

ケニア国
タナ水サービス委員会

ケニア国
エンプ市及び周辺地域給水システム改善計画
準備調査報告書

平成 22 年 5 月
(2010 年)

独立行政法人 国際協力機構
(JICA)

株式会社 エヌジェーエス・コンサルタンツ

環境

CR (1)

10-062

序 文

日本国政府は、ケニア共和国政府の要請に基づき、同国のエンブ市及び周辺地域給水施設改善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 21 年 9 月 13 日から 11 月 1 日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ケニア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 22 年 2 月 10 日から 2 月 19 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 22 年 5 月

独立行政法人国際協力機構
理事 高島 泉

伝 達 状

今般、ケニア共和国におけるエンブ市及び周辺地域給水施設改善計画準備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、貴独立行政法人国際協力機構との契約に基づき弊社が、平成 21 年 9 月より平成 22 年 5 月までの 9 ヶ月に亘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、ケニア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 22 年 5 月

株式会社 エヌジェーエス・コンサルタンツ

ケニア国

エンブ市及び周辺地域給水施設改善計画準備調査団

業務主任 松岡 慶二

要約

要 約

(ケニア国の概要)

ケニア国(以下、「ケ」国という)は、アフリカ大陸東部の赤道直下に位置し、国境は、北にエチオピアとスーダン、608km 続く海岸はインド洋に面し、西にウガンダとビクトリア湖、南はタンザニアと接している。国土面積は 58 万 km²(日本の約 1.5 倍)を有し、2007 年の人口は約 3,750 万人である。経済は、90 年代後半の旱魃やエルニーニョ現象による大雨のため、農作物やインフラに深刻な被害が生じ、治安の悪化もあって 2000 年にはマイナス成長となったが、近年は回復基調にあり 2007 年の国民総収入 GNI 295 億米ドル、一人当たり GNI が 770 米ドル、物価上昇率 27% を示している。各産業の GDP に占める割合は、第一次産業が 21%、第二次産業が 13%、観光業を含む第三次産業が 65%となっている。

(要請プロジェクトの背景、経緯及び概要)

「ケ」国政府は、国家総合開発計画である「Kenya VISION 2030 First Medium Term Plan (2008-2012)」において、上下水道分野では不足する水需要を改善するためのプロジェクトを実行することを示している。また、1999 年に「国家水政策」が発表され、その政策を具体化するため、2002 年に施行された「水法」に基づいて水分野での行政改革を推し進めている。

2007 年 1 月に策定された「国家水資源管理戦略 (National Water Resources Management Strategy 2007-2009) : 以下 NWRMS」では、飲料水、生産に要する水の供給を通して貧困の撲滅を目標として、水資源への公平なアクセスと持続可能、かつ効率的な水利用を基本的な目的とした施策を掲げている。

本計画対象地域であるエンブ市の給水事業は、タナ水委員会 (Tana Water Services Board : 以下 TWSB) との契約に基づき、エンブ水道サービス会社 (Embu Water and Sanitation Company : 以下 EWASCO) が運営管理している。EWASCO の給水区域は、エンブ市及び周辺地域のネムブレ郡の一部及びガチヨカ郡を含む面積 900km² 以上に及ぶ広大な地域であり、同給水区域の人口は推定 17 万人(2009 年)である。しかしながら、現在の給水人口は、幹線道路沿いの一部の約 6.9 万人 (41%) にとどまっている。さらに、この地域の水源は小規模であり、特に乾季には生活用水を得るために数時間を費やす家庭も多い。これらの低い給水率の原因は、既存浄水施設的能力不足や配水管網の未整備、40 年以上前に建設された配水管網の老朽化等である。給水の受けられない住民は、生活用水を不衛生な小川や雨天後の水溜り等に頼っており、水因性疾患の流行の一因となっている。さらには、地方からの流入により人口は拡大傾向にあり、安全な水の供給は緊急の課題となっている。

本プロジェクトはエンブ市(Embu Municipality)及びその周辺地域においてルピンガジ川を水源とする上水道システムを整備し、計画目標年次である 2015 年に計画対象区域内推定人口約

193,000 人のうち 168,000 人の住民に対して安全な飲料水を安定的に供給することを目標とする。具体的には、新たな浄水場建設、および導・送水管を整備し、配水システムについては資材調達を含めて大幅な整備・増強を図るとともに、給水事業の運営・管理に必要な要員の育成のための支援を行うものである。

(調査結果の概要とプロジェクトの内容)

日本国政府は、「ケ」国のエンブ市及びその周辺地域の給水事業計画に係る協力準備調査を行うことを決定し、JICA は 2009 年 9 月中旬～10 月末まで基本設計、および 2010 年 2 月に基本設計概要書説明のための調査団を同国に派遣した。

協力準備調査において、「ケ」国政府の要請内容と現地調査及び協議の結果により、以下の方針に基づき計画することとした。

基本的には、取水施設と配水先までの高低差を有効に活用し、自然流下を基本とするフローとすることで、簡易かつ省エネ的な方式が可能となった。

本プロジェクトの計画目標年次は 2015 年とし、予測される水量増加に対応できる施設計画とする。施設の設計にあたっては、「ケ」国のデザインマニュアル (Practical Manual for Water Supply Services in Kenya, October 2005, MoWI) を基本とする。

水道施設の基本計画方針は以下のとおりである。

イ) 取水施設

取水施設は、既設の堰、取水口を活用する。また、新既設浄水施設両方のために砂の除去、木の葉等のゴミ流入を確実に防止するため、除砂施設及び細目スクリーンを設置する。

ウ) 導水管

途中、取水点から 3.2km 地点の峠では既存の導水管から逸れて道路沿いルートとして自然流下で敷設する (ダクタイル鋳鉄管 : 径 500mm × 5.9km)。「ケ」国では uPVC 管が生産され広く使われているものの、内径 350mm 以上については特注になり信頼性が低いことにより、ダクタイル鋳鉄管とする。

エ) ムカング浄水場

ムカング浄水場の新設浄水場であるムカング 2 系浄水場は、既設 1 系の浄水能力 (10,000m³/日) を考慮し計画水量は 11,000m³/日 (2015 年) とした。浄水場は、処理水質が WHO 飲料水水質ガイドライン値を満足できる処理方式を選定するとともに、機器類の使用及び電力の使用を最小限として運転維持管理が容易な方式とし、自動制御は最小限にとどめ、マニュアル操作を基本とする。また、電力事情が悪いことから流入水のエネルギーを生かしてマイクロ水力発電機を設置する。

オ) 送水管

ムカング浄水場からカンガル配水場まで自然流下の送水管 (uPVC 管 : 径 315mm × 5.2km) を敷設する。

カ) 配水池

標高の高い地域への配水を行うため、標高約 1622 ~ 1612m のムカング浄水場内に容量 3,000m³ の配水池を建設し、さらに既存配水池がある標高 1507 ~ 1504m のカンガル配水場に 6,000m³ の配水池を建設する。

キ) 配水管

EWASCO から本調査に当たり要請されたいずれも重要な 1 次配水管網を基本とし、測定のうえで、その重要度、優先度等を考慮して 10.8m 区間を本プロジェクトによる施工とし、そのほか 60.3km について水圧調整槽の必要管材を含めた資材調達とした。

ク) 施工について

施工については「ケ」国では、これまで給水セクターの類似プロジェクトがニエリ市等エンブ市近隣でも実施されていることから、本計画規模の事業における現地業者の活用は可能である。

ケ) 資材調達について

主要土木・建築工事用資材については、近年 2010 年 6 月の南アフリカで開催予定の FIFA ワールドカップに伴う建設ラッシュの影響があったが、着工予定時 2011 年 1 月には影響を脱していると考えられている。また、国内で調達できない電気計装、給電機材、発電機器については、第 3 国または日本国からの調達も視野に入れて計画する。

コ) ソフトコンポーネントによる支援

EWASCO では「ケ」国全土に一般に建設されている円形の薬品沈殿池と急速ろ過池を運用しているものの、計画・設計、運転上の問題点がみられ、スタッフの技術的レベルは大きな課題と考えられる。OJT 及びソフトコンポーネントによる支援を通して、維持管理に必要な技術の習得、サービスプロバイダーとしての適切なデータの収集整理等の指導に関与していく必要があると考える。

表-1 基本設計内容

(1) 施設

施設名	構造細目・内容	備考
取水施設	取水堰・流入口利用、細目スクリーン設置、余水吐新設、沈砂池新設	改修
導水管	口径 500mm×延長 5.9 km (ダクティル鑄鉄管)	新設
浄水場	計画浄水量 11,000m ³ /日 分配槽、着水井、混和池及びフロック形成池、沈澱池、急速ろ過池、逆洗高架水槽、逆洗排水槽、スラッジラグーン、薬品設備及び水力発電設備、電気・操作棟、塩素注入室、揚水ポンプ室、場内配管、場内整備、機械設備、電気設備	新設
送水管	口径 315mm×5.2km (uPVC 管)	新設
配水池	地上型 6,000m ³ ×1 池 (カンガル配水場内) 地上型 3,000m ³ ×1 池 (ムカング浄水場内)	新設
配水管	一次配水管：口径 400 ~ 250mm、延長 10.8km (ダクティル鑄鉄管及び uPVC 管)	新設

(2) 調達機材

施設名	構造細目・内容
機材調達	一次配水管：口径 225 ~ 355mm、延長 26.2km ：口径 63 ~ 160mm、延長 34.1km 材質は uPVC 管、ただし一部の道路横断部、露出部はダクティル鑄鉄管とする。 配管付属品：流量計 (8 台)、異型管、仕切弁、空気弁、泥吐き弁等 圧力調整槽 (「ケ」国側施工)：フロート弁、その他弁類 水道メーター検定装置 1 式 ポータブル超音波流量計 水質試験器材 (pH・濁度・残留塩素計、ジャーテスター、作業台、電子天秤、分光光度計、オートクレーブ、インキュベータ、冷蔵庫、純水装置、乾燥機、コロニーカウンター等) 3 トン積みトラック 1 台

(3) ソフトコンポーネント

名称	内容
ソフトコンポーネント	浄水施設の運転管理に関するトレーニング 浄水場の水質管理に関するトレーニング

(実施工程と概算事業費)

プロジェクト実施に必要な工期は、実施設計として 4.5 ヶ月、入札手続として 2 ヶ月、機材調達および建設工事として 21 ヶ月、ソフトコンポーネント実施を含む全体工期は約 32 ヶ月である。全体事業費は約 29.1 億円 (日本側負担分約 26.0 億円 { 予備費含む } 「ケ」国側負担分約 3.1 億円) と見込まれる。

(プロジェクトの妥当性の検証)

本プロジェクトは、安全な水の安定供給を通じて、エンブ市の給水サービス改善を図るもので

あり、「ケ」国政府が Kenya VISION 2030 において目標として掲げた上水道分野における改善に合致するものである。プロジェクトでは、現在建設中の浄水施設に加え新設浄水場及び必要な導・送水管の建設を行って、2015 年の給水地域の計画人口の 87%以上に給水する浄水量を確保する。さらに、配水管網について、資材調達を含めて現在の幹線延長を上回る 70km 以上の整備を行う。また、ソフト・コンポーネントにより、浄水場の運転、水質管理に必要な要員の育成支援を図る。なお、同地区には主として無収水削減を目的とする、JICA による技術協力プロジェクトが実施されるので、新設施設の建設とあいまって現在無収水率が 50%以上である EWASCO の無収水削減の効果は大きいものになると考えられる。

事業の実施により、計画年度である 2015 年には有収水量は 3 倍以上になることが見込まれているため、物価上昇を 10%、浄水処理費の上昇、漏水防止工事や下水道の整備促進等を見込んでも計画年度には料金据え置きでも黒字になると見込まれている。

本プロジェクト実施による直接効果としては次のものが期待できる。

浄水施設能力が現在の 10,000m³/日から 21,000m³/日に増強される。

給水量の増加に伴い遠隔地への給水が可能となり、168,000 人に給水可能となる(対人口比：41% 87%)。

浄水能力の増加及び配水管の延伸、「ケ」国技プロによる無収水削減の促進の効果で有収水量が大幅増加して、事業経営が安定する。

配水池の建設・配水管の延伸により、上記のような水事情の悪い区域への大幅な新規配水区域の拡大、給水量が不足する地区への十分な量の給水が見込める。このためには配水管の 10.8km のプロジェクトによる施工に加え、EWASCO による 60.3km の調達管材の敷設及びケニア側予算によるガチョカ郡の 152.8km の計画配水管の敷設が必要になる。

新規配水管の敷設に伴い全体として漏水率が低下する。これは、現在の有収率は 44%であり、既設幹線の延長は 64km であるが、新設配水管に関しては有収率 100%としてその延長は 71.1km であるので、平均して有収率は 75%となる。実際には新設管路が 100%ということはないが、先述のように漏水防止の継続的な活動によって、有収率 75%の達成は十分可能であると考えられる。

ソフトコンポーネントの実施により、水道施設の運転、維持管理を支援することで給水水質が向上する。

また、間接効果として以下が見込まれる。

配水計画区域は、上水道以外の適切な水源がなく、長時間水くみにかけてうえて、水質の悪い湧き水たまり水等を飲用にも用いて、水系の疫病の蔓延など健康被害が生じている。これに対して、安全で衛生的な飲料水が安定的に供給されることにより、水因性疾患（下痢、マ

ラリア、寄生虫、腸チフス等)発生件数の減少に寄与する。

戸別栓による給水が可能になり、女性や児童の大きな負担となっている水運搬労働が軽減される。

用水の不足はホテル・商店での商業や家畜の肥育等の農業にも制約要因になっている。従って、本プロジェクトにより、既給水地域での給水の不足する地域への十分な給水及び給水区域の拡大は、これら水事情の悪い地区に経済面で大きな裨益効果がある。

有収水量の大幅増加に伴う、料金収入の増加によって、配水管の延伸、継続的な漏水防止活動、下水道普及地域の拡大等様々な有益な事業が可能になる。

本プロジェクトは、前述のように多大な効果が期待されると同時に、広く住民の BHN の向上に寄与するものである。また、本プロジェクトの運営・維持管理に関して、相手国側 EWASCO の組織体制は現状でも自ら新設浄水場の建設を進めるなど、比較的充実しているので本プロジェクトにて実施するソフトコンポーネントによる浄水処理に関する管理技術向上の指導で足りると判断される。

なお、本プロジェクトをより効果的、効率的に実施・運営するため、次の点について先方政府の主体的な取り組みが求められる。

「ケ」国側負担分事業費の確保

事業実施に必要な諸手続きに係る「ケ」国関係機関の調整促進

要員の訓練計画への参加と能力向上の励行

本計画にて調達される配水管材の敷設工事の実施、および自ら水道未普及地域への配水管の延伸

給水所帯大幅増に対する料金徴収体制等の対応

目次

ケニア国エンブ市及び周辺地区給水事業計画準備調査

総目次

序	文	
伝	達	状
要	約	
目	次	
位置図 / 完成予想図 / 写真		
図表リスト / 略語集		
第1章	プロジェクトの背景・経緯	1-1
1-1	当該セクターの現状と課題	1-1
1-1-1	現況と課題	1-1
1-1-2	開発計画	1-1
1-1-3	社会経済状況	1-2
1-2	無償資金協力要請の背景・経緯及び概要	1-3
1-3	我が国の援助動向	1-5
1-4	他ドナーの援助動向	1-6
第2章	プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2-1	プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1	組織・人員	2-1
2-1-2	財政・予算	2-5
2-1-4	既存施設の現状	2-9
2-2	プロジェクト・サイト及び周辺の状況	2-14
2-2-1	関連インフラの整備状況	2-14
2-2-2	自然状況	2-15
2-2-3	環境社会配慮	2-19
第3章	プロジェクトの内容	3-1
3-1	プロジェクトの概要	3-1
3-2	協力対象事業の基本設計	3-2
3-2-1	設計方針	3-2
3-2-2	基本計画	3-3
3-2-2-1	基本事項	3-4
3-2-2-2	取水/導水施設計画	3-13
3-2-2-4	送水管路計画	3-28

3-2-2-5	配水施設計画	3-30
3-2-2-6	機材調達計画	3-39
3-2-3	基本設計図	3-39
3-2-4	施工計画 / 調達方針	3-39
3-2-4-1	施工方針 / 調達方針	3-70
3-2-4-2	施工上 / 調達上の留意事項	3-71
3-2-4-3	施工区分 / 調達・据付区分	3-74
3-2-4-4	施工監理計画 / 調達監理計画	3-76
3-2-4-5	品質管理計画	3-76
3-2-4-6	資機材等調達計画	3-77
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画	3-79
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画	3-79
3-2-4-9	実施工程	3-80
3-3	相手国側分担事業の概要	3-80
3-4	プロジェクトの運営維持管理計画	3-82
3-5	プロジェクトの概算事業費	3-84
3-5-1	協力対象事業の概算事業費	3-84
3-5-2	運営・維持管理費	3-85
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項	3-89
3-6-1	ムカング浄水場1系の能力	3-89
3-6-2	配水管の敷設	3-89
第4章	プロジェクトの妥当性の検証	4-1
4-1	プロジェクトの効果	4-1
4-2	課題・提言	4-2
4-2-1	相手国側の取り組むべき課題・提言 要修正	4-2
4-2-2	技術協力・他ドナーとの連携	4-2
4-3	プロジェクトの妥当性	4-2
4-4	結論	4-3

[資料]

資料 1.	調査団員・氏名	A-1
資料 2.	調査工程	A-2
資料 3.	関係者(面会者)リスト	A-3
資料 4.	討議議事録(M/D)	A-4
資料 5.	事業事前計画表(基本設計時)	A-28
資料 6.	現地調査結果	A-31
資料 6-1	地質調査結果	A-31
資料 6-2	社会条件調査結果	A-55
資料 7.	入手資料リスト	A-92
資料 8.	その他の資料・情報	A-93
資料 8-1	EIA	A-93
資料 8-2	水利権	A-96
資料 8-3	給水量算定のための基礎資料	A-100
資料 8-4	ルビンガンジ川の流量と生起確率年の計算	A-105
資料 8-5	ムカング浄水場容量計算書	A-109
資料 8-6	ソフトコンポーネント計画書	A-111
資料 8-7	ニエリ浄水場の調査結果	A-116
資料 8-8	当該国の社会経済状況	A-122

位置図 / 完成予想図 / 写真

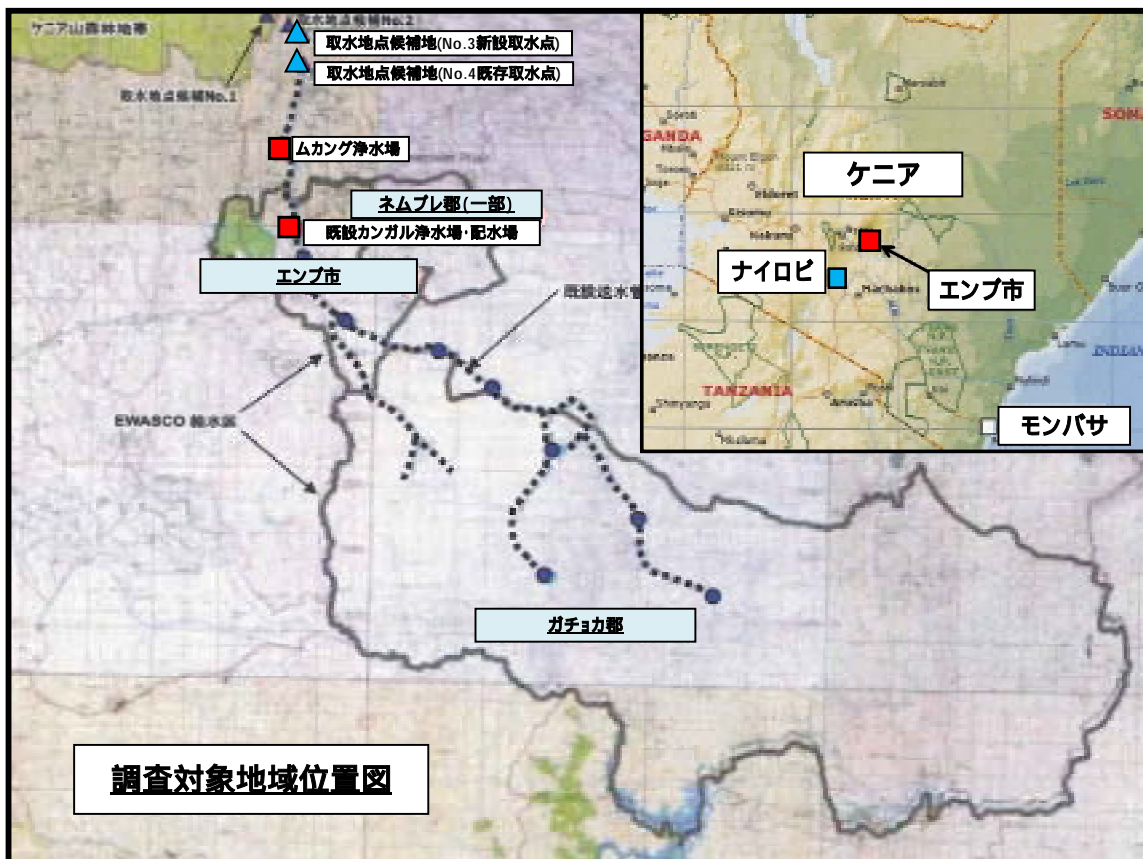
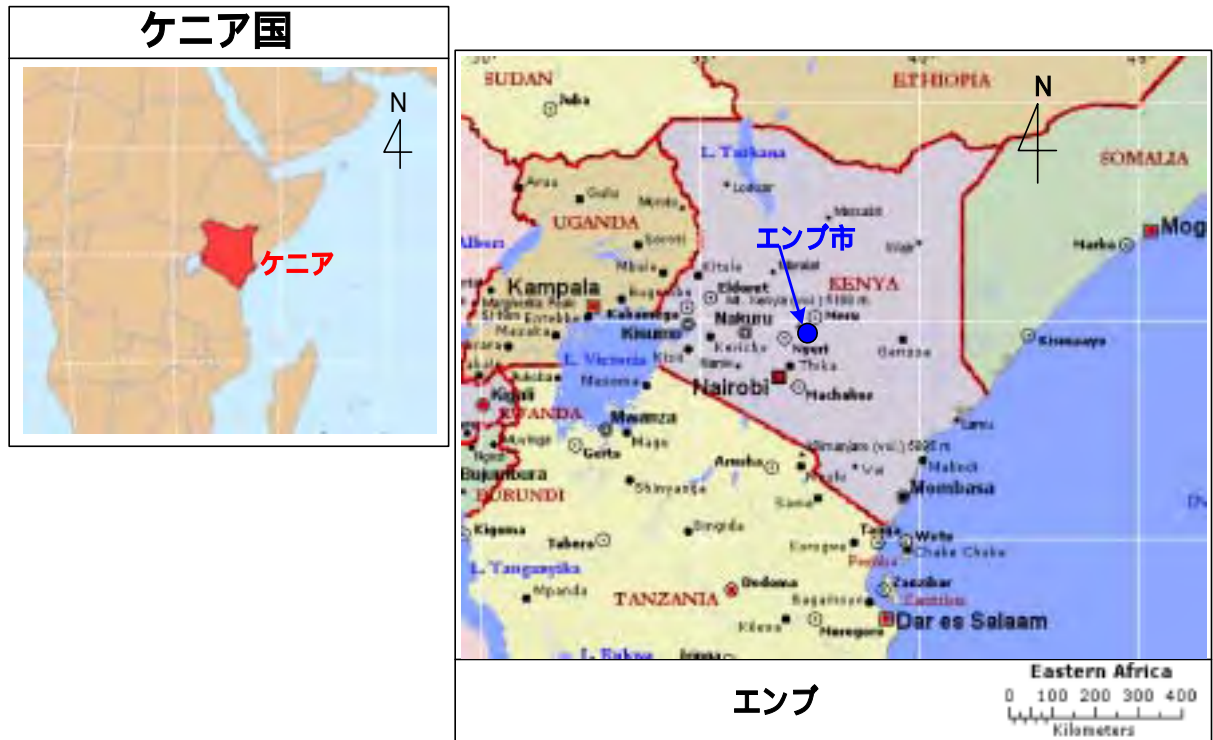


図-1 位置図

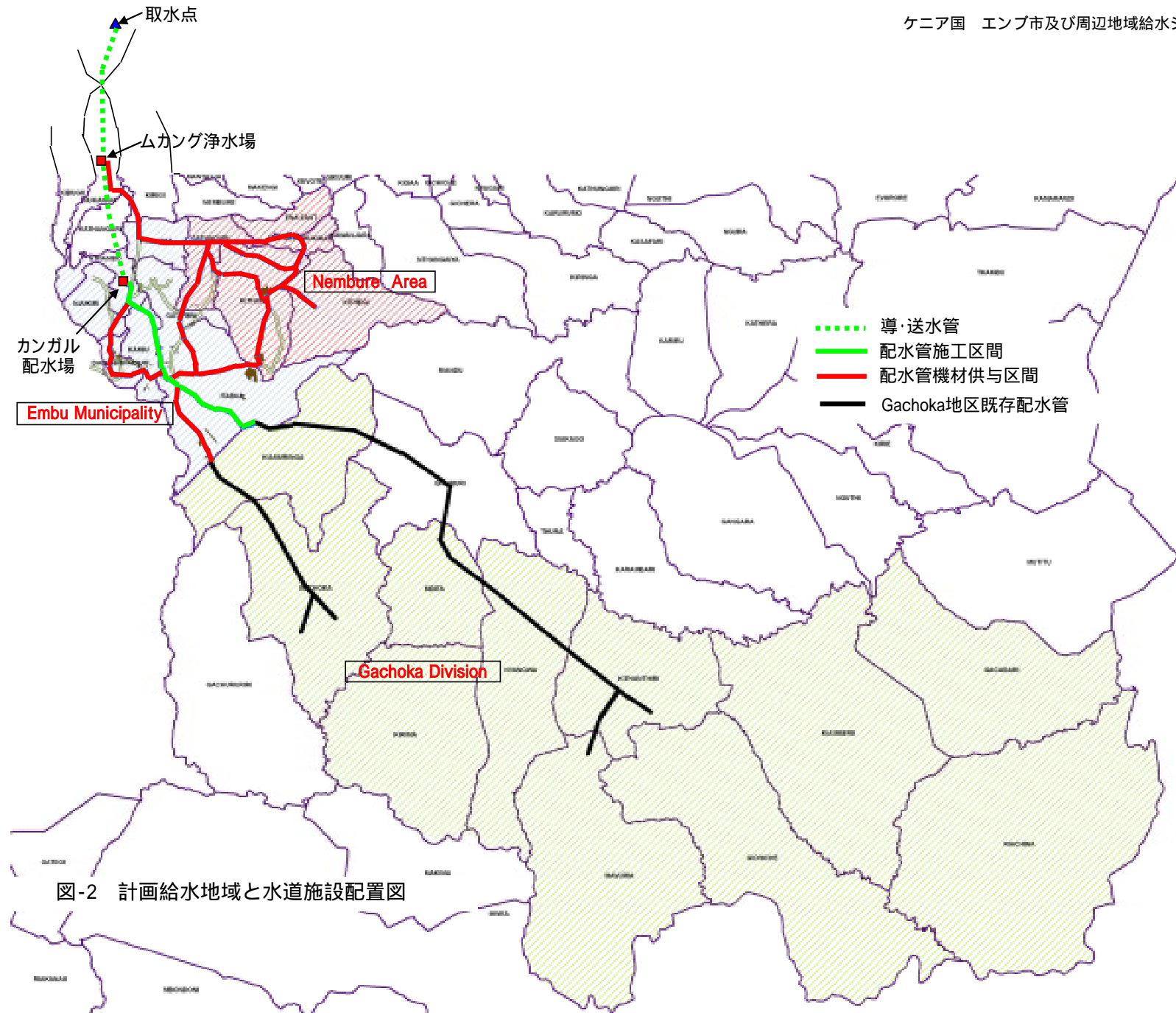




図-3 完成予想図

写真 - 1 既存取水堰：堰の手前にて取水し浄水場へ導水管にて送水される。



写真 - 2 ムカング浄水場：現在、補修を行っているため、受水槽にて塩素注入のみを行っている。



写真 - 3 沈殿池：EWASCO 自身により沈殿池の補修を行っている。施工技術レベルは余り高くない。



写真 - 4 急速ろ過池：現在、漏水対策のため補修を行っている



写真 - 5 カンガル浄水場：現在はムカング浄水場からの浄水だけでなく、カピンガジ川からも取水を行い、浄水を行っているが、施設の老朽化は否めない。



写真 - 6 水質実験室：水質実験器具が不足しているため、限定された項目のみの水質検査を行っている。



写真 - 7 雨水収集タンク：水道未給水地区では屋根に落ちる雨水をタンクに収集し、生活用水として利用している。



写真 - 8 未給水地区での浅井戸：住民は生活用水を確保するために何度も往復する。



写真 - 9 ウォーターキヨスク：週に三度、エンブ市内よりウォータータンクにて給水される。



写真 - 10 ネンブレ地区：乾期で少なくなった河川から水汲みを行っている。水系伝染病も懸念される。



写真 - 11 ガチョカ地区2：水汲み労働は、女性や子供に大きな負担となっている。



写真 - 12 EWASCO 内の料金支払い窓口：水道利用者は窓口にて料金を支払う。



図表リスト / 略語集

図表リスト

表 1-1	我が国の技術協力・有償資金協力の実績（水道分野）	1-5
表 1-2	我が国の無償資金協力実績（水道分野）	1-6
表 1-3	他のドナー国・機関の最近の援助実績（水道分野）	1-7
表 2-1	給水セクターの各関係機関の役割	2-2
表 2-2	EWASCO の現行職員（2007 年 9 月現在）	2-4
表 2-3	EWASCO 会計収支	2-6
表 2-4	水量内訳	2-7
表 2-5	使用水量別料金表	2-8
表 2-6	水道料金表（2010 年）	2-8
表 2-7	処理施設の寸法・容量等	2-10
表 2-8	ムカング浄水場の水処理施設の諸元値	2-10
表 2-9	ろ過池接続の配管の口径と流速等表	2-11
表 2-10	ムカング浄水場建設予定地における電力料金体系	2-14
表 2-11	最近 3 年間(2006 - 2009 年)の月平均降雨量	2-16
表 2-12	EWASCO による原水水質分析結果（2007 年）	2-17
表 2-13	水質項目及び各検体の水質検査結果（2009 年 10 月 15 日採水）	2-17
表 2-14	水質項目及び各検体の水質検査結果（2009 年 10 月 15 日採水）	2-18
表 3-1	プロジェクト概要	3-1
表 3-2(1)	給水区域内人口動態（1999 年センサス）	3-5
表 3-2(2)	給水区域内人口動態（2009 年推定）	3-5
表 3-3	計画給水区域の将来人口	3-7
表 3-4	生活用水給水原単位の設定	3-10
表 3-5	生活用水需要予測（有効水量）	3-11
表 3-6	その他を含めた水量需要予測	3-12
表 3-7	計画配水量(無収水量含む)	3-13
表 3-9	生起年最低流量	3-14
表 3-10	管路延長及び標高差	3-17
表 3-11	条件毎の導水管の必要流下能力	3-17
表 3-12	条件毎の導水管の必要流下能力	3-17
表 3-13	各条件の時の損失水頭の計算と最大流下能力の計算	3-18
表 3-14	取水・導水施設概要	3-19
表 3-15	浄水施設内容	3-22

表 3-16	取水原水濁度（既設ルピンガジ川取水点 No.4）(単位：NTU)	3-22
表 3-17	既設カンガル浄水場運転実績における薬注率（原水：カンピンガジ川）.....	3-23
表 3-18	凝集効果確認ビーカーテスト結果	3-24
表 3-19	硫酸バンドおよびソーダ灰 計画注入率	3-24
表 3-20	EWASCO における塩素注入率実績	3-24
表 3-21	粉末塩素剤計画注入率	3-24
表 3-22	浄水施設概要表	3-26
表 3-23	送水管距離と標高差	3-28
表 3-24	既設管の流下能力	3-29
表 3-25	新設管の必要能力	3-29
表 3-26	損失水頭及び最大流量の計算	3-29
表 3-27	送水施設概要	3-30
表 3-28	ムカング・カンガル配水区の水需要	3-34
表 3-29	配水施設概要	3-39
表 3-30	機材供与に係わる配水管機材	3-40
表 3-31	施工区分	3-74
表 3-32	両国政府の主な分担事項（一般事項）	3-75
表 3-33	品質管理に係る分析・試験方法	3-77
表 3-34	調達区分	3-78
表 3-35	初期操作指導	3-79
表 3-36	建設開始から目標年次までの要員数	3-84
表 3-37	日本側負担費用.....	3-84
表 3-38	ケニア側負担工事.....	3-85
表 3-39	本計画実施に伴う運営・維持管理費	3-86
表 3-40	本計画に基づく収支予測	3-87
表 3-41	社会条件調査結果（個人住宅の場合）	3-88
表 4-1	本計画実施による効果	4-1

図 2-1	ケニア国給水セクターに係る組織・制度の枠組み	2-1
図 2-2	水・灌漑省組織図	2-3
図 2-3	TWSB 組織図	2-3
図 2-4	EWASCO 組織図	2-4
図 2-5	導水管ルート	2-9
図 2-6	ろ過池の断面概念図	2-11
図 2-7	カンガル浄水場（将来配水場）の配水系統図	2-13
図 2-8	最近 3 年間の月平均降雨量	2-16
図 3-1	水道施設模式図	3-4
図 3-2	1969 年～2015 年の人口推移想定	3-7
図 3-3	エンブ市郊外の給水幹線ダイアグラム	3-9
図 3-4	ルピンガジ川の平均流出量と渇水年の流量及び取水水量	3-15
図 3-5	取水施設フロー	3-16
図 3-6	既設導水管ルート	3-16
図 3-7	河川横断部水管橋	3-18
図 3-8	浄水場フロー	3-21
図 3-9	送水管の配置案	3-29
図 3-11	EWASCO の配水区と配水管網	3-32
図 3-12	カンガル配水区の Water CAD 計算結果	3-32
図 3-13	ムカング配水区の Water CAD 計算結果	3-37
図 3-14	事業の実施体制	3-71
図 3-15	実施工程表（案）	3-80
図 3-16	目標年次における組織体制（案）	3-83
図 3-17	本計画による料金収入と必要経費の比較	3-88

略語集

AfDB:	African Development Bank (アフリカ開発銀行)
AFD:	Agence Française de Développement (フランス開発援助庁)
A/P:	Authorization to Pay (支払授權書)
B/A:	Banking Arrangement (銀行取極)
BHN:	Basic Human Needs (ベーシック・ヒューマン・ニーズ)
CAAC:	Area Advisory Committees (流域諮問委員会)
DANIDA:	Denmark International Development Assistance (デンマーク国際開発援助)
EAC:	East African Community (東アフリカ共同体)
EIA:	Environmental Impact Assessment (環境影響評価)
E/N:	Exchange of Notes (交換公文)
F/S:	Feasibility Study (フィージビリティ調査)
GDP:	Gross Domestic Product (国内総生産)
GTZ:	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (ドイツ技術協力公社)
GNI:	Gross National Income (国民総所得)
HWL:	High Water Level (計画高水位)
JICA:	Japan International Cooperation Agency (国際協力機構)
KfW:	Kreditanstalt für Wiederaufbau (ドイツ復興金融公庫)
Kshs:	Kenyan Shilling (ケニアシリング)
LWL:	Low Water Level (計画低水位)
TWSB:	Tana Water Services Board (タナ水サービス委員会)
M/D:	Minutes of Discussion (討議議事録)
MoWI:	Ministry of Water and irrigation (水灌漑省)
NEMA:	National Environment Management Authority (国家環境管理局)
NWRMS:	National Water Resources Management Strategy (国家水資源管理戦略)
NWCPC:	National Water Conservation and Pipeline Corporation (国家水道公社)
EWASCO:	Embu Water and Sanitation Company (エンブ水サービス会社)
M/M:	Man Month (人・月)
m ³ /hr:	Cubic meter per hour (立方メートル毎時)
m ³ /d:	Cubic meter per day (立方メートル毎日)
NGO:	Nongovernmental Organization (非政府組織)
NRW:	Non-revenue Water (無収水)
ODA:	Official Development Assistance (政府開発援助)
OECD:	Organization for Economic Cooperation and Development (経済協力開発機構)
SIDA:	Swedish International Development Agency (スウェーデン国際開発協力庁)
VAT:	Value-Added Tax (付加価値税)
UNDP:	United Nations Development Program (国連開発計画)
UNICEF:	United Nations Children's Fund (国連児童基金)
US\$:	US Dollar (アメリカドル)
WAB:	Water Appeal Board (水争議理事会)
WHO:	World Health Organization (世界保健機構)
WRMA:	Water Resources Management Authority (水資源管理局)
WRUA:	Water Resources Users Association (水資源利用者協会)
WSRB:	Water Services Regulatory Board (水サービス取締役会)
WSTF:	Water Services Trust Fund (水サービス信託基金)
WSB:	Water Services Board (水サービス委員会)
WSP:	Water Services Provider (水サービス会社)
WTP:	Water Treatment Plant (浄水場)

1. 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 現況と課題

「ケ」国の給水事業は従来、水・灌漑省（Ministry of Water and Irrigation：以下 MoWI）と国家水道公社（National Water Conservation and Pipeline Corporation：以下 NWCPC）が担ってきたが、水法制定により、MoWI が全国レベルの政策決定とモニタリング、調整を行い、MoWI の管轄下、水サービス委員会（Water Services Boards：以下 WSBs）が給水施設整備の責任を有することとなった。現在、全国を 8 区域に分割した WSBs があり、各地域における実際の給水サービスは、各 WSB との間で締結する業務委託契約に基づき、水サービスプロバイダー（Water Services Providers：以下 WSPs）が行っている。

本計画対象地域であるエンブ市の給水事業は、タナ水委員会（Tana Water Services Board：以下 TWSB）との契約に基づき、エンブ水道サービス会社（Embu Water and Sanitation Company：以下 EWASCO）が運営管理している。EWASCO の給水区域は、エンブ市及び周辺地域のネムプレ郡の一部及びガチヨカ郡を含む面積 900km² 以上に及ぶ広大な地域であるが、給水は中心市街を除けば幹線道路沿いの一部とどまっている。さらに、この地域は基本的に水源が小規模で限定的であり、特に乾季には周辺地域においては生活用水を得るために数時間を費やす家庭も多い。この主たる原因が浄水能力の不足にあるということから、EWASCO は新浄水場の建設に取り組んでおり完成間近である。しかし、既設浄水場処理能力 2000m³/日余に加え急速ろ過池が完成しない状態で既に処理能力に近い水量で給水しているにも係わらず、周辺地区では浄水量の不足により連続給水が出来ない状態にあるという状態におかれている。従って、浄水施設の増設が緊急に必要であり、さらにこの浄水量の増加を元に給水を切実に求めている地域に給水するための配水管の延長も同様に必要である。また、EWASCO は設立されて日も浅く、水道施設の効率的な運転維持管理、及び料金徴収システムや財務管理等、健全な水道事業運営を推し進める上での改善が課題となっている。

1-1-2 開発計画

「ケ」国政府は「Kenya VISION 2030 First Medium Term Plan(2008-2012)」において、観光・農業・産業・水資源・教育等、多岐にわたる分野において具体的数値目標を掲げている。上下水道分野においては不足する水需要を改善するためのプロジェクトを実行することを示しており、その範囲は施設改修から森林保全までと広範囲に及んでおり、水の必要性について国家的な取り組みを行う姿勢が見られる。また、1999 年に「国家水政策」が発表され、その政策を具体化するため、2002 年に施行された「水法」に基づいて水分野での行政改革を推し進めている。

2007年1月に策定された「国家水資源管理戦略 (National Water Resources Management Strategy 2007-2009) : 以下 NWRMS」では、飲料水、生産に要する水の供給を通して貧困の撲滅を目標として、水資源への公平なアクセスと持続可能、かつ効率的な水利用を基本的な目的として以下の施策を掲げている。

- ・表流水及び地下水の正確な水源能力把握に係る評価方法改善
- ・全ての国民の公平な水利用促進に係るメカニズム策定
- ・水資源管理におけるジェンダーの配慮
- ・集水域毎の土地、水資源計画、管理に関する総合的アプローチ方法策定
- ・集水域の保全管理に係るメカニズム策定
- ・適正な水質、水量の水資源の利用促進施策の実施
- ・水セクターへの民間投資に係るガイドライン策定、及び自己投資機会改善と公共投資の改善
- ・水道料金政策、及び水の商品価値としての認識に係るメカニズム策定
- ・雨水の人口涵養、直接利用を目的としたガイドライン策定、及び雨水利用インセンティブの促進
- ・災害対策に係る政策、メカニズムの策定
- ・多種に亘る水資源利用の調和、統合

1-1-3 社会経済状況

1963年イギリスから独立したケニアは翌1964年にはケニア共和国となりイギリス連邦に加盟した。初代ケニヤッタ大統領はイギリスと協調する政策を進め、現地アフリカ人を積極的に公務員や管理職に登用、外国から資本を取り入れ工業化を推し進めた。現在はケニヤッタ、モイのあとを継ぎ、キバキ大統領がケニアを治めている。

議会は一院制で、議員の任期は5年。地方の行政区分は7つの州とナイロビ特別区からなり、各州に州政府と州議会がおかれ、地方自治を担当する。

外交基本方針としては、非同盟外交を標榜しているが、英国をはじめとする欧米諸国との関係は深い。東アフリカにおける重要な安定勢力であり、周辺国より多数の難民を受け入れてきている他、近年、エチオピア、エリトリア紛争、ソマリア、スーダンの内戦等域内の和平調停等に積極的に関与している。タンザニア、ウガンダとの東アフリカ三国の協力関係である東アフリカ共同体 (EAC) を推進しており、東アフリカでは重要な役割を担っている。

「ケ」国の経済は、2008年の国民総収入 (GNI) が295億米ドル、一人当たりGNIが770米ドル、物価上昇率27.0% (2008年) を示している。主要産業は農業であり、主要な輸出品である

紅茶、園芸作物、コーヒーの他、サトウキビ、トウモロコシ、綿花、除虫菊などの生産が盛んである。しかし、対 GNP 比率は比較的 low、製造工業とサービス産業のウエイトが高くなっている。工業は、精油、製粉、繊維、製糖から乾電池、自動車組立など東アフリカでは最も発達している。また、サービス産業は、快適な気候、豊富な野生動物のおかげで外国からの観光客による外貨収入が大きい。経済成長率に関しては、90 年代後半の旱魃やエルニーニョ現象による大雨のため、農作物やインフラに深刻な被害が生じ、治安の悪化もあって、2000 年にはマイナス成長となったが、近年は回復基調にあり(2005 年は 5.2%、2007 年は 4.7%)、2008 年時点での成長率は 3.6% (世銀) となり、各産業の GDP に占める割合は、第一次産業が 21%、第二次産業が 13%、観光業を含む第三次産業が 65% となっている。

「ケ」国は 2003 年 6 月に「富と雇用創出のための経済再生戦略」を発表し、これまで二回投資会合を開催するなど貿易・投資の促進に積極的に取り組んでおり、2004 年 3 月には、隣国ウガンダおよびタンザニアの 3 ケ国間で対外共通関税同盟に署名した。

本計画地域であるエンブ市 (Embu Municipality) は、1999 年の人口センサスによれば、52,446 人で男女比は 50% でほぼ同じ、人口密度は 656 人/km²、1989 年から 10 年間の人口成長率は 5.7% となっている。現在は人口約 6 万人である。年齢構成は 37.8% が 15 歳以下、5.7% が 60 歳以上と、若年齢構成が著しく高い。世帯当たりの平均家族構成は 3.6 人となっている。人口の約 7 割が旧市街に住んでいる。エンブ市と首都ナイロビ及び近郊の都市を結ぶ交通網は、国内では比較的充実しており、首都ナイロビと舗装された道路でつながり、また近郊のメルー市とは幹線道路 B6、キツイ市とは B7 でつながっている。また、エンブ市域は、東部州の州都として、商業、サービス、流通の中心であり、これを反映して、商業・流通・サービス分野は、小売、卸、レストラン、ホテル、農産物販売となっている。

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

エンブ市は首都ナイロビの北東約 100 キロに位置する人口約 6 万人 (2007 年) の「ケ」国東部州の中心都市であり、上水施設改善計画においても重点都市とされている。エンブ市の上下水道事業は、「ケ」国水セクターリフォーム (組織改編) により、2006 年 7 月に、それまでエンブ市水道局が担当していた給水事業は、エンブ市を含むタナ川流域の各都市における水供給事業を運営するタナ水サービス企業団 (TWSB) に移管された。また、この移管に伴って、エンブ市上下水道施設の運営維持管理については TWSB と契約を結んだエンブ市上下水道公社 (EWASCO) が担当することとなり、効率的な上下水サービスの提供、上下水道事業の改善に取り組んでいる。

EWASCO の給水区域は、エンブ市及び周辺地域のネムブレ郡の一部及びガチヨカ郡を含む面

積 933km²の地域である。同給水区域の人口は 17 万人（2009 年）であるが、給水を受ける人口は 6.9 万人（41%）に留まっている。低い給水率の原因は、既存取水施設及び浄水施設的能力不足、配水管網の未整備及び 40 年以上前に建設された配水管網の老朽化である。給水を受けられない住民は、生活用水を不衛生な小川や雨天後の水溜り等に頼っており、これが水因性疾患の流行の一因となっている。また、地方部からの人口流入によりエンブ市及び周辺地域の人口は拡大傾向にあり、エンブ市及び周辺地域における安全な水の供給は緊急の課題となっている。また、エンブ市の下水処理施設についても排水量に対し既存施設の処理能力が不足しており、下水施設の整備も急務である。

かかる状況から、「ケ」国水灌漑省(WMI)は 2006 年 6 月に我が国に対しエンブ市における上下水道施設の整備のための無償資金協力を要請してきた。この要請を受けて、上水、下水の優先順位及びスキームの絞り込み、計画対象年次及び裨益人口の動態予測の確認、各種機材、設備等の数量、規模及び積算根拠の明確化、現在の実施体制、課題等の明確化を目的として、2008 年 8 月に予備調査団を派遣した。この調査の結果、プロジェクトの対象を上水道整備に絞ること、計画対象年次を 2015 年とすること、同年の裨益人口に見合った適切な施設規模及び概略の施設計画とすることとし、また、MoWI、TWSB、EWASCO の実施体制等が明らかになった。一方で、施設規模の変更による追加用地の取得、取水堰の位置決定等が課題として残されたほか、事業費が当初要請額を大幅に上回る見込みであること等が明らかになった。

以上から、我が国は予備調査における課題についてより詳細な調査を行い、無償資金協力として適切な基本設計と事業計画を策定し、さらに概算事業費の積算を行うことを目的として、本準備調査を実施した。その後本調査の進展を受けて、2009 年 9 月に確認された要請内容は以下の通りである。

- 1) 施設：N0.3 取水点からの取水施設及び導水管（400mm×6km）敷設、ムカング浄水場への 2 系浄水施設（11,000m³/日）の建設（操作室、ろ過池室、薬注室、マイクロ発電施設、ムカング配水区への配水池 3,000m³建設を含む）、ムカング浄水場からカンガル配水場への送水管施設、カンガル配水場への配水池 6,000m³建設、全体で 71.1km の配水管機材調達の内重要区間 10.8km について配水管敷設
- 2) 機材調達：選定された、全体で 71.1km の 1 次配水管のうち、配水管敷設を行う重要区間以外の配管材（減圧弁または減圧槽のための施設）、3t 積みトラック、無線通信機、水道メーター検定器、水質試験器材（インキュベータ、冷蔵庫、オートクレーブ、ジャーテスター、分光光度計、滅菌器、水質分析のための一般機器）、携帯超音波流量計
- 3) 技術支援：ムカング浄水場管理及び水質管理の指導とトレーニング

1-3 我が国の援助動向

「ケ」国における水供給関連セクターに対する援助は、これまで表 1-1、及び表 1-2 に示すような、開発調査、有償資金協力、及び無償資金協力が行われてきている。専門家派遣についても従来(1977年頃)から長年行なわれている。近年はコミュニティによるマネジメントを重視した「メルー市給水計画」、水道事業体の持続可能な運営を進めるパイロット給水事業の専門家派遣など、ハード面だけでなくソフト面を重視した事業を積極的に進めている。

表 1-1 我が国の技術協力・有償資金協力の実績(水道分野)

協力内容	実施年度	案件名/その他	概要
専門家派遣	1990年度まで	上水道専門家 11名 水資源開発専門家 1名	
	1990年度以降	上水道専門家 4名 水資源開発専門家 7名 水道経営専門家 2名	
	2010年～2014年 (予定)	無収水対策プロジェクト	全国の無収水削減対策の監督、実施、普及の体制整備及び無収水削減能力の向上支援
開発調査	1981年度	モンバサ地区給水増強計画	モンバサ市、地方6中小町村、農村地域を含む地域の2000年までの水需要、給水増強のF/S調査
	1988～1990年度	マレワダム建設計画	リフトバレー県東部のナクル市、キルギル町、ナイバシャ町の3都市への給水の確保、増強のためマレワ川流域でのダム建設に係るF/S調査
	1995～1997年度	メルー郡給水計画調査	メルー市及びその周辺地域の給水事情改善のための水資源開発に係る基本計画及び優先計画の策定
	1995～1997年度	キスム市上下水道整備計画調査	キスム市の浄水場の拡張、下水処理場、取水施設、送配水施設のリハビリに係る基本計画、F/Sの策定
	1995～1998年度	全国総合水資源開発計画アフターケア調査	
	2000年度	地方都市給水事業運営改善計画調査	在外開発調査
有償資金協力	1986～1994年度	大ナクル上水道事業	大ナクル地域東部地区への給水を目的に17,000 ³ /日規模の水道施設を整備するもの。併せてナクル湖の水質保全のため下水処理施設の修復、雨水滞留池を整備、円借款承諾額50.12億円
	1988～1994年度	ナイロビ上水道事業	ナイロビ市において新たな水源による上水道施設を建設し、給水能力は194千m ³ /日から455千m ³ /日に増強された。事業はダム、水道施設、排水施設、下水処理場からなり、世銀、アフリカ開発銀行、欧州投資銀行との協調融資により実施された。円借款承諾額5.3億円

表 1-2 我が国の無償資金協力実績（水道分野）

（単位：億円）

実施年度	案件名	調達 限度額	概要
1977 年度	イタンガ地区上水道建設計画	4.0	
1981 年度	地下水開発計画	12.0	
1982 年度	イタンガ地区上水道延長	0.4	
1988 年度	地下水開発計画	12.0	
1988 年度	タバタ・ルミ地区水供給計画	9.9	
1999～2000 年度	ライキピア県等地下水開発計画(第1期、第2期)	10.3	ライキピア県 19 箇所、サンプル県 16 箇所他、計 57 箇所の井戸建設及び 90 箇所の水利用組合に対する技術指導・住民啓発活動の実施
2001～2003 年度	メルー市給水計画(第1期、第2期)	13.7	メルー市の既存水道施設の改修と一部拡張、維持管理用機材の調達、水道事業運営の改善により、給水人口を 14,000 人から 51,000 人に増加し、また不明水率を 30%以下に改善することで衛生的で安定した上水道供給を目的として実施
2004～2007 年度	地方給水計画(第1期、第2期)	8.1	4 県(マチャコス、キツイ、ムウインギ、マクエニ)の井戸建設(ハンドポンプ型 24 箇所、水中ポンプ型 24 箇所、風車式ポンプ型 5 箇所)、関連機材調達、及び給水施設の管理指導に必要なソフトコンポーネントの実施
2007～2010 年度	カブサベット給水計画	14.0	カブサベット市における既設取水堰の改修工事、新設浄水場の建設工事、新設配水池の建設工事、導・送・配水管の敷設工事給水管工事(約 400 戸)、機材調達及び給水施設の管理指導に必要なソフトコンポーネントの実施

1-4 他ドナーの援助動向

「ケ」国には世界各国から多数のドナーにより援助が行なわれているが、主要なドナーは、世銀、AfDB、UNICEF、GTZ、KfW、DANIDA 等であり、現在の状況は表 1-3 に示すとおりである。

この内、特に KfW は本プロジェクトの実施機関である LVNWSB に対し、施設整備に係るハード分野へのローン、及び料金請求システム改善を含むソフト分野への無償援助の 2 本立てでの支援を行っており、今後とも、この種の援助を継続していくとのことである。

表 1-3 他のドナー国・機関の最近の援助実績（水道分野）

（単位：千 US ドル）

実施年度	機関名	案件名	金額	援助形態	概要
2004～2007年度	世界銀行	ナイロビ上下水道組織制度再構築事業	18,781	無償	ナイロビ水衛生会社の組織制度支援
2004～2008年度	国連児童基金	ケニア/UNICEF 給水衛生プログラム	4,695	無償	ナイロビ及びボコト、サムプリ、ツルカナ他の不法定住地の給水衛生改善
2004～2008年度	ドイツ技術協力公社	水セクター改革プログラム	6,829	無償	組織制度支援
2004～現在実施中	デンマーク国際開発援助庁、スウェーデン国際開発協力庁	ケニア給水衛生プログラム	60,952	無償	地方給水衛生改善、水セクター改革の支援
2006～2007年度	フランス開発援助庁	ナイロビ上下水道緊急整備プロジェクト	51,221	ソフトローン	水源ダム、浄水場、送水システムの改修、下水施設改修
2007～2008年度	フランス開発援助庁	キスム給水衛生プロジェクト（第1期）	29,025	ローン	上下水道システムの改修、拡張
2007～2008年度	アフリカ開発基金	ナクル上下水道プロジェクト	18,781	ローン/無償	水道施設の改修、拡張
現在実施中	ドイツ復興金融公庫	ヌゾイアクラスター水セクター開発プロジェクト	44,391	ローン/無償	組織制度のキャパシティビルディング、水道施設の改修、拡張

2. 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) 水関連組織/給水組織体制の現状

「ケ」国の給水セクターの実施体制は、水・灌漑省 (MoWI) が全国レベルの政策決定、予算配分とモニタリング、調整を行い、同省の管轄下、全国を 8 区域に分割した水サービス委員会 (WSBs) が給水施設整備を行っている。実際の給水サービスは、WSBs との間で締結する業務委託契約に基づき、水サービス会社 (WSPs) が行っている。これら給水セクターに係る組織・制度の枠組みを図 2-1 に、また各関係機関の役割分担を表 2-1 に示す。

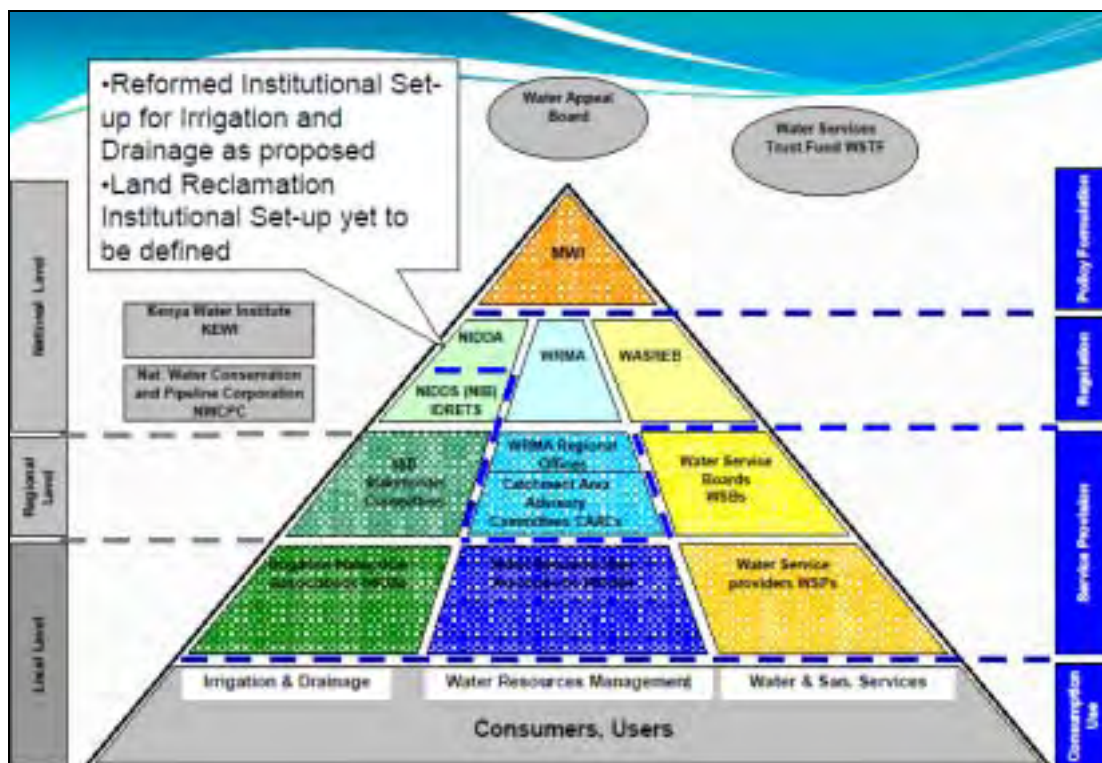


図 2-1 ケニア国給水セクターに係る組織・制度の枠組み

表 2-1 給水セクターの各関係機関の役割

	機 関	機 能	備 考
国 レ ベ ル	水・灌漑省 Ministry of Water and Irrigation (MoWI)	<ul style="list-style-type: none"> ・政策立案 ・監理、指導 ・水セクターへの財源手配 ・議会対応 	
	水資源管理委員会 Water Resources Management Authority (WRMA)	<ul style="list-style-type: none"> ・水資源の計画、管理、保護及び保全 ・水資源の配置、配分、評価及び監視 ・取水許可 (water permits) の発行 ・水利権及び許可条件の執行 ・保全及び取水構造の規制 ・流域及び水質の管理 ・水利用の規制と管理 ・IWRM (Integrated Water Resources Management) 計画との調整 	
	水サービス規制委員会 Water Services Regulatory Board (WSRB)	<ul style="list-style-type: none"> ・水サービス提供に係る政策、戦略実施の監督 ・水、衛生サービス提供の規制 ・水サービス委員会へのライセンス付与、水サービスプロバイダーの承認 ・WSBs、WSPs の事業モニタリング 	
	Water Services Trust Fund (Poverty Fund, WSTF) 水サービス信託基金	<ul style="list-style-type: none"> ・地方及び都市部における弱者 (貧困層) への 上水・衛生施設整備への財政的支援 	
	水アピール委員会 Water Appeal Board (WAB)	<ul style="list-style-type: none"> ・水に関連する省庁・機関間の紛争・対立の仲裁 	
	Water Services Regulatory Boards (WSRB) 水サービス規制機関	<ul style="list-style-type: none"> ・水サービス事業の規制と監視 (水サービス企業 団及び上下水道公社) ・水サービス企業団へのライセンス発行とサー ビス供給契約の承認 ・水サービスに関する基準の設定とガイドライン の整備 ・水道料金に関する交渉 ・比較レポートの発行 	
	National Water Conservation and Pipeline Cooperation (NWCPC) 全国水保全・用水供給公社	<ul style="list-style-type: none"> ダムの建設、深井戸掘削、水道用水供給 	
地 方 レ ベ ル	Water Services Boards (WSB) 水サービス企業団	<ul style="list-style-type: none"> ・水サービスの効率的及び経済的提供のための水 サービス公社との契約締結 ・上下水道施設の拡張とリハビリ、投資計画策定 及び実施 (資産管理) ・水サービス及び水道料金に関する規則の適用 	現在、全国 に 8 カ所の WSB がある
	Catchment Area Advisory Committees (CAAC) 流域調整委員会	<ul style="list-style-type: none"> ・流域レベルでの水資源問題に関する WRMA へ の助言 	
地 域 レ ベ ル	Water Service Providers (WSP) 水サービス供給公社	<ul style="list-style-type: none"> ・上下水道サービスの提供、消費者との良好な関 係と満足度の確保、適切な資産の管理及び規則で 設定されたパフォーマンスレベルの達成 	TWSB は 33 ケ所の WSP を所管
	Water Resource User Association (WRUA) 水資源利用組合	<ul style="list-style-type: none"> ・水利用者の特定と登録のための意志決定プロセ スにおける関与 ・水配分及び流域管理における協力 ・水資源の監視と情報収集への支援 ・水資源に関する対立の解決と協力的管理 	

本プロジェクトの主管官庁は MoWI である。図 2-2 に組織図を示す。TWSB は、実施機関である EWASCO を統括する。組織図を図 2-3 に示す。本プロジェクトは、EWASCO の技術部が担当する。

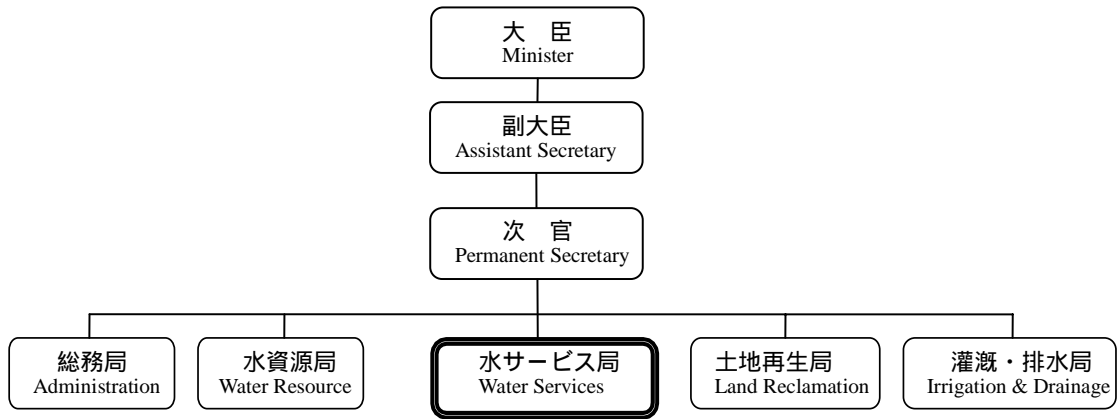


図 2-2 水・灌漑省組織図

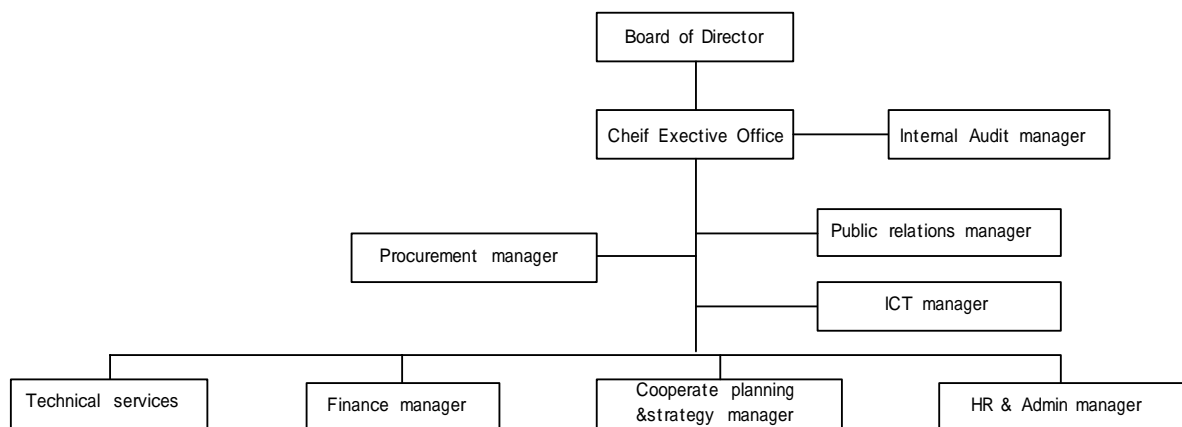


図 2-3 TWSB 組織図

一方、EWASCO の組織図を図 2-4 に示す。現在の実態は表 2-2 に示すとおりである。本計画に伴う施設の維持管理を考慮した場合、現在の職員数では十分な組織体制であるとはいえない。本プロジェクトの実施にあたっては、人員増、適正配置が必要と考える。

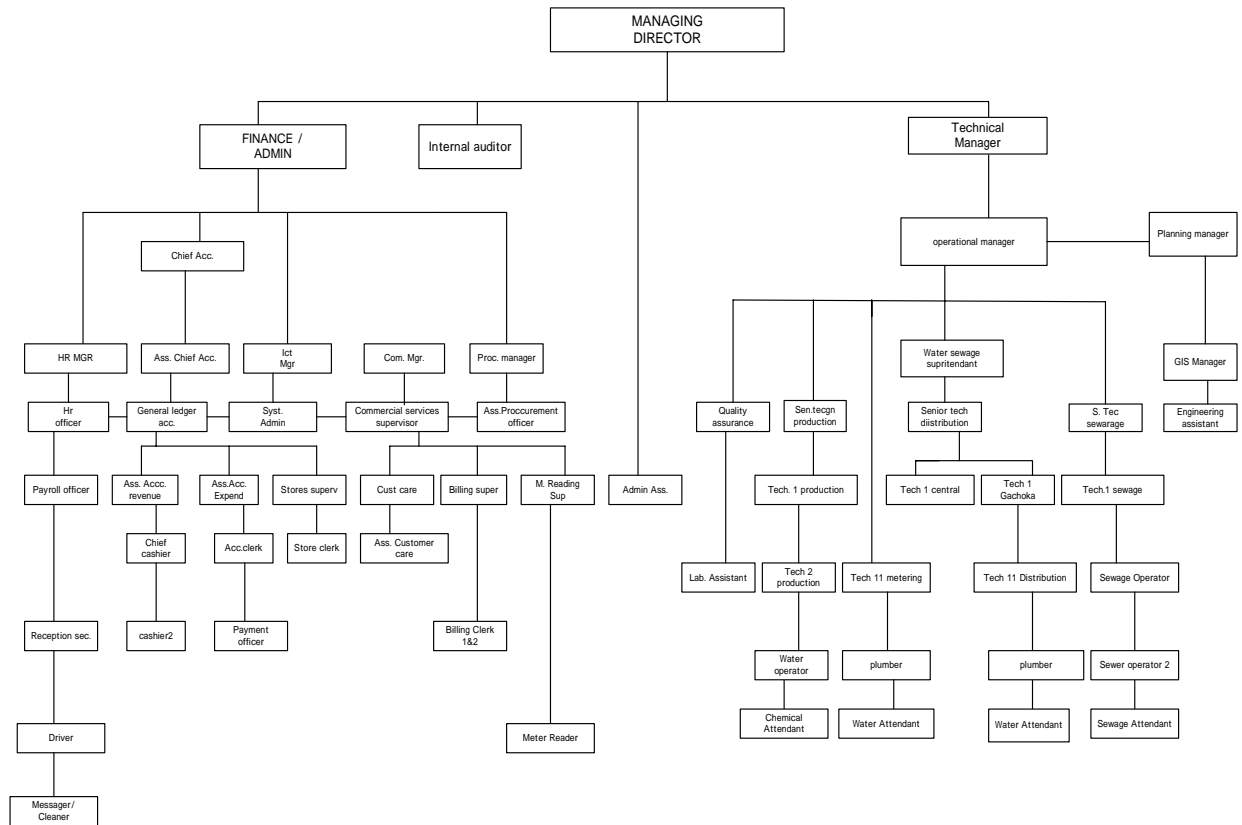


図 2-4 EWASCO 組織図

表 2-2 EWASCO の現行職員 (2007 年 9 月現在)

部・課	役職・担当	職員数
総務部		12
財務部		15
技術部	部長	1
[維持管理課]	課長	1
	主任	1
	配管工	15
	普通作業員	9
	メーター検針員	1
[水処理課]	主任	1
	品質監理員	1
	水質分析員	4
	水道管網検査員	2
	普通作業員	7
[下水道課]	運転員	2
	普通作業員	5
合計		77

(2) プロジェクト執行体制

本プロジェクトは、EWASCO の技術部が担当する。EWASCO では既に自ら 10,000m³/d の浄水場の計画設計、施工管理を実施しており、比較的高い技術力、管理能力を持ち、本調査に当たっても極めて協力的である。また TWSB は、傘下のメルレー市、ニエリ市ではわが国を含めた海外ドナーによる施設建設を含む協力を受けており、またその主要幹部はかつて MoWI の Japan Desk の担当責任者であることから、EWASCO そのもののドナーとの対応経験の不足を十分埋め合わせることができると考えられる。

2-1-2 財政・予算

(1) EWASCO 会計収支

表 2-3 に EWASCO の 2006/2007 年度、2007/2008 年度及び 2008/2009 年度の会計収支を示す。

「ケ」国の会計年度は、7 月から翌年 6 月までとなっている。EWASCO は「水法 2002 年」の制定を受けて、2004 年 3 月に設立され、実質的な業務は 2005 年 6 月に開始された。収入の主な内訳は、水道料金による収入である。また、給水区域拡大により新規接続数も年々増加している。そのため、収入の増加が見込まれる。一方、支出に関しては、人件費が大半を占める。収支を見る限り、安定した経営を行っており、今後の課題として無収水削減活動を行い、収益に繋げていくことが必要と考える。表 2-4 に需用者毎の水量内訳を示す。管渠の老朽化による漏水や盗水等により無収率は 50～60%と非常に高い。

表 2-3 EWASCO 会計収支

単位：Kshs

項 目	2006/2007	2007/2008	2008/2009
【収入】			
料金収入	55,679,495	77,219,661	89,293,946
下水汲み取り	133,010	239,300	239,520
新規接続申込料	102,700	218,200	289,250
水道メーター試験	11,500	46,100	26,850
入札費用	164,000	-	403,000
不法接続	-	43,800	41,600
その他	829,940	1,085,856	1,555,518
小 計	56,920,645	78,852,917	91,849,684
【支出】			
[営業支出]	10,408,430	13,413,584	20,084,854
用水購入	1,800,000	-	-
薬品	1,052,257	1,441,300	2,074,686
コンサルタント雇用	264,797	141,400	991,200
上水道施設修理費用	1,603,756	4,002,714	5,130,492
下水道施設修理費用	69,670	527,339	901,823
WASREB/TWSB への支払い	2,783,975	2,935,590	5,214,766
エンブ市へのリース料	2,783,975	2,935,590	4,861,178
雑誌購読料	50,000	82,500	97,700
WRMA への支払い	-	578,970	813,009
[職員報酬]	17,267,083	24,368,265	32,047,729
給料	12,510,380	15,775,718	21,381,669
役員報酬	1,890,450	5,120,010	5,084,163
職員心付け	1,632,015	984,796	1,158,936
その他	1,234,238	2,487,741	4,165,661
[事務所運営費]	9,002,549	8,968,323	12,516,478
事務所リース代	1,200,000	1,200,000	1,200,000
燃料代	1,002,551	1,498,475	1,949,953
車両運営費	1,089,447	380,174	1,234,515
その他	5,710,551	5,889,674	8,132,010
[減価償却]	18,601,504	19,574,104	19,163,208
[その他運営費]	1,005,068	5,556,393	2,604,847
貸倒引当金	1,005,068	4,318,982	-
その他	-	1,237,411	2,604,847
[銀行手数料・利息]	128,374	229,993	824,015
小 計	56,413,009	72,110,662	87,241,131
総収支	507,636	6,742,255	4,608,553

出典：EWASCO 内部資料

表 2-4 水量内訳

2009年

項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月
商業	26,111	22,693	22,585	26,716	27,986	10,137
工業	4,650	3,807	3,094	3,172	2,760	2,090
一般家庭	79,262	76,883	92,187	107,388	102,614	103,317
学校	4,367	4,970	5,750	5,407	4,320	3,866
公的機関	4,253	1,969	4,958	3,830	3,919	4,555
病院	4,377	2,609	1,448	2,580	1,406	2,689
大学	7,613	5,573	5,329	4,542	3,083	2,789
地方自治体	1,513	1,303	1,508	1,498	1,521	1,313
その他顧客	10,299	129	0	0	0	13,756
小計（有収水量）	142,445	119,936	136,859	155,133	147,609	144,512
生産水量	330,407	315,410	324,516	320,591	333,577	295,281
無収水量	187,962	195,474	187,657	165,458	185,968	150,769
無収水率（％）	57	62	58	52	56	51

2008年－2009年

項目	10月	11月	12月	1月	2月	3月
商業	27,483	23,141	25,018	21,729	20,280	21,438
工業	6,272	1,406	4,421	4,828	5,739	4,395
一般家庭	75,870	78,714	88,422	76,906	72,392	74,308
学校	4,893	4,442	2,306	4,483	5,183	5,335
公的機関	6,114	4,859	7,216	4,860	3,325	4,253
病院	5,903	5,240	5,823	7,882	4,564	4,130
大学	6,740	4,115	4,283	4,316	6,680	5,716
地方自治体	884	1,191	1,030	1,075	975	920
その他顧客	15,099	16,037	13,756	0	7,232	7,010
小計（有収水量）	149,258	139,145	152,275	126,079	126,370	127,505
生産水量	304,778	294,555	296,183	312,329	299,001	332,462
無収水量	155,520	155,410	143,908	186,250	172,631	204,957
無収水率（％）	51	53	49	60	58	62

出典：EWASCO 資料

(3) 料金制度/料金徴収

EWASCO では現在、用途別給水区分による料金表があるものの、適用されておらず、使用水量別による料金表が適用されている。表 2-5 に代表的な水量別料金を示す。

表 2-5 使用水量別料金表

使用水量 (m ³)	料金 (Kshs)
1-6	200
10	400
50	2,850
100	6,850
200	16,850
300	26,850
300<	130/m ³

*) 10m³-100m³の料金の上昇率は 0.2-0.5Kshs/m³、101m³-200m³の料金の上昇率は 0.1-0.2Kshs/m³、201m³-300m³の料金の上昇率は 0.03-0.1Kshs/m³である。

最低料金は 200Kshs (使用水量：0-6m³) であり、使用 1m³ 当たり単価は利用量が増加するにつれて上昇する仕組みである。これにメーター利用料 50Kshs と下水道利用者は水道料金の 50% が課せられ、合計が水道料金として請求される。来年 (2010 年) は表 2-6 に示す料金体系を既に作成しており、2011 年についても既に料金表を作成している。

表 2-6 水道料金表 (2010 年)

単位：Kshs

使用水量 (m ³)	メーター利用料	一般家庭	営業	公共施設	学校 (全日制)	寄宿学校	養護施設
0-6	50	33	33	33	33	33	33
7-20	75	50	50	50	40	40	40
21-50	100	60	65	65	50	50	45
51-100	200	70	75	75	60	60	50
101-300	400	85	90	90	70	70	55
300<	400	100	110	110	80	80	60

料金徴収はパソコンにて専用のソフトを用いて、一括管理を行っている。顧客は契約毎に顧客番号を割り当てており、メーター検針員によって検針された数値を元に請求書を作成し、各戸に送付する。顧客は窓口にて水道料金を支払う。

2-1-3 技術水準

水道施設を運転管理する EWASCO の現在の維持管理体制は不十分である。ムカング浄水場においては現在、改修が行われているため、専任の維持管理要員はおらず、カンガル浄水場のみ現在3名の要員により運転管理が行われている。主に三時間毎の水質の検査（原水・配水池）や一日一回の処理水の確認、凝集剤・塩素の注入やろ過池の逆洗浄を行っている。水質検査項目として、塩素濃度・濁度・温度・pHのみを検査している。今後、ムカング浄水場においても維持管理・水質管理要員は必要であり、現在の要員では対応不可能である。また、配水管の維持管理に関しては、上下水道合わせて14人の作業員が担当している。彼らの主な作業は運転管理に係るバルブ操作や管渠・管網の巡回点検や漏水箇所の補修である。根本的な漏水対策用の機器を所有していないため、住民の連絡やパトロールによる監視による発見によって問題を解決している現状である。そのため本計画の実施による水量・水圧の増加に起因する漏水の頻発に対応できる体制ではない。

2-1-4 既存施設の現状

(1) 取水/導水施設

取水は、標高約1,665mに位置し、既存の浄水場上流約6kmの場所でルピングジ川を横断して設けられた堰より行われている。堰はコンクリート製で高さはおよそ岩盤の河床から0.5m、堰幅は14mで、流れに平行に建設された右岸側のコンクリートの垂直護岸に流入口が2カ所（W1.15m×H1.35m）あり、バースクリーンに貼り付けられたパンチングメタルにてきょう雑物の進入を防いでいる。沈砂池はなく、洪水時の越流口も設けられているが活用はされていない。導水管ルートは図2-5に示す通りで、流入ピットを経て取水堰敷地内より民有地を通り、途中で一般道の路肩及び私有地を通って浄水場へ接続される。管外径は355mm（内径317mm）であり、管材はPVCが使用されている。取水施設から浄水場までの高低差が大きいこと、地形が険しいための埋め戻し土の締め固め不足等によって管が破裂する事故が起こっている。また、途中延長1km以上の既設導水渠敷設位置が急傾斜地に敷設されており、維持管理上不便な状況である。

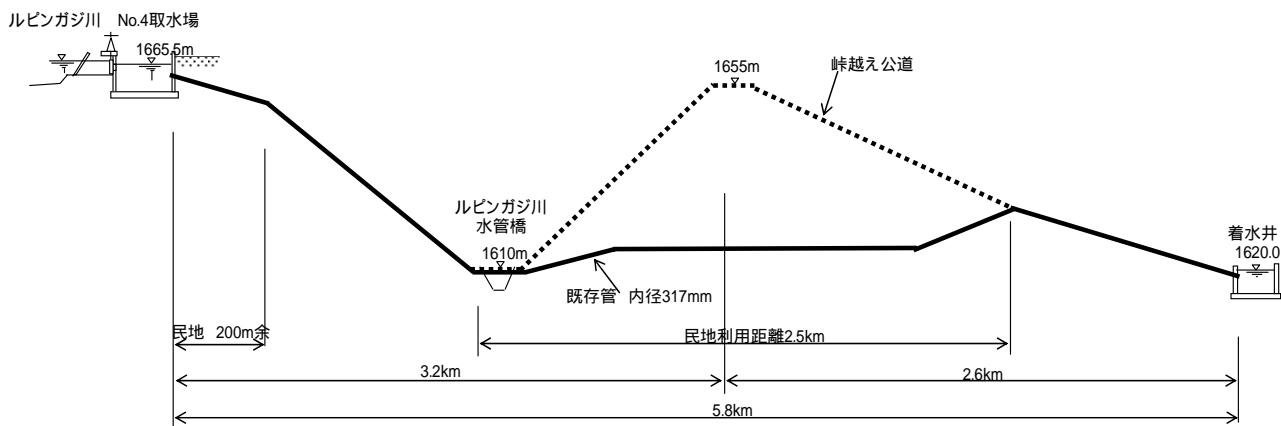


図 2-5 導水管ルート

(2) ムカング浄水場

1) ムカング1系浄水場の概要

ムカング浄水場は、未舗装であるが地域の主要道路沿いに設けられている。標高約 1615-20mに位置する当施設は、2007年に沈殿池等が建設され、ろ過池は2009年に完成したもので、施設能力は10,000m³/日であり、流入量は洗浄水等のロスを含め5%見込むと10,500m³/日(10,000×1.05=10,500m³/日)である。施設構成は、着水井、各2系列のフロック形成と薬品沈殿、8池の急速ろ過方式の浄水場であり、薬品沈殿池は一旦完成し運転していた。しかし、漏水が著しかったため2009年8月～11月の間現在補強工事中が行われたことから、調査団の調査時は滅菌のみを行って給水していた。

急速ろ過池に関しては、その耐力壁に関して鉄筋をほとんど使わず岩石をモルタルで練り込んだ特異な構造から、水圧に耐えられないことが懸念された。しかし、満水状態まで水張りを行っても練り込んだモルタルからの漏水はあるが、構造そのものは十分水圧に耐えているので、にじみ出る形の水漏れを許容すれば構造的には使用に支障はないものと考えられる。

なお、沈殿・ろ過に関する寸法・容量等を表2-7に示し、それを基に滞留時間等の諸元を表2-8に示す。諸元の計算については流入量10,500m³/日を用いた。

表 2-7 処理施設の寸法・容量等

名称	寸法	容量 (m ³)	水面積 (m ²)
受水槽	W3.1×L5.0×WH2.9	45.0	
フロック形成池1	W0.7×L3.0×WH2.9×6池×2列	73.1	
フロック形成池2	W6.2×L6.2×WH2.9	111.5	
沈殿池	W(5.2+5.6+5.6+5.9)×L15.6×WH4.0	1391.5	347.9
ろ過池	L5×W2.5×8池		100.0

表 2-8 ムカング浄水場の水処理施設の諸元値

施設	容量(m ³)	水面積 (m ²)	滞留時間 (分)	水面積負荷 (mm/分)	ろ速 (m/日)	基準	
						ケ国	日本
混和池	45		6.2				1-5
フロック 形成池	第1	73	10.0				
	第2	111	15.2				
	計	184	25.2				20-40
沈殿池	1,392	348	190.9	21.0		17.0	15-30
ろ過池		100			105.0		120-150

2) ムカング1系浄水場の評価

構造物： 水槽構造は基本的には鉄筋コンクリートのラーメン構造で骨組みを構成し、その厚さ30cm程度の壁部を150～250mm程度の採石した強度の高い岩石をモルタルで練り込んで埋めている。岩石を埋めるモルタルは本質的に完全に充填は難しいため、完成後壁としては水圧に耐えても水漏れは避けられない模様である。しかし、水漏れは吹き出すほどではないので、一定の

水漏れを許容すればこれらの壁で構成された水槽の使用は可能である。

ただし、ムカング浄水場で一定期間使用後に補修・補強に踏み切ったように、ろ過池で水漏れの是正のため今後同様な補修・補強が必要になる可能性はある。

薬品沈殿池：薬品沈殿池関連施設で混和池、フロック形成池の容量は十分であると考えられるが、2つに分かれているフロック形成池の第2形成池の部分が上向流沈殿池のような構造になっており、効果に疑問がある。薬品沈殿池はやや水面積負荷が大きいですが、同様な原水を用いているニエリ浄水場（処理量 26,000m³/d）のフロックの沈降性は良好なことから、先述のフロック形成池の機能に問題が無ければ問題になるレベルではないと考えられる。

急速ろ過池：急速ろ過池の構造は図 2-6 に示すとおりである。2009 年 10 月の時点では池の内装中（モルタル塗り）であり、ろ層はまだ敷設されていない。大きな特徴は流入と洗浄中の排水の越流部（径 200mm の塩ビ管の半割）高さが想定される砂面から、通常の 60cm 余に比べ極めて近い（0.2～0.3m）こと、及び逆洗管と洗浄排水管の管径がろ過池の規模に比して極めて小さいことである。

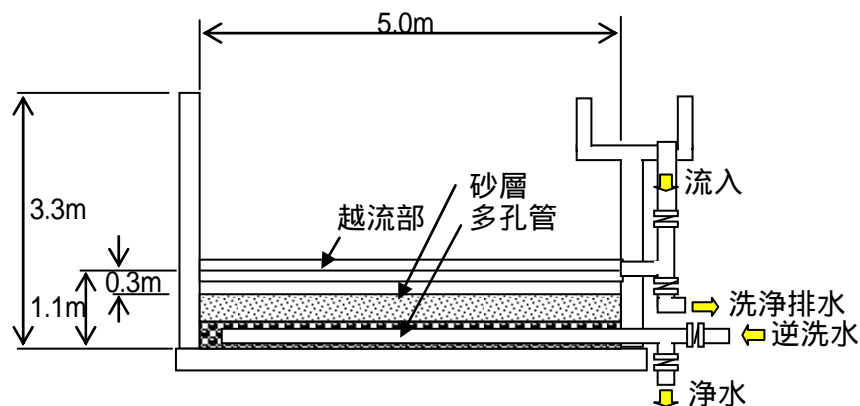


図 2-6 ろ過池の断面概念図

実際の管の口径から流速や損失を計算すると表-3 の通りであり、特に洗浄時において、ケニア国の標準洗浄速度をとると実際に取りうる落差の最大値を上回る損失水頭を生じる。

表 2-9 ろ過池接続の配管の口径と流速等表

ろ過池	管径 (mm)	通常流量 (m ³ /s)	流速(m/s)	基準流速 (m/s)	圧力損失 (m)	実落差 (m)	実流量 (m ³ /s)	逆洗速度 (m/min)
流入管	150	0.015	0.9	0.6	0.1	0.2		
浄水管	150	0.015	0.9	1.0	0.1	0.5		
逆洗管	150	0.146	8.3	2.0	21.2	12.0	0.11	0.53
排水管	150	0.146	8.3	2.0	12.0	3.0	0.07	0.35

逆に洗浄時には逆洗は今回事業により設置される高架水槽により洗浄するものとするし、排水は現状の水位差で行うとすると可能な洗浄速度は表に示すように 0.35m/min が限度である。この流速では洗浄時砂層の流動は起きないので洗浄効果は限定的なものにとどまる。

このことに加えて、洗浄時図 2-6 の越流部は流出部の損失のために 1m 近く水没するため、洗浄効果はさらに低いものと考えられる。

この点については、EWASCO の社長や技術部長に指摘をしたところ、越流トラフの問題については既に気が付いており、1) 越流トラフは 30cm 以上高くする、2) 排水管の口径は最低 250mm の管に交換する、3) 洗浄管は本管部を 200mm か望ましくは 250mm に増径する等の提案に合意した。

この改修より、ムカング 1 系浄水場は所定の 10,000m³/d の浄水処理量は得られるものと考えられる。また、現状ではろ過池の砂層の洗浄は原水によることになるが、本計画による 2 系施設が完成すればその高架水槽の処理水による洗浄を行う計画である。

なお、現在のところ薬品沈殿池のみが利用されてきたが、この発生汚泥は池を空にした後、排水池に一旦貯留後、EWASCO が所有する処理場脇の土地に野積みされて結局乾燥処分されている。当施設は導水、送水共に水頭差を利用しており、ろ過層の洗浄は導水の水頭を利用して原水洗浄し、かつ薬品の溶解も人手により棒で攪拌することで行い、さらに計装機器は一切用いていないので機械、電気製品類は使用していない。また、現状では水質分析は場内で行っていない。

(3) 送水施設

ムカング浄水場からカンガル浄水場(現在は 7 系列で処理能力約 2,000m³/d の浄水施設が設置されているが、本事業によりムカング浄水場の 2 系施設が完成して、カンガル配水池が建設される際には取り壊されるため、カンガル配水場となる)へは標高差が 100m 以上ある。そのため、送水管は処理場より自然流下にて道路沿いの公共用地に埋設されてカンガル浄水場と連絡している。送水管径は管外径 315mm、管材は PVC である。この区間は、No.4 取水堰～ムカング浄水場間の変化に富んだ地形と凹凸のある勾配と比較して、一貫して下り勾配である。漏水や管の破裂等の問題は発生しているものの発生はまれであり、導水渠に比べ問題は小さい。

(4) 配水施設(現カンガル浄水場)

ムカング浄水場からの浄水(2009 年 9～10 月はムカング浄水場では塩素滅菌のみを行い送水している)は送水管によりを經由してカンガル浄水場内の配水池に送水される。同浄水処理施設、配水施設は 1940 年代に建設されたものである。浄水施設は 2004 年に改修されているが機器の更新はあまり行われておらず、円形の薬品沈殿池と急速ろ過池が一体になった 7 系統の小規模施設が使われていて運転管理が困難であるとのことである。この浄水施設についてはムカング浄水場とは異なるカピンガジ川からの水を浄化している。

カンガル浄水場では、図 2-7 に示すようにその浄水処理した浄水と、ムカング浄水場から送水される浄水を改めて塩素滅菌して、場内の 5 つの配水池を経て配水区域内へ 6 本の配水管で配水している。

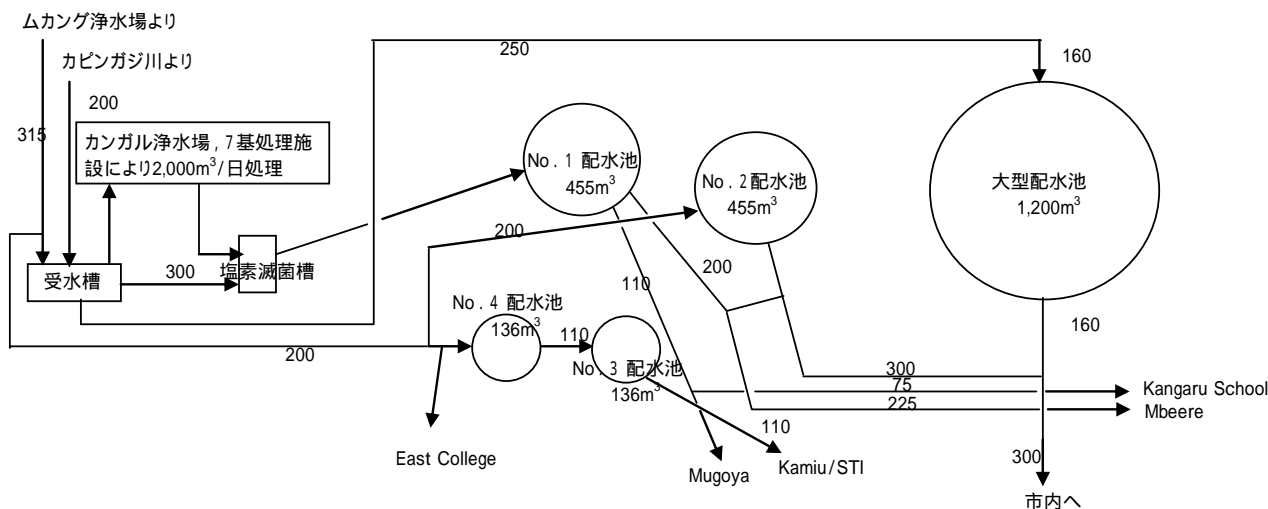


図 2-7 カンガル浄水場（将来配水場）の配水系統図

場内には、水質試験室があり、市内へ配水する浄水、及びカピンガジ川からの原水とムカング浄水場からの送水を検査している。検査項目として、塩素濃度・濁度・温度・pH大腸菌等となっている。

(5) 電気・計装設備

ムカング浄水場、カンガル浄水場（事業完了後は配水場）共に導水、送水、配水は全て自然流下で行われている。さらに、カンガル浄水場では以前はろ過池洗浄には処理水を使って、高架水槽へ揚水して洗浄を行っていたが、現在は揚水ポンプ故障のためムカング浄水場からの送水管による洗浄を行っている。このため両浄水場共にポンプ施設はない。また、ろ過池の洗浄、薬品の攪拌・注入等も全て人力で行われているため機械・電力不要の施設となっている。

原水洗浄には浄水中にも原水が混入するので水質の点で問題があり、さらに、浄水場の規模が大きくなると薬品の溶解を人力で行うことは労働安全衛生、溶解薬品の質の問題があるため、ろ過池の適切な洗浄や安定した薬品の供給には施設の電動化が必要不可欠であると考えられる。さらに、浄水場には電気式の流量計、水位計、水質計等の計装機器が一切無く、フロートによる配水池の水位計、機械式流量計等があるが故障して放置されているものも多く、浄水技術の不足もあいまって適切な管理ができていないと言え難い状況である。

2-2 プロジェクト・サイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) 道路

エンブ市を縦貫する国道及び市内中心部のその周辺道路は舗装されており、車の通行は土ほこりも生じずスムーズに行うことができる。これらの主要道路を外れると、ほとんどは未舗装であり、大型車が通行するとすさまじい土ほこりを生じ、場所によっては道路面が凸凹で通常の乗用車での走行が難しいところがある。未舗装道路の路面の土質は粘性土で、雨が降ると排水の悪い道路では泥状となり通行が難しくなるところがあるが、泥状の状態はそれほど長く続かない。本事業において、配水池が建設されるカンガル配水場までの道路は主要国道であるため舗装されている。しかし、カンガル配水場から構造物の建設が最も多いムカング浄水場までの 6km の間、さらに 6km 奥に入る取水場までは未舗装である。これらの道路は、道幅は比較的広いので大型車の通行には支障はないが、車両の通行によるほこりの発生が著しいため、大型車両が頻繁に行き交う工事期間中は何らかの対策が必要となる。また、これらの車両の通行により生じる不陸整生、雨天時の轍跡の補正等の手当を考慮しておく必要がある。

(2) 電力

ケニア国における電力供給事業は「ケニア電力・電灯公社」(KPLC) が独占的に行っている。発電施設の約 65% は水力発電で占められておりナショナルグリッドを形成している。電力事情は比較的安定しているものの水力発電が主のため気象変動の影響を受けやすい傾向がある。

対象地域における配電電圧は 11kV-50Hz でエンブ市内の主配電系統と同一ラインである。負荷電圧は 3 相 415V、単相 240V であり日本国内の標準的な機器を使用するに当たっても問題ない。表 2-9 にムカング浄水場建設予定地における電力料金体系を以下に示す。

表 2-10 ムカング浄水場建設予定地における電力料金体系

METHOD CII	商工業については 11kV でメータを通して給電される
a) 固定料金の場合	KSh 2,500.00
b) 消費電力当たり	KSh 4.73 /kWh
c) 契約電力当たり	KSh 400 /kVA

エンブ市での停電頻度は多く週 5~6 回にもなり、1 回につき 20 分程度のことが多いが、数時間に及ぶこともある。また、月に一度メンテナンスによる計画停電が 8 時間程度実施される。なお、今回の調査期間中にも、ほぼ終日に及ぶ停電が発生している。本計画において、ムカング浄水場ではろ過池洗浄のための揚水、薬品溶解等に電動機器を用いることを計画しており、安定した浄水処理・供給には場内の発電施設が必要と考えられる。

(3) 下水道

エンブ市の下水道整備区域は、市内のごく一部の地区に限られている。全体計画区域面積は1,115haであるが、現在、下水道が普及している区域面積は269haであり、下水道普及率は計画区域の約24%程度で、既設下水管渠延長は、約12kmである。下水処理場は、市の南部で市街地に近接した位置にある。処理方式は安定化池で、開放型であることから、悪臭や八工の発生等生活環境上好ましくない状況にある。EWASCOは、このような状況を改善するために、既存処理場に代わって市の郊外に第一期として5,000m³/日の処理能力をもつ下水処理場を世銀の融資を得て、移転・建設する予定である。また、第二期（長期計画）として、エンブ市の下水全量を処理できる処理場（規模15,000m³/日）の建設を計画しているなど、EWASCOとしては普及率の向上に力を入れる予定である。

しかし、現在では下水管渠の整備地域が限られているため、下水処理場に排水される下水量は700m³/日にすぎない。下水道に接続されていないほとんどの家庭では、浸透式のセプティックタンク（下水腐敗槽）を備えているため、上述プロジェクトの実施により下水の整備面積は増加するが、処理場に排水される下水量は増加しないことが懸念される。

エンブ市はケニア山麓の上流域に位置するため、その下水処理システムは流域全体の衛生環境を考えた場合には重要である。「ケ」国として、地域全体の衛生的な生活環境を創出するためには、上水道システム整備により増加する排水に対処するエンブ市の下水排水・処理システムの整備は不可欠であり、本プロジェクトと並行して都市部（エンブ市）の下水道整備が課題である。

また、エンブ市の中心街以外は集合住宅が少なく住居が点在しているので、集中的な下水整備は困難であると考えられ、個別の適切な浄化槽の整備が必要になる。

(4) 廃棄物処理

エンブ市では、エンブ市役所が廃棄物の収集及び廃棄を行っている。ゴミ処分料金は水道料金と纏めて請求される。一日平均21トンの固形廃棄物が排出され、トラクターでエンブ市中心部より7km離れたカグンガ処分場にて運搬投棄されている。収集区域は市中心部のみを対象としている。ゴミは分別されることなくダンプサイトへ運搬される。処分場の大きさは15エーカーであるが、実際に利用されているのは2エーカーのみである。また不法投棄も多く行われており、ダンプサイト付近では、人々が違法に穴を掘ってゴミを投棄し、埋めたり、焼却を行っており、そのような状況で貧困層の子供達がビン等の換金性の高いゴミを拾っており、不衛生な状況である。

2-2-2 自然状況

(1) 地形

対象地域の中心を占めるエンブ市は、「ケ」国の最高峰ケニア山（標高5,199m）の東部山麓に位置し、海拔1,200-2,000mの高原地帯にある。高地はその斜面の多くが河川や小流が流れる渓谷部

を有する地形を形成している。地形は北から南方向に平均勾配 4.3%のなだらかな傾斜をしており、この方向に流路が発達している。地域の多くは河川や小流によりえぐられた谷部や丘陵部で構成され、市街地区の拡大は地形面で不利な面がある。ルピンガジ、カピンガジ両河川には上流のカティタ (Kathita)、マカタリ (Makatari)、カミウグ (Kamiugu) の小河川が流入している。

(2) 地質

地質学的には、前カンブリア紀の基盤岩の上に多種類の火山岩で構成されており、市街地の多くはケニア山の溶岩流が風化した赤色火山灰土壌 (red volcanic soil) で覆われている。しかし、一部の水はけの悪い地区は黒色粘土土壌が分布している。

なお、現地調査において、浄水場、及び配水池建設予定地の地耐力を確認し、適切な施工方法の検討に供するため平板載荷試験により土質調査を行った。その結果、浄水場予定地、配水池予定地とも赤色粘性土、シルト質粘土が主体であり、地表面から 2m以上の深度では概ね 200kPa (20 t/m²)の地耐力があることが判明した (資料 6 - 1 より)。

(3) 気象

年間降水量は約 1,200mm で、長期の雨季 (3月 - 5月) と短期の雨季 (11月 - 12月) がある。一部の地区は雨季に洪水に見舞われる。平均気温は 7月~8月が 13 - 18 で最も低く、1月~2月は 22 - 28 で最も高い。また、地域は、高度、降水量、気温に違いから、4つの農業・生態ゾーン (Agro-ecological zone) に分けられる。近年では干ばつの影響により年間平均降雨量よりも減少している。表 2-11、図 2-8 にエンブ市の最近 3 年間の月平均降雨量を示す。

表 2-11 最近 3 年間 (2006 - 2009 年) の月平均降雨量

(単位: mm)

観測地/月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
エンブ	66.4	8.6	124.1	246.1	140.7	16.9	25.5	25	29.5	259.4	223.8	116.5

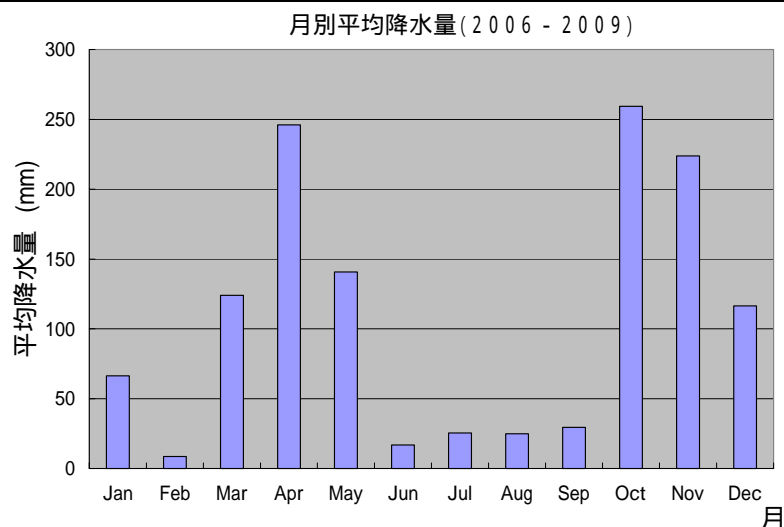


図 2-8 最近 3 年間の月平均降雨量

(4) 水源水質

エンブ市の水源であるルピンガジ川はケニア山から流出する多くの河川の一つである。No. 4 取水点での流域面積は 120.3km² である。表 2-12 に EWASCO による原水水質分析結果 (2007 年) を示す。

表 2-12 EWASCO による原水水質分析結果 (2007 年)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
濁度	平均	20.5	6.7	13.8	24.2	13.8	5.3	8	27.3	6.1	14.2	8.5	11.1	12.8
	最大	173	45.5	187	394	119	12.5	92.6	364	37.2	198	49.1	49.2	394
	最小	4.1	2.6	2.8	2.9	3.8	3	3	2	2	2.6	3	4.2	2
	サンプル数	15	38	50	64	63	70	120	92	98	124	97	33	864
pH	平均	7.3	7.3	7.3	7.2	7.1	7.4	7.5	7.4	7.4	7.3	7.3	7.4	7.3
	最大	8.3	7.9	7.8	7.6	7.5	7.8	7.9	8.2	7.8	7.8	7.5	8.9	8.9
	最小	6.7	6.8	6.7	6.9	6.8	7	6.7	6.7	6.9	6.1	6.8	6.7	6.1
	サンプル数	10	31	46	46	53	57	108	99	68	24	22	21	585
気温 ()	平均	17.3	17.9	18.8	18	18.3	17.4	17.3	17.2	18.1	18.2	17.7	17.9	17.7
	最大	19	21.9	21.4	25.1	21.4	20.4	22.8	21.8	24.1	23.6	20.5	24.4	25.1
	最小	16.5	16	15.9	15.4	15.8	15.5	15	14.9	15.3	15.6	15.2	15	14.9
	サンプル数	10	31	45	46	53	57	106	98	67	24	19	18	574

本調査にて、水質調査を行った。検体の採取位置は、No.3 取水地点、No.4 取水地点、ムカング浄水場の流入水 (滅菌後、No.4 取水地点から導水されたルピンガジ川の原水) の 3 箇所合計 3 検体、カンガル浄水場にてカピンガジ川の原水 (流入) 場内浄水施設の処理水、及び市内への給水 (配水池) の合計 3 検体、市内の水道の蛇口より 2 検体の採取を行い、水質測定を行った。表 2-13 及び表 2-14 に水質項目及び各検体の水質検査結果を示す。なお、この時ムカング浄水場の薬品沈殿池が修理中で休止しており、また急速ろ過池も建設中であるため、ムカング浄水場を経由する約 10,000m³/日は無処理になっている。

表 2-13 水質項目及び各検体の水質検査結果 (2009 年 10 月 15 日採水)

水質項目	単 位	No.3 取水地点	No.4 取水地点	カンガル WTP (流入)	カンガル WTP (処理後)
pH	pH Scale	6.54	6.61	7.18	7.53
浮遊物質	mg/l	58	86	62	72
全硬度	mgCaCO ₃ /l	34.24	34.24	34.24	34.24
全アルカリ度	mgCaCO ₃ /l	0.15	0.38	0.41	0.49
シアン化合物	mg/l	<1	<1	<1	<1
銅	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
水銀	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
鉄	mgFe/l	0.22	0.32	0.45	0.46
鉛	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
COD	mg/l	10	90	20	30
濁度	N.T.U	4.68	6.85	5.18	5.62
導電率	µS/cm	0.02	0.03	0.07	0.07

表 2-14 水質項目及び各検体の水質検査結果 (2009年10月15日採水)

水質項目	単 位	ムカング WTP (流入)	カンガル WTP (配水池)	EWASCO 水道栓	ガチヨカ 水道栓
pH	pH Scale	6.82	7.07	7.20	7.34
浮遊物質	mg/l	96	214	238	306
全硬度	mgCaCO ₃ /l	34.24	34.24	51.36	34.24
全アルカリ度	mgCaCO ₃ /l	0.16	0.25	0.33	0.41
シアン化合物	mg/l	<1	<1	<1	<1
銅	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
水銀	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
鉄	mgFe/l	0.34	0.53	0.83	1.02
鉛	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
COD	mgO ₂ /l	70	30	40	50
濁度	N.T.U	8.17	17.20	17.80	22.30
導電率	µS/cm	0.03	0.04	0.05	0.07
塩化物	mg/l	1	3	3	4
色度	Degree	<10	10	<10	10
亜鉛	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
大腸菌	Cfu/100ml	25	1	13	1
病原性大腸菌	Cfu/100ml	13	0	5	1
カドミウム	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
砒素	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
硝酸塩	mg/l	0.23	0.21	0.32	0.47
残留塩素	mg/l	0	0.025	0.025	0.025

ルピングジ川の流水は、晴天時の濁度は低く見た目に清澄であり、雨天時には濁度 100 以上の高濁度となるものの、降雨後急速に濁度は低くなる。

原水水質及び浄水場での浮遊物質が高い傾向にあるのは、資料採取前日の降雨のため川は濁っており、その影響が出たものと考えられる。濁度については 2007 年度に EWASCO によって行われた原水水質検査と似た値を示しており、鉄の濃度はやや高いが重金属等による汚染は見られない。

浄水場流入水における大腸菌群数及び病原性大腸菌は WHO 基準 (大腸菌郡数: 1 以下、病原性大腸菌群数: 10 以下) を大幅に上回っているが、カンガル浄水場配水池において基準値を若干超えるまで減少している。しかし、エンブ市内水道栓 (EWASCO) においてはこれらの値が大幅に増加し、更に離れた場所ではまた減少するという現象が見られた。浮遊物質や濁度は処理場より離れるほど増加する傾向が見られた。これらは結局、降雨による影響が時間により変化するため、ムカング浄水場からの送・配水の時間の経過毎に水質が異なっていたものと考えられる。

以上の水質検査結果より、重金属類及び栄養塩類等の問題が見られないものの、大腸菌群数や病原性大腸菌の検出が見られることから、ムカング浄水場において無処理で配水することは大変危険であり、早急に同浄水場を稼働させる必要があることが判る。

2-2-3 環境社会配慮

(1) 水利権

EWASCO から国家水資源管理局 (Water Resources Management Authority, WRMA) に、 $20,000\text{m}^3/\text{日}$ から $30,000\text{m}^3/\text{日}$ へ増加させる水利権の取得申請がなされ、2009 年 12 月 18 日に取得した (資料 8 - 1 に示す)。

(2) EIA

本プロジェクトに係る EIA に関しては、EWASCO から「ケ」国の国家環境管理庁 (NEMA) に申請中し、2009 年 12 月 1 日申請通りライセンスが発出された (資料 8 - 2 に示す)。

また、現地調査時において以下の事項について確認した。

1) 新規用地取得の有無、及び非自発的住民移転の有無

新規浄水場建設用地として、EWASCO がムカング浄水場の隣接地に確保した約 1 エーカーの用地は事前調査団より本事業の浄水場用地としては不足であると指摘されたが、EWASCO はその隣接した民地 (家屋が 1 軒あり) を等地交換の形で既に取得している (討議議事録 (資料 4 .) に添付)。導水管・送水管の敷設予定ルートは、導水管について、民地 (畑及び斜面) 通過部 2.5km の延長が大幅に減じて道路沿用地に埋設される他は、基本的には既設と平行したルートを通ることになる。また、配水管も既存道路用地内に敷設されるため住民の居住はなく、住民移転は発生しない。

2) 浄水場から排出される汚泥・排水の処分

浄水場沈殿池からの汚泥は、スラッジ・ラグーンにおいて天日乾燥を経て、エンブ市所有の廃棄物処分場等に衛生的に投棄されるため、環境配慮上の懸念はない。また、ろ過池洗浄排水については、排水槽で量調整の上、スラッジ・ラグーンで静置沈降の上地中浸透及び浄水場西側の小河川に放流されるが、放流水を放流基準以下としているので問題はない。

3) プロジェクト実施に伴う周辺住民の産業活動等への影響の有無

本プロジェクトでは導水管、送水管、配水管敷設工事においては、道路脇、あるいは農地に設置され、農作物等への補償はなされる。また、家や商店の軒先を施工する場合、一時的に通行の妨げ、店先に駐車できなくなる等、商業等産業活動への影響が生じると予想される。しかし、基本的に人力掘削による施工で、限られた時間内であり住民の許容範囲と考えられるため、特段の影響は生じない。

4) 計画サイト近傍における文化遺産の有無

計画サイト周辺には文化遺産が存在しない。

3 . 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

「ケ」国政府が策定した「第9次国家開発計画 (2002-2008)」において、上水道分野における適切な開発と維持管理の改善が目標の一つに掲げられ、また、2007年1月に策定された「国家水資源管理戦略 (2007-2009)」では、飲料水、生産に要する水の供給を通して貧困の撲滅を目標としている。

係る上位計画に基づき、本プロジェクトはエンブ市(Embu Municipality)及びその周辺地域においてルピンガジ川を水源とする上水道システムを整備し、計画目標年次である2015年に計画対象区域内推定人口約193,000人のうち168,000人の住民に対して安全な飲料水を安定的に供給することを目標として、新たな浄水場建設、および送配水システム等の整備・増強を図り、これらの施設の維持管理用機材を調達するとともに、給水事業の運営・管理に必要な要員の育成のための支援を行うものである。

本プロジェクトにより実施される事業の計画概要を以下に取りまとめる。

表 3-1 プロジェクト概要

種 別	計画内容
1. 改修工事	(1)取水堰 1ヶ所
2. 施設新設工事	(1)導水管 口径 500mm×延長 5.9 km
	(2)浄水場 計画浄水量 11,000m ³ /日 一式
	(3)送水管 口径 315mm×5.2km
	(4)配水池 地上型 6,000m ³ ×1 池、3,000m ³ ×1 池
	(5)配水管 一次配管敷設：口径 400～250mm×約 10.8km
3. 機材調達	(1)配水管管材 60.3km 分及び流量計 8 台他必要部品
	(2)水道メーター検定装置 一式
	(3)水質試験器材
	(4)3 トン積みトラック
	(5)携帯式超音波流量計
4. ソフトコンポーネント	(1)浄水施設の運転管理に関するトレーニング
	(2)浄水場の水質管理に関するトレーニング

3-2 協力対象事業の基本設計

3-2-1 設計方針

(1) 基本方針

本プロジェクトの計画目標年次は2015年とし、予測される水量増加に対応できる施設計画とする。施設の設計にあたっては、「ケ」国のデザインマニュアル（Practical Manual for Water Supply Services in Kenya, October 2005, MoWI）を基本とする。

(2) 自然条件に対する方針

エンブ市の年間総降水量は、ここ数年の平均で1,000mm程度と少ない。降雨の時期は長雨期（3～5月）と短雨期（10～12月）、乾期（1～2月、6～9月）に分けられる。長雨期には主に夜間に雷を伴って激しく降ることがある。一方、短雨期には通常夕方以降に降り、降り方も比較的穏やかであることが多い。工事実施に際しては、雨期全般にかけて10mm/日以上降雨日については施工効率の低下を見込むこととする。

(3) 社会経済条件に対する方針

「ケ」国の公的機関は土曜日および日曜日の週休2日が定着しているが、労働規則では週間労働45時間（平日8時間、土曜日5時間）が規定されている。年間祝祭日は10日以上あり、日曜日がこれらの祝祭日と重複した場合、月曜日が振替休日となっている。一部のイスラム教徒は断食明けに数日の休暇を取ることに留意する。施工計画策定においては、これらの事情を考慮する。

(4) 法・制度・基準に対する方針

市街地の配管については、舗装道路内の埋設は許可されないため、雨水側溝外側の閑地スペースに敷設すること基本とする。また、国道及び市街地の主要な道路の横断部については、鑄鉄管の使用、コンクリート管による防護を施すこと等、道路局の規定に則し施工する。なお、一部、公共事業による管渠等を敷設に私有地を使用する場合は、「ケ」国では地主は使用に同意する必要がある、その工事によって生じた損害のみの補償を受けることができる。本事業では、主として導水管、送水管の敷設において、こうした事例が一部発生すると考えられるが、これに対してはEWASCOが必要な補償について対処することとする。本計画の実施に伴うEIAの手続き終了し、国家環境管理庁（NEMA）から既に許可は得られている。施工に際しては、これに基づいて環境面に十分配慮した施工計画を立案することが必要である。また、今後計画に変更が生じた場合は、修正して提出する必要がある。

国家環境管理局（National Environment Management Authority: NEMA）の規定に示されるとおり、資材調達現場の復旧、ダスト・騒音・濁水処理対策、残土処理の方法等、環境条件についても対応を図る。

(5) 現地業者・市場資材の活用に対する方針

「ケ」国では、これまで給水セクターの類似プロジェクトがエンブ市近隣でも実施されていることから、本計画規模の事業における現地業者の活用は可能である。また単純労働については「ケ」国政府はより多くの人力を使った工法を強く奨励しており、これまでに EWASCO も大型建設機械を使わず人力主体で導水管の埋設、浄水場の建設工事を行っている。そのような労働状況であり、単純労働にかかる労働力の供給は問題ない。主要土木・建築工事に用資材に関しては、一般的なセメント、砕石、砂、レンガ、木材（角材・板材）、ガソリン、オイル等は「ケ」国内で調達可能である。電気計装、給電機材、発電機器についても同様であり、更には機能としての重要性からも第3国または日本国からの調達も視野に入れて計画する。

(6) 実施機関の運営・維持管理能力に対する方針

EWASCOの現在の職員は技術、及び経営管理の両部門を合わせて約80名である。現在、EWASCOではカンガル浄水場で「ケ」国全土に一般に建設されている円形の薬品沈殿池と急速ろ過池を運用している他、ムカング1系浄水場の計画・建設を行って薬品沈殿池の運転を行っているが、計画・設計、運転上問題点が散見され、スタッフの技術的レベルは大きな課題と考えられる。事業の運営・維持管理に係る組織強化の具体的提案、OJT及びソフトコンポーネントによる支援を通して、維持管理に必要な技術の習得、サービスプロバイダーとしての適切なデータの収集整理等の指導に関与していく必要があると考える。今後、目標年次である2015年には独自で施設的能力を維持できるように技術を習得するとともに、今後の計画策定に必要なデータの収集整理を独自で出来るように指導する。

(7) 施設・機材等のグレード設定に係る方針

浄水施設は、処理水質がWHO飲料水水質ガイドライン値を満足できる処理方式を選定するとともに、出来る限り電力を必要としない運転維持管理が容易な方式とし、自動制御は最小限にとどめ、マニュアル操作を基本とする。また、取水口から浄水場間の水頭差を利用したマイクロ水力発電を設置する。

(8) 施設建設の工法、調達方法、工期に係る方針

上述の自然条件や社会経済条件を踏まえ、十分な工事班の編成等を考慮し工期を設定すると共に、品質管理および安全管理に対して万全を図る。

3-2-2 基本計画

図3-1に水道施設模式図を示す。

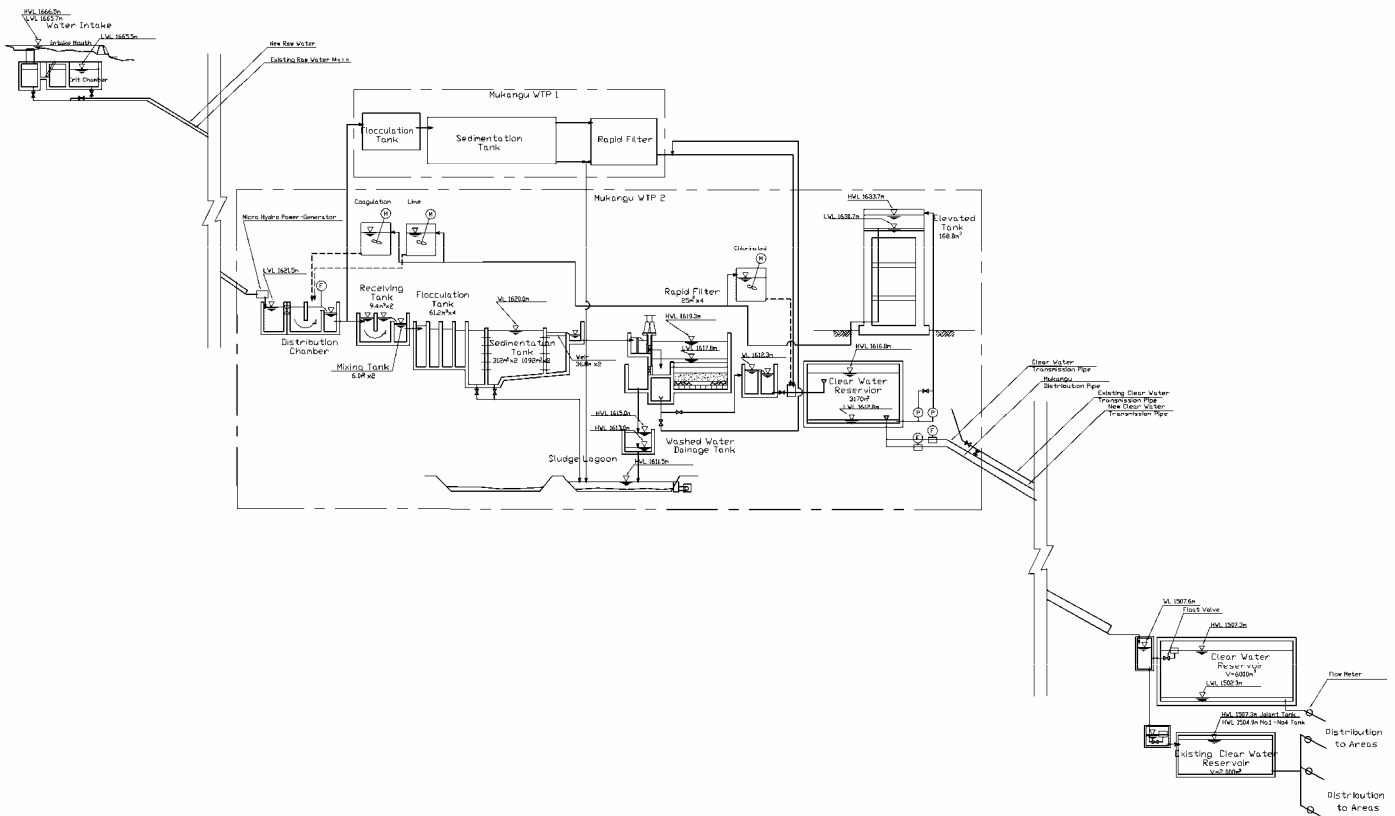


図 3-1 水道施設模式図

3-2-2-1 基本事項

(1) 計画給水区域

エンブ市を中心にその周辺地域とする。エンブ市以外では、ネンブレ郡（ネンブレ、エナ東、ガトゥンドリ、エナ西、キテギ、キシムの各村）、ガチョカ県（ガカバリ、キアンベレ、リアシナ、キアンジル、キリマ、ピタ、ニャングワ、キスンティリ、マブリア、ギチチェ、ガチョカ、ガチチリ、キアムリンガの各村）である。

(2) 人口及び水需要予測

1) 人口予測

i) 人口動態

人口の統計資料としては1969年以降10年ごとにセンサスが行われており2009年9月にも行われた。しかし、2009年のセンサスの結果が出るのは2009年の12月以降となるためその結果は今回の調査に使うことができない。従って、1999年に行われたセンサスが今の時点では入手できる最新のデータである1999年の結果を使って人口の動態を推算した。

エンブ既成市街地は英国からの開拓者により開かれ、古くからの行政、商業の中心地として栄えてきた。1989年と1999年のセンサスによると、エンブ市既成市街地の人口の年増加率は3.7%、郊外では4.4%となっている。ネンブレ郡（ガツリ南、キシム）では1.7%、ガチョカ郡（キアン

ベレ、キアンジル、マブリア、ムベティ南)では2.9%である。ネンブレ郡はエンブ市に近いが、現在給水事情が悪いためエンブ市内に移っている人が多く、給水状況が改善されれば人口増加率が大きく変化することが考えられる。

一方、人口推計は計画開発省の地方統計事務所(District Statistical Office, Central Bureau of Statistics, Ministry of Planning and National Development)がエンブ市については年間1.7%の伸びを、またその他周辺地域については2.3%の伸び率を見込んでいる。

センサス及び計画開発省による計画給水区域の人口を表3-2(1)、(2)に示す。

表 3-2(1) 給水区域内人口動態 (1999年センサス)

Location(市・郡)	1999	1989	1979	1969
Embu市	人口	人口	人口	人口
Mbethi North(ベティ北)	15,526	10,554	7,019	11,159
(人口増加率)	4.4%	4.7%		
Municipality(タウンシップ)	36,920	26,614	15,986	3,928
(人口増加率)	3.7%	5.8%		
小計	52,446	37,168	23,005	15,087
(人口増加率)	3.9%	5.5%		
Nembure(ネンブレ)郡				
Gaturi South(ガツリ南)	12,857	14,094	11,377	5,450
Kithimu(キシム)	17,251	11,714	8,713	
小計	30,108	25,808	20,090	5,450
(人口増加率)	1.7%	2.8%		
Gachoka(ガチャカ)郡				
Klambere(キアンベレ)	10,810	7,429	4,648	3,471
Kianjiru(キアンジル)	17,457	13,002	9,766	7,042
Mavuria(マブリア)	17,140	14,573	10,027	7,198
Mbeti South(ベティ南)	13,695	10,556	6,724	4,068
小計	59,102	45,560	31,165	21,779
(人口増加率)	2.9%	4.3%		
総計	141,656	108,536	74,260	42,316

(出典：1999年センサス)

表 3-2 (2) 給水区域内人口動態 (2009 年推定)

District/Location/Sub-Location (郡/市/町村)	1999			人口伸び率 (1989-1999)	2009 推定人口
	人口	戸数	家族構成数		
Embu					
Mbethi North(ベティ北)	15,526	3,578	4.3	1.70%	18,100
Gatituri(ガティツリ)	5,416	1,238	4.4		
Itabua(イタブア)	6,283	1,449	4.3		
Kiangima(キアングマ)	3,827	891	4.3		
Municipality(タウンシップ)	36,920	11,148	3.3	1.70%	43,000
Dallas/Stadium(ダラス)	16,993	5,902	2.9		
Kamiu(キミウ)	11,357	3,260	3.5		
Njukiri(ジュキリ)	5,092	1,157	4.4		
Nthambo(ヌトンボ)	3,478	829	4.2		
Sub-Total	52,446	14,726	3.6		61,100
Nembure					
Gaturi South(ガチュリ南)	12,857	2,793	4.6	2.30%	36,900
Ena East(エナ東)	2,969	642	4.6		
Gatuduri(ガトゥンデュリ)	5,330	1,145	4.7		
Nembure(ネンブレ)	4,558	1,006	4.5		
Kithimu(キシム)	17,251	3,661	4.7		
Ena West(エナ西)	1,796	406	4.4		
Kithegi(キテギ)	5,789	1,241	4.7		
Kithimu(キシム)	9,666	2,014	4.8		
Sub-Total	30,108	6,454	4.7		
Gachoka(ガチョカ)					
Kiambere(キアンベレ)	10,810	2,208	4.9	2.30%	72,500
Gacabari(ガカバリ)	2,124	416	5.1		
Kiambere(キアンベレ)	4,886	981	5.0		
Riacina(リアシナ)	3,800	811	4.7		
Kianjiru(キアンジル)	17,457	3,722	4.7		
Kirima(キリマ)	5,894	1,275	4.6		
Mbita(ベティ)	3,333	682	4.9		
Nyangwa(ニャンガワ)	8,230	1,765	4.7		
Mavuria(マブリア)	17,140	3,654	4.7		
Kithunthiri(キスンティリ)	5,848	1,256	4.7		
Mavuria(マブリア)	5,947	1,191	5.0		
Gichiche(ガチチェ)	5,345	1,207	4.4		
Mbeti South(ベティ南)	13,695	3,321	4.1		
Gachoka(ガチョカ)	5,344	1,149	4.7		
Gachuriri(ガチュリリ)	4,536	1,337	3.4		
Kiamuringa(キアムリンガ)	3,815	835	4.6		
小計	59,102	12,905	4.6		
総計	141,656	34,085	4.2		170,500

(出典) 1999年センサス(人口及び世帯数)

ii) 将来人口

エンブ地区の人口増加は周辺地域からの人口の流入も大きな一つの要因と考えられている。また、この傾向は周辺の生活環境から今後も大きな変化はないとのエンブ統計事務所、EWASCOの考えである。エンブ市の将来人口の推算にあたっては、上記のエンブ統計事務所が推定しているエンブ市の年間平均 1.7%及びその他地域での 2.3%の増加率を採用して将来人口を推算(表 3-3)し、その結果をグラフ(図 3-2)にした。

表 3-3 計画給水区域の将来人口

District/Location/Sub-Location (県/市・郡/村)	1999			人口伸び率 (1989-1999)	2009 推定人口	2015 人口
	人口	戸数	家族 構成数			
Embu(エンブ)県						
Embu(エンブ)市						
Mbethi North(ベティ北)	15,526	3,578	4.3	1.70%	18,100	19,993
Gatituri(ガティツリ)	5,416	1,238	4.4			6,974
Itabua(イタブア)	6,283	1,449	4.3			8,091
Kiangima(キアングマ)	3,827	891	4.3			4,928
Municipality(タウンシップ)	36,920	11,148	3.3	1.70%	43,000	47,542
Dallas/Stadium(ダラス)	16,993	5,902	2.9			21,882
Kamiu(キミウ)	11,357	3,260	3.5			14,624
Njukiri(ジュキリ)	5,092	1,157	4.4			6,557
Nthambo(ヌトンボ)	3,478	829	4.2			4,479
Sub-Total	52,446	14,726	3.6			61,100
Nembure郡						
Gaturi South(ガチュリ南)	12,857	2,793	4.6	2.30%	36,900	18,084
Ena East(エナ東)	2,969	642	4.6			4,176
Gatuduri(ガトウデュリ)	5,330	1,145	4.7			7,497
Nembure(ネンブレ)	4,558	1,006	4.5			6,411
Kithimu(キシム)	17,251	3,661	4.7			24,263
Ena West(エナ西)	1,796	406	4.4			2,526
Kithegi(キテギ)	5,789	1,241	4.7			8,142
Kithimu(キシム)	9,666	2,014	4.8			13,595
Sub-Total	30,108	6,454	4.7		42,347	
Mbeere(ベアレ)県						
Gachoka(ガチョカ)郡						
Kiambere(キアンベレ村)	10,810	2,208	4.9	2.30%	72,500	15,204
Gacabari(ガカバリ)	2,124	416	5.1			2,987
Kiambere(キアンベレ)	4,886	981	5.0			6,872
Riacina(リアシナ)	3,800	811	4.7			5,345
Kianjiru(キアンジル)	17,457	3,722	4.7			24,553
Kirima(キリマ)	5,894	1,275	4.6			8,290
Mbita(ベティ)	3,333	682	4.9			4,688
Nyanqwa(ニャンガワ)	8,230	1,765	4.7			11,575
Mavuria(マブリア)	17,140	3,654	4.7			24,107
Kithunthiri(キスンティリ)	5,848	1,256	4.7			8,225
Mavuria(マブリア)	5,947	1,191	5.0			8,364
Gichiche(ガチチェ)	5,345	1,207	4.4			7,518
Mbeti South(ベティ南)	13,695	3,321	4.1			19,262
Gachoka(ガチョカ)	5,344	1,149	4.7			7,516
Gachuriri(ガチュリリ)	4,536	1,337	3.4			6,380
Kiamuringa(キアムリンガ)	3,815	835	4.6			5,366
小計	59,102	12,905	4.6		83,126	
総計	141,656	34,085	4.2		170,500	193,008

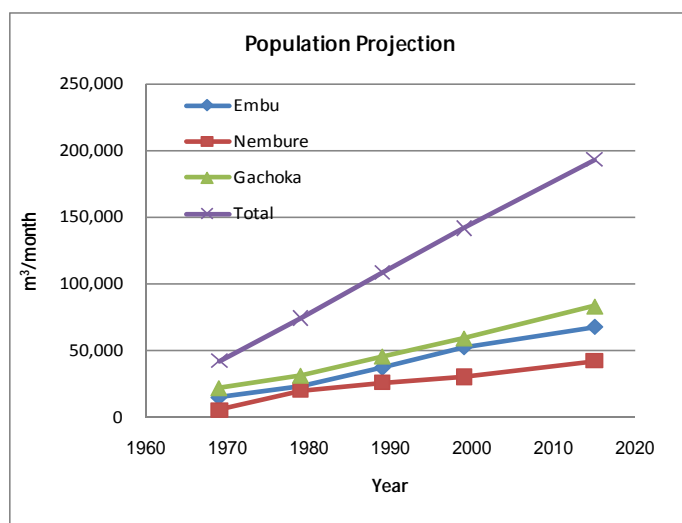


図 3-2 1969年～2015年の人口推移想定

iii) 計画給水人口

計画目標年（2015年）における給水普及率は、現況及びTWSBとEWASCOの意向を考慮し、エンブ既成市街地及びその郊外に於いては100%、他の地区は80%とする。各区域の給水人口は次項の表3-5に示す。

2) 水需要量予測

i) 生活用水

現状の水給水

EWASCOが建設を進めているムカング1系浄水場の沈殿池補修工事とろ過池の建設を含んだ工事は、1999年夏に完成する予定が主として予算の制約により1999年11月末の完工となった。そのためムカング浄水場から浄水としてカンガル浄水場の配水池を経て給水区域に配水されている水は、河川水に滅菌処理を行ったのみのもので、晴天時には透明度も高く水質的に問題ないが降雨時には濁度が高くなる。

図3-3に示すように、ムカング浄水場からの現行の送配水ルートは、カンガル浄水場の配水池に送られる送水ルートと、エンブ市手前の市内より標高の高いジィキリ・ヌトン(Njikiri Nthambo)への配水の二つのルートに分かれている。カンガル浄水場から配水管はエンブ既成市街地とその郊外を道に沿ってイタブア(Itabua)から二つに分かれガチョカ(Gachoka)郡方面とキアムリング(Kiamringae)郡方面に延びている。そのため給水は現在のところエンブ既成市街地とその郊外、ガチョカ県のガチョカ村とキアムリング(Kiamringae)村、キアンジル郡方面ではビタ(Mbita)、ニヤングワ(Nyangwa)村、キスンティリ(Kiritiri)村(マブリア(Maburia)郡)に限られている。

ガチョカ県カニヤリリ(Kanyariri)村以西の送水管は旧来エナ(Ena)浄水場からの送水管であったが、1,600m³/日と浄水量が少なく近年シアカゴ(Siakago)市の給水量を賄うことで余裕がなくなったため、シアカゴ以遠の送水管をEWASCOに譲渡し、給水をEWASCOに託したものである。そのため送水管は古く、漏水等も多くみられることから現在補修工事が盛んに行われている。キリティリ(Kiritiri)～カリイ(karii)間は現在補修工事中でこの地域から先には給水はなされていない。キアンジル郡のムチョノケ(Muchonoke)村以遠は給水量が少ないため現在では給水制限がなされ週に3日の給水である。水需要に対して供給水量が大幅に不足していることより十分な給水が行われていないのがガチョカ県の現状である。

この給水幹線の縦断勾配は、キアムリング(Kiamringae)で一つの標高のピークになりそのまま下ってカニヤリリ(Kanyariri)村で下りきり、そのまま上ってニヤングワ(Nyangwa)村の配水池まで来る。このギキエロ(Gikiiro)村の配水池がこれより以遠の給水のポイントとなる場所であり、これより先は自然流下で容易に送水が出来る。このルートに対し、イタブア(Itabua)から分かれて舗装道路に沿ったガチョカ村経由のルートは途中のムトゥグ(Mutugu)～ムトゥス

(Mutus) 間の標高が高くカンガル浄水場からの送水は自然流下では無理があるとのことである。

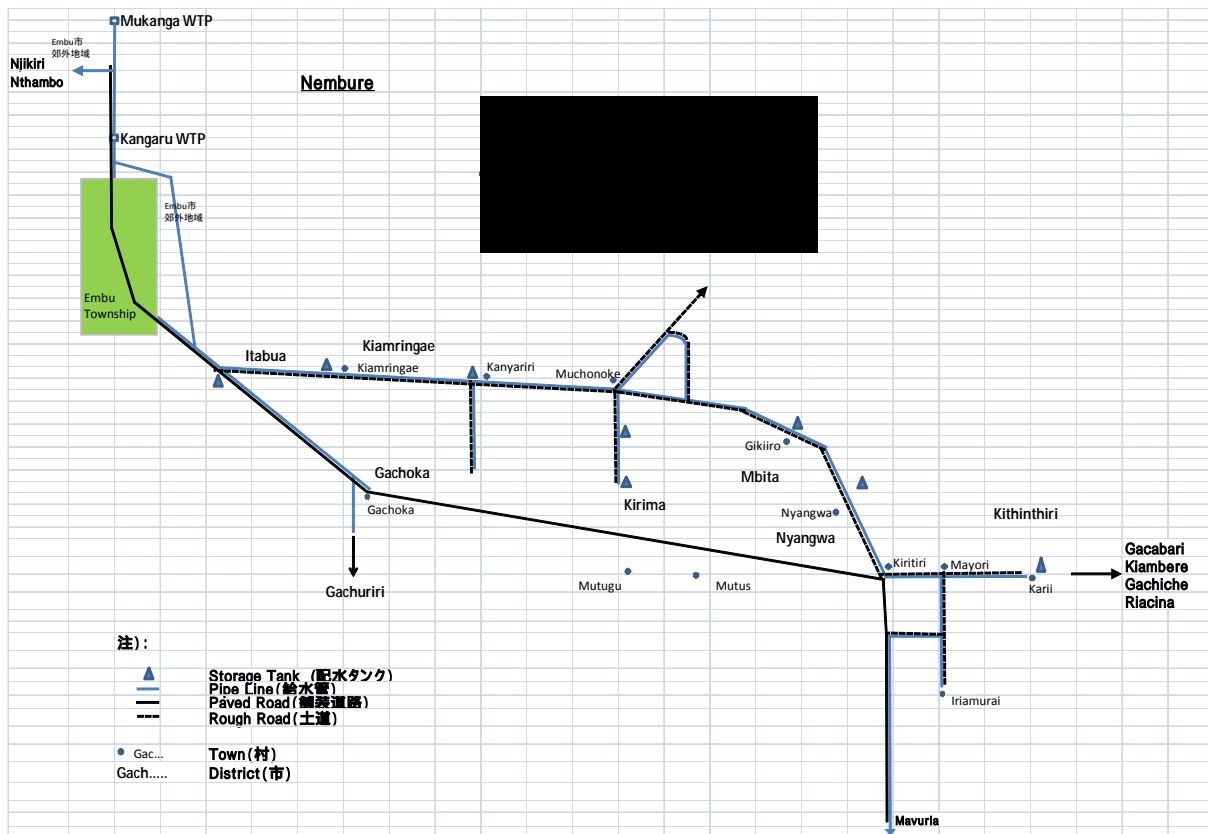


図 3-3 エンブ市郊外の給水幹線ダイアグラム

生活用水原単位の設定

生活用水の使用水量は生活レベルにも関連しており、デザインマニュアルでは、都市部における給水原単位について、高所得者層は 250 lcd、中所得者層は 150 lcd、低所得者層は 100 lcd である。しかし、エンブ市の場合、産業発達状況、生活水準等からみてナイロビ等の大都市と同様に扱えないものと判断される。エンブ市の場合、住宅地域に相当する Section21~34 (3,300 世帯)での給水は直近の1年間(2008年9月~2009年8月)で有収水量の平均値は 113 lcd である。これまでのケニアの無償プロジェクトでは実績値を採用しており、当該プロジェクトでも上記数値を考慮した実際の使用水量を給水原単位として使うこととした。一方、プラクティスマニュアルでは地方部ではハイポテンシャルで 60 lcd、メディウムポテンシャルで 50 lcd、ロウポテンシャルで 40 lcd としている。ネンブレ、ガチョカ両郡は農村部に当りその給水原単位を前記ハイポテンシャルとメディウムポテンシャルの中間の 55 lcd とし、共同水栓での使用原単位は共同水栓ハイポテンシャルの 20lcd より多めの 25 lcd と設定した。以上の検討の結果、エンブ市内と周辺部に分けて表 3-4 に示すように原単位を決定した。

表 3-4 生活用水給水原単位の設定

市・郡	分類	原単位 (l/日・人)	給水率(%)・
エンブ市	高所得者層	150 lcd	住民 100%に給水(高所得層は 32%、中所得 37%、低所得層 32%)
	中所得者層	100 lcd	
	低所得者層		
その他周辺地域	各戸配水	55 lcd	住民 80%に給水(カバー人口の内、各戸給水は 77%、共同水栓利用は 23%)
	共同水栓	25 lcd	

計画有収率の設定

直近の 2008 年 9 月～2009 年 8 月までの 1 年間に於ける EWASCO の水生産量及び請求対象となった水量から平均有収率は 44%である。無収水率が 56%と大きいがこれらは漏水と盗水に起因するところが大きい。EWASCO は 2015 年の計画有効率を 65%に設定しているが、現在の 1 次配水管の総延長 63 キロ(2007 年)に対して当該プロジェクトで埋設される予定の 1 次配水管の総延長は 71km であることから、工事完成後の有収率は 75%に改善出来るものと考えこの値を計画有収率に採用する。従って、需要量には無収水量を 25%考慮する。

水需要予測の結果

上記、条件のもとに計画目標年次(2015 年)の水需要予測を行った。その結果を表 3 - 5 に示す。

表 3-5 生活用水需要予測 (有効水量)

District/Location /Sub-Location (県/市・郡/村)	2015							各需要量 (m ³ /日)
	推定人口	所得層別人口			所得層別需要量 (m ³ /日・人)			
		High (31%)	Medium (37%)	Low (32%)	High (150lcd)	Medium (100lcd)	Low (100lcd)	
Embu								
Mbethi North	19,993	6,198	7,397	6,398	930	740	640	2,309
Gatituri	6,974	2,162	2,580	2,232	324	258	223	805
Itabua	8,091	2,508	2,994	2,589	376	299	259	935
Kiangima	4,928	1,528	1,823	1,577	229	182	158	569
Municipality	47,542	14,738	17,591	15,213	2,211	1,759	1,521	5,491
Dallas/Stadium	21,882	6,783	8,096	7,002	1,018	810	700	2,527
Kamiu	14,624	4,533	5,411	4,680	680	541	468	1,689
Njukiri	6,557	2,033	2,426	2,098	305	243	210	757
Nthambo	4,479	1,388	1,657	1,433	208	166	143	517
Sub-Total	67,535	20,936	24,988	21,611	3,140	2,499	2,161	7,800
Nembure		Population for Tapped Water	Population for Water Place		Tapped Water (55lcd)	Water Place (25lcd)		
Gaturi South	18,084	11,140	3,327		613	83		696
Ena East	4,176	2,572	768		141	19		161
Gatunduri	7,497	4,618	1,379		254	34		288
Nembure	6,411	3,949	1,180		217	29		247
Kithimu	24,263	14,946	4,464		822	112		934
Ena West	2,526	1,556	465		86	12		97
Kithegi	8,142	5,015	1,498		276	37		313
Kithimu	13,595	8,375	2,501		461	63		523
Sub-Total(A)	42,347	26,086	7,792		1,435	195		1,630
Gachoka		Population for Tapped Water	Population for Water Place		Tapped Water (55lcd)	Water Place (25lcd)		
Kiambere	15,204	9,366	2,798		515	70		585
Gacabari	2,987	1,840	550		101	14		115
Kiambere	6,872	4,233	1,264		233	32		264
Riacina	5,345	3,293	983		181	25		206
Kianjiru	24,553	15,125	4,518		832	113		945
Kirima	8,290	5,107	1,525		281	38		319
Mbita	4,688	2,888	863		159	22		180
Nyangwa	11,575	7,130	2,130		392	53		445
Mavuria	24,107	14,850	4,436		817	111		928
Kithunthiri	8,225	5,067	1,513		279	38		316
Mavuria	8,364	5,152	1,539		283	38		322
Gichiche	7,518	4,631	1,383		255	35		289
Mbeti South	19,262	11,865	3,544		653	89		741
Gachoka	7,516	4,630	1,383		255	35		289
Gachuriri	6,380	3,930	1,174		216	29		246
Kiamuringa	5,366	3,305	987		182	25		206
Sub-Total(B)	83,126	51,206	15,295		2,816	382		3,199
(A)+(B)	125,473	77,291	23,087		4,251	577		4,828
Total	193,008		167,913					12,628

ii) その他水量

その他水量は 2005 年時点での調査を基に、以下のとおり推計する。

- 人口予測は 1999 年のセンサス及びケニア統計局の人口増加率をエンブ 市を 1.7%、その他地域を 2.3% を使って算出した。病院のベッド数、学校用水、官公署用水、商業用水は各年人口増加率 (1.7%/年) と同様の伸びを見込み算出する。

- ・ 高、中及び低所得層の人口は実際の使用水量に関する EWASCO 資料に基づき算定した。高所得層を 31%、中所得層を 37%、低所得層を 32%と設定している。
- ・ 家畜数はエンブのケニア家畜局事務所からのデータに基づく。家畜の増加率は牧牛で 2%となっている。
- ・ 学校数は県教育事務所からのデータに基づく。また、エンブ市の人口増加率に比例する。
- ・ 産業、商業、地方行政機関、政府機関の数も人口の伸び率に合わせる。
- ・ 給水原単位(lcd) は実際の使用料をもとに算出した。

最小の行政単位である Sub-Location(町村)単位での推計結果を表 3-6 に示す。各項目の需要量は有収水量である必要がある。

表 3-6 その他を含めた水量需要予測

需要家別	2015 (目標年)				
	給水率 (%)	給水区域内人口	給水人口	LCD	需要量 (m ³ /日)
A. 生活用水					
生活用水: 高所得層	100	20,936	20,936	150	3,140
生活用水: 中所得層	100	24,988	24,988	100	2,499
生活用水: 低所得層	100	21,611	21,611	100	2,161
生活用水: 地方(水道)	80	96,614	77,291	55	4,251
共同水栓	80	28,859	23,087	25	577
小計 [A] (m ³ /日)		193,008	167,913		12,628
B. 病院・学校					
エンブ県病院 (ベッド数)		683		200	137
診療所		19		5,000	93
外来患者		734		20	15
全寮制学校: 生徒数		3,628		50	181
小学校: 生徒数		20,725		25	518
小計 [B] (m ³ /日)					944
C. Large Users					
工業用水 (実測数値)					141
商業 (実測数値)					435
地方行政府					44
GOK政府出先機関 (実測数値)					272
その他 (実測数値)					1,088
小計 [C] (m ³ /日)					1,980
D. Livestock					
			Conversion		
牧牛		33,329	33,329	50	1,666
ヤギ・羊		65,351	4,357		218
豚		114	23		1
ロバ		624	125		6
ウサギ		3,459	35		2
養鶏		114,054	1,141		57
					1,950
家畜に関して全量の20%を水道水と仮定 (%)	20				390
小計 [A]+[B]+[C]+[D] (m ³ /日)					15,942
有収率 (%)	75				
日水需要量 (m ³ /日)					21,257

iii) 計画配水量

最小行政単位である Sub-Location (町村) 単位での計画給水区域全体の無収水量を含めた計画配水量は表 3-7 のようになる。目標年次に於ける計画配水量は 21,257(21,000)m³/日であり、ろ過池の洗浄排水等の生産口スを考慮して取水量を 23,000 m³/日とする。

表 3-7 計画配水量(無収水量含む)

市郡/町村	日配水量 (無収水量を含む) (m ³ /day)	市郡/町村	日配水量 (無収水量を含む) (m ³ /day)
Embu		Gachoka	
Mbethi North	4,091	Kiambere	901
Gatituri	1,427	Gacabari	177
Itabua	1,655	Kiambere	407
Kiangima	1,008	Riacina	317
Municipality	9,727	Kianjiru	1,456
Dallas/Stadiu	4,477	Kirima	491
Kamiu	2,992	Mbita	278
Njukiri	1,342	Nyangwa	686
Nthambo	916	Mavuria	1,429
Sub- Total(A)	13,818	Kithunthiri	488
Nembure	0	Mavuria	496
Gaturi South	1,072	Gichiche	446
Ena East	248	Mbeti South	1,142
Gatunduri	444	Gachoka	446
Nembure	380	Gachuriri	378
Kithimu	1,438	Kiamuringa	318
Ena West	150	Sub- Total(C)	4,928
Kithegi	483		
Kithimu	806	Total	21,257
Sub- Total(B)	2,511		

3-2-2-2 取水/導水施設計画

(1) ルピンガンジ川の取水可能量

1) ルピンガンジ川の測水データ

水源の管理は MoWI の WRMA が行っており、ルピンガンジ川には当該プロジェクトの取水口の候補地 No.2 に測水所があるが現在は機能していない。測水所での流域面積は 79.3km²、今回の取水口の流域面積は 120.3km²である。従って、測水所での流出係数に取水口での流域面積を掛けて取水口での流量を算定する。

ルピンガンジ川の流量計測データは1年間分を大方網羅する程度で取られているのは1970年から1996年までである。エンブ市の MoWI 事務所担当者によると、測水所維持の予算がなくなり2000年以降はデータを取っていないし、流域面積の資料もないとのことであった。入手できたルピンガンジ川の測水所での流出データから最小流出量を取り出し整理したのが表 3-8 のデータであり、その1970年~1996年間の最小流量データを使って下記の通り各年の生起確率最低流量について Hazen 法を使って算定した。上記仮定から、取水口への流量換算は流域面積の比率に比

例するものとする。(資料：8-4 参照)

表 3-9 生起年最低流量

生起 確率年	最低流量 (m ³ /s)	
	測水所	取水口
5 年	0.43 (37,200m ³ /日)	0.65 (56,360m ³ /日)
10 年	0.31 (26,800m ³ /日)	0.47 (40,632m ³ /日)
25 年	0.21 (18,100m ³ /日)	0.32 (27,525m ³ /日)
50 年	0.15 (13,000m ³ /日)	0.23 (19,661m ³ /日)

表 3-8 ルピンガジ川年最低流量

No.	年	年最低流量(m ³ /s)
1	1977	0.074
2	1978	0.127
3	1980	0.197
4	1994	0.275
5	1979	0.408
6	1988	0.455
7	1987	0.555
8	1992	0.555
9	1975	0.581
10	1976	0.582
11	1986	0.662
12	1971	0.777
13	1974	0.777
14	1984	0.777
15	1972	0.921
16	1970	0.998
17	1973	0.998
18	1985	1.017
19	1969	1.244
20	1981	1.28
21	1983	1.28
22	1991	1.49
23	1993	1.71
24	1998	1.862
25	1989	2.179
26	1995	2.179
27	1996	2.179
28	1982	2.346
29	1990	3.507
	1997	
	1999	

(Ref: WRMA Rupingazi Discharge Data 4DC03)

2) ルピンガジ川からの取水量

現在、ガンドリ・ギンダー水利組合の取水量は 9,000m³/日、EWASCO が 20,000 m³/日の計 29,000 m³/日である。当該プロジェクト完成の時点では EWASCO の必要取水量は 23,000 m³/日となるが、水利権として現在申請しているのが 30,000 m³/日 (0.35m³/秒) である。

現在、ガンドリ・ギンダー水利組合は既に 25,000 m³/日の水利権を取得している他、ルピンガジ川上流部に於いてはそれら以外には現在のところ取水計画はない。

取水量 30,000 m³/日 (0.35m³/秒) は、この河川流量 10 年の生起確率で賄うことができる。これまで 30,000 m³/日の計画取水量に満たないのは過去のデータから干ばつ年の 1977 年に 114 日間、1977 年に 122 日間、1978 年に 2 月から 3 月にかけて 28 日間、1980 年 2 月から 4 月の間で 29 日間である (図 3-4 参照)。

これまでの結果から通常年は流量に問題はないが、大きな渇水年の乾期の 2 月、3 月に流量不足が顕在化する恐れがある。

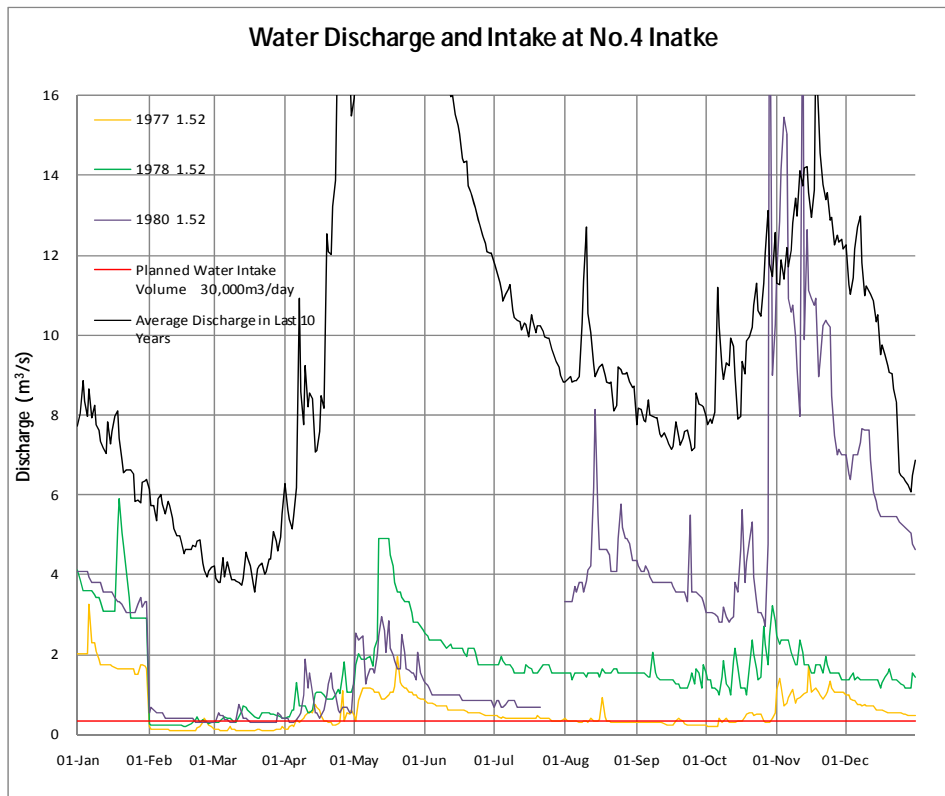


図 3-4 ルピンガジ川の平均流出量と渇水年の流量及び取水量

(2) 既存の取水堰の利用

既存の取水場（候補地No.4）には幅 13m の既存の取水堰がある。堰の手前 2~3m の右岸に取水口（幅 1.15m、高さ 1.35m）が設けられている。既存の取水施設に沈砂池はなく、バルブによる流量の調整を経てそのままムカング浄水場に自然流下で導水している。この既存取水口は（最小水面下面積 = $1.15 \times 0.5m \times 2 = 1.15m^2$ ）は申請している取水権 $30,000m^3/日 (=0.347m^3/秒)$ の時、通過流速は 0.3m/秒である。これは、スクリーン等で開口率を 50%程度に狭めても十分な能力を持つと考えられるので、そのまま取水口として用いる。

(3) 取水施設

取水施設の施設概念図を図 3-5 に示す。

新規取水施設は既存の堰・取水口を利用して、既存施設に併設してムカング 1 系、2 系浄水場への導水双方を処理する沈砂施設を設置する。取水された水は既存の取水チャンバーを通り、余水吐で流量を調整しながら必要量を沈砂池に送る。2 系列に分けられた沈砂池は出入口の両側にゲートを取付けて各槽を締め切り、砂の除去が出来るようにする。流量調整は取水施設でも可能であるが、リアルタイムで流量を把握できる浄水場側で原則として行う。取水口には木切れや木の葉を除去する荒目スクリーン、取水チャンバーの出口では細目スクリーンを取り付ける。

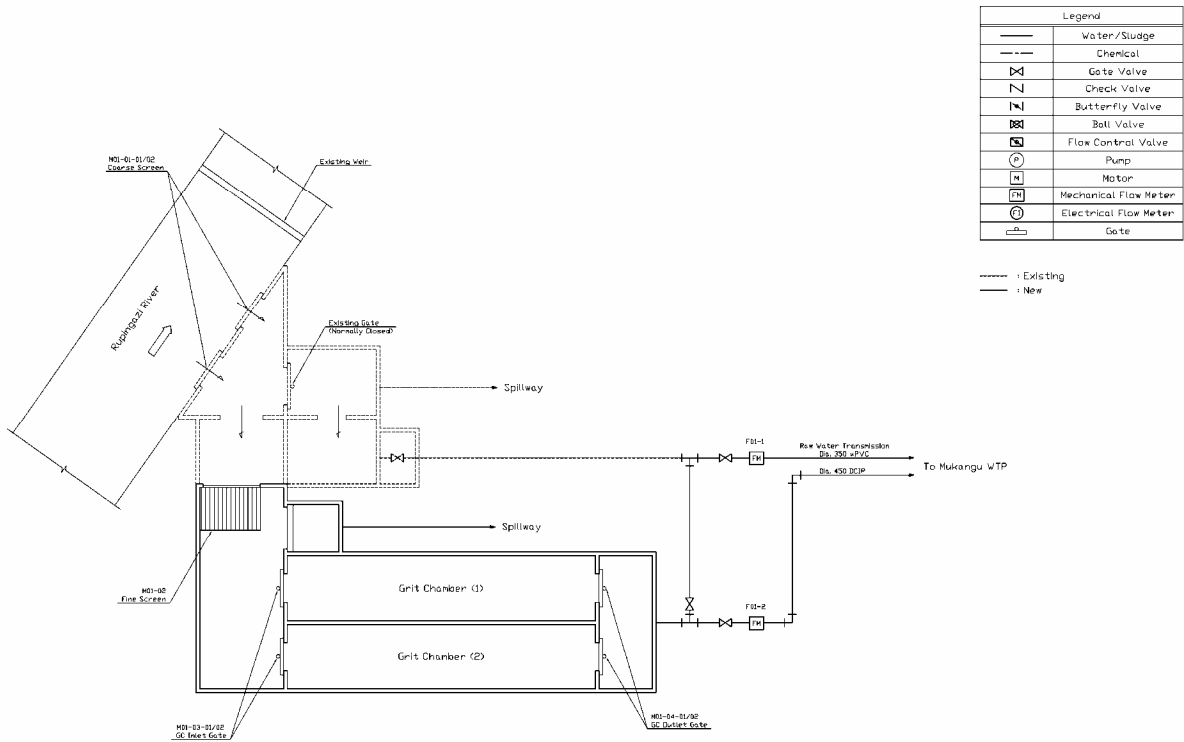


図 3-5 取水施設フロー

(4) 導水管

1) 導水管ルート

導水管の敷設ルートは図 3-6 の既存導水管に沿ったルートが導水勾配に沿っており、水理的に有利なので検討したが、地形が険しく管材の運搬が困難でかつ、施工が危険と判断されたので敷設位置は峠越え公道沿いとして自然流下とする。

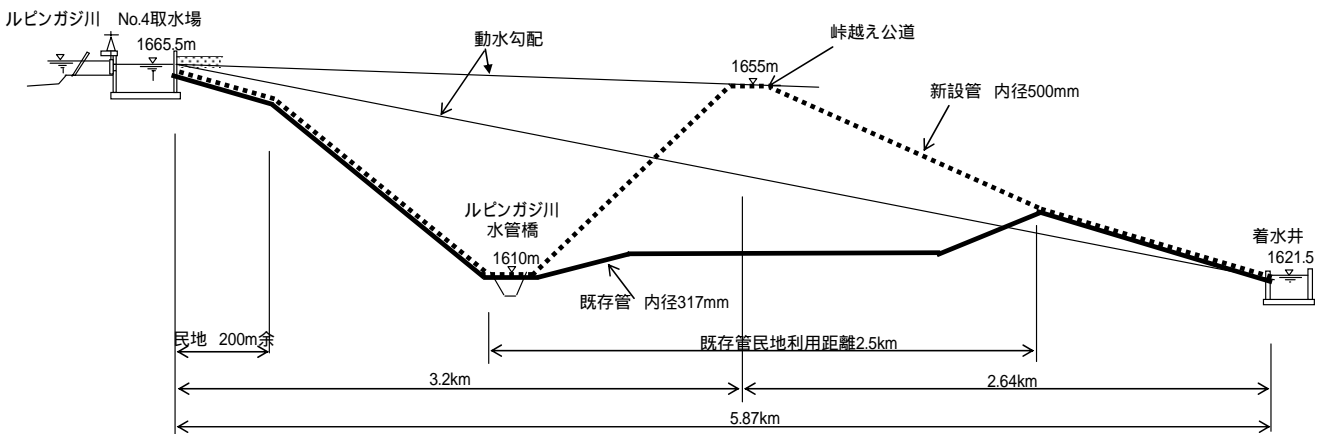


図 3-6 既設導水管ルート

現況の地形、及び高低差の関係により、堰からの取水後は私有地の畑地内を約 200m 敷設し、道路を横断、その後、道路に沿って基本的に道路境界内に敷設し、既存ムカング浄水場まで約 5,870 m を導水する。

2) 管口径の選定

EWASCO は、既得水利権 20,000m³/日に上積みして計 30,000 m³/日の水利権を申請し認められた。この量については以下のように考えられる。

人口増加率は全体では 2.1%と想定され、EWASCO は浄水処理が完全になる事業終結時には、原単位も増加すると考えている。従って、人口増加率 2.1%、原単位の年増加率を 2%(20 年間で原単位が 1.5 倍に増加と想定)とすると、7 年後の取水量は $23,000 \times (1.041)^7 = 30,470\text{m}^3/\text{日}$ であり、僅か 7 年後には 30,000m³/日を上回る。EWASCO は、本事業の後の浄水場の増設も想定していることから、30,000m³/日の導水量は適当と考えた。

従って、取水口～ムカング浄水場間の導水管は、既設の内径 317mm の導水管の流下能力と合わせて、取水権である 30,000 m³/日の導水を可能とする管径にする。また、本計画の取水量は 23,000m³/日であるが、その取水量時点では管路の摩擦損失から実際の高低差を差し引いた残存水頭を利用して水力発電を行うものとし、その残存水頭を 30m とする。管路の条件を表 3-10 に示す。

表 3-10 管路延長及び標高差

項目	峠の頂点まで			浄水場まで	
	長さ	3,200	m		5870
高低差	取水点(m)	頂点(m)	差(m)	浄水場(m)	差(m)
	1,665.5	1,655.0	10.5	1,621.5	44

表 3-11 には、既存導水管(外径 355mm、内径 317mm)の PVC 管の損失水頭 44m と 14m(残存水頭 30m)の場合の流下能力を示し、及び表 3-12 には既存導水管の流下能力を勘案した場合の、流下能力条件毎の必要流下能力を示す。Q1'は水頭差 45m の場合の既設導水管の流下能力を考慮した場合の、取水権流量に対する新規導水管の必要流下能力を示す。Q2'は計画取水量時に水力発電を行う場合、ムカング浄水場で 30m 以上の残存水頭を残す場合(すなわち損失水頭 14m)の場合の必要能力を示す。

表 3-11 条件毎の導水管の必要流下能力

管径 (mm)	水頭	流量	
	m	m ³ /s	m ³ /d
317	44	0.1248	10,780
317	14	0.0672	5,805

計算はハゼンウィリアムズ式で行い、C 値は 130 とした

表 3-12 条件毎の導水管の必要流下能力

記号	条件	流量	
		m ³ /秒	m ³ /日
Q1	取水権	30,000	0.347
Q2	計画取水量	23,000	0.266
Q1'	既設流量勘案(残存圧力 0)	19,220	0.222
Q2'	既設流量勘案(残存水頭 30m)	17,195	0.199

表 3-13 には Q1' 及び Q2' の場合の管径毎の損失水頭を計算し、さらに峠頂点における残存水頭 0m の場合と浄水場において残存水頭 30m の場合の最大流下能力を計算した。

表 3-13 各条件の時の損失水頭の計算と最大流下能力の計算

管径 (mm)	損失水頭(m)		最大流量 Qmax			
			峠頂点で残存圧力 0m		浄水場で残存圧力 30m	
	Q1'	Q2'	m ³ /秒	m ³ /日	m ³ /秒	m ³ /日
350	50.1	40.7	0.220	19,000	0.148	12,800
400	26.1	21.3	0.261	22,500	0.182	15,700
450	14.7	12.0	0.310	26,800	0.224	19,300
500	8.8	7.2	0.369	31,900	0.274	23,600

新設導水管の C 値はダクティル鑄鉄管を用いるとして 120 とした

上表から、最大流下能力 30,000m³/日以上を得られる管径は 500mm であり、かつ径 500mm の時、浄水場における残存水頭 30m で流下能力 23,000m³/日以上が得られる。従って、この場合管径は 500mm を選定する。

3) 管種の選定

取水堰とムカング浄水場との高低差が約 44m であり管内水圧をそれほど大きくはないが、既存導水管 (uPVC 管、耐圧 10Bar 内径 317mm) において敷設初期に漏水事故が多く起こったことから、より管径が大きくなることを考慮して信頼性が高いダクティル鉄管を使用する。なお、「ケ」国の PVC 管については、量産されている口径は外径 355mm までであり、それ以上は注文生産になって品質に疑問があり、基本的に外径 355mm を越えるものはダクティル鑄鉄管を用いるものとする。また河川横断部が 1カ所あるが、この箇所は維持管理を考慮して鋼製の架台を渡してその上に鑄鉄管を敷設する構造をとる (図 3-7)。

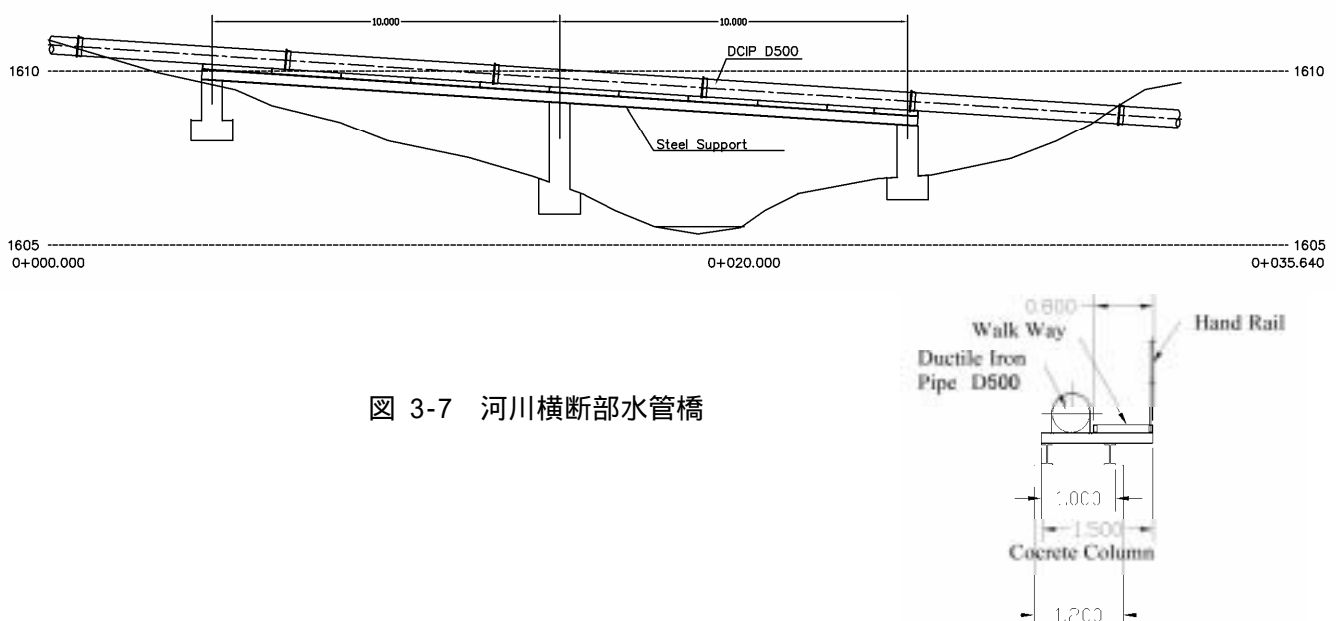


図 3-7 河川横断部水管橋

(5) 施設概要

表 3-14 取水・導水施設概要

施設名	内容/形状寸法	備 考
1.取水堰（流入スクリーンの交換）		
「土木施設」		
躯体	既存取水堰及び流入水路	既存を用いる
「機械設備」		
スクリーン	流入部スクリーン交換	木片、木の葉等除去
2.接合井（新設）		
「土木施設」		
躯体（導水路）	RC 造り：幅 2.0m×長 4.3m×水深 1.0m× 1	
排水ピット	RC 造り：幅 2.0m×長 3.6m×水深 1.0m× 1	
「機械設備」		
スクリーン	細目スクリーン設置 1.5m×1.8m	除塵
3.余水吐（新設）		
「土木施設」		
躯体（堰）	RC 造り：幅 1.5m、	余水吐口
排水ピット	RC 造り：幅 1.5m×長 1.5m、深 2.0m	余水吐路用
	ヒューム管径 1000mm：30m 長	余水吐管
4.沈砂池（新設）		
「土木施設」		
躯体	沈砂槽：幅 2.0m×長 11.0m×水深 2.2m	2 槽
	排出槽：幅 2.0m×長 4.3m×水深 2.2m	1 槽
	排泥パイプ：長 30m	
「機械設備」	沈砂槽出入口にゲート 1 台	
	排泥用バルブ各 1 個	
5.導水管（新設）		
「土木施設」		
導水管	取水施設～ムカング浄水場 2 系	
	口径 500mm× 延長 約 5.9km	
	<内訳>	
	L= 5,870 m ダクタイル鋳鉄管	
	L=20 m 水管橋架台	鋼製架台

3-2-2-3 浄水施設計画

(1) 計画浄水量

計画目標年次におけるムカング浄水場必要計画浄水量は 21,000m³/日である。また、既設 1 系の浄水能力は 10,000m³/日である。よって、今回計画施設であるムカング浄水場 2 系計画浄水量は、その差分の 11,000m³/日とする。

なお、取水量（あるいは計画処理水量）は 8%程度の洗浄排水等によるロスを見込んで 1 系 11,000m³/日および 2 系 12,000m³/日、合計 23,000m³/日とする。

(2) 浄水フロー

浄水フローを図 3-8 に示す。

エンブ市では電力事情が極めて悪いため自家発電機が必要であるが、そのためフローに示すように、計画取水量時における導水管の残存水頭を活用したマイクロ水力発電機を設置する。これは、通常用いられるディーゼル発電機に比べ建設費は高いが、燃料が不要なので停電時のみでなく常用として用いることができ、耐久性も高いなどのメリットがある。ディーゼル発電機と経済比較すると以下の通りややコストは低い。

マイクロ水力発電機を設置すると、電力費不要のため年間約 100 万円の電力費節減が可能であり、ディーゼル発電機に比べ 2 倍以上の耐久性がある。同発電機の推定寿命 20 年間で比較すると以下。

建設費の差額：32 百万円（マイクロ水力発電機 42 百万円、ディーゼル発電機 10 百万円）

経費の差額：電力費節減(1 百万円/年 × 20 年 = 20 百万円)+ディーゼル発電機燃料費：0.2 百万円 × 20 年 = 4 百万円+ディーゼル発電機更新：10 百万円 × 1 = 10 百万円) 計 34 百万円

2 系浄水場の浄水プロセスは、1 系と同様の薬品沈殿・急速ろ過システムを採用し、凝集剤（硫酸アルミニウム）、凝集補助剤（ソーダ灰）を注入後、フロック形成池、薬品沈殿池、急速ろ過池により水処理を行う。消毒は、さらし粉（Bleaching powder）の溶解液をろ過池流出部に注入する方式とする。原水水質が比較的良好であることから、ろ過層の洗浄には水逆流洗浄に加えて特に水表洗や空気洗浄は必要ないと判断した。急速ろ過池の洗浄は高架水槽からの圧力水による逆流により行うが、高架水槽は 1 系の洗浄にも利用できる容量とする。

薬品沈殿池からのスラッジは直接、ろ過池の逆洗排水は一旦洗浄排水槽に貯留後、スラッジ・ラグーンに流入させて処理する。スラッジ・ラグーンの上澄水は場外に流出させ浄水場用地西側の溪流に放流し、底に敷いた砂層への浸透水は地中浸透させる。乾燥後の泥は場外搬出し廃棄する。ムカング浄水場は 1 系 2 系とも図 3-8 に示すように、出来る限り電力を必要としない運転維持管理が容易な施設内容にすると共に、原水流入時の残水頭を利用してマイクロ水力発電を行う。場内で使用する電力はすべてこの発電施設から供給される。

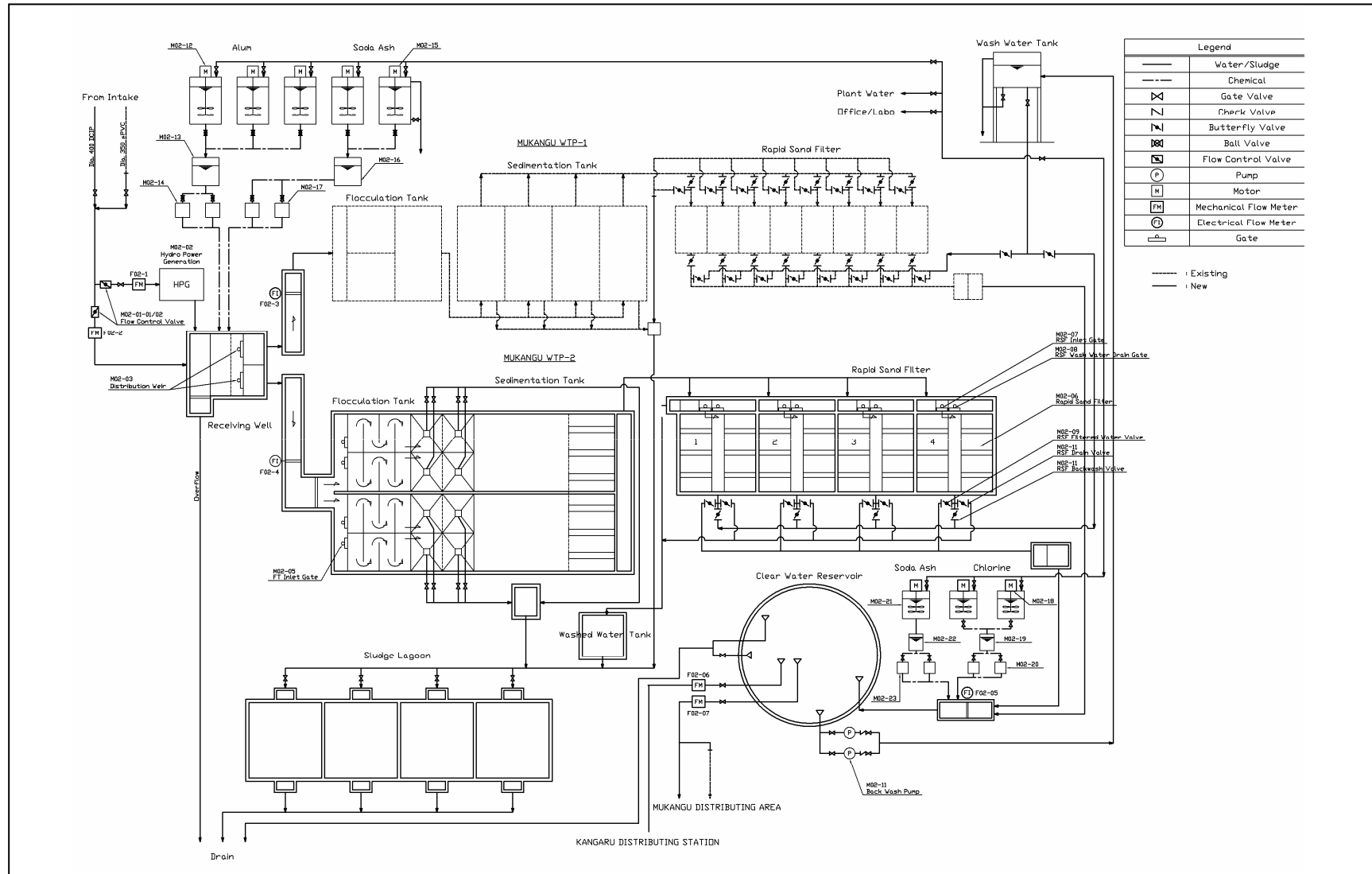


図 3-8 浄水場フロー

表 3-15 浄水施設内容

施設・設備	内 容
急速混和池	堰の水流による攪拌エネルギー利用、滞留時間 1.5 分
フロック形成池	水平迂流による攪拌エネルギー利用、滞留時間 30 分
薬品沈殿池	横流式沈殿池、滞留時間 3.5 時間、スラッジは手動バルブ操作により自然流下でスラッジ・ラグーンへ排出、しかし泥の排出範囲は限られているので人力による泥の排出も必要
急速ろ過池	重力式ろ過池、ろ速 120m/日、高架水槽からの逆洗浄による、洗浄排水は一旦排水槽で貯留後スラッジ・ラグーンに排出、高架タンクへの揚水にポンプが必要、高架水槽は 1 系のろ過池洗浄にも用いる
薬品注入設備	各薬品（硫酸バンド、ソーダ灰、粉末塩素）は自然流下による注入とし、薬品調整には電動ミキサーを利用
スラッジ・ラグーン	沈殿池スラッジ及び洗浄排水の濁質の乾燥

(3) 薬品注入率

1) 基本条件

a. 使用薬剤：

- ・硫酸バンド（固形、酸化アルミ 17%、100kg/袋）
- ・ソーダ灰（Na₂CO₃ 97%、50kg/袋）
- ・粉末塩素剤（有効塩素濃度 65%）

b. 原水濁度

ムカング浄水場の原水となる既設ルピングジ川取水点（No.4 に相当）における原水濁度概要を表 3-16 に示す。乾季の水質は良好で平均原水濁度は 10NTU 程度以下であるが、本原水は典型的な高濁現象を示す水質特性があり、降雨時には 100NTU 以上に達する。

表 3-16 取水原水濁度（既設ルピングジ川取水点 No.4）（単位：NTU）

濁度	2007 年 1 月～12 月	2008 年 9 月～12 月	2009 年 1 月～9 月	2009 年 6 月 17 日採水	2009 年 10 月 15 日採水
平均	12.8			(7.0)	(8.2)
最小	2.0	3.2	1.2		
最大	394	76.6	361		
出典	EWASCO	EWASCO	EWASCO	JICA	今回調査団

() 1 度のみの測定

2) 硫酸バンドおよびソーダ灰

a. 既設カンガル浄水場の運転実績

当該データのカンガル浄水場原水取水はカピングジ川であり、今回のムカング浄水場取水点（ルピングジ川）とは異なる。カピングジ川の水質はルピングジ川に比べ悪化している。

表 3-17 既設カンガル浄水場運転実績における薬注率（原水：カンピングジ川）

運転期間		硫酸バンド注入率 (mg/L)	ソーダ灰 (mg/L)
2005年1月～12月	平均	13.74	8.02
	最小	8.95	6.01
	最大	20.82	11.86
2006年1月～10月	平均	15.13	6.71
	最小	12.25	5.88
	最大	21.31	12.01

EWASCO 資料

b. ニエリ浄水場の運転実績

今回調査団が訪問したニエリ浄水場の運転実績（詳細は資料 8-6 に示す）は次のとおりである。

原水濁度：現在（10月）18～20NTU、年間最低は5～7NTU、降雨時最高は500NTU程度
当浄水場原水濁度より若干高い。

硫酸バンド注入率：現在は20～24mg/Lに設定、雨季時は50mg/L程度

ソーダ灰：前ライムは注入なし。後ライムは概ね8mg/L程度。

c. 我が国における硫酸バンド注入率経験式例

$$= 6 + a \cdot T$$

：硫酸バンド（固形）注入率（mg/L）

T：濁度（NTU）

a：濁度別定数

$$T=20 \text{ 以下} \quad a=2.0$$

$$T=20 \sim 10-0 \quad a=1.6$$

$$T=100 \text{ 以上} \quad a=1.4$$

これより、2007年の濁度実績値を適用すると

$$\text{平均 } T=12.8 \text{ の場合} \quad =13.2$$

$$\text{最大 } T=394 \text{ の場合} \quad =33.8$$

となる。

d. ソーダ灰注入の考え方

ソーダ灰注入率は硫酸バンド(固形)のアルカリ度消費量相当とする。

この場合、ソーダ灰注入率 = 0.492・(固形硫酸バンド注入率) = 約 0.5・(固形硫酸バンド)

これは前ライム注入率とし、後ライム注入率はこの 1/2 程度とする。

e. ビーカーテスト結果

凝集効果を確認するため、今回調査団はビーカーテストを行った。その結果を次に示す。

なお、ソーダ灰添加無しの場合はフロック形成が認められなかった。

表 3-18 凝集効果確認ビーカーテスト結果

月日	サンプル	原水水質			薬品注入率 (mg/L)		フロック形成状況		
		水温 (°C)	pH	濁度 (FTU)	バンド	ソーダ灰	フロック形成速度	大きさ	沈降性
2009年 10月19日	ルビンガ ジ川	17.9	7.4	26.7	15	7.5	なし	-	-
					20	10	遅い	小	遅い
					25	12	早い	中	早い
					30	15	なし	-	-

f. 硫酸バンド（硫酸アルミニウム）およびソーダ灰計画注入率

前述の諸データから計画注入率を次のように設定する。

表 3-19 硫酸バンドおよびソーダ灰 計画注入率

濁度	硫酸バンド注入率(mg/L)		ソーダ灰注入率 (硫酸バンド × 1/2)	処理水量 (m ³ /day)	使用量 (Kg/日)	
	固形バンド*	酸化Alに換算			固形バンド*	ソーダ灰
20度以下	20	3.4	10	23,000	460	230
20～50度	30	5.1	15	23,000	690	345
50～100度	40	6.8	20	23,000	920	460
100度以上	50	8.5	25	23,000	1,150	575

*固形バンド：酸化アルミニウム 17%

3) 塩素注入率

現在 EWASCO ではタップ水の残留塩素 0.2mg/L 以上を目標に粉末塩素剤を注入している。直近の塩素注入率（有効塩素 65%）実績は次のとおりである。

表 3-20 EWASCO における塩素注入率実績

運転期間		粉末塩素剤 (mg/L)	有効塩素として (mg/L)
2008年1月～12月	平均	2.32	1.51
	最小	1.64	1.07
	最大	2.64	1.72
2009年1月～9月	平均	2.67	1.53
	最小	2.20	1.46
	最大	3.16	2.05

EWASCO 資料

これを参考にし、今回の計画塩素注入率（有効塩素 65%）を次のように設定する。

表 3-21 粉末塩素剤計画注入率

有効塩素注入率 (mg/L)	粉末塩素剤注入率 (mg/L)	計画処理水量 (m ³ /日)	使用量 (kg/日)
1.0	1.54	23,000	35.4
2.0	3.08	23,000	70.8
3.0	4.62	23,000	106.3

(4) マイクロ水力発電設備

浄水場流入部に水力発電設備を設置する。方式は当該水量および有効水頭に適するポンプタービン逆転型とする。計画水量 23,000m³/日の場合の浄水場における有効水頭は 3-2-2-2、(4)の導水管の検討から 30m が得られる。

$$P = 9.8 \times H_e \times Q \times E$$

P : 発電機出力(kW)

H_e : 有効水頭 (約 30m)

Q : 水量 (23,000m³/日 = 0.266m³/sec)

E : 合成効率 (約 0.7)

$$P = 9.8 \times 30 \times 0.266 \times 0.7 = 54.7 \text{ kW}$$

よって、計画発電出力は約 50kW とする。

(5) 施設概要

施設概要は表 3-22 に示すとおりとする (容量計算 : 資料 8-5)。

表 3-22 浄水施設概要表

施設名	内容/形状寸法	備 考
「土木・建築」		
1. 受水槽(RC造)	幅 3.5m×長 6.3m×深 3.0m×2 池	
2. 分配槽(RC造)	幅 1.5m×長 3.5m×深 3.0m×2 池	
3. 第2系着水井(RC造)	幅 1.5m×長 3.2m×深 3.0m×2 池	
4. 混和池(RC造)	幅 1.5m×長 2.0m×深 3.0m×2 池	堰幅 80cm、落下高 0.5m
5. フロック形成池(RC造)	幅 3.85m×長 7.0m×深 2.5m ×2 池	う流式
6. 沈澱池(RC造)	幅 8.0m×長 31.0×深さ 3.5×2 池	横流式
7. 急速ろ過池(RC造)	幅 2.5×長 5.0m×2×4 池	重力式、ろ速：120m/日 洗浄：逆洗浄のみ
	砂利層厚：0.6m	
	砂層厚：0.7m	
	下部集水装置：有孔管一式 管廊：幅 4.8m × 長 26.9m	
8. 逆洗水槽(RC造)	幅 7.5m×長 7.5m×深 3.0m×1 池	1系、2系ろ過池洗浄及び 場内使用
	高さ地上約 10m	
9. 洗浄排水槽(RC造)	幅 7.5m×長 7.5m×深 2.5m×1 池	洗浄排水のスラッジ・ラグ ーンへの瞬時流量緩和の ため
10. 配水池(RC造)	径 32.0m × 深 4.0m×2 池	
8. スラッジ・ラグーン(石 張り土手構造)	(幅 12.0m×長 32.5m+幅 12m×長 22.5m)×深 1.0m× 各 2 池、下部砂敷き	
9. 薬品注入/水力発電機 棟(RC・石積み造)	幅 6.4m×長 18.0m (2階建て) 薬品注入室: 6.4 × 11.9m 薬品貯蔵室: 6.4 × 6.0m 発電機室: 6.4 × 14.6m 受水槽付属	薬品貯蔵：90 日分 硫酸バンド溶解槽： 3.6m ³ × 3 槽 前ソーダ灰溶解槽： 3.6m ³ × 2 槽
10. 電気・操作棟(石積み 造り)	幅 4.8m×長 15.0m 電気室：4.8×7.2m 操作室：4.8×4.8m(トイレ・洗面台付属)	
11. 塩素注入室	幅 6.0m×長 10.8m	薬品貯蔵：90 日分 粉末塩素剤溶解槽： 3.6m ³ × 2 槽 後ソーダ灰溶解槽： 3.6m ³ × 1 槽
12. 揚水ポンプ室	幅 5.0m×長 7.0m	揚水ポンプ：予備とも 2 台
13. 場内配管	場内配管工事：1 式	
14. 場内整備	場内整備/整地工事：1 式	
15. 雑工	雑工：1 式	

施設名	内容/形状寸法	備 考
「機械設備」		
1. 水力発電装置	ポンプタービン逆転型 発電量 約 50kW × 1 台	電気盤、ダミーロード付 属
2. 分配可動堰	鋳鉄製手動可動堰 W 1000mm × St400mm × 2 基	
3. FT 流入ゲート	鋳鉄製手動角型ゲート W300 mm x H 300 mm x 4 基	
4. RSF 流入ゲート	鋳鉄製手動丸型ゲート Dia.250mm × 4 基	
5. RSF 洗淨排水ゲート	鋳鉄製手動角形ゲート W500mm × H500mm × 4 基	
6. RSF ろ過水弁	手動バタフライ弁 Dia.250mm × 4 基、開閉台付き	
7. RSF 逆洗弁	手動バタフライ弁 Dia.400mm × 4 基、開閉台付き	
8. 硫酸バンド注入設備	溶解槽電動ミキサー × 3 基、 ストレージタンク × 1 基、 手動調節自然流下型注入器 × 2 基 (内 1 基予備)	
9. 前ソーダ灰注入設備	溶解槽電動ミキサー × 2 基、 ストレージタンク × 1 基、 手動調節自然流下型注入器 × 2 基 (内 1 基予備)	
10. 薬品吊上装置	電動チェンブロック、0.25Ton × 1 基	
11. 塩素剤注入装置	溶解槽電動ミキサー × 2 基、 ストレージタンク × 1 基、 手動調節自然流下型注入器 × 2 基 (内 1 基予備)	
12. 後ソーダ灰注入装置	溶解槽電動ミキサー × 1 基、 ストレージタンク × 1 基、 手動調節自然流下型注入器 × 2 基 (内 1 基予備)	
13. 逆洗水ポンプ	横軸片吸込渦巻ポンプ 2.7m ³ /分×25m×22kW×2 台(内 1 台予備)	
14. 排水ポンプ	可搬式、エンジン駆動水中ポンプ、1 台	
15. 機械式流量計	現場指示式タービン流量計、4 個	流入水、流出水用
16. 機械式水位計	現場指示式スケール、2 個	洗淨水タンク、ろ過水池
17. 室内配管・弁類	薬品室、ポンプ室等、1 式	
「電気設備」		
1. 受電変圧器	11kV / 415V、100kVA	
2. 受電盤	鋼板製屋内自立型 ACB 225AF	
3. 発電機受電盤	鋼板製屋内自立型 ACB 225AF	
4. 動力制御盤	鋼板製屋内自立型 MCC タイプ	
5. UPS	5kVA 240V	
6. 薬品注入盤	鋼板製屋内自立型	
7. 現場操作盤	屋外スタンド型	
8. 流入流量計	超音波式	
9. 浄水流量計	超音波式	
10. 配水池水位計	投込み式	
11. レベルスイッチ	電極式	
12. 計装盤	屋内自立型	
13. 監視盤	屋内壁掛型	

3-2-2-4 送水管路計画

エンブ市及びその周辺地区への給水が全て自然流下方式で行なえるよう、ムカング浄水場内に 3,000m³の配水池を 1 池建設し、カンガル配水場には 6,000m³の配水池を 1 池建設して既設の配水池約 2,400m³と合わせて合計 8,400m³とする。従って、ムカング浄水場（標高約 1612m）からカンガル配水場（標高約 1508m）への自然流下による送水設備の計画を行う。

(1) 敷設ルート

送水管敷設ルートは、基本的にムカング浄水場 2 系からカンガル配水場まで既存送水管と基本的には同じ公道沿いのルート（ムカング浄水場へ向かって道路の左側）とする。ただし、ムカング浄水場から流出する部分は配水池からの流出管の管心レベル(1611.8m)が浄水場の前面道路(標高 1617m)に比べ大幅に低いいため、掘削が極端に深くなるのを避けるため標高の低い民地を 200m 余通過する。また、カンガル配水場の手前では、既存管と同様に国道への配管を避けるためもあってショートカットの形で、民有の畑地を通過する。

(2) 管種、口径の選定

表 3-23 に示すように、ムカング配水池 (LWL 1,612.8m)から受水槽 (WL1,507.6m)までの距離は約 5.2km であり、高低差は 105.2m である。

表 3-23 送水管距離と標高差

距離	5,200	m	
標高差	ムカング(m)	カンガル(m)	差(m)
	1,612.8	1,507.6	105.2

ムカング浄水場から、カンガル配水場へは現在外径 315mm（耐圧 16Bar）の uPVC 製送水管が設置されており、途中で 2 箇所へ分岐している。これに対し、図 3-9 に示すようにムカング配水区の新設に伴い、浄水場から 0.6km の地点から 315mm の分岐管が必要になる。

この場合、図に示すような Case1 と Case2 の 2 ケースが考えられる。

Case1：既存送水管は配水管として用い、ムカング浄水場からの送水は新設の送水管による

Case2：既設送水管は送水管として用いる。配水管は新たに敷設する。

以下、Case1、Case2 について、水理的に検討し、最適管径を定める。なお、導水管種の項に述べたように外径 355mm を越える場合はダクタイル鋳鉄管を用いる。既存送水管の送水量を勘案した場合には新設送水管の必要送水能力は表 3-25 となる。

以上の条件により、表 3-26 に示すように、既設管の能力を勘案しない Case1 の場合には残存水頭を考慮しない場合 355mm（PVC 管）が必要であり、既設管の能力を勘案した場合である Case2 では内径 272mm（外径 315mm）の uPVC 管で必要な流下能力を得ることができる。

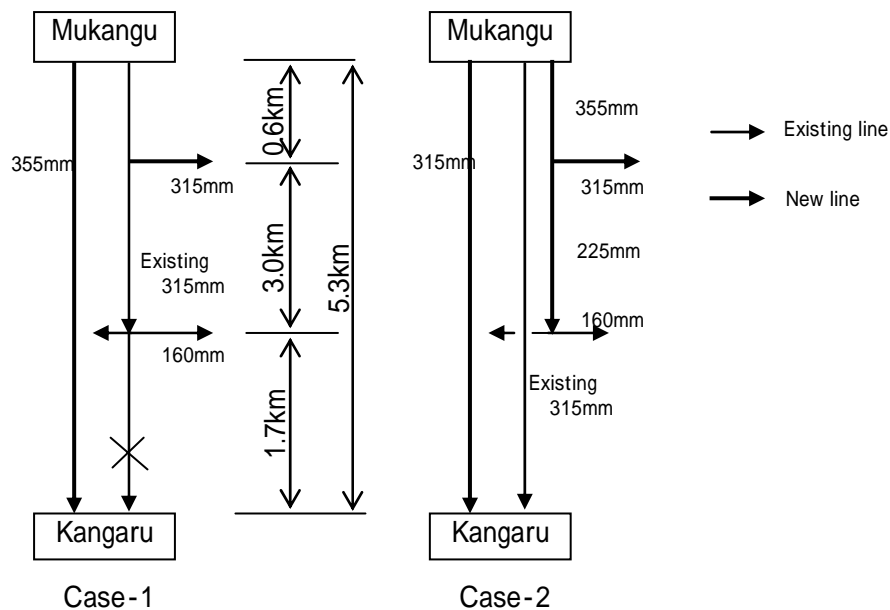


図 3-9 送水管の配置案

表 3-24 既設管の流下能力

管径 (mm)	損失 m	流下能力	
		m ³ /秒	m ³ /日
272	105.2	0.1325	11,445

表 3-25 新設管の必要能力

記号	条件	流下量	
		m ³ /日	m ³ /秒
Q	カンガル配水場送水量	15,000	0.174
Q1	既存管考慮	3,555	0.041

表 3-26 損失水頭及び最大流量の計算

管内径 (mm)	最大流量 (Case1)		最大流量 (Case2)	
	m ³ /秒	m ³ /日	m ³ /秒	m ³ /日
272	0.144	12,400	0.276	23,800
307	0.197	17,050	0.330	28,500

以上のように、Case 2 が 1)既存管渠を無駄にしない、2)要請に合致する管径 315mm の送水管で必要水量を流下させることができ、3)配水管網において適正な圧力分布を得ることができる、等の点で優れている。従って、Case2 を選択して、送水管として PVC 管径 315mm (耐圧 16bar) を選定する。なお、要請にある管径が 315mm であるためそれ以下の径は考慮しないものとする。

(3) 施設概要

表 3-27 送水施設概要

施設名	内容/形状寸法	備 考
送水管		
「土木施設」		
送水管	新設浄水場～新設配水池	新設
	uPVC 管、口径 355mm × 延長約 5.2km	
	<内訳> L=5,200m uPVC 管	

3-2-2-5 配水施設計画

(1) 配水方式

図 3-10 に EWASCO から要請された配水管の配置図を示すが、図に示すように配水は、標高 1,612.8m (配水池 LWL) のムカング浄水場及び、標高 1,502.3m (新設配水池 LWL) のカンガル配水場から行う。ムカング配水場からはカンガル配水場からは、従来はムカング～カンガル間の送水管を分岐して配水していた Nthambo 及び Njukiini 配水区を含め、新たに拡張する Kiangima, Ena east, Gatunduri, Nembure, Ena West, Kithegi, Kithumu の配水区や既に一部配水が行われていた Gaturi, Itabua などの比較的エンブ市内に近い東部の配水区へ配水する。これらの内 Kathangari 及び Kiangima 配水区や北部の Gaturi, Ena west 配水区はカンガル配水場からレベル的に自然流下では配水できない地区に当たる。

これらの地区の配水量は、漏水等の無収水量も含めて約 7,000m³/日である。

残り 14,000m³/日の配水はカンガル配水場から行い、配水区としては Nthambo, Njukiri, Gaturi, Kamu, Dallas/Stadium, Itabua 等があり、一部ムカング配水区と重複する地区がある。配水量は全体の 66%であるが、面積的には図 3-11 にも示すようにガチョカ郡を含めて全配水区の大部分になる。本計画の配水管の最遠端は約 10km であるが、さらに接続されてガチョカ群に伸びカンガル配水場からの延長は 45km にもなり、配水区において未接続でしかも水供給が逼迫している地区が数多くある。



図 3-10 EWASCO から要請された配水管路線

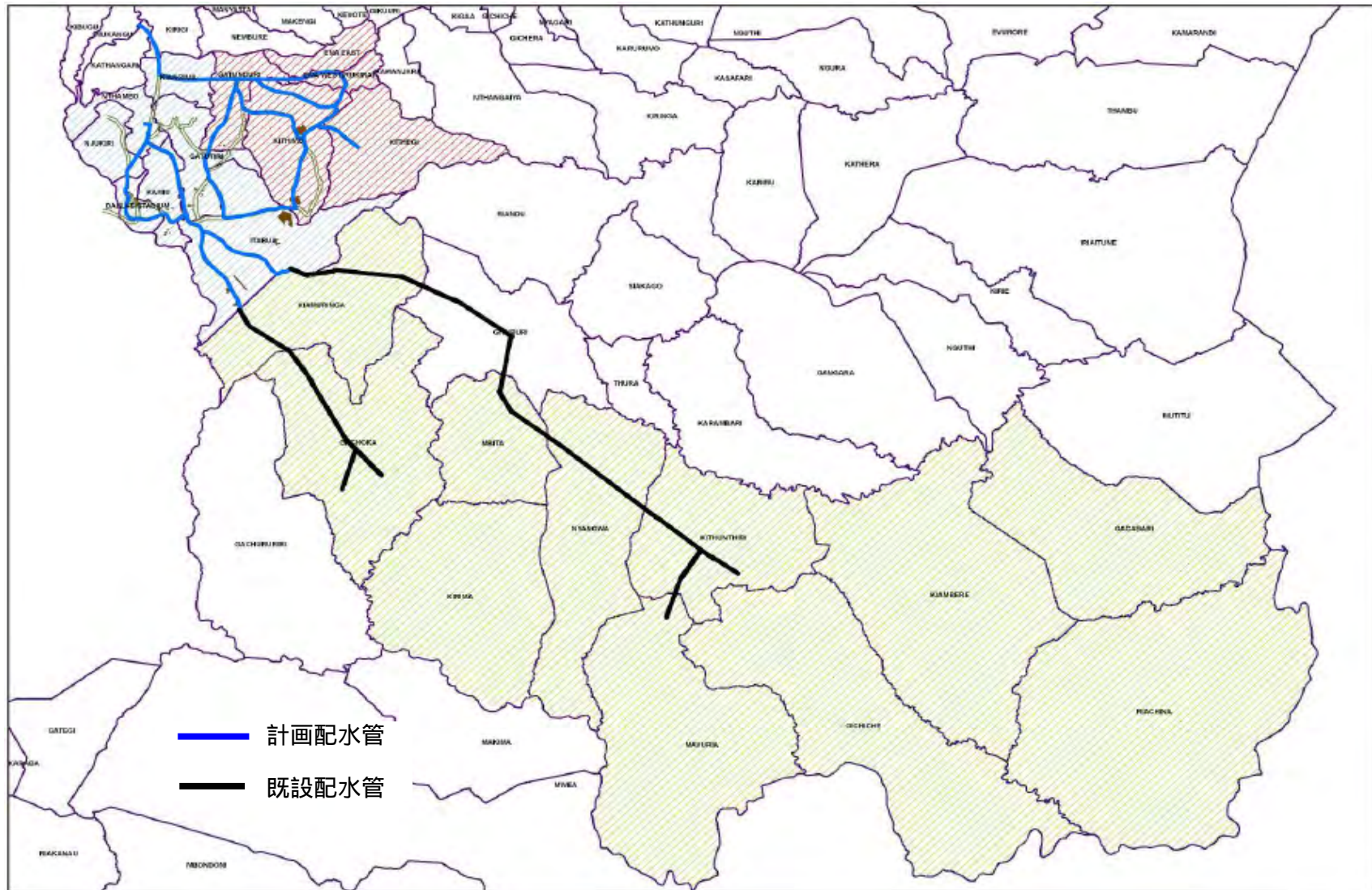


図 3-11 EWASCO の配水区と配水管網

(2) 配水池

「ケ」国マニュアルでは、自然流下方式による配水池の容量は 12 時間分としている。

これは、我が国の簡易水道における配水池の容量算定方式と比較しても同様の規模となる。

< 我が国の簡易水道における配水池の容量算定 >

時間最大配水時間が、一日配水量の全量を配水するまで継続すると考え配水池の容量を確保する。

時間最大比	α	
一日最大給水量の一時間量	q_0	(m^3/h)
時間最大給水量	$\alpha \cdot q_0$	(m^3/h)
一日最大給水量	$Q_0=24q_0$	(m^3/d)
時間最大給水量の継続時間	$t = Q_0/(\alpha \cdot q_0) = 24q_0/(\alpha \cdot q_0) = 24/\alpha$	(h)
$V_{max} = \alpha \cdot q_0 \cdot t - q_0 \cdot t$	t 時間内における配水量から送水量を差し引いたもの	
$= (\alpha - 1) \cdot q_0 \cdot 24/\alpha$		
$= 24(1 - 1/\alpha) q_0$		

本プロジェクトにおける時間最大比は 2.0 とする。この数値は、一般に使われる数値であり本件でも安全側で妥当なものであると考えられ、配水管の管径の計算にも用いられている。この場合には、 $V_{max} = 12$ 時間分となる。

計画浄水（配水）量は $21,000m^3/日$ であることから、配水池の必要容量は以下となる。

$$21,000m^3/日 \times 12/24 日 = 10,500m^3$$

カンガル配水場に既存の配水池が $2,382m^3$ （5 池）あるので、この容量を勘案すると必要容量は以下となる。従って、要請の容量である合計 $9,000m^3$ の配水池を建設する。

$$10,500 - 2,382 = 8,118m^3$$

配水区は先述のようにムカング配水区とカンガル配水区に分け、それぞれの流量比は表 3-17 に示すとおり、ムカング：カンガル = $7,054 : 13,949 = 33:67$ である。

ここでは、ムカング浄水場に $3,000m^3$ 、カンガル浄水場に $6,000m^3$ の配水池を建設して両者の容量比を $3,000 : (6,000 + 2,382) = 0.26:0.74$ とする。なお、滞留時間はムカング、カンガルそれぞれの配水区で 10.2 時間、14.4 時間となる。容量的にはややアンバランスであるが、ムカング配水池は浄水場からの浄水が同池を経由してカンガル配水場へ送られるようになっており、配水池の容量が小さい影響は受けにくいいため、問題はないと考えられる。

(3) 配水管

1) 管網配置

配水管配置にあたっては、基本的には図 3-10 に示す要請の配管網を基本として、一部既存管と

の接続を考慮して、極力ネットワークを形成するように配慮する。

表 3-28 ムカング・カンガル配水区の水需要

地域・地区	2015年予測				実需要 (m ³ /day)	各小計 (無集水 等含む)	合計 21,000m ³ / 日に補正	配水区分割	
	家庭 (m ³ /日)	B. 病院・学 校 (m ³ /日)	C. 大規模 (m ³ /日)	D. 家畜 (m ³ /日)				ムカング 需要 (m ³ /日)	カンガル 需要 (m ³ /日)
Embu									
Mbethi North	2,309	173	586		3,068	4,091	4,041	4,041	0
Gatituri	805	60	204		1,070	1,427	1,410	1,410	-
Itabua	935	70	237		1,242	1,655	1,635	1,635	-
Kiangima	569	43	144		756	1,008	996	996	-
Municipality	5,491	410	1,394		7,295	9,727	9,610	530	9,079
Dallas/Stadium	2,527	189	642		3,358	4,477	4,423	-	4,423
Kamiu	1,689	126	429		2,244	2,992	2,956	-	2,956
Njukiri	757	57	192		1,006	1,342	1,325	530	795
Nthambo	517	39	131		687	916	905	-	905
Sub-Total(A)	7,800	583	1,980		10,363	13,818	13,651	4,571	9,079
Nembure						0			
Gaturi South	696	52		56	804	1,072	1,059	1,059	
Ena East	161	12		13	186	248	245	245	-
Gatunduri	288	22		23	333	444	439	439	-
Nembure	247	18		20	285	380	375	375	-
Kithimu	934	70		75	1,079	1,438	1,421	1,421	
Ena West	97	7		8	112	150	148	148	-
Kithegi	313	23		25	362	483	477	477	-
Kithimu	523	39		42	604	806	796	796	-
Sub-Total(B)	1,630	122		132	1,883	2,511	2,480	2,480	
Gachoka						0			
Kiambere	585	44		47	676	901	891		890
Gacabari	115	9		9	133	177	175	-	175
Kiambere	264	20		21	306	407	402	-	402
Riacina	206	15		17	238	317	313	-	313
Kianjiru	945	71		76	1,092	1,456	1,438		1,439
Kirima	319	24		26	369	491	486	-	486
Mbita	180	13		15	208	278	275	-	275
Nyangwa	445	33		36	515	686	678	-	678
Mavuria	928	69		75	1,072	1,429	1,412		1,412
Kithunthiri	316	24		26	366	488	482	-	482
Mavuria	322	24		26	372	496	490	-	490
Gichiche	289	22		23	334	446	440	-	440
Mbeti South	741	55		60	856	1,142	1,128		1,128
Gachoka	289	22		23	334	446	440	-	440
Gachuriri	246	18		20	284	378	374	-	374
Kiamuringa	206	15		17	239	318	314	-	314
Sub-Total(C)	3,199	239		258	3,696	4,928	4,869		4,869
(B)+(C)	4,828	361		390	5,579	7,439	7,349	7,051	13,949
Total	12,628	944	1,980	390	15,942	21,257	21,000		21,000

管網の計算には Water CAD を使い、各接点にレベル、表 3-28 に示す各地区の水需要量を与え、

管渠毎に管延長、管種、C 値（ヘーゼン・ウィリアム式）、管径をインプットする。

これらの条件を元に接点毎に圧力、管渠毎に流量、流速等が計算される。

管径、管種については様々に変化させてインプット・計算して、接点圧力、流速などを評価し最適な管径を選定することができる。

2) 管種、及び口径

管種は先述のように、外径 355mm 以下は基本的に uPVC 管を採用し、内径 350mm 以上は鋳鉄管とするが、道路横断部及び河川横断等架空配管部にはダクタイル鋳鉄管を用いる。

管種については、メルー市において配管の耐圧をすべて最大の 16Bar として、誤配管を防止して結果として漏水防止に効果を上げている。エンブ市においてもそれに習って、uPVC 管の耐圧はすべて 16Bar として選定する。

Water CAD による配水計算結果を、カンガル配水区について図 3-12、ムカング配水区について図 3-13 に示す。これは、図の管径、管種（C 値）、管渠延長、各接点の水量、等の条件において各接点において適正な圧力（1.0～6.0Bar:BS スタンド）と各管渠において適正な流速範囲（0.6～2.5m/秒）にあることを示している。従って、配水管の管径、管種は両図に示すものとして決定する。

これらのうち、図 3-12 に示す、施工対象管渠 10.8km については本事業で施工し、他の 60.3km については資材調達のみになる。

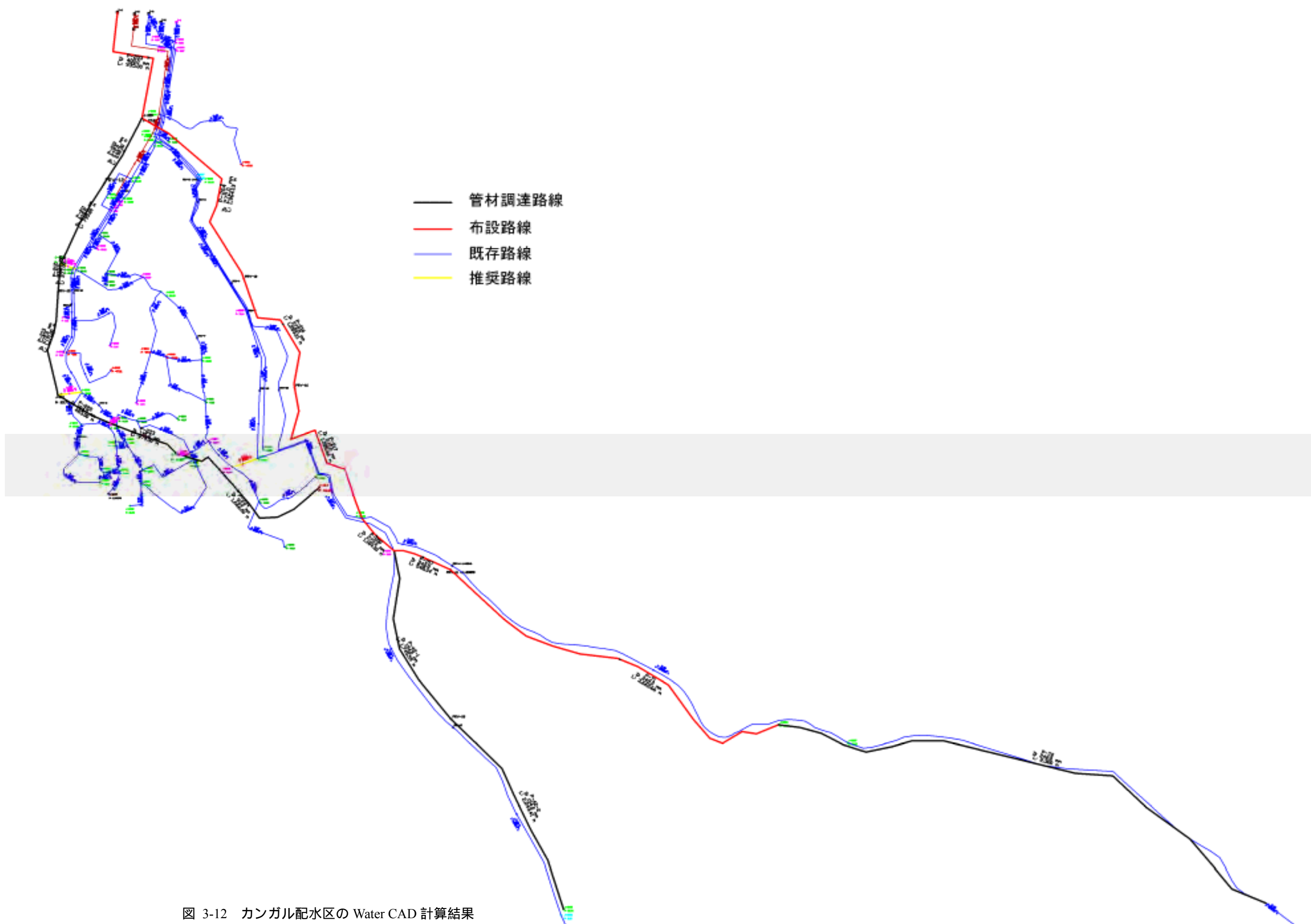


図 3-12 カンガル配水区の Water CAD 計算結果

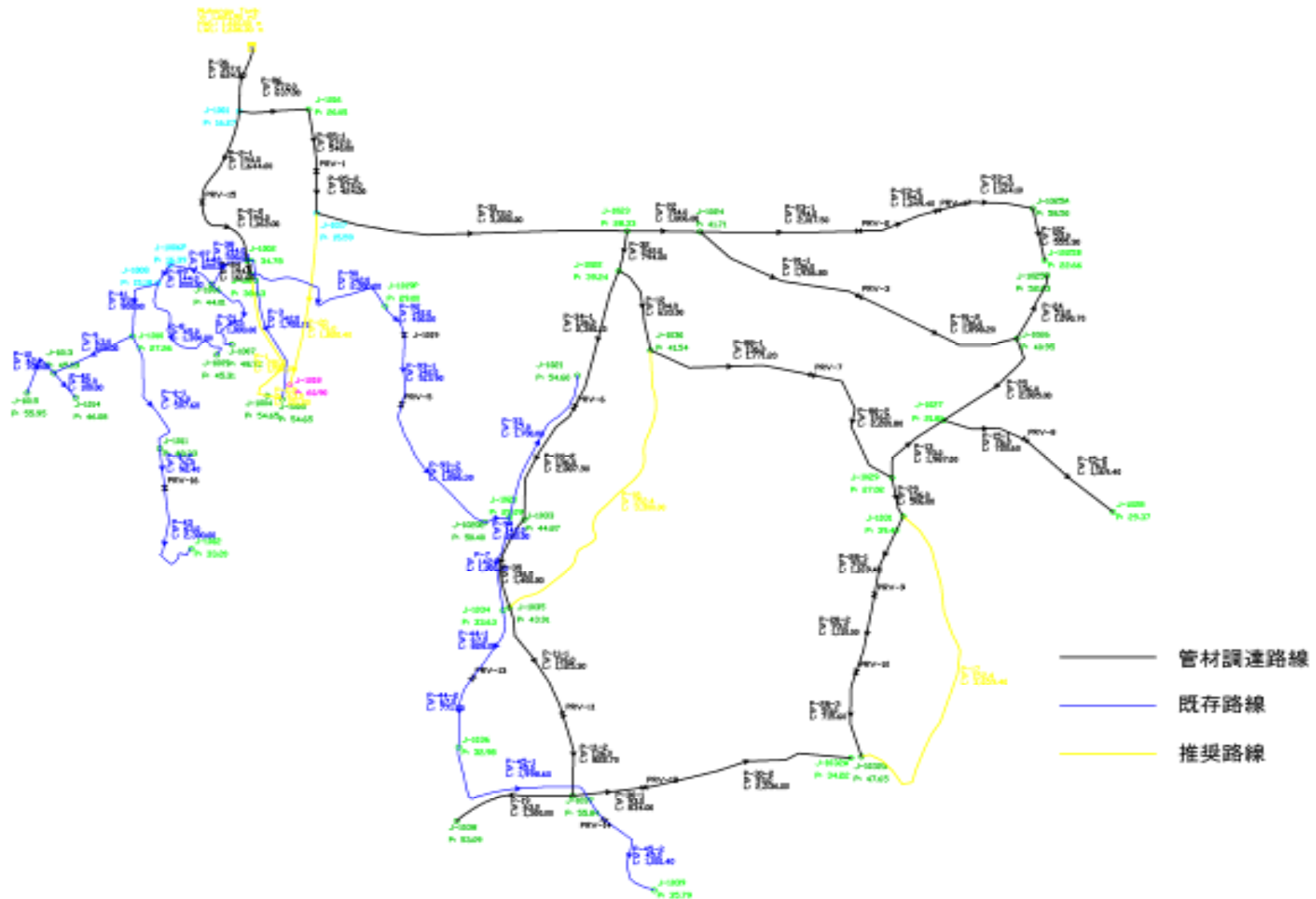


図 3-13 ムカング配水区の Water CAD 計算結果

3) 附帯設備

- ・ 管網において、流量配分の把握、漏水の把握等の目的で合計 10 台（ムカング及びカンガル場内設置を除く）流量計を設置する。配置図は図 3-10 に示す通りである。
- ・ 配水管の分岐箇所その他、管路の維持管理上必要な箇所へ仕切り弁を設置する。
- ・ 管路の維持管理上、必要な箇所に空気弁、排泥弁を設置する。
- ・ 管網の圧力を 6bar 以下に抑えるために、必要箇所に減圧槽を設置する。設置位置は図 3-12、図 3-13 の Water CAD の計算結果に PRV（減圧弁）として示す。

4) 配水管敷設

本計画の裨益効果を高めるため、全線が 1 次配水管である対象配水区間からさらに、延長 10.8km の施工対象区間を選定した。選定については、以下の基準で選定した。

- a) 同路線は、主としてガチョカ郡の水供給が逼迫している地域に送るもので、配水管は図 3-10 に示すように既に設置されているが、供給量が不足するため、1 週間に 2 日程度の制限給水を余儀なくされている。従って、同配水管の敷設により、同地区の既存配水管の給水地域への十分な給水が可能になる上、EWASCO による配水管延伸により直ちに大きな裨益が望める。
- b) 同路線は、市内中心部からはやや外れているが、人口の比較的多い地区に敷設されるので、EWASCO のスタッフのみならず地元の人々に、わが国のコントラクターによる施工のあり方を示すことができる。

(4) 施設概要

表 3-29 配水施設概要

施設名	内容/形状寸法	備考
1. カンガル配水池		
「土木施設」		
配水池躯体	RC 造 径 39.5m×水深 5.0m×1 槽 容量：6,000m ³	新設、流入柵付設
「機械・電気設備」		
R-6 水位調整弁	フロート式水位調整弁 口径 300mm × 1 基	
R-5 水位調整弁	フロート式水位調整弁 口径 150mm × 1 基	
機械式流量計	現場指示式タービン流量計、1 個	流出用
機械式水位計	現場指示式スケール、1 個	配水池
受電盤	鋼板製屋内自立型 240V	
UPS	3kVA 240V	
配水池水位計	投込み式、2 組	
計装盤	屋内自立型	
遠方監視装置	親機、子機、一式	
4. 配水管		
「土木施設」		
1 次配管	DCIP 管、口径 400 mm × 延長約 0.9km uPVC 管、口径 315 ~ 225mm × 延長 9.9km 計 約 10.8km	新設

3-2-2-6 機材調達計画

先方から要請のある機材調達について以下のとおり検討した。

(1) 配水管資機材

EWASCO より要請のあった配水管路の施工区間、及び資材供与区間について、測量により距離及び標高を明らかにして、そのデータに基づいて Water CAD による水理計算を行った結果、施工区間は約 10.8km、機材調達区間は約 60.3km となった。

機材供与区間については、必要管径はすべて外径 355mm 以下であるため、管材は基本的には uPVC 管を用いるが、但し道路横断部及び、河川や溪流部横断部の架空配管にはダクタイル鋳鉄管を用いる。耐圧力はすべての管を 16Bar とする。表 3-30 には機材供与を行う配管資機材の概要を示す。

表 3-30 機材調達に係わる配水管機材

分類	内容		
	管径(mm)	管種	延長
鋳鉄管	355 ~ 225	uPVC 管、ダクタイル鋳鉄管	約 26.2km
	160 ~ 63	uPVC 管、ダクタイル鋳鉄管	約 34.1km
配管付属品	流量計、配管異型管、仕切弁、空気弁、泥吐き弁等		
圧力調整槽	フロート弁、弁類		

(2) 水道メーター検定装置

水道メーターが所定の精度の保持することは適正な料金徴収の要件である。EWASCO では一般に信頼性が低いとされる中国製の水道メーターを用いているが、メーカーを選べば十分な品質を確保できるとのことである。しかし、メーターの検定を自らできることは重要な水道事業体の機能の一つである。従って、目視による検査の他、メーター精度を検定することによって不良メーターの排除や修繕・調整の要否判断、及び修繕・調整後の機能確認が可能となるため、メーター検定装置は必要と考える。かかる器材はケニア国には無いため、日本で公式に使用されている装置（基準タンク、及びローターメーター、検定台等付属品）一式を調達することとし、使用方法はソフトコンポーネントによる支援において指導する。

(3) 水質試験器材

現在はカンガル浄水場（将来配水場）に、EWASCO の試験室の他 MWI の試験室が併設されていて、原水と浄水の濁度、pH、残留塩素、大腸菌数等の検査を行っている。そのほかに2回/年にナイロビの MWI の水質試験室により義務つけられている全項目の試験を行っている。

今後、ムカング浄水場に1系施設が完成する他に、2系施設が建設され、日常のジャーテストによる運転管理、濁度、残留塩素等の基本的な項目のみでなくより幅広い項目の試験を行う機能を持つことが必要になる。このため、ジャーテスターの他、メスシリンダー・天秤・冷蔵庫・純水装置等基本的な試験器具、作業台の他、分光光度計、孵卵器、オートクレーブ、微生物試験機器、UV 機器等が要請されている。このうち、分光光度計については、HACH 社製の分析項目が多く点で優れていることがあって納入されている所（メル市など）があるが、現場での調整が困難かつ試薬が非常に高価（50回の塩素、フッ素、鉄/マンガン、硝酸・亜硝酸窒素、リン、イオウ、カルシウム、全硬度の分析試薬で360千Ksh）であるため、活用しにくい面がある。従って、分光光度計については、EWASCO の分析責任者からの要望もあり、試薬の現場での調整が可能な日本製の機器を選定する。これらの器材はムカング1系浄水場の運転時にも有用であるため、早めの調達が妥当と考えられる。

(4) O&M 用機器

3トントラック、ポータブル超音波流量計、無線通信機器等が要請されている。現在EWASCO

は、ピックアップトラックを数台保有しているが、トラックは保有していないため施工部門をもつEWASCOとしては、小型トラックの必要性は高い。

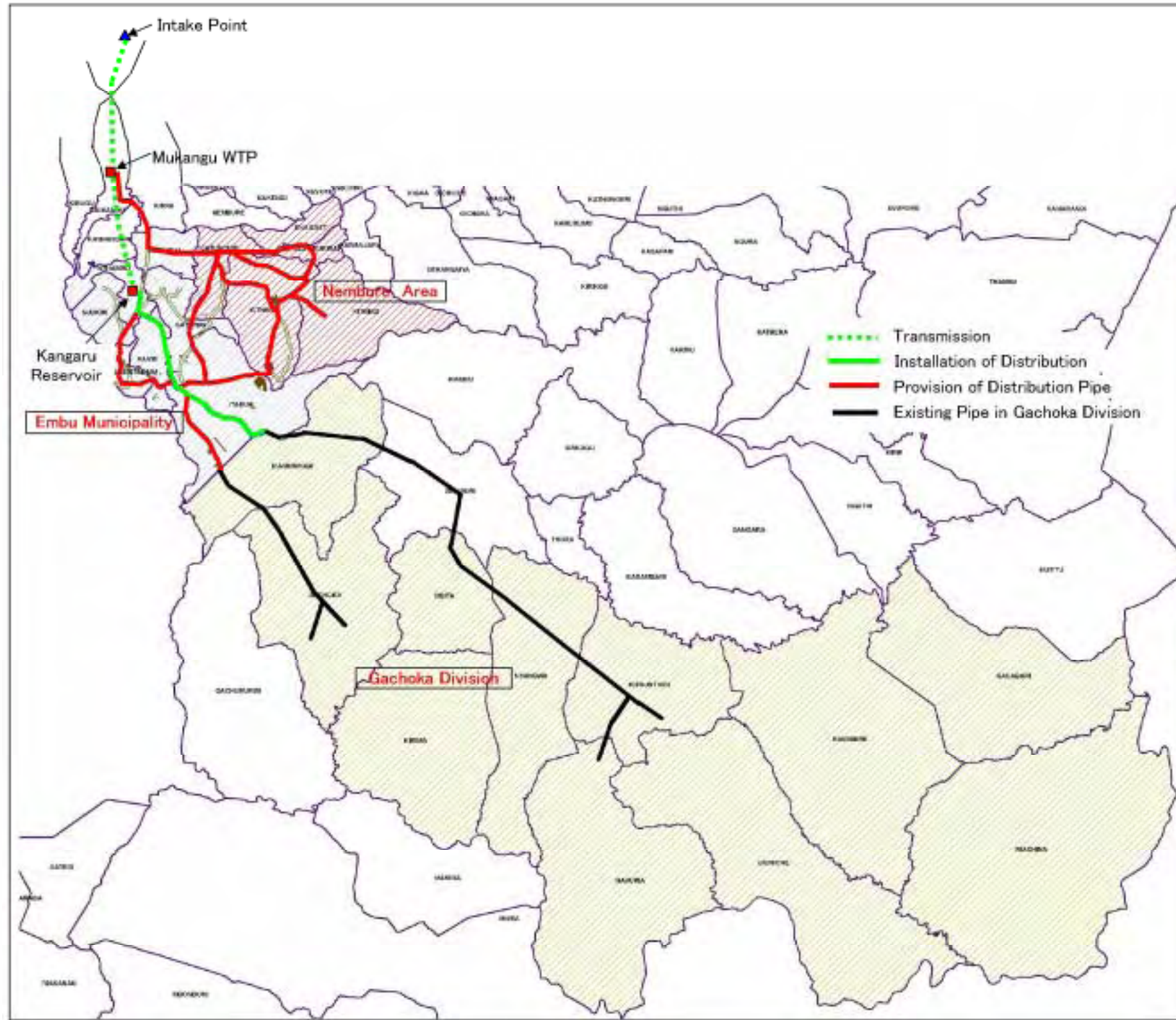
必要箇所の流量を計ることで漏水箇所を発見して、無収水の減少が顕著になっているメルーの事例を見ても、ポータブル流量計はEWASCOと是非必要な機器である。

EWASCOの施設においては、取水場、ムカング浄水場、カンガル配水場（浄水場）、EWASCO本部、ガチョカ郡支部等の主要施設があり、また最遠端で延長45kmにも及ぶ配水管網を保つ。EWASCOはこのようなエリアをカバーする無線機器については希望しているが、非常に大規模なものとなって本事業の中に含めることは困難と考える。

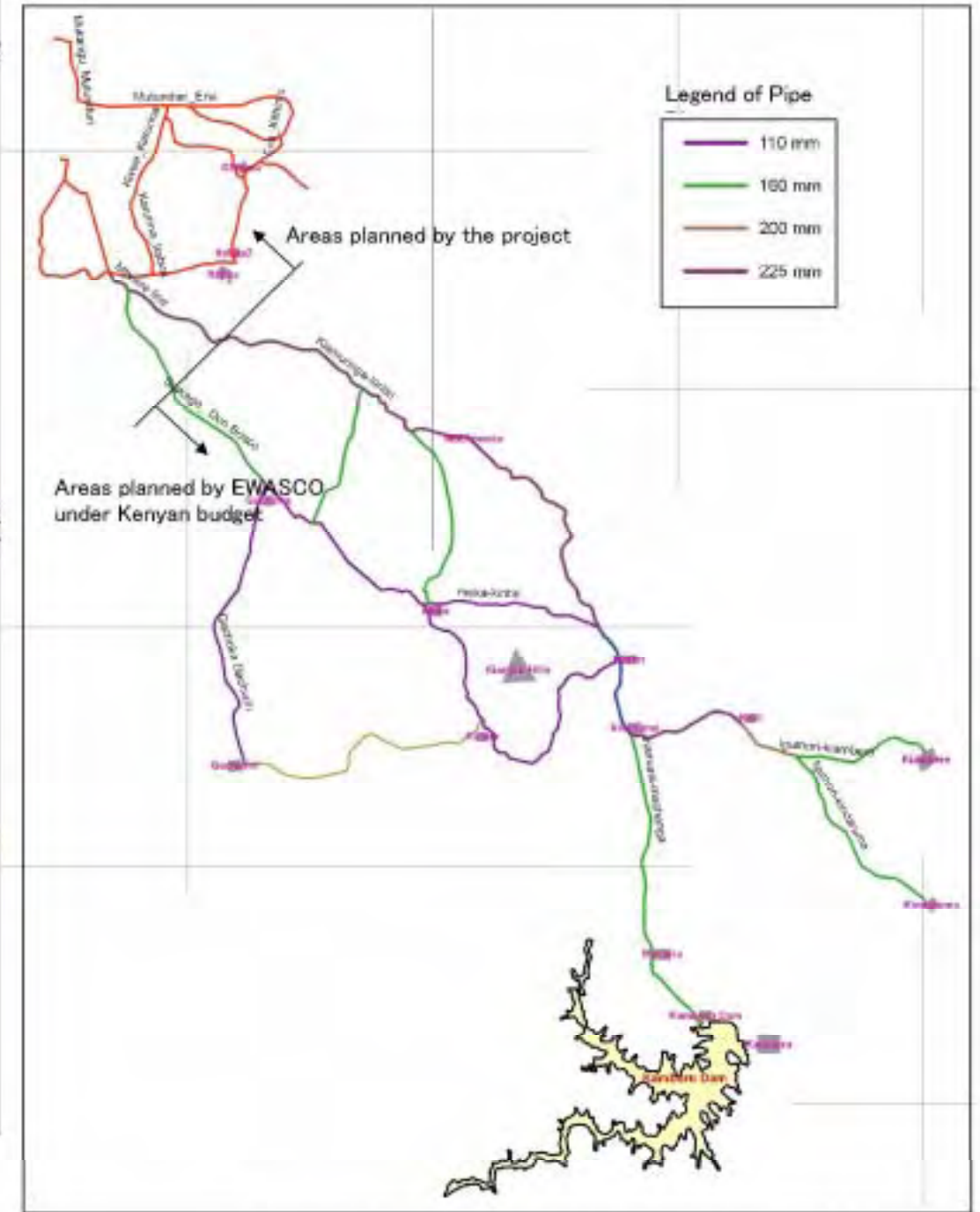
3-2-3 基本設計図

表 3-31 基本設計図一覧表

No.	図面名称	備考
1)	位置図	
2)	水道システム フロー・水位高低図	
3)	取水施設 フロー図	
4)	取水施設 配置図	
5)	取水施設 構造図	
6)	導水管 平面図	
7)	導水管 水管橋図	
8)	ムカング浄水場 一般平面図	
9)	ムカング浄水場 フロー図	
10)	ムカング浄水場 薬品沈殿池 及び関連水槽構造図	
11)	ムカング浄水場 急速ろ過池構造図	
12)	ムカング浄水場 配水池構造図	
13)	ムカング浄水場 高架水槽・洗浄排水槽 構造図	
14)	ムカング浄水場 スラッジ・ラグーン 構造図	
15)	ムカング浄水場 発電機・薬注室構造図	
16)	ムカング浄水場 管理・電気棟構造図	
17)	ムカング浄水場 塩素注入室構造図	
18)	ムカング浄水場 揚水ポンプ室構造図	
19)	ムカング浄水場 場内配管図	
20)	送水管 平面図	
21)	カンガル配水場 フロー図	
22)	カンガル配水場 配水池構造図	
23)	カンガル配水場 場内配置・配管図	
24)	配水管 平面図 1 (Kangaru-Majimbo)	
25)	配水管 平面図 2 (Majimbo-Mbreere)	
26)	電気計装フロー図	
27)	ムカング・カンガル単線結線図	

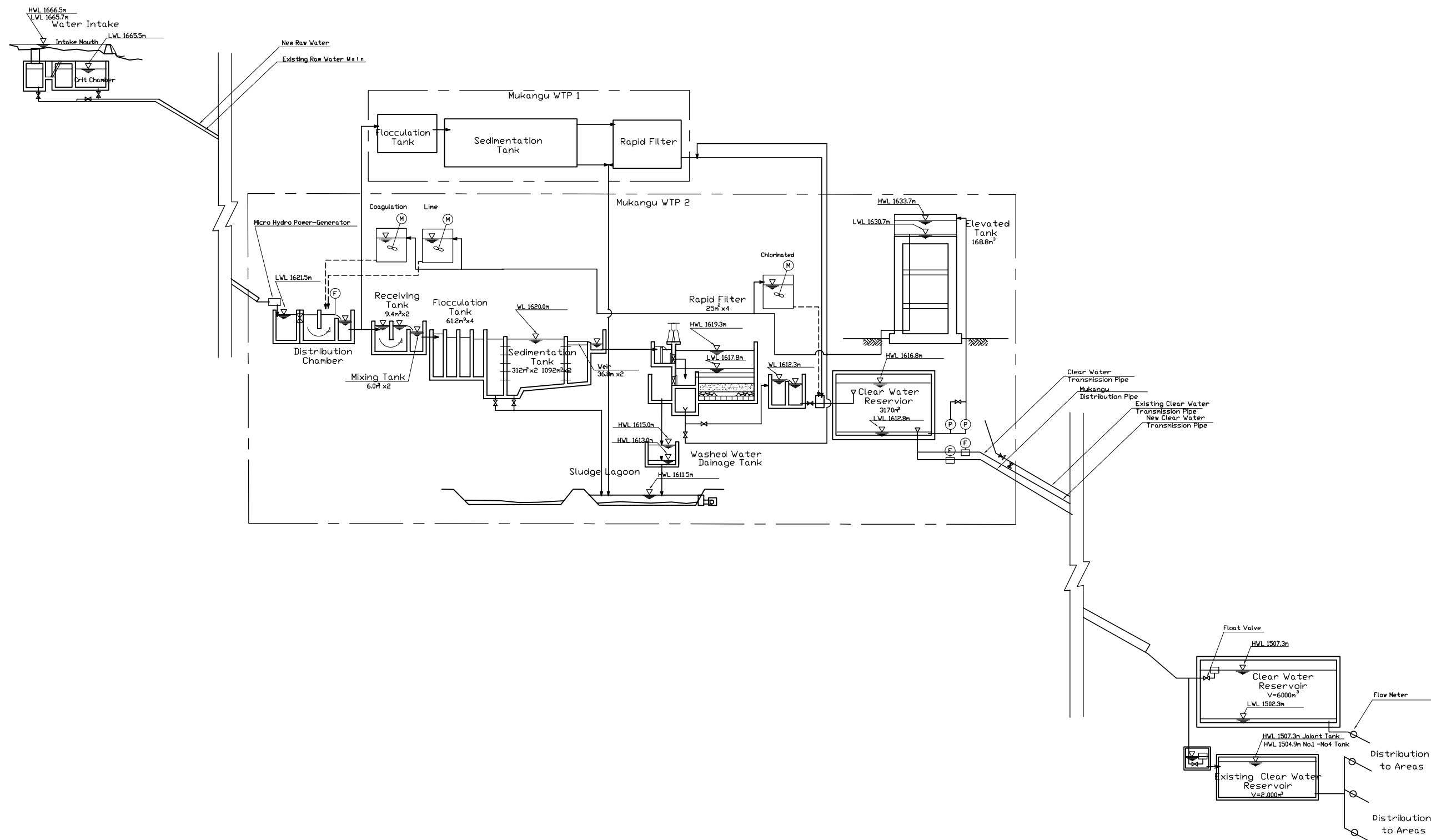


Location Map of the Project

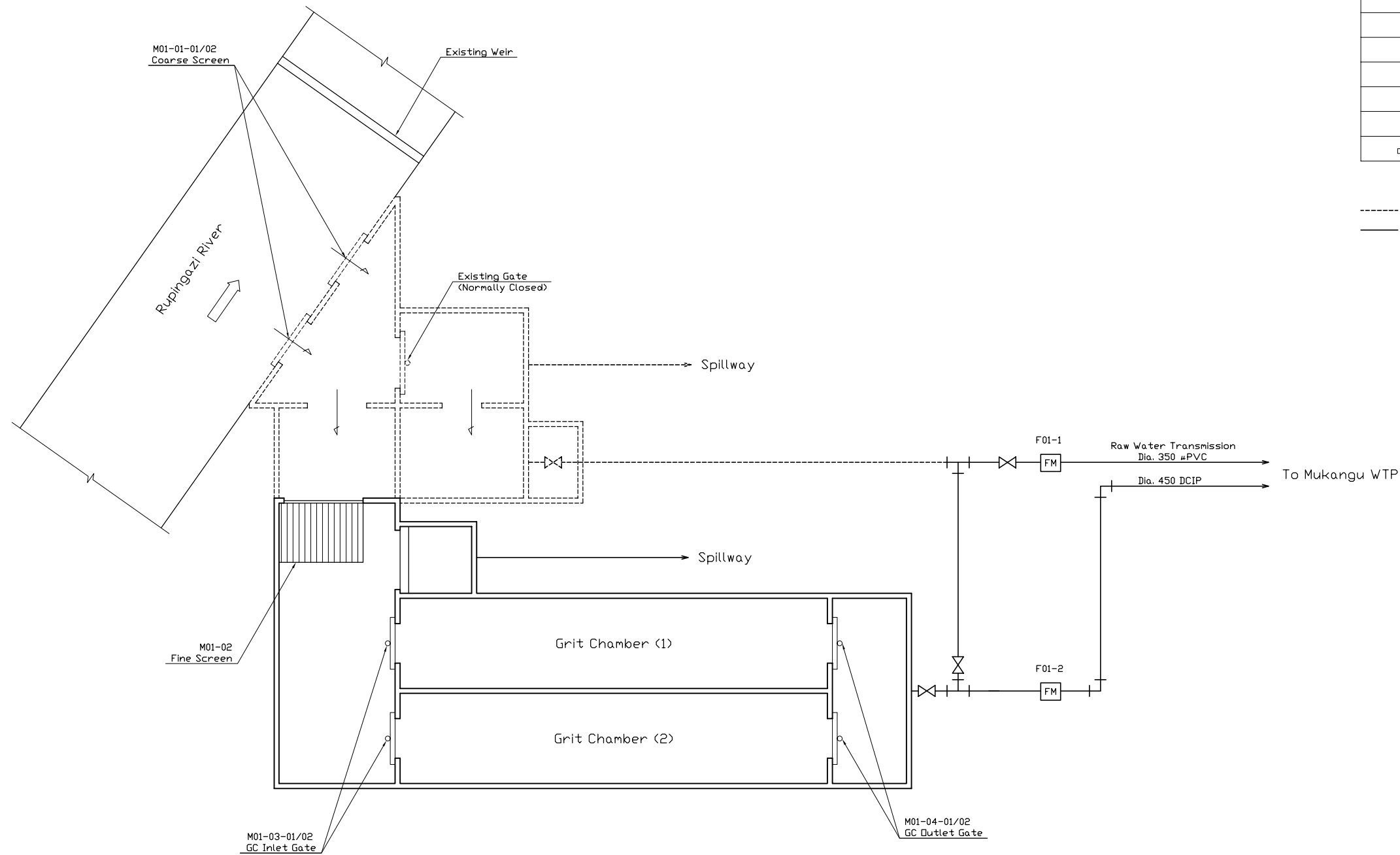


Proposed Distribution Pipe Network by EWASCO

Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas	
ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	
Location Map	
Scale: N.T.S	
Drawing No. 01 by 27	



Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	Scale: N.T.S
Flow Sheet and Hydraulic Profile of the System	Drawing No. 02 of 27

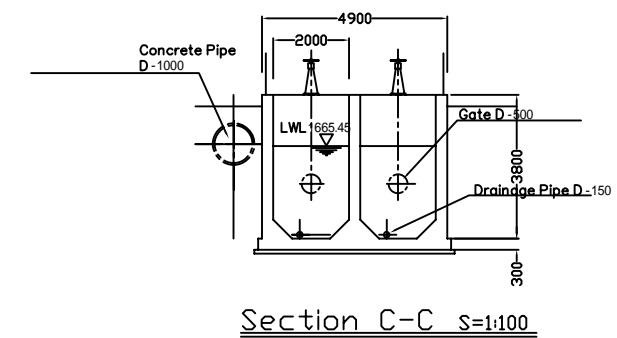
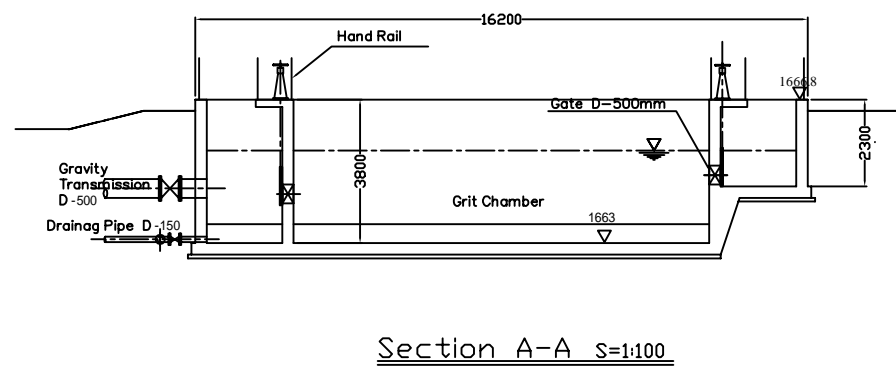
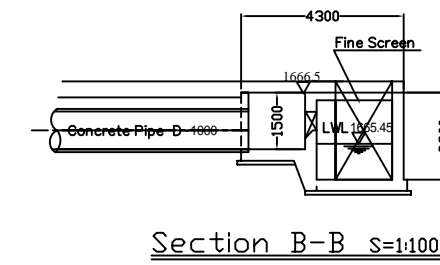
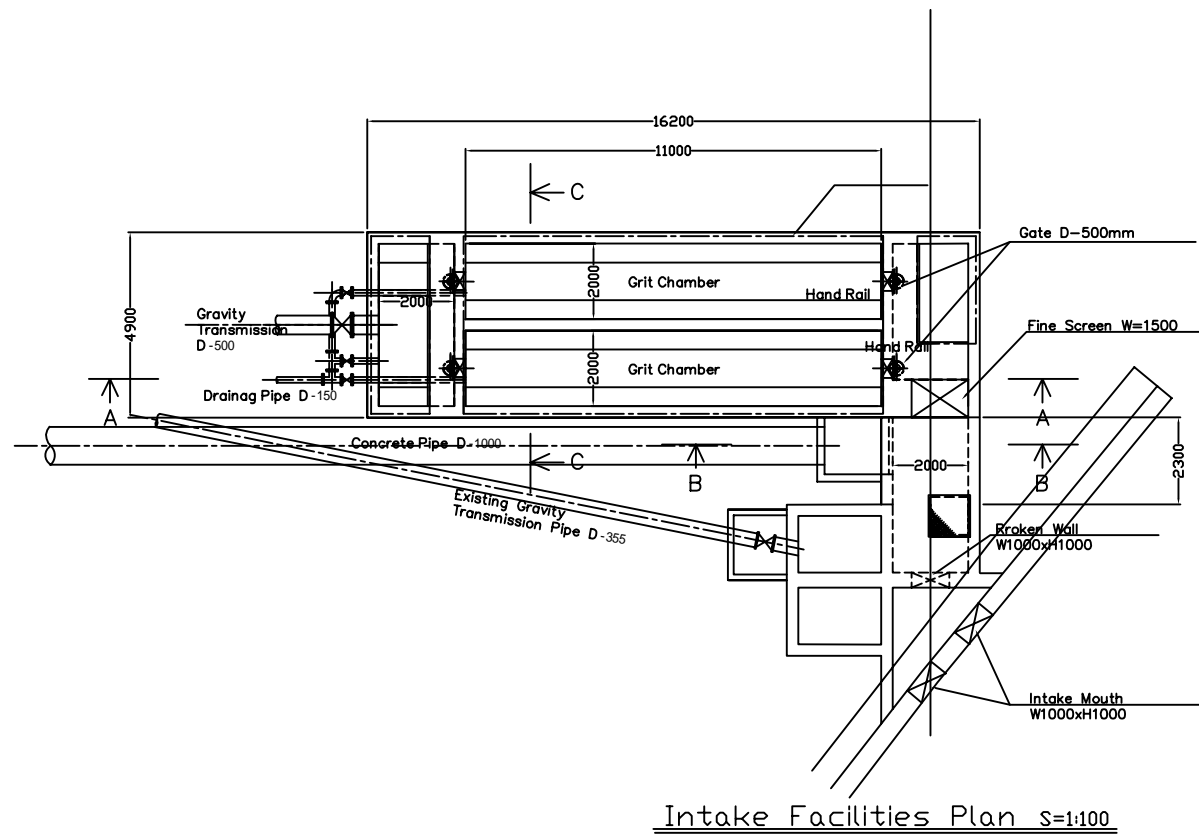


Legend	
—	Water/Sludge
- - -	Chemical
⊗	Gate Valve
∇	Check Valve
⊘	Butterfly Valve
⊠	Ball Valve
⊡	Flow Control Valve
⊙	Pump
⊞	Motor
⊞	Mechanical Flow Meter
⊞	Electrical Flow Meter
⊞	Gate

----- : Existing
 — : New

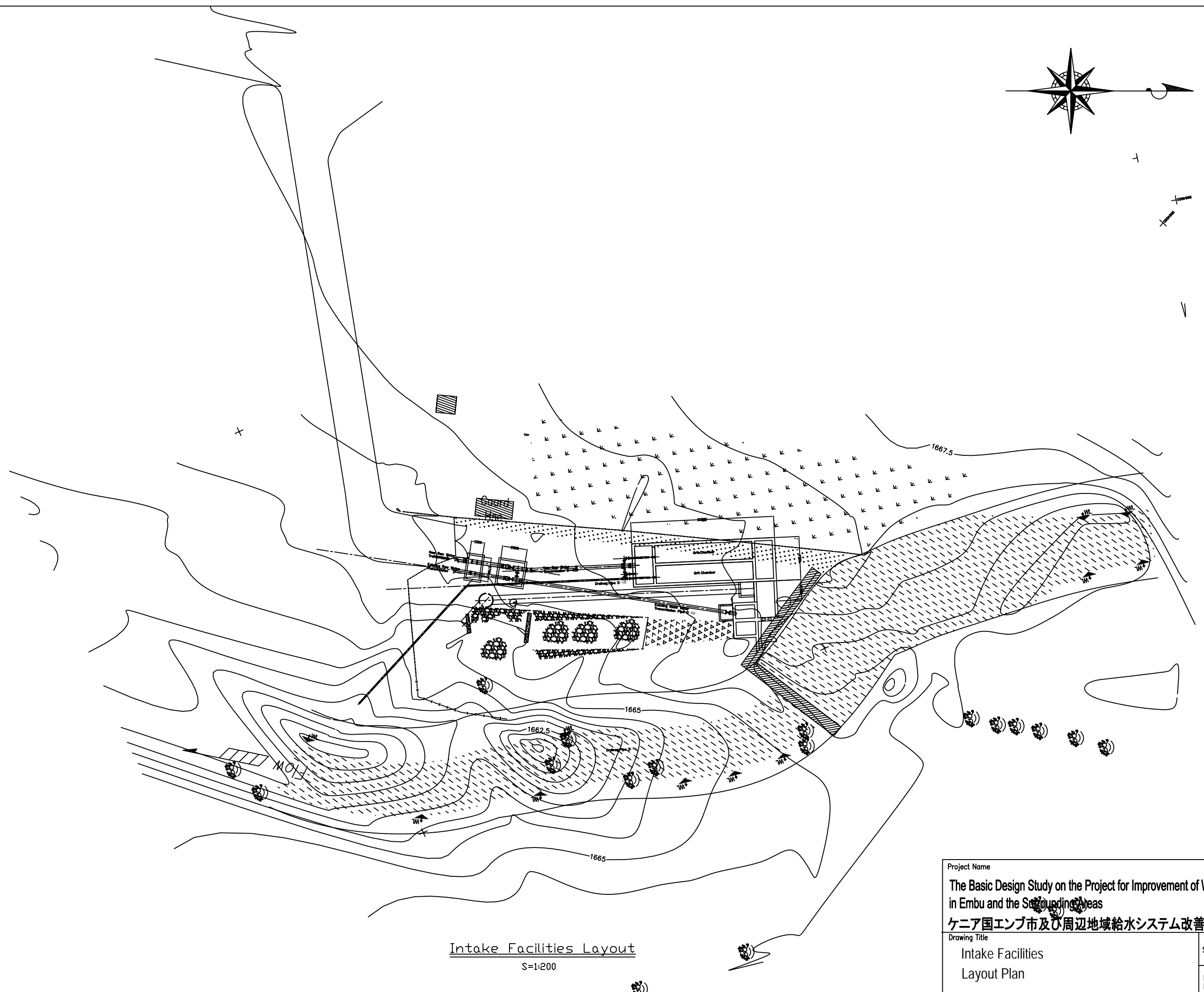
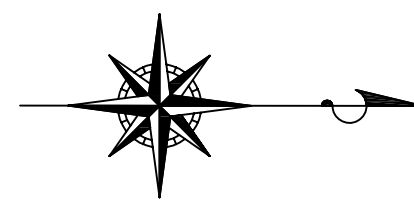
Intake Facility s=non scale

Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas	
ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	
Intake Facility	Scale: N.T.S
Flow Sheet	Drawing No. 03 of 27



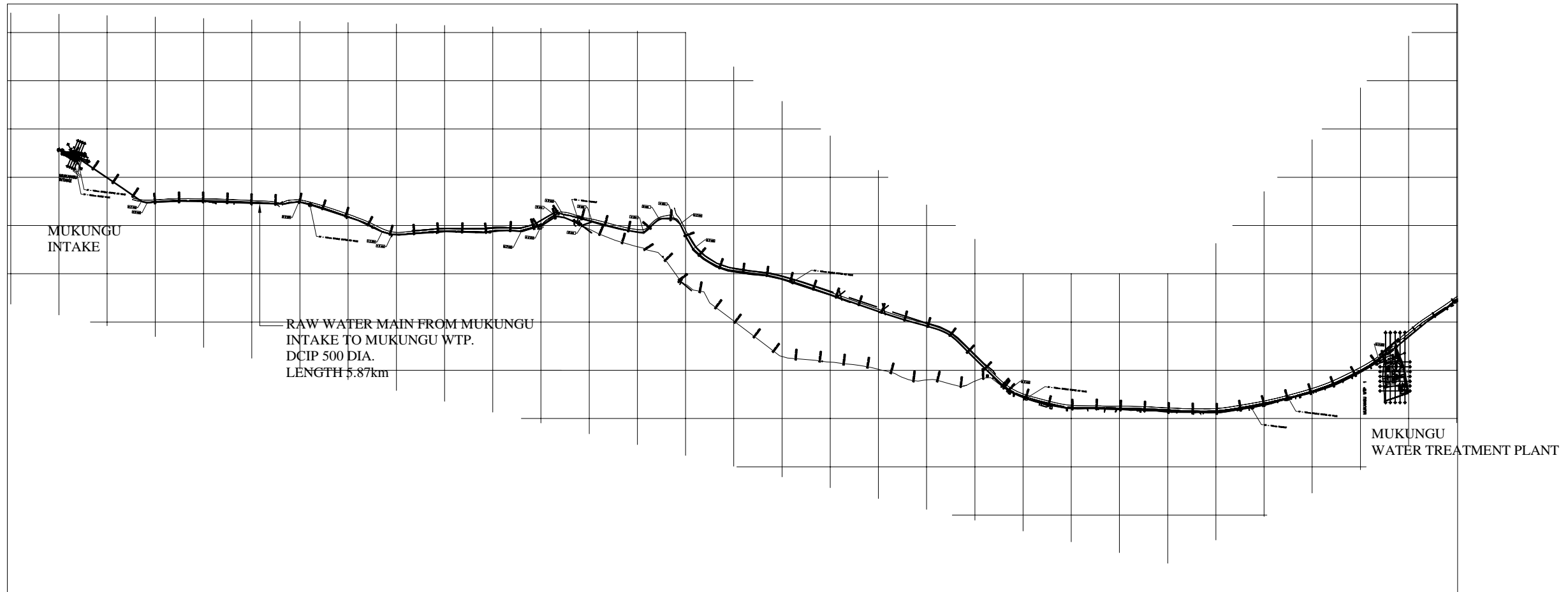
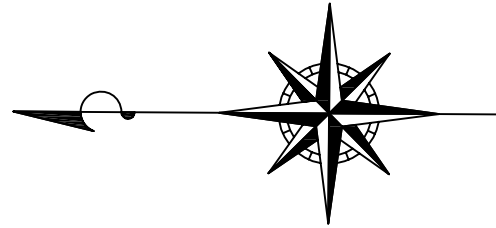
Intake Facilities s=1:100

Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas	
ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	Scale: 1/100
Intake Facilities Plan and Section	Drawing No. 05 of 27



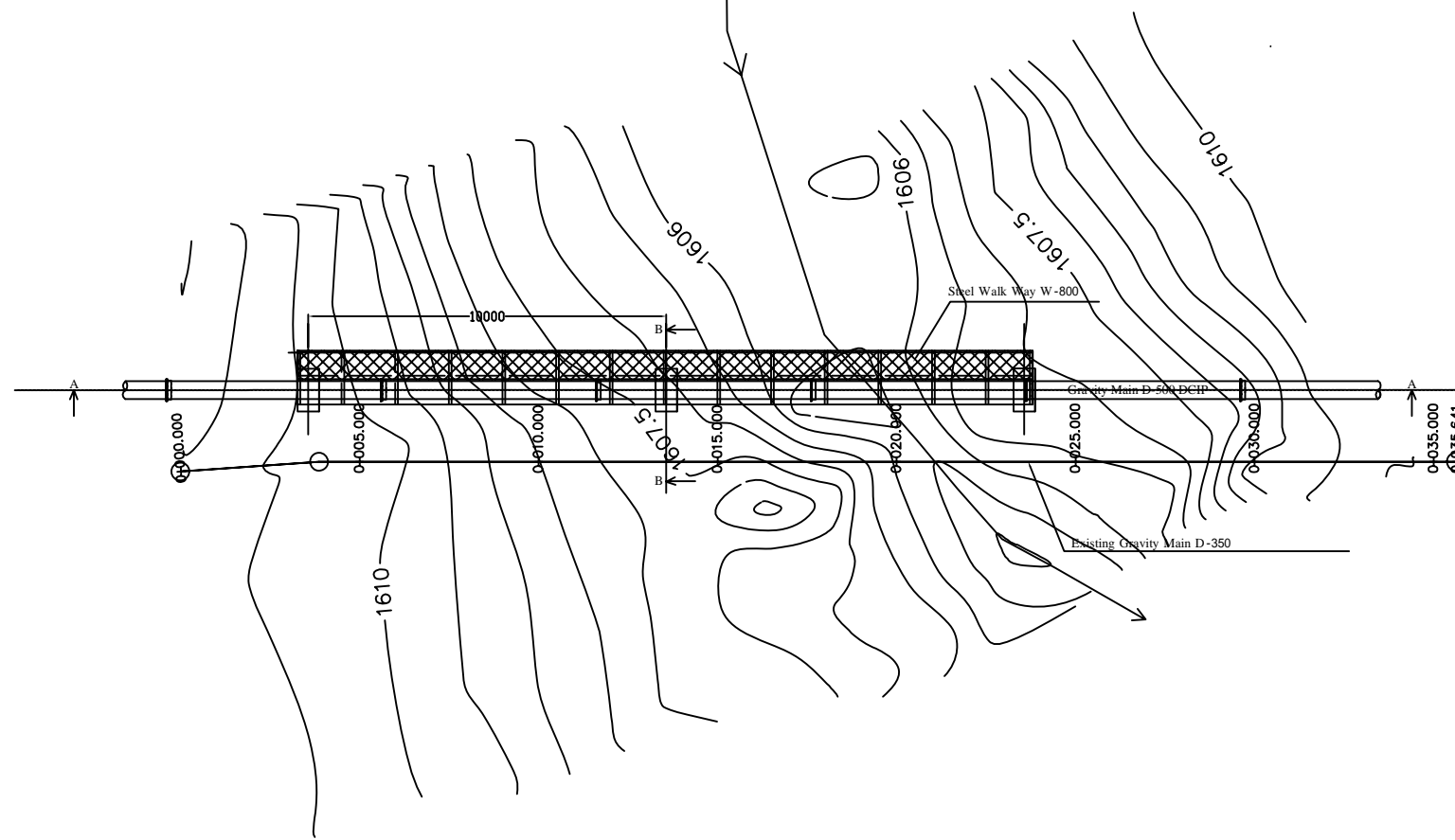
Intake Facilities Layout
S=1:200

Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	Scale: 1/200
Intake Facilities Layout Plan	Drawing No. 04 of 27

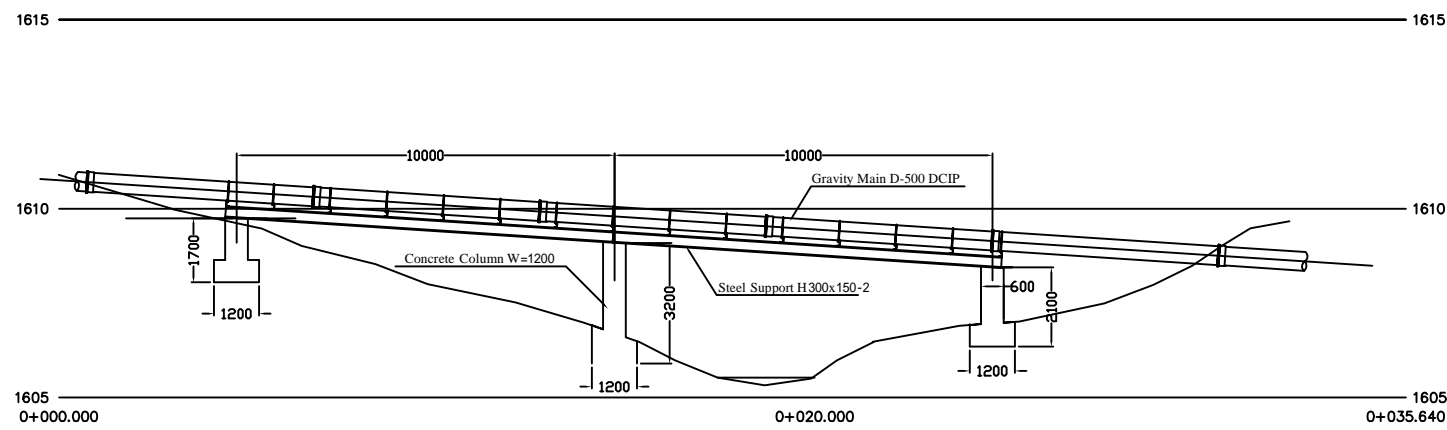


Raw Water Transmission General Plan

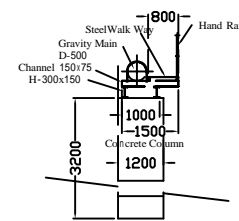
Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas	
ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	Scale:
Plan for Raw Water Transmission Main	1:2000
	Drawing No. 06 of 27



PIPE BRIDGE PLAN S:1/100

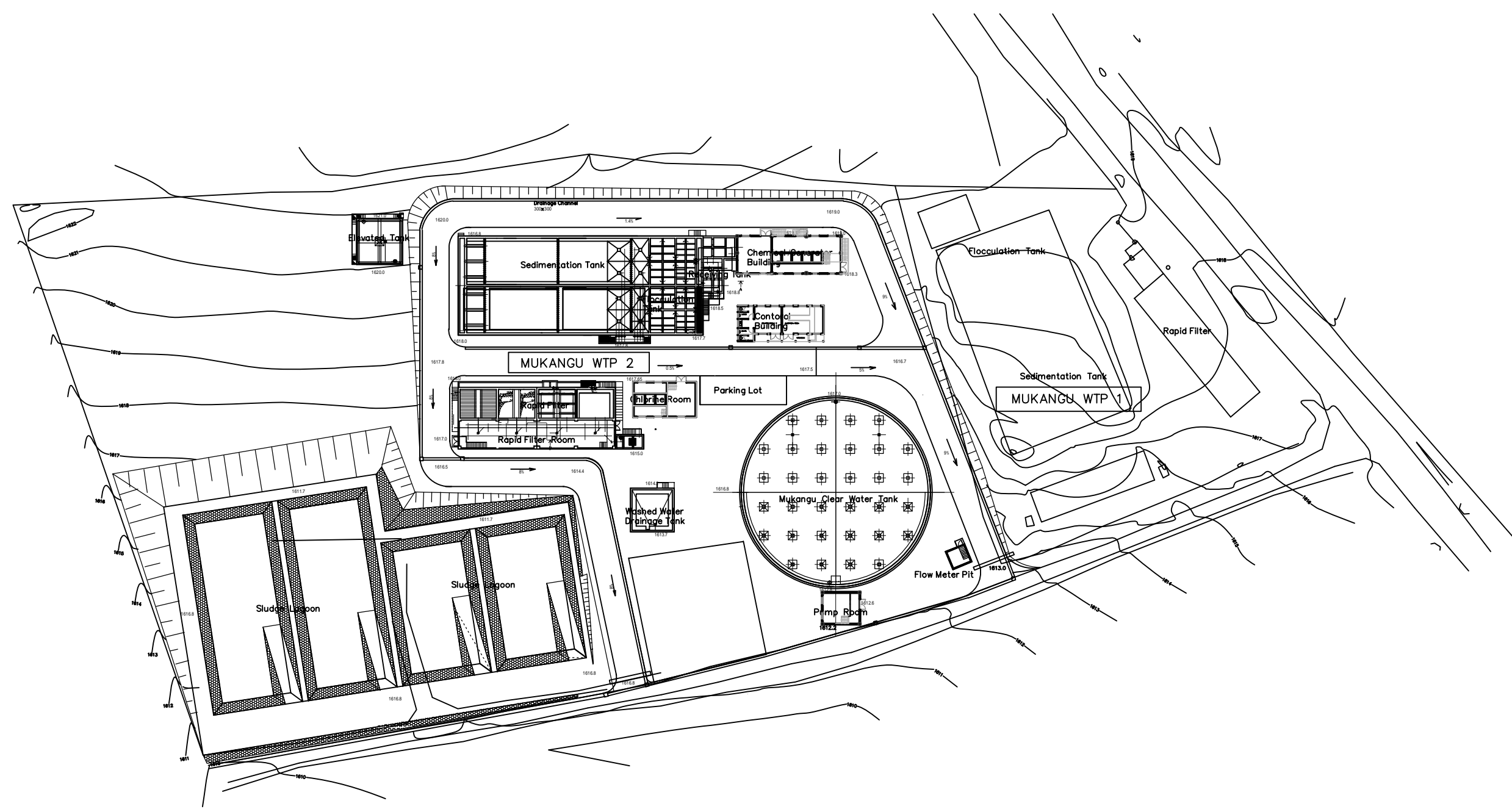


SECTION A-A S:1/100



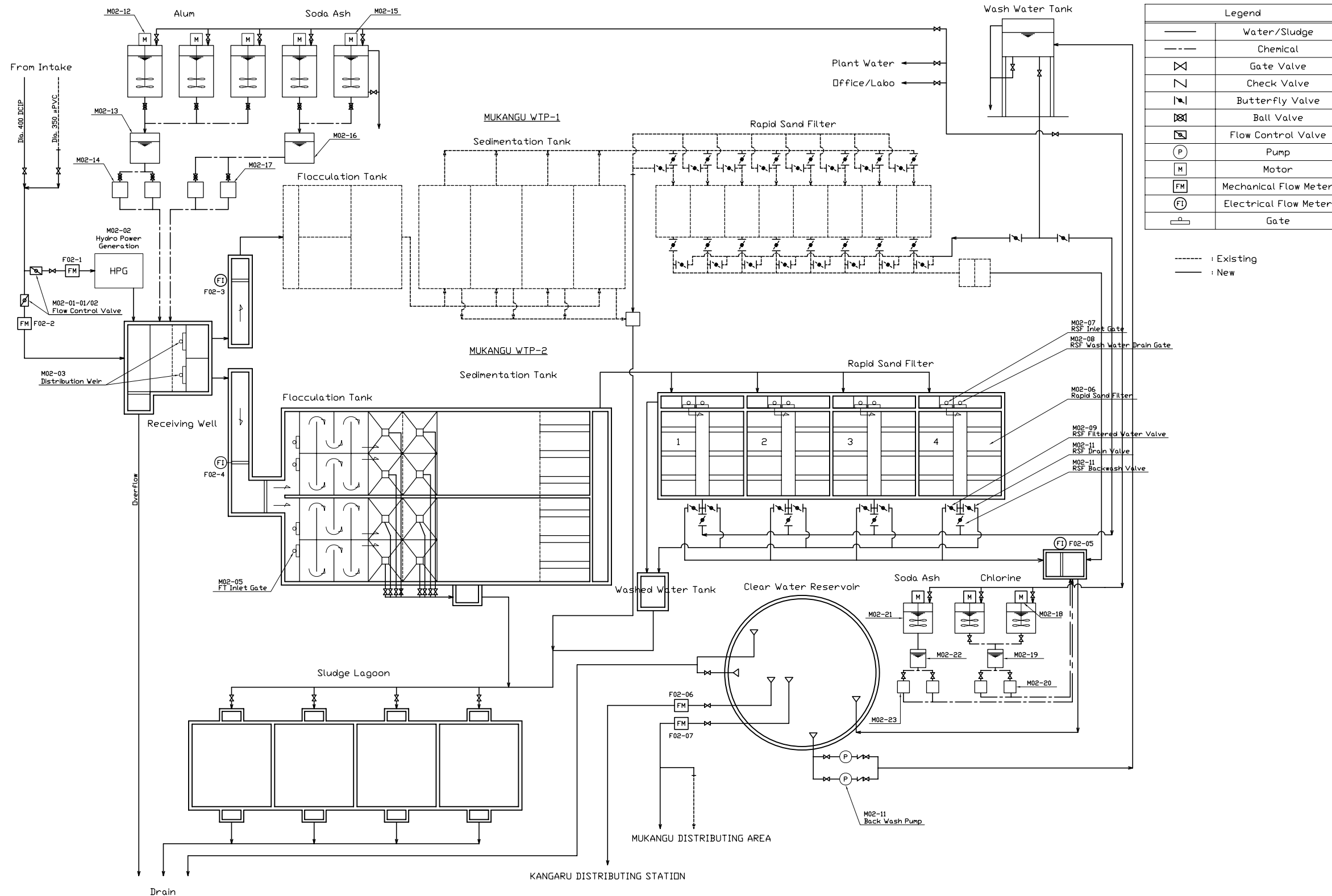
SECTION B-B S:1/100

Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas	
ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	
Pipe Bridge	Scale: 1:100
Plan and Section	Drawing No. 07 of 27



General Layout Plan
Scale=1/800

Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas	
ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	Scale: 1:800
Mukangu WTP Yard Layout Plan	Drawing No. 08 of 27

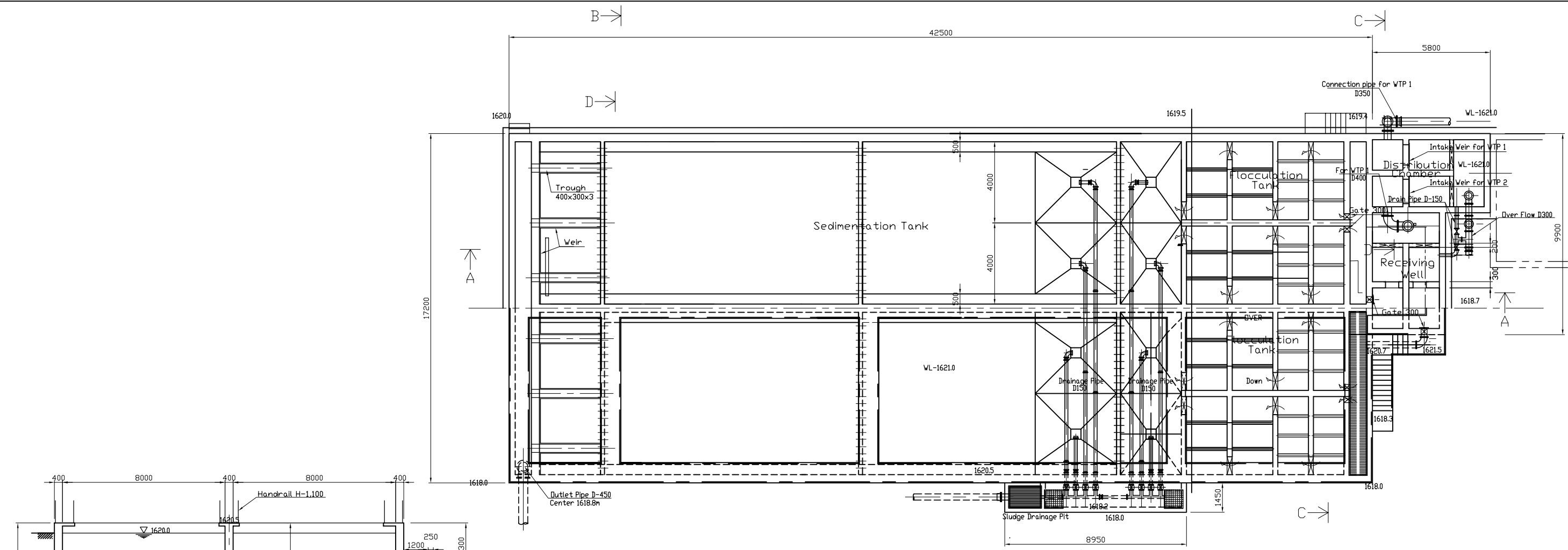


Legend	
—	Water/Sludge
- - -	Chemical
⊗	Gate Valve
∇	Check Valve
⊏	Butterfly Valve
⊘	Ball Valve
⊠	Flow Control Valve
(P)	Pump
(M)	Motor
(FM)	Mechanical Flow Meter
(FI)	Electrical Flow Meter
□	Gate

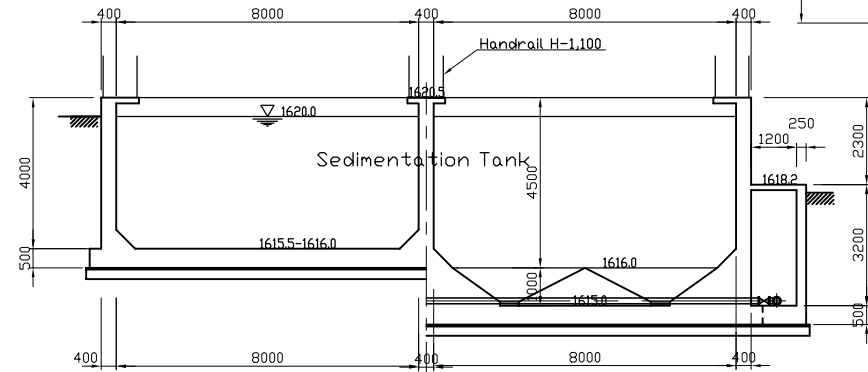
----- : Existing
 ————— : New

MUKANGU WATER TREATMENT PLANT S=NONE SCALE

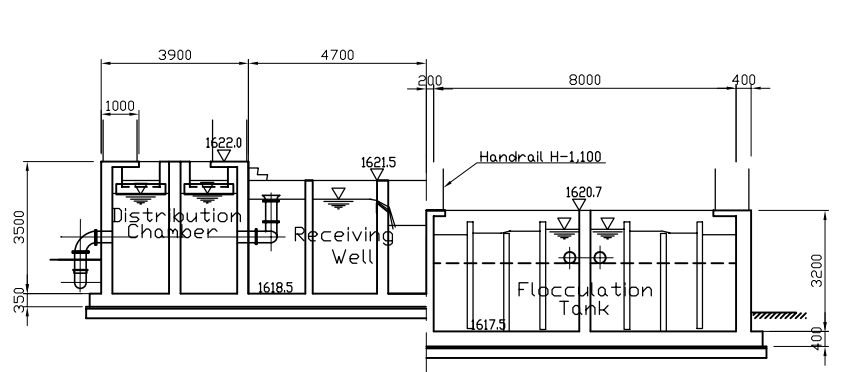
Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas	
ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	
Mukangu WTP	Scale: N.T.S
Flow Sheet	Drawing No. 09 of 27



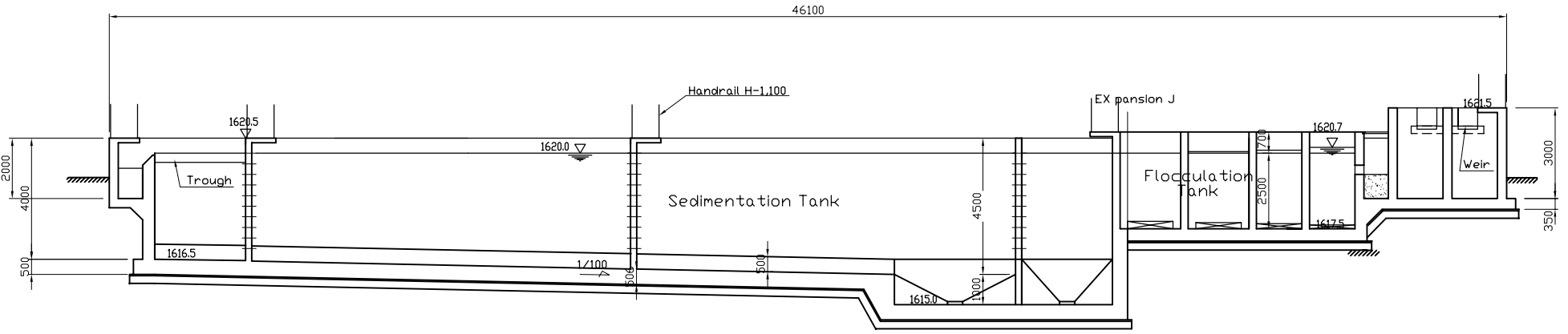
*Inside of wall encompassing the structure shall be water-proof painting.



Section B-B s=1:100

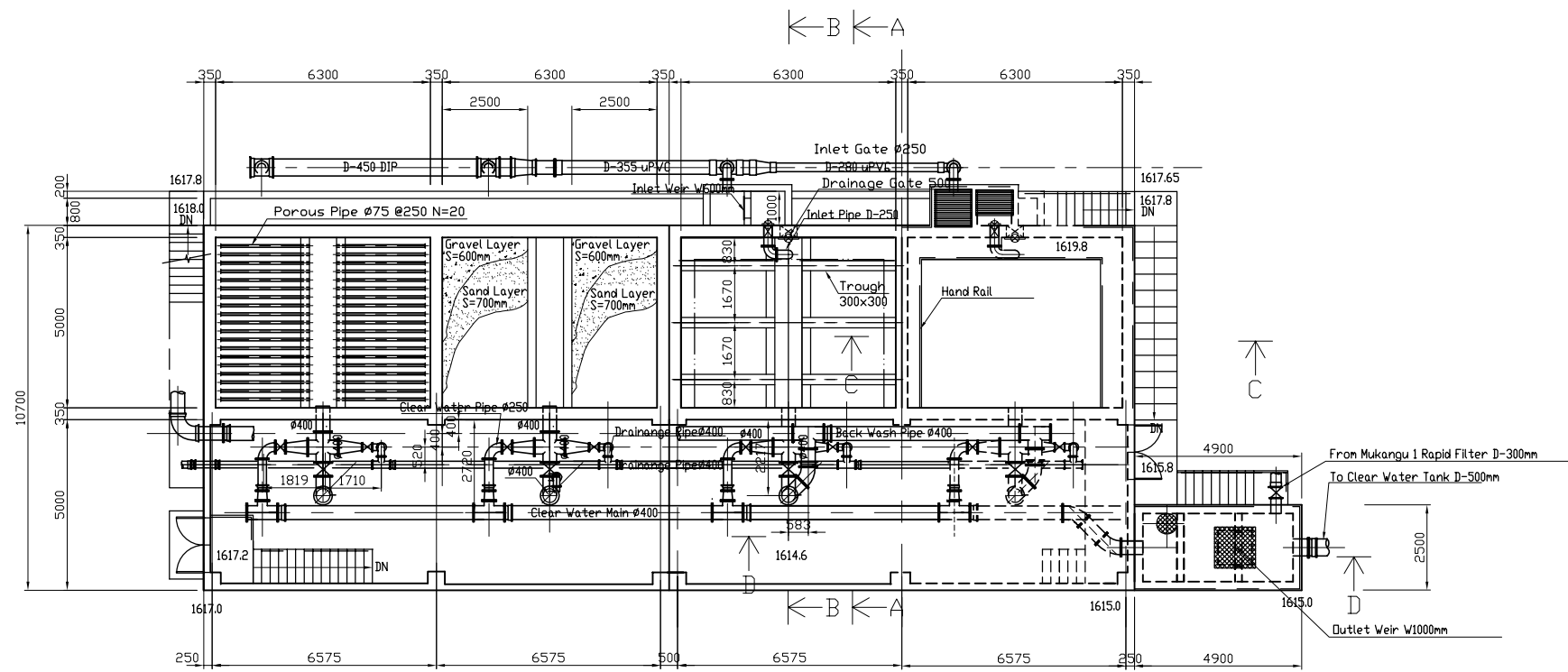


Section C-C s=1:100

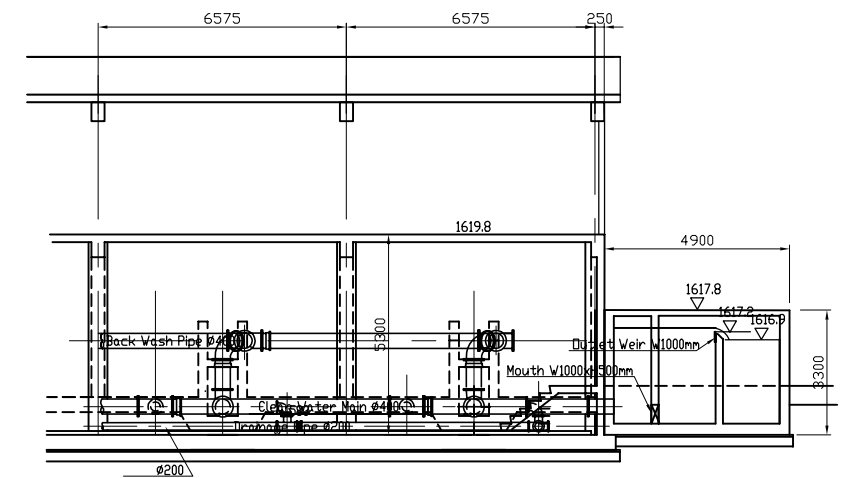


Section A-A s=1:100

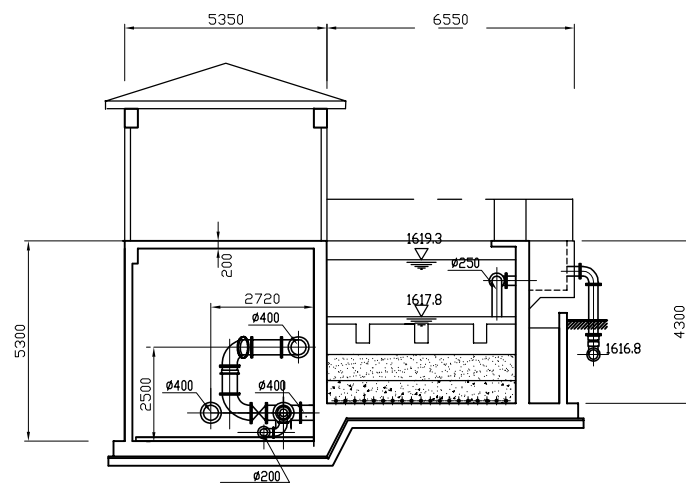
Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas	
ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	
Mukangu WTP Sedimentation Tank with Related Tanks Plan and Sections	
Scale:	1/100
Drawing No.	10 of 27



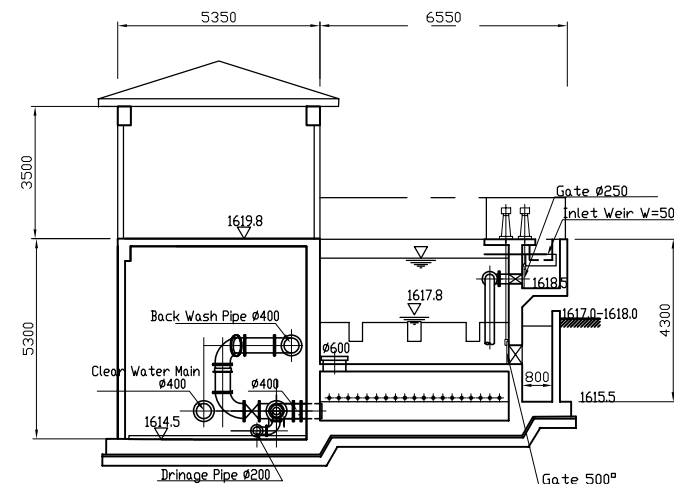
Rapid Filter Plan s=1:100



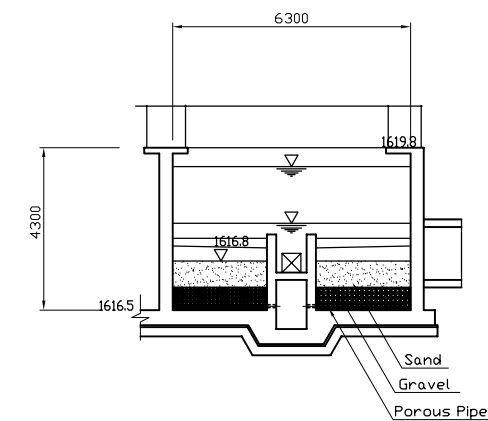
Section D-D s=1:100



Section A-A s=1:100



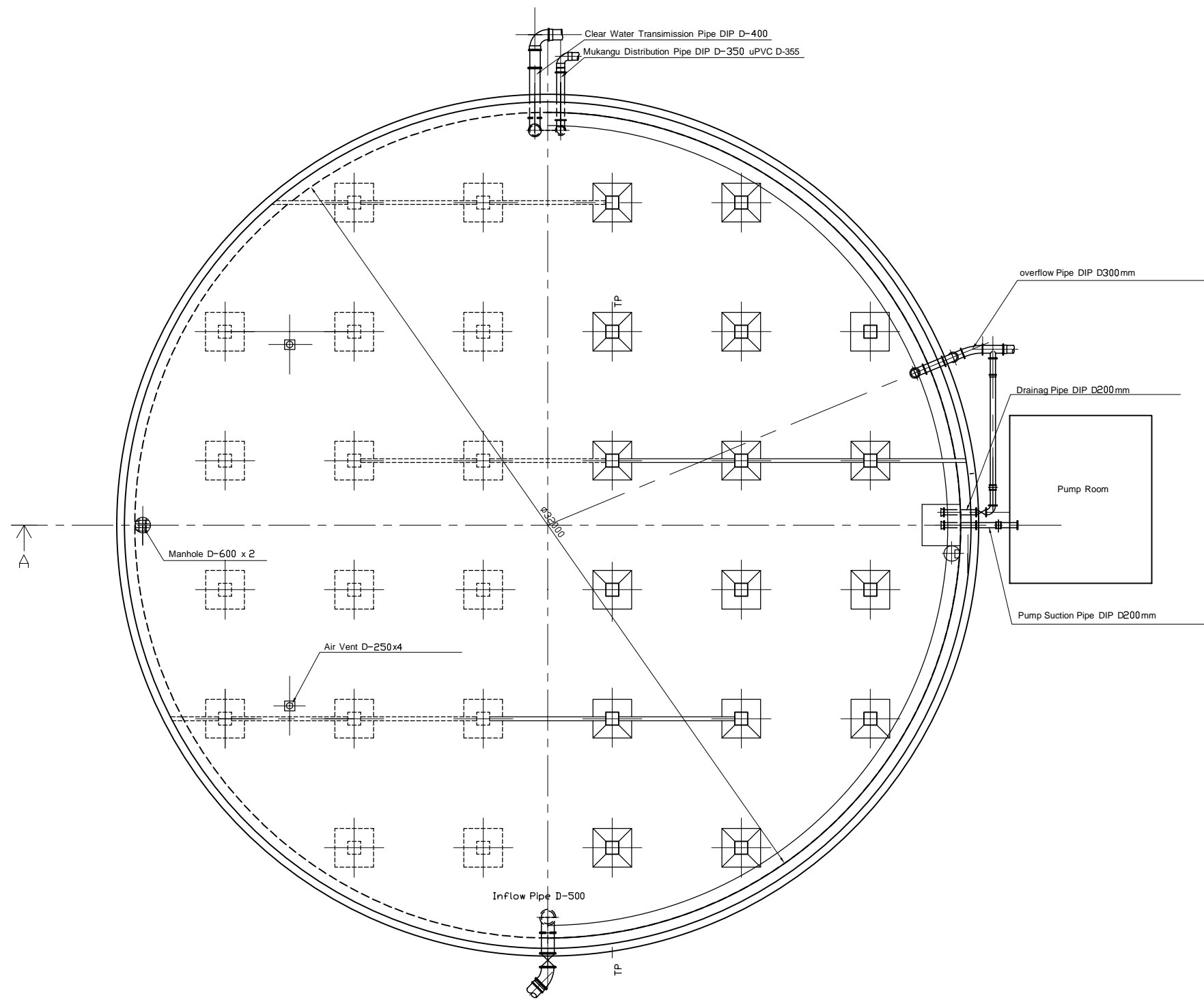
Section B-B s=1:100



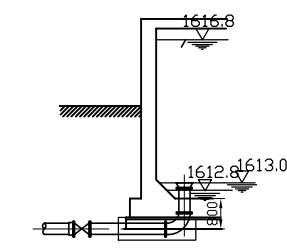
Section C-C s=1:100

*Inside of wall encompassing the structure shall be water-proof painting.

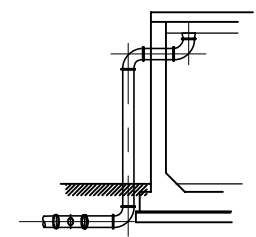
Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas	
ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	Scale: 1/100
Mukangu WTP	
Rapid Filters Plan and Section	Drawing No. 11 of 26



Clear Water Reservoir s=1:100

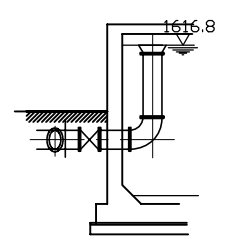


Out Flow D-350/400

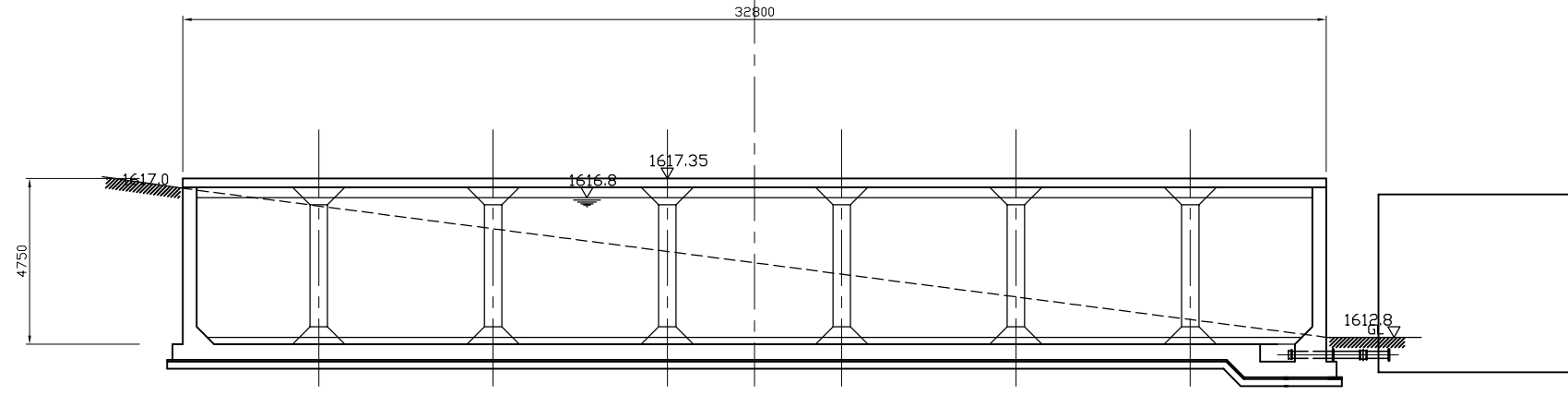


Overflow D300

*Inside of wall encompassing the structure shall be water-proof painting.



Inflow D-500



Section A-A s=1:100

Project Name	
The Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Embu and the Surrounding Areas	
ケニア国エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画準備調査	
Drawing Title	Scale: 1/100
Mukangu WTP	
Clear Water Reservoir Plan and Section	Drawing No. 12 of 27