

**エジプト・アラブ共和国
エルマハラエルコブラ浄水場拡張計画
基本設計調査報告書**

**平成 17 年 12 月
(2005 年)**

**独立行政法人 国際協力機構
無償資金協力部**

序 文

日本国政府は、エジプト・アラブ共和国政府の要請に基づき、同国のエルマハラエルコブラ浄水場拡張計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は、平成17年7月29日から8月30日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、エジプト国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調査を実施しました。帰国後の国内作業の後、平成17年11月4日から11月11日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、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するとともに、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 17 年 12 月

独立行政法人 国際協力機構
理 事 小 島 誠 二

伝 達 状

今般、エジプト・アラブ共和国におけるエルマハラエルコブラ浄水場拡張計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

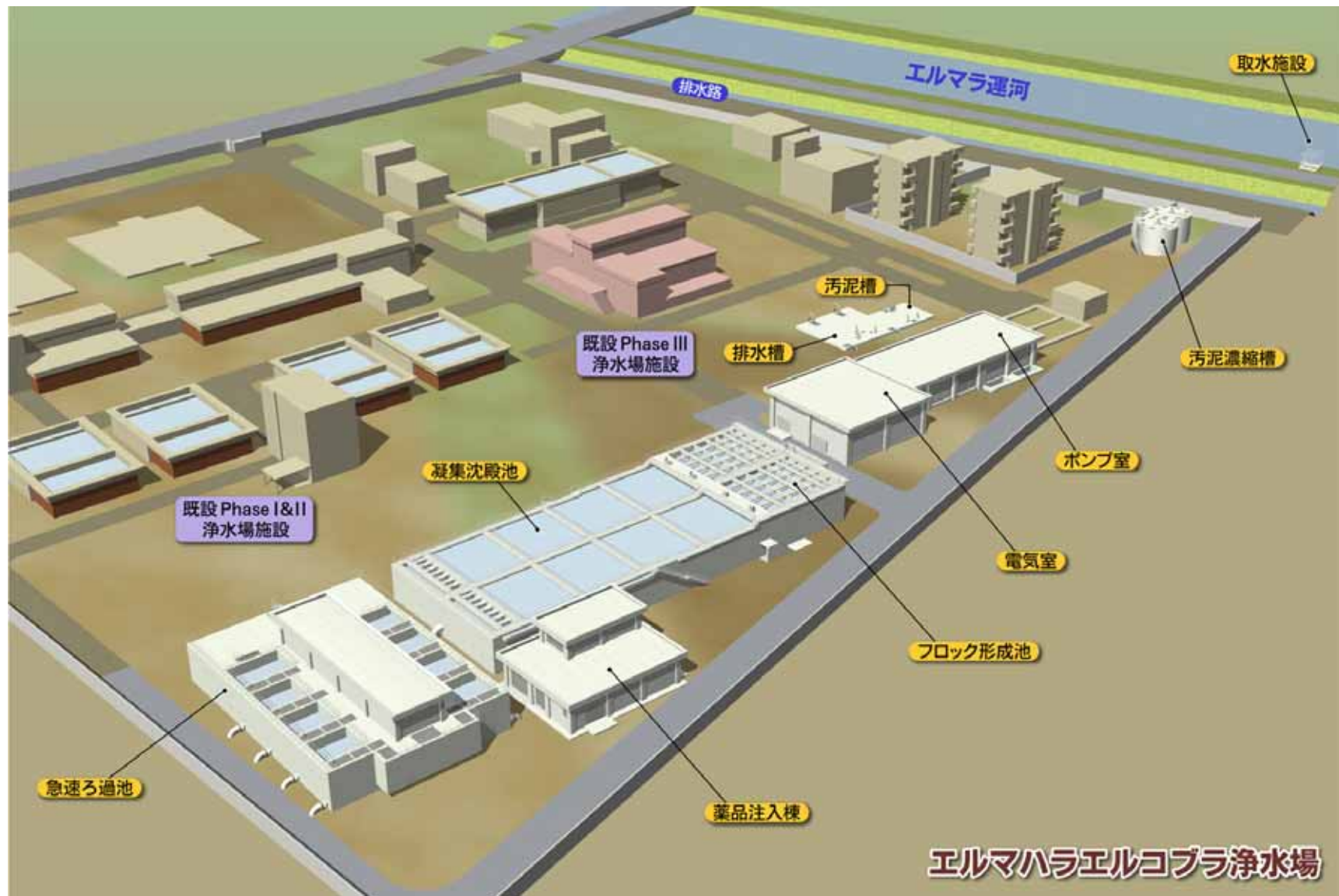
本調査は、貴機構との契約に基づき弊社が、平成17年7月より平成17 年12月までの5.5ヵ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、エジプト国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成17年12月

八千代エンジニアリング株式会社
エジプト・アラブ共和国
エルマハラエルコブラ浄水場拡張計画
基本設計調査団

業 務 主 任 瀬野 正敏



本計画浄水場の完成予想図

本計画対象地域の状況（1/2）



給水状況：水が充分こない状況を調査団に訴えに集まってきた付近の住民



給水状況：一部の地域では、蛇口の給水圧が足らず水がでない状況が慢性化している



既設井戸設備：多くの井戸水は塩水化が進み、水質は悪化している。特に、塩水化が進んでいるインテイク井戸施設を本計画では廃止する計画とする。



コンパクトユニット（簡易浄水場）：新旧浄水場から離れた周辺の村落への給水に大きな役割を果たしている



既設取水施設とエルマラ運河



既設の取水施設

本計画対象地域の状況（2/2）



既設ろ過池用逆洗用ポンプと空気洗浄ブローア



既設汚泥沈殿池ポンプ室内



既設ろ過池手動式逆洗用操作盤



既設水質分析室



拡張される本計画の浄水施設（400L/秒）建設予定地



新浄水場に隣接する本計画の浄水施設建設予定地

図表リスト

図 1.1	計画対象地区の配水区と既設施設	3
図 1.2	新浄水場の施設位置図	14
図 1.3	新浄水場のフローダイアグラム	15
図 1.4	配水区内の需給バランス模式図	18
図 1.5	既存浄水場の水質試験用採水箇所、試験項目及び頻度	21
図 2.1	NOPWASD 組織図	31
図 2.2	GACWASD 組織図	32
図 2.3	GACWASD 運転・維持管理部組織図	33
図 2.4	デルタ地域の年間気温	41
図 2.5	デルタ地域の年間降水量	41
図 3.1	浄水方法	56
図 3.2	浄水プロセスにおける水収支（日基準）	71
図 3.3	水質試験用採水箇所及び水質試験項目	78
図 3.4	浄水場の運転指示項目	80
図 3.5	エルマハラエルコブラ市配水管網	83
図 3.6	計画地内の配水システム	84
図 3.7	検討手順の流れ	86
図 3.8	配水管網モデル	87
図 3.9	住居地区と節点水量を与えた節点	88
図 3.10	計算結果（既設配水管網をそのまま利用した場合）：圧力	89
図 3.11	既設配水管の敷設替え	90
図 3.12	計算結果（圧力）	91
図 3.13	施設建設請負業者の実施体制	122
図 3.14	機材調達請負業者の実施体制	125
図 3.15	コンサルタントの施工／調達監理時の位置付け	125
図 3.16	問題分析－問題系図	141
図 3.17	目的分析－目的系図	142
図 3.18	解決アプローチ	143
図 3.19	ソフトコンポーネント（1/2）の実施工程表（案）	148
図 3.19	ソフトコンポーネント（2/2）の実施工程表（案）	149
図 3.20	事業実施工程	150
図 3.21	浄水設備の維持管理の基本的な考え方	152
表 1.1	ガルビア県の人口（2005 年推定）	1
表 1.2	現在の給水人口（2005 年）	4
表 1.3	現在の一日平均使用水量	4
表 1.4	現在の一日平均給水量	5
表 1.5	NOPWASD の計画一人一日平均給水量	6
表 1.6	新エルマハラエルコブラ浄水場の原水水質	7
表 1.7	浄水場の水質	7
表 1.8	新エルマハラエルコブラ浄水場の原水水質	8
表 1.9	コンパクトユニットの水質	9
表 1.10	井戸の水質	10
表 1.11	市内の給水水質（既往データ）	11
表 1.12	給水水質（JICA 分析結果）	11
表 1.13	プロジェクト対象地域の既存浄水施設・井戸施設	12
表 1.14	排水用運河への排水基準	19
表 1.15	水質基準及び既存浄水場の水質測定項目	20

表 1.16	既存浄水場の水質試験用採水箇所、試験項目及び頻度	20
表 1.17	既存施設の各処理プロセスの推定設計値	22
表 1.18	GACWASD が 2010 年に必要とする計画一日平均給水量	24
表 1.19	要請内容と変更状況	26
表 1.20	我が国の援助実施状況	27
表 2.1	GACWASD エルマハラエルコブラ市担当部の要員数	33
表 2.2	NOPWASD の事業実績	34
表 2.3	NOPWASD の新旧 5 ヶ年計画予算	34
表 2.4	NOPWASD の第 5 次 5 ヶ年計画予算申請時の各県の予算配分	35
表 2.5	GACWASD の水道料金体系 (2005 年 8 月時点)	36
表 2.6	GACWASD の営業状況 (2004 年 1 ~ 3 月の月間平均)	36
表 2.7	エルマハラエルコブラの浄水原価 (2005 年 1 月 ~ 6 月)	37
表 2.8	GACWASD の営業予算推移 (2001/02 年 ~ 2003/04 年)	37
表 2.9	既存のパキュムカーの状況	39
表 3.1	計画給水人口	50
表 3.2	生活用水一人一日平均給水量	50
表 3.3	GACWASD が 2010 年に必要とする計画一日平均給水量	51
表 3.4	計画一日平均給水量検証	51
表 3.5	エジプト国水道施設設計基準における各計画水量の算定方法	52
表 3.6	浄水施設設計に適用する計画水量	53
表 3.7	計画処理水水質	53
表 3.8	汚泥処理・処分方法の代替案の評価	67
表 3.9	モニタリングシステムの取得データ	73
表 3.10	水質制御方法	78
表 3.11	新設浄水場の水質試験項目、採水箇所及び試験頻度	78
表 3.12	主要な施設・設備運転管理項目	80
表 3.13	維持管理道具リスト	81
表 3.14	施設建設に係る両国間負担分担	121
表 3.15	機材調達に係る両国間負担分担	122
表 3.16	日本人施工管理体制	124
表 3.17	日本人施工 / 調達監理体制	127
表 3.18	材料に係る主要品質管理項目	128
表 3.19	施設建設材料 (主要資機材) の調達法	130
表 3.20	調達機材の調達先	131
表 3.21	成果達成の確認法	135
表 3.22	データ処理に用いる入力データ	137
表 3.23	データ処理による出力 (情報) 内容	138
表 3.24	ソフトコンポーネントの成果品	139
表 3.25	ソフトコンポーネントの概算事業費	139
表 3.26	活動詳細計画 (1/2) - 浄水のプロセス管理技術の指導	144
表 3.26	活動詳細計画 (2/2) - データに基づいた維持管理技術の指導	146
表 3.27	本計画施設の運営・維持管理の主な項目	153
表 3.28	ポンプ設備の標準的な定期点検項目	153
表 3.29	受変電設備の標準的な定期点検項目	154
表 3.30	本計画の浄水施設に必要な要員	155
表 3.31	本計画浄水施設の運営・維持管理費	157
表 4.1	プロジェクトの現状と問題点・対策・効果等	158

略語集

- Approx.	: Approximately (約)
- BD	: Basic Design (基本設計)
- BOD	: Biochemical oxygen demand (生物化学的酸素要求量)
- COD	: Chemical oxygen demand (化学的酸素要求量)
- DCI	: Ductile Cast Iron (ダクタイル鋳鉄)
- DD	: Detail Design (詳細設計)
- DO	: Dissolved Oxygen (溶存酸素)
- E/N	: Exchange of Notes (交換公文)
- FY	: Fiscal Year (会計年度)
- GACWASD	: Gharbeya Company for Water Supply and Sanitary Drainage (ガルビヤ県上下水道公社)
- GDP	: Gross Domestic Product (国内総生産)
- GL	: Ground level (地盤高)
- GNL	: Gross National Product (国民総生産)
- h	: hour (時)
- HHWL	: Highest High Water Level (既往最高水位)
- HWL	: High Water Level (高水位)
- IMF	: International Monetary Fund (国際通貨基金)
- JICA	: Japan International Cooperation Agency (国際協力機構)
- JIS	: Japanese Industrial Standards (日本工業規格)
- JPY	: Japanese Yen (日本円)
- kW	: Kilo Watt (キロワット)
- L	: Liter (リットル)
- LCD	: Liter per capita per day (一人一日あたり給水量)
- LE	: Egyptian Pound (エジプト・ポンド)
- LWL	: Low water level (低水位)
- M/D	: Minutes of Discussion (協議議事録)
- mL	: Milli-liter (ミリ・リットル)
- min	: minute (分)
- mm	: millimeter (ミリ・メートル)
- M/P	: Master Plan (基本計画)
- OJT	: On the Job Training (オンザジョブトレーニング)
- PC	: Prestressed Concrete (プレストレス・コンクリート)
- PDM	: Project Design Matrix (プロジェクトデザインマトリックス)
- PVC	: Polyvinyl Chloride (ポリ塩化ビニール)
- RC	: Reinforced Concrete (鉄筋コンクリート)
- rpm	: Revolutions per minute (回転数)

- sec : second (秒)
- TDS : Total Dissolved Solid (蒸発残留物)
- STP : Sewage Treatment Plant (下水処理場)
- USAID : US Agency for International Development (米国国際開発庁)
- WTP : Water Treatment Plant (浄水場)

要約

要 約

エジプト・アラブ共和国（以下「エ」国と称する）では都市への人口集中が続いており、上下水道をはじめとする都市住環境の改善・保全に係る事業の展開が急務とされている。

現在実施中の第五次国家経済社会開発 5 ヶ年計画（2002/2003～2006/2007）の中で、上水道セクターの最重要目標を 2007 年までに給水能力を 1,900 万 m³/日から 2,600 万 m³/日に引き上げ、送配水管網を 26,000 k m から 30,900 k m に拡張することを掲げている。

この国家目標をもとに、全国上下水道庁（以下、NOPWASD という）は、大カイロ圏とアレキサンドリア市を除く全国の大型上下水道建設事業計画を 5 ヶ年計画としてまとめ、上位官庁である住宅公共施設省などの予算認可を受けて事業を実施している。

本プロジェクトはこの枠組みに沿った計画であり、ナイルデルタ地域の中心都市であるエルマハラエルコブラ市とその周辺 10 村落の給水改善を図り、同地区の住居環境の向上を目指すものである。

本計画対象地域はガルビア県のエルマハラエルコブラ郡に含まれ、平坦な地形のナイルデルタ地帯の中心に位置し、エルマハラエルコブラ市は「エ」国有数の繊維工業を有する産業都市である。1980 年代からの繊維産業拡大に伴い市内への人口流入が続いてきたが、人口増加に対応する給水施設の整備が立ち遅れ、飲料水の供給量不足の問題は今なお解決されないままである。

2001 年に NOPWASD は、エルマハラエルコブラ新浄水場の給水能力を 200L/秒から 400L/秒に引き上げたが、計画地区内の飲料水不足の問題を解決するには至っていない。現在、このエルマハラエルコブラ新浄水場（400L/秒）、エルマハラエルコブラ旧浄水場（360L/秒）と 6 箇所の小型簡易浄水施設と井戸施設（合せて 814L/秒）からの飲料水が本計画対象地域内の配水管網を通して給水されている。

しかしながら、上記エルマハラエルコブラ新・旧両浄水場は老朽化が激しく進み、運転維持管理面での問題を抱えていること、小型簡易浄水施設は、新・旧浄水場から離れた村落等の小規模な配水区域を対象とした施設であって、浄水の生産効率は低く大規模な都市給水設備として相応しいものでないこと、また、井戸水は地下水の塩分濃度が急速に進んで「エ」国の飲料水基準値の上限に達している状況であり、安全な水の安定的な供給が緊急の課題となっている。

このような状況のもとで NOPWASD は、小型の簡易浄水施設及び井戸施設を順次廃止して浄水施設に切り替えてゆく計画を策定して、「エ」国の自助努力だけでは実施できない浄水場の建設（800L/秒の浄水場建設）に関して日本国へ無償資金協力を要請した。

この要請を受けて、日本国政府は本計画の基本設計を実施することとし、独立行政法人国際協力機構（JICA）が、平成 17 年 7 月 30 日から 8 月 29 日まで基本設計調査団を派遣した。調査団は現地調査において「エ」国政府・NOPWASD、ガルビア県上下水道公社（以下、GACWASD という）の関係者と要請内容の協議、計画地域の現況調査、関連資料の収集等をおこなった。

NOPWASD の要請、即ち 800L/秒の浄水場を、エルマハラエルコブラ新浄水場敷地内に建設すること

に対して、調査団は、上述既存の新旧浄水場、小型簡易浄水施設、及び井戸施設を調査し評価した結果、新規浄水場建設後 2 年目を目標年とする緊急性の高い本案件においては、既存の簡易浄水施設及び井戸施設を出来る限り利用して、給水量を確保することが望ましいと判断し、特に水質の悪化している一箇所の井戸設備のみを廃止することとした。

目標年 2010 年における飲料水の需要量と供給量を試算すると、

供給量は、既設浄水場 760L/秒、簡易浄水設備と井戸設備合せて 644L/秒の合計 1404L/秒

需要量は、1791L/秒 その差不足量 387L/秒 となることから、給水量不足の問題を解決するために、既設の新浄水施設敷地内に 400L/秒の浄水施設を新たに建設することとした。

これらの調査結果から対象地域での上水道設備の緊急整備の必要性を確認し、GACWASD の施設運営・維持管理能力を踏まえた上で、ソフトコンポーネントを含む基本設計案を作成した。

JICA は、この基本設計案を基に平成 17 年 11 月 5 日から 10 日まで基本設計概要説明調査団を「エ」国に派遣し、計画内容の説明・協議を行った。

基本設計調査に基づく上水道整備の基本設計方針（現状を含む）施設計画概要及びソフトコンポーネント計画概要は、下表の通りである。

基本設計方針

項目	整備方針	
	2010 年（計画）	2005 年（現状）
一人一日平均給水量	都市部 215 L	163 L
	村落部（人口 1 万人以上）125 L	89 L
	村落部（人口 1 万人未満）100 L	89 L
給水率	100%	100%
無収水率	30%	30%
給水人口	約 60 万人	約 56 万人
水源	エルマラ運河	運河・地下水
取水施設	運転維持管理のために 2 系列配管	
污泥処理	沈殿地污泥を既設下水処理場に運搬	
浄水池	ろ過池洗浄水槽	

施設計画概要

< 施設 >

施設名	構成要素	規模
取水・導水施設	取水口施設、取水管、原水ピット、導水ポンプ設備	440 L / 秒 400L/秒×1.1
浄水施設	着水井（急速混和池の機能を兼ねる）、フロック形成池、凝集沈殿池、急速ろ過池(ろ過池洗浄用水槽を含む)、凝集剤注入設備、塩素注入設備、汚泥処理施設(排水槽、汚泥槽、汚泥濃縮槽)、塩素中和装置	着水井から凝集沈殿池 440 L / 秒 400 L / 秒×1.1
送配水ポンプ設備	送配水ポンプ設備を導水ポンプ設備と同一の建物に配置	520 L / 秒 400 L / 秒×1.3
運転管理設備	制御盤、監視パネル、流量計等	
受変電設備	受電設備、変圧器	
非常用発電設備	ディーゼル発電機	
関連土木・建築施設	導水・送配水ポンプ室、薬品注入棟、ろ過池管理棟	

< 機材 >

項 目	内 容
汚泥運搬機材	10 トン車級バキュームカー 1 台
維持管理工具	機器の維持管理にかかわる一般的な工具類

< ソフトコンポーネント >

項 目	内 容
浄水プロセス技術管理の向上	浄水プロセスに関する講義、水質制御と浄水プロセスの運転方法の指導(演習)、浄水場の水質データ入力・閲覧フォーマットの作成
モニタリングシステムを用いたデータ処理・データ活用の技術の修得	モニタリングシステムの概要説明、データ処理方法の指導、情報活用に関する技術指導

なお、本計画を日本の無償資金協力で実施する場合、概算事業費は 35.16 億円（日本国側の負担事業の概算額は 24.14 億円、また「エ」国側の負担事業の概算額は 11.02 億円）である。

ただし、本概算事業費は即交換公文の供与限度額を示すものではない。本計画の実施期間は、実施設計：4 ヶ月、入札・業者選定：3 ヶ月、資機材調達・工事期間：25 ヶ月 が見込まれる。

プロジェクトの妥当性を緊急性、裨益性、運営・維持管理能力、財政、環境の面で検証すれば、下記の通りとなる。

ガルビア県で最も上水道施設の整備が遅れ、給水状態が劣悪なエルマハラエルコブラ郡において、浄水場、送・配水システムを整備することにより、住民へ衛生的で安定した飲料水の供給が可能となり、その緊急性は高い。具体的には本計画の実施により、裨益対象及び人口としてエルマハラエルコブラ郡の住民約 60 万人（2010 年）が恩恵を受け、飲料水基準を満たす安全な水が必要給水量（100～215L/人・日）確保される。

本計画施設は、GACWASD が運営・維持管理を実施する。GACWASD は、職員約 6,000 人を擁し、本計画の対象となるエルマハラコブラ市の新旧 2 つの浄水場は、エルマハラエルコブラ市担当部によ

って管轄され、74名の要員により運営・運転維持されている。浄水場は約80年間にわたって運転されてきており、基本的に運営・維持管理能力に問題はない。

財政面では GACWASD による水道事業は、「エ」国の政治的な方針として水道料金が低く抑えられているため赤字体質であるが、事業遂行に当っては、水道料金収入とガルビア県からの予算配分を原資とするシステムを取っている。本計画によって増加する運営・維持管理費は3百万LE（約57百万円）と予想されるが、給水量の増加によって2百万LE（約38百万円）の営業収入が見込まれるので、この1百万LE（約19百万円）程度の運営・維持管理費の増加が GACWASD の財政に大きな影響を及ぼすとは考えられない。

本計画では「エ」国で一般に行われてきた沈殿池汚泥及びろ過池逆洗水の排水運河への未処理放流をやめて、汚泥槽、汚泥濃縮槽で処理した濃縮汚泥を本計画の浄水場から8km離れた既存の下水処理場に搬出して天日乾燥による処理を計画することによって、環境に対する負荷を大きく軽減している。

本プロジェクトの確実な実施並びに計画完了後の持続的な運営・維持管理のために、NOPWASD 及び GACWASD が今後改善・整備すべき課題は以下の通りである。

「エ」国側負担工事の実施

2010年に必要となる送水管・配水管の建設及び改修工事

浄水施設建設予定地に埋設されている既存管路の移設

- 経営改善

浄水プロセスの管理技術の向上

既存の浄水場を含めた給水量・質に関する正確な基礎データの蓄積及びそのデータに基づく施設運転維持管理及び送水管理

送水・配水管理システムの構築による不明水の解明と料金徴収率の向上

- 既存施設との統合運営

簡易浄水設備及び浄水施設の有機的な送水・配水システムの構築

本計画が日本国政府の無償資金協力で実施される場合、「エ」国側に求められている「エ」国側負担経費の確保、水道事業の経営改善、新技術への対応、技術力の向上等の課題を遂行することにより本計画の実施は、対象地域住民へのより衛生的で安定した飲料水の供給を可能にし、ひいては対象地域の社会経済の安定的な発展に寄与することとなり、本計画の意義は大きく、その妥当性は高いと判断される。◆

目 次

序文

伝達状

位置図 / 完成予想図 / 写真

図表リスト / 略語集

要約

(目次)

第1章 プロジェクトの背景・経緯	1
1-1 当該セクターの現状と課題	1
1-1-1 現状と課題	1
1-1-2 計画対象地域の給水状況	1
1-1-3 給水量	4
1-1-4 給水水質	6
1-2 既設施設の現状	12
1-2-1 計画地区内の既設施設概要	12
1-2-2 浄水場	13
1-2-3 コンパクトユニット	16
1-2-4 井戸施設	16
1-2-5 送配水施設	17
1-3 既設施設の問題点と課題	17
1-3-1 施設の状況	17
1-3-2 配水容量	17
1-3-3 停電時の送配水	18
1-3-4 汚泥処理	18
1-3-5 浄水プロセス管理技術	19
1-3-6 モニタリングシステム	23
1-3-7 開発計画	23
1-3-8 社会経済状況	25
1-4 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要	25
1-5 我が国の援助動向	26
1-6 他ドナーの援助動向	27
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	29
2-1 プロジェクトの実施体制	29
2-1-1 組織・人員	29

2-1-2 財政・予算	34
2-1-3 技術水準	38
2-1-4 既存の施設・維持管理機材	39
2-2 プロジェクト・サイト及び周囲の状況	40
2-2-1 関連インフラの整備状況	40
2-2-2 自然条件	40
2-2-3 環境等への影響	42
第3章 プロジェクトの内容	44
3-1 プロジェクトの概要	44
3-2 協力対象事業の基本設計	45
3-2-1 設計方針	45
3-2-1-1 基本方針	45
3-2-1-2 自然条件に対する方針	46
3-2-1-3 社会経済条件に対する方針	46
3-2-1-4 建設事情 / 調達事情・現地業者の活用に対する方針	47
3-2-1-5 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針	47
3-2-1-6 施設・機材等のグレードの設定に係る方針	48
3-2-1-7 工法 / 調達方法・工期に係る方針	49
3-2-2 基本計画	49
3-2-2-1 設計条件	49
3-2-2-2 施設配置計画	54
3-2-2-3 取水・導水施設	54
3-2-2-4 浄水施設	55
3-2-2-5 ろ過池洗浄用水槽	71
3-2-2-6 送配水ポンプ設備	71
3-2-2-7 操作・モニタリングシステム	72
3-2-2-8 受電施設	73
3-2-2-9 非常用発電機	74
3-2-2-10 付帯土木・建築施設	76
3-2-2-11 運営・維持管理機材	77
3-2-2-12 送配水管網	81
3-2-3 基本設計図	92
3-2-4 施工計画 / 調達計画	118
3-2-4-1 施工方針 / 調達方針	118
3-2-4-2 施工上 / 調達上の留意事項	119

3-2-4-3	施工区分 / 調達・据付区分	120
3-2-4-4	施工監理計画 / 調達監理計画	122
3-2-4-5	品質管理計画	128
3-2-4-6	資機材等調達計画	130
3-2-4-7	ソフトコンポーネント計画	131
3-2-4-8	実施工程	150
3-3	相手国側分担事業の概要	150
3-3-1	NOPWASD が実施する事業	150
3-3-2	GACWASD が実施する事業	151
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	152
3-4-1	基本方針	152
3-4-2	定期点検項目	152
3-4-3	スペアパーツ購入計画	154
3-4-4	運営維持管理体制	154
3-5	プロジェクトの概算事業費	155
3-5-1	協力対象事業の概算事業費	155
3-5-2	運営・維持管理費	156
第4章	プロジェクトの妥当性の検証	158
4-1	プロジェクトの効果	158
4-2	課題・提言	158
4-3	プロジェクトの妥当性	159
4-4	結論	160

[資料]

1. 調査団員・氏名
2. 調査行程
3. 関係者（面会者）リスト
4. 討議議事録（M/D）
5. 事業事前計画表
6. 参考資料/入手資料リスト
7. 土質調査結果
8. 水質調査結果
9. 社会条件調査結果

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

1. ガルビア県及びエルマハラエルコブラ市の一般状況

ガルビア県は、「エ」国デルタ地域の中心的な県の一つであり、8 つの郡で構成される。そのうち、本プロジェクト対象地域のエルマハラエルコブラ市と周辺 10 村落は、エルマハラエルコブラ郡に属する。エルマハラエルコブラ郡は、エルマハラエルコブラ市と 415 の村落で構成される。

県の面積は約 1,943km² であり、全体的に農業に適した土壌が広がっている。県面積の約 85%は農地として利用されている。一方、エルマハラエルコブラ市は、県面積の約 23%に当たる 444km² の面積を有する。エルマハラエルコブラ市もガルビア県と同様に約 85%の土地が農地に利用されている。

現在のガルビア県の人口及び人口増加率は、それぞれ 3,855,750 人 (2005 年)、1.79%と推定されている。また、全人口のうち約 31%が都市部に、約 69%が村落部に住んでいると推定されている。プロジェクト対象地域を包むエルマハラエルコブラ郡は、人口規模でガルビア県最大であり、県人口の約 26%である 988,794 人が住んでいる。表 1.1 に郡別の人口を示す。

表 1.1 ガルビア県の人口 (2005 年推定)

郡	都市部	村落部	合計
1. タンタ	413,572	501,960	915,532
2. エルマハラエルコブラ	449,063	539,731	988,794
3. カフルザイヤット	76,748	290,757	367,505
4. ジフタ	97,156	322,306	419,462
5. サンタ	34,952	321,111	356,063
6. パサユーン	57,524	184,502	242,046
7. コトゥー	24,250	256,003	280,253
8. サマヌード	57,507	228,608	286,115
合計	1,210,772	2,644,978	3,855,750

出所：ガルビア県情報センター

産業面では、農業が約 31%、工業が約 15%と、この 2 業種で県の産業の半分近くを占める。エルマハラエルコブラ市は、「エ」国を代表する繊維産業都市であり、繊維産業が全工業生産活動の約 75%を占めている。一方、農業では、綿花、小麦、米、麻が主要生産品目である。

1-1-2 計画対象地区の給水状況

本プロジェクトの対象地区は 2 つの性格を持つ地区に分かれ、繊維工業を中心に産業、商業活動が活発なエルマハラエルコブラ市と、同市の周辺に広がる農業地帯の 10 村落 (Mother Village) である。市内の多くの住民は産業活動、商業活動に従事して一人当たりの水道使用量も多くなるが、周辺の 10 村は同市に隣接する一部の村落を除き、農業従事者が住民の大半をしめ、一人当たりの水道使用量は比較的少ない。

同市の中心部は大型の繊維工場がしめ、住民の多くはこの大型工場を囲むようにドーナツ状に発達した居住地区に住んでいる。大型工場の中には、自から浄水場を保有しているものもあり、工業用水としての用途のみならず、工場労働者が住む居住地区への給水も行っている。

GACWASD による水道事業は、全体に浄水の生産量が不足しており、末端需要家へ十分な水が行き届かない状況が近年の人口増加によってますます顕著になってきている。とくに、市内ではその傾向が強く、市の中心であるエルラバン地区（El Laban）は昼夜通して慢性的な水不足に陥っており、不足分を井戸からの給水で補っているのが現状である。

一方、多くの周辺村落地区は供給源を近傍に位置するコンパクトユニットと井戸施設に頼っており、市内ほど厳しい給水状況は見られない。ただし、エルマハラエルコブラ市に隣接するバチナ村(Batina)、エルカスリア村（El Qaisaria）は新浄水場からの給水が主要な供給源であり、十分に給水が行き渡っていない状況である。

計画対象地区の配水区と既施設の位置を図 1.1 に示す。

1-1-3給水量

計画対象地区の給水状況の示すために、現在の一人一日平均使用水量と一人一日平均給水量を算定した。

(1) 給水人口

プロジェクト対象地域内は、リハビリ・更新等の改善が必要な箇所があるものの、全般的に配水管網が布設されており、給水率は概ね 100%である。したがって、給水人口はプロジェクト対象地域内の人口と概ね等しいと言える。現在の人口は表 1.2 のように推定されており、この人口が現在の給水人口と言える。

表 1.2 現在の給水人口（2005 年）

区分	市 / 村落名	人口	
都市部	エルマハラエルコブラ市	431,954	431,954
村落部	マハラアブアリ	50,900	126,591
	パティナ	11,849	
	エルカスリア	9,623	
	アズバットマ	3,921	
	アズバットロナカマル	2,307	
	ディアブハシム	5,043	
	ミートエルリットハシム	8,783	
	マハラトハッサン	14,412	
	マンシアットエルオマラ	12,939	
	カフルエルゲニア	6,814	
合計		558,545	

出所：ガルビア県情報センター

(2) 一人一日平均使用量

GACWASD の水道料金データから推定されるプロジェクト対象地域の一人一日平均使用水量(需要者が受け取っている水量) は表 1.3 のとおりである。

表 1.3 現在の一日平均使用水量

地域区分	一人一日 平均使用水量	推定内訳		
		人口/工業用地	用途別使用水量	
			生活用水	工業用水
都市部	124 L/人日	431,954 人/165ha	39,306m ³ /日:455L/秒 (91L/人日)	14,256m ³ /日:165L/秒 (1L/ha・秒)
村落部	62 L/人日	126,591 人/考慮なし	7,849m ³ /日:91L/秒 (62L/人日)	
合計	110 L/人日	558,545 人/165ha	61,411m ³ /日:711L/秒 (110L/人日)	

出所：GACWASD（2004 年の料金請求データ分析結果）

注：工業用水は、計画値のとおり工業に使用されていると過程している

(3) 一人一日平均給水量

一人一日平均使用量は需要者の使用水量であり、浄水場や井戸施設からの給水量は不明水等の通常考えられるロスを含んだものである。不明水量のうちのメーター不感知等の無収水量は約 15%と推定されているが、漏水量等の無効水量は正確に把握されていない。既往データ等から「エ」国地方都市の有収水量は給水量の約 70%と考えられるため、無効水量を含めた不明水量全体が給水量全体の約 30%（有効率：70%）であると推定する。この場合、一人一日平均給水量は、表 1.4 のように推定される。

表 1.4 現在の一日平均給水量

地域区分	一人一日 平均給水量	推定内訳		
		人口 / 工業用地	用途別給水量	
			生活用水	工業用水
都市部	163 L/人日	431,954 人/165ha	56,151m ³ /日:650L/秒 (130L/人・日)	14,256m ³ /日:165L/秒 (1L/ha・秒)
村落部	89 L/人日	126,591 人/考慮なし	11,213m ³ /日:130L/秒 (89L/人・日)	
合計	146 L/人日	558,545 人/165ha	67,364m ³ /日:780L/秒 (121L/人・日)	14,256m ³ /日:165L/秒 (1L/ha・秒)
			81,620m ³ /日:945L/秒 (146L/人・日)	

注：給水量 = 使用水量 / 有効率（生活用水のみを対象）

(4) 目標とする給水量への到達状況

「エ」国では、NOPWASD と住宅公共事業省が、それぞれ独立した計画単位給水量に係る目標 / 推奨値を有する。

住宅公共事業省の推奨値は省令 52-1998 として公示されており、各水道事業者が尊重すべきものとして取り扱われている。この推奨値は、地域区分を県庁所在地、地方都市、5 万人未満の村落部、新興都市の 4 地域に分けると同時に、生活用水（不明水等のロスを含む）、工業用水、公共施設用水、消火栓用水、酪農・牧畜用水の 6 用途に分けて設定されている。生活用水は人口当たり、工業用水・公共施設用水は用地面積当たり、消火栓用水は人口規模別設定、酪農・牧畜用水は動物頭数当たり単位給水量が設定されている。したがって、計画給水量算定のためにさまざまな統計データと複数の計画単位給水量を使い分けた複雑な計算を必要とする。この推奨値は省令の位置付けではあるが、これを参考にした水道事業者独自の計画単位給水量設定も認められている。

NOPWASD は、上記省令、給水実績、取扱いの容易性、他都市との比較容易性等から独自の単位給水量目標値を設定している。これは、実績から生活用水、一般的な産業・公共施設用水、一般的な不明水量等の全てを包括した単位給水量であり、県庁所在地、地方都市、1 万人以上の村落、1 万人未満の村落の 4 地域分割で計画一人一日平均給水量として設定している。この目標値は取扱いが容易であることから、平均的な都市・村落の多くで適用されている。しかし、工業や観光業等の特定の活動が突出している地域では、その活動に消費される水量が多くなるため安易な適用は不適

切である。

本プロジェクト対象地域のエルマハラエルコブラ市のように工業活動が盛んな都市は、工業用水量を考慮する必要があるため、住宅公共事業省の推奨値からも検討する必要がある。

NOPWASD 及び住宅公共施設省の目標 / 推奨値と推定される一人一日平均給水量等の比較を表 1.5 に示す。生活用水は、都市部で 75%程度、村落部で 60～90%程度しか目標を達成していない。工業用水は達成率が 50%であるが、プロジェクト対象地域には自家用井戸も普及しているため、必要な需要に概ね到達していると考えられる。

表 1.5 NOPWASD の計画一人一日平均給水量

地域区分	NOPWASD			住宅公共施設省					
				生活用水			工業用水		
	目標	現状	達成率	目標	現状	達成率	目標	現状	達成率
	L/人日	L/人日	%	L/人日	L/人日	%	L/ha 秒	L/ha 秒	%
都市部	215	163	76	165-180	130	72-79	2	1	50
村落部	100-125	89	71-89	135-150	89	59-66	2	---	---

出所：NOPWASD、住宅公共施設省令 52-1998

1-1-4 給水水質

JICA 調査団は調査期間中に原水、浄水、給水に対する水質分析を行い、水質の点から水道施設の運用状況を確認した。一方、GACWASD は独自のラボラトリで定期的な水質分析を行っており、分析結果を記録している。これらの既往データも含め、既設水道施設の水質データを整理した。なお、給水水質の判断基準となる「エ」国の飲料水基準を合わせて表示した。

(1) 浄水場

新浄水場の原水水質を表 1.6 に、新旧浄水場の給水水質を表 1.7 に示す。新旧浄水施設の浄水濁度は「エ」国の飲料水基準を満足しており、浄水システムは正常に機能している。新浄水場の原水濁度は年間を通し変動は小さく、浄水システムの維持管理において大きな負担は少ないと考える。本表では、新浄水場で若干の大腸菌群が検出されたこと、および、旧浄水場で鉄分とマンガン分が基準を上回ったことが問題点として挙げられる。

検出回数が少なく正確には特定できないが、前者の問題は次のように推測することができる。サンプリングポイントは Phase-1&2 用の浄水池の表層水を採取している。浄水池は常に満水の状態を維持し浄水池と既設配管との取り付け位置から、浄水池の上部に流れが生じず、停滞する箇所があるものと推測する。このため、部分的に残留塩素の濃度が下がり、大腸菌群が検出された可能性が高い。しかしながら、浄水池から配水ポンプを通して送水される給水には、大腸菌は検出されない。新浄水場における浄水池の水質問題は、さらなる調査が必要であると考えられる。

後者の問題は、浄水場の原水に鉄分、マンガン分が多いという事実はなく、分析時、あるいは、データ処理時の何らかのトラブルにより生じた間違った結果と判断する。

また、新浄水場原水の藻類試験の結果を表 1.8 に示すが、これによると、藻類、特に、原水中に

は、珪藻類が多数確認されている。

表 1.6 新エルマハラエルコブラ浄水場の原水水質

水質項目	単位	既往データ		JICA 分析
		年平均	範囲	
pH	-	7.6	7.5-7.7	8.0
濁度	NTU	17	6-29	17
蒸発残留物	mg/L	275	228-309	233
塩化物イオン	mg/L	32	20-48	20-24
全硬度	mg/L	150	120-180	120-126
全アルカリ	mg/L	173	142-196	134
アンモニア (NH ₃)	mg/L	0.2	0.1-0.4	未検出
二酸化窒素 (NO ₂)	mg/L	0.002	0.001-0.003	未検出
硝酸性窒素 (NO ₃)	mg/L	0	0	0.111-0.066
臭度	-	-	-	なし
色度	Unit	-	-	14-20
カルシウム	mg/L	-	-	30
マグネシウム	mg/L	-	-	11-12
鉄分	mg/L	-	-	0.0066-0.071
マンガン	mg/L	-	-	未検出
フッ素	mg/L	-	-	0.048-0.1

出所：GACWASD のデータ（2004 年 8 月～2005 年 7 月）を調査団が整理

表 1.7 浄水場の水質

水質項目	単位	工国の飲料水基準	新浄水場			旧浄水場		
			既往データ		JICA 分析	既往データ		JICA 分析
			年平均	範囲		年平均	範囲	
pH	-	6.5-9.2	7.5	7.4-7.5	7.2	7.2	7.2 7.4	7.4
色度		20-30	-	-	-	-	-	-
臭気		不検出	-	-	-	-	-	-
味	-	異常でないこと	-	-	-	-	-	-
濁度	NTU	< 5	2	0.9-2.8	1.0	0.9	0.5 - 1.2	1.2
蒸発残留物	mg/L	< 1200	272	232-308	206	259	220-300	218
鉄分	mg/L	< 0.3	-	-	0.096	-	-	3.9
マンガン	mg/L	< 0.1	-	-	未検出	-	-	0.787
銅	mg/L	< 1.0	-	-	未検出	-	-	0.131
亜鉛	mg/L	< 5.0	-	-	未検出	-	-	未検出
全硬度	mg/L	< 500	144	110-170	118	153	120-180	126
カルシウム	mg/L	< 200	-	-	30	33	22-40	32
硫化物 (S04)	mg/L	< 400	-	-	16			
塩化物イオン	mg/L	< 500	35	24-50	28	33	20-50	28
残留塩素	mg/L		1.2	0.6-1.5		1.4	1.0-1.7 5	-
大腸菌群		不検出	0	0	16	-	-	0

出所：GACWASD の既往データ（2004 年 8 月～2005 年 7 月）

表 1.8 新エルマハラエルコブラ浄水場の原水水質

水質項目	藻類数 (個数/ml)		
	1 回目試験	2 回目試験	3 回目試験
珪藻類 (Diatoms)	9,108	9,000	8,725
緑藻類 (Green Algae)	814	860	1,000
藍藻類 (Blue-Green Algae)	286	274	300
総藻類	10,208	10,134	10,025

(2) コンパクトユニット

コンパクトユニットに関する既往の水質データは少なく、マシンアットエルバカリ簡易浄水場の水質データが利用できる。既往データと JICA 調査団による水質データを含め、表 1.9 にコンパクトユニットの給水水質を整理した。

2つのデータを比べると、浄水濁度に大きな相違が見られる。既往データは飲料水基準を超えているが、JICA の水質分析結果は基準内に納まっている。調査団はこの理由を、サンプリングの仕方によって生じたものと推測し既往データのようにコンパクトユニットの浄水濁度はかなり高い値を示すものと判断した。すなわち、JICA の水質分析では、サンプリングされた浄水は公的な試験所に持ち込んで分析されたが、既往データは取水されてから時間をたらずに GACWASD のラボで分析されたものと推測する。サンプリングから分析までの時間経過に関する両者の差が、このような相違が生じさせたものと推測した。しかしながら、濁度に関しては更なる調査による確認が必要である。

コンパクトユニットはもともと高負荷側での運転を前提にした設計であり、圧力式による高いろ過速度を採用している。このため、設計どおりの浄水能力を発揮させるためには、機器に対する適正な運転が重要であり、定期的なメンテナンスも必要となる。現在のコンパクトユニットは以下のような問題点を抱えているものと推測する。

- フロック形成が充分できていない
 - 急速混和池の滞留時間にミキサーが稼働していないものが多い
 - フロック形成池の滞留時間が非常に短い
- 薬品沈殿池の表面負荷率が非常に少なく、ろ過池へのキャリーオーバーが多い
- ろ過速度が非常に速く、ろ過砂でのマイクロフロックの抑留が充分できない

表 1.9 コンパクトユニットの水質

水質項目	単位	エ国の 飲料水 基準	マンシアットエルバカリ (No.1-No.6)				アブア リ	オマー ル	カフル
			既往データ		JICA 分析		JICA 分析	JICA 分析	JICA 分析
			平均	範囲	平均	範囲			
pH	-	6.5-9.2	7.5	7.4-7.6	7.6	7.5-7.7	7.8	7.4	7.7
色度		20-30	-	-	-	-	-	-	-
臭気		不検出	-	-	-	-	-	-	-
味	-	異常な い	-	-	-	-	-	-	-
濁度	NTU	< 5	6.8	4-10	1.1	0.95-1.4	1.0	1.29	0.9
蒸発残留物	mg/L	< 1200	236	230-240	215	206-225	245	231	260
鉄分	mg/L	< 0.3	0.18	0.1-0.2	0.048	0.03-0.0 6	0.41	未検出	未検出
マンガン	mg/L	< 0.1	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出
銅	mg/L	< 1.0	-	-	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出
亜鉛	mg/L	< 5.0	-	-	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出
全硬度	mg/L	< 500	142	140-146	121	120-124	120	122	122
カルシウム	mg/L	< 200	32	29-34	31	30-32	30	31	30
硫酸物 (SO ₄)	mg/L	< 400	-	-	20	17-22	17	21	19
塩化物イオン	mg/L	< 500			29	28-30	26	25	26
残留塩素	mg/L	-	2.38	2.25-2.5					
大腸菌群		不検出			0	0	0	0	0

(3) 井戸施設

既存井戸の水質を表 1.10 に示す。対象地区の既設井戸は塩分濃度が高く、ほとんどの井戸が「エ」国の飲料水基準に近い値を示しており、とくに、新浄水場と旧浄水場のインテーク井戸群は飲料水基準を超えている。また、大部分の井戸はこのままでは飲料水として不適であるが、旧浄水場のインテークの井戸群を除くと他の浄水によって希釈することにより給水し、配水ネットワークの給水水質はほぼ基準値を満足している。

表 1.10 井戸の水質

水質項目	単位	工国の飲料水基準	新浄水場	マンシアットエルバカリ (No.1-No.5)		インテーク (No.1-No.4)		アブアリ
			JICA 分析	既往データ	JICA 分析	JICA 分析	JICA 分析	JICA 分析
pH	-	6.5-9.2	7.6	7.6	7.4	7.6	7.7	7.6
色度		20-30		-	-			
臭気		不検出		-	-			
味	-	異常ない		-	-			
濁度	NTU	< 5	2.5	0.4	1.8	0.5	1.9	2.1
蒸発残留物	mg/L	< 1200	298	1028	1093	1272	1223	1120
鉄分	mg/L	< 0.3	0.215	0.1	1.59	0.2	3.39	0.077
マンガン	mg/L	< 0.1	0.149	0.3	0.52	0.4	0.642	0.269
銅	mg/L	< 1.0	未検出	-	0.1		0.116	0.118
亜鉛	mg/L	< 5.0	未検出	-	0.11		0.178	0.132
全硬度	mg/L	< 500	124	394	371	413	355	220
カルシウム	mg/L	< 200	30	78	88	80	76	44
硫化物 (SO ₄)	mg/L	< 400	19	-	84		71	26
塩化物イオン	mg/L	< 500	72		413		455	380
残留塩素	mg/L	-						
大腸菌群		不検出	0		0		0	0

(4) 配水ネットワーク

GACWASD の既往データによる市内の主要地点における配水ネットワークの給水水質を表 1.11、JICA 調査団による水質分析結果を表 1.12 に示す。

GACWASD の既往データは市内での給水水質が概ね基準値を満足していることを示している。残留塩素はほとんどの給水で検出されているが、El Gomhoria Housing 地区の給水のみが残留塩素が検出されず、この地区の水質汚染が懸念される。また、El Manshia El Gadida 地区の濁度は高く基準値を超えているが、この地区はコンパクトユニットの近傍でコンパクトユニットの水質の影響を受けているものと推測できる。一方、El Gomhoria Housing 地区及び Manshiat El Bakri 地区の TDS の値が高く、井戸による給水地区と推定される。

JICA 調査団の水質分析結果も、市内、および周辺村落での給水水質はほぼ飲料水基準を満足していることを示している。ただし、インテーク井戸群から給水地区の水質が、鉄分とマンガン分が基準値を超えており、井戸だけによる給水が給水水質に影響を与えていることが推測される。

表 1.11 市内の給水水質（既往データ）

単位：mg/L

	El Sabaa Banat Area	Moheb Area	Sandafa Area	Mehalat El Borg Area	El Gomhoria Area	El Gomhoria Housing	El Manshia El Gadida	Manshia t El Bakri	El Waraka
pH	7.2	7.4	7.4	7.2	7.2	7.6	7.2	7.4	7.2
濁度	0.9	0.1	0.5	2.4	0.7	0.5	6	2.7	0.4
塩化物イオン	20	120	180	60	200	300	116	260	172
全アルカリ	170	172	180	128	180	292	152	360	160
総硬度	100	152	264	140	240	380	216	360	220
カルシウム	24	32	51	24	56	72	40	72	48
蒸発残留物	220	420	730	280	610	950	450	880	550
アンモニア	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出
二酸化窒素	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出
鉄	0.1	0.1	未検出	0.1	0.1	未検出	0.1	0.1	未検出
マンガン	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	0.3	未検出	0.1	未検出
残留塩素	1.5	0.15	0.5	0.15	0.15	未検出	1.1	1.2	0.25

出所：GACWASD (2004 年 7 月—2005 年 7 月の平均)

表 1.12 給水水質（JICA 分析結果）

水質項目	単位	工国の飲料水基準	市内配水ネットワーク					周辺村落				
			新浄水場範囲		旧浄水場範囲	インテーク井戸近傍		アブアリ	エルカイアラ	カルエルゲニ	ミートエルミハシム	マンシアエルマラ
			S2	S3	S6	S8	S12	S10	S14	S18	S21	S19
pH	-	6.5-9.2	7.4	7.6	7.5	7.8	7.7	7.4	7.7	7.7	7.8	7.6
濁度	NTU	< 5	0.55	0.4	0.5	1.1	1.2	1.2	1.4	0.95	1.2	1.0
蒸発残留物	mg/L	< 1200	327	318	245	250	446	446	451	236	272	243
鉄分	mg/L	< 0.3	0.209	0.21	0.157	0.708	0.061	0.061	0.2	未検出	未検出	未検出
マンガン	mg/L	< 0.1	0.01	未検出	未検出	0.256	0.015	0.012	未検出	未検出	未検出	未検出
銅	mg/L	< 1.0	0.02	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出
亜鉛	mg/L	< 5.0	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	0.01	未検出
全硬度	mg/L	< 500	126	128	122	124	130	134	200	120	260	122
カルシウム	mg/L	< 200	31	30	29	29	28	32	40	31	60	32
硫酸物 (SO4)	mg/L	< 400	20	20	17	17	22	22	16	18	17	19
塩化物イオン	mg/L	< 500	74	72	20	20	126	126	90	26	24	26
残留塩素	mg/L	-										
大腸菌群		未検出	1	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出	未検出

1-2 既設施設の現状

1-2-1 計画地区内の既設施設概要

計画地内の既設施設概要を表 1.13 に示す。

表 1.13 プロジェクト対象地域の既存浄水施設・井戸施設

番号	名称	水源	浄水生産能力	建設年	計画地区の配水量	主要配水地区
	新エルマハラ エルコブラ浄水場	運河水	400L/秒（浄水施設） 第 1&2 期：200L/秒 第 3 期：200L/秒	第 1&2 期：1984 年 第 3 期：2001 年	400L/秒	市内配水ネットワーク パティナ村 エルカイサリア村 アズバットトマ村
		井戸	50L/秒（井戸施設）		50L/秒	
		計			450L/秒	
	旧エルマハラ エルコブラ浄水場	運河水	360L/秒（浄水施設）	建設：1925 年 拡張 1 期：1952 年 拡張 2 期：1966 年	360L/秒	市内配水ネットワーク
	マンシアット エルバカリ 簡易浄水場	運河水	180L/秒（コバ [△] 外エツト） 30L/秒 x 6 基	2 基：1988 年 4 基：1995 年	180L/秒	市内配水ネットワーク 対象地区外への送水管
		井戸	230L/秒（井戸施設） 50L/秒 x 3 基 40L/秒 x 2 基	1 基：1999 年 2 基：2000 年 2 基：2002 年	184L/秒	
		計			364L/秒	
	オマルイバン エルカタブ 簡易浄水場	運河水	60L/秒（コバ [△] 外エツト） 30L/秒 x 2 基	建設：1988 年	60L/秒	市内配水ネットワーク
	インテイク 井戸施設	井戸	170L/秒（井戸施設） 40L/秒 x 3 基 50L/秒 x 1 基 （1 台故障）	建設：1991 年	170L/秒	市内配水ネットワーク
	アブアリ 簡易浄水場	運河水	60L/秒（コバ [△] 外エツト） 30L/秒 x 2 基	建設：1996 年	60L/秒	アブアリ配水ネットワーク
		井戸	25L/秒（井戸施設） 25L/秒 x 1 基 （1 台故障）	建設：1996 年	25L/秒	
		計			85L/秒	
	アブアリ 井戸施設	井戸	25L/秒（井戸施設） 25L/秒 x 1 基 （1 台故障）	不明	25L/秒	アブアリ配水ネットワーク
	カフルエルゲ ニナ 簡易浄水場	運河水	60L/秒（コバ [△] 外エツト） 30L/秒 x 2 基	建設：2003 年	60L/秒	カフルエルゲニナ村 マハラトハッサン村 マンシアットエルオマ ラ村
	エルアタフ 簡易浄水場	運河水	90L/秒（コバ [△] 外エツト） 30L/秒 x 3 基	建設：1987 年	*27L/秒 (30%分 が配水)	マハラトハッサン村 マンシアットエルオマ ラ村 対象地区外
	エルハムディ ア簡易浄水場	運河水	60L/秒（コバ [△] 外エツト） 30L/秒 x 2 基	不明	0L/秒	他地域
合 計					1,574L/秒	

*：対象地区外である。

1-2-2 浄水場

(1) 旧浄水場

旧浄水場は市内の中心に位置し、1925年に英国により建設されてから2度にわたる拡張工事を経て現在360L/秒の浄水生産量を維持している。場内には1000m³と216m³の2つの配水池と、50mの高さの1000m³の高架タンクがあるが、給水圧の上昇を目的に、最近になって配水ポンプを増設し高架タンクは利用されていない。現在、浄水場からの送配水はすべてポンプによって行われ、市内の配水ネットワークに送水されている。

施設の状態は良好であり、浄水のプロセス管理、施設の維持管理も比較的良好に行われているものと推察される。本浄水場の問題としては、流量計等のモニタリングシステムが完備されておらず、施設の維持管理に必要な正確なデータを把握出来ないこと、および、高架タンクの利用を取りやめ、かつ、非常用発電設備が未設置なため、停電時の送配水が出来ないことが挙げられる。

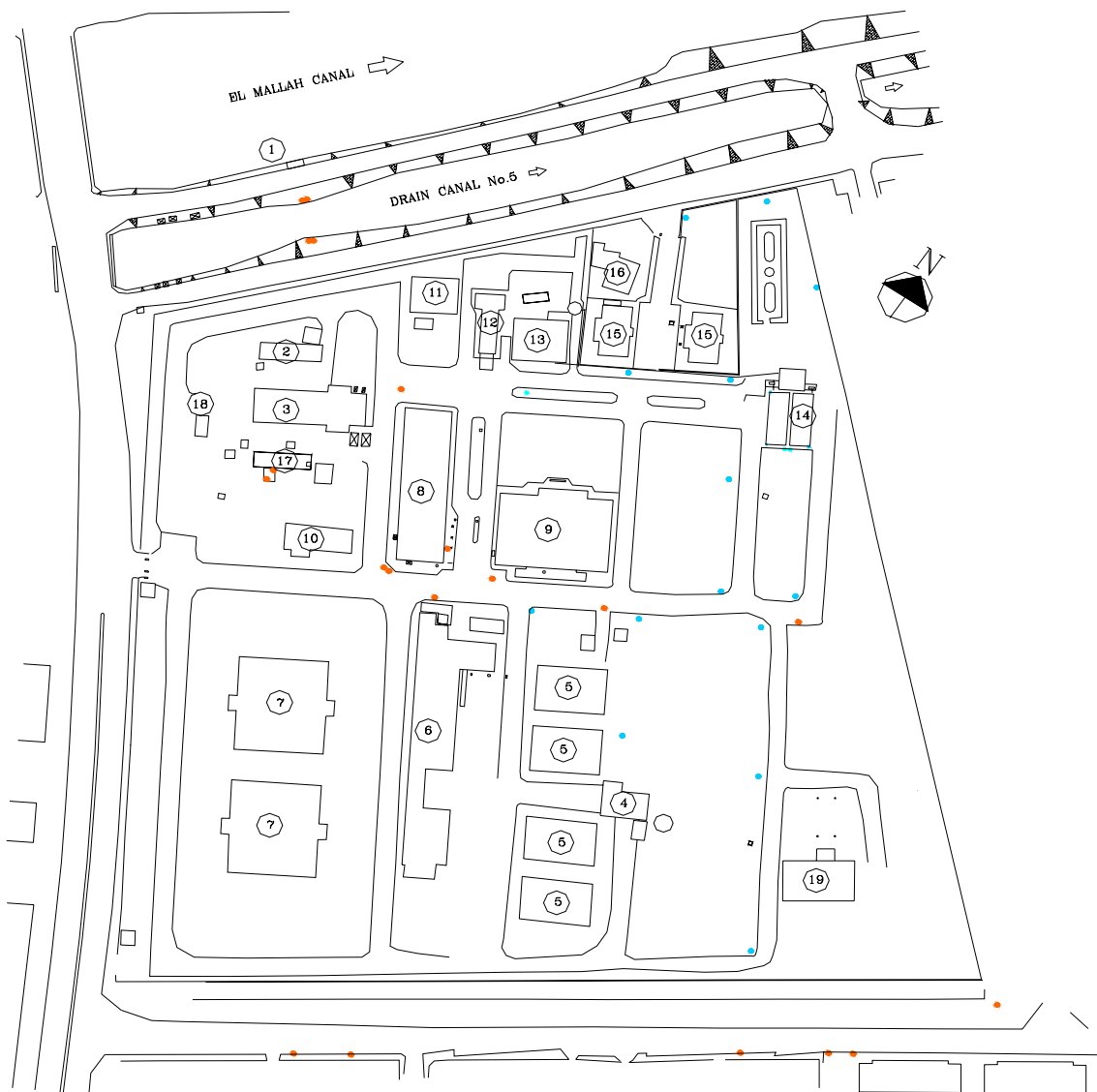
(2) 新浄水場

新浄水場はエルマハラエルコブラ市の南端部に位置し、1984年にPhase-1&2(200L/秒)がチェコの技術により建設されてから、2001年にPhase-3(200L/秒)として拡張され、現在の浄水生産能力(公称値)は400L/秒である。送配水先は市内の配水ネットワークが主体であるが、隣接する一部の村落(アブアリ村、バティナ村、カエサリア村)にも配水されている。場内の既設施設の配置を図1.2に、フローダイアグラムを図1.3に示す。

場内には3つの浄水池(Phase-1&2: 2000m³×2基、Phase-3: 2000m³)があり、新浄水場は合わせて6000m³の貯水能力を持つ。送配水ポンプの容量は200L/秒×2台、100L/秒×2台(1台は予備ポンプ)であり、浄水場の送配水能力は全体で500L/秒となり、公称の浄水生産能力(400L/秒)に対して1.25倍の能力しかなく、配水区内の時間ピーク配水量に合わせて送水するには充分とは言えない。また、浄水施設から発生する汚泥水は簡易汚泥処理施設に送水され、浄水場の前を流れる排水路に上澄み水を放流している。

施設の状態に関しては、Phase-1&2の状態が悪く、コンクリート構造物にはコンクリートの劣化、剥離等がみられる。中でも、機械、電気設備の状態はきわめて悪く、機器、配管からの漏水、操作パネル類の故障も数多く見受けられ、早急な設備の改修が必要である。これに対し、Phase-3は建設されてからの年数も短く、比較的良好な状態を示している。また、現地調査の結果、Phase-3の浄水施設は200L/秒の定格能力に対し400L/秒の過負荷運転を行っており、浄水場全体の浄水生産量は600L/秒で1.5倍の過負荷運転を行っている。

施設の運用、維持管理に関しては、モニタリングシステムが未整備のため正確なデータを取得することが出来ず、データに基づいた最適な送配水管理が出来ているとは言えない。また、浄水場内のラボラトリで定期的な水質分析を実施し連続的に記録をつけているが、この記録が浄水のプロセス管理に有効に生かされるとは言い難い。



番号	施設名	番号	施設名
	取水口		非常用発電機 (フェーズ1&2)
	原水ピット		塩素室 (フェーズ3)
	ポンプ棟		硫酸バン土室 (フェーズ3)
	薬品棟 (硫酸バン土、塩素)		排水池
	凝集沈殿池 (フェーズ1&2)		従業員用宿舎
	急速ろ過池 (フェーズ1&2)		モスク
	浄水池 (2000m ³ x 2)		送配水ポンプ吸込水槽
	凝集沈殿池 (フェーズ3)		井戸
	急速ろ過池、浄水池		倉庫
	管理棟		

図 1.2 新浄水場の施設位置図

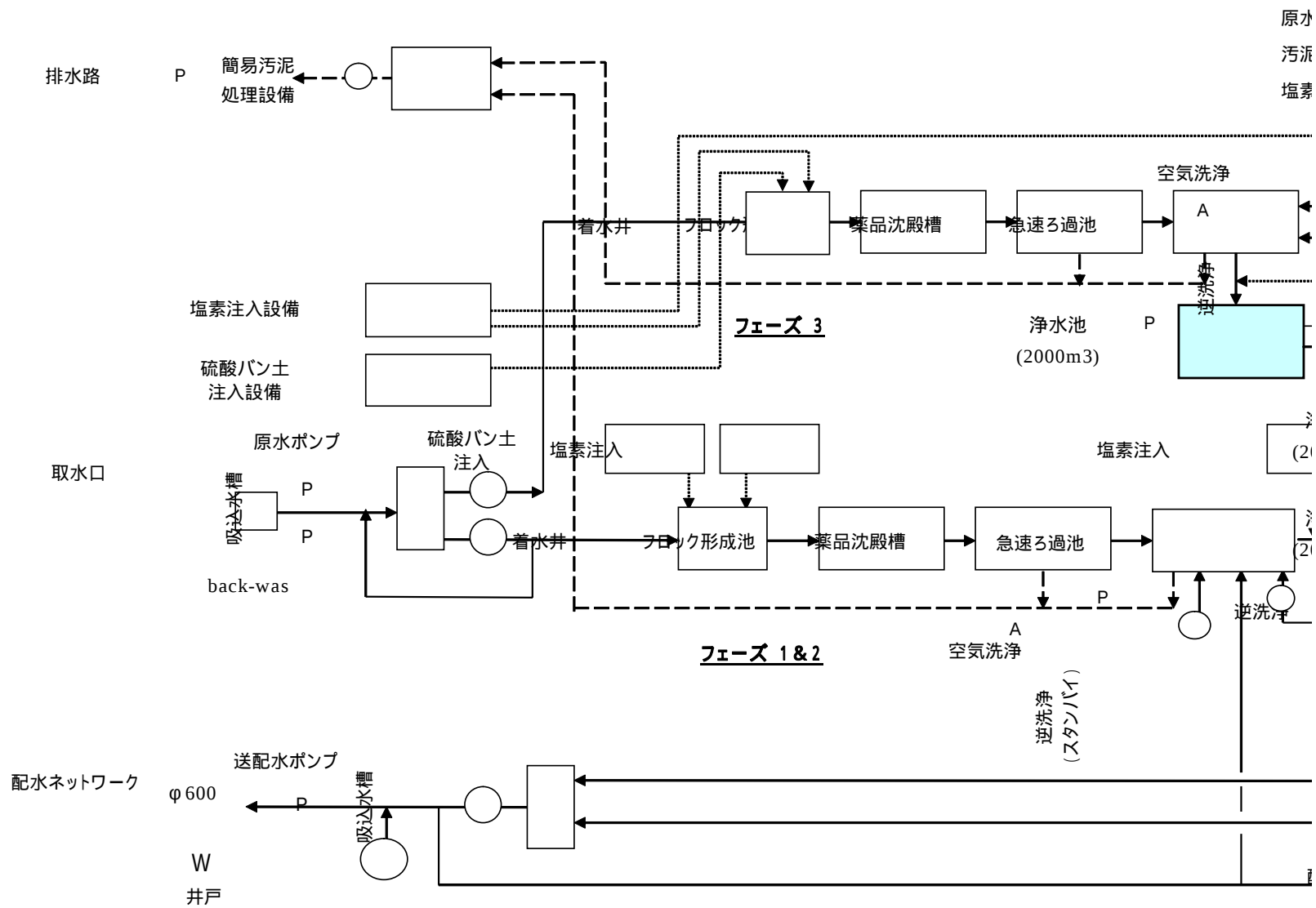


図 1.3 新浄水場のフローダイアグラム

1-2-3 コンパクトユニット

コンパクトユニットは浄水場の設備構成をコンパクトにまとめた小型の簡易浄水施設である。浄水場の基本設備である取水設備、混和池、フロキュレーション、薬品沈殿槽、ろ過設備、逆洗設備、貯水タンク、配水ポンプ等をパッケージごとにまとめたプラントであり、建設には大規模な土木工事を必要とせず短期間な据付が可能である。このため、緊急性が求められる小規模の浄水施設の建設にコンパクトユニットを採用する利点は多い。

計画対象地区には、4カ所の浄水施設の11基のコンパクトユニットと、地区外の2カ所の浄水施設の5基のコンパクトユニットから給水している。既設のコンパクトユニットは同じシステム構成となっており、1基あたりの容量はすべて30L/秒である。計画対象地区では、1988年に始めてオマール浄水施設に米国製のコンパクトユニットが稼働してから、現在までいくつかのコンパクトユニットが建設されてきている。1990年以前は米国、オーストリア等の外国製が主流を占めていたが、現在はエジプト製（Portside Company）が主体となってきており、基本的な設計思想が引き継がれ、コンパクトユニットは現在まで改良されてきたものと推測される。

NOPWASD は既存のコンパクトユニットに対して否定的な考えを抱いており、非効率性、低い浄水能力、高い維持管理費を問題にしてコンパクトユニットの全面的な廃止を意図している。

JICA 調査団による今回の現地調査では、低い浄水能力という点以外は NOPWASD の指摘内容に対する明確な確証を得ることができなかった。高い維持管理費という指摘は、最も古く建設されたオマールのコンパクトユニットにおいて、腐食により、ろ過槽の修理が重なり維持管理費が高くなっているという事実があるが、他のコンパクトユニットについてはこのような事態は発現せず、高い維持管理が必要になるという状況にはない。オマールのコンパクトユニットの問題は、定期的なメンテナンスの実施、とくに、定期的な塗装作業が充分施されていないという問題に帰結されるのではないかと判断される。近年建設されるコンパクトユニットは、同じタイプの設計で、エジプト製がほとんどであり、スペアパーツの調達が難しいという問題は考えにくい。また、非効率性の問題は一概に結論づけるのは難しく、配水区内の全体の送配水システムの中で判断することが必要となる。コンパクトユニットはその性格上、小規模の配水地区を対象としており（1ユニットで1、2万人への給水）、大規模な都市給水には向いていない。本計画の給水対象となる村落のように、浄水場から離れた1万人程度の村落で、かつ、配水地区の近傍に水源（運河）を有するような場合には、有効的な浄水システムと考えられる。効率性に対する評価は、浄水場から送水した場合との維持管理にかかる経費を比較検討することにより、総合的に判断することが必要である。

1-2-4 井戸施設

計画対象地区内の井戸水源は、浄水場、コンパクトユニットに隣接して設置され、単独で稼働しているものは旧浄水場の取水点近傍に位置するインテーク浄水施設のみである。すべての井戸水源は運河の近くに位置し、地下水位は地表から2、3m程度と浅い。このため、井戸ポンプには地上ポンプを用いており、維持管理は比較的容易である。地下水位が浅いにもかかわらず、井戸の掘削深さは50、60mに達しており、表層の粘土層に覆われ、被圧された砂礫槽が主要な帯水層と考えられる。JICA 調査団の水質調査の結果、ほとんどの井戸水源は塩分濃度が高く、また、鉄分、マンガン濃度も高い。塩分濃度は「エ」国における飲料水基準

(TDS で 1200mg/L) に達しており、そのままの利用では飲料水として不向きである。現在、井戸水源は他の浄水と希釈することにより配水ネットワークに給水されているが、配水ネットワークの一部の水質は依然高い塩分濃度を示している(インテーク井戸周辺のネットワーク)。塩分濃度の高まりは、ナイルデルタ地帯の既存井戸からの過剰揚水により塩水くさびの遡上が要因であると報告されており、井戸水源の塩水化の進行を止めるためには、既存井戸の揚水規制しかなく、即効的な解決は難しい。

1-2-5 送配水施設

浄水の供給施設から各需要家までの水の運搬施設が送配水施設である。計画対象地区の送配水施設は大きく 2 つに分類され、市内の配水ネットワーク(エルマハラエルコブラ配水ネットワークと呼ばれる)と配水ネットワークから樹状に延びた配水管線によって構成されている。新旧 2 つの浄水場と市内に位置するコンパクトユニットおよび井戸水源は配水ネットワークへ浄水を供給し、周辺の村落には、近傍のコンパクトユニットからも給水されている。既存の送配水施設には配水区を地域ごとに分けて管理するというゾーニングの概念はなく、送水管と配水管の明確な区別はない。配水ネットワークから延びる 4 村落 - ダイアブハシム(Diarb Hashim)、ミートエルリットハシム(Meit El Lith Hashim)、マンシアットエルオマラ(Manshiat El Omara)、マハラットハッサン(Mahalat Hassan) - への配水管路にはブースターポンプ、配水池、配水ポンプの既存施設があるが、配水ネットワークからの送水量が不足するようになって、現在はこれら 4 村落への給水は、地区外も含めた、近傍のコンパクトユニットから配水されている。また、市内の中心に位置するエルラバン地区には 500m³ の容量を持つ 30m の高さの鋼製の高架タンクがある。この高架タンクは旧浄水場の建設から 2 年後の 1927 年に建設され、最近まで利用されてきた。しかしながら、近年の需要量の増加によって旧浄水場からの十分な送水圧が確保できず、最近になり高架タンクの利用を取りやめている。

1-3 既設施設の問題点と課題

1-3-1 施設の状況

前述したように、既設浄水施設は新浄水場の Phase-1&2 を除くと比較的良好な状態を維持しており、今後とも継続に利用することは可能である。ただし、新浄水場の phase-1&2 の状態はきわめて悪く、早急な修理、あるいは全面改修等の措置が必要であると考ええる。

コンパクトユニットの状態は、最も古く建設されたオマールイバンの施設の状態が悪い。腐食したろ過タンクの修理費のため維持管理費が突出しており(新浄水場の 4 倍程度)、現状のままでの利用には問題が多く、大幅な修理、あるいは廃止等の措置が必要と考える。

井戸ポンプの施設の状態は比較的良好である。井戸ポンプは最も一般的な渦巻き型の陸上ポンプを適用しているため、ポンプ設備にかかる維持管理費も低いレベルに抑えることができる。問題は水質の悪化だけであり、現状のように、他の浄水と希釈することによって、当面の利用は可能であると考ええる。

1-3-2 配水容量

需要量の時間変動に対応するため、配水区内に配水量を確保することが必要になるが、本計画の対象地区には配水池はなく、浄水施設内の浄水池、あるいはコンパクトユニットの貯水タンクがその役割を担うこと

になる。下記に示すように、計画地区内で確保されている配水容量は全体で 9,416m³ であり、この量は地区内の浄水総生産量（131,000m³/日）の 1 時間 40 分にしかならず、一般的な値に比べきわめて低い量である。（日本の推奨値は日最大使用量の 12 時間程度、「エ」国の推奨値は 5-6 時間程度）

- 旧浄水場 : 1,216 m³
- 新浄水場 : 6,000 m³
- コンパクトユニット : 2,200 m³ (200m³ x 11 基)
- 合 計 : 9,416 m³

現在、計画配水区内では潜在的な需要量に対して浄水生産量が不足しており、配水容量の不足の問題は顕在化していない。すなわち、新旧浄水場からは 24 時間ほとんど一定の量で送水され、時間ピーク流量に対応していない。必要な配水量を確保できていない場合、将来、浄水の生産量が増加し需要量と供給量がバランスしても、浄水施設の十二分な活用が困難となり、配水容量の確保の問題が課題となってくる。

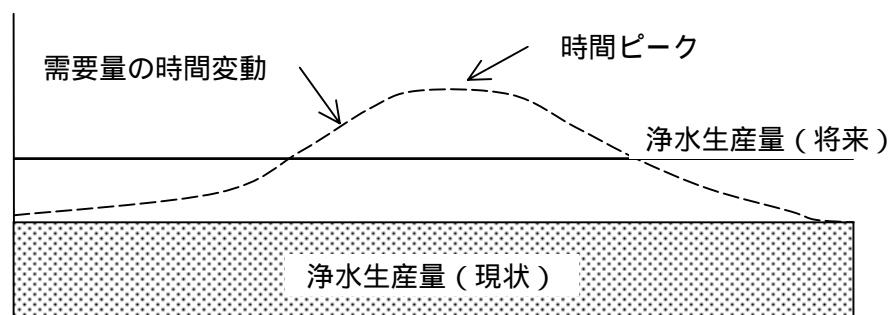


図 1.4 配水区内の需給バランス模式図

1-3-3 停電時の送配水

現在、計画配水区では高架タンクを通した自然流下による配水は行われておらず、すべて、ポンプによる圧送方式で送水している。このため、停電時には非常用電源設備を保持する新浄水場の Phase-1&2 以外の浄水施設からの送水はすべて停止する。送配水施設では埋設管路に常時内圧をかけておくことが、管路外部からの汚水等を吸い込まないために必要な措置であり、安全で衛生的な上水道施設を維持するためにも、停電時の送配水方法の確保が既存の上水道施設に関する課題であると考えられる。

1-3-4 汚泥処理

既存浄水場（Phase 1, 2 及び 3）のろ過池逆洗排水及び沈殿汚泥は、簡易汚泥沈殿池に移送・貯留されたのち、上澄水は、ポンプにより浄水場敷地横を流れる排水用運河に放流、沈殿汚泥は、仮設水中ポンプで、同様に排水用運河に放流している。なお、仮設ポンプは、下水道部局所有の機材を必要に応じ借用し使用している。汚泥の放流により、排水用運河に汚泥が堆積するため、堆積汚泥の浚渫が行われている。

浄水場で発生する排水及び汚泥を排水用運河へ放流するためには、「エ」国の排水用運河への排水基準を満たす必要がある。排水基準を表 1.14 に示す。

表 1.14 排水用運河への排水基準

項目	排水用運河への排水
pH 値	6-9
浮遊物 (mg/L)	50
蒸発残留物 (mg/L)	2,000
溶存酸素 (mg/L)	>4
化学酸素要求量 (mg/L)	80
生物酸素要求量 (mg/L)	50
硝酸性窒素 (mg/L)	1
硫化物イオン (mg/L)	10
油/グリース (mg/L)	5,000
大腸菌群 (MPN/100 ml)	35
金属類 (mg/L)	1

出典：1982 Decree, Ministry of Irrigation and Water Resources

沈殿池の引抜き汚泥の濃度は、約 10,000 mg/L (濃度 1%) であり、これに近い浮遊物濃度の汚泥が、現在、簡易汚泥沈殿池から排水用運河へ放流されている。この浮遊物濃度は、排水基準を大きく上回る。このような排水・排泥の処分方法は、法施行前から続けている既特権と認識されており、「エ」国の他の浄水場も同様の方法で排水・排泥の処分を行っている。

無償資金協力で新たに建設される施設の排水・排泥の処分は、「エ」国の法律を遵守する必要があるため、本計画で建設される浄水場の排水・汚泥は、適切な方法により処理・処分を行う必要がある。

1-3-5 浄水プロセス管理技術

(1) 水質試験

既存浄水場内には、Phase 3 の拡張事業時に建設された水質試験室があり、同試験室内には、飲料水の水質基準項目を全て測定可能な機器が設置されている。更に、藻類検査のための電子顕微鏡も有する。測定水質項目及び現有機材で測定可能な項目を表 1.15 に示す。過去の水質試験の結果から、表流水には、鉄、マンガンが基準値をはるかに下回る濃度しか含まれていないと判断しているため、現在、鉄、マンガンの水質試験は行っていない。

表 1.15 水質基準及び既存浄水場の水質測定項目

水質項目	「工」国飲料水 水質基準値	WHO 飲料水 水質ガイドライン値	既存浄水場 測定項目
pH 値	6.5 – 9.2	-	●
色度 (TCU)	20-30	15	○
味	受容できること	受容できること	○
臭気	無臭	受容できること	○
濁度 (NTU)	5	5	●
全溶解性物質	1,200	1,000	●
鉄	0.3	0.3	● (休止中)
マンガン	0.1	0.1	● (休止中)
銅	1.0	1.0	○
亜鉛	5.0	3.0	○
全硬度	500	-	●
カルシウム	200	-	○
マグネシウム	150	-	○
硫酸塩	400	250	○
塩化物	500	250	●
ナトリウム	200	200	○
アルミニウム	0.2	0.2	○
カルシウムバランス	+/- 0.1	-	-
全硬度	-	-	●
全アルカリ	-	-	●
アンモニア	-	1.5	●
硝酸塩	-	50	●
亜硝酸塩	-	3	●
電気伝導度	-	-	●
大腸菌群	-	100ml 中に不検出	●
糞便性連鎖球菌	-	-	●
残留塩素	-	-	●

●測定項目

○測定可能項目

水質試験のための試験水の採水（サンプリング）箇所、試験項目及び試験頻度は、以下の図表に示しておりとなっている。採水は手作業で行われ試験室に持ち込まれている。水質試験室には、2名の化学試験スタッフ及び1名の技能者が配置され、水質試験が行われている。

表 1.16 既存浄水場の水質試験用採水箇所、試験項目及び頻度

採水箇所	試験項目	試験頻度
1. 受水槽、配水ポンプ水槽 (各2サンプル：Phase 1&2 及び3)	全項目 (表 2-3-3-2 参照)	1日1回
2. 沈殿後、配水池 (各2サンプル：Phase 1&2 及び3)	濁度	8時～14時まで2時間おき
3. 前塩素注入後、沈殿水、配水ポンプ水槽 (各2サンプル：Phase 1&2 及び3)	残留塩素	8時～14時まで2時間おき

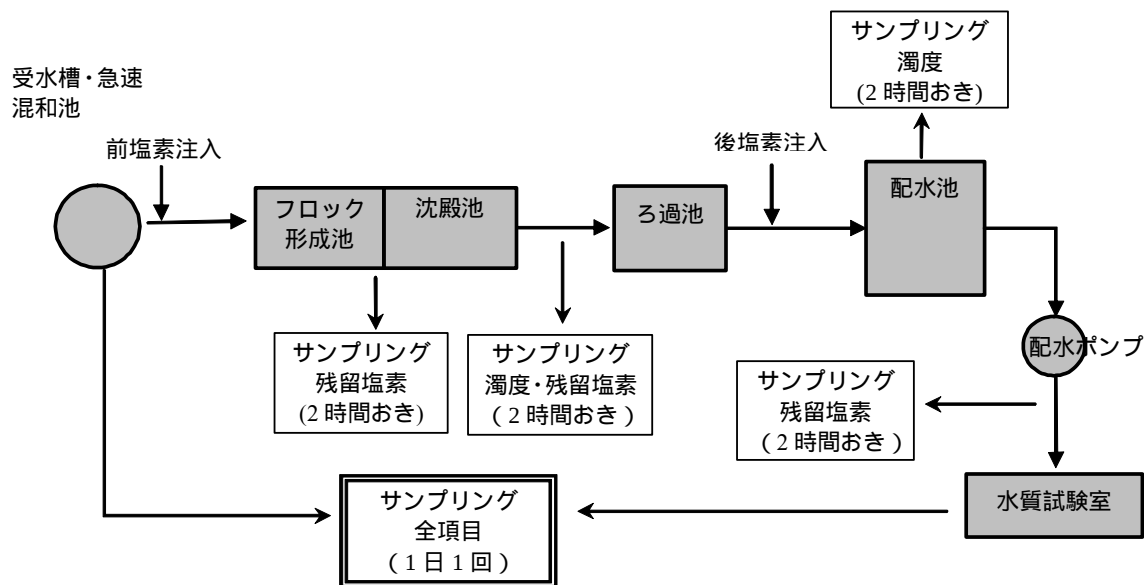


図 1.5 既存浄水場の水質試験用採水箇所、試験項目及び頻度

(2) 水質管理

1) 塩素処理

塩素処理は、前塩素及び後塩素の2処理を行っている。殺藻のための前塩素を実施している。注入率は、前塩素 3.3 g/m^3 、後塩素 3.2 g/m^3 であり、混和後の残留塩素濃度は、 $1.5 - 2 \text{ mg/L}$ となっており、残留塩素濃度は適切である。ただし、沈殿地及びろ過池に藻類の繁殖が見られることから、前塩素の注入量の適正管理が必要である。また、「エ」国では、ろ過池の逆洗水は、塩素殺菌前の浄水を使用することとなっているが、ろ過池内の細菌等死滅させるため、逆洗水は、塩素消毒後の浄水を使用する必要がある。

Phase 1&2 施設には、塩素ポンベ室はなく、1トンポンベ1本を室外におき、塩素注入器により、塩素処理を行っている。猛毒である塩素の漏洩に対して何の対策も採っておらず非常に危険な状態である。

2) 凝集剤の注入

数年前まで、固形硫酸アルミニウムを使用していたが、液体硫酸アルミニウムが利用可能となったため、現在は、取り扱いが容易な液体薬品を使用している。注入方法は、室外にある貯留タンクに液体硫酸アルミニウムを貯留し、そこから階上の貯留槽にポンプ圧送し、定量ポンプにより注入している。

「エ」国では、液体硫酸アルミニウムを製造・販売できる会社は1社のみであり、ここからの供給が途絶えた場合に備え、固形硫酸バンドも使用できるようなシステム構成となっている。ただし、現在、溶解槽の攪拌機が故障しており、使用の際には、修理が必要である。

凝集剤の注入量を設定するためのジャーテストを1回/週程度実施しているとの回答があったが、試験結果のデータは確認できなかった。注入率は、年間をとおして 40 mg/L に固定されており、ジャーテストの結果が反映されていない。

原水の濁度成分は粘土質が主であると推定でき、濁度も小さいため、比較的、浄水処理は容易であると考えられる。浄水濁度は基準値を下回っているが、凝集剤の注入量が多すぎるのか、浄水が白濁している。適切な凝集剤量の注入量の管理が必要とされる。

3) ろ過池の管理

既存浄水場のろ過池は、定速ろ過法の流量制御型である。逆洗は、空気水併用洗浄方式である。洗浄は1日当たり夏1回、冬2回である。以下にろ過池の問題点を示す。

- ろ過池の制御盤等の制御機器は全て破損しており、ろ過池の運転は全手動で実施している。(Phase 1&2)
- 制御システムに不備があり、稼動当初(2001年)から制御盤からのろ過池の運転制御はできていない。従って、全手動で運転を行っている(Phase 3)
- 初期水量を制御していないので初期の低ろ過圧時に、砂上が出てしまう。堰で水位制御が必要である。
- 流出トラフに砂が溜まっていることから、ろ過砂量が少なくなっている。
- 砂層が薄くなり次第、ろ過砂を追加しているが、ろ過砂が少なく、200mmの所がある。
- 空気量が適切に調整されていないためか、空洗時に砂の流出が見られる。
- 砂面が水面上に出ている、砂面に穴が空いている池があり、ろ過砂の減少と共に短絡流が発生し、適切なる過がされない部分がある。
- 塩素が漏洩したことにより、逆洗配管が腐食し破損している。このため、逆洗排水は、地下管廊に漏出・滞留している。滞留水は、仮設ポンプにて、簡易汚泥沈殿池に送水されている(Phase 1&2)

4) プロセスの諸設計値

既存浄水施設の各処理プロセスの推定設計値を日本及び「工」国基準と共に表 1.17 に示す。Phase 1&2 施設では、分配槽が急速混和池の代わりをし、水流及び堰による急速混和が行われている。Phase 1&2 施設のフロック形成池の滞留時間は、極端に長く、ここでフロックが沈殿してしまう可能性がある。沈殿池の表面負荷率は適切な範囲内にある。ろ過速度は、両基準値より十分遅く設定されているが、遅い分には問題ないが、用地の面から効率的とはいえない。

表 1.17 既存施設の各処理プロセスの推定設計値

処理プロセス	単位	Phase 1&2	Phase 3	「工」国施設設計基準値	日本の水道施設設計基準値
急速混和池	滞留時間(分)	水流・堰による混和	5.4 機械故障中	0.5-1	1-5
フロック形成池	滞留時間(分)	70	25	20-30	20-40
沈殿池	表面負荷率 (mm/分)	17	25	14-31	15-30
ろ過池	ろ過速度(m/日) 1池洗浄時	67 80	84 100	120-180	120-150

注：施設の寸法を実測することにより調査団が推定

5) その他の運転・維持管理上の問題点

- 急速攪拌機 (Phase 3): モーターが故障し使用不可、十分な急速攪拌が出来ていない状況である。
- 沈殿池排泥 (Phase 3): 掻き寄せスクレーパの巻上げワイヤーが切断しており、走行式ミード型汚泥掻き寄せ機が使用不可の状況である。

6) 浄水プロセス管理の問題点

現状の浄水プロセス管理の問題点を以下に要約する。

機器の故障

機器や制御盤、特にろ過池の制御機器が故障しているため、浄水プロセスの適正な運転に支障をきたしている。

浄水のプロセス管理技術不足

浄水プロセスの管理技術が十分でなく、取水する原水の水質（濁度）および流量の変動に対応した適正なプロセス管理（適正な薬品注入量）が出来ていない。水質試験の結果が、浄水プロセスの運転に反映されていない。急速ろ過システムの理論を理解し、適切な浄水プロセスの管理を行える技術者がいない。

1-3-6 モニタリングシステム

上水道施設の運転維持管理、また、配水区内の送配水管理にとってモニタリングシステムは有効な手段であり、上水道施設の効果の発現に大きく寄与することが可能となる。JICA 調査団の現地調査の結果、計画地区内の大部分の上水道施設では、モニタリングシステムが未整備であり、正確なデータ取得が行なわれていない。とくに、各浄水生産施設における正確な流量データが取得できず、現在における施設の運転維持管理、送配水管理にとどまらず、将来計画に向けての基礎データの蓄積という面においても、問題が多い。

1-3-7 開発計画

1. 国家社会経済開発 5 カ年計画

「エ」国では 2022 年を目標とする長期開発構想における目標の一つとして社会サービスの向上を掲げ、上下水道をはじめとする都市住環境の改善・保全に係る事業の展開に意欲的に取り組んでいる。第 4 次経済社会開発 5 カ年計画に引き続き、現在の実施中（2002/03 年～2006/07 年）の第 5 次経済社会開発 5 カ年計画（以下第 5 次 5 カ年計画と称す）においても、日浄水処理水量を 17 百万 m^3 から 26 百万 m^3 に増加させるとの大幅な給水改善及び管網延長を 25 千 km から 31 千 km に増加させる目標を設定し上水道分野の施設整備に力点を置いている。

第 5 次 5 カ年計画における上水道部門の目標達成の施策として、以下の項目が掲げられている。

- 漏水・損失の削減
- 水消費量の適正化

- 水資源の汚染防止
- 管網による給水の拡大

浄水場整備及び送配水管網整備が上水道セクターにおける重要事項の一つとなっていることから、本計画は国家開発計画の目標と合致しているといえる。

2. NOPWASD の 5 カ年計画

NOPWASD は、大カイロ圏とアレキサンドリア市を除く全国の大型上下水道建設事業に関する事業計画を 5 カ年計画としてまとめ、上位官庁である住宅公共施設省などの予算認可を受けて、事業を実施している。現在は、第 4 次 5 カ年計画（1997 年 7 月～2002 年 6 月）が完了し、第 5 次 5 カ年計画（2002 年 7 月～2007 年 6 月）の実施段階にある。

NOPWASD が事業を実施する場合、プロジェクトのコードナンバーが 5 カ年計画のなかで明記されることが必要とされる。本プロジェクトのコードナンバーは、認可済みの第 5 次 5 カ年計画の中に、ガルビア県内の浄水場整備計画：No. 1132 として示されている。

3. GACWASD の 5 カ年計画

現時点では、マスタープランに当たる中長期を目標としたエルマハラエルコブラ市の給水施設整備計画は策定されていない。しかし、NOPWASD 同様、GACWASD は施設整備方針・計画の 5 カ年計画を有しており、当 5 カ年計画に沿って送配水管網等の施設整備が実施されている。

なお、本プロジェクトのような大規模な浄水場建設は NOPWASD が担当することから、GACWASD の計画に本プロジェクトは含まれない。

現在実施中の 5 カ年計画では、表 1.18 に示すとおり、総計約 155 百万 LE の給水施設整備が計画されている。本プロジェクト対象地域を所管するエルマハラエルコブラ支局では、約 44 百万 LE の整備が計画されている。このうち、約 12.5 百万 LE を送配水管網整備に使用する計画である。「エ」国側負担工事かつ、GACWASD が担当する口径 300mm 以下の送配水管網整備へは、当 12.5 百万 LE が充当される予定である。

表 1.18 GACWASD 5 カ年計画（2002 年 - 2007 年）

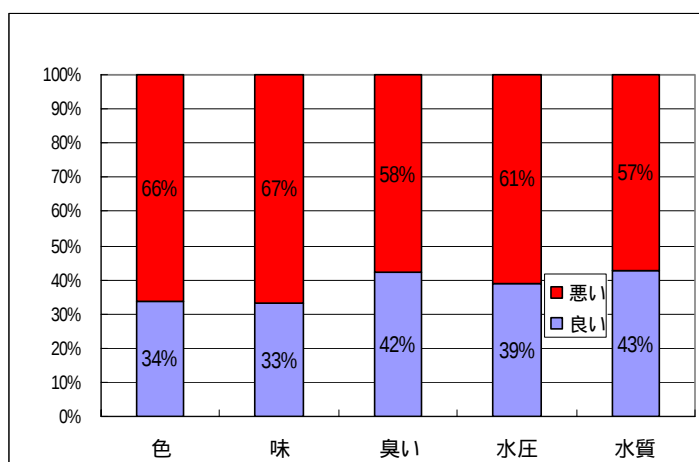
No.	支局	プロジェクト予算額 (LE)			合計 (LE)
		施設・設備更新	前5カ年計画からの継続工事	管路新設	
1	タンタ	10,595,500.00	0.00	13,610,000.00	24,205,500.00
2	エルマハラエルコブラ	11,170,000.00	8,590,000.00	23,985,000.00	43,745,000.00
3	バサユーン	3,782,000.00	25,000.00	13,450,000.00	17,257,000.00
4	コトゥー	4,285,000.00	0.00	5,975,235.00	10,260,235.00
5	カフルザイヤット	4,070,000.00	1,500,000.00	3,450,000.00	9,020,000.00
6	サマヌード	13,900,000.00	2,040,000.00	4,230,000.00	20,170,000.00
7	ジフタ	3,830,000.00	1,400,000.00	8,560,000.00	13,790,000.00
8	サンタ	2,440,000.00	650,000.00	12,980,000.00	16,070,000.00
	合計	54,072,500.00	14,205,000.00	86,240,235.00	
	ガルビア県総計				154,517,735.00

1-3-8 社会経済状況

調査対象地域であるガルビア県内の 6 都市の中の市街地および郊外を含めた 4 給水地域において住民からの聞き込み調査が行われた。

ガルビア県と内の 6 都市の中の市街地および郊外を含めた 4 給水地域では、半数以上の家庭が水道水の飲料水としての適正を疑問視しており、4 分 1 に近い 23%の家庭が水道水を飲用として使っていない。その他の住民は、フィルターを通すか沸騰させてから使用している。ガルビア県内でもエルマハラエルコブラ郡の村落部で強い。エルマハラエルコブラ郡の村落部では、3 割近い 28%の家庭が水道水を飲用として使っていない。

調査対象地域の水質に対して、味や色に不満を持っていることが下記のとおりわかる。



水質の特性

水道水を飲用として使っていない家庭が多いものの、ボトル水等を購入している家庭は全体の 5%程度と比較的少ない。ボトル水購入は、経済的理由で広がっていない。60%程度が、少なからず民間・公共の井戸水やモスク等の無料の水を利用している。住民は、水質、水圧、水量、断水頻度等のさまざまな面から水道事業への不満をもっている。エルマハラエルコブラ郡では、91%の人々が総合的にみて水道事業に不満と回答している。水道事業に改善が必要との意識は高いものの、半数以上の人は改善されても料金値上げには反対である。

この結果、コンパクトユニットの負荷低減や水質の悪い井戸の廃止等、水質改善に資する本プロジェクトは住民ニーズに直結した有意義なものであると考えられる。

一方、経済的に料金値上げに反対という意識や、無料水を活用して経済負担を低減させようという意識が伺い知れ、給水原価に見合う水準までの値上げは困難であろうと推測できる。

1-4 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

「エ」国は、国土の大半が砂漠地帯であるため、首都カイロ以北のデルタ地帯に人口が集中している。年間の平均人口増加率は約 2.1%と高く、都市部において人口過密化の傾向が強い。現在、都市生活環境の改善・保全に係る事業を、都市人口増加に応じて展開することが急務になっている。

このような状況下、「エ」国政府は、2001 年に「新エルマハラエルコブラ浄水場拡張計画（本プロジェクト）」、「シャルキーヤ県北西部上水道整備計画」及び「アミリア浄水場拡張計画」に係る無償資金協力を我が国へ要請した。要請を受けた我が国は、この 3 件を一括した予備調査は実施し、及び の案件に係る協力必要性・妥当性が高いこと、 と では の案件の優先順位が高いことを確認した。その後、 の案件は基本設計調査を経て、2003 年より無償資金協力が実施されている。

の案件である本プロジェクトは、2001 年に 2005 年を計画年次として要請されたものである。要請から 4 年が経過していること及び既に 2005 年になっていることから、基本設計時に要請内容の修正が実施された。

当初の要請内容及び修正された要請内容は、表 1.19 のとおりである。

表 1.19 要請内容と変更状況

No.	当初の要請内容 (2001 年 4 月)	B D ミニッツ調印時の 要請内容 (2005 年 8 月)
1.	既存浄水施設のリハビリ ・ 17,280m ³ /日	要請取り下げ。「エ」国で実施。
2.	浄水場拡張施設の建設 ・ 22,000m ³ /日 取水施設 薬品混和池 フロック形成池 急速ろ過池 浄水池 送水ポンプ場 薬品注入設備	浄水場拡張施設の建設 ・ 400L/秒 (約 35,000m ³ /日) 取水施設 導水管 原水貯水槽 着水・分配・薬品混和池 フロック形成池 凝集沈殿池 急速ろ過池 凝集剤注入設備 塩素注入設備 送水ポンプ設備 O&M マニュアル 運転維持管理トレーニング

1-5 我が国の援助動向

我が国が過去に実施した（または、現在実施中の）「エ」国における上水道分野に関連する計画は、表 1.20 のとおりである。我が国は、無償資金を中心とした援助を継続的に実施している。

表 1.20 我が国の援助実施状況

No	計 画 名	対象都市	実施期間	概 要
	シアルキア州上水道整備計画調査（開調） （注：シアルキア州とシャルキーヤ県は同一である）	シャルキーヤ県	1983 年 7 月 ～ 1984 年 12 月	シャルキーヤ県全域における水道事業について長期拡張計画を策定し、その一部についてフィージビリティ調査を実施。
	ギザ市西オムラニア地区 上下水道整備計画（無償）	ギザ市	1988 年 5 月 ～ 1991 年 3 月	西オムラニア地区の人口急増による既設上下水道施設の能力不足を改善するための上下水道整備プロジェクト。管路の更新・下水中継ポンプ場の改善を実施。
	ギザ市モニブ地区上下水道 網整備計画（無償）	ギザ市	1991 年 11 月 ～ 1994 年 3 月	上下水道が未整備のギザ市新興住宅地であるモニブ地区の上下水道整備。本計画は第 1 次として主に管路網の整備を実施。
	第二次ギザ市モニブ地区 上下水道網整備計画（無償）	ギザ市	1992 年 6 月 ～ 1996 年 7 月	上記計画に引き続いて、水源である南ギザ浄水場の拡張、配水幹線及び下水中継ポンプ場の建設を実施。
	アミリヤ浄水場施設改修 計画（無償）	カイロ市	1994 年 6 月 ～ 1998 年 7 月	老朽化した浄水場の浄水設備、機械・電気設備の更新による給水能力の復旧を図る。
	ギザ市ピラミッド南部地区 上水道整備計画（無償）	ギザ市	1997 年 1 月 ～ 2000 年 3 月	上水道が未整備で適正な給水量・給水圧で給水が行われていないピラミッド南部地区において、送水幹線、配水場、配水管網整備を実施。
	エジプト水道技術訓練 向上計画（プロ技）	大カイロ圏	1997 年 6 月 ～ 2002 年 5 月	大カイロ上水道庁の職員を対象に、水道計画、水質管理、配管システム、浄水施設運転・維持管理分野の研修を実施する。
	ギザ市ピラミッド北部地区 上水道整備計画（無償）	ギザ市	2001 年 6 月 ～ 2005 年 11 月	上記ギザ市南部地区給水計画に続き、北部地区での送水幹線、配水場、配水管網整備を実施。
	シャルキーヤ県北西部上水道 整備計画	ヒヒヤ市	2003 年 5 月 ～ 2007 年 3 月予定	主水源の地下水が塩水化しているシャルキーヤ県北西部のヒヒヤ市において、表流水を浄水する浄水場建設を実施。

1-6 他ドナーの援助動向

1. 本プロジェクトに関連する他ドナーの援助

本計画と直接的に関係する他ドナーのプロジェクトはない。

2. 他ドナーの一般動向

全国的見地では、仏国・西国がソフトローンを中心とした浄水場等建設プロジェクトを実施している。独国は、施設建設及び技術協力を実施しているが、実施機関の技術的・財務的・管理的な能力不足、組織内の不透明な権限配分等の問題があることから、積極的な支援を実施していない。

米国は、これまでに多数の上下水道分野への協力を続けてきた。現在は、下記のように施設建設からキャパシティー・ビルディングへ方針を転換させている。

3. 米国（USAID）の支援状況

USAID、GTZ 等の欧米ドナーは、「エ」国の上水道事業運営に対して、水道料金の適正レベルまでの引上げ、自立運営型事業への転換と、施設拡大ではなく無駄をなくすことの必要性を指摘しており、上水道分野への援助は、事業制度の変更が不可欠であるとしている。特に、1984 年から 1988 年まで最大援助国であった米国（USAID）は、受益者負担による水道事業実施が援助の条件としているが、「エ」国政府がそれを認めていないため、1989 年以降、新規インフラ整備の開発援助を止めている。

現在、USAID は「エ」国のインフラ整備事業からの完全撤退を目指して、貧困削減政策と連携した計画を含むキャパシティー・ビルディングに援助の方向性を転換させている。しかしながら、USAID は地方においては給水率がいまだ 56%であり、劣悪な水質の水を利用せざるを得ない状況にあるとして、適正な事業制度の改善も含めた上水道施設整備に対する支援を継続している。



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

1. 住宅公共施設省と NOPWASD の組織・人員

「エ」国の上下水道行政は、住宅公共施設省(MOHUUC: Ministry of Housing, Utilities and Urban Communities) が監督官庁として、全国の上下水道事業に関して主要施策を策定している。同省は、上下水道事業の他、住宅供給に関する計画策定・実施、法整備、並びに地方自治体の住宅建設部の監督を行っている。

上下水道事業の実施は地方自治体(県レベル) の責任範囲であるが、住宅公共施設省の監督のもと、全国上下水道庁(NOPWASD: National Organization for Potable Water and Sanitary Drainage) が、全国の上下水道整備の計画及び施設建設を展開している。NOPWASD は、1981 年の大統領令(No.197) によって、それまで個別に事業を行っていた上水道庁と下水道庁を合併したもので、大カイロ圏とアレキサンドリア市を除く全国の大規模上下水道建設事業に関する調査・計画・設計・工事管理を行っている。

NOPWASD の主な業務は、以下のとおりである。

- 上下水道と衛生排水施設に関する事業計画の実施(国家総合開発計画で採用される事業実施計画案の作成を含む)
- 上下水道と衛生排水施設に関する技術基準・仕様の制定と監督、研修指導
- 地方自治体の大規模ないしは特殊な事業に係わる調査・計画・工事管理の支援
- 上記事業を実施段階した場合の入札・入札評価・工事契約に係わる地方自治体への支援(当該業務において、NOPWASD は国内あるいは海外コンサルタントを活用する)

NOPWASD は、1981 年の創設から 2000 年までの 20 年間に、全国の上水道プロジェクトを 1,803 件(総事業費約 17,667 百万 LE) 実施してきた。また、下水道プロジェクトでは、220 件(総事業費約 22,844 百万 LE) 実施した実績がある。

NOPWASD の総職員数は約 2,500 名であり、その組織は図 2.1 に示す通りである。本計画を含む地方の上水道事業については、調査部(職員数 50 名) が主体的に対応し、詳細な設計内容に関しては設計部(職員数 160 名) が対応する。また本計画の建設段階には、下エジプト・シナイ・マルサマトゥループプロジェクト事業部のカルビア・シャルキーヤ県工事事務所(職員数 40 名) が工事管理をする予定である。

2. GACWASD の組織・人員

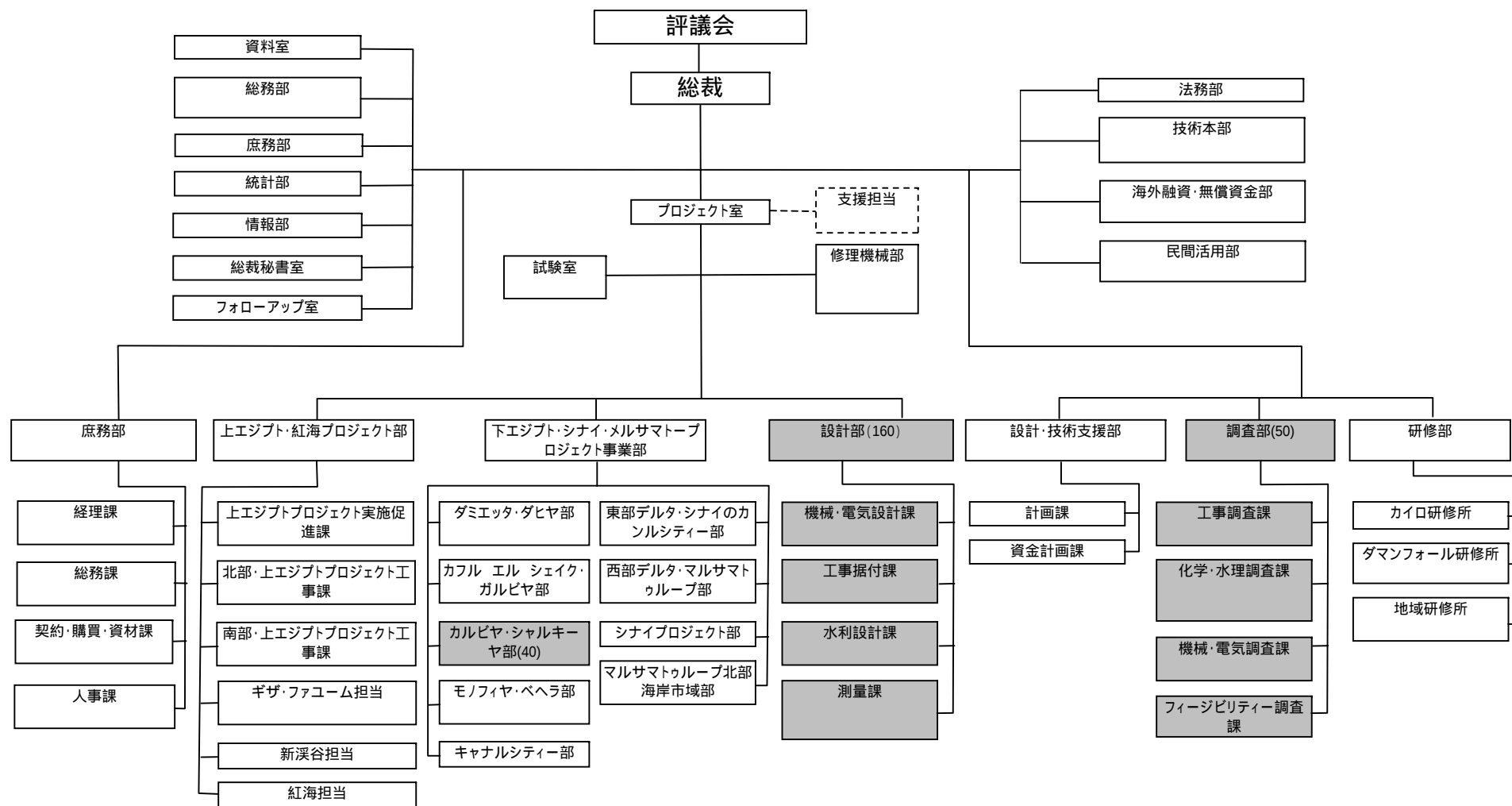
GACWASD は、1995 年にガルビア県の直営事業から引き継ぐ形で独立法人として設立されたが、2004 年の上下水道実施機関の機構改革により上下水道保有公社の下部組織に置かれることとなった。GACWASD はガルビア県の上下水道施設の保有と維持管理及び上下水道事業を実施する機関である。

「エ」国政府は、上下水道事業の財政健全化政策の一貫として、上下水道保有公社を設け、上下水道資産(施設) の明確化と料金体系の改善を図りやすい体制をとる政策を 2004 年に導入した。この政策の下、ガル

ピア県の上下水道公社は、これまでの独立法人から同上下水道保有公社の下部組織になった。これまでの組織及び業務を引き継ぐ形で組織改革が実施されたため、実質的な事業内容に変更はない。

現在の GACWASD の総職員数は約 6,000 人であり、その組織は図 2.2 に示す通りである。

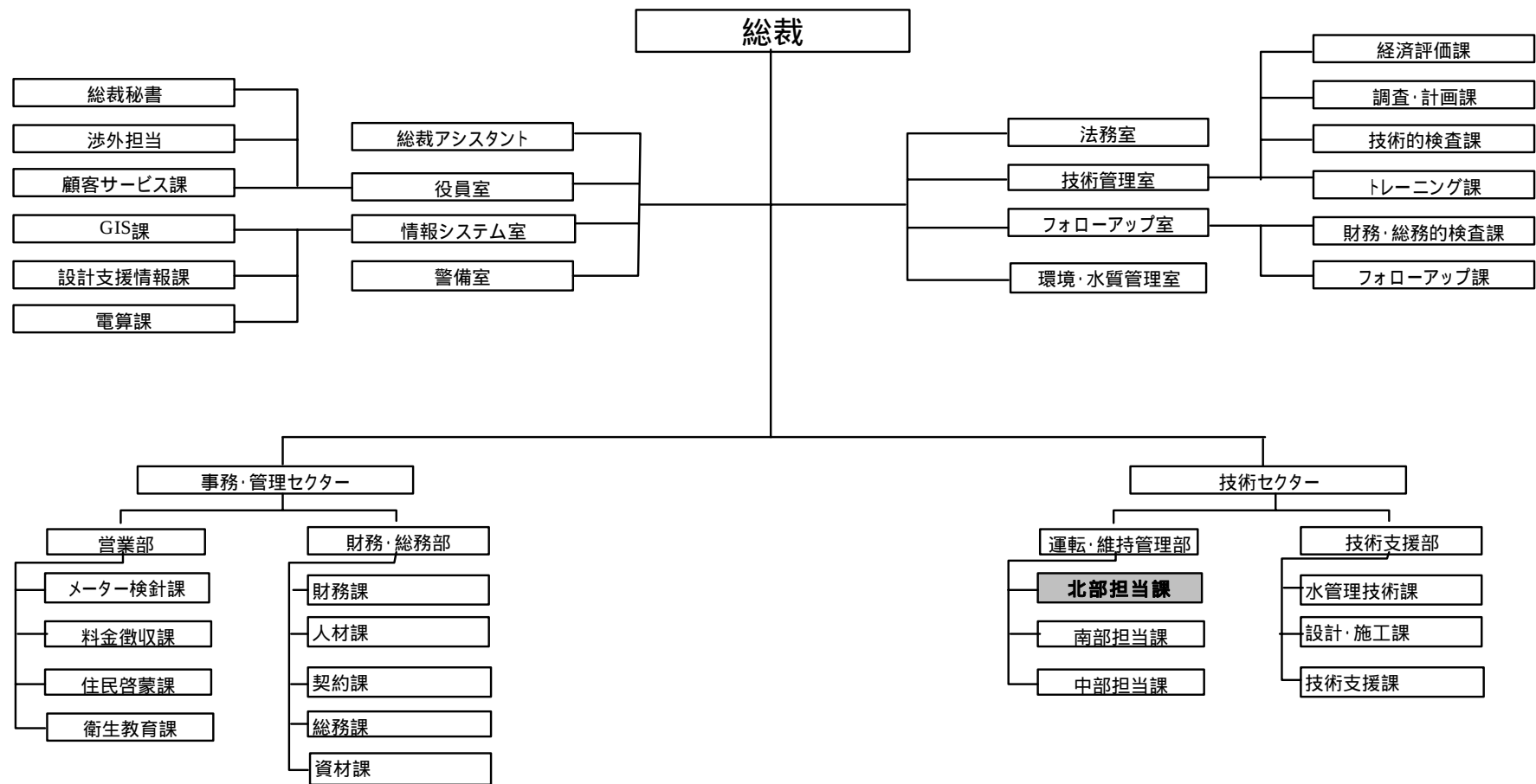
なお、本プロジェクトの対象地域であるエルマハラエルコブラ市は北部地域に属し、日常の施設運転・維持管理は技術セクターの運転・維持管理部北部担当課が担当する。



備考： ()内は各部署の職員数
 総職員数は 2,500 名
 着色部は本計画の担当部署を示す。

出所：NOPWASD

図 2.1 NOPWASD 組織図

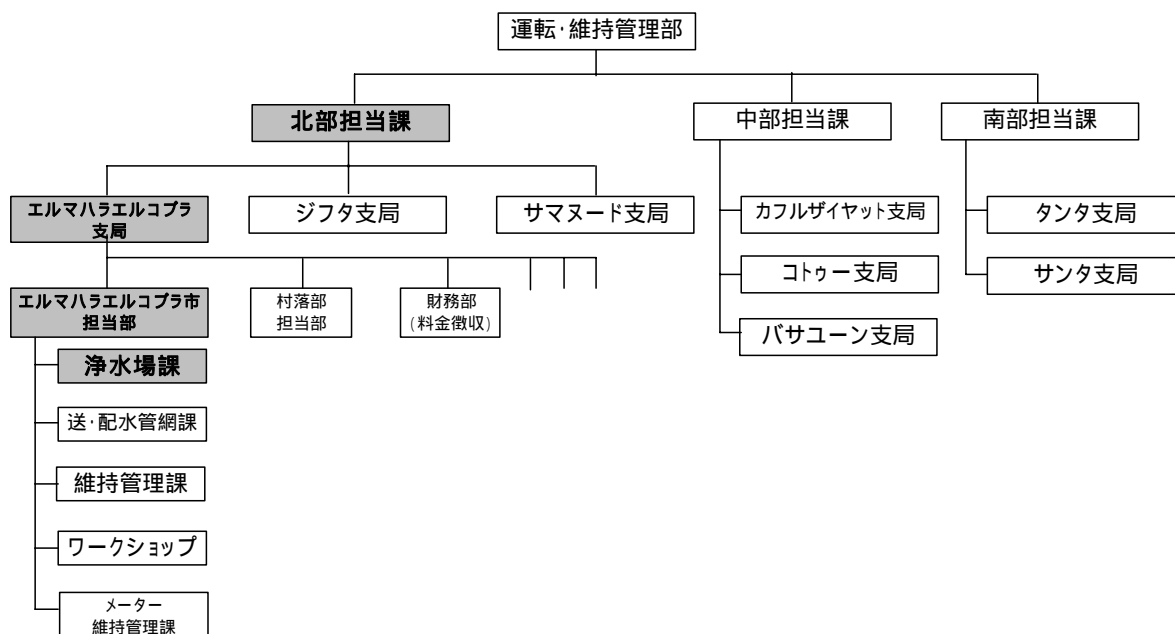


備考： 着色部は本計画担当部署を示す。
総職員数は 6,000 名。

出所：GACWASD

図 2.2 GACWASD 組織図

GACWASD の運転・維持管理部は、現在、図 2.3 のように 3 地域・8 支局から構成されており、プロジェクト対象地域はエルマハラエルコブラ支局の管轄である。同支局の中にエルマハラエルコブラ市を担当する部、更に浄水場を運転・管理するセクションがある。本プロジェクトの浄水施設は、エルマハラエルコブラ支局内のエルマハラエルコブラ市担当部浄水場課が運転・維持管理する。



出所：GACWASD（調査団聞き取り結果）

図 2.3 GACWASD 運転・維持管理部組織図

エルマハラエルコブラ市担当部の現在の要員数を表 2.1 に示す。本プロジェクトの拡張対象である新エルマハラエルコブラ浄水場は、浄水課に属し、34 名で運転・管理されている。

浄水場拡張が実施されると新エルマハラエルコブラ浄水場の要員追加が必要となる。現在、GACWASD は、必要人員を他の部局からの移動で賄うことを計画している。

表 2.1 GACWASD エルマハラエルコブラ市担当部の要員数

No.	課	技師	テクニシャン	化学技師	事務	作業員	合計
1	浄水場課						
1.1	旧エルマハラエルコブラ浄水場	7	18	5	1	9	40
1.2	新エルマハラエルコブラ浄水場	7	14	2	0	11	34
1.3	簡易浄水場 + 井戸施設 合計	6	37	1	0	4	48
2	送・配水管網課	4	52	0	7	36	99
3	維持管理課	1	0	0	0	0	1
4	ワークショップ	2	8	0	1	9	20
5	メーター維持管理課	1	20	0	2	7	30
合計		28	149	8	11	76	272

出所：GACWASD（調査団聞き取り結果）

2-1-2 財政・予算

1. NOPWASD の財政・予算

本プロジェクトの計画から建設段階までを担当する NOPWASD の設立時から現在までの事業実績は、順調に伸びており、事業費割合で、水道事業では全国合計の 52%を、また下水道事業では 66.5%の事業を実施している。表 2.2 に NOPWASD の設立当初からの事業実績を示す。

その実績は 5 カ年計画予算でも、十分に配慮されており、表 2.3 に示すように、第 4 次 5 カ年計画(1997-2002 年)と第 5 次 5 カ年計画(2002-2007 年)との予算を比べると約 1.5 倍の順当な伸びを示している。

表 2.2 NOPWASD の事業実績

項目	プロジェクト数			計画容量 (1000m ³ /日)			事業費(百万 LE)		
	全国合計	NOPWASD 分	割 合 (%)	全国合計	NOPWASD 分	割 合 (%)	全国合計	NOPWASD 分	割 合 (%)
1. 上水道									
1953 年以前の累積	252.0	241.0	95.6	1,269.0	711.0	56.0	86.0	39.0	45.3
1981/82 年までの累積	857.0	734.0	85.6	5,745.0	2,776.0	48.3	913.0	460.0	50.4
2000 年までの累積	2,710.0	2,161.0	79.7	18,282.0	8,464.0	46.3	18,580.0	9,676.8	52.1
2017 年までの累積(計画)	3,516.0	2,917.0	83.0	30,342.0	16,858.0	55.6	33,302.0	20,694.0	62.1
2. 下水道									
1953 年以前の累積	8.0	7.0	87.5	363.0	117.0	32.2	84.0	20.0	23.8
1981/82 年までの累積	36.0	26.0	72.2	995.0	281.0	28.2	321.0	135.0	42.1
2000 年までの累積	256.0	182.0	71.1	8,283.0	2,082.0	25.1	23,165	15,410.6	66.5
2017 年までの累積(計画)	1,197.0	1,060.0	88.6	20,183.0	12,177.0	60.3	47,092.0	34,925.0	74.2

出所：NOPWASD

表 2.3 NOPWASD の新旧 5 カ年計画予算

項目	第 4 次 5 カ年計画 (1997 年 7 月～2002 年 6 月)	第 5 次 5 カ年計画 (2002 年 7 月～2007 年 6 月)
総事業費	12,000 百万 LE	17,949 百万 LE
伸び率	-	前 5 カ年計画との比：1.496 倍

出所：NOPWASD

しかし、上下水道事業の重要性から NOPWASD の予算は順調に伸びてはいるものの、「エ」国の財政難からその内実、かならずしも容易な予算編成とはなっていない。第 4 次 5 カ年計画では、住宅公共施設省等との折衝で予算額の約 4 割減額を余儀なくされている。表 2.4 に第 5 次 5 カ年計画の NOPWASD 予算申請時の各県の予算配分を示す。

同表に示すように、本プロジェクト対象地域を内包するガルビア県の予算は、全予算の約 10.2%かつ、NOPWASD が管轄している全 22 県の予算配分の中では上位(第 2 位)となっており、インフラ整備の重要な地域となっている。

表 2.4 NOPWASD の第 5 次 5 ヶ年計画予算申請時の各県の予算配分

No.	予算申請時			備考
	県名	予讃（百万 LE）	割合（％）	
1	サカレイア	3,154.042	11.0	
2	ガルビア	2,940.629	10.2	本プロジェクト対象地
3	シャルキーヤ	2,159.934	7.5	
4	ベヒラ	1,838.753	6.4	
5	ミノファイヤ	1,846.006	6.4	
6	カルベイヤ	1,821.077	6.3	
7	ソハグ	1,649.697	5.7	
8	カフルサイハ	1,542.693	5.4	
9	ケナ	1,302.780	4.5	
10	ギザ	1,221.696	4.3	
11	アスワン	1,176.899	4.1	
12	メニア	1,160.230	4.0	
13	ベネスエフ	971.945	3.4	
14	ファユーム	947.866	3.3	
15	アシュート	934.485	3.3	
16	デミッタ	811.259	2.8	
17	イスマイリア	736.864	2.6	
18	ポート サイド	411.102	1.4	
19	スエズ	410.779	1.4	
20	レッドシー	194.683	0.7	
21	サウスシナイ	152.900	0.5	
22	マスマトロ	41.000	0.1	
	その他	1,311.293	4.6	
	合計	28,738.612	100.0	（注参照）

注：最終的な承認済み予算の合計は、117,949 百万 LE（申請予算の 62.5%。）

出所：NOPWASD

なお、NOPWASD が事業を実施する場合に必要な本プロジェクトのプロジェクトのコードナンバーは、認可済みの第 5 次 5 ヶ年計画の中に、ガルビア県内の浄水場整備計画：No. 1132、として示されている。同コードナンバーの計画事業費は、5 ヶ年で約 50 百万 LE であり、NOPWASD はここから「エ」国側負担工事の費用を支出する計画である。

2. GACWASD の財政・予算

一方、施設の運営維持管理を行う原資となる水道料金は、「エ」国の歴史的な問題の一つであり、従来から政治的にかなり低い値に設定されている。USAID、GTZ 等は、水道料金の値上げによる財務健全化を援助継続の必要条件としており、適正レベルまでの値上を同国政府へ要求している。公共料金改定に対する国民の反応は強いため、これまで料金値上げに係る議会承認は困難であった。

2004 年の機構改革により、独自に料金体系を設定できるようになっているが、ガルビア県では未だ低い料金設定のままとなっている。議会の承認は不要になったものの、事実上、これまでの慣例から知事了解を取り付ける必要があり、県民意識や政情を鑑みた判断から料金が据え置かれている。「エ」国政府は、水道事業者の独走による高料金設定を防ぐために民衆代表を組み込んだ監視組織を設ける政策を打ち出しており、

これらの体制が整えば料金設定の改善が図られると考えられる。

現在の上水道料金は表 2.5 のとおりである。下水道が概ね整備されている大カイロ圏では上水道料金の中に下水道料金が含まれているが、ガルビア県は下水道が整備されている地域が都市部に限られている。したがって、下水道整備済地域の住民に対しては同表の料金に下水道料金を上乗せ（一般家庭：35%、事業所：60%）して徴収している。

表 2.5 GACWASD の水道料金体系 （2005 年 8 月時点）

No.	使用者区分	水道料金(LE/m ³)
1	一般家庭（30m ³ まで）	0.23
2	一般家庭（30m ³ 以上）	0.30
3	建設工事現場	0.50
4	公共施設	0.35
5	公共施設（ｽﾎﾟｰﾂｸﾗﾌﾞ等）	0.40
6	小規模事業所	0.50
7	大規模事業所	0.53
8	観光・投資事業所	0.85
9	政府所有公共住宅(1 部屋)	2.5 LE/月
1 0	政府所有公共住宅(2 部屋)	3.0 LE/月
1 1	政府所有公共住宅(3 部屋)	4.0 LE/月
1 2	政府所有公共住宅(4 部屋以上)	5.0 LE/月

出所：GACWASD

GACWASD でまとめている最新の営業状況データ(2005 年 1 月から 3 月)を整理したものを表 2.6 に示す。どの支局でも支出が料金収入を上回っており、政府からの財政支援がなければ事業の継続的な運営が困難であると言える。

表 2.6 GACWASD の営業状況 （2004 年 1～3 月の月間平均）

支局	料金収入 (LE)	支出			不足 (県の財政負担) (LE)
		人件費	運転維持管理費	合計	
1.ﾀﾝﾀ	1,225,404.67	1,008,776.33	511,994.33	1,520,770.67	-295,366.00
2.エルマハエルコブラ (シェア%)	1,116,788.67 27%	960,056.00 23%	469,267.00 26%	1,429,323.00 24%	-312,534.33 17%
3.ｼﾞﾌﾀ	332,139.33	506,119.67	117,525.00	623,644.67	-291,505.33
4.ｻﾝﾀ	427,715.33	465,540.67	97,589.00	563,129.67	-135,414.33
5.ｶﾌﾞﾙ ｲﾔｯﾄ	295,432.67	468,777.33	223,390.00	692,167.33	-396,734.67
6.ｻﾏﾅｰﾄ	398,731.33	295,094.67	157,606.00	452,700.67	-53,969.33
7.ｺﾄｳｰ	215,194.00	250,328.67	110,261.33	360,590.00	-145,396.00
8.ﾊﾞ ｻｰｳﾝ	200,937.33	245,691.33	131,437.33	377,128.67	-176,191.33
合計	4,212,343.33	4,200,384.89	1,819,070.11	6,019,455.00	-1,807,111.67

出所：GACWASD（調査団がデータを整理）

エルマハエルコブラ支局の浄水場のみに限る場合、表 2.7 に示すように、浄水原価は平均 0.34 LE/m³と

考えられる。同数値を水道料金と単純比較することは困難であるが、浄水の段階ですでに徴収する水道料金と同程度のコストを費やしている可能性が高い。

表 2.7 エルマハラエルコブラの浄水原価 (2005 年 1 月～6 月)

項目	単位	2005年						平均
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	
エルマハラエルコブラ支局の全浄水施設								
1) 給水量	m ³	2,240,948	1,902,473	2,408,953	2,196,866	2,559,521	2,640,530	2,324,882
2) 人件費以外の支出	LE	336,913	327,635	368,567	363,569	393,598	411,571	366,976
3) 人件費	LE	432,025	432,025	432,025	432,025	432,025	432,025	432,025
4) 支出計	LE	768,938	759,660	800,592	795,594	825,623	843,596	799,001
5) 浄水原価	LE/m ³	0.34	0.40	0.33	0.36	0.32	0.32	0.34

出所：GACWASD (調査団がデータを整理)

注：給水量は浄水量の 70%で試算、人件費は要員数割合から支局人件費の 45%で試算。

表 2.7 から、エルマハラエルコブラ支局では、送配水や一般事務経費を含め、一ヶ月に約 1,429 千 LE/月を費やして約 2,325 千 m³/月の水を給水しているといえ、全体的な給水原価は約 0.61LE/m³となる。この給水原価は、水道料金レートを大きく超えるものとなる。

営業収入が営業支出を上回することは、表 2.8 の GACWASD 全体の過去 3 年の営業予算推移からも明らかである。営業収入の不足分は政府からの補填でまかなっている。

なお、施設建設等の投資は営業予算をは別に管理されている。投資は営業収入から拠出する構造ではなく、政府や NOPWASD の資金を活用する構造になっている。

表 2.8 GACWASD の営業予算推移 (2001/02 年～2003/04 年)

項目	2001/02 年 (LE)	2002/03 年 (LE)	2003/04 年 (LE)
収入			
営業収入	41,326,562	41,091,438	38,002,208
前年度繰越金	2,028,111	1,296,463	1,010,139
合計	43,354,673	42,387,901	39,012,347
支出			
人件費	45,122,479	46,844,003	41,668,599
燃料・電気代等	19,283,390	24,141,822	19,450,650
メンテナンス費	860,470	2,537,190	2,103,393
メーター購入費	940,150	570,808	4,911
減価償却、家賃	3,951,375	4,985,799	46,821,717
罰金、税金等	376,907	3,488,660	171,244,254
合計	70,534,771	82,568,282	281,293,524
不足 -	-27,180,098	-40,180,381	-242,281,177

注：会計年度は 7 月から 6 月であり、1 会計年度は 2 年にまたがる。

出所：GACWASD

2-1-3 技術水準

1. NOPWASD の技術水準

全国の地方行政の上下水道施設建設を管理している NOPWASD は、本計画と同規模の浄水場建設事業の実施経験を多数有している。また本プロジェクトにて NOPWASD 側負担事業となる送水幹線、径 300mm 以上（300mm を含まない）の配水管等の設計・工事に関しても、過去、現地コンサルタントを活用しつつ実施した十分な経験がある。

なお、NOPWASD の技術者は、自ら運営する研修センター（カイロ研修所：設計が主体、ダマンホール研修所：運転維持管理が主体）において、設計・運営・運転維持管理等の目的別研修を受けており、その技術水準は本プロジェクトで要求される設計・工事能力を保有していると考えられる。

2. GACWASD の技術水準

(1) 浄水場の運転維持管理技術

GACWASD は浄水場の運転維持管理に必要な一般的な技術力を有している。プロジェクトの対象となるエルマハラエルコブラ市では、新旧の 2 ヶ所の本格的な浄水場が運転維持管理されており、約 80 年間にわたって給水活動が実施されている。

本プロジェクトは、既存の新エルマハラエルコブラ浄水場の拡張であることから、プロジェクトで拡張する施設の基本的な運転維持管理は、既存技術やノウハウの応用で対応することが可能である。

(2) 水質データや浄水場運転データの活用技術

上述のように、基本的な事業運営技術は有しているものの、日常的に計測している水質や運転データは浄水場や給水事業の運営・維持管理活動に活用されておらず、データを蓄積しているだけの状況である。

より効率的な浄水場 / 給水事業の運営・維持管理には、データの分析と分析結果に応じたきめ細かい機器調整や運転調整が必要であり、水質データや浄水場運転データの活用技術を習得すると、より効率的な管理が可能になると考えられる。したがって、本計画の無償資金協力と連携した技術協力の実施が有意義であると考えられる。

(3) 送配水管路網の運営維持管理技術

送配水管路網の維持管理で重要となる漏水対策は、専門的にはほとんど実施されていない。給水事業全体の効率性の面から、漏水対策の充実化が必要である。漏水対策については、NOPWASD や大カイロ圏上水道会社の既存研修所等の活用で必要技術習得が可能である。

また、管網計算等を含む管路の設計・施工は、ほとんど直営では実施しておらず、民間のコンサルタントや工事会社へ委託して実施している。

必要な技術自体は、「エ」国側に十分にあると言える。

2-1-4 既存の施設・維持管理機材

1. 水質分析機材

浄水場として管理が必要な水質項目の分析に必要な機材は、既存施設に整備されている。日常的に水質分析活動も実施しており、機材・技術の上で水質分析の実施に問題はない。

2. 汚泥処理及び汚泥運搬機材

既存施設では、浄水過程で発生する汚泥を隣接する排水路へ放流している。この処理方法は、現地の環境関連法に抵触するものの、法施行前から続いている既得権として認知されている。NOPWASD は、本プロジェクトで拡張する施設の汚泥も既存の方法で処理することを計画しているが、現地環境関連法に抵触する方法を無償資金協力が採用することは不適切である。

汚泥を沈殿させた排水は排出基準を満たすと考えられることから、汚泥のみを排水槽から引抜き、適切な処理を実施する必要がある。浄水場から約 8km 離れた箇所に十分な処理能力を有する下水処理場があるため、汚泥を下水処理場へ運搬することが適切と考えられる。ただし、この場合、汚泥運搬車が必要となる。

現在、GACWASD のエルマハラ支所は 15 台のパキュームカーを汚泥運搬車として所有している。その稼働状況は表 2.9 のとおりである。15 台の内、9 台は完全なオーバーホールを必要としており、現在稼働できない状況にある。大型のパキュームカーは 4 台のみが稼働可能であり、この内、2 台は耐用年数を越えた老朽化した機材である。これらは、コンパクトユニットの汚泥の搬出や下水道の維持管理に活用されており、予備の車両はまったくない状況である。

表 2.9 既存のパキュームカーの状況

番号	車両番号	形式	製造年	タンク容量	現況	備考
1	435	Fiat- 130	1982	8 m ³	故障中	オーバーホール必要
2	434	Fiat- 130	1982	8 m ³	故障中	オーバーホール必要
3	489	Ford	1984	9 m ³	稼働	60% の効率
4	449	Ford	1984	9 m ³	稼働	60% の効率
5	450	Ford	1984	故障中	故障中	オーバーホール必要
6	429	Fantom	2002	9 m ³	稼働	80% の効率
7	428	Fantom	2002	9 m ³	故障中	サクシヨンポンプ及び変速機故障
8	503	Nasr	2004	9 m ³	稼働	90% の効率
9	423	Fantom	2001	3 m ³	稼働	60% の効率
10	6518	Fantom	2001	3 m ³	故障中	オーバーホール必要
11	6529	Fantom	2001	3 m ³	故障中	オーバーホール必要
12	6532	Fantom	2001	3 m ³	故障中	オーバーホール必要
13	5001	Kargo	2004	3 m ³	故障中	サクシヨンポンプ故障
14	6520	Kargo	2004	3 m ³	稼働	80% の効率
15	447	International	1982	3 m ³	故障中	オーバーホール必要

備考： 1982 年と 1984 年の旧式形式車両のスペアパーツは入手不可能で修理困難。

出所： GACWASD エルマハラエルコブラ支所

2-2 プロジェクト・サイト及び周囲の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

1. 電気

エルマハラエルコブラ市近郊は、南デルタ配電会社の管轄下であり、同社による電力供給が行われている。本プロジェクトの拡張対象である新エルマハラエルコブラ浄水場の近くには、エルマハラエルコブラ変電所が設置されており、この変電所の電気がアブアリ開閉所を経由して浄水場へ配電されている。対象浄水場への既存配電線は、2本の埋設 11kV ケーブルである。

本プロジェクトで浄水場拡張を実施した場合、変電所や開閉所の能力は十分であるが、浄水場への電源ケーブルは、新たに2本の 11kV ケーブルを引く必要がある。

なお、エルマハラエルコブラ市近郊は、電力施設維持管理のための停電が2週間に1度（1回3時間程度）発生する。したがって、停電への対策を講ずる必要がある。

2. 通信

本プロジェクトの施設建設予定地付近は、有線電話網が整備されている。また携帯電話も利用可能で電波状態も良好である。

3. 港湾・道路

「エ」国における輸入資機材の代表的な荷揚港は、アレキサンドリア港とスエズ港である。両港とも本計画資機材の荷揚に必要な施設は整っており、本計画の実施に支障はない。また、施設建設予定地までの道路整備状況も、両港ともに本計画の資機材運搬に十分である。

4. 下水道

エルマハラエルコブラ市内は、公共下水道が整備されており、下水処理も実施されている。既存下水処理場では、汚泥を天日乾燥処理しており、この施設は本プロジェクト施設で発生する汚泥も受け入れて処理する能力を有している。

2-2-2 自然条件

1. 地理上の位置

ガルビア県は、ナイル川の2大支流のロゼッタ分流とダミエッタ分流の間に形成されたデルタ地帯に位置する。県庁所在地タンタは、首都カイロの北方約 90km 及び港湾・工業都市アレキサンドリアの南方約 120km に位置する。

本プロジェクト対象地域のエルマハラエルコブラ市は、ガルビア県の北東部に位置し、県庁所在地タンタの北東約 25km に位置する。また、エルマハラエルコブラ市を内包するエルマハラエルコブラ郡は、北方のダカレイヤ県やカフルシェイク県に接している。

浄水施設建設予定地である新エルマハラエルコブラは、エルマハラエルコブラ市内にあり、水源となるエ

ルマラ運河に隣接している。

2. 気象

「エ」国デルタ地域の気候は、5月から9月の夏季は暑くて乾燥しており、その他の季節は比較的温和な気候である。1年の半分以上は30℃以上になるが、湿度が50～60%と低いいため暑さはそれ程には感じない。

図 2.4 に年間の気温を示す。

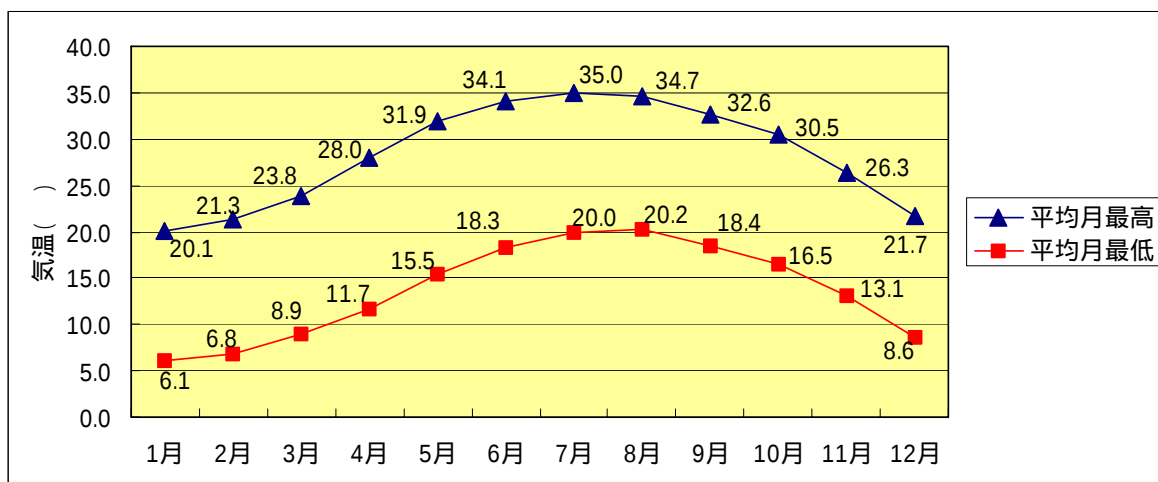


図 2.4 デルタ地域の年間気温

降水量は、地中海沿岸都市に比べると少ない。年間平均降水量は約 30mm であり、10月から3月に集中している。図 2.5 に年間の降水量を示す。

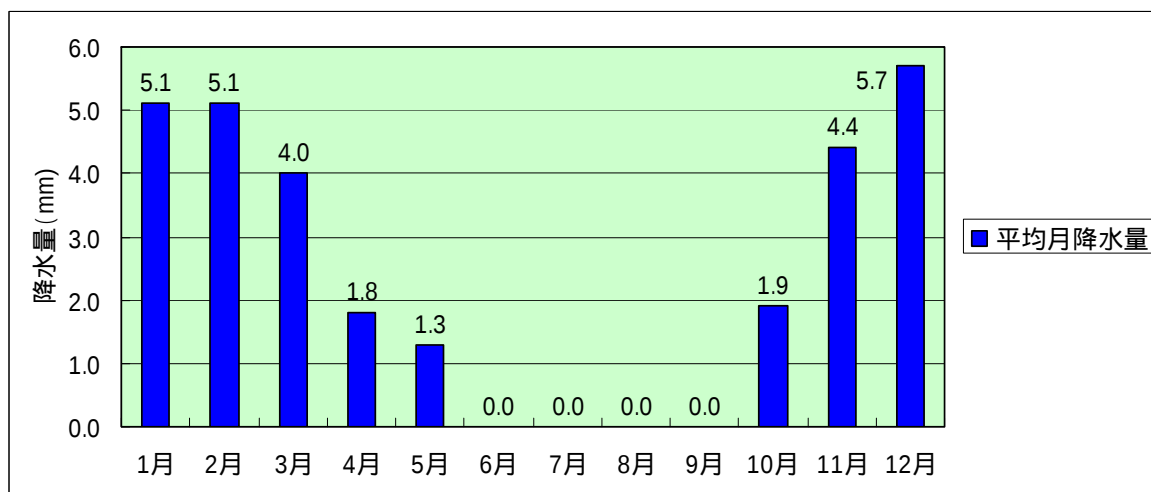


図 2.5 デルタ地域の年間降水量

3. 原水水質

エルマラ運河はナイル川を水源としている。運河はナイル川からの支流であるシビン運河から分岐後に農

業地帯を通過し、エルマハラエルコブラ市の東側を流れ、建設予定地のあるエルマハラエルコブラ新浄水場の横を通過する。その後、農業地帯を通過し、下流へと流れている。その間、原水に負荷を与える要因とその影響は、以下のとおりである。

1) 都市部からの生活・工業排水

エルマラ運河はエルマハラエルコブラ市を流れているが、市内は公共下水道が整備されており下水処理施設も実施されている。したがって家庭からの生活廃水の混入はほぼないといってよい。運河沿いがごみ捨て場と化している場所も見受けられるが、いずれも小規模なもので、原水水質への影響は小さいと考えられる。

また、エルマハラエルコブラ市は「エ」国を代表する繊維産業都市であり、繊維産業が全工業生産活動の約 75%を占めており繊維産業から多量の排水が排出されるが、この排水は排水専用の排水路に放流されているため、運河水質への影響は極めて小さいと言える。

2) 農村部からの生活排水

農村部は都市部とは異なり、下水道網がまだ整備されていない地域が多いが、家庭からの生活廃水を運河へ直接排水することはない。住民はしばしば運河で衣類・食器等を洗うため、下流に行くに従い水質が徐々に低下することは避けられないが、特に本計画での水質へ影響を与えるものではない。

3) 農業排水

エルマラ運河は、水田・畑の混在する農業地帯を流れている。現地農家での聞き取り調査によれば、殺虫剤・除草剤の散布回数・量ともに小規模なものであり、灌漑地には灌漑用水路が存在しているので、殺虫剤・除草剤については、現場の気温・日射量を考慮すると、畑もしくは灌漑用水路で分解されていると考えられる。したがって、これらの物質が取水運河へ混入する可能性は非常に小さい。

水道原水の水質については、本計画において水質分析を行い、安全性を確認した。

4) 浚渫期間

毎年冬季の 1 月及び灌漑用に揚水する前の 5 月に約 10 日間ほど浚渫期間があり、その間浄水場は部分的もしくは全面的に運転を止めて、水位を低下させる。浚渫期間・直後には濁度が非常に高くなるが、数日のうちに通常の濁度に戻り、水質に大きく影響を与える要因ではない。

2-2-3 環境等への影響

1. 自然環境

本計画は、河川水の浄水処理施設建設が主要環境要素であり、自然環境面では水環境への影響が主要なものとなる。その他の大気、騒音への影響は工事期間中に限られる。したがって、強化の進んでいる環境政策に沿って、処理施設からの廃水処理による運河の汚染の影響に十分配慮する必要がある。

2. 景観

施設建設予定地は既存浄水場内である。既存施設と同様の施設を建設することとなるため、景観への悪影響が発生する可能性は低い。

3. 遺跡

施設建設予定地は既存浄水場内である。既存施設建設時に遺跡は発掘されておらず、遺跡がある可能性は低い。

4. 水利用権

本プロジェクトの施設は、エルマラ運河という流量の管理された水路から取水する。水路流量は「エ」国の灌漑・水資源省が管理しており、取水に係る同省との合意は完了している。したがって、水利権の問題は生じない。

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

エジプト・アラブ共和国（以下、「エ」国と称す）のデルタ地域の中心都市の一つであるエルマハラエルコブラ市及び マハラアブアリ、 バティナ、 エルカスリア、 アズバットトマ、 アズバットロナカマル、 ディアブハシム、 ミートエルリットハシム、 マハラトハッサン、 マンシアットエルオマラ、 カフルエルゲニアからなる周辺 10 村落では、近年の人口増加と既存給水施設の老朽化や地下水塩水化から住民の生活に必要な水量の確保が困難な状況に陥っている。2005 年時の一人一日平均給水量は 146L/人・日（住民の生活用水は平均 121L/人・日）と推定されており、これは全国上下水道庁（以下、NOPWASD と称す）の整備目標値の約 70～90%、「エ」国の住宅公共施設省の推奨値の約 60～80%と都市生活に必要な水準に到達していない。

また、一部の施設で老朽化が進行していることや地下水の塩水化が進行していることから、老朽化施設や井戸施設の計画的な廃止 / 更新が必要な状況である。

老朽化している施設や水質の悪い施設を継続活用しても、2010 年時の一人一日平均給水量は 136L/人・日まで落ち込むと予測され、既存施設の廃止 / 更新を勧告した施設整備が緊急課題である。

「エ」国の上水道施設整備機関である NOPWASD は、給水量不足を解決するため、エルマハラエルコブラ市及びその周辺 10 村落の給水施設を整備し、生活用水ベースの一人一日平均給水量を約 160L/人・日まで引き上げることを計画した。

この計画実現のために、本プロジェクトは、既存の新エルマハラエルコブラ浄水場の能力を拡張し、2010 年までに一人一日平均給水量を 185L/人・日（住民の生活用水は平均 161L/人・日）へ引き上げることを目標として立案された。

以下に、我が国の協力対象事業及び「エ」国の実施事業の概要を示す。

1. 我が国の協力対象事業

< 施設 >

施設名	構成要素	規模
取水・導水施設	取水口施設、取水管、原水ピット、導水ポンプ設備	440 L / 秒 400L/秒×1.1
浄水施設	着水井（急速混和池の機能を兼ねる）、フロック形成池、凝集沈殿池、急速ろ過池（ろ過池洗浄用水槽を含む）、凝集剤注入設備、塩素注入設備、污泥処理施設（排水槽、排泥槽、污泥濃縮槽）、塩素中和装置	着水井から凝集沈殿池 440 L / 秒 400 L / 秒×1.1
送配水ポンプ設備	送配水ポンプ設備を導水ポンプ設備と同一の建物に配置	520 L / 秒 400 L / 秒×1.3
運転管理設備	制御盤、監視パネル、流量計等	
受変電設備	受電設備、変圧器	
非常用発電設備	ディーゼル発電機	
関連土木・建築施設	導水・送配水ポンプ室、薬品注入棟、ろ過池管理棟	

< 機材 >

項 目	内 容
汚泥運搬機材	10 トン車級バキュームカー 1 台
維持管理工具	機器の維持管理にかかわる一般的な工具類

< ソフトコンポーネント >

項 目	内 容
浄水プロセス技術管理の向上	浄水プロセスに関する講義、水質制御と浄水プロセスの運転方法の指導(演習)、浄水場の水質データ入力・閲覧フォーマットの作成
モニタリングシステムを用いたデータ処理・データ活用の技術の修得	モニタリングシステムの概要説明、データ処理方法の指導、情報活用に関する技術指導

2. 「エ」国側の主な実施事業

2010 年に必要となる送水管・配水管の建設及び改修工事

浄水施設建設予定地に埋設されている既存管路の移設

技術支援（ソフトコンポーネント）に係る必要な要員の配置

モニタリングシステムの導入に係る「エ」国負担分の実施

3-2 協力対象事業の基本設計

3-2-1 設計方針

3-2-1-1 基本方針

本プロジェクトは、既存の新エルマハラエルコブラ浄水場の能力を拡張して目標を達成しようとするものである。したがって、協力対象事業は、既存浄水場の拡張用地に施設を建設ものとする。

目標達成のためには、浄水場拡張以外の主要コンポーネントとして、送配水管網のリハビリが必要である。当送配水管網リハビリは、「エ」国側負担で実施するものとし、協力対象事業には含めないこととする。

本プロジェクトの設計は、以下の事項に基づいて実施する。

1. プロジェクト対象地域

プロジェクトの対象地域は、巻頭図に示すエルマハラエルコブラ市と マハラアブアリ、 バティナ、エルカスリア、 アズバットマ、 アズバットロナカマル、 ディアブハシム、 ミートエルリットハシム、 マハラトハッサン、 マンシアットエルオマラ、 カフルエルゲニアからなる周辺 10 村落とする。

2. 計画年次

現時点より 5 年後の 2010 年とする。整備する施設は、2010 年の計画給水量に必要な規模とする。

3. 将来の再拡張 / 改修への配慮

拡張対象の新エルマハラエルコブラ浄水場は、第 1 期・第 2 期（計 200 L/秒）と第 3 期（200 L/秒）の 2 系

統に大分割できる。「エ」国側は、特に老朽化が著しい1984年建設の第1期・第2期施設の全面的改修（再拡張含む）の構想を持っている。したがって、本プロジェクトの施設拡張は、「エ」国が将来の再拡張／改修を柔軟に行えるよう配慮する。

3-2-1-2 自然条件に対する方針

基本設計の際に留意が必要な自然条件上の特徴は、気象／気候と地質の2点に集約される。

現地で留意が必要な気象／気候条件は、高温、乾燥、季節的な砂嵐である。これらは、構造物の設計及び施工計画で十分な考慮が必要である。特に浄水プラント機器については、必要に応じて、防塵仕様のものを採用する等の対応をする。

施設建設予定地は典型的なナイル川河口部の扇状堆積地である。上層部にシルト等の粘性土、下層部に固結砂質土が堆積している。上層部の粘性土は、表層を除けば、一般的な構造物に十分な地耐力があるため、原則として直接基礎を採用することが可能である。

3-2-1-3 社会経済条件に対する方針

基本設計の際に留意が必要な事項、必要な対処方針は以下のとおりである。

1. 住民の水質意識

社会条件調査の結果、住民が給水水質の悪さを問題視していることが明らかになった。安全な水を給水に十分に配慮してプロジェクトを立案することとする。特に、給水水質が非常に悪い上、改修が困難なものについては活用停止／廃止を提案する。

2. 浄水過程で発生する汚泥処理

「エ」国のこれまでの上水処理施設では、既存施設を含め、浄水過程で発生する汚泥を公共水域に放流してきた。しかし、1994年の環境省の設立、水源保護政策及び環境基準の整備に伴い、排水基準の厳格な適用が求められており、ナイル川及び運河汚染防止法により未処理の沈殿池汚泥及び逆洗水の排出は認められていない。

施設建設費及び運営・維持管理費の観点から、汚泥の天日乾燥処理が適切と考えられるが、本計画の施設建設予定地には十分な用地面積がない。エルマハラエルコブラ市の既存下水処理場が十分な能力の汚泥天日乾燥施設を有していることから、汚泥を既存下水処理場へ運搬して処理する。

3. 工業用水

エルマハラエルコブラ市は、「エ」国を代表する繊維産業都市である。繊維産業は多くの水を必要とするため、工業用水を考慮した給水計画策定が必要である。したがって、工業用水と生活用水を分けて計画給水量を算定し、生活用水として給水できる量を明確にする。

3-2-1-4 建設事情 / 調達事情・現地業者の活用に対する方針

「エ」国は、これまでに自助努力や国際協力機関の支援を通じて、多くの浄水場を建設してきている。また、その他の一般建築物・公共インフラの建設工事も盛んであり、現地建設業者は、基本的な土木建築工事や機電機器据付工事の技術を有している。したがって、日本国の技術者や技能工の指導下があれば、現地業者・現地作業員が無償資金協力で要求される工期で工事を実施できると考えられる。そのため、本計画では第3国の技術者・作業員を利用する必要はなく、原則として現地業者・現地作業員を活用する。

資機材の面では、生産量・品質の面で進歩が見られ、浄水場機電機器、ダクティル鑄鉄異形管・弁類及び口径超 1,000mm のダクティル鑄鉄管等を除く主要土木建築資機材が現地調達可能である。したがって、これらの資機材については、現地調達を原則とする。

3-2-1-5 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

本プロジェクトで建設される施設は、施設完成後に NOPWASD からガルビア上下水道公社（以下、GACWASD と称す）へ移管され、GACWASD が運営・維持管理することとなる。GACWASD は、エルマハラエルコブラ市において、新旧 2 ヶ所の浄水場を運転維持管理しており、基本的な浄水場の運転維持管理技術は保有している。

基本設計の際、留意が必要な事項、必要な対処方針は以下のとおりである。

1. 適用する浄水方式

本計画は既存浄水場を拡張するものであるため、施設の運営・維持管理の際に既存の技術が活用できることが望ましい。したがって、原則として既存施設と同様の浄水方式を採用することとする。

2. 施設初期操作指導

GACWASD は基本的浄水施設運転技術を有しているものの、浄水プラント設備 / 機器に特有の初期操作・維持管理方法指導は必要である。この指導は、工事期間中に施設建設請負業者が建設した施設 / 設備及び据付けた機材に対して実施するものとする。

なお、当該指導は、施設建設請負業者による施設試運転期間中に OJT 形式で実施するものとする。

3. モニタリングシステム

浄水施設の運転維持管理、配水ネットワークを含めた送配水システム全体の運用管理のために、モニタリングシステムの導入は必須であるが、既設施設ではモニタリングが不十分である。本プロジェクトでは、モニタリングシステムを導入し、浄水設備からのデータ取得のためモニタリングシステムを導入する。

4. 技術支援

GACWASD は、既存浄水場の運営・維持管理において、運転状況や運転データからの応用面でいくつかの問題を抱えている。特に、浄水の生産管理、データ取得のためのモニタリングに関しては、改善が必要であ

る。これらの技術は、プロジェクト施設の効率的な運転に必要なため、ソフトコンポーネントを通して技術支援を実施する。

5. 停電対策

プロジェクト対象地域では、2週間毎の金曜の午前中、配電会社のメンテナンスのために所要時間3～4時間の定期的な停電が発生する。以下の2面から、浄水場は継続的な運転を実施し、絶え間ない送配水を継続する必要があるため、停電に備えた非常用発電設備を設置することとする

- (1) 水の給水を中断させることは、住民生活へ与える悪影響が大きい。
- (2) 管路内が一時的に負圧になる可能性があり、下水等を管路内に引き込んでしまう恐れがある。

3-2-1-6 施設・機材等のグレードの設定に係る方針

本計画で建設・調達される浄水場施設／設備の設計に当たっては、供用開始後にGACWASDの運転維持管理が容易になるよう、既存施設／設備のグレードやGACWASDの技術レベルに留意して設定する。

なお、基本設計の際、施設・機材等のグレードや機能において特に留意が必要な事項と対処方針は以下のとおりである。

1. 現地設計基準に対する方針

「エ」国には、水道施設設計基準（Egyptian Code for Design Basis and Implementation Conditions for Water Treatment Plant, Wastewater Treatment Plant and Pump Station 大臣令 No.52－1998年）があり、原則として、同基準に準じた施設設計を行う。同基準では、計画給水量の算定方法から管路内流速、ポンプ仕様等の詳細部分まで規定されている。

2. 貯水能力

浄水場には、時間的にほぼ一定の浄水生産量と時間変動する送水量との差分を吸収するための浄水池を設置する必要がある。原則としては、停電や施設保守作業時間の確保や浄水量・送水量の急変に対応するための貯水能力を浄水施設として確保する必要がある。また、NOPWASDは、上記の貯水能力に加え、一般的に、配水時の時間変動にも備えた配水池としての機能も浄水池に求めている。

本プロジェクトにおいても、NOPWASDは配水池機能を有した浄水池を設置する構想であったが、用地面積が限られることから浄水池を設置せず、本プロジェクトの浄水施設の機能を、給水の基幹水量を送配水管網へ送水することに絞り込むこととした。したがって、浄水池を設置しないものとする。

なお、既存浄水池の貯水能力は、第1期から第3期の合計で6,000m³であり、保守作業や浄水量・送水量の急変等には対応可能と考えられる。しかし、配水池としての機能を果たすためには能力が不足している。したがって、送配水管網整備の際、必要に応じて「エ」国側で配水池の整備を実施することが望まれる。

3. 塩素ガス漏れ対策

「エ」国の浄水施設では、浄水の消毒に塩素ガスを使用することが一般的である。塩素ガスは、毒性が非

常に強いため、万一のガス漏れ事故に対する対策が必要となる。拡張対象の浄水場はアパート群に隣接しているため、周囲住民の安全に対する配慮は不可欠である。

したがって、ガス漏れ時に塩素ガスを無毒化するための中和装置を導入する。

3-2-1-7 工法 / 調達方法・工期に係る方針

基本設計の際に留意が必要な事項、必要な対処方針は以下のとおりである。

1. 工法

本計画の施設建設は、既存浄水場の中の限られた拡張用地内で実施する必要がある。一般の民間アパートが用地に隣接していることから、施設建設工事が近隣に影響を及ぼさないような留意が必要である。

既存構造物脇の掘削は、既存構造物の基礎に影響を及ぼす可能性が高いため、鋼矢板等で山留めを実施する。また、鋼矢板打ち込みは、バイプロハンマー等を使用すると近隣構造物へ振動を与えるため、騒音・振動の少ない圧入を必要とする。

2. 調達方法

本計画の施設は浄水施設であるため、一般の土木・建築工事以外にプラント建設工事が必要である。プラント建設工事は水処理機器メーカー / プラント工事会社等の専門的な工事ノウハウが必要であり、総合建設会社と水処理機器メーカー / プラント工事会社がタイアップして施設建設を実施する必要がある。

したがって、総合建設会社と水処理機器メーカー / プラント工事会社によるコンソーシアム結成等を含む共同受注を考慮した調達計画を策定する。

3. 工期

本計画の協力対象施設の建設工事は、詳細設計を含め、E/N から約 32 ヶ月を要すると考えられる。建設する施設は浄水施設のみであり、段階的に機能を発揮することはできない。したがって、期分け案件として協力計画を立案することは困難であり、国債事業制度の適用が必要である。

3-2-2 基本計画

3-2-2-1 設計条件

本計画の基本設計の設計条件は、以下のようにまとめられる。

1. 計画人口・計画給水人口

プロジェクト対象地域内は、リハビリ・更新等の改善が必要な箇所があるものの、全般的に配水管網が布設されており、給水普及率は概ね 100% である。したがって、給水人口はプロジェクト対象地域内の人口と概ね等しいと言える。NOPWASD が推計している、計画給水人口となる対象地域の人口は表 3.1 のとおりである。

現在のガルビア県の年平均人口増加率は 1.79%と推定されているが、同表の 2010 年までの人口増加率は 1.4%程度とガルビア県の推計より低く抑えられている。「1980 年代のガルビア県の人口増加率は 2.6%であったが、1990 年代は 1.6%と増加率が減少した」とのガルビア県情報センターの調査結果があることから、2010 年の人口推計については、ガルビア県の推計より NOPWASD の推計の方が適切であると考えられる。したがって、計画年次 2010 年の計画給水人口について、NOPWASD の推計値を適用する。

表 3.1 計画給水人口

プロジェクト対象地域	2005 年	2010 年	2020 年	2030 年	2040 年
エルマハラエルコブラ市	431,954	454,746	506,210	569,130	646,263
マハラアブアリ	50,900	60,289	83,763	116,164	162,128
バティナ	11,849	12,980	15,466	18,311	21,598
エルカスリア	9,623	10,971	14,120	18,057	23,073
アズバットマ	3,921	4,928	7,762	12,394	20,247
アズバットロナカマル	2,307	2,555	3,109	3,759	4,528
ディアブハシム	5,043	5,600	6,852	8,326	10,083
ミートエルリットハシム	8,783	9,124	9,828	10,565	11,337
マハラトハッサン	14,412	15,236	16,972	18,836	20,845
マンシアットエルオマラ	12,939	14,675	18,696	23,663	29,904
カフルエルゲニア	6,814	7,781	10,048	12,893	16,534
合計	558,545	598,885	692,826	812,098	966,540

2. 計画一日平均給水量

エルマハラエルコブラ市は、「エ」国を代表する繊維産業都市である。住民の生活に必要な生活用水を確保するためには、工業で消費されてしまう工業用水量を考慮して計画給水量を設定する必要がある。したがって、以下のように生活用水と工業用水の 2 用途に分割して計画給水量を設定する。その他の用途別用水については、計画給水量に及ぼす影響が小さいため計上をしない。

(1) 計画単位給水量

用途別に計画給水量を算出するため、住宅公共施設省の推奨値を適用する。本プロジェクトにおいては、同推奨値が NOPWASD の整備目標値である。

ア. 生活用水

住宅公共施設省の推奨値から、表 3.2 に示すように生活用水の計画一人一日平均給水量を設定する。

「(2)計画一日平均給水量」の項で後述するように全体平均では約 161L/人・日となる。

表 3.2 生活用水計画一人一日平均給水量

地域区分	計画一人一日平均 水使用量 (L/人・日)	計画不明水量 (L/人・日)	計画一人一日 平均給水量 (L/人・日)	計画一人一日平均 給水量採用値 (L/人・日)
1. 人口 50,000 人以上	150	(15-30)	(165-180)	165
2. 人口 50,000 人未満	125	(10-25)	(135-150)	135

イ. 工業用水

住宅公共施設省の推奨値は、工業用地面積当たり 2 L/ha・秒である。しかし、当該地域内では工場が自家用井戸等を活用する例があること、本プロジェクトにおける NOPWASD の目標値が 1 L/ha・秒であることから、1L/ha・秒を平均面積当たり工業用水給水量として採用することとする。

なお、この工業用水はエルマハラエルコブラ市のみへ適用することとし、工業が活発ではない周辺 10 村落へは適用しない。

(2) 計画一日平均給水量

計画年次に GACWASD がプロジェクト対象地域で確保する必要がある計画一日平均給水量は、上述の計画人口・計画単位給水量等から、表 3.3 のように算出される。本プロジェクトでは、この数値を計画一日平均給水量とする。

表 3.3 GACWASD が 2010 年に必要とする計画一日平均給水量

地域区分	生活用水			工業用水			合計
	人口	計画一人一日平均給水量	平均給水量	工業用地面積	計画面積当給水量	平均給水量	
エルマハラエルコブラ市	454,746 人	165L/人・日	75,033m ³ /日 (868L/秒)	165ha	1L/ha・秒	14,256m ³ /日 (165L/秒)	89,289m ³ /日 (1,033L/秒) (196L/人・日)
村落部(5 万人以上)	60,289 人	165L/人・日	9,948m ³ /日 (115L/秒)				9,948m ³ /日 (115L/秒)
村落部(5 万人未満)	83,850 人	135L/人・日	11,320m ³ /日 (131L/秒)				11,320m ³ /日 (131L/秒)
合計	598,885 人	161L/人・日	96,301m ³ /日 (1,114L/秒)	165ha		14,256m ³ /日 (165L/秒)	110,557m³/日 (1,279L/秒) (185L/人・日)

上表の計画一日平均給水量を NOPWASD の一般目標値から検証した結果を表 3-2-4 に示す。同表に示すとおり、本プロジェクトでの設定値は NOPWASD の一般目標値より小さい。必要な場合、NOPWASD は構想している再拡張時に目標上方修正が可能なため、プロジェクト計画期間が短期の本プロジェクトでは、上表 3.3 の採用妥当性が高い。

表 3.4 計画一日平均給水量検証

地域区分	NOPWASD 一般目標			本プロジェクト採用値
	人口	一人一日平均給水量	一日平均給水量	
エルマハラエルコブラ市	454,746 人	215L/人・日	97,770m ³ /日 (1,132L/秒)	89,289m ³ /日 (1,033L/秒)
村落部(1 万人以上)	114,151 人	125L/人・日	14,269m ³ /日 (165L/秒)	21,268m ³ /日 (246L/秒)
村落部(1 万人未満)	29,988 人	100L/人・日	2,999m ³ /日 (35L/秒)	
合計	598,885 人	192L/人・日	115,038m³/日 (1,332L/秒) (192L/人・日)	110,557m³/日 (1,279L/秒) (185L/人・日)

3. 計画水量の定義

本プロジェクトの浄水施設設計に使用する計画水量を、以下のように定義する。

計画給水量： 浄水場の各施設規模設定のための基本的水量。「エ」国基準に準拠し、月最大給水量の毎秒当り換算値とする。

計画取水量： 水源からの取水量

計画浄水量： 浄水施設の浄水能力を算定するための水量

計画送水量： 給水区域への送水量

上記の各計画水量については、「エ」国水道施設設計基準に従って算定することを原則とする。同基準は浄水場設計の標準化を目的として、「設計」に係わる項目を定めたものである。同基準による各計画水量は表 3.5 のとおりである。

表 3.5 エジプト国水道施設設計基準における各計画水量の算定方法

計画水量	算定方法	備考
計画給水量	計画一日平均給水量 $\times 1.25 \sim 1.5$	浄水場の各施設規模設定の基本水量
計画取水量	計画給水量 $\times 1.1$	取水施設～薬品沈殿池までの施設規模設定に適用
計画浄水量	計画給水量 $\times 1.07$	ろ過池の規模設定に適用
計画送水量	計画一日平均給水量 $\times 1.6 \sim 1.8$	送水ポンプ設備の規模設定に適用

4. プロジェクトで整備する計画給水量

先に述べた計画一日平均給水量から、本プロジェクトで整備すべき浄水施設能力を以下のように設定する。

(1) 計画年次に GACWASD が保有すべき能力

先に述べたように、2010 年に GACWASD がプロジェクト対象地域で維持すべき計画一日平均給水量は、1,279L/秒である。計画給水量算定に必要なピーク係数は、1.4 倍が NOPWASD により計画されている。これは「エ」国規定のほぼ中間値であることと、計画一日平均給水量を基準内で低設定をしたため、本プロジェクトでも同様の 1.4 倍を採用することとする。

したがって、GACWASD が公称能力として保有する必要があるプロジェクト対象地域の全体計画給水量は、以下のように 1,791L/秒と算出される。

$$\text{計画一日平均給水量：} 1,279\text{L/秒} \times 1.4 = \text{全体計画給水量：} 1,791\text{L/秒}$$

(2) プロジェクトの整備対象給水量

施設廃止の緊急性が高いインテイク井戸を廃止した場合、プロジェクト対象地域の既存施設の公称給水能力は 1,404L/秒である(1,574L/秒 - 170L/秒 = 1,404L/秒、12 ページ表 1.13 参照)。したがって、計画年次 2010 年に 387L/秒(1,791L/秒 - 1,404L/秒 = 387L/秒)の能力が不足する。

本計画では、上記要整備給水量をほぼ満たすことができる計画給水量 400L/秒の施設整備を実施する。

5. 計画水量設定

上述の計画給水量 400 L/秒及び各計画水量の算定方法から、本計画の浄水施設設計に適用する計画水量を表 3.6 のように設定する。

表 3.6 浄水施設設計に適用する計画水量

計画水量	算定方法	設定計画水量
計画給水量	上述のとおり	400L/秒
計画取水量	計画給水量 x 1.1	440L/秒 = 400L/秒 x 1.1
計画浄水量	計画給水量 x 1.07	428L/秒 = 400L/秒 x 1.07
計画送水量	計画給水量 x 1.3 (計画一日平均給水量 x 1.8)	520L/秒 = 400L/秒 x 1.3

6. 計画水質

本計画で拡張する浄水施設から送水される水質は、表 3.7 に示すエジプト国飲料水基準を満たす必要がある。したがって、同表の水質をプロジェクトの計画処理水水質とする。

表 3.7 計画処理水水質

(単位は特に明記されない限り mg/L)

項目	処理水
pH 値	6.5-9.2
色度	コバルト・プラチナスケールで最大 20-30
味	容認できる範囲
臭い	無いこと
濁度	ジャクソン単位 5
蒸発残留物	1,200
鉄	0.3
マンガン	0.1
銅	1.0
亜鉛	5.0
硬度	500
カルシウム	200
マグネシウム	150
硫化物イオン	400
塩素イオン	500
ナトリウム	200
アルミニウム	0.2
カルシウムバランス	±0.1

7. 計画水位・計画地盤高

浄水施設の水源となるエルマラ運河は、「エ」国の灌漑・水資源省により水位が制御されている。対象浄水場付近の水位は、高水位 (HWL): AD+5.64m、低水位 (LWL): AD+4.20m であり、この水位を基準に浄水プロセスの水位を決定する。

一方、本計画で建設する施設の計画地盤高は、円滑な運営・維持管理のために既存施設にすり合わせる必

要があるため、対象浄水場内の現地盤高の約 AD+6.00m にすり合わせるように設定する。

8. 土質条件

本計画施設の建設予定地の土質状況から、以下の点に留意して施設設計を行う。

(1) 地下水位

建設予定地の地下水位は、現地盤下 0.5m から 1m 程度と浅い。したがって、掘削の際、水替工や山留工が必要である。

(2) 表層

現地盤下 1.5m 程度までの表層は緩い粘土層である。構造物の基礎地盤には適さないため、この深さに基礎を置く必要があるときは、土を置き換える等の処置を検討する。

(3) 表層以外は、 150kN/m^2 程度の支持力があると考えられ、直接基礎での構造物支持が可能である。

3-2-2-2 施設配置計画

次項以降に述べる本計画に必要な施設を、以下の方針に基づき配置する。その結果は、基本設計図 BDDWG-001 に示す。

- (1) 「エ」国側による将来の再拡張 / 既存施設更新の工事容易性に配慮し、拡張用地の最も奥に当る浄水場敷地の北側に本計画施設を配置する。
- (2) 本計画施設の南側に、本計画施設と同等の施設を将来建設するために必要な用地を確保しておく。
- (3) 導水ポンプ設備と送配水ポンプ設備は、維持管理の容易性を考慮し、同一建屋内に配置する。
- (4) 運営・維持管理に必要なトラック等の円滑な車両動線が確保できるように構内道路を配置する。

3-2-2-3 取水・導水施設

(1) 取水施設構造

本取水施設構造は、以下に示す条件に基づき設計する。

- 取水施設にはスクリーンを 2 箇所設置し、浮遊物の浄水場側への進入を防ぐようにする。
- 浮遊物の除去は、既設の浄水場と同様に手掻きによるものとする。
- 取水施設内の清掃、維持管理の際に、取水施設及び取水管路内の水を抜き維持管理作業を容易にするために角落しを設置する。
- 取水施設への流入速度は、砂礫等の流入を防ぐため LWL 時で 0.3m/秒 以下にする。
- 灌漑・水資源省タシタ支局との協議結果に基づき、取水施設前面のエルマラ運河底面及び堤防斜面の防護のため、石張りを行う。

(2) 取水管路

- 取水管路の本数は、浄水場施設を停止することなく管路内の清掃、維持管理ができるように、600mm のパイプを 2 本とする。
- 取水管内の流速は、管内での土砂の堆積を防ぐため約 1.0m/秒とする。
- 灌漑・水資源省タンタ支局との協議結果に基づき、取水管路の天端と排水用排水路の底部の離間は、0.5m以上とする。

(3) 導水施設

- 原水ポンプサクションピットには中間壁を設け 2 槽とし、中間壁に簡易ゲートを設置することにより、浄水場施設を停止することなくタンク内の清掃、維持管理ができる構造とする。
- 原水ポンプサクションピットに流入した泥は、ピット底版に設けた泥溜に沈殿する。この泥は、可搬式の排水ポンプにより定期的に取り除かれる。
- 原水ポンプサクションピットは、5 分間以上の滞留時間を確保できる容量とする。既設の浄水場では、導水ポンプと送配水ポンプをひとつの建家に入れることが一般的に行われているため、本プロジェクトのポンプ建屋も既設と同様に導水ポンプと送配水ポンプを、一つの建屋に入れた計画とする。また、建屋には、維持管理を考慮し天井にチェーンブロックを設置する。
- 導水ポンプの主要仕様は、以下の通りである。
- ポンプ型式 : 横軸渦巻ポンプ
- 台数 : 3 台 (常用 2 台 + 予備 1 台)
- 吐出量 : $3.2\text{m}^3/\text{分}/\text{台}$ ($400\text{L}/\text{秒} \times 1.1 = 26.4\text{m}^3/\text{分}$ より、1 台当り $13.2\text{m}^3/\text{分}$)

3-2-2-4 浄水施設

1. 浄水方法 (原水水質への対策)

本計画の水源であるエルマラ運河の原水水質から判断して、本計画浄水場において処理必要な水質項目は、濁度および藻類であり、採用する浄水プロセスは、既存浄水場と同様、急速ろ過方式とする。濁度および藻類を除去し、細菌学的に安全な浄水を供給するため塩素消毒を行う。本浄水場の設備構成は以下のとおりとする。

着水井から薬品沈殿池までの施設は、それぞれ処理過程における水の損失を考慮し、計画給水量に 10 % を加えた水量 (440 L/秒) により、急速ろ過池は、計画給水量に 7% を加えた水量 (428 L/秒) により設計する。

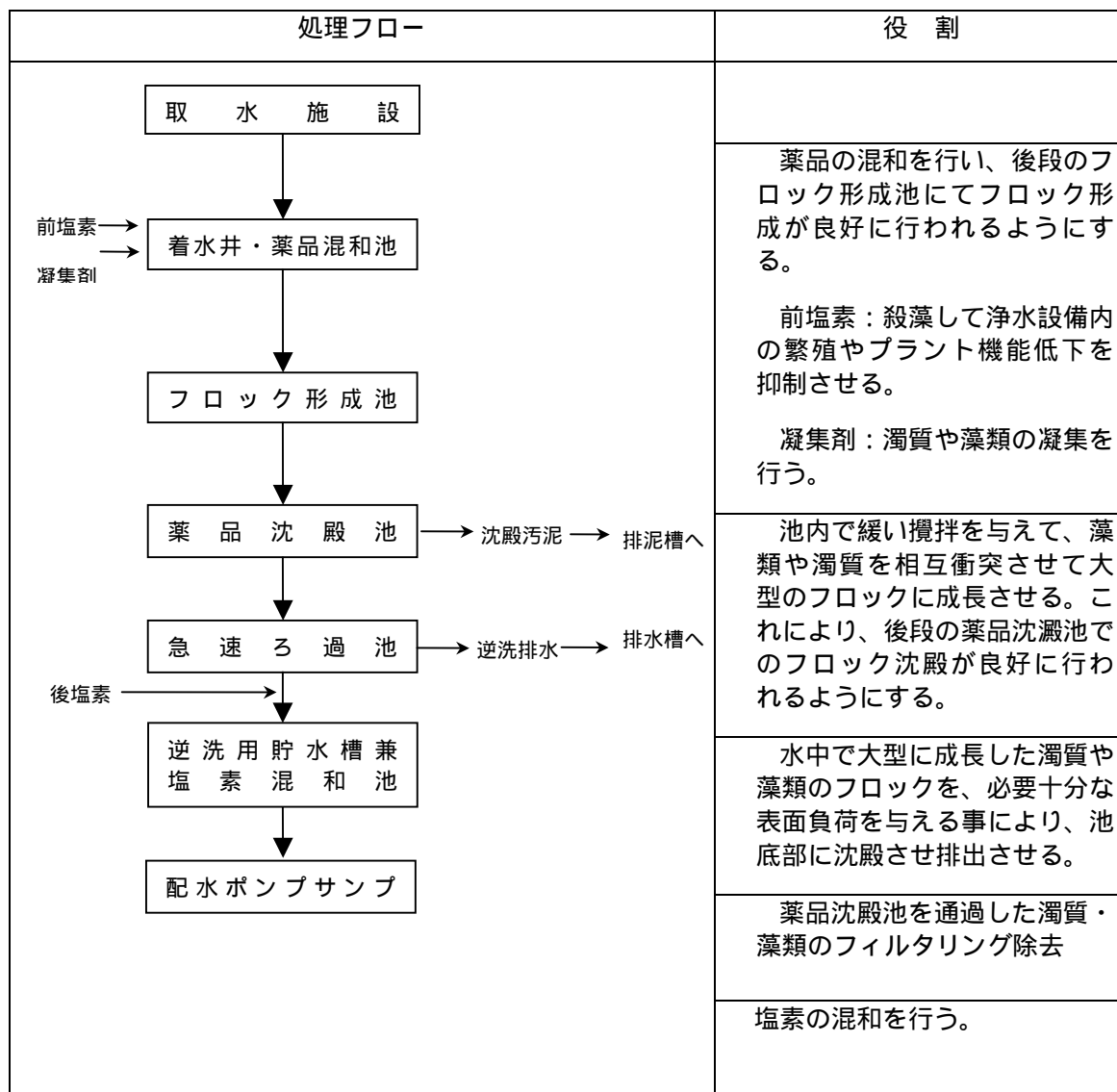


図 3.1 浄水方法

2. 着水井及び薬品混和池

a) 設備概要

着水井は、導水ポンプ設備によって導水される原水の水位の変動を安定させ、二池の系統への正確な分配を行うために設置する。形状は、一般に適用されている角形水槽型とする。本施設の主要諸元は、以下のとおりである。

薬品混和池の方式には、フラッシュミキサーなどの機械攪拌方式、ポンプ攪拌方式及び堰方式がある。本プロジェクトでは、機械方式は攪拌に対する信頼度は高いが、故障し易いため採用しない。機器が不要で、維持管理の簡易であることから、堰方式を採用する。

本計画の原水の濁質成分はほとんどが粘土のような粗懸濁物質と推定されることから、堰による混合で十分な攪拌が得られる。なお、着水井に流入する際の原水自体が有する水流エネルギーも、急速攪拌に補助的に活用可能である。また、堰は、2 池の系統への正確な分配の際にも活用する。

- 方式 : 角形水槽型
- 急速攪拌方式 : 堰方式
- 計画水量 : $26.39 \text{ m}^3/\text{分}$
- 寸法 : $1.5 \text{ mW} \times 7.8 \text{ mL} \times 5.2 \text{ mH} \times 4.56 \text{ mEH}$
- 数量 : 1 池
- 容量 : $53.4 \text{ m}^3/\text{池}$
- 堰高 : 60 cm

b) 規模設定

- 滞留時間 : $1 \sim 2 \text{ 分 (エジプト基準)} / 1.5 \text{ 分以上 (日本基準)}$
 $53.4 \text{ m}^3 \div 26.39 = 2.0 \text{ 分} \rightarrow \text{OK}$
- 有効水深 : $3 \sim 5 \text{ m (日本基準)}$
水深 4.56 m であり、 $3 \text{ m} < 4.56 \text{ m} < 5 \text{ m} \rightarrow \text{OK}$
- 堰高 : 60 m 以上 (浄水場の総合設計 (社) 日本水道協会及び日本及び海外での浄水場の設計経験)
堰高 : 60 cm $\rightarrow \text{OK}$

3. フロック形成池

a) 設備概要

フロック形成の方式は、機械攪拌方式 (フロキュレーター)、上下迂流方式及び水平迂流方式がある。本プロジェクトでは、既存施設と同様の方法で、機器を必要とせず維持管理の簡易な迂流方式を採用する。本プロジェクトの原水水質の変動範囲内では本方式により効果的な攪拌が可能である。なお、迂流方式には、水平迂流方式より短絡流が少なく、泥が溜まりにくい利点がある、上下迂流方式を採用する。

なお、フロックの形成は、フロックの粒径が小さい初期には強い攪拌力を与え、フロックが大きく成長するにつれ、段階的に攪拌強度を下げられるようにする必要があることから、下流に行くに従って攪拌強度を低下させるテーパードフロキュレーション式とする。上下迂流方式でのテーパードフロキュレーションは、下流に行くに従い、水路を広げる (流速を遅くする) ことにより行う。

- 方式 : テーパードフロキュレーション式上下迂流方式
- 計画水量 : $26.39 \text{ m}^3/\text{分}$
- 池形状寸法 : $11.0 \text{ mW} \times 10.8 \text{ mL} \times 4.8 \text{ mH} \times 3.83 \text{ mEH}$
- 各水路寸法 : $1.1 \text{ mW} \times 0.965 \text{ mL} \times 3.83 \text{ mEH} \times 20 \text{ 列}$
 $1.5 \text{ mW} \times 0.965 \text{ mL} \times 3.83 \text{ mEH} \times 20 \text{ 列}$
 $2.3 \text{ mW} \times 0.965 \text{ mL} \times 3.83 \text{ mEH} \times 20 \text{ 列}$
- 容量 : $362.20 \text{ m}^3/\text{池}$

- 数量 : 2 池
- 滞留時間 : 27.45 分

b) 規模設定

- 滞留時間 : 20-30 分 (エジプト基準) / 20-40 分を標準とすること (日本基準)
 $362.2 \text{ m}^3/\text{分} \times 2 \text{ 池} \div 26.39 \text{ m}^3/\text{分} = 27.45 \text{ 分}$
- 水深 : 2 ~ 4m (エジプト基準)
3.83m → OK
- 全体の G 値 : 10 ~ 75/秒 (日本基準 (良い攪拌条件))

$$\begin{aligned}
G &= \sqrt{(\rho \times g \times Q \times h / (V \times \mu))} \\
&= \sqrt{(1,000 \times 9.81 \times 0.440 \times 0.234 / (724.41 \times 0.001))} \\
&= 37.42 / \text{秒} \rightarrow \text{OK}
\end{aligned}$$

ここで

$\rho : 1,000 \text{ kg/m}^3$

$g : 9.81$

$Q : 0.440 \text{ m}^3/\text{秒}$

$h : 0.235 \text{ m}$ (損失水頭)

$V : 724.41 \text{ m}^3$ (2 池分の容量)

$\mu : 0.001$

- 各段の G 値 :

段	V(容量 : m)	H(損失水頭 : m)	G 値(/秒)
第 1 段	81.31	0.1554	64.22
第 2 段	110.88	0.0587	33.81
第 3 段	170.01	0.0203	16.06

- GT 値 : 23,000 ~ 210,000 (日本基準 (良い攪拌条件))

$$\begin{aligned}
GT &= \sqrt{(\rho \times g \times h \times T / \mu)} \\
&= \sqrt{(1,000 \times 9.81 \times 0.234 \times 27.45 \times 60 / 0.001)} \\
&= 61,619 \rightarrow \text{OK}
\end{aligned}$$

なお、詳細水理計算は、資料-7 (付録 - 1) を参照のこと。

4. 薬品沈殿池

a) 設備概要

沈殿方式としては、既存施設と同様の一般型横流式（または水平流式という）を採用する。傾斜板を設置する方式等の効率が高いが維持管理が難しい方法は採用しない。

表面負荷率を上昇させ、除去効率を減少させる水流の乱れや短絡流を防止するため、流入部、中間部及び流出部に整流壁を設置する。

なるべく低濁度の沈殿水を池内水流を乱さずに取出すためのトラフを流出部に設置する。

汚泥かき寄せ方式としては、構造がシンプルで建設費及び維持管理費が安価な往復運動方式（レシプロ式）を採用する。

1) 沈殿池本体

- 沈殿池方式 : 一般型横流式単層沈殿池
- 計画水量 : $26.39 \text{ m}^3/\text{分}$
- 形状寸法 : $11.0 \text{ mW} \times 40.5 \text{ mL} \times 5.2 \text{ 4mH} \times 4.5 \text{ m EH}$
- 数量 : 2 池
- 表面負荷率 : $29.62 \text{ mm}/\text{分}$
- 平均流速 : $0.267 \text{ m}/\text{分}$
- 滞留時間 : 153.8 分 (2.6 時間)

2) 集水トラフ

- 寸法形状 : $2.0 \text{ mL} \times 2 \text{ 辺} \times 8 \text{ 本} + 11.0 \text{ mW} \times 2 \text{ 本} = 54 \text{ m}$
- 越流負荷 : $351.85 \text{ m}^3/(\text{日} \cdot \text{m})$

3) 整流壁

- 箇所数 : 5 箇所/池 (1 流入壁、3 中間壁、1 流出壁)
- 孔の総面積 : 6% (流水断面積に対する比率)
- 孔の径 : 0.1 m

4) 薬品沈殿池排泥方式

- 汚泥掻き寄せ方式 : レシプロ式

b) 規模設定

- 表面負荷率 : $14 \sim 31 \text{ mm}/\text{分}$ (エジプト基準) / $15 \sim 30 \text{ mm}/\text{分}$ (日本基準)
$$26.39 \text{ m}^3/\text{分} \div 11.0 \text{ m} \div 40.5 \text{ m} \div 2 \text{ 池} \times 1000$$
$$= 29.62 \text{ mm}/\text{分} \rightarrow \text{OK}$$
- 滞留時間 : $2 \sim 3 \text{ 時間}$ (エジプト基準)
$$2.6 \text{ 時間} \rightarrow \text{OK}$$
- 平均流速 : $0.4 \text{ m}/\text{分}$ 以下を標準とすること (日本基準)
$$26.39 \text{ m}^3/\text{分} \div 11.0 \text{ m} \div 4.5 \text{ m} \div 2 \text{ 池}$$
$$= 0.267 \text{ m}/\text{分} \rightarrow \text{OK}$$

- 水深 : 2～4 m (エジプト基準) / 約 3～4 m 程度、堆泥深さ 0.3 m 以上 (日本基準)
計画地盤高及び沈殿池の計画水位より、有効水深 4.5m 及び堆泥深さ 0.74 m とした。

(沈殿池の計画水位 (11.24 m) - 計画地盤高 (6.0 m) = 5.24 m)

日本の基準では、水深が深くなるほど、除濁効果が向上するが、建設費の兼ね合いから沈殿池深さは 3～4m 程度が適切としている。従って、建設費が合理的であれば、水深が深くとも機能的な問題はない。

- 縦横比 : 3～8 を標準とすること (日本基準)
 $40.5\text{m} \div 11.0\text{m} = 3.7 \rightarrow \text{OK}$
- 集水トラフ及び整流壁 : 設備の設計は、資料 - 7 (付録 - 2) を参照のこと。
- 汚泥掻き寄せ方式の選定及び排泥サイクル : 資料 - 7 (付録 - 3) を参照のこと。

5. 急速ろ過池

a) 設備概要

本プロジェクトの急速ろ過池は、洗浄水用の水量を考慮して、計画給水量に 7%を加えた水量のろ過能力を有するものとする。制御方式は、既存の浄水場と同様にろ過池管理棟に設置した制御盤による半自動運転方式を採用し、故障時に対応し易いものとする。

ろ過池方式

ろ過池の方式には、一般重力開放型ろ過池方式と自己平衡型逆流洗浄ろ過池方式がある。本プロジェクトでは、塩素混和用の滞留時間を確保する目的を含め逆流洗浄貯水槽を設置することから、自己平衡方逆流洗浄方式は採用せず、逆流洗浄用ポンプを使用する一般重力開放型ろ過池方式を採用する。

ろ過池洗浄方式

ろ過池洗浄方式には、表面水洗浄 + 逆流洗浄の方式と□空気洗浄 + 逆流洗浄の方式があり、既存浄水場では後者の方式が採用されている。既存方式は、圧搾空気製造設備が必要であるとともに、ろ過層表面にできたフロック膜の弱い部分に空気洗浄時に通気孔ができ、十分表面洗浄ができないこと、また空気洗浄ノズルの破損が発生し、ろ過砂の流出が生ずるなど、ろ過効果が十分発揮されない恐れがある。

本計画では、日本での使用実績が多い上、既存の南ギザ浄水場でも採用され、効果的に運転されていること、既存設備に比べ洗浄時の逆流効果並びにろ過効果が良く、主な補修点検部分がろ過砂より上にあるため維持管理が容易な表面水洗浄 + 逆流洗浄方式を採用する。

ろ層中に藻類や小動物が繁殖して、汚染やろ過障害を生じさせないように、洗浄水には、残留塩素が存在する浄水を用いる必要がある。

「エ」国では、ろ過池洗浄水には、塩素処理前のろ過水を使用することが義務付けられていると、カウンターパートより指摘があった。ろ過池の洗浄に塩素注入後の浄水を使用する目的及び経済性を記述するよう要請があった。目的に関しては、本文中に記した。経済性に関しては、1日1回の洗浄と仮定すると、洗浄用水量は1,248 m³/日であり、これは、流入水量の約3%に相当する小さな比率である。従って、全塩素消費量の3%のみが、ろ過池洗浄にされることとなる。更に、全塩素消費量の半分が前塩素処理で使用されるとすると、洗浄用水に消費される塩素量は1.5%のみとなる。この量は、浄水場運転の経済性に影響はほとんどない。

本施設の主要諸元は、以下のとおりである。

- ろ過方式 : 一般重力開放型急速ろ過方式
- ろ過池洗浄方式 : 表面水洗浄 + 逆流洗浄方式
- 数量 : 4池 x 2列 = 8池
- 洗浄方式 : 水逆洗 + 表洗
- 計画水量 : 37,000 m³/日 (計画給水量(400 L/秒)の1.07倍)
- 池数 : 8池
- 表面積 : 33.8 m²/池
- ろ過速度 : 136.8 m/日 (全池運転時)
- ろ過速度 : 156.6 m/日 (1池洗浄時)
- 寸法形状 : 4.5 mW × 7.5 mL
- 水逆洗流速 : 0.6 m³/m²/分
- 水逆洗時間 : 6分
- 表洗流速 : 0.2 m³/m²/分
- 表洗速度 : 5分

b) 規模設定

- ろ過速度 : 120 ~ 180 m/日 (エジプト基準) / 120 ~ 150 m/日を標準とする (日本基準)
37,000 m³/日 ÷ 33.8 m²/池 ÷ 8池 = 136.8 m/日 → OK
- 水逆洗 : 逆洗時間 : 5 ~ 6分 (エジプト基準) / 4 ~ 6分を標準とする (日本基準)
- 水逆洗流速 : 0.6 m³/m²/分
- 1池逆洗水量 : 20.25 m³/分
- 水逆洗時間 : 6分
- 洗浄排水量 : 121.5 m³/池
972 m³/日 (1池につき1日1回洗浄する)
- 逆洗ポンプ仕様
型式 : 水中ポンプ

数量 : 3 台
 必要吐出量 : 10.13m³/分
 全揚程 : 10 m

- 表洗 : 4～6 分を標準とする（日本基準）

表洗流速 : 0.2 m³/m²/分
 池表洗水量 : 6.75 m³/分
 表洗時間 : 5 分

- 表洗ポンプ仕様

型式 : 水中ポンプ
 数量 : 2 台（内 1 台予備）
 必要吐出量 : 6.75 m³/分
 全揚程 : 25 m
 電動機出力 : 45 kw

- 弁類

名 称	型 式	流量 (m ³ /分)	標準流速 (m/秒)	口径 (mm)	実口径 (mm)	実流速 (m/秒)	流速範囲 (m/秒)
ろ過池流入弁	電動バタフライ弁	3.77	0.6	366	350	0.65	0.5～1.0
表洗弁	電動バタフライ弁	6.75	2.5	240	250	2.29	2.0～3.5
逆洗弁	電動バタフライ弁	20.25	2.5	416	400	2.69	2.0～3.5
処理水弁	電動バタフライ弁	3.77	1.0	283	350	0.65	0.6～1.5
逆洗排水弁	電動バタフライ弁	27.00	2.0	536	600	1.59	1.5～3.0

6. 薬品注入施設及び塩素中和設備

a) 設備概要

本プロジェクトの浄水処理システムでは、既存浄水場と同様に、殺藻・殺菌用薬品として塩素を、また凝集用薬品として硫酸アルミニウムを採用する。

また、塩素取扱時の安全性を考慮し、漏洩塩素ガス中和設備と塩素注入設備室及び硫酸アルミニウム調整室を計画する。

硫酸アルミニウム注入設備

ガルビア県内の既存浄水場では、凝集用薬品として主に液体硫酸アルミニウムが採用されている。本プロジェクトでは、通常時には液体硫酸アルミニウムを使用し、液体薬品の供給停止及び価格の高騰時には、固体硫酸アルミニウムを使用することとし、両方に対応できる設備を設置することとする。

塩素注入設備

原水水質から判断し、前塩素 + 後塩素注入を行い原水に多量に含まれる藻・微生物の殺藻及び処理水への塩素注入殺菌を行う塩素注入設備を設置することとする。

塩素処理は、既存浄水場と同じ、1 トン (1,000 kg) ボンベの液体塩素を使用する。ボンベは、薬品注入棟内に設ける塩素ボンベ貯蔵室に貯蔵し、使用する塩素ボンベを塩素注入設備室に、運搬して使用する。

採用する注入方式は、既存と同形式の真空湿式塩素注入方式とする。塩素注入設備は、真空湿式塩素注入機で、給水ポンプにより圧力水をインジェクターに供給して、塩素ガスを計量した後、塩素水溶液として注入する方式とする。ボンベ内の塩素量の確認の目的で計量器を、また搬出入時の安全を確保する目的でチェーンブロックを塩素注入設備室に設ける。

漏洩塩素ガス中和設備

中和設備は、猛毒である塩素ガス漏洩時の安全対策として設置するもので、その能力は塩素注入設備室の大きさ及び塩素ボンベ設置本数から設定する。1 トンボンベ 1 本が 1 時間かけて漏洩した場合を想定する。塩素ガスの漏洩を検知した時点で警報を発すると同時に塩素ガス中和設備を自動起動させるよう計画する。

b) 規模設定

硫酸アルミニウム注入設備

1) 溶解槽

- 型式 : FRP タンク
- 数量 : 2 基
- 溶解槽寸法 : 1.8 mW×1.8 mL×1.8 mH×1.23 mEH
- 容量 : 4.0 m³/基

2) 硫酸アルミニウム注入ポンプ

- 型式 : 薬注ポンプ
- 能力 : 100 L/時×10 kg/cm²×0.2 kw
- 数量 : 2 台 (内 1 台予備)
- 注入量 : $q = Q/24 \times A \times 1/C \times 10^{-3}$
= 36.12 L/時

(余裕率約 2 倍以上とし、アルム注入ポンプの容量を 100 L/時とする)

ここで、

Q : 38,000 m³/日 (水量)

- A : 30 mg/L (平均薬品注入率)
- B : 8.3 % (溶解濃度)
- C : 1.315 (比重)

項目	平均値	備考
硫酸アルミニウム注入率 (mg/L)	30	JICA 調査での最適注入率は 20 mg/L であり、現況の注入率 (40 mg/L) を考慮し、設計平均注入率を 30 mg/L とする。付録—X 水質試験結果 (ジャーテスト) 参照。
硫酸アルミニウム注入量 (L/時)	36.12	ポンプ容量: 100 L/時
硫酸アルミニウム注入量 (kg/日)	1140	
溶解槽使用継続時間 (日)	4.6	
アルカリ度減少	13.500	1 mg/L 注入当りアルカリ度 0.45 の割合で減少する。原水アルカリ度が、約 120 であり、この程度のアルカリ度の減少は、凝集に影響を与えないため、消石灰の注入は不必要である。

3) 固形硫酸アルミニウムの貯蓄スペース

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ の量} = Q \times A \times B \times 10^{-3} = 94.6 \text{ (kg Al}_2\text{O}_3/\text{日)}$$

$$\text{固形硫酸アルミニウム (Al}_2\text{O}_3 \text{ 14\% 重量) の量} = 94.6 \div 0.14 = 676 \text{ (kg 14\% Al}_2\text{O}_3/\text{日)}$$

$$20 \text{ 日間分の貯留を仮定すると、貯留量} = 676 \text{ (kg 14\% Al}_2\text{O}_3/\text{日)} \div 50 \text{ kg 袋} \times 20 \text{ 日} = 270 \text{ 袋}$$

50 kg 袋寸法を 0.4mW×0.8mL×0.15mH と仮定し、必要スペースを 9 袋×3 列×10 段=270 袋とする
と、

$$\text{長さ} = 0.4 \text{ mW} \times 9 \text{ 袋} \times 1.1 \text{ (横置時すき間)} = 4 \text{ m}$$

$$\text{幅} = 0.8 \text{ m L} \times 3 \text{ 列} = 2.4 \text{ m}$$

$$\text{高さ} = 0.15 \text{ mH} \times 10 \text{ 段} = 1.5 \text{ m}$$

従って、薬品注入室には、2.4mW×4mL×1.5mH 程度の固形硫酸アルミニウム貯留空間を設け、トラックからの搬入動線、溶解タンクへの移送動線も考慮して余裕を持った貯留空間とする。

4) 硫酸アルミニウム移送ポンプ

- 型式 : 薬注ポンプ
- 能力: : 350L/時×10 kg/cm²
12 時間で溶解槽が空になるとする
移送ポンプ容量 = 4 m³ ÷ 12 時間 × 1,000 = 333 L/h - > = 350 L/h
- 数量: : 2 台 (内 1 台予備)

5) 液体硫酸アルミニウム貯留槽

- 型式 : FRP タンク
- 基数 : 1 基
- 容量 : 14 m³

- 貯留日数 : $14\text{m}^3 \div 36.12\text{L/時} \div 24 \times 103 = 16 \text{ 日}$

塩素注入装置

1) 前塩素

- 水量 (Q) : $38,000\text{m}^3/\text{日}$
- 塩素注入率 : 最大 (A) 7 mg/L (前塩素注入率の最大値)(エジプト基準)
平均 3 mg/L
- 塩素ポンベ : 1000 kg
- 最大注入量 : $q = Q \times A \times 10^{-3}$
 $= 266 \text{ kg/日} = 11.08 \text{ kg/時}$ (最大能力 $6 \text{ kg/時} \times 2 \text{ 台} = 12 \text{ kg/時}$)

項 目	平均	最大	備考
塩素注入率 (mg/L)	3.0	7.0	JICA 水質試験の結果から、原水水中の藻類のほとんどが珪藻類である。珪藻類の殺藻には、塩素 $2.0\text{--}3.0 \text{ mg/L}$ 程度必要とされる。
塩素注入量 (kg/時)	4.75	11.08	
アルカリ度減少	4.23	9.870	1 mg/L 注入当りアルカリ度 1.41 の割合で減少する。

2) 後塩素

後塩素の最大注入量は最大塩素注入合計量(10mg/L)から前塩素の最大注入量を差し引いた値とする。

- 水量 (Q) : $37,000 \text{ m}^3/\text{日}$
- 塩素注入率 : 最大 (A) 3 mg/L ($= 10\text{mg/L} - 7\text{mg/L}$)
平均 2 mg/L
- 塩素ポンベ : 1000 kg
- 最大注入量 : $q = Q \times A \times 10^{-3}$
 $= 111 \text{ kg/日} = 4.63 \text{ kg/時}$ (最大能力 $6 \text{ kg/時} \times 1 \text{ 台} = 6 \text{ kg/時}$)

	平均	最大
注入率 (mg/L)	2.0	3.0
注入量 (kg/時)	3.17	4.75

3) ポンベ交換頻度 (最大量注入時)

- 前塩素注入量 : 11.08 kg/時 (最大能力 12 kg/時)
- 後塩素注入量 : 4.75 kg/時 (最大能力 6 kg/時)

- 合計注入量 : 15.83 kg/時
- ポンベ交換頻度 : 63.17 時間 (2.6 日)
- ポンベ台数 : 8 台
- 貯留量 : 20.8 日間分

漏洩塩素ガス中和設備

1) 苛性ソーダ貯留槽

- 型式 : 角型密閉槽
- 容量 : 11 m³
- 濃度 : 15 重量% NaOH
- 数量 : 1 基

2) 中和塔

- 型式 : 縦型円筒 2 塔式
- 容量 : 1000 kg/時
- 数量 : 1 基

3) 苛性ソーダ循環ポンプ

- 型式 : 横軸渦巻きケミカルポンプ
- 容量 : 900 L/分
- 揚程 : 10 m
- 出力 : 7.5 kw
- 数量 : 2 台 (1 台予備)

4) 排気ファン

- 型式 : ターボファン
- 容量 : 60 m³/分
- 吐出圧 : 250 mmAq
- 出力 : 7.5 kw
- 数量 : 1 台

5) 漏洩検知器

- 型式 : ディアルセンサー式
- 容量 : 0 ~ 5 ppm
- 数量 : 1 台

7. 汚泥処理施設

逆洗排水及び沈殿池排泥の排水用運河への放流を行うためには、「エ」国の排水用運河への排水基準を満たす必要がある。前掲の表 3.8 に示す排水基準を満たす排水水質を確保するため、以下のとおり代替案を検討した。また、参考のため、脱水・乾燥方法の比較検討結果を付録 - 4 に示す。

表 3.8 汚泥処理・処分方法の代替案の評価

汚泥の処分方法	評 価	
1. 現在の方式（直接放流）	放流水質基準（SS）を満足せず	X
2. 濃縮・機械脱水・脱水汚泥搬出	建設・維持管理費が高価。維持管理も複雑	X
3. 濃縮・天日乾燥床・乾燥汚泥搬出	場内に天日乾燥床を設置する用地はなし	X
4. 非濃縮排水場外搬出・既存下水処理場で天日乾燥処理	非濃縮排水の容積は膨大であり運搬は困難	X
5. 濃縮汚泥場外搬送・既存下水処理場で天日乾燥処理	既存下水処理場の天日乾燥床に十分な容量がある場合には、有効な方法	○

注：脱水・乾燥方法の比較は、資料 - 7（付録 - 4）を参照。

検討結果、現地の状況に最適な逆洗排水及び沈殿池排泥の処理・処分方法として、濃縮汚泥の場外搬出及び既存下水処理場の天日乾燥床にて処理する方式を採用する。従って、新設浄水場の汚泥処理施設は、排水槽、排泥槽、汚泥濃縮槽、機材による運搬、及び既存下水処理場の天日乾燥床から構成される。汚泥処理施設には次の施設により構成され、各施設の役割及び主要諸元は、以下のとおりである。

- 排水槽
- 排泥槽
- 排泥池汚泥濃縮槽
- 濃縮汚泥搬送機材（バキュームカー）
- 脱水・乾燥施設（既存下水処理場内の既設設備）

排水槽

洗浄排水は多量の浄水を短時間に使用するため、濃度や質において排泥処理施設への負担を均一にする緩衝設備の役割をもつ。表面水洗浄及び逆洗浄からの排水、排泥槽及びスラッジ濃縮槽の上澄水を受入れ、固液分離させる。上澄水を順次着水井へ返送することにより水資源の有効化を図る。

- 方式 : 鉄筋コンクリート造タンク
- 寸法 : 6 mW x 10m L x 4 mD
- 数量 : 2 池
- 容量 : 480 m³

(1) 計画水量

主たる過池からの表面水洗浄及び逆洗浄による排水を受入れる。

ろ過池の計画水量 = 37,000 m³/日 (440 L/秒 × 1.07)

(2) 規模設定

1 サイクルの初期捨て水及び洗浄水量は以下のとおり計算される。

$$\text{表面洗浄水量} = 0.2 \text{ m/分} \times 5 \text{ 分} \times 33.8 \text{ m}^2 = 34 \text{ m}^3/\text{サイクル}$$

$$\text{逆洗水量} = 0.6 \text{ m/分} \times 6 \text{ 分} \times 33.8 \text{ m}^2 = 122 \text{ m}^3/\text{サイクル}$$

$$\begin{aligned} \text{ろ過池上部及び側部空間} &= 1.7\text{mD (槽最大水深 - トラフ高さ)} \times 4.5\text{mL} \times 7.5\text{mW} + 2.1\text{mD (トラフ高さ -} \\ &\quad \text{池底)} \times 1.2 \text{ mL} \times 7.5 \text{ mW} = 76 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$1 \text{ サイクルの初期捨て水} + \text{洗浄水量} = 34 + 122 + 76 = 232 \text{ m}^3$$

排水槽の容量は、ろ過池洗浄時の1 サイクル以上必要とする（日本基準）。清掃、点検及び修理を考慮し、2 池とする。逆洗時間の延長（後期捨て水の増加）を考慮し、2 池合計容量で2.0 サイクル分を貯留できる容量とする。

$$6\text{mW} \times 10\text{mL} \times 4\text{mD} \times 2 \text{ 池} = 480\text{m}^3$$

$$480 \text{ m}^3 \div 232 \text{ m}^3 = 2.07 \text{ サイクル} \rightarrow \text{OK}$$

排泥槽

沈殿池及び排水槽からの排泥を受入れ、これを一時貯蔵する。排泥の時間的変化を調整し、後続する濃縮以降の一定量処理につなげる施設である。

- 方式 : 鉄筋コンクリート造タンク
- 寸法 : 6mW x 4mL x 4mD
- 数量 : 2 池
- 容量 : 192 m³

(1) 計画水量

主に薬品沈殿池からの排泥を受け入れるが、排水槽からの排泥も少量ながら受け入れる。

$$\text{薬品沈殿池の計画水量} = 38,000 \text{ m}^3/\text{日} (400 \text{ L/秒} \times 1.1)$$

(2) 規模設定

発生固形分量は以下のとおり計算される。

$$\begin{aligned} S &= Q \times (T \times E1 + C \times E2) \times 10^{-6} \\ &= 38000 \times (20 \times 1.0 + 30 \times 8.3 / 100 \times 1.53) \times 10^{-6} = 0.90 \text{ (t-ds/日)} = 900 \text{ kg-ds/日} \end{aligned}$$

ここで、

S : 計画処理固形物量 (t-ds/日の乾燥重量)

- Q : 計画取水量(L/日) 440 (拡張分)
- T : 計画原水濁度(度) 20 (平均)
- E1 : 濁度と浮遊物質(SS)との換算率 1
- C : 凝集剤注入率(酸化アルミニウムとしての注入率)= $30\text{mg/L} \times 8.3/100$
 ただし、酸化アルミニウム濃度を 8.3%
- E2 : 水酸化アルミニウムと酸化アルミニウムの比 1.53

薬品沈殿池下部での汚泥濃度を 1%(10 kg-ds/m^3)とすると、排出される水量は次のようになる。

$$900 \text{ kg-ds/日} \div 10 \text{ kg-ds/m}^3 = 90 \text{ m}^3/\text{日}$$

排泥槽の容量は、1 日分以上の容量を必要とする (日本基準)。原水濁度最大時における汚泥発生量を考慮し、平均発生汚泥量の 2.0 日分とする。

$$192 \text{ m}^3 \div 90 \text{ m}^3/\text{日} = 2.1 \text{ 日} > 2.0 \text{ 日} \rightarrow \text{OK}$$

汚泥濃縮槽

浄水処理プロセスから発生した汚泥を自然重力沈降により濃縮し汚泥体積を減少させるためのタンクである。

- 方式 : 鉄筋コンクリート造タンク (汚泥掻き寄せ機付)
- 寸法 : 円形池 $\phi 7\text{m} \times 4\text{mD}$ (38.5m^2)
- 数量 : 2 池
- 容量 : 308 m^3

(1) 計画水量

排泥槽は薬品沈殿池の汚泥を受入れる。凝集沈殿池の計画水量は $38,000 \text{ m}^3/\text{日}$ である。

(2) 規模設定

汚泥濃縮槽の必要面積 (A) は次のように求められる。

$$A = S / q_1 = 900 / 15 = 60\text{m}^2 < 38.5\text{m}^2 \times 2 = 77\text{m}^2 \rightarrow \text{OK}$$

ここで、

S : 発生固形分量 900kg-ds/日

q_1 ; 固形分負荷 $10 \sim 20\text{kg/m}^2 \text{ 日}$ (日本基準) から $15\text{kg/m}^2/\text{日}$ を採用する

汚泥濃縮槽の有効水深は、3.5 ~ 4.0 を標準とする (日本基準)。従って、汚泥濃縮槽の有効水深は 4.0 m とする。

これにより、容量 = $38.5\text{m}^2 \times 4\text{m} \times 2\text{池} = 308\text{m}^3$

濃縮汚泥搬送

濃縮汚泥は、汚泥運搬機材（バキュームカー）にて搬出する。バキュームカーは、濃縮汚泥量から判断し、10 トン級程度とする。

- 方式 : バキュームカー（10 トン級程度）
- 数量 : 1 台
- 搬出回数 : 3～4 回/日

濃縮後汚泥の濃度を 3 % とすると濃縮汚泥量は次のようなる。

$$900\text{kg-ds/日} \div 0.03 \times 10^3 = 30\text{m}^3/\text{日}$$

1 回の搬出時間は、以下のように約 2 時間と算定される。

- 準備 : 10 分（浄水場）
- 吸引 : 10 分（浄水場）
- 移動 : 30 分（浄水場 下水処理場）
- 吐出 : 20 分（下水処理場）
- 移動 : 30 分（下水処理場 浄水場）
- 合計 : 約 2 時間

したがって、1 日 8 時間程度の作業で必要業務を完了させる場合、10 トン車級バキュームカーが 1 台必要である。

- 10 トン車級バキュームカーのタンク容量 : 約 8,800 L
- 搬出回数 : 3.4 回/日

脱水・乾燥（既存下水処理場内の天日乾燥床）

天日乾燥床法は、汚泥の脱水、乾燥を自然の作用を利用して行うもので、上澄水の排除とろ過により汚泥の含水率を下げた後、太陽熱や風により水分を蒸発させ、乾燥させるための施設である。なお、固結・乾燥した汚泥は、下水乾燥汚泥と同様、農民に販売される。付録 - 5 に既存エルマハラエルコブラ下水処理場の天日乾燥床の概要を示す。

- 脱水方式 : 天日乾燥床方式（既存エルマハラエルコブラ下水処理場内）
- 処分方法 : 下水汚泥と共に、農地還元のために農民に販売

3-2-2-5 ろ過池洗浄用水槽

本計画では配水機能を持つ浄水池は設置せず、ろ過池の洗浄用水を貯水するための水槽を設ける。計画用地はスペースに限りがあるため、水槽はろ過池の下に配置し、ろ過池と一体とした土木構造物とする。なお、配管接続用のノズルを水槽に設け、「エ」国側が将来、既存浄水池と水理的に連結することが可能なようにする。水槽の容量は1日で使用する洗浄用水以上を貯水可能な量として、 $2,000\text{m}^3$ とする。

取水量：

440L/秒($38,016\text{m}^3/\text{日}$)

表洗水： Q_2

浄水生産量：

400L/秒($34,560\text{m}^3/\text{日}$)

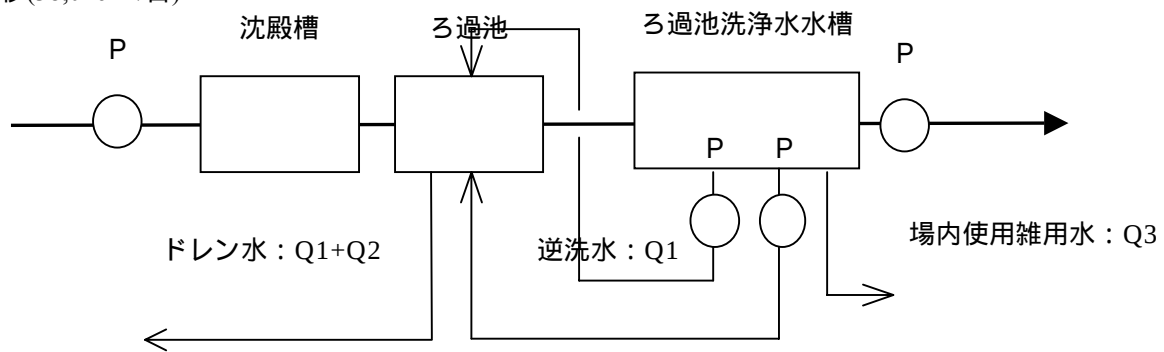


図 3.2 浄水プロセスにおける水収支（日基準）

本計画では、8池のろ過池に対し、表洗および逆洗を1日1回の頻度で行うものとする。したがって、1日あたりの洗浄水をろ過池洗浄用水水槽に蓄えておくことが必要であり、必要な容量を次のように算出した。

$$\begin{aligned} \text{逆洗水量：} \quad Q_1 &= q_1 \times A \times T \times N \times C \\ &= 0.6\text{m}^3/\text{分} \times 33.75\text{m}^2/\text{池} \times 6\text{分} \times 8\text{池} \times 1.5 = 1,458\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{表洗水量：} \quad Q_2 &= q_2 \times A \times T \times N \times C \\ &= 0.2\text{m}^3/\text{分} \times 33.75\text{m}^2/\text{池} \times 5\text{分} \times 8\text{池} \times 1.5 = 405\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{洗浄水量：} \quad Q_1 + Q_2 = 1,458 + 405 = 1,858\text{m}^3 \rightarrow 2,000\text{m}^3 \text{ とする。}$$

ここで、 q_1 ：単位逆洗水量

q_2 ：単位表洗水量

A ：1池あたりのろ過池面積（ $4.5\text{m} \times 7.5\text{m} = 33.75\text{m}^2$ ）

T ：洗浄時間

N ：ろ過池数（8池）

C ：割増係数

3-2-2-6 送配水ポンプ設備

設計流量と設計揚程をもとに送配水ポンプを選定する。ポンプ選定（型式、台数）にあたっては、汎用性が高く、維持管理の点で優れ、かつ、市場において標準的なポンプ型式を選定する。ポンプ台数は、実際の運転モードを想定して台数制御が容易に行える台数とする。

(1) 設計容量

本計画の浄水施設には配水機能はなく、浄水の定格生産量が通常運転時の送配水量となる。ただし、火災等の緊急時に備え、短時間に限り、ろ過池洗浄用水槽の貯水分を緊急送水すること必要になることを想定し、送配水ポンプの設計容量を次のように設定する。ろ過池洗浄用水槽の貯水分を緊急送水するケースでは、エジプト基準に基づき、通常運転時の定格送配水量に対し、1.4 倍の時間係数を適用する。

- 通常運転時 : 400L/秒
- 緊急送水時 : 520L/秒 (400L/秒 × 1.4)

(2) 設計揚程

本計画の浄水施設によって生産される浄水は、既存施設からの浄水と混流し配水ネットワークに送配水される。このため、送配水ポンプの設計揚程は既存ポンプ設備の送水圧に合わせる必要があり、管路における摩擦損失を見込み、設計揚程を 60m とする。

(3) ポンプ台数とポンプ容量

通常運転時と緊急送水時の設計容量の差は、送配水ポンプの運転台数によって対応する。全体のポンプ台数は、設置スペース、運転モード、1 台あたりの電動機容量等を考慮し、予備ポンプも含め 5 台とする。また、1 台あたりのポンプ容量はつぎのとおりとする。

1) ポンプ運転台数

- 通常運転時 : 3 台運転 + 2 台予備
- 緊急送水時 : 4 台運転 + 1 台予備

2) 1 台あたりの容量

- 通常運転時 : $400 \text{ L/秒} \times 1/3 = 133.3 \text{ L/秒} = 8.0 \text{ m}^3/\text{分}$
- 緊急送水時 : $520 \text{ L/秒} \times 1/4 = 130.0 \text{ L/秒} = 7.8 \text{ m}^3/\text{分}$

上記のポンプ容量から、1 台あたりのポンプ容量を $8.0 \text{ m}^3/\text{分}$ とする。

(3) ポンプ型式

上記のポンプ容量と揚程から、ポンプの型式は、汎用性が高く、維持管理の点で優れている横軸型の両吸い込み渦巻きポンプとする。また、ポンプの据付位置をろ過池洗浄用水槽の低水位より低く抑えることにより、ポンプ運転を押し込み運転として、水封装置は設けない。

3-2-2-7 操作・モニタリングシステム

(1) 操作方式

施設運用後の維持管理を考慮して、施設の運転法は基本的に手動方式を採用する。既存設備の現状

から判断すると、日本の多くの浄水場が適用しているように、完全自動方式を本計画で採用することは問題が多い。自動化を進めることは、それだけ故障の発生する確率も高くなり、本計画では、維持管理が容易な設備計画とする。ただし、手動方式と同時に半自動式の方法を合わせて採用する（切り替えが可能）。半自動方式は、1つのスイッチにより、一連の操作手順を連続して実行することが可能な方式であり、手動による誤動作を防止することを目的とした方法である。

(2) モニタリングシステム

本計画では浄水施設の適切な運用と維持管理をはかることを目的としてモニタリングシステムの導入を計画する。浄水施設の各設備から取得したデータは、電気室に設置された監視パネルに表示され、監視パネルよりコンピュータに伝送される。コンピュータでは、伝送されたデータを蓄積し、データ処理後、維持管理に必要な「情報」として出力される。取得するデータの一覧を表3.9に示す。データのなかには、本計画の浄水施設のみならず、浄水場全体と既存施設のデータも取得するため、「エ」国側負担によって必要な機材が手配される。また、モニタリングシステムによって取得したデータの処理法と出力された「情報」の活用法に関しては「ソフトコンポーネント」を通して「エ」国側への技術移管を行うものとする。

表 3.9 モニタリングシステムの取得データ

対象施設	データ種別	データ取得位置	データ取得計器
本プロジェクト	取水量	取水ポンプ吐出管	流量計
	送配水量	送配水ポンプ吐出管	流量計
	浄水の残留塩素濃度	送配水ポンプ吐出管	残留塩素濃度計
	ろ過池洗浄用水槽内の容量	ろ過池洗浄用水槽	レベル計
	電力量	受電盤（電気室内）	電力量計
浄水場全体	送配水量	浄水場からの送配水管 「エ」国側負担工事	流量計
	浄水の残留塩素濃度	浄水場からの送配水管 「エ」国側負担工事	残留塩素濃度計

3-2-2-8 受電施設

(1) 既存設備

現在運転中の新エルマハラエルコブラ浄水場の電源は、エルマハラエルコブラ変電所よりアブアリ開閉所経由で送電された電力を、次の設備によって受電している。

- 引込み回線数 : 2回線（常用、予備）
- 引込み方式 : 地中線
- 引込み電圧 : 11kV 3相3線式 50Hz
- 変圧器容量 : 2×1,000kVA
- 形式 : 屋外シェルター収納形式

(2) 受電設備

本計画で拡張する浄水場設備の主電源も、既設設備同様エルマハラエルコブラ変電所より アプア
リ開閉所経由で受電を行う。受電のために、新たに電力回線を設ける。

本計画の受電設備の仕様は、次のとおりとなる。

- 引込み回線数 : 2 回線 (常用、予備)
- 引込み方式 : 地中線
- 引込み電圧 : 11kV 3 相 3 線式 50Hz
- 変圧器容量 : 2×1,250kV

当該 11kV 配電線のアプアリ開閉所から今回計画の浄水場までの布設工事及び接続工事は、「エ」国
側負担工事範囲として、NOPWASD が所轄配電会社に工事を依頼して実施される。また、所轄配電会
社の規定により受電端力率は 90% 以上とすることが求められており、本計画においても総合力率 90%
以上にて計画する。

(3) 変電設備

本計画の変電設備は電気室内に設置し、変圧器は充電部にカバーを取り付けた構造のものを設置す
る。

主な設備仕様は次のとおりとする。

- 変圧器 : 11kV/380-220V,50Hz 1,250kVA
- 屋外形油入自冷式 : 2 台 (常用 + 予備)
- 高圧配電盤 : 真空遮断器 (VCB)、自立閉鎖形配電盤
- 低圧配電盤 : モルード式配線用遮断器

(4) 配電方式

配線についてはケーブルピットとケーブルラックを採用し、端末部は電線管方式とする。なお、電
気方式は、計画地の電力系統から以下のシステムを採用する。

- 高圧 : 11kV 3 相 3 線式 50Hz
- 低圧 : 380-220V 3 相 3 線式 50Hz
- 直流 (制御系) : DC100V3-2-9 非常用発電機

3-2-2-9 非常用発電機

(1) 非常用発電設備の必要性

本計画の受電は 11kV 市内配電網から 2 回線受電を行うが、計画対象地域の配電会社によると市内
配電系統の維持管理時の停電が周期的 (頻度 : 2 週間に 1 度、停電時間 : 3 ~ 4 時間) に発生するとし

ている。また、NOPWASD は地方部の大規模浄水場の運用が地域住民へ与える影響が大きいこと、地方での配電システムの運転が確実でないことなどから、各浄水場に非常用発電設備の設置を義務付けている。

本計画地の配水はポンプ圧力送水方式により行われているため、当該浄水場の運転停止によって地域への給水に与える影響は大きいと考えられる。このため本計画では、停電対策として非常用発電設備を設置する。

非常用発電設備の種別は、既設浄水場と同様にディーゼル発電設備とする。

(2) 非常用発電設備の必要容量

非常用発電設備の容量について、NOPWASD では全負荷容量の 50%以上と規定し、停電時における必要最小限の給水機能の継続を図っている。このため、本計画では NOPWASD の規定に準拠することとし、停電時に必要最小限の送水が確保できることを目的にし、その運転に必要な負荷（送水ポンプ、塩素注入装置、塩素中和装置等）ならびに停電復旧時に当該浄水場の機能が早期に回復するのに必要な設備（監視制御設備等）を非常時運転負荷として選定し発電設備の容量を決定する。なお、本計画の非常用発電設備の容量は、選定した非常時運転負荷（全負荷容量の約 50%相当）に対して、以下の 3 通りの計算式により求めその最大となる値を採用する。

1) 全負荷定常運転時所要入力による容量

$$P_{G1} = \frac{P_0}{\eta \times P_f}$$

ただし P_{G1} : 発電機出力(kVA)
 P_0 : 全負荷出力の総和(kW) (但し負荷需要率を考慮した値)
 η : 負荷効率
 P_f : 負荷力率

2) 電動機始動時の電圧降下による容量

$$P_{G2} = P_s \times \left(\frac{1}{V_d} - 1 \right) \times X_{d'}$$

ただし P_{G2} : 発電機出力(kVA)
 P_s : 始動時突入容量(kVA)
 V_d : 許容電圧降下 (一般に 20 ~ 30%)
 $X_{d'}$: 発電機直軸過渡リアクタンス (一般に 20 ~ 30%)

3) 瞬時最大負荷による容量

$$P_{G3} = \frac{\sum W_0 + (Q L_{\max} + \cos\theta Q L)}{K G \times \cos\theta G}$$

ただし P_{G3} : 発電機出力(kVA)

$\sum W_0$: 既運転中の負荷合計 (kW)

$Q L_{\max}$: 最大始動突入負荷 (kVA)

$\cos\theta Q L$: 最大始動突入負荷始動時力率

$K G$: 原動機機関過負荷耐量 (一般に 1.2)

$\cos\theta G$: 発電機力率 (通常 0.8)

4) 発電機容量の決定

各計算容量は下記となる。

$$P_{G1} = 576.1 \text{ kVA}$$

$$P_{G2} = 570.2 \text{ kVA}$$

$$P_{G3} = 528.9 \text{ kVA}$$

したがって必要発電機容量は 571.6kVA 以上となり、625kVA を選定する。

(3) 燃料タンク容量

非常用発電設備の燃料貯蔵容量は、停電及び電圧変動発生頻度を根拠に決定する。停電及び電圧変動頻度が 1 日に 1 度、停電及び電圧変動時間：3～4 時間程度である。このことから、最大の 4 時間/日で算出することとし、その必要容量は次式で求める。

$$\begin{aligned} \text{必要容量 (L)} &= \text{燃料消費量 (135L/h)} \times \text{運転時間} \times \text{運転日} \\ &= 135 \times 4 \times 14 = 7,560\text{L} \end{aligned}$$

となり、よってタンク容量は 10 m³とする。

なお、本計画の燃料タンクは、屋外タンク方式 (地上) とする。

3-2-2-10 付帯土木・建築施設

浄水場の運転及び維持管理に必要な建築施設は空調、照明設備、水道、消火設備を備えた建物とする。現在計画している建築施設は以下の通りである；

(1) ポンプ室

- 建築面積 : 約 620m²
- 構造 : 鉄筋コンクリート造

- 外装 : ブロック壁、鉄扉、アルミサッシ窓
 - 構成 : 導水・送配水ポンプ室、発電機室、変圧器室、受電盤室、倉庫
 - 設備 : 換気、照明、衛生、及び消火設備
- (2) 薬品注入棟
- 建築面積 : 約 210m²
 - 構造 : 鉄筋コンクリート造
 - 外装 : ブロック壁、鉄扉、アルミサッシ窓
 - 構成 : 塩素中和室、固体硫酸バンド倉庫及び溶解タンク室、液体硫酸バンド融解タンク及び注入室
 - 設備 : 塩素中和装置及び照明設備
- (3) 濾過池管理棟
- 建築面積 : 150m²
 - 構造 : 鉄筋コンクリート造
 - 外装 : ブロック壁、鉄扉、アルミサッシ窓
 - 構成 : 濾過池棟
 - 設備 : 換気、照明設備

3-2-2-11 運営・維持管理機材

(1) 汚泥運搬機材

汚泥処理施設によって発生する濃縮汚泥は汚泥運搬機材（バキュームカー）にて搬出する。バキュームカーの仕様は次のとおりとする。なお、汚泥処理施設で詳述する。

- 方式 : バキュームカー（10 トン級程度）
- 数量 : 1 台
- 搬出回数 : 3～4 回/日

(2) 水質分析機材

水質管理においては、水質試験能力が重要な要素となっている。水質試験を行う目的は、以下の3つに大別できる。

- 原水水質を把握し適切な薬品注入量を設定する。
- 水源の水質異変をいち早く検知し処理体制を整える。
- 浄水プロセスにおける水質を把握し適切な浄水処理が行われているか監視し、水質トラブルがあった場合適切な対応策をとる。

原水水質から判断すると、新設浄水場で重点的に制御すべき水質項目は、濁度、細菌類及び藻類であり、採用した水質制御方法を以下に示す。

表 3.10 水質制御方法

水質項目	処理方法	制御の内容
濁度	凝集沈殿・急速ろ過法	pH 値、アルカリ度を調整し、適正量の凝集剤を注入することにより制御する。ただし、新設浄水場の原水水質は、アルカリ度が十分高く、pH 値も適切な範囲にあるため、アルカリ度及び pH の制御の必要はなく、凝集剤の注入量の制御のみが必要である。
細菌類	前・後塩素処理	前・後塩素処理より原水・ろ過水の殺菌を行う。更に、給水区域内の配水管の末端においても十分な残留塩素を保持できるように塩素注入量を制御する。
藻類	前塩素処理	前塩素処理にて、原水の藻類をろ過池流入前に殺藻し、ろ過池での藻類による障害を防止する。

1) 採水（サンプリング）

水質管理のための採水（サンプリング）箇所、試験項目及び試験頻度は以下のとおりとする。採水は、現況と同様、手作業で行い、試験室に持ち込むこととする。

表 3.11 新設浄水場の水質試験項目、採水箇所及び試験頻度

試験項目	採水箇所	試験頻度
全項目	原水（受水槽） 浄水（配水ポンプ水槽）	1 日 1 回
濁度	受水槽（原水） 沈殿後水 ろ過後水 浄水	現状と同様 8 時～14 時まで 2 時間おき
残留塩素	沈殿池流入前 沈殿後水 浄水	現状と同様 8 時～14 時まで 2 時間おき

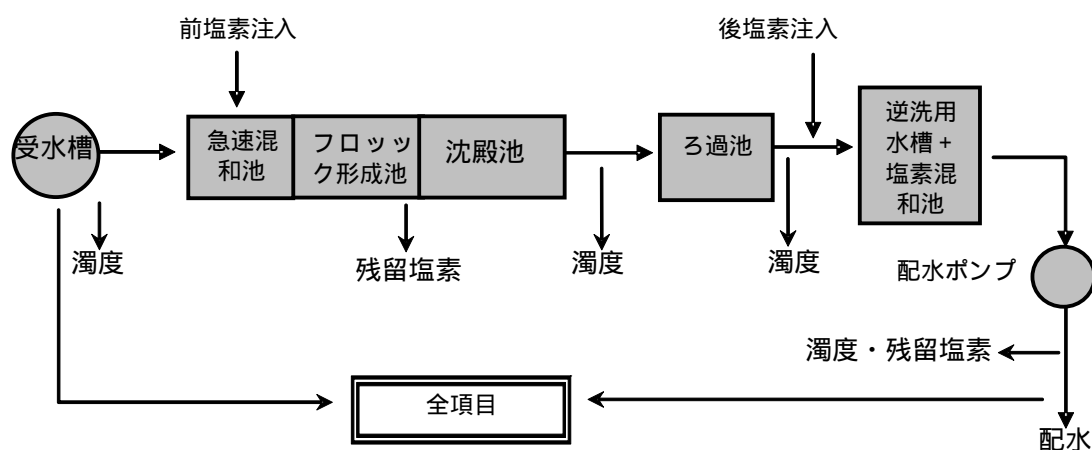


図 3.3 水質試験用採水箇所及び水質試験項目

2) 浄水プロセス管理要員と担当

既存水質試験室には、2名の化学試験スタッフ及び1名の技能者が配置されている。この既存の組織により、新設浄水場の水質試験を行うこととする。

一方、浄水プロセスの管理を行うためには、水質試験担当に加え、専任の浄水プロセス制御担当技師が必要であるが、既存浄水場には、専任の担当者が、配置されていない。従って、新たに浄水プロセス担当の人員を配置する必要がある。維持管理費の上昇を抑えるため、担当技術者は、既存人員を再トレーニングし配置することを提案する。

浄水場の浄水プロセス管理の各職位についてその職務内容を次に示す。

浄水プロセス制御担当

- 浄水プロセスの総合管理
- 年間運転計画に沿った浄水プロセス運転計画の立案
- 薬品注入、フロック形成、沈澱汚泥の堆積状況の管理
- 薬品購入量・貯蔵量の計画の立案
- 汚泥処理の管理
- 機械・電気設備担当者からの各種水量及び水質試験担当者からの水質分析結果の解析
- 最適な浄水プロセス運転方法の検討及びその結果を各担当に指示
- 水質悪化に対する必要な対策の実施

水質試験担当

- 処理水の安全を確保するためのマニュアルによる日常の水質試験（化学・生物学的）
- 水質試験データのコンピュータ内保管
- 浄水プロセス部門への薬品注入データの提供
- 水質試験データの提供
- 藻類試験等の特別目的のための水質試験
- 水質試験のための薬品・器具・消耗品の保管管理と調達

浄水場運転担当

- 浄水プロセス制御担当技師及び浄水場運転責任者（上級技術者）の指示による原水ポンプ、送水ポンプ及びその他の電気・機械設備の適正な運転・制御
- 計画に基づく取水・浄水プロセスの監視・制御
- 着水井、急速攪拌池、フロック形成池、薬品沈澱池、ろ過池の洗浄および清掃
- 排水・排泥設備の保守・点検及び濃縮汚泥の搬出、バキュームカーの管理

- 取水量、浄水量、ポンプ運転、薬品注入量、薬品及び電力消費、配水池水位などの必要事項を含む運転日報の作成および保管
- 場内における衛生の確保
- 場内における無駄水使用の監視

3) 運転・維持管理

新設浄水場の主要な施設・設備における運転・管理項目を表 3.12 及び図 3.4 に示す。詳細な運転・管理内容に関しては、工事終了後の施設引渡しの際に、日本の担当施工業者から運転マニュアルが配布され、オン・ザ・ジョブトレーニング（OJT）により、浄水場の運転・維持管理の技術移転がされる。

表 3.12 主要な施設・設備の運転・管理項目

施設・設備	運転項目	管理項目
取水ポンプ	ポンプの運転台数制御	設備の定期保守
導水管	-	除泥、洗浄
流入量調整バルブ	流入水量の調整	-
着水井	-	除泥、洗浄
急速攪拌池	-	除泥、洗浄
フロック形成池	-	除泥、洗浄
薬品沈殿池	-	除泥、洗浄
急速ろ過池	ろ過池洗浄	設備の定期保守、ろ過砂の補充・交換
薬品注入設備	薬品注入量（凝集剤、塩素）	設備の定期保守
逆洗用水槽・塩素混和池	-	除泥、洗浄
排水槽・排泥槽・汚泥濃縮槽	-	設備の保守
送配水ポンプ	ポンプの運転台数制御	設備の定期保守

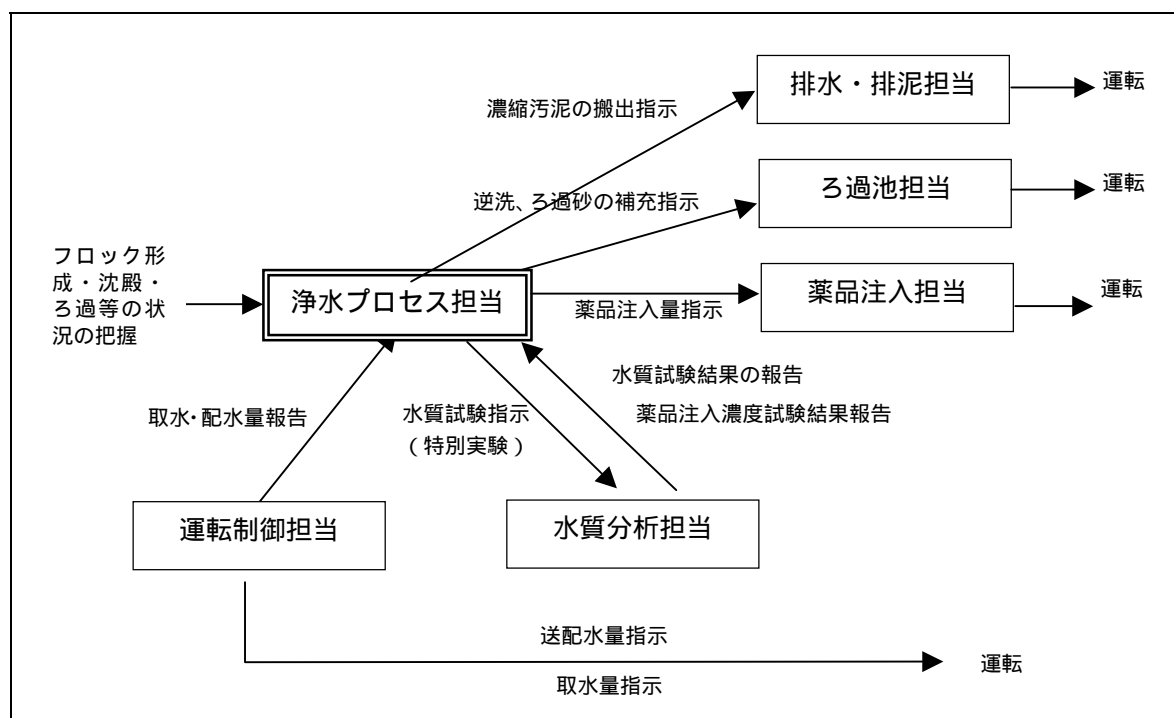


図 3.4 浄水場の運転指示項目

(3) 維持管理工具

本計画の浄水施設が「エ」国側に引き渡されてから 1 年間の運転期間に消費される消耗品を主な対象にして、予備品調達を我が国の協力範囲に含めるものとする。本施設の予備品は、機器、電気機器に対する消耗品が対象になるが、機械、電気設備は、日本からの調達品が多くなり、施設稼働前にそれらの予備品を自ら調達、保管しておくことは困難であると考え、施設建設と同時に調達して、施設稼働後は保管する計画とする。予備品の内容と数量に関しては、機器、電気機器のメーカー、あるいはサプライヤが推奨する常識的な範囲のものとする。

(4) プラント設備予備品

既存の新旧浄水場は、既設設備の維持管理用にそれぞれのワークショップを持ち、旋盤等の工作機器によって修理作業を行っている。本計画で建設される施設設備の修理用にもこれらのワークショップを利用することは可能であり、旋盤等の工作機械は調達範囲に含めない。本計画によって調達する道工具類は、建設する機器、電気機器のメンテナンス用の機械工具、および、機器据付時に用いる、計測器を主体にする。また、塩素ガスの漏出事故時に必要な防毒マスクも調達範囲とする。維持管理道工具の一覧を表 3.13 に示す。

表 3.13 維持管理道工具リスト

機械工具	スパナ、レンチ等	一般工具
計測器	ダイヤルゲージ	機器据付時の使用計器
	シックスゲージ	
	ノギス	
	振動計	機器据付後、通常の維持管理
	騒音計	
	回転計	
	温度計	通常の維持管理
	クランプメータ	電気機器の維持管理用
	テスタ	
	絶縁抵抗器	
安全器具	防毒マスク	塩素ガス漏出事故時に使用

3-2-2-12 送配水管網

(1) 目的

プロジェクト完了後は、新浄水場の浄水生産量は 400L/秒拡張され、井戸施設からの供給量 50L/秒を加えると浄水場からの給水量は現在の 450L/秒から 850L/秒に増加する。この場合、既存配水管網では配水区内の需要家に充分水が行き渡らない可能性が高い。NOPWASD は 2040 年を目標においた長期の配水管網整備計画を策定しているが、日本側との本プロジェクトに関する協議を重ねる過程において、本プロジェクトの完了に合わせた既設配水管網の整備計画を新たに日本側に提示した。本検討書の目的は、新たに提示された既設配水管網の整備計画を検討し、その妥当性を検証するものである。

(2) 既設配水管網の整備計画

1) 長期の配水管網整備計画（目標年 2040 年）

NOPWASD は、2040 年を目標年とする長期の給水計画を独自に策定している。計画地区内の井戸施設とコンパクトユニットの供給源を全て浄水場に移行するという前提に立っており、新浄水場の拡張規模を 800L/秒に定め、新浄水場からの送水量を 1200L/秒としたものである。この給水計画に沿った配水管網の整備計画が策定され、計画は次の 3 つの要素から構成されている。

既設管を利用

既設管を敷設替え

新たな配水管の敷設

整備計画の内容は市内のほぼ全域を大幅に改修するものとなっている。エルマハラエルコブラ市の外環道路沿いにも新たな配水管を敷設し、市内を取り巻くループ状の配水幹線網を構築する計画である。

2) 本プロジェクトの配水管網整備計画（目標年 2010 年）

本プロジェクトは目標年を 2010 年においたものであり、井戸施設とコンパクトユニットも可能な限り供給源として利用する。新浄水場の拡張規模を 400L/秒とし新浄水場からの送水量は 850L/秒である。配水管網の整備工事は本プロジェクト完了年(2009 年)までには完成しておかなければならず、決められた工期をもとにした現実的な案となっている。計画では新たに敷設する配水管はなく、新浄水場からの送水量の増加に伴い、不足する管径を太くするための敷設替えが基本となっている。敷設替えが必要な場合は、配水管の管径は上記の長期配水管網整備計画におけるサイズを適用しており、常識的な考え方である。図 3.5 はエルマハラエルコブラ市内の既設配水管網の敷設状況を示しており、この中には長期の配水管網整備計画で新たに敷設する配水管も合わせ表示した。

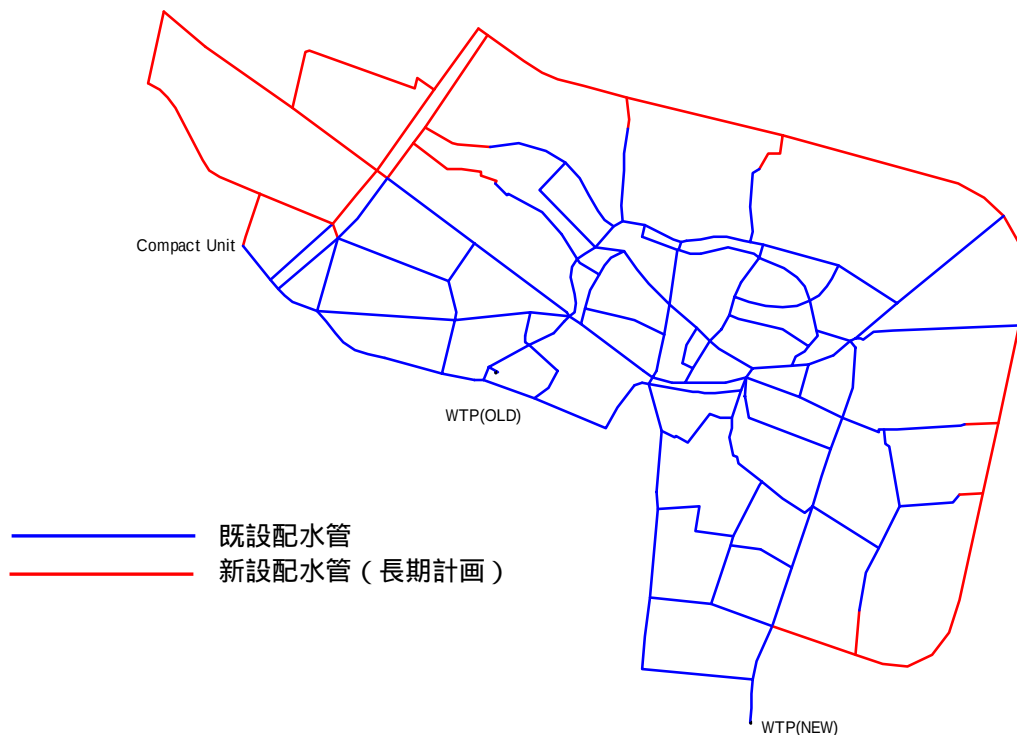


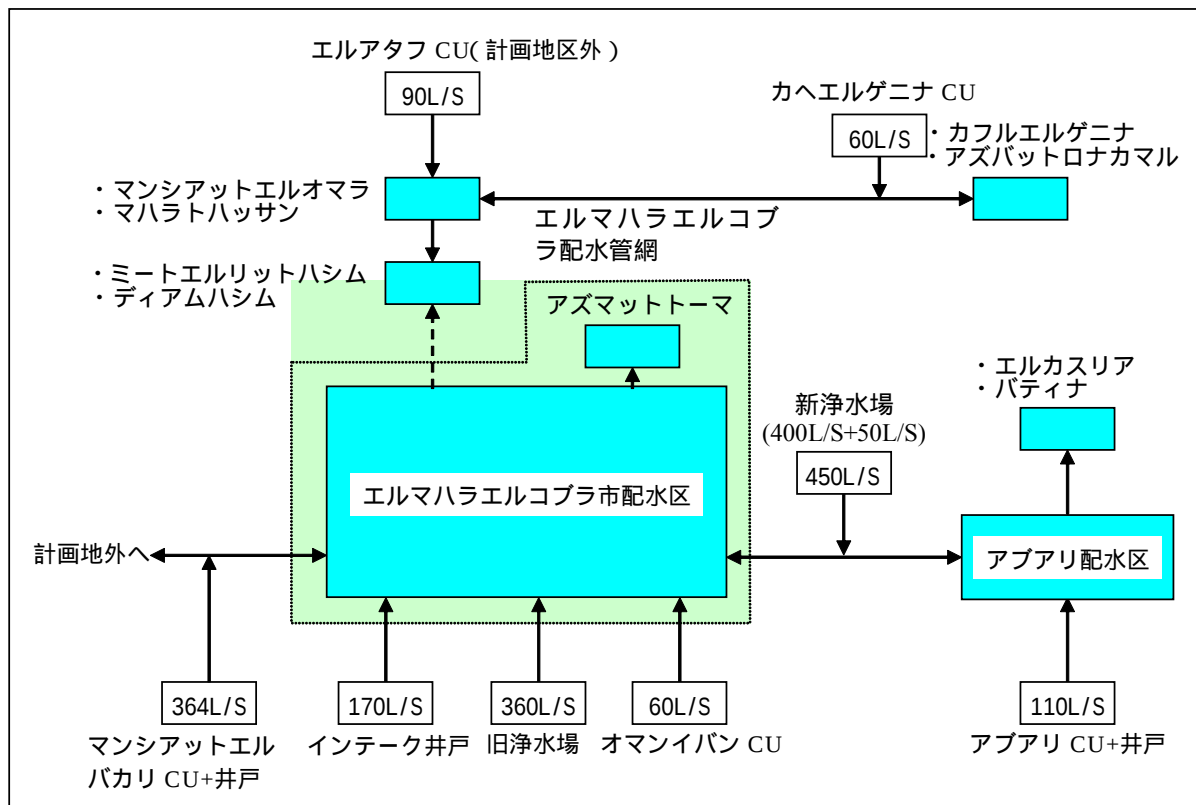
図 3.5 エルマハラエルコブラ市配水管網

(3) 計画地内の配水システム

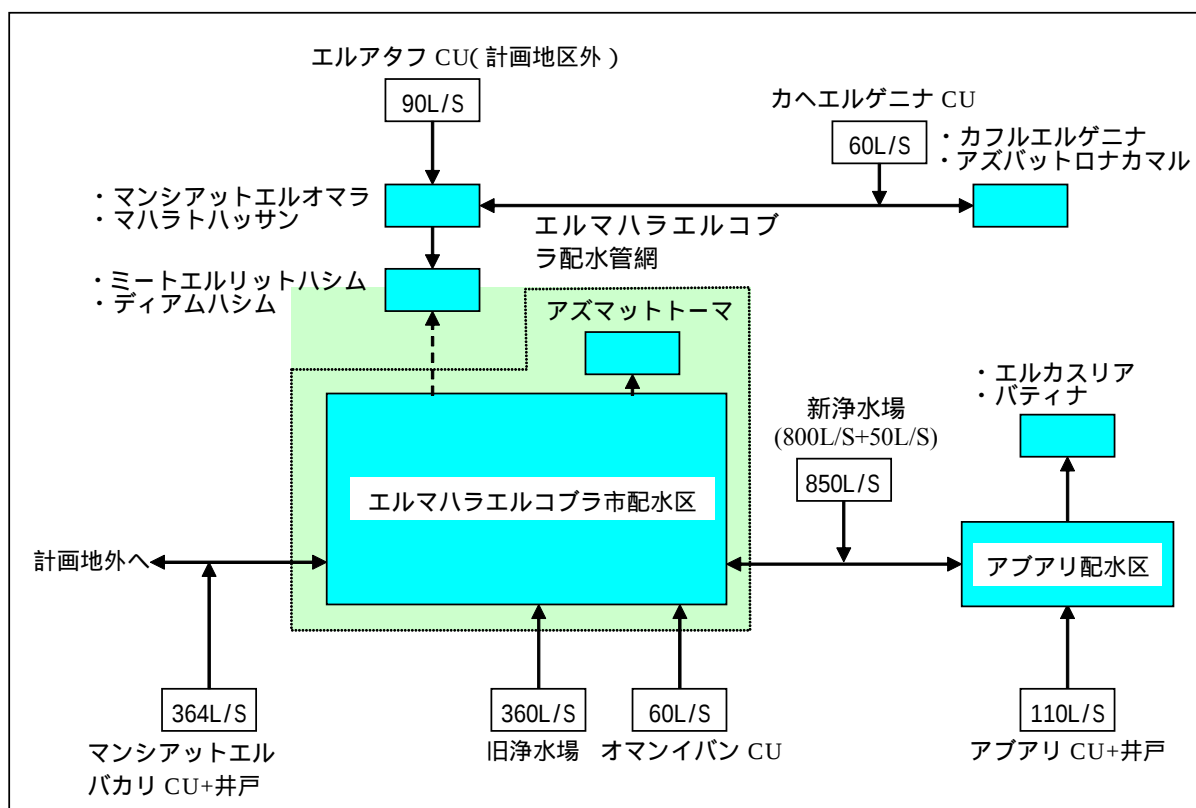
計画地内の配水システムにおける対象となる配水管網の位置付けと、配水区と供給源を明確にするため、図 3.6 に示す配水システム図を作成した。給水源の浄水場、コンパクトユニットおよび井戸施設に示す数値は、各給水施設が持つ能力を示しており、具体的には一日当たりの最大可能給水量を示す。エルマハラエルコブラ市は計画地の全給水量の 7 割近くをしめており、同市に隣接するアブアリ配水区とエスカスリア村およびバティナ村の 2 村を含めると 8 割以上になる。新浄水場の給水先はエルマハラエルコブラ市が主体になるが、アブアリ地区とエスカスリア村およびバティナ村は、配水管網に直接は含まれていないが新浄水場の重要な送水先である。また、アズマットトーマ村は同市に近く、市内の配水管網から直接給水され配水管網に含まれている。上記 4 地区に比べると、他の 6 村はエルマハラエルコブラ市から離れた農村地区に位置しており、市内の配水管網から直接給水されることはなく、現在は近傍のコンパクトユニットから給水されている。6 村の中で、ディラムハシム村、ミートエルリットハシム村は最近まで市内の配水管網から給水を受け、ここからブースターポンプによってマハラトハッサン村、マンシアットエルオマラ村まで送水していたが、市内の配水管網からの給水量が不足するようになったため、この 4 村への給水は計画地外のコンパクトユニット（エルアタフ CU）に切り替えられ現在に至っている。また、本プロジェクトでは地下水の塩分濃度の上昇により、給水水質への影響がとくに大きいインテーク井戸は廃止する計画であり、2010 年を目標としたエルマハラエルコブラ市配水管網の給水源と配水区は次のようになる。

給水源： 旧浄水場、新浄水場、マンシアットエルバカリ CU+井戸、オマンイバン CU

配水区： エルマハラエルコブラ市、アズマットトーマ村



現 状



プロジェクト完成後

図 3.6 計画地内の配水システム

(4) 検討方法

NOPWASD の配水管網整備計画の妥当性の検証にあたっては、本プロジェクト完成後、給水源からの給水量が配水区全体に行き渡りこと確認することになる。配水管網の各点において予想される使用水量を与えた場合、各点において十分な水圧が保られていることが確認作業の具体的な内容となる。配水管網を新たに計画する場合、経済設計という視点から管内流速も管路網計画にとっては重要なファクターとなるが、本検討は既設配水管網を対象としており、本検討では妥当性の評価基準に管内流速を加えない。

1) 妥当性の評価基準

評価基準を次の 2 点とする。

- a 管路網の全ての点において、最低でも 30 m 程度の給水圧を保持する。
- b 配水管路網内の給水圧の均一性をできるだけ保つ（給水圧の平滑化）

a の説明：エジプト国は集合住宅が多く、4～5 階の建物に直接給水可能な給水圧を基準にしてエジプト基準では 25 m を末端需要家おける最小給水圧としているが、配水管網の給水圧は、配水本管から末端需要家までの摩擦損失を見込み、30 m 程度を最小の給水圧とする。

b の説明：エルマハラエルコブラ市の配水区にはゾーン分けがなく、市全体が 1 つのゾーンからなる。広域な配水区内で給水圧のばらつきが大きい場合、たとえ各点において最小の給水圧が維持された計画であっても実際施設が運用されてから十分に水が行き渡らない地区がでてくる可能性がある（予測された計画使用水量と実際の使用水量の差による）。本検討の結果評価にあたっては局所的に給水圧の低い地区が生じないことを判断基準におく。

2) 検討手順

給水圧の算出にあたっては、配水管網をモデル化しプログラムにより水理計算する。使用するプログラムは世界で広く利用され信頼性が高い EPA（アメリカ環境庁）の EPANET2 を適用する。EPANET2 はプログラムソースが公開された公開プログラムであり、節点水位法を解析のアルゴリズムとして採用している（水源での水圧を境界条件として与え管路流量と節点の給水圧を求める方法）。また、EPANET2 は本検討のようにポンプ圧送による多重水源モデルにも対応が可能である。

検討手順を図 3.7 に示す。本検討は NOPWASD の配水管網整備計画を評価するものであるが、同整備計画は本プロジェクトの完成に伴い既設管のままでは管径が足らず既設配水管の敷設替えが必要な箇所を特定することが基本となっており、本検討もこの趣旨に添った手順で水理計算を行い、最終的な検討結果を NOPWASD の整備計画案と比較しその妥当性を評価する。なお、対象となる管路網へは旧浄水場、新浄水場、マンシアットエルバカリ浄水施設と 3 カ所の給水施設からポンプにより圧送され、3 カ所のポンプは管路網内の圧力バランスにより相互に干渉しあい運転点が移動する。このため水理計算結果が現実の給水状況を再現できているかを確認するために、水理計算結果の中で各ポンプの運転点が定格点に近いことを確かめることにする。

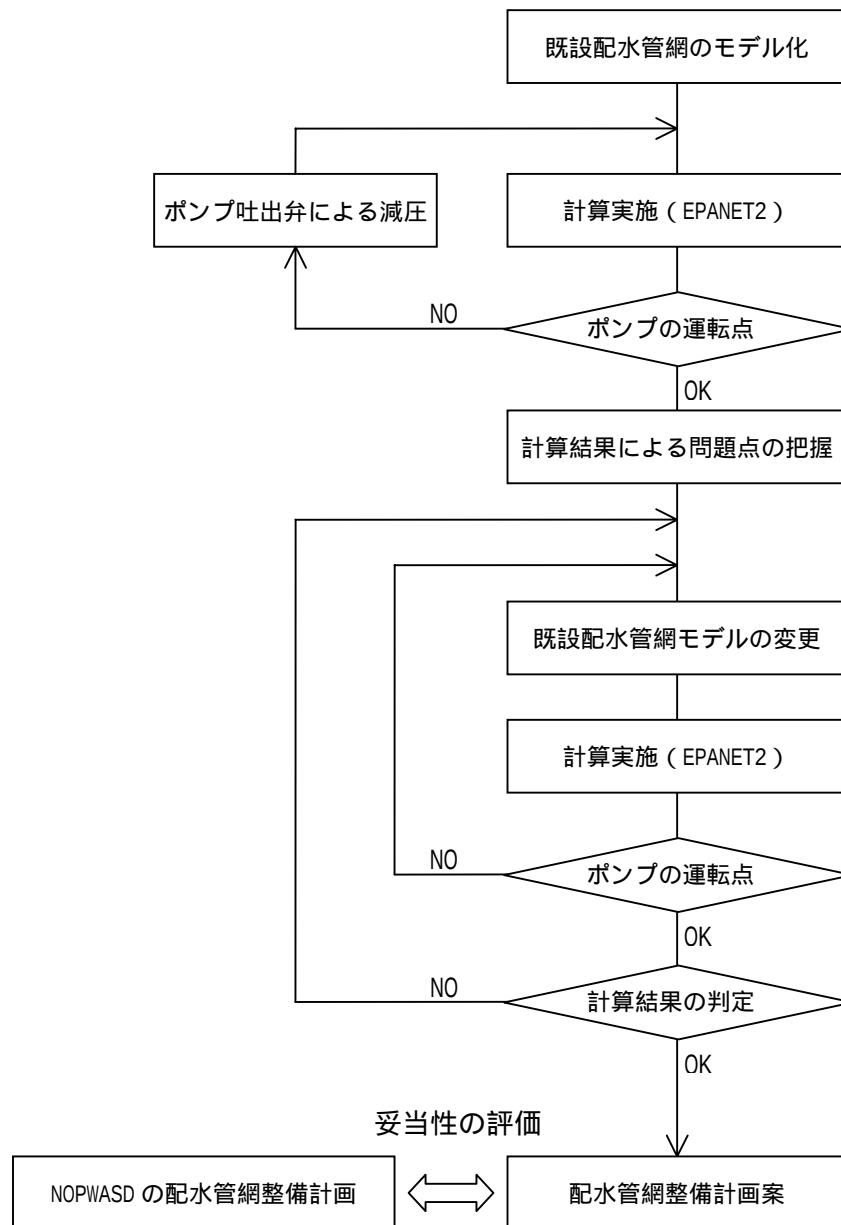


図 3.7 検討手順の流れ

(5) 計算モデルの作成

1) 配水管網のモデル化

タンタ市の GIS データセンターから入手した GIS データをもとに、管網モデルを作成した。基本的には 200mm 以上の管径を抽出してモデル化した。なお、既設配水管の管径とルートに関し NOPWASD の計画案に示されたものと多くの相違点が見られたが、GIS データは、エルマハラエルコブラ市で配水管網の維持管理に携わり敷設位置に精通している GACWASD の担当者の知識をベースに作られており、GIS データが正しいものと判断して GIS データをそのまま採用した。図 3.8 は既設配水管網のモデル図を示す。

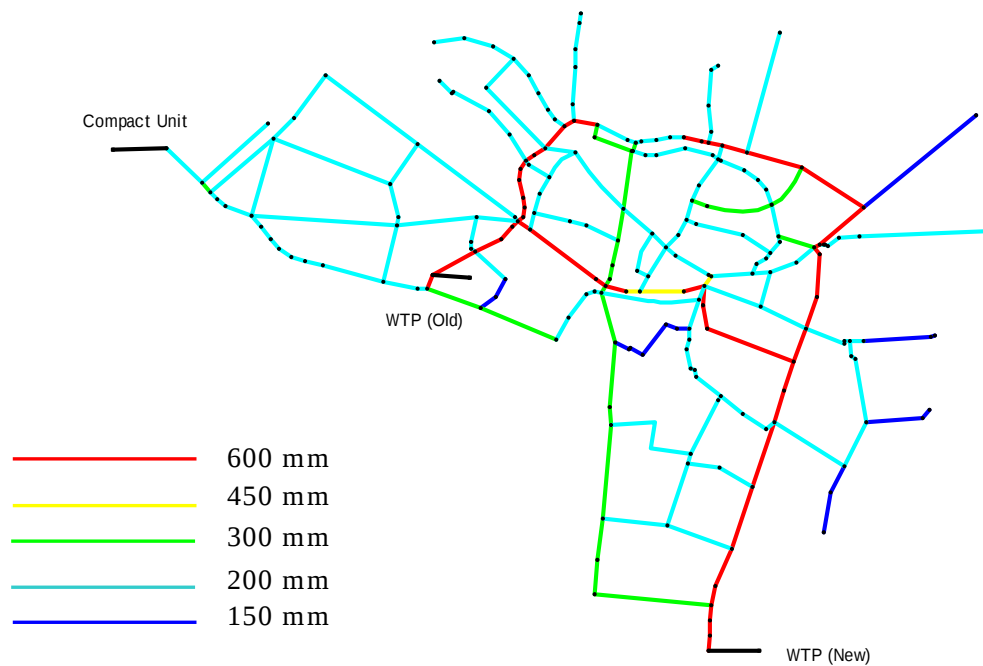


図 3.8 配水管網モデル

2) 節点水量の算出

管網内の使用水量を管網モデルの各節点に代表させ、節点水量として割り付ける。配水管網内の給水源からの全給水量を、節点が代表する居住面積比に応じて各節点に配分する。配水管網の管径は、時間ピーク時の給水量を配水できる大きさが必要であり、給水施設からの給水量は時間最大量を用いることが求められるが、既設給水施設の送水量には時間ピークがなく現在は常に一定した量で送水されている。全給水量の算定にあたっては、オマニイバンのコンパクトユニットは給水量も小さく、多大な維持管理費を必要とし稼働率が低いいためその量を計算から除いたこと、新浄水場からは全量が市内の配水管網に給水されると仮定したこと（検討の上では安全側）、また、マンシアットエルバカリ給水施設からは、その一部の量を市内配管網へ給水量として扱ったことが全給水量を求めた条件である。給水施設からの全給水量は以下のようになる。

新浄水場： 既設浄水施設（400 L/秒）＋ 井戸施設（50 L/秒）＋ 本プロジェクトによって拡張される浄水施設からの最大給水量（520 L/秒）＝ 970 L/秒

旧浄水場： 360 L/秒

マンシアットエルバカリ給水施設： 100 L/秒（接続管の管径からの推定値）

したがって、配水管網への全給水量は 1,430 L/秒となり、節点水量を与える各節点にこの量を配分した。配分の方法は、ティーセン分割を用いて節点の負担面積比率を求め、全給水量に負担面積比率を掛けて各節点水量を求めた。配水区内の住居地区と節点水量を与える節点の位置を図 3.9 に示す。

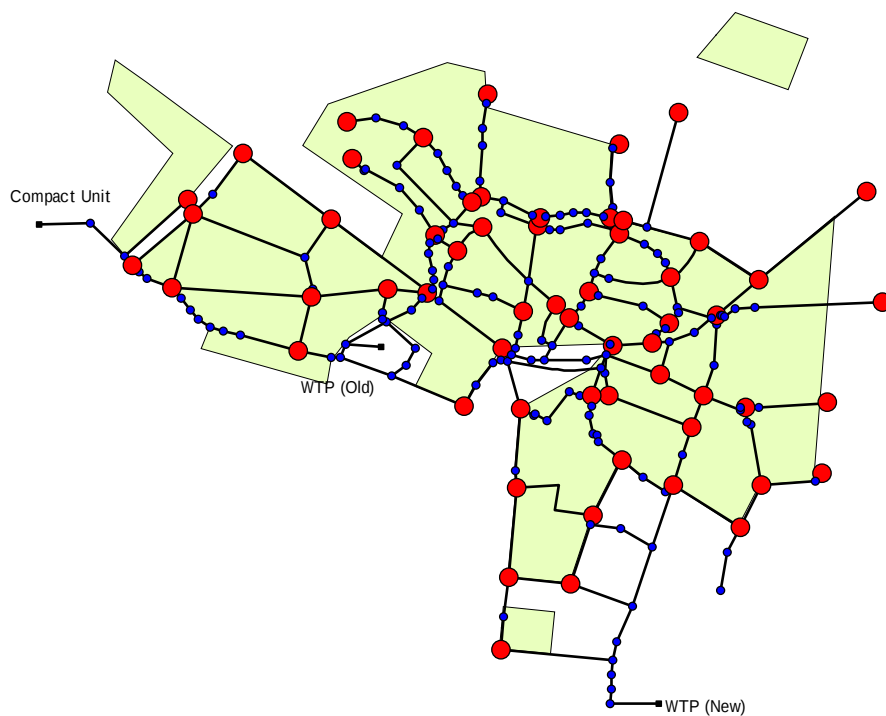
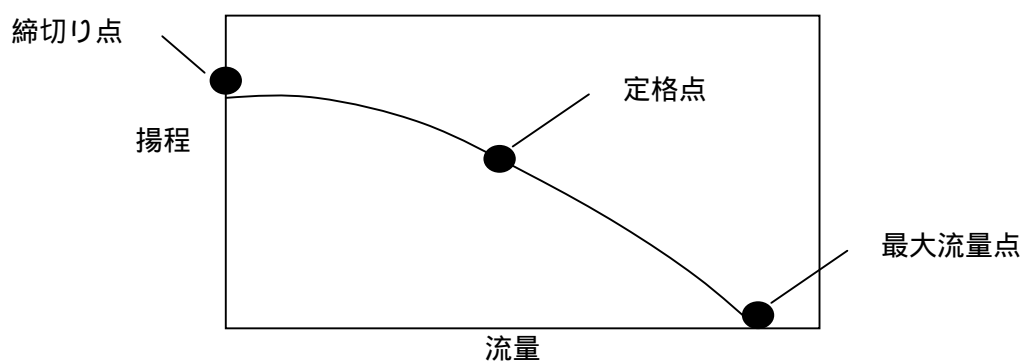


図 3.9 住居地区と節点水量を与えた節点

3) 給水源のモデル化

新浄水場、旧浄水場、マンシアットエルバカリの3カ所の給水施設からはポンプ圧送によって配水管網へ送水されており、ポンプをモデル化する。各ポンプの送水圧は 60 m であり、定格流量を 60m の揚程で送水している。EPANET2 では定格値をもとにポンプの性能曲線（流量 - 揚程曲線）を与え、管路網との圧力バランスから性能曲線によりポンプの運転点を特定する方法をとる。ポンプの性能曲線には実際の曲線を与えることが好ましいが、利用できる曲線はなく、本計算では EPANET2 が標準装備している性能曲線を利用した。この曲線は定格点における流量と揚程を与え、定格点からポンプの締切り点（流量 = 0、揚程 = 定格揚程の 133 %）と最大流量点（流量 = 定格流量の 2 倍、揚程 = 0 m）を求めることにより 2 次曲線として近似したものである。



3つの給水施設のポンプ定格点は次のようになる。

新浄水場： 定格流量 = 970 L/秒、定格揚程 = 60 m

旧浄水場： 定格流量 = 360 L/秒、定格揚程 = 60 m

マンシアットエルバカリ給水施設： 定格流量 = 100 L/秒、定格揚程 = 60 m

(6) 計算結果と考察

1) 既設配水管網を整備しない場合

計算結果

計算結果を図 3.10 に示す。計算結果は各節点における給水圧分布を示している。また、旧浄水場のポンプ出口で 23 m、マンシアットエルバカリ給水施設のポンプ出口で 20 m の減圧をそれぞれ行う必要がある。

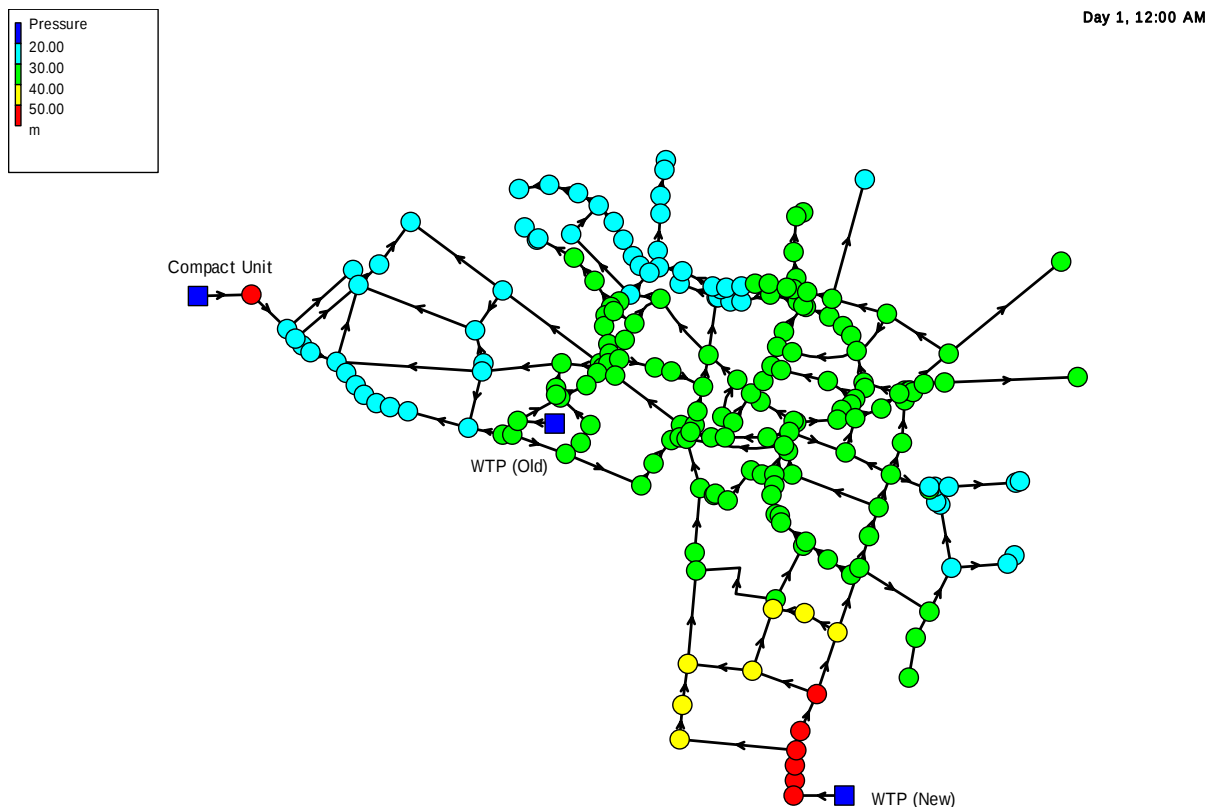


図 3.10 計算結果（既設配水管網をそのまま利用した場合）：圧力

結果の考察

既設配水管網を整備せずに、新浄水場からの送水量を現在の 450 L/秒から 970 L/秒に増加した場合、この水量を市内の配水区に送水するためには他の浄水施設の送水圧を減圧することが必要となる。旧浄水場で 23 m、マンシアットエルバカリ給水施設で 20 m の減圧量である。この時の配水管網内の給水圧は、市内中心部地区で 30 m から 40 m 程度になり、給水圧として満足した値であるが、市内の周辺部およびマンシアットエルバカリ給水施設に近い地区では 20 m から 30 m の給水圧となり、本検討の判定基準とした 30 m の給水圧を下まわることになる。給水圧は新浄水場から離れるにつれて下がる傾

向があり、新浄水場を含めた給水施設の送水圧 60 m と比べると 30 m 近い圧力差が生じる。配水管網の必要な箇所の管径を上げない限り、給水量の増加による摩擦損失を圧力差で補わざるを得ない。このように配水区内の給水圧の差が大きいと、実際に給水したときに水の流れやすい地区と流れにくい地区が生じる可能性を否定できない。このような問題を避けるために、配水管網の計画ではできるだけ同一配水区内の圧力の均一化と平滑化を図ることが必要であり、既設配水管網を整備せずに利用することは問題が多いものとする。

2) 既設配水管網を整備する場合

計算結果

既設配水管網を整備しない計算モデルをもとに、必要な配水管の敷設替え（管径を大きくする）を順次行い、満足する結果が得られるまで水理計算を実施した。最終的に得られた既設配水管の敷設替えを示すものを図 3.11 に、その時の水理計算結果を図 3.12 に示す。なお、敷設替えする管径はNOPWASDの整備計画で計画されている管径を適用した。

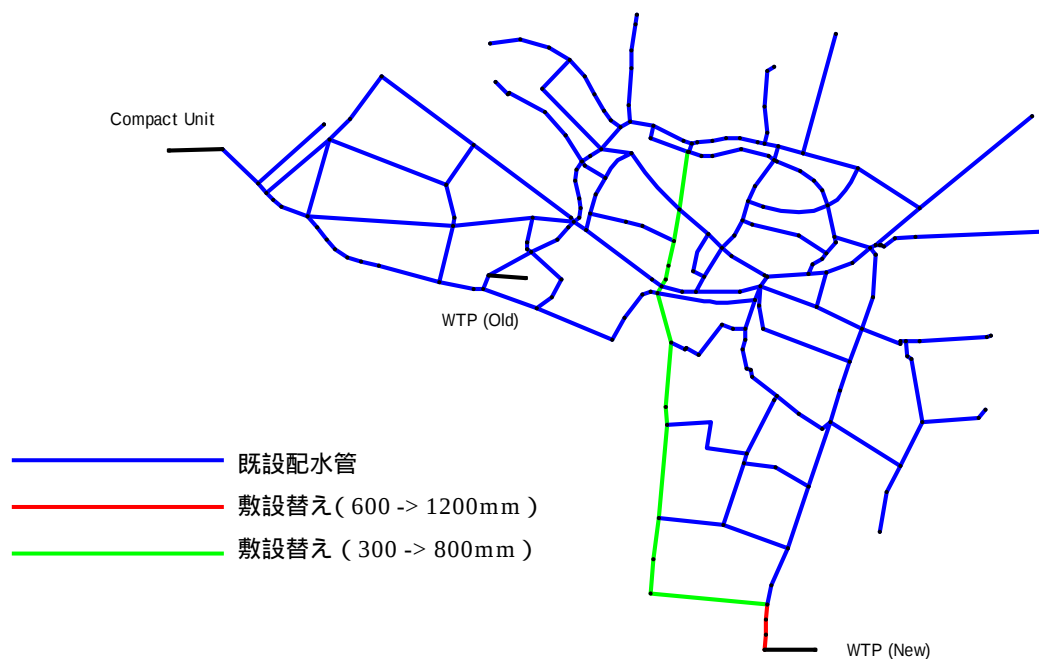


図 3.11 既設配水管の敷設替え

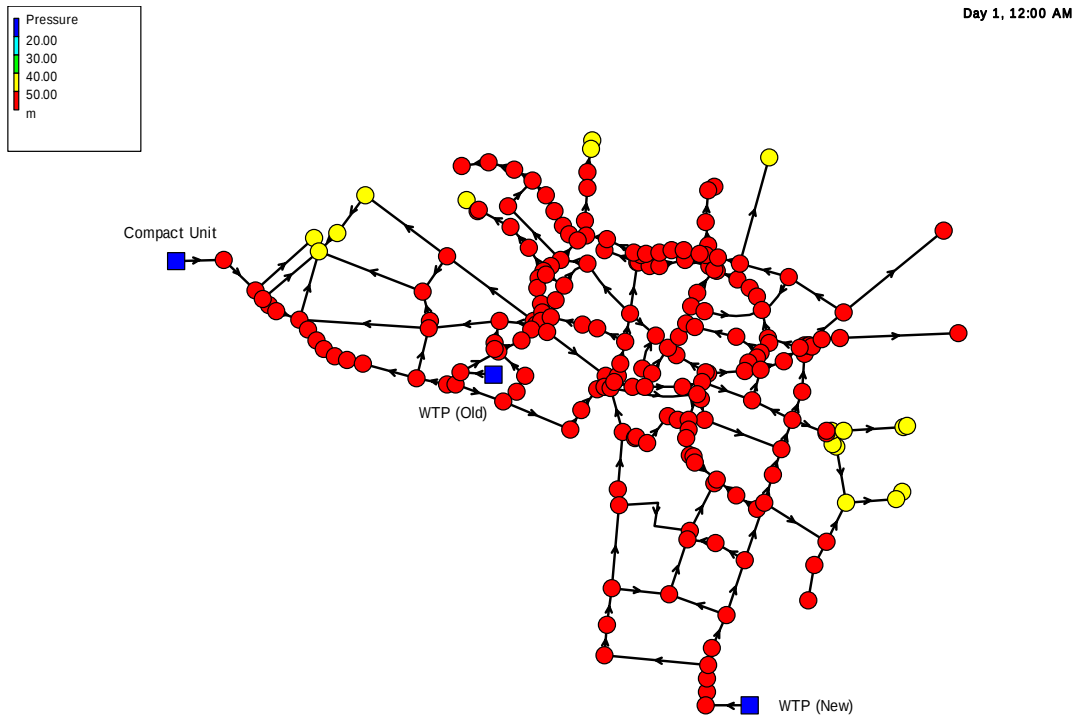


図 3.12 計算結果（圧力）

結果の考察

新浄水場から市内中心に至るルートの配水管を敷設替えすることにより、判定基準を満足する結果が得られた。結果が示すように、配水区の大半の地区は給水圧が 50 m 以上あり、市内からはずれた一部の地区で 40 m から 50 m の給水圧になる。配水区内の給水圧のばらつきも少なく、現在市内の一部の地区で見られる、慢性的な給水圧不足の問題も解消されるものと思われる。既設管網の整備計画の基本的な考え方は、新浄水場から市内の中心まで太いルートを確認することであり、このルートさえ確立されれば、この幹線から分岐する多くの既設配水管を通して配水区へくまなく給水が可能になると考える。GIS データを見る限り、エルマハラエルコブラ市内の配水管網は十分に完備されており、配水区における給水環境の問題は供給量の不足につきるのはないかと推測される。

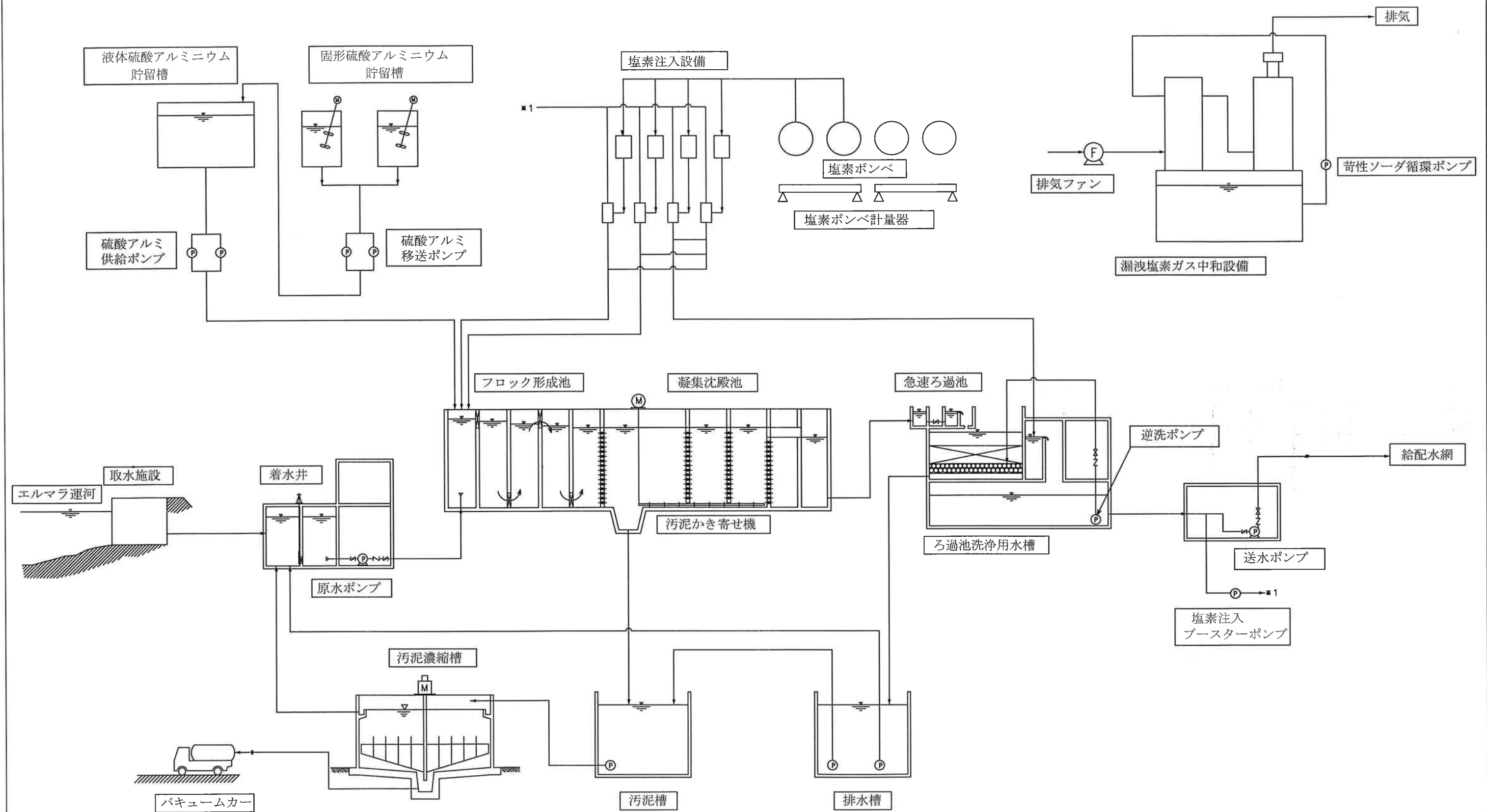
市内配水管網の整備工事が完了すれば、他への波及効果も期待できる。配水管網内の給水圧が足りないため、現在は使われていないエルラバン地区のバランシングタンクの利用も十分可能になると考えられる。同様に給水圧が足らずに市内からの送水が困難となっている、ミートエルリットハシム村、ディラムハシム村の 2 村への送水も可能になるものと推測できる。

(7) 結論

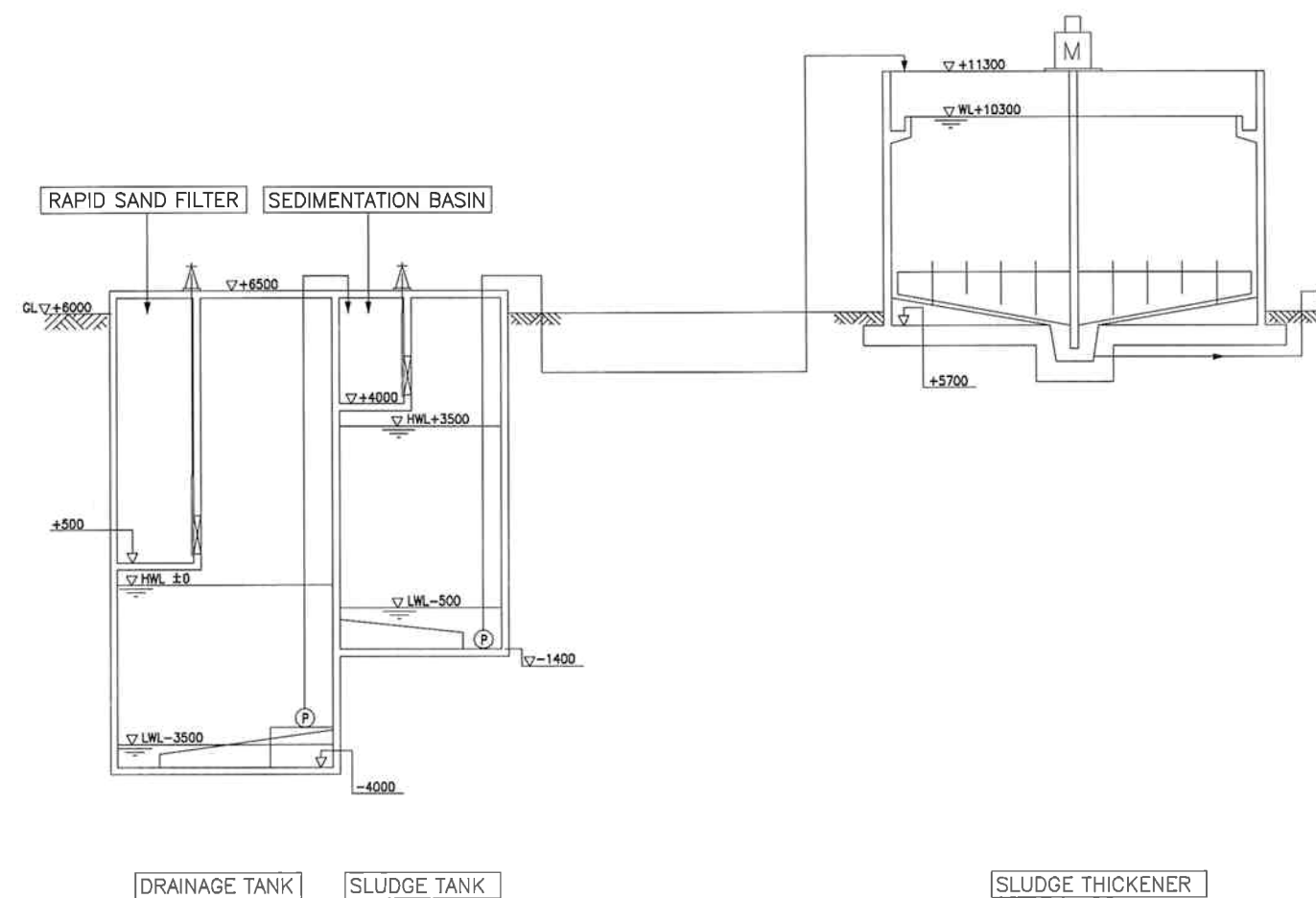
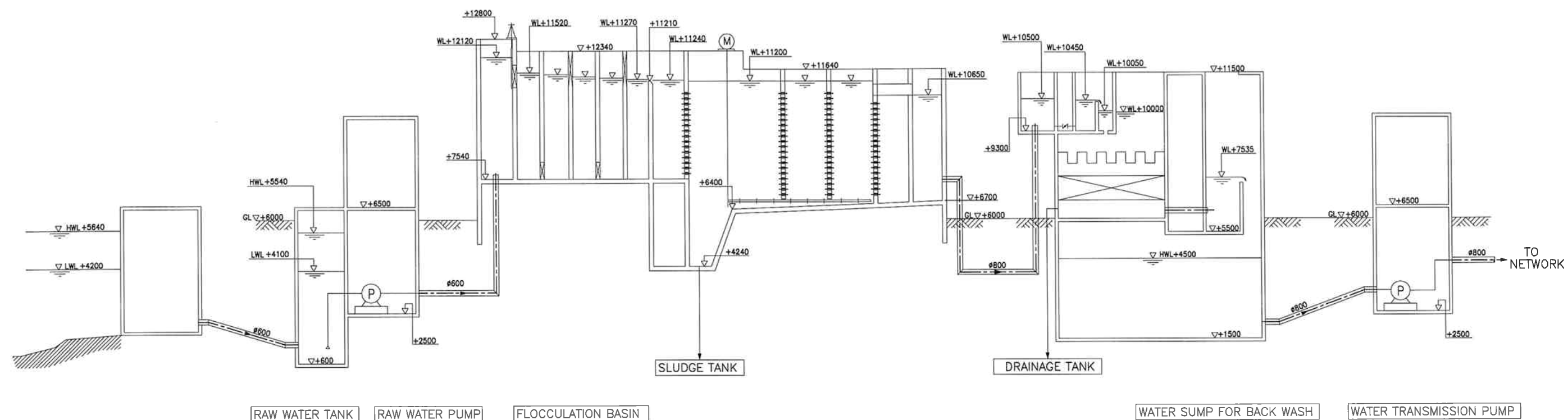
本プロジェクトに合わせて策定された NOPWASD の既設配水管網の整備計画案は、新浄水場から市内中心まで太い送水ルートを確認するという考えに基づいたもので、本検討結果による整備案と基本的に一致しており妥当なものと評価する。ただし、NOPWASD の整備案はこの送水ルート以外にも他の配水管の敷設替えも含んでいるが、本プロジェクトによって建設される施設が機能するための整備案という視点に立てば、整備計画案から除くことも可能である。これらの問題は今後 NOPWASD と協議して、最終的に整備範囲を確定する

3-2-3 基本設計図

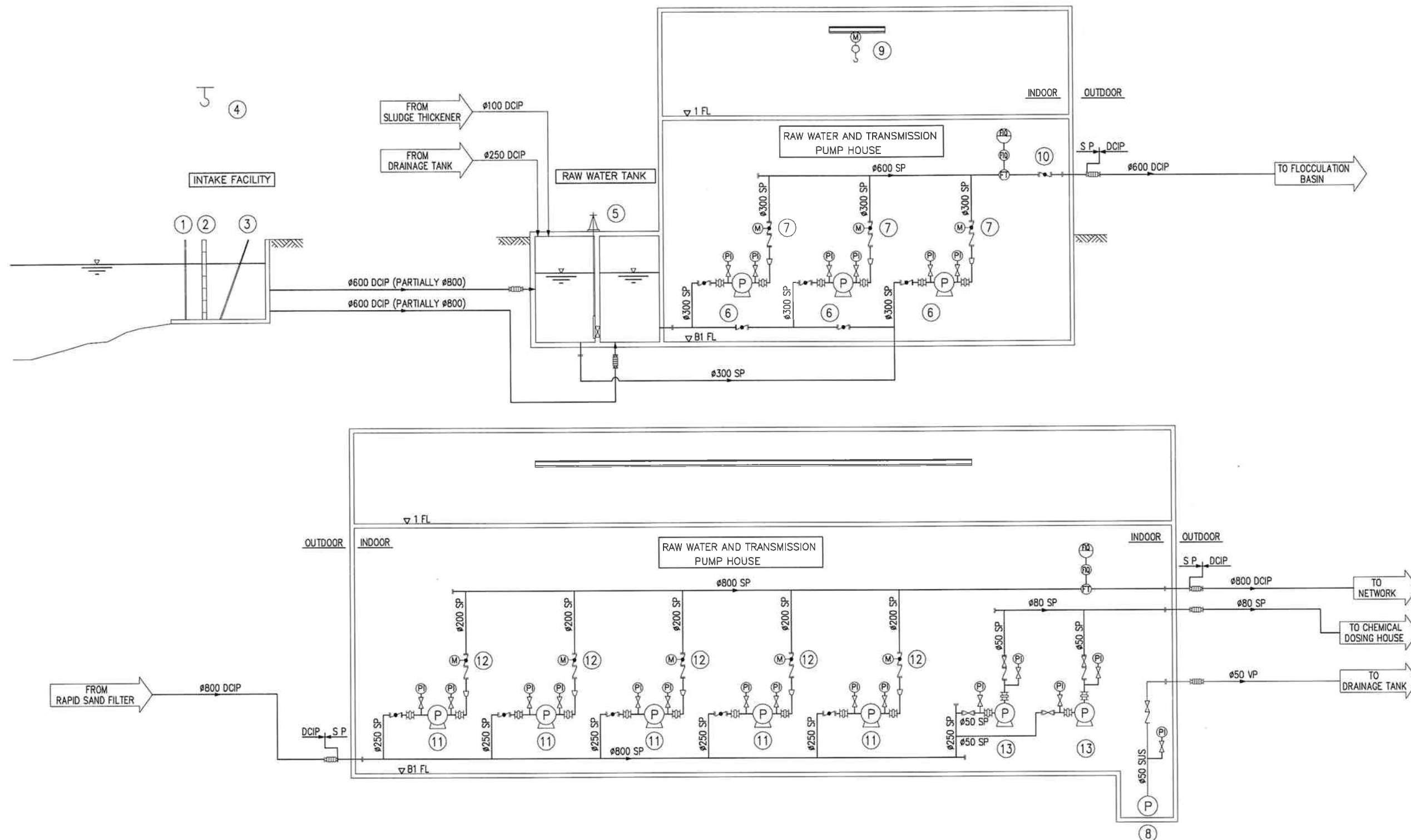
図面番号	図面タイトル
MKWP-01	全体配置図
MKWP-02	システム系統図
MKWP-03	水位高低図
MKWP-04	取水、導水ポンプ、送配水ポンプシステム系統図
MKWP-05	浄水システム系統図
MKWP-06	硫酸アルミニウム注入システム系統図
MKWP-07	塩素注入、塩素中和装置システム系統図
MKWP-08	排水、排泥処理システム系統図
MKWP-09	モニタリングシステム、計装図
MKWP-10	単線結線図
MKWP-11	取水施設図 (1/2)
MKWP-12	取水施設図 (2/2)
MKWP-13	ポンプ室、電気室図 (1/2)
MKWP-14	ポンプ室、電気室図 (2/2)
MKWP-15	送配水ポンプ室図
MKWP-16	凝集沈殿池図 (1/2)
MKWP-17	凝集沈殿池図 (2/2)
MKWP-18	急速ろ過池図 (1/3)
MKWP-19	急速ろ過池図 (2/3)
MKWP-20	急速ろ過池図 (3/3)
MKWP-21	薬品注入棟図 (1/2)
MKWP-22	薬品注入棟図 (2/2)
MKWP-23	排水槽、汚泥槽図 (1/2)
MKWP-24	排水槽、汚泥槽図 (2/2)
MKWP-25	汚泥濃縮槽図



MKWP-02 システム系統図



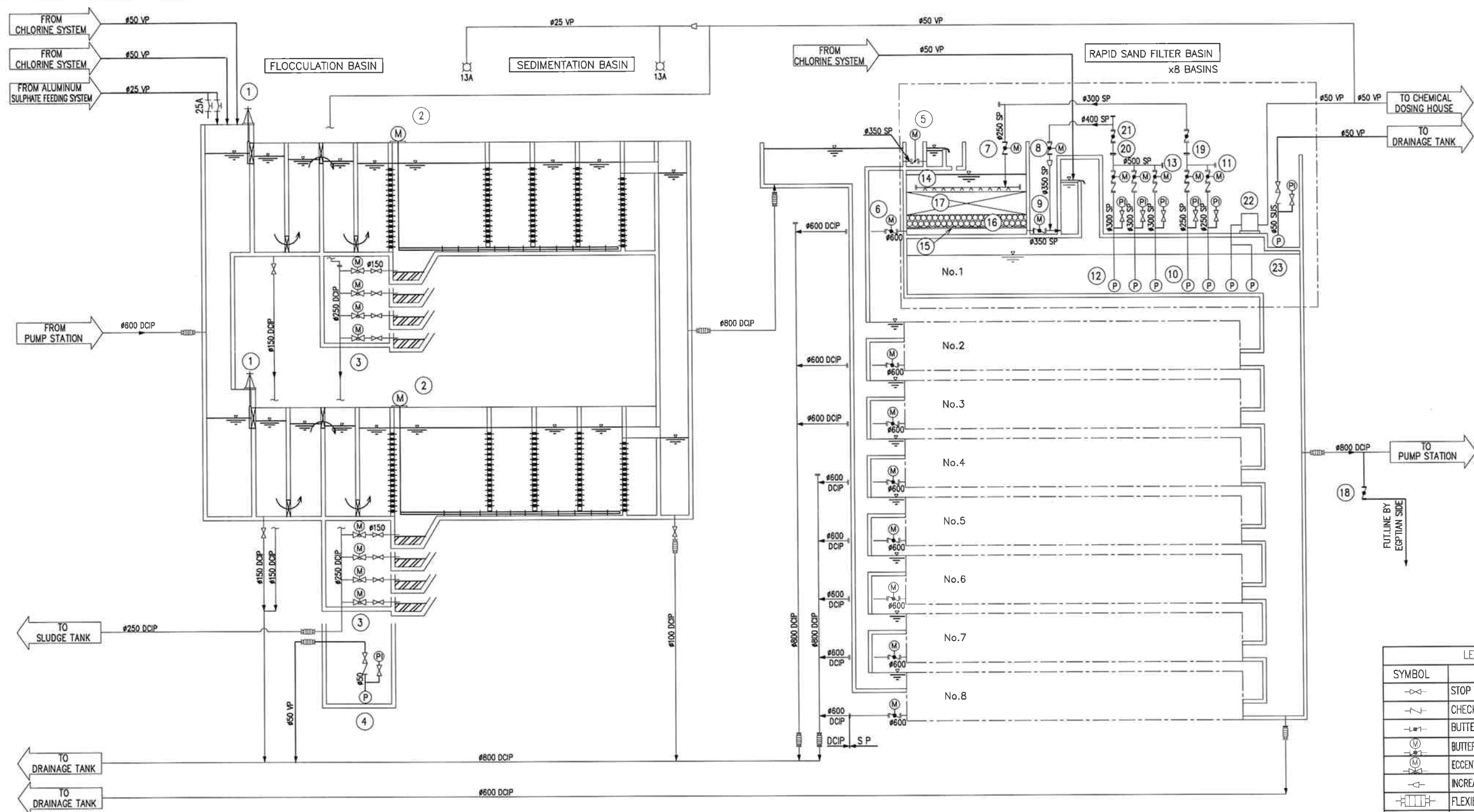
MKWP-03 水位高低图



LEGEND	
SYMBOL	NAME
	STOP VALVE(MANUAL)
	CHECK VALVE
	BUTTERFLY VALVE(MANUAL)
	BUTTERFLY VALVE(MOTOR OPERATED)
	INCREASER OR REDUCER
	FLEXIBLE TUBE
	EXPANSION JOINT
	PUMP
	MOTOR
	PRESSURE INDICATOR
	FLOW TRANSMITTER
	FLOW INDICATING TRANSMITTER
	STEEL PIPE
	DUCTILE CAST IRON PIPE
	PVC PIPE

EQUIPMENT NO.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
NAME	BAR SCREEN	STOP LOG FOR INTAKE	SCREEN FOR INTAKE	CHAIN HOIST FOR INTAKE	INTAKE BY-PASS GATE	RAW WATER PUMP	DISCHARGE VALVE FOR RAW WATER PUMP
TYPE/SHAPE	SCREEN (VERTICAL)	STOP LOG	SCREEN (INCLINED)	CHAIN HOIST (MANUAL OPERATION)	MANUAL GATE	HORIZONTAL DOUBLE SUCTION VOLUTE PUMP	MOTOR OPERATED BUTTERFLY VALVE
CAPACITY	W1.3m×H3.5m	W1.4m×H3.5m	W1.3m×H3.5m×ANGEL APPROX. 70°	1.5ton	φ800mm	13.2m³/min×12m×45kW	φ300mm×0.2kW
QUANTITY	2	2	2	1	1	3	3
NOTE						(INCLUDING 1 STANDBY)	
EQUIPMENT NO.	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	
NAME	DRAINAGE PUMP	CHAIN HOIST FOR PUMP	BUTTERFLY VALVE FOR RAW WATER PUMP FLOW METER	TRANSMISSION PUMP	DISCHARGE VALVE FOR TRANSMISSION PUMP	WATER PRESSURE BOOSTER PUMP FOR CHLORINATOR	
TYPE/SHAPE	SUBMERSIBLE PUMP	MOTOR OPERATED CHAIN HOIST	MANUALLY OPERATED BUTTERFLY VALVE	HORIZONTAL DOUBLE SUCTION VOLUTE PUMP	MOTOR OPERATED BUTTERFLY VALVE	HORIZONTAL MULTISTAGE PUMP	
CAPACITY	0.1m³/min×10m×0.4kW	2.8ton×3.5/0.64kW	φ600mm (PARTIALLY φ800)	8.0m³/min×60m×132kW	φ200mm×0.2kW	200L/min×60m×5.5kW	
QUANTITY	1	1	1	5	5	2	
NOTE				(INCLUDING 1 STANDBY)	(INCLUDING 1 STANDBY)	(INCLUDING 1 STANDBY)	

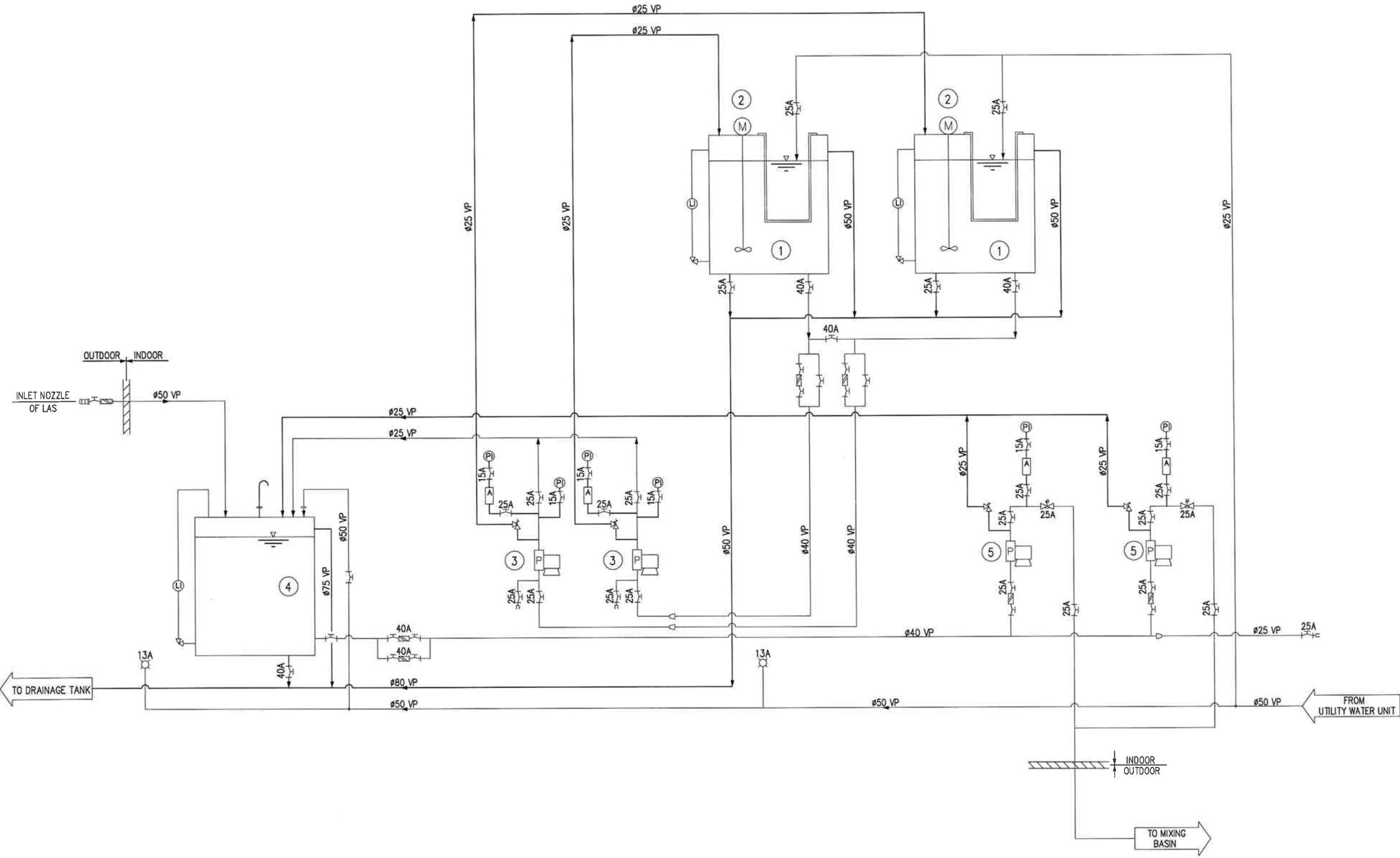
MKWP-04 取水、導水ポンプ、送配水ポンプシステム系統図



EQUIPMENT NO.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
NAME	INLET MOVABLE WEIR FOR FLOCCULATION BASIN	SLUDGE COLLECTOR FOR SEDIMENTATION BASIN	SLUDGE TRANSFER VALVE FOR SEDIMENTATION BASIN	DRAINAGE PUMP	FILTRATION BASIN INLET VALVE	FILTRATION BASIN WASTE WATER VALVE	FILTRATION BASIN SURFACE WASH VALVE	FILTRATION BASIN BACKWASH WATER VALVE	FILTRATION BASIN TREATED WATER VALVE	SURFACE WASH WATER PUMP
TYPE/SHAPE	MOVABLE WEIR	RECIPROCATING FLIGHT	MOTOR OPERATED ECCENTRIC VALVE	SUBMERSIBLE PUMP	MOTOR OPERATED BUTTERFLY VALVE	MOTOR OPERATED BUTTERFLY VALVE	MOTOR OPERATED BUTTERFLY VALVE	MOTOR OPERATED BUTTERFLY VALVE	MOTOR OPERATED BUTTERFLY VALVE	SUBMERSIBLE PUMP
CAPACITY	800mmx300mmat	5.5mWx 40mLx 1.5Kw	#150mmx0.2kW	0.1m ³ /minx 10m x 0.4kW	#350mmx0.2kW (STEM EXTENSION)	#600mmx0.75kW	#250mmx0.2kW	#400mmx0.2kW	#350mmx0.2kW	6.75m ³ /minx 25m x 45kW
QUANTITY	2	4	8	1	8	8	8	8	8	2
NOTE										(INCLUDING 1 STANDBY)
EQUIPMENT NO.	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳
NAME	DISCHARGE VALVE FOR SURFACE WASH WATER PUMP	BACKWASH WATER PUMP	DISCHARGE VALVE FOR BACKWASH WATER PUMP	SURFACE WASH SYSTEM	UNDERDRAIN SYSTEM	FILTER GRAVEL	FILTER SAND	CONNECTION VALVE	FLOW METER FOR SURFACE WASH WATER PUMP	FLOW METER FOR BACKWASH WATER PUMP
TYPE/SHAPE	MOTOR OPERATED BUTTERFLY VALVE	SUBMERSIBLE PUMP	MOTOR OPERATED BUTTERFLY VALVE	NOZZLE TYPE(SUS)	STRAINER TYPE	FILTER GRAVEL	FILTER SAND	MANUAL OPERATED BUTTERFLY VALVE	ORIFICE TYPE	ORIFICE TYPE
CAPACITY	#250mmx0.2kW	10.13m ³ /minx 10m x 30kW	#300mmx0.2kW	FILTRATION BASIN 4.5mWx 7.5mL	FILTRATION BASIN 4.5mWx 7.5mL	FILTER GRAVEL	0.5~0.85mmxH600mm	#800mm	#300mm	#500mm
QUANTITY	2	3	3	8	8	85m ³	170m ³	1	1	1
NOTE		(INCLUDING 1 STANDBY)								
EQUIPMENT NO.	㉑	㉒	㉓							
NAME	FLOW CONTROL VALVE FOR BACKWASH WATER	UTILITY WATER UNIT	DRAINAGE PUMP							
TYPE/SHAPE	MANUAL OPERATED BUTTERFLY VALVE	PRESSURE UTILITY UNIT	SUBMERSIBLE PUMP							
CAPACITY	#500mm	20~320L/minx21~38m (SUBMERGED PUMPx2)	0.1m ³ /minx 10m x 0.4kW							
QUANTITY	1	1	1							
NOTE										

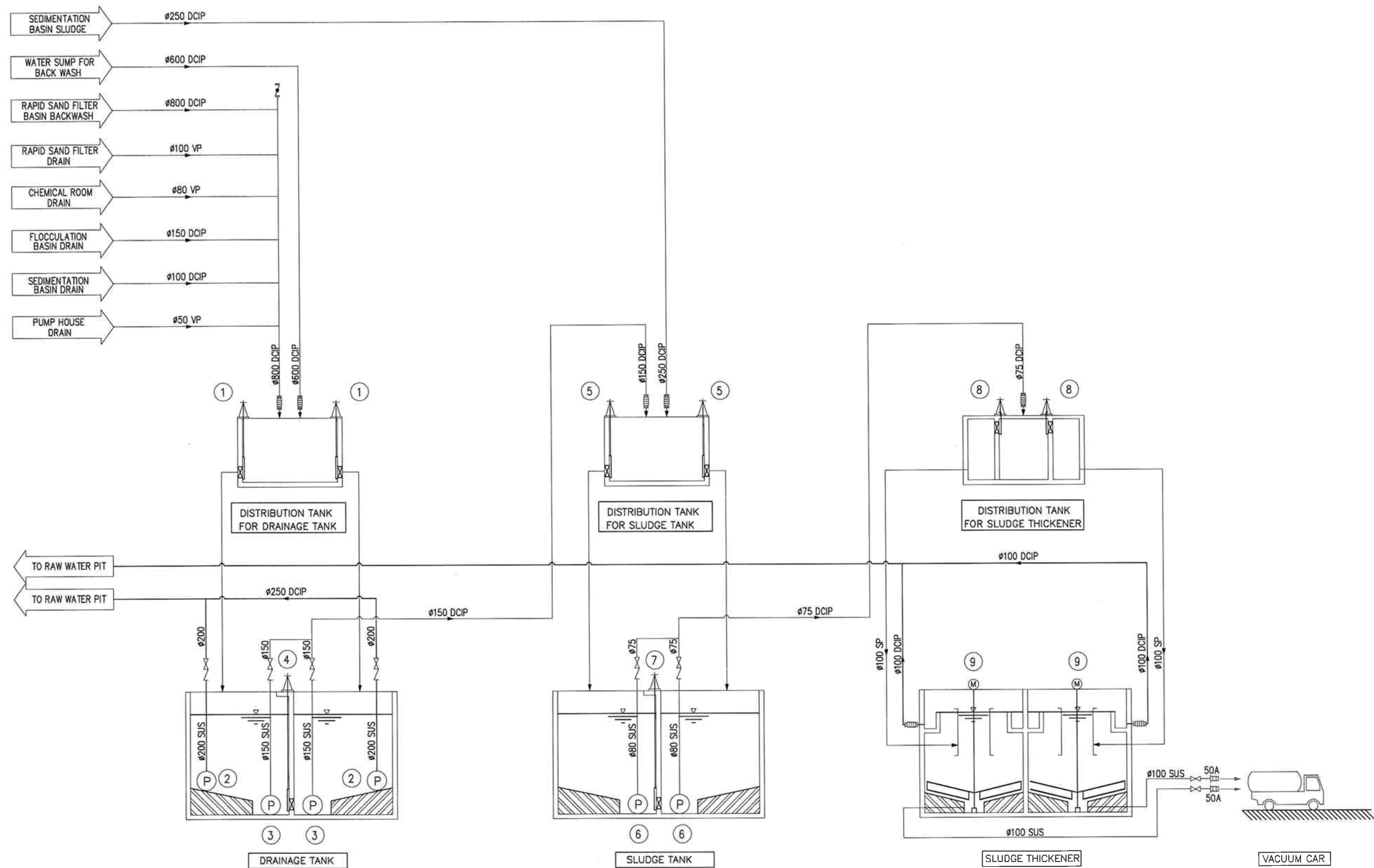
MKWP-05 浄水システム系統図

LEGEND	
SYMBOL	NAME
	DIAPHRAGM VALVE
	CHECK VALVE
	STRAINER
	BACK PRESSURE VALVE
	RELIEF VALVE
	GAUGE VALVE
	HOSE COUPLING
	AIR CHAMBER
	HOSE JOINT
	WATER FAUCET
	INCRASER OR REDUCER
	LEVEL SWITCH
	LEVEL INDICATOR ALARM
	PRESSURE INDICATOR
SUS	STAINLESS STEEL PIPE
VP	PVC PIPE

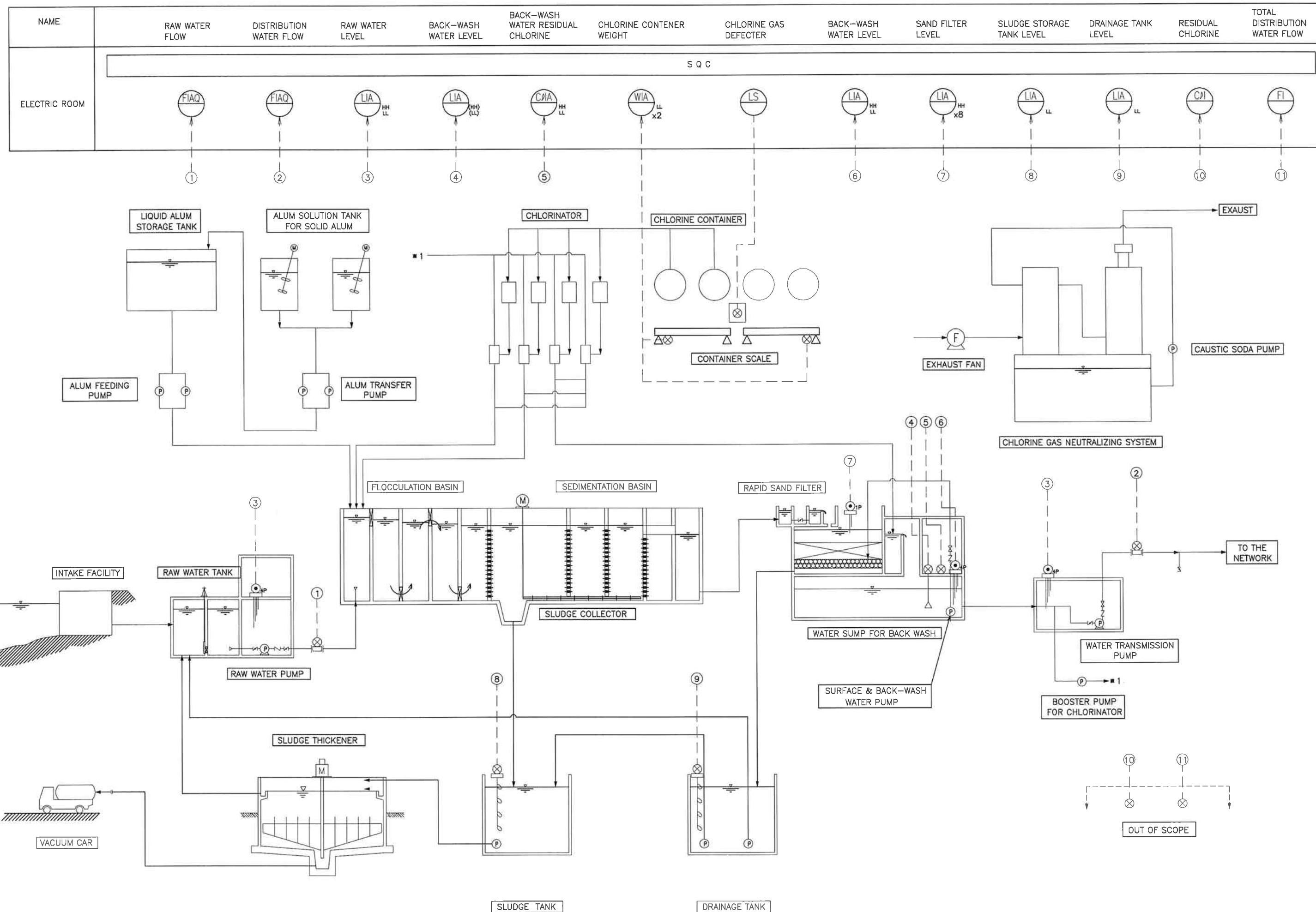


EQUIPMENT NO.	①	②	③	④	⑤
NAME	SOLID ALUMINUM SOLUTION TANK	ALUMINUM AGITATOR	ALUMINUM TRANSFER PUMP	ALUMINUM STORAGE TANK	ALUMINUM FEEDING PUMP
TYPE/SHAPE	RECTANGULAR OPEN TOP TANK (FRP+SS)	REMOVABLE MIXER	DIAPHRAGM PUMP	VERTICAL CYLINDRICAL CLOSED TANK(FRP)	DIAPHRAGM PUMP
CAPACITY	4m³(1.8mWx1.8mLx1.8mH)	0.75kW	350L/hx3kgf/cm² x0.2kW	14m³ (φ3.3mx2.0mH)	100L/hx8kgf/cm² x0.2kW
QUANTITY	2	2	2	1	2
NOTE	(INCLUDING 1 STANDBY)		(INCLUDING 1 STANDBY)		(INCLUDING 1 STANDBY)

MKWP-06 硫酸アルミニウム注入システム系統図



MKWP-08 排水、排泥処理システム系統図



MKWP-09 モニタリングシステム、計装図