBU WATER TREATMENT PLANT  
 CONTROL PUMP LINE

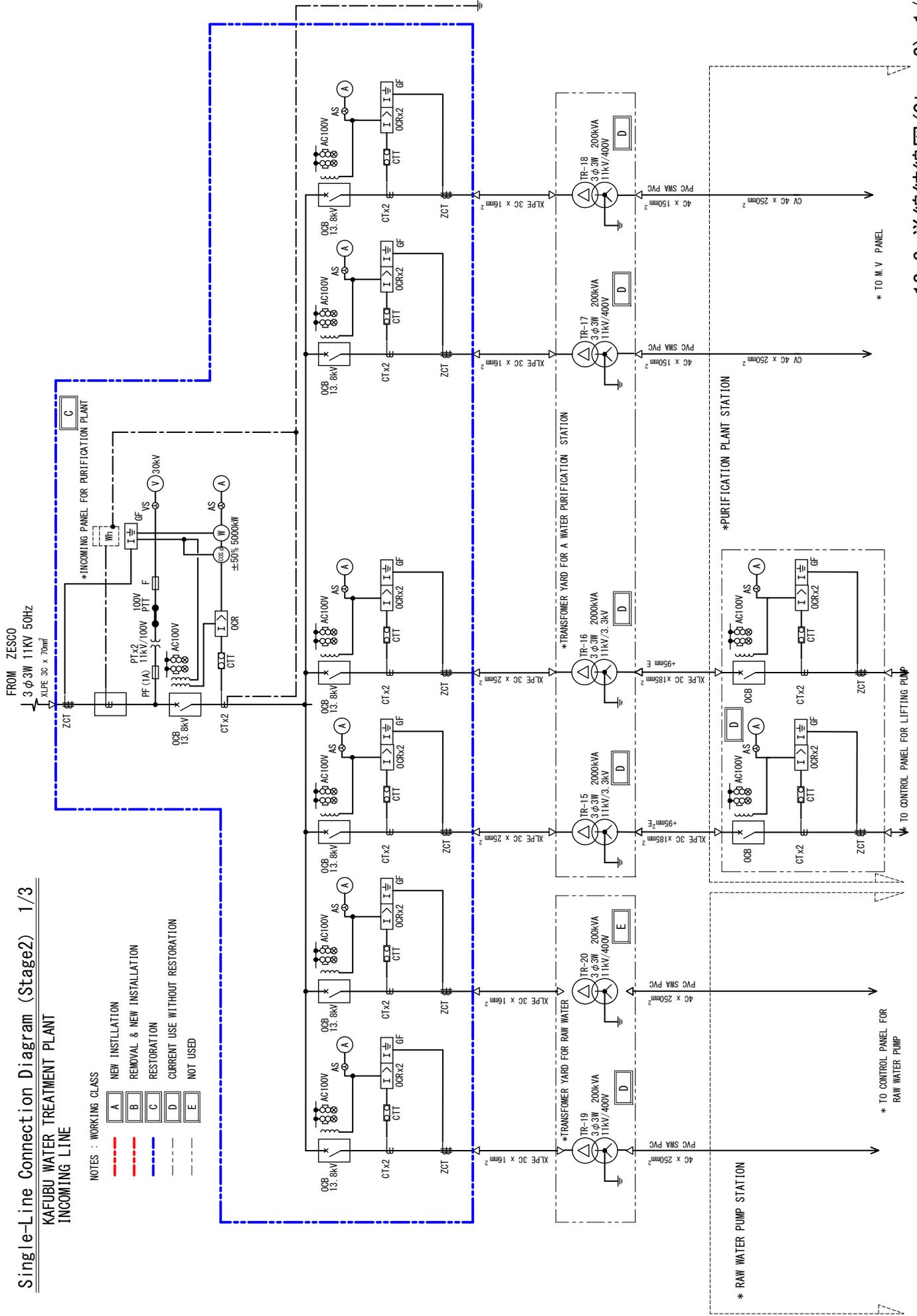
- NOTES : WORKING CLASS
- A NEW INSTALLATION
  - B REMOVAL & NEW INSTALLATION
  - C RESTORATION
  - D CURRENT USE WITHOUT RESTORATION
  - E NOT USED

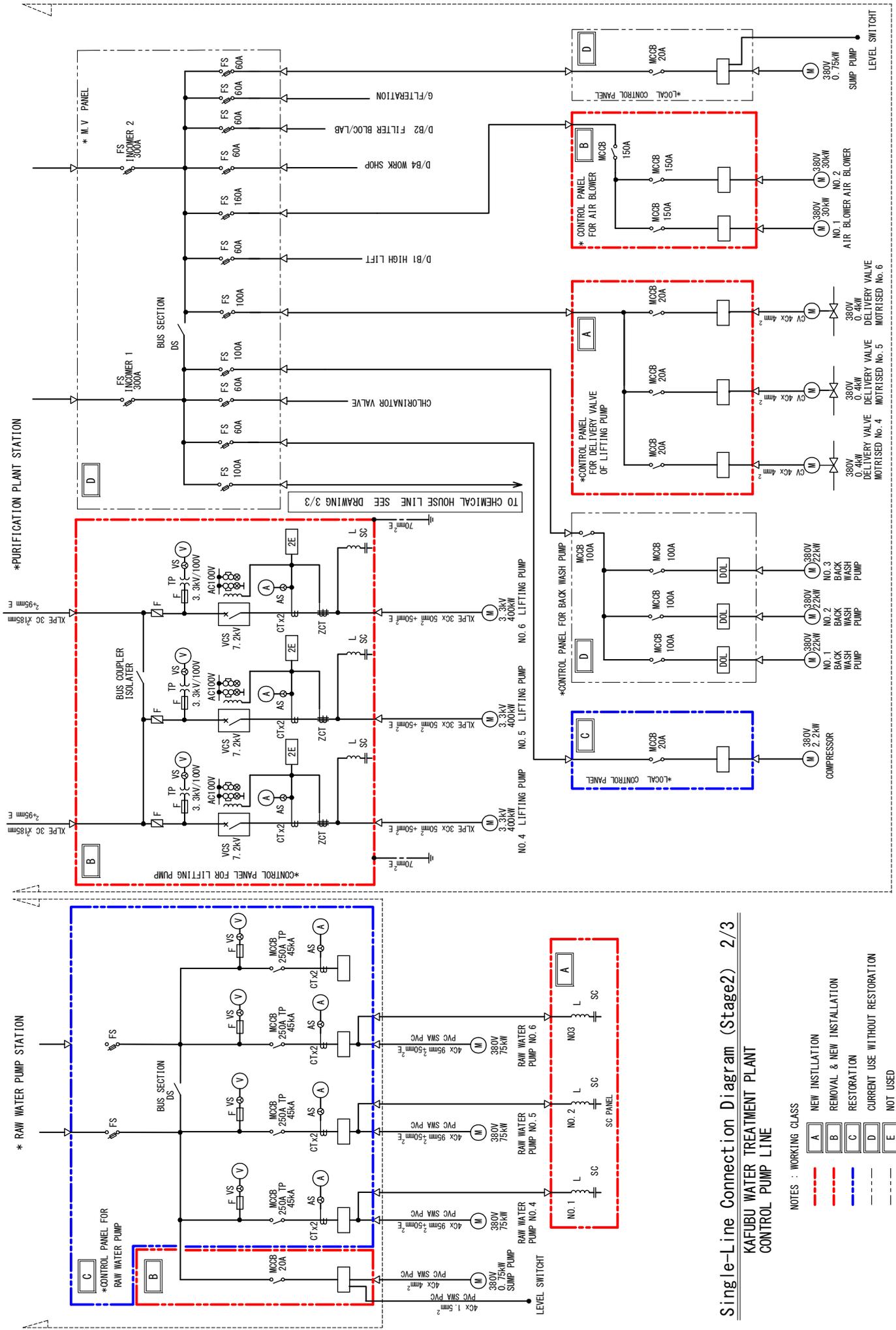
# Single-Line Connection Diagram (Stage2) 1/3

## KAFUBU WATER TREATMENT PLANT INCOMING LINE

NOTES : WORKING CLASS

- A NEW INSTALLATION
- B REMOVAL & NEW INSTALLATION
- C RESTORATION
- D CURRENT USE WITHOUT RESTORATION
- E NOT USED





Single-Line Connection Diagram (Stage2) 2/3  
 KAFUBU WATER TREATMENT PLANT  
 CONTROL PUMP LINE

- NOTES : WORKING CLASS
- A NEW INSTALLATION
  - B REMOVAL & NEW INSTALLATION
  - C RESTORATION
  - D CURRENT USE WITHOUT RESTORATION
  - E NOT USED

# Single-Line Connection Diagram (Stage2) 3/3

## KAFUBU WATER TREATMENT PLANT CHEMICAL HOUSE LINE

- NOTES : WORKING CLASS
- A NEW INSTALLATION
  - B REMOVAL & NEW INSTALLATION
  - C RESTORATION
  - D CURRENT USE WITHOUT RESTORATION
  - E NOT USED

FROM CONTROL PUMP LINE SEE DRAWING 2/3

