

スーダン国
カッサラ市給水施設改善計画
準備調査報告書

(簡易製本版)

平成 23 年 6 月
(2011 年)

独立行政法人国際協力機構
(JICA)

株式会社 東京設計事務所
株式会社 エイト日本技術開発
OYO インターナショナル株式会社

環境

JR (先)

11-123

序 文

独立行政法人国際協力機構は、スーダン共和国のカッサラ市給水施設改善計画にかかる協力準備調査を実施することを決定し、同調査を株式会社東京設計事務所を代表とする共同企業体（構成コンサルタント、株式会社エイト日本技術開発、OYO インターナショナル株式会社）に委託しました。

調査団は、平成 22 年 3 月から平成 22 年 12 月までスーダンの政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、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。

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

平成 23 年 6 月

独立行政法人国際協力機構
地球環境部
部 長 江島 真也

要 約

1．国の概要

スーダン共和国（以下、「ス」国と称す）は北アフリカに位置し、国土面積は約 237.6 万 km²（2008 年、世銀）、人口約 4,220 万人（2009 年、世銀）を有する、アフリカ大陸最大の国である。国土の大部分は広大な平原で、その中央をナイル川と支流が南北に縦断している。北部は砂漠性の乾燥気候で南部は多湿な熱帯気候に属する。「ス」国では 2005 年 1 月に締結された包括和平合意（CPA: Comprehensive Peace Agreement）を受けて 20 年間以上続いた南北内戦が終結し、2011 年 1 月に行われた国民投票の結果を受けて、2011 年 7 月に南部スーダンが正式に分離・独立することになる。一方の東部地域の内戦でも、2006 年 10 月の東部スーダン和平合意(ESPA: East Sudan Peace Agreement)が成立し、東部 3 州（紅海州、カッサラ州、ゲダレフ州）の復興と安定を目的に基礎的サービスの強化をはかるための取り組みが行われてきている。

「ス」国の 1 人あたりの GNI は、US\$1,220（2009 年、世銀）で、産業構造は 1 次産業 25.8%、2 次産業 34.1%、3 次産業 40.1%（いずれも 2008 年、対 GDP 比、世銀）である。農業生産が盛んで綿花やゴマの世界有数の生産地であるほか、近年は石油資源の輸出に支えられて高い経済成長率を記録した。しかしながら、巨額の対外債務を抱えて国家経済は困難な状況にあり、その再建が叫ばれる中で、輸出額の 9 割以上を占める石油収入に過度に依存している産業構造となっているため、非石油産業の発展を通じた経済の安定化が求められている。貧困率は 40%と高く(2004 年推計、世銀)、産業構造の多様化と労働人口の大半が従事する農業セクターにおいて自給農業から換金作物への転換による農家収益の向上および物流コスト削減のための交通インフラ整備等が課題となっている。

2．プロジェクトの背景、経緯及び概要

2006 年 6 月、JAM(Joint Assessment Mission)の枠組み^{注)}の中で暫定版貧困削減戦略書（PRSP: Poverty Reduction Strategy Papers）が策定された。PRSP は貧困削減のために安全な水の確保と公衆衛生設備の強化を最優先課題の 1 つと捉え、水セクターをミレニアム開発目標 (MDGs: Millennium Development Goals)達成の重要セクターと位置づけている。都市給水分野では 2015 年における安全な水へのアクセス率（普及率）を 93%と目標に定め、2025 年までにはその値を 100%とするロードマップを示している。「ス」国の水セクターの開発計画はロードマップに基づいて策定されている。

注) 世銀、UN 等の下に「ス」国政府とスーダン人民解放運動(SPLM: Sudan People's Liberation Movement)が作成したスーダン合同評価ミッション。CPA が定めた 6 年間の暫定移行期間(2005-2011 年)における南北スーダンの復興開発ニーズを踏まえた復興開発計画の枠組みである。

暫定版 PRSP: 水セクターのロードマップ (安全な水へのアクセス率)

	全体	都市部	村落部
2006 年	58.7%	69.4%	51.6%
2011 年		85.0	75.0
2015 年 (MDGs ゴール)	82.0	93.0	79.0
2020 年	90.0	—	—
2025 年	100.0	—	—

出典：暫定版 PRSP

2010 年 2 月に「ス」国の水と衛生に関する 7 カ年政策書(National Water Sanitation and Hygiene[WASH] Sector Strategic Plan 2010-2016)が公表された。これを受け州政府と国連を中心にまとめられたカッサラ州の水と衛生に関する 7 カ年政策書 (Water Sanitation and Hygiene[WASH] Sector Strategic Plan 2010-2016)が公表された。都市給水セクターに関しては、2016 年を目標に給水原単位を 90 ㍒/人/日 (生活用水+業務用水) に設定し、この目標を達成するために具体的な 14 のプロジェクトをあげている。

「ス」国政府は 2005 年 8 月、カッサラ市の東地区を対象に、新規水源の開発、新規給水施設の拡張および新規配水管の建設を内容とする無償資金協力「カッサラ市給水施設改善計画」を我が国に要請した。なお、本要請に含まれているカッサラ市の新規給水施設の建設と既存施設の改修は上記に示すカッサラ州の水と衛生に関する 7 カ年政策書の 14 のプロジェクトに含まれている。

カッサラ市給水施設改善計画 (以下、「本計画」と称す) は目標年次を「ス」国とカッサラ州の水・衛生の政策書の計画最終年に置き、東地区においては、給水原単位 90 ㍒/人/日と 100%の各戸給水率の達成を計画目標とする。本計画は、カッサラ州の水と衛生に関する 7 カ年政策書が定める全ての住民へ公平で信頼できる給水サービスを提供するという目的と合致したものであり、MDGs の目標達成にも貢献することが可能である。

本要請に対し 2009 年 8 月、JICA は調査団を派遣して準備調査 (その 1) を実施した。調査では新規水源開発の可能性、社会経済状況、給水事情、水道事業を運営するカッサラ州水公社 (SWC: State Water Corporation) の能力、資機材の調達事情、現地の治安状況等に関する情報を収集するとともに、要請内容を確認して協力内容について検討した。その結果、水供給の不足によって生じている現在の危機的な給水状況を改善するために本要請の必要性は高く、本計画は新規水源の開発と給水施設の拡張を基本コンポーネントとすることが確認された。また、既存の配水管網と給水施設の老朽化が著しいことから、これらの調査も準備調査 (その 2) の対象に含めることが確認された。また、本計画の基本となる地下水の開発ポテンシャルを把握するために、準備調査 (その 2) では試掘を含めた地下水調査を行うことが確認された。

準備調査 (その 1) の結果を受け、2010 年 3 月から準備調査 (その 2) (以下、「本調査」と称す) を実施した。調査では改めて要請内容の確認を行い、適正な事業内容の検討、概

略設計および概算事業費の積算を行った。本調査の経過の中で、既存のマハタ浄水場の FRP 製(Fiber Reinforced Plastic)の配水池の劣化が著しく、2009 年には破裂事故が発生し常に破裂事故のリスクがあるため緊急な改修が必要であることが確認された。このため、同じような状態の西地区のガルブ浄水場も調査対象に含め、これらを緊急に対応が必要な改修コンポーネントとして調査した。一方、新規水源の開発、新規浄水場の建設、配水本管の建設等の他のコンポーネントは拡張コンポーネントとして調査を実施した。2010 年 12 月、改修プロジェクトに関する概略設計概要書(案)に基づき主管官庁の国水公社 (PWC: Public Water Corporation)、実施機関である SWC 等の政府機関と JICA 調査団との間で協議を行ない、改修プロジェクトとして我が国の協力対象事業とすることが「ス」国と JICA との間で合意された。拡張コンポーネントについては、その妥当性を検討し、2011 年 5 月、新規水源井戸の建設、既存井戸の改修、導水管の敷設、新規浄水場の建設、配水本管の敷設を内容とする拡張プロジェクトに関する概略設計概要書(案)に基づき主管官庁の PWC、実施機関である SWC 等政府機関と JICA 調査団と間で協議を行なった結果、我が国の協力対象事業とすることが「ス」国と JICA との間で合意された。

本調査で合意された要請内容と経過

本調査開始時 (2010 年 3 月 10 日付 M/D)	本調査の過程 (改修プロジェクト) (2010 年 12 月 16 日付 M/D)	本調査完了後 (拡張プロジェクト) (2011 年 5 月 18 日付 M/D)
新規井戸 (20 カ所) と井戸小屋の建設	—	新規水源井戸 (11 カ所) と井戸小屋の建設、既設井戸の改修 (10 カ所)
導水管の敷設 (新規井戸～浄水場)	—	導水管の敷設 (新規井戸・既設井戸～浄水場)
新規浄水場の建設： 配水池 (1000m ³ x2 基)、配水ポンプ棟、配水ポンプの設置、塩素消毒設備、電気盤、場内配管、管理棟、付帯設備	—	新規浄水場の建設： 着水井、配水池 (2600m ³ x2 基)、配水ポンプ棟、配水ポンプの設置、塩素消毒設備、電気盤、場内配管、管理棟、付帯設備
配水本管の敷設 (浄水場～配水管網)	—	配水本管の敷設 (浄水場～配水管網)
既存浄水場 (マハタ浄水場) の改修	既存浄水場 (マハタ浄水場) の改修	—
既存アスベストセメントセメント管更新用の配管材料の供与	—	供与しない
維持管理用の機材供与	—	供与しない
既存配水管網 GIS データベース構築の技術移管	—	準備調査内で実施
給水施設の維持管理の技術移管	—	新規浄水場の運転・維持管理の技術移管 (ソフトコンポーネント)
—	西地区の既存浄水場 (ガルブ浄水場) の改修	—

3．調査結果の概要とプロジェクトの内容

(1) 準備調査工程

本調査は第 1 次調査、第 2 次調査に分け実施した。本計画は新規水源の開発を前提としており、第 1 次調査は 2009 年 3 月 2 日～31 日、5 月 14 日～7 月 12 日、8 月 2 日～9 月 30 日にかけて行った。地下水ポテンシャルの調査、試掘、社会状況調査、既存給水施設調査、既存配水管網の GIS データベース構築等の基礎調査を行い、これを基に、プロジェクト対象地区全体の基本水道計画を策定した。JICA 調査団は、この基本水道計画をもとに「ス」国側との協議を重ね、最終的な協力対象事業を絞り込んだ。

一方、調査の過程の中で、既存浄水場の配水池は劣化が著しく常に破裂事故のリスクが伴うため、既存浄水場の改修は緊急性が高く、これを全体コンポーネントから分けることが「ス」国と JICA の間で合意された。この合意のもとに、既存浄水場の改修をコンポーネントとする基本設計調査を行ない、概略設計と概略積算の国内解析を経て、2010 年 12 月に JICA は概略設計概要説明調査団を現地に派遣し、概略設計概要書に基づいて主管官庁である PWC および実施機関である SWC と計画内容にかかる説明・協議を行った。この結果、「ス」国は改修プロジェクトとしてこれらの内容を基本的に了承した。

水道施設の拡張を目的とするコンポーネントについては、2010 年 11 月 18 日～12 月 17 日まで基本設計のための第 2 次調査を行い、現地調査結果および国内解析を通じて、適正な事業内容の検討、概略設計および概算事業費の積算を行った。JICA は 2011 年 5 月に概略設計概要説明調査団を現地に派遣し、概略設計概要書に基づいて主管官庁である PWC および実施機関である SWC との計画内容にかかる説明・協議を行った結果、「ス」国は拡張プロジェクトとしてこれらの計画内容を基本的に了承した。

本最終報告書は、改修プロジェクトと拡張プロジェクトに関し、上記調査・解析・協議結果を基に作成したものである。

(2) 上位計画とプロジェクト目標

カッサラ州政府は、水セクターの上位計画としてカッサラ州の「水と衛生に関する 7 カ年政策書（2010 年～2016 年）」（Water, Sanitation and Hygiene (WASH) Sector Strategic Plan 2010-2016）を位置づけ、都市住民に安全な水を安定して供給することを第一の目的としている。

本計画は、新規の水源を開発して水供給量を増やし、配水施設の整備することにより、東地区の住民に上位計画が目標とする一人一日あたり 90 リットルの水使用量の達成することを実現するとともに、東地区と西地区の既設浄水場の老朽化した配水池を緊急改修することによって、事故が起こった場合に被害を受けると想定される 9 万人の住民に給水サービスへの信頼感を与え、安全で安定した給水サービスの実現をはかることを目標とする。したがって、本計画の実施により、上位計画であるカッサラ州の水と衛生に関する 7 カ年政策書の達成に寄与することができる。

（３）基本方針

本無償資金協力は、給水状況の改善を目的とする「ス」国側給水施設整備計画の実施に資するため、安全な水を全ての住民に安定して供給することを目的とする給水施設の改善により、住民への裨益をはかることを基本方針とする。

（４）全体計画

- 1) 計画給水区 : カッサラ市既存給水区（東地区、西地区）
- 2) 計画目標年: : 2016 年
- 3) 計画給水人口 : 204,739（東地区）、28,888 人（西地区）
- 4) 一人一日計画使用水量 : 90 $\frac{\text{リットル}}{\text{人/日}}$

(5) 設計概要

1) 改修プロジェクト

カッサラ市東地区

区 分	施 設	規 模	数 量	備 考
マハタ浄水場 (浄水施設) 浄水能力： 11,050m ³ /日	着水井	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 2.0m、長さ 3.0m、有効水深 4.0m 容量：48.0m ³ /2 池 滞留時間：6.3 分間	2 池	上屋付き
	配水池	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 16.0m、長さ 32.0m、有効水深 3.6m 容量：3,686m ³ /2 池 滞留時間：8.0 時間	2 池	
	配水ポンプ棟	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 9.5m、長さ：30.0m 地下 1 階、地上 1 階	1 棟	
	場内連絡管	導水管、浄水管、排水管、給水管	1 式	
	場内整備	場内道路、場内排水	1 式	
	配水ポンプ設備	型式：横軸片吸込み渦巻きポンプ 容量：2.88m ³ /分 揚程：50.0m 電動機出力：45kW	5 台 (1 台予備)	
	塩素注入設備	消毒剤：液体塩素 最大注入率：2mg/L 最大注入量：0.92kg/時 真空式注入機：2 台 注入ポンプ：2 台	1 式	
	電気・計装設備	電力仕様：三相 4 線、415V、50Hz 切り替え盤：1 面 引き込み盤：1 面 ポンプ盤：5 面 計装盤：1 面 水位計、流量計	1 式	
	非常用発電機設備	型式：ディーゼルエンジン 出力：500kVA	1 式	

カッサラ市西地区

区 分	施 設	規 模	数 量	備 考
ガルブ浄水場 (浄水施設) 浄水能力： 5,200m ³ /日	着水井	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 1.5m、長さ 2.5m、有効水深 3.5m 容量：26.3m ³ /2 池 滞留時間：7.3 分間	2 池	上屋付き
	配水池	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 12.0m、長さ 24.0m、有効水深 3.0m 容量：1,728m ³ /2 池 滞留時間：8.0 時間	2 池	
	場内連絡管	導水管、浄水管、排水管、給水管	1 式	

2) 拡張プロジェクト

カッサラ市東地区

区 分	施 設	規 模	数 量	備 考
取水施設	既設井戸	7,537m ³ /日	10 本	
	試験井戸	井戸径 10 ³ / ₄ inch、720m ³ /日（平均）	4 本	BD 時掘削済み
	新設井戸	同 上	7 本	DD 時掘削
	既存井戸施設 （改修）	水中モーターポンプ更新 電気設備（引き込み盤、制御盤） 井戸建屋	10 カ所	
	新規井戸施設	水中モーターポンプ（3.7-5.5kW） 電気設備（引き込み盤、制御盤） ディーゼル発電機（12.5-17kVA） 井戸建屋	11 カ所	
導水施設	導水管	DN100, DN150, DN200, DN250, DN300, uPVC 管	12.11km	
ハトゥミア浄水場 （浄水施設） 浄水能力： 15,400m ³ /日	着水井	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 2.0m、長さ 3.0m、有効水深 4.0m 容量：48.0m ³ /2 池 滞留時間：4.5 分間	2 池	上家付き
	配水池	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 24.0m、長さ 32.0m、有効水深 3.4m 容量：5,200m ³ /2 池 滞留時間：8.1 時間	2 池	
	配水ポンプ棟	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 9.5m、長さ：30.0m 地下 1 階、地上 1 階	1 棟	
	場内連絡管	導水管、浄水管、排水管、給水管	1 式	
	場内整備	場内道路、場内排水	1 式	
	配 水 ポンプ 設 備	型式：横軸片吸込み渦巻きポンプ 容量：4.01m ³ /分 揚程：55.0m 電動機出力：75kW	5 台 （1 台予備）	
	塩素注入設備	消毒剤：液体塩素 最大注入率：2mg/L 最大注入量：1.28kg/時 真空式注入機：2 台 注入ポンプ：2 台	1 式	
	電気・計装設備	電力仕様：三相 4 線、415V、50Hz 切り替え盤：1 面 引き込み盤：1 面 ポンプ盤：5 面 計装盤：1 面 水位計、流量計	1 式	
	非常用発電機 設備	型式：ディーゼルエンジン 出力：500kVA	1 式	
配水施設	配水本管	DN500mm, DN600mm、ダクタイル鋳鉄管	6.3km	

3. プロジェクトの工期及び概略事業費

(1) 改修プロジェクト

実施設計・入札に約 7 ヶ月、建設工事に約 15 ヶ月が見込まれている。本協力対象事業を実施する場合に必要な「ス」国側負担費用は 0.195 億円と見積もられる。

(2) 拡張プロジェクト

実施設計に約 9 ヶ月、入札に約 3.5 ヶ月、建設工事に約 18 ヶ月が見込まれている。本協力対象事業を実施する場合に必要な「ス」国側負担費用は 0.29 億円と見積もられる。

4. プロジェクトの評価

(1) 改修プロジェクト

1) 妥当性

a. 裨益対象および人口

配水池の破裂事故が起こった場合、被害を受けると想定される住民が裨益人口となる。

東地区 (マハタ浄水場が負担する給水人口)	西地区 (ガルブ浄水場が負担する給水人口)
61,388 人	28,888 人

b. プロジェクト目標とベーシック・ヒューマン・ニーズ (BHN)

本計画は、塩素消毒された安全な水を安定して給水することにより住民の生活環境を改善することを目的としており、対象地域住民の BHN の充足に寄与する。

c. 運営・維持管理技術

ガルブ浄水場は施設改修後も既存のポンプ設備、電気設備を継続して利用することになるので改修後の施設運営、維持管理に問題はない。マハタ浄水場は既存設備と同様、手動操作を基本としているので、施設の運転操作に特別な知識と技術は必要がない。2 つの浄水場とも改修後も職員が適切に施設の運転管理することは可能である。

d. 中長期計画目標

カッサラ市の東西地区の既存給水施設の改修と新規給水施設の拡張は、カッサラ州の水と衛生に関する 7 カ年政策書 (2010 年～2016 年) の中に具体的なプロジェクトの目標として掲げられており、改修プロジェクトはカッサラ州の政策と整合している。

e. 収益性

水道事業の収益性の評価は、適正な水道料金の設定と徴収方法に深く係わるものであり、現在実施中の技術協力プロジェクト「カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援プロジェクト (2010 年～2013 年)」で調査・分析されている。ガルブ浄水場は既存のポンプ

設備、電気設備を継続して使い電気代の増減はなく、また、現在の職員数も変更がないので人件費も変わらない。したがって、事業完了後も維持管理費に増減はない。マハタ浄水場における施設完成後の維持管理費の増加分と現在の料金制度を適用した場合の水道料金の増収分を試算したところ、維持管理費の増加分は水道契約者数の増加による水道料金の増収分で十分に賄うことが可能であることが確認された。

f. 環境社会配慮

本調査で実施したプロジェクト活動の環境スコーピングの結果、事業実施を通じて深刻な環境社会影響は生じないと判断された（添付資料－9 参照）。工事期間中および事業実施後に想定される負の環境影響に対して、プロジェクトにおいて取りうる緩和策が明らかになっており、SWC は、それらの対策が講じられることを条件に事業実施に係るカッサラ州からの環境認可の取得手続きを進めている。（2011 年 6 月末を環境認可の取得予定としている）

g. 我が国の無償資金協力の制度による実施可能性

治安状況が顕著に悪化しないことを条件とすれば、特に困難もなくプロジェクトは実施可能である。

2) 有効性

a. 定量的評価

<東地区>

マハタ浄水場の配水池容量が適正な規模に改善され水源井戸からの 24 時間集水が可能となるので配水量が 9,200m³/日から 11,050m³/日に増える。

b. 定性的評価

<東地区>

- ① 耐用年数が過ぎて配水池の破裂事故のリスクが増していく中で、潜在的な被害住民 61,388 人の給水への信頼性が改善される。
- ② 着水井の建設と流量計を設置することによって、浄水場への流入量と浄水場からの流出量を把握し、水源井戸を含めた配水施設管理に資することになる。
- ③ 着水井での塩素注入と塩素消毒設備の改善により、塩素の確実な注入－攪拌が可能となり、安全な水を確実に供給することが可能となる。
- ④ 洪水対策を考慮した施設の改善を行うことにより、洪水被害への危険がなくなる。

<西地区>

- ① 耐用年数が過ぎて配水池の破裂事故のリスクが増していく中で、潜在的な被害住民 28,888 人の給水への信頼性が改善される。
- ② 着水井の建設と流量計を設置することによって、浄水場への流入量と浄水場からの流出量を把握し、水源井戸を含めた配水施設管理に資することになる。
- ③ 着水井での塩素注入を行うことによって塩素の確実な注入－攪拌が可能となり、安全

な水を確実に供給することが可能となる。

(2) 拡張プロジェクト

1) 妥当性

a. 裨益対象および人口

東地区の人口約 17.2 万人(2009 年推定)のうち、給水管が接続され、各戸給水サービスを受けることができる人口は約 12.5 万人 (73%) であるが、水供給量が絶対的に不足しているため、年間を通じ各戸給水サービスを受けることができる人口は約 8.6 万人 (50%) である。23%にあたる約 3.9 万人の住民は給水管が接続されているものの、需要のピークにあたる時期は、民間の水運搬者（ロバの水売り人）から水を購入している。

本計画は東地区の全住民が年間を通じ各戸給水サービスを受けることができることを目的としており、目標年(2016 年)の計画給水人口は 204,739 人である。

b. プロジェクト目標とベーシック・ヒューマン・ニーズ (BHN)

本計画は、塩素消毒された安全な水を安定して給水することにより住民の生活環境を改善することを目的としており、対象地域住民の BHN の充足に寄与する。

c. 運営・維持管理技術

新規のハトゥミア浄水場は既存浄水場と同じ設備内容であり、既存施設と同様手動操作を基本としているので、施設の運転操作に関して特別な知識と技術は必要としない。また、施設運用と維持管理のためにソフトコンポーネントが計画されており、拡張プロジェクトと並行して技術協力プロジェクトが実施中であるので、拡張プロジェクトの完成までに水道施設の運営維持管理能力および組織運営に係る能力強化がはかれることになり、ハトゥミア浄水場に配属される要員が適切に施設の運転管理することは可能である。

d. 中長期計画目標

カッサラ州の水と衛生に関する 7 カ年政策書 (2010 年～2016 年) の中に、カッサラ市の東西地区の既存給水施設の改修と新規給水施設の拡張は具体的なプロジェクトの目標に掲げられており、拡張プロジェクトはカッサラ州の政策と整合している。

e. 収益性

水道事業の収益性の評価は、適正な水道料金の設定と徴収法に深く係わるものであり、現在実施中の技術協力プロジェクト「カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援プロジェクト (2010-2013 年)」で調査・分析されている。施設完成後の維持管理費の増加分と現在の料金制度を適用した場合の水道料金の増加分を試算したところ、維持管理費の増加分は水道契約者数の増加による水道料金の増収分で十分に賄うことが可能であることが確認された。

f. 環境社会配慮

本調査で実施したプロジェクト活動の環境スコーピングの結果、事業実施を通じて深刻な

環境社会影響は生じないと判断された（添付資料－9 参照）。工事期間中および事業実施後に想定される負の環境影響に対して、プロジェクトにおいて取りうる緩和策が明らかになっており、SWC は、それらの対策が講じられることを条件に事業実施に係るカッサラ州からの環境認可の取得手続きを進めている。（2011 年 6 月末を環境認可の取得予定としている）

g. 我が国の無償資金協力の制度による実施可能性

治安状況が顕著に悪化しないことを条件とすれば、特に困難もなくプロジェクトは実施可能である。

2) 有効性

a. 定量的評価

指標名	基準値（2009 年）	目標値（2016 年）
日平均生産水量	21,300m ³ /日	33,300m ³ /日
各戸給水サービスを受ける人口	125,479 人	204,739 人
各戸給水サービスを受ける人口の比率	73%	100%
計画対象地域の一人当たりの水使用量	62 リットル/人/日	90 リットル/人/日
塩素消毒される水道水の比率	43%	80%

b. 定性的評価

- ① 水需要に対する供給不足がなくなるとともに、「ス」国側の事業により既存配水管網が整備された場合、断水エリアが解消され均等給水サービスの実施が可能となる。
- ② 全住民が各戸接続給水を受けることが可能になるので、水売り人から高価な水を購入する必要がなくなるとともに、水利用の利便性が高まり住民生活の向上がはかれる。
- ③ 塩素消毒された水の給水比率が高まるとともに、24 時間連続給水により配水管外部からの汚水混入のリスクがなくなるので、住民は安心して水道水を利用することが可能となり、給水サービスへの信頼感が増すことになる。
- ④ 水道契約者数の増加による水道料金の増収が、SWC の財政の健全化に寄与し安定した水道事業の実施がはかれる。
- ⑤ 水源井戸施設と新規浄水場に流量計を設置することになるので、生産水量と配水量の詳細なデータが集まり、SWC による合理的な水源管理と配水管理を行なうことが可能となる。

以上の内容により、約 21 万人のカッサラ市東地区住民及び約 3 万人の西地区住民の生活環境の改善に寄与することになるので、無償資金協力を実施することの妥当性が高く、また有効性が見込まれると判断される。

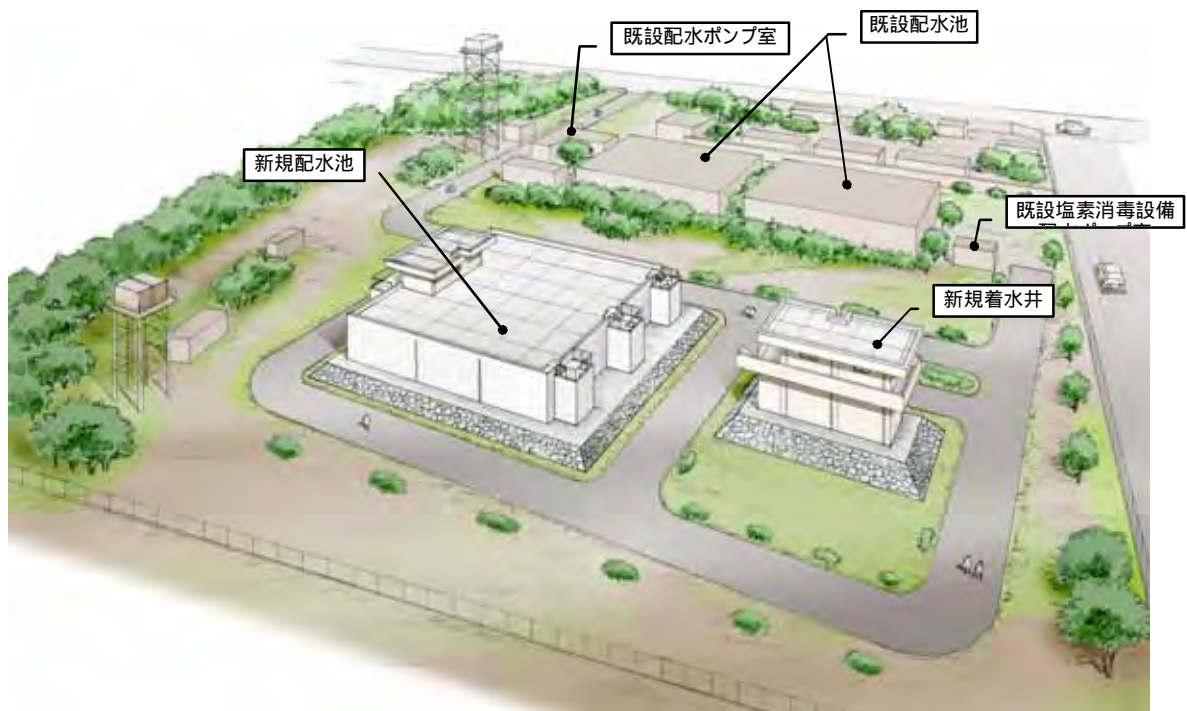


プロジェクト位置図

改修プロジェクト

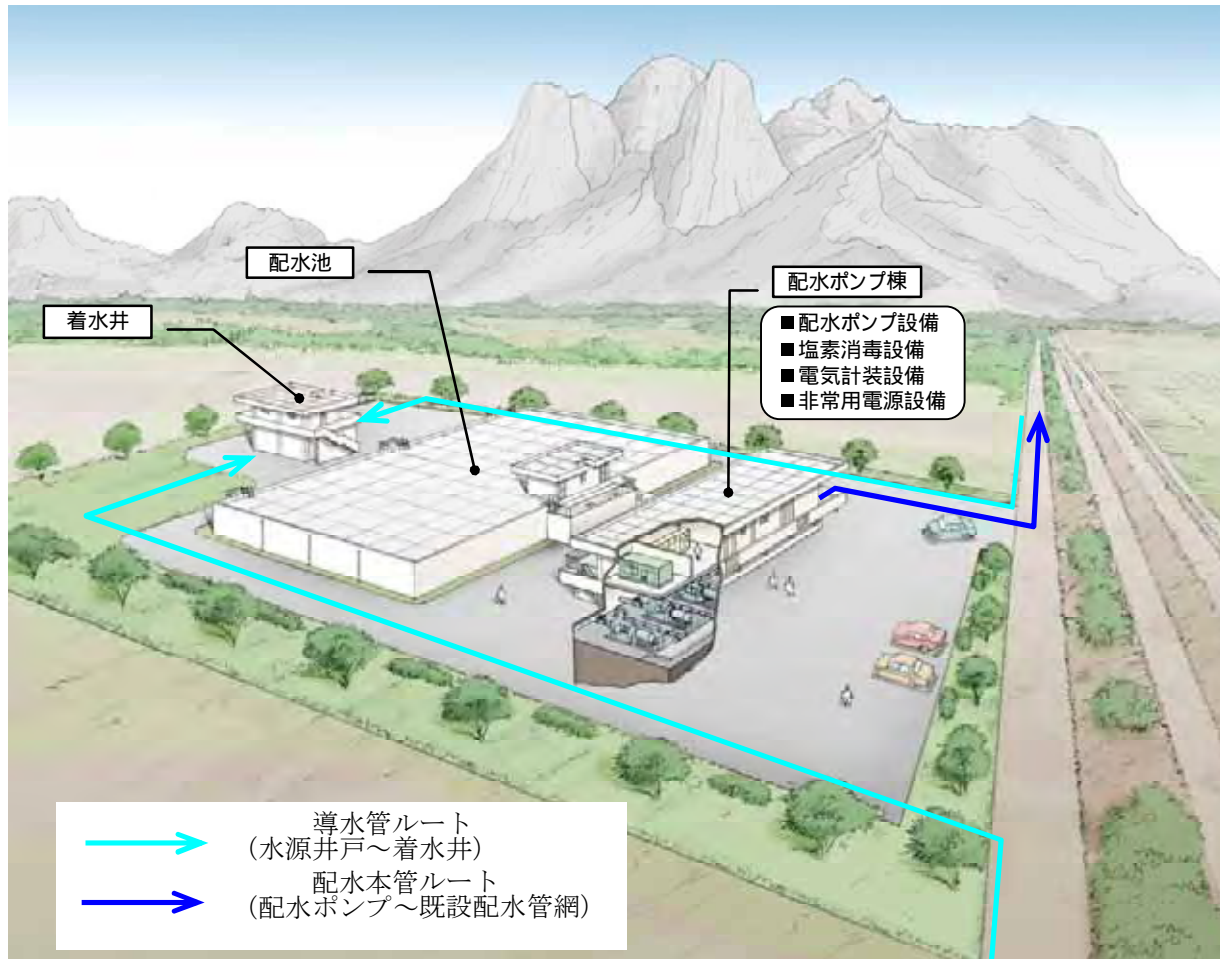


(東地区) マハタ浄水場の完成予想図



(西地区) ガルプ浄水場の完成予想図

拡張プロジェクト



(東地区) ハトゥミア浄水場の完成予想図

プロジェクトサイト写真

	
【プロジェクト対象地区】 カッサラ市東地区の全景。ガシ川扇状地に発達したほぼ平坦の地形形状を示す。	【オールドカッサラ】 カッサラ市中心部のスーク(市場)。中心部はオールドカッサラと呼ばれ商業活動が盛んである。古くから水道管が布設され、その多くは老朽化したアスベスト管である。
	
【住居内の貯水タンク】 水供給量が絶対的に不足し断水エリアが広範囲に広がる。住民は断水に備え住居内に貯水タンクを用意している。	【ロバの水売り人用給水ポイント】 給水管の接続率は 73%であり残りの住民は民間のロバの水売り人から割高の水を購入。水売り人は市内の 12 カ所の給水ポイントから水を仕入れる。
	
【マハタ浄水場】 ガシ川堤防上からの全景。2003 年の洪水により冠水した。既存設備の老朽化が顕著である。	【マハタ浄水場・配水池】 2009 年 11 月に起こった FRP 製配水池の破裂事故 (SWC は 1 週間で緊急修理を完了)



【マハタ浄水場・配水ポンプ】当初の 3 台のポンプの内1台は破棄され2台による過負荷運転を行っている。20 年以上が経過し状態は極めて悪い。



【マハタ浄水場・ポンプ室内の電気計装盤】建設時の受電盤、ポンプ動力盤とも機能していない。



【マハタ浄水場・塩素注入設備】建設当時の設備は更新されている。状態は悪く稼働率は低い。塩素ガスに対する安全対策が考慮されていない。



【マハタ浄水場・非常用発電機】日本製のディーゼル発電機。電力事情が極端に悪く日常的に停電が起こるため、発電機の使用頻度は高い。



【マハタ浄水場・変圧器】マハタ浄水場の電力会社の変圧器(11kV/415V,300kVA)。施設改修後は容量が不足するため、「ス」国により更新される。



【既設水源井戸】マハタ浄水場へは 15 カ所の水原井戸から送水される。本調査の結果、計画当初か揚水量の変化はない。洪水に備え地上から 2 m の高さまで井戸を立ち上げることが SWC の規準となっている。



【マハタ浄水場・施設建設予定地】マハタ浄水場内の既存施設隣接地に新規の施設を建設する。給水サービスの継続性を維持するため、既存施設と新規施設は配管の切り回しにより切替える。



【西地区のガルブ浄水場・配水池】東地区のマハタ浄水場と同じ時期に建設された。老朽化が顕著である。



【西地区のガルブ浄水場・配水池】FRP パネルの接合ボルトが離脱し、破裂事故リスクに曝されている。本プロジェクトでは配水池を緊急改修する。



【ワオヌール増圧ポンプ場】市周縁部の送水のために市内には 5 カ所の増圧ポンプ場がある。写真は北部の増圧ポンプ場



【ムクラム高架タンク】増圧ポンプ場からの送水を受け自然流下による配水するためのムクラム高架タンク



【東事務所敷地内のワークショップ】旋盤、ボール盤等の工作機械はスクラップ同然である。我が国による技プロの活動の中で維持管理のための建機とともに工作機械が供与された。ワークショップ建屋は「ス」国により改修される。



[本調査の試掘] 調査団は7本の試掘を行なって、地下水調査を実施した。



[拡張プロジェクトの水源井戸] 準備調査の試掘井戸から4本の井戸を生産井に転用する。残りの7本は邦人コンサルタントが詳細設計時に建設し、全ての水源井戸を本体工事までに確保する。



[導水管ルート] ガシ川堤防の法尻から10m以内の公用地が導水管のルートである。



[ハトゥミア浄水場の建設用地] SWCは土地オーナーから用地を取得している。



[配水本管ルート] ハトゥミア浄水場から既設配水管網までの幹線道路を避けた配水本管ルート。ダクタイル鋳鉄管（500mm、600mm）が布設される。



[送電プロジェクト] 「ス」国政府は東部州の電力事情の改善のため、中国の援助によりハルツームからの送電線工事を進め2011年7月には完成予定である。目標年次の2016年には対象地区の大幅な電力事情の改善が見込まれる。写真は完成した送電用変電所。

スーダン国
カッサラ市給水施設改善計画
準備調査報告書

序文
要約
プロジェクト位置図
浄水場完成予想図
プロジェクトサイト写真

目 次

第1章 プロジェクトの背景・経緯.....	1-1
1-1 当該セクターの現状と課題	1-1
1-1-1 現状と課題.....	1-1
1-1-2 開発計画.....	1-2
1-1-3 社会経済状況.....	1-3
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要	1-4
1-3 我が国の援助動向	1-6
1-4 他ドナーの援助動向	1-7
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.....	2-2
2-1-3 技術水準.....	2-3
2-1-4 既存施設・機材.....	2-4
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況	2-8
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	2-8
2-2-2 自然条件.....	2-10
2-2-3 環境社会配慮.....	2-38
第3章 プロジェクトの内容.....	3-1
3-1 プロジェクトの概要	3-1
3-1-1 上位目標とプロジェクト目標.....	3-1
3-1-2 プロジェクトの概要.....	3-1
3-2 協力対象事業の概略設計	3-6
3-2-1 設計方針.....	3-6
3-2-1-1 改修プロジェクト.....	3-6
3-2-1-2 拡張プロジェクト	3-8

3-2-2	基本計画.....	3-11
3-2-2-1	東地区.....	3-11
3-2-2-2	西地区.....	3-34
3-2-3	概略設計図.....	3-36
3-2-4	施工計画/調達計画.....	3-36
3-2-4-1	施工法方針/調達方針.....	3-36
3-2-4-2	施工上/調達上の留意事項.....	3-36
3-2-4-3	施工区分/調達・据付区分.....	3-37
3-2-4-4	施工監理計画.....	3-38
3-2-4-5	品質管理計画.....	3-39
3-2-4-6	資機材等調達計画.....	3-39
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導計画.....	3-40
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画.....	3-41
3-2-4-9	実施工程.....	3-43
3-3	相手国側分担事業の概要.....	3-44
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-46
3-5	プロジェクトの概略事業費.....	3-49
3-5-1	協力対象事業の概略事業費.....	3-49
3-5-1-1	改修プロジェクトの概略事業費.....	3-49
3-5-1-2	拡張プロジェクトの概略事業費.....	3-51
3-5-2	運営・維持管理費.....	3-53
第4章	プロジェクトの評価.....	4-1
4-1	事業実施のための前提条件.....	4-1
4-2	プロジェクト全体計画達成のために相手方投入（負担）事項.....	4-1
4-3	外部条件.....	4-2
4-4	プロジェクトの評価.....	4-3
4-4-1	改修プロジェクト.....	4-3
4-4-2	拡張プロジェクト.....	4-5

添付資料目次

添付資料 - 1 調査団員・氏名

添付資料 - 2 調査工程

添付資料 - 3 関係者リスト

添付資料 - 4 討議議事録（M/D）

- (1) インセプション協議（2010年3月10日）
- (2) 調査対象地域の変更（2010年8月15日）
- (3) 協力対象事業の選定（2010年11月28日）
- (4) 概略設計概要説明協議（改修プロジェクト）（2010年12月16日）
- (5) 概略設計概要説明協議（拡張プロジェクト）（2011年5月18日）

添付資料 - 5 討議議事録（テクニカル・ノート）

- (1) 第1次現地調査（2010年7月3日）
- (2) 第1次現地調査（2010年9月19日）
- (3) 第2次現地調査（2010年12月19日）

添付資料 - 6 ソフトコンポーネント計画

添付資料 - 7 社会条件調査結果

添付資料 - 8 配水管網計算検討書

添付資料 - 9 環境社会配慮

添付資料 - 10 概略設計図面

表 目 次

表 1-1-1	水セクターのロードマップ（安全な水へのアクセス率）	1-3
表 1-2-1	本調査で合意された要請内容と経過	1-5
表 1-3-1	我が国の技術協力・有償資金協力との関係（給水分野）	1-6
表 1-4-1	他のドナー国・国際機関の援助実績（給水分野）	1-7
表 2-1-1	SWC 損益計算書の推移	2-3
表 2-1-2	増圧ポンプ場と高架水槽	2-5
表 2-1-3	水質検査項目（SWC）	2-8
表 2-2-1	カッサラ地域の帯水層の構成	2-15
表 2-2-2	試験井戸の概要と調査数量	2-19
表 2-2-3	帯水層に関する評価一覧	2-23
表 2-2-4	第1次と第2次揚水試験結果の適正揚水量の比較	2-23
表 2-2-5	第1次と第2次揚水試験結果の水理定数の比較	2-24
表 2-2-6	試掘井から揚水された地下水の水質試験結果	2-27
表 2-2-7	農薬に関する水質試験結果	2-28
表 2-2-8	近傍農業井戸への影響	2-28
表 2-2-9	第2次揚水試験結果一覧表	2-29
表 2-2-10	調査地域の農業井戸の年間揚水量	2-32
表 2-2-11	水収支解析条件	2-33
表 2-2-12	ガシ川の流量観測地点と解析データの関係	2-35
表 2-2-13	流量観測地点と調査対象地域の流路長の割合	2-35
表 2-2-14	カッサラ地域の地下水利用量と涵養量（ $\times 10^6 \text{m}^3/\text{年}$ ）	2-37
表 2-2-15	予想される影響の概要	2-39
表 2-2-16	予想される負の影響に対する軽減対策（建設段階）	2-41
表 2-2-17	プロジェクト施設の運転段階での緩和策	2-42
表 3-1-1	プロジェクトの概要	3-3
表 3-2-1	漏水率の推定値	3-12
表 3-2-2	東給水区内の人口	3-13
表 3-2-3	計画使用水量と計画給水量（東地区）	3-14
表 3-2-4	新規浄水場からの計画日最大給水量	3-14
表 3-2-5	新設井戸の水質検査結果	3-15
表 3-2-6	新設井戸の農薬に関する水質試験結果	3-16
表 3-2-7	東地区既存揚水井の簡易水質検査結果	3-16
表 3-2-8	南部既設井戸群からの生産水量	3-17
表 3-2-9	試掘井戸からの転用井戸の生産水量	3-17
表 3-2-10	水源井戸からの全生産水量	3-18
表 3-2-11	配水ポンプの運転制御方式の比較	3-24
表 3-2-12	配水ポンプの運転台数による配水量	3-24
表 3-2-13	計画塩素注入率および注入量	3-25

表 3-2-14	施設概要（東地区：拡張プロジェクト）	3-29
表 3-2-15	計画取水量.....	3-30
表 3-2-16	配水ポンプの運転台数による配水量	3-31
表 3-2-17	計画塩素注入率および注入量.....	3-32
表 3-2-18	施設概要（東地区：改修プロジェクト）	3-33
表 3-2-19	西地区の人口	3-34
表 3-2-20	計画諸元（西地区）	3-34
表 3-2-21	計画取水量（西地区）	3-35
表 3-2-22	施設概要（西地区：改修プロジェクト）	3-35
表 3-2-23 (1)	「ス」国側及び日本側の施工負担区分/据付区分（改修プロジェクト）	3-37
表 3-2-23 (2)	「ス」国側及び日本側の施工負担区分/据付区分（拡張プロジェクト）	3-38
表 3-2-24	主要機材の調達先（改修及び拡張プロジェクト）	3-40
表 3-2-25	建設資材の調達先（改修及び拡張プロジェクト）	3-40
表 3-2-26 (1)	初期操作指導の内容（改修プロジェクト）	3-41
表 3-2-26 (2)	初期操作指導の内容（拡張プロジェクト）	3-41
表 3-3-1	「ス」国側負担の概要（改修プロジェクト）	3-44
表 3-3-2	「ス」国側負担の概要（拡張プロジェクト）	3-45
表 3-4-1	既存浄水場の運転要員と増員	3-47
表 3-5-1	「ス」国側負担経費総括表（改修プロジェクト）	3-50
表 3-5-2	「ス」国側負担経費総括表（拡張プロジェクト）	3-52
表 3-5-3	マハタ浄水場の維持管理費の増加分	3-53
表 3-5-4	拡張プロジェクトによる運営・維持管理費の増加分	3-54

目 次

図 2-1-1	主管機関(PWC)の組織図.....	2-1
図 2-1-2	実施機関(SWC)の組織図.....	2-2
図 2-1-3	東地区の水道システム	2-4
図 2-1-4	東地区の管路網.....	2-6
図 2-2-1	カッサラ市の月別気温（1999 年～2009 年）	2-12
図 2-2-2	カッサラ市の年間降雨量（1999 年～2009 年）	2-12
図 2-2-3	カッサラ市の蒸発量（蒸発計）（1999 年～2009 年）	2-12
図 2-2-4	カッサラ市の落雷発生数（雷鳴・電光含む）（2001 年～2008 年）	2-13
図 2-2-5	カッサラ市の月別風力（1999 年～2009 年）	2-13
図 2-2-6	ガシ川の年間流量（1997 年～2009 年／カッサラ橋観測点）	2-13
図 2-2-7	調査地域の地形図（衛星写真から調査団作成）	2-14
図 2-2-8	カッサラの地質.....	2-15
図 2-2-9	カッサラ市周辺の地下水変動（1999 年～2008 年）	2-16
図 2-2-10	物理探査位置.....	2-17
図 2-2-11	試掘調査位置図.....	2-20
図 2-2-12	試掘調査結果に基づく地質断面図.....	2-25
図 2-2-13	地下水水収支解析範囲.....	2-34
図 2-2-14	河川流量と地下水への浸透量(涵養量).....	2-36
図 3-1-1	プロジェクトの概要（東地区）	3-2
図 3-2-1	新設井戸施設の概要.....	3-19
図 3-2-2	既設井戸施設の概要.....	3-20
図 3-2-3	導水管の計画.....	3-21
図 3-2-4	配水ポンプ棟.....	3-23
図 3-2-5	東給水区の管網解析結果.....	3-27
図 3-2-6	事業実施体制.....	3-36
図 3-2-7	事業実施工程（改修プロジェクト）	3-43
図 3-2-8	事業実施工程（拡張プロジェクト）	3-43
図 3-4-1	ハトゥミア浄水場の運営・維持管理体制.....	3-47
図 3-4-2	ハトゥミア浄水場の配属職員への研修と訓練.....	3-48

略 語 集

略 語	正式名称
ACP	: Asbestos Cement Pipe、石綿管
CBS	: Central Bureau of Statistics、スーダン国閣議省統計局
CPA	: Comprehensive Peace Agreement、包括和平合意
DN	: Diameter Nominal、呼び径
EIA	: Environmental Impact Assessment、環境影響評価
EPSA	: East Sudan Peace Agreement、東部スーダン和平合意
ERDP	: Eastern Recovery Development Program、東部復興開発プログラム
EU	: European Union、ヨーロッパ連合
FRP	: Fiber Reinforced Plastics、繊維強化プラスチック
DG	: Diesel Generator、ディーゼル発電機
GIS	: Geographic Information System、地理情報システム
GL	: Ground Level、地盤高
GPS	: Global Positioning System、全地球測位システム
HAC	: Humanitarian Aid Commission、人道援助委員会
IDPs	: Internally Displaced Persons、国内避難民
IEE	: Initial Environmental Examination、初期環境影響調査
JAM	: Joint Assessment Mission、スーダン合同評価ミッション
JICA	: Japan International Cooperation Agency、国際協力機構
LCC	: Life Cycle Cost、ライフサイクルコスト
L/c/d	: Liter per Capita per Day、一人一日あたりの水量（リットル）
MDGs	: Millennium Development Goals、ミレニアム開発目標
Mpa	: Mega Pascal、メガパスカル（圧力）
Mm ³ /year	: Million cubic meter per year（MCM）、年間百万立方メートル
MW	: Mega Watt、メガワット（電力）
N-value	: Blow count of Standarad Penetration Test、標準貫入試験打撃回数（N 値）
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit、濁度（水質）
PE	: Polyethylene、ポリエチレン（管）
PRSP	: Poverty Reduction Strategy Papers、貧困削減戦略書
uPVC	: Unplasticized Polyvinyl Chloride Pipe、硬質塩化ビニル管
PVC	: Polyvinyl Chloride、塩化ビニル
PWC	: Public Water Corporation、国水公社
SDG	: Sudanese Pound、スーダンポンド（通貨単位）
SP	: Steel Pipe、鋼管
SSMO	: Sudanese Standard and Metrology Organization、スーダン規格度量衡機構
SWC	: State Water Corporation、州水公社
TCU	: True Color Unit、色度（水質）
TOC	: Total Organic Carbon、全有機炭素（水質）
UNDP	: United Nations Development Program、国連開発計画
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization、国連教育科学文化機関
WASH program	: Water and Sanitation & Hygiene program、水・衛生向上のためのプログラム
WES UNIT	: Water, Environment and Sanitation、給水・環境・衛生の向上をはかる推進組織
WTP	: Water Treatment Plant、浄水場

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

スーダン共和国（以下、「ス」国と称す）は北アフリカに位置し、国土面積は約 237.6 万 km²（2008 年、世銀）、人口約 4,220 万人（2009 年、世銀）を有する、アフリカ大陸最大の国である。国土の大部分は広大な平原で、その中央をナイル川と支流が南北に縦断している。北部は砂漠性の乾燥気候で南部は多湿な熱帯気候に属する。「ス」国では 2005 年 1 月に締結された包括和平合意（CPA: Comprehensive Peace Agreement）を受けて 20 年間以上続いた南北内戦が終結し、2011 年 1 月に行われた国民投票の結果を受けて、2011 年 7 月に南部スーダンが正式に分離・独立することになった。一方の東部地域の内戦でも、2006 年 10 月の東部スーダン和平合意(ESPA: East Sudan Peace Agreement)が成立し、東部 3 州（紅海州、カッサラ州、ゲダレフ州）の復興と安定を目的に基礎的サービスの強化をはかるための取り組みが行われてきている。

カッサラ市は人口 29.8 万人（2008 年、「ス」国センサス）を有する「ス」国東部のカッサラ州の州都であり、首都ハルツームより 400km 東に位置している。カッサラ市のランドマークとなっているカッサラ山は地表から約 500m の比高差をもって屹立し最高峰で標高 1040m 程度である。カッサラ市街域はガシ川の中流域に位置しており、ガシ川の上流から下流に向かって緩やかな傾斜を伴うほぼ平坦な地形となっている。カッサラ市の年間平均気温は 26℃から 34℃であるが、4、5 月には最高気温が 40℃を超える猛烈な暑さとなる。年降水量は 102mm から 425mm であり、10 月から 5 月の乾期、6 月から 9 月の雨期に分かれ、雨期の月別降雨量の平均は 45mm 前後である。ガシ川は雨期にのみ流水が見られるワジ（枯れ川）である。灌漑用水、水道用水ともに水源の全てをガシ川からの涵養地下水に依存しているが、利用地下水の 90%以上は灌漑用水がしめている。

カッサラ市はガシ川を境に東西の二地区に分けられ、東地区中心部のオールド・カッサラが古くから栄え、時代を経てその周辺及び西地区へと延びてきている。東地区の人口は 16.6 万人、西地区の人口は 13.2 万人を数え（2008 年、「ス」国センサス）、東地区は官公庁、商業施設、住宅街、西地区には住宅街、交通輸送基地と大規模農家が広がっている。

東西地区は地下水を唯一の水源とする独立した 2 つの水道システムによって給水されている。カッサラ市の水道システムは 1940 年代に建設が始まり、1986 年に我が国による無償資金協力支援（ICARA II 関連水供給計画）によって東西地区にそれぞれ浄水場（配水池、配水ポンプ、塩素消毒設備などで構成）が建設され、各地区の基幹給水施設としてその役割を果たしている。しかしながら浄水場が整備されてから 20 年余りが経過しているため老朽化による設備の劣化が著しいことや、内戦による国内避難民等の流入による人口増加も大きいため、「ス」国による新規の井戸開発にもかかわらず、水需要に対する供給量が絶対的

に不足しており、東地区では水需要のピークにあたる乾期の4月、5月になると、断水エリアが広範囲に広がり大きな社会問題を引き起こしている。

カッサラ市給水施設改善計画（以下、「本計画」と称す）の準備調査（その2）（以下、「本調査」と称す）の社会条件調査によると、東地区の給水管の各戸接続率は73%（2010年）であるが、このうちの20%は給水量が充分ではなく、年間をとおして各戸給水サービスを受けることが出来ない。このような住民は、市内に設けた15カ所の給水ポイントから水を仕入れている民間の水運搬人（ロバの水売り人）から割高の水を購入しなければならない。また、各戸給水を受ける住民の間でもサービスの質に地域的な偏りが大きく、浄水場から離れた周縁地域は給水圧が低く、十分な給水量が確保されていない。現在の一人一日あたりの使用水量は62ℓと見込まれ、カッサラ州政府が掲げる2016年の目標値である90ℓ/人/日に比べて低い水準である。西地区も東地区と同じような給水状況であり、各戸給水を受ける住民の比率は60%程度と推定される。

東地区の水道システムは、1986年の我が国の無償資金協力によって建設された既存浄水場（マハタ浄水場）を中心に構成されている。既存の浄水場は老朽化が著しく、とくに、FRP製（Fiber Reinforced Plastic）の配水池はその寿命をむかえ、2009年にはマハタ浄水場の配水池が破裂事故を起こし、給水サービスに大きな影響を与えた。また、既存配水管網の総延長140kmのうち、アスベストセメント管は80kmをしめる。アスベストセメント管は2000年以前に敷設されたものであり、とくに、老朽化したアスベストセメント管は破損事故が多く大量の漏水の原因（推定漏水率は35%）となっている。一方、既存浄水場において塩素消毒を行わず直接配水管網に接続している水源井戸も多く（約60%）、都市水道における安全な水の供給という点で問題が大きい。

西地区の水道システムも東地区と同様、日本の無償資金協力によって建設されたガルブ浄水場を中心に構成されている。ガルブ浄水場はマハタ浄水場と同じ時期に建設され、時間の経過とともに設備を改善してきているもののその劣化は顕著であり、FRP製の配水池はその寿命をむかえ、常に破裂事故のリスクが伴っている。

このように、プロジェクト対象地区では水需要に対し水供給量が不足しているとともに、既存水道施設が年ごとに増加する水需要と施設の劣化に応じきれず、水道システムは質、量の面で立ち後れており、その整備が急務とされている。

1-1-2 開発計画

2006年6月、JAM(Joint Assessment Mission)の枠組み^{注)}の中で暫定版貧困削減戦略書（PRSP: Poverty Reduction Strategy Papers）が策定された。PRSPは貧困削減のために安全な水の確保と公衆衛生設備の強化を最優先課題の1つと捉え、水セクターをミレニアム開発目標（MDGs: Millennium Development Goals）達成の重要セクターと位置づけている。都市給水分野では2015年における安全な水へのアクセス率（普及率）を93%と目標に定め、2025年まで

にはその値を 100%とするロードマップを示している。「ス」国の水セクターの開発計画はロードマップに基づいて策定されている。

水セクターの具体的な開発計画は州レベルで立案され、国レベルでは国の水政策の策定、開発計画に対する支援と監視、あるいは資金調達等の役割が主体となる。

JAM：世銀、UN 等の下に「ス」国政府とスーダン人民解放運動(SPLM: Sudan People's Liberation Movement)が作成したスーダン合同評価ミッション。CPA が定めた 6 年間の暫定移行期間(2005-2011 年)における南北スーダンの復興開発ニーズを踏まえた復興開発計画の枠組みである。

表 1-1-1 暫定版 PRSP：水セクターのロードマップ（安全な水へのアクセス率）

	全体	都市部	村落部
2006 年	58.7%	69.4%	51.6%
2011 年		85.0	75.0
2015 年 (MDGs ゴール)	82.0	93.0	79.0
2020 年	90.0	—	—
2025 年	100.0	—	—

出典：暫定版 PRSP

2010 年 2 月に「ス」国の水と衛生に関する 7 カ年政策書（National Water Sanitation and Hygiene[WASH] Sector Strategic Plan 2010-2016）が公表された。これを受け州政府と国連を中心にとめられたカッサラ州の水と衛生に関する 7 カ年政策書（Water Sanitation and Hygiene[WASH] Sector Strategic Plan 2010-2016）が公表された。都市給水セクターに関しては、2016 年を目標に給水原単位を 90 リットル/人/日（生活用水＋業務用水）に設定し、この目標を達成するために具体的な 14 のプロジェクトをあげている。

1-1-3 社会経済状況

「ス」国では 1955 年以来、南北の間で 2 度の内戦が行われ、2005 年 1 月に CPA が合意され、長期にわたる内戦が終結した。CPA では平和の定着に向けて南部の自治権を尊重し、6 年間の暫定期間を設けて国民統一政府および南部スーダン政府の発足等を規定している。2005 年以降「ス」国は国際社会の支援の下、平和の構築・復興に向けた多方面での取り組みが行われている。和平プロセスの最終段階として 2011 年 1 月に実施された南北分離独立を問う住民投票で有権者の 98.8%もの多数が賛成支持したことを受け、南部の独立が政府により承認され 2011 年 7 月に正式に独立する予定となっている。

「ス」国の 1 人あたりの GNI は、US\$1,220（2009 年、世銀）で、産業構造は 1 次産業 25.8%、2 次産業 34.1%、3 次産業 40.1%（いずれも 2008 年、対 GDP 比、世銀）である。農業生産が盛んで綿花やゴマの世界有数の生産地であるほか、近年は石油資源の輸出に支えられて高い経済成長率を記録した。しかしながら、巨額の対外債務を抱えて国家経済は困難な状況にあり、その再建が叫ばれる中で、輸出額の 9 割以上を占める石油収入に過度に依存している産業構造となっているため、非石油産業の発展を通じた経済の安定化が求められている。貧困率は 40%と高く(2004 年推計、世銀)、産業構造の多様化と労働人口の大半が従

事する農業セクターにおいて自給農業から換金作物への転換による農家収益の向上および物流コスト削減のための交通インフラ整備等が課題となっている。

1 - 2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

「ス」国政府は 2005 年 8 月、カッサラ市の東地区を対象に、新規水源の開発、新規給水施設の拡張および新規配水管の建設を内容とする無償資金協力「カッサラ市給水施設改善計画」を我が国に要請した。

本要請に対し 2009 年 8 月、JICA は調査団を派遣して準備調査（その 1）を実施した。調査では新規水源開発の可能性、社会経済状況、給水事情、水道事業を運営するカッサラ州水公社（SWC: State Water Corporation）の能力、資機材の調達事情、現地の治安状況等に関する情報を収集するとともに、要請内容を確認して協力内容について検討した。その結果、水供給の不足によって生じている現在の危機的な給水状況を改善するために本要請の必要性は高く、本計画は新規水源の開発と給水施設の拡張を基本コンポーネントとすることが確認された。また、既存の配水管網と給水施設の老朽化が著しいことから、これらの調査も準備調査（その 2）の対象に含めることが確認された。また、本計画の基本となる地下水の開発ポテンシャルを把握するために、準備調査（その 2）では試掘を含めた地下水調査を行うことが確認された。

準備調査（その 1）の結果を受け、2010 年 3 月から準備調査（その 2）を実施した。調査では改めて要請内容の確認を行い、適正な事業内容の検討、概略設計および概算事業費の積算を行った。本調査の経過の中で、既存のマハタ浄水場の配水池の劣化が著しく、2009 年には破裂事故を起こし常に破裂事故のリスクがあるため緊急な改修が必要であることが確認された。このため、同じような状態の西地区のガルブ浄水場も調査対象に含め、これらを改修コンポーネントとして調査した。一方、新規水源の開発、新規浄水場の建設、配水本管の建設等の他のコンポーネントは拡張コンポーネントとして調査を実施した。2010 年 12 月、改修プロジェクトに関する概略設計概要書（案）に基づき主管官庁の国水公社（PWC: Public Water Corporation）、実施機関である SWC 等の政府機関と JICA 調査団との間で協議を行ない、改修プロジェクトを我が国の協力対象事業とすることが「ス」国と JICA との間で合意された。拡張コンポーネントについては、その妥当性を検討し、2011 年 5 月、新規水源井戸の建設、既存井戸の改修、導水管の敷設、新規浄水場の建設、配水本管の敷設を内容とする拡張プロジェクトに関する概略設計概要書（案）に基づき主管官庁の PWC、実施機関である SWC 等政府機関と JICA 調査団と間で協議を行なった結果、我が国の協力対象事業とすることが「ス」国と JICA との間で合意された。

表 1-2-1 本調査で合意された要請内容と経過

本調査開始時 (2010 年 3 月 10 日付 M/D)	本調査の過程 (改修コンポーネント) (2010 年 12 月 16 日付 M/D)	本調査完了後 (拡張コンポーネント) (2011 年 5 月 18 日付 M/D)
新規井戸 (20 カ所) と井戸小屋 の建設	—	新規水源井戸 (11 カ所) と井戸 小屋の建設、既設井戸の改修 (10 カ所)
導水管の敷設 (新規井戸～浄水 場)	—	導水管の敷設 (新規井戸・既設 井戸～浄水場)
新規浄水場の建設： 配水池 (1000m ³ x2 基)、配水ポ ンプ棟、配水ポンプの設置、塩 素消毒設備、電気盤、場内配管、 管理棟、付帯設備	—	新規浄水場の建設： 着水井、配水池 (2600m ³ x2 基)、 配水ポンプ棟、配水ポンプの設 置、塩素消毒設備、電気盤、場 内配管、管理棟、付帯設備
配水本管の敷設 (浄水場～配水 管網)	—	配水本管の敷設 (浄水場～配水 管網)
既存浄水場 (マハタ浄水場) の 改修	既存浄水場 (マハタ浄水場) の 改修	—
既存アスベストセメントセメ ント管更新用の配管材料の供 与	—	供与しない
維持管理用の機材供与	—	供与しない
既存配水管網 GIS データベー ス構築の技術移管	—	準備調査内で実施
給水施設の維持管理の技術移 管	—	新規浄水場の運転・維持管理の 技術移管 (ソフトコンポーネン ト)
—	西地区の既存浄水場 (ガルブ浄 水場) の改修	—

1 - 3 我が国の援助動向

我が国によるスーダンにおける給水分野の援助実績は表 1-3-1 に示す通りである。

表 1-3-1 我が国の技術協力・有償資金協力との関係（給水分野）

協力内容	実施年度	案件名/その他	概要
技術協力 プロジェクト	2008～2011 年度	水供給人材育成計画	国水公社が州水公社に対して行う水道分野の研修事業の運営能力を強化することを目的とし、研修計画・実施・評価のためのマニュアル策定および研修の実施・評価等
	2010～2013 年度	南部スーダン都市水道公社水道事業管理能力強化プロジェクト	南部スーダン都市水道公社ジュバ支所の水道事業運営管理能力強化を目的にキャパシティ・ディベロップメントを実施
	2011～2013 年度	カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援プロジェクト	カッサラ州政府の行政サービス向上（給水、農業・生計向上、母子保健、職業訓練）を目的とした技術協力プロジェクト。給水分野では本プロジェクトの実施機関である州水公社のキャパシティ・ディベロップメントを対象
開発計画調査型 技術協力プロジェクト	2008～2009 年度	ジュバ市水道事業計画	ジュバ都市圏における水道マスタープランの作成および優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査を実施。南部スーダンの水セクターのキャパシティ・ディベロップメントを実施。
協力準備調査	2009 年 8～9 月	カッサラ市水給水施設改善計画準備調査	本プロジェクトの事前調査
	2010 年 10 月 ～2011 年 3 月	カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援プロジェクト（詳細計画策定調査）	カッサラ州政府の行政サービス向上（給水、農業・生計向上、母子保健、職業訓練）を目的とした技術協力プロジェクトの事前調査。給水分野では本プロジェクトの実施機関である州水公社のキャパシティ・ディベロップメントを対象

1-4 他ドナーの援助動向

他ドナーによる援助動向は表 1-4-1 に取りまとめた通りである。

表 1-4-1 他のドナー国・国際機関の援助実績（給水分野）

（単位：千米\$）

実施年度	機関名	案件名	金額	援助形態	概要
2005 年 ～2007 年	中国政府	カッサラ州南部農村給水施設建設	5,000	無償	カッサラ市南部の農村部に水源井戸、高架タンク、公共水栓、発電器等からなる 50 カ所の給水施設を建設
2009 年 ～実施中	E U	東部 3 州（紅海州、ガデレフ州、カッサラ州）復興開発プログラム (ERDP)	13,000	無償	東部 3 州の復興開発を目的に 6 セクター（農業、給水、牧畜、生計向上、職業訓練、林業）を対象とする援助プログラム。給水分野では地方村落が対象
2009 年 ～実施中	ドナー協調	W A S H プログラム（給水と衛生施設の改善）	不明	無償	地方村落を対象とした給水施設と衛生施設の改善を目的とした UNICEF をセクターリーダーとするドナー協調援助プログラム
2009 年 ～実施中	中国政府	ドンダブラ給水プロジェクト	31,000	有償	北部州の州都ドンダブラの給水施設を整備する。
		アブ・ハマッド給水プロジェクト	23,000	有償	ナール・エルニル州のアブ・ハマッド市の給水施設を整備する。
		ポートスーダン給水プロジェクト	383,000	有償	紅海州の州都ポートスーダンの給水施設を整備する。
		ガダリフ給水プロジェクト	74,000	有償	エル・ガダリフ州の州都ガダリフの給水施設を整備する。
		ワディメダニ給水プロジェクト	32,000	有償	エル・ゲジラ州の州都の州都ワディメダニの給水施設を整備する。
		ダリ及びマズナム給水プロジェクト	24,000	有償	シナー州のダリ市、マズナム市の給水施設を整備する。
		給水プロジェクト	16,000	有償	白ナイル州において給水施設を整備する。
		アルファシエル給水プロジェクト	35,000	有償	北部ダルフル州の州都アルファシエルの給水施設を整備する。
		ニャラ給水プロジェクト	11,000	有償	南部ダルフル州の州都ニャラの給水施設を整備する。
2010 年 ～実施中	中国政府	地方都市水道整備事業	6,000	無償	スーダン国統一政府傘下のダム管理局を実施機関としてダムの付帯設備としての地方都市の水道施設を建設する。

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) 主管機関

プロジェクト（改修プロジェクト及び拡張プロジェクト）の主管機関は「ス」国政府 水灌漑省（MIWR: Ministry of Irrigation and Water Resource）傘下の国水公社（PWC: Public Water Corporation）である。PWC は総裁以下 73 名の職員を擁する、「ス」国の給水セクターの最高機関であり、国の水政策の策定と各州の水公社（SWC: State Water Corporation）に対する指導、助言を行う。プロジェクトの具体的な計画立案と実施は基本的に各州の SWC が担うことになる。PWC の組織図を図 2-1-1 に示す。

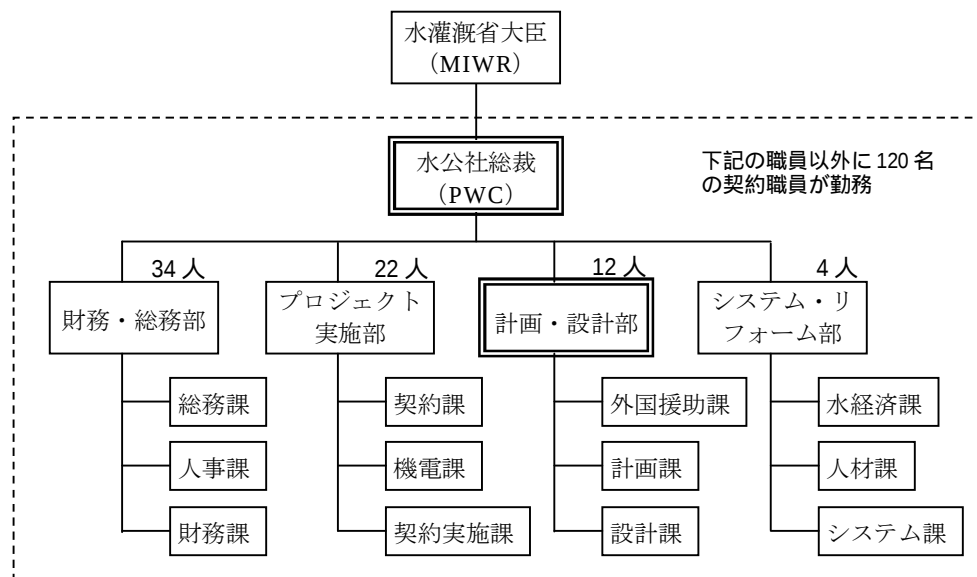


図 2-1-1 主管機関(PWC)の組織図

(2) 実施機関

プロジェクトの実施機関はカッサラ州政府 計画・公共施設省傘下のカッサラ州の SWC である。SWC は総裁以下 518 名の職員を擁するカッサラ州の給水セクターの最高機関であり、給水プロジェクトの計画立案と実施、および既存給水施設の運用・維持管理を担い、組織図を図 2-1-2 に示す。

プロジェクトの対象であるカッサラ市の給水施設はカッサラ東事務所と西事務所が管轄する。カッサラ東事務所は所長を含め 159 名の職員を擁し、水源課(37 名)、配水課(38 名)、料

金徴収課(30 名)、車両課(7 名)、経理課(34 名)、総務課(12 名)の 6 課によって東地区の水道事業を運営している。東事務所の主な事業内容は、水源井戸、浄水場および配水管網の運営・維持管理、水道料金の徴収である。既設のマハタ浄水場は水源課が担当し 16 名の職員が 4 交代制で 24 時間の管理体制をとり施設の運用にあたっている。

一方、カッサラ西事務所は所長を含め 73 名の職員を擁し東事務所と同じ 6 課で構成される。既設のガルブ浄水場を担当する水源課の職員数は 24 名である。

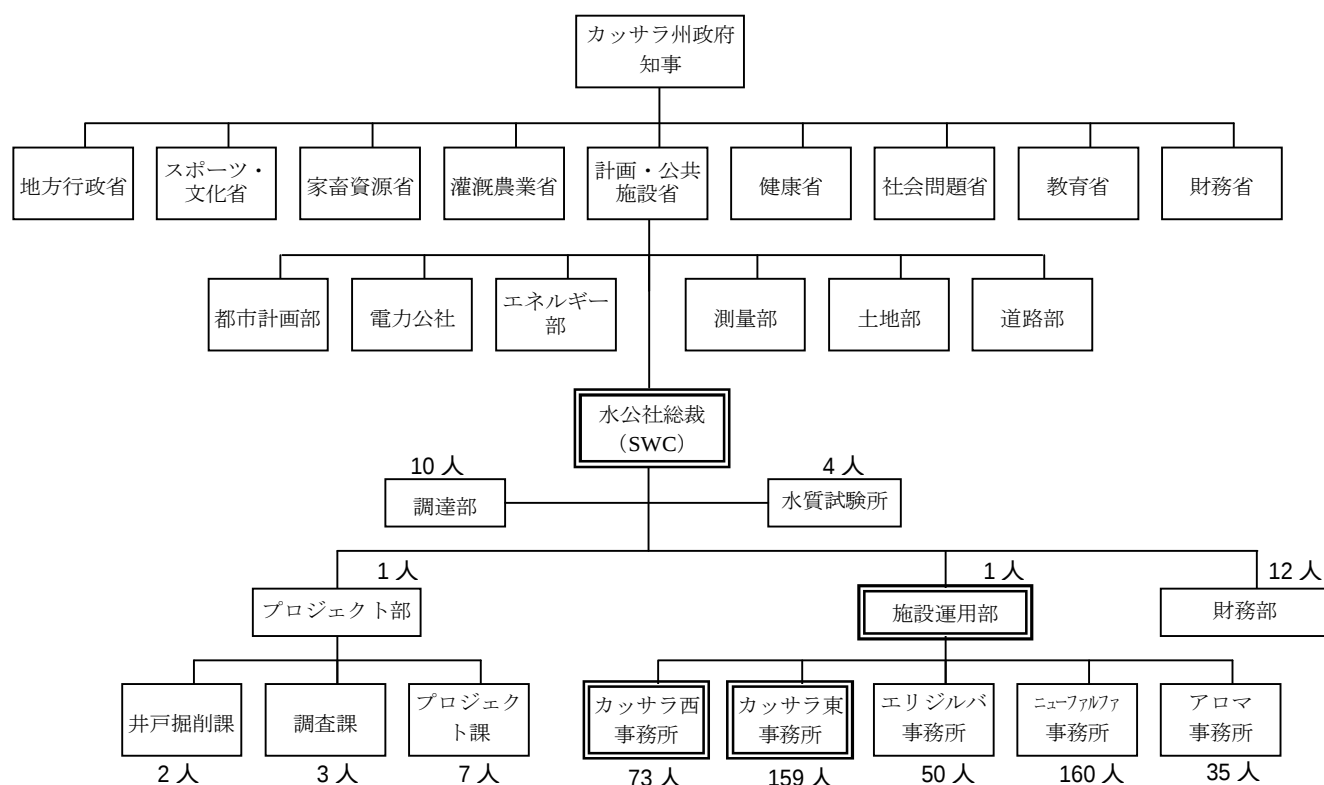


図 2-1-2 実施機関(SWC)の組織図

2-1-2 財政・予算

SWC の過去 3 年間の損益計算書を表 2-1-1 に示す。SWC は独立採算制を基本としており、新規プロジェクトを除く給水施設の維持管理費は水道料金でまかない、若干の歳出超過はあるものの財務収支はほぼ均衡している。2008 年度まで SWC の財源は水道料金のみであったが、2009 年度から州政府からのプロジェクト費が支給されるようになり、2009 年度の歳入は 2008 年度の 3.1 倍に増加した。このため、2008 年度までは州政府が若干の歳出超過分を充填してきたが 2009 年度は歳入超過に転じ財務状況は改善されている。プロジェクト費は新規給水施設の建設費と施設完成後の施設運用費に充当される。

表 2-1-1 SWC 損益計算書の推移

(単位: SDG)

			2007 年度	2008 年度	2009 年度
収 入	料金収入	事業者	96,036	14,549	279,727
		公共機関	96,003	119,482	174,828
		一般家庭	5,809,154	7,243,640	8,286,880
	プロジェクト費 (州政府から支給) 注)		0	0	14,745,933
	合 計		6,001,193	7,377,671	23,487,368
支 出	維持管理費	人件費	2,908,567	2,957,577	4,323,637
		動力費	1,980,994	2,298,599	2,510,334
		燃料費	268,922	434,056	742,785
		電気代	1,712,072	1,864,543	1,767,549
		維持費	1,066,548	1,236,742	1,014,911
		運転費	94,006	94,006	94,006
		計	6,050,115	6,586,924	7,942,888
	施設拡張費等		134,158	1,095,690	15,523,123
	税金控除額			▲150,498	▲235,524
	合 計		6,184,273	7,532,116	23,230,487
収入－支出			▲183,080	▲154,445	256,881

注) 改修プロジェクトと拡張プロジェクトの「ス」国側の負担工事費はプロジェクト費から充填が可能である。

2 - 1 - 3 技術水準

SWC は 1986 年に我が国の無償資金協力によって建設された、東地区と西地区の 2 つの浄水場を現在まで運営し続けている。2003 年のガシ川洪水では東地区のマハタ浄水場が冠水によって給水サービスに著しい影響を与えることになったが、SWC は短期間で施設を復旧させた。2009 年 11 月に起こったマハタ浄水場の配水池の破裂事故においても、施設を 1 週間で復旧させ住民への給水サービスの停止期間を最小限にとどめた実績がある。これらのことから給水施設の運営と維持管理に関し SWC は一定の技術水準にあると判断される。

一方、SWC の技術水準の向上をはかる上で、大きな貢献が期待される 2 つの技術協力プロジェクト（以下、「技プロ」と称す）が、現在、我が国の支援で実施されている。技プロ「水供給人材育成計画」では各州の給水セクターに係わる人材をハルツームに集め、PWC の研修センターで研修を行うものであり、カッサラ州の SWC も人材を派遣し研修を受けさせてきている。フェーズ 1 の活動は既に完了し、2011 年の秋からはフェーズ 2 の活動が開始される予定である。他方の技プロ「カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援プロジェクト」は、水、農業、衛生、職業訓練の 4 セクターを対象にカッサラ州の行政機関の能力開発をめざしたものであり、水分野では SWC の職員を対象に配水管網の運用・維持管理技術の向上と財務能力の向上を目的としたプログラムが含まれているため、本プロジェクトの効果の発現に大きな貢献が期待できる。

このように、SWC は運営・維持管理に関して一定の技術水準にあるとともに、職員の能力開発を目的とした 2 つの技プロからの支援も期待されるため、本プロジェクトで建設される給水施設の運営維持管理にあたって問題はないものと考えられる。

2-1-4 既存施設・機材

カッサラ市の水道施設は、地下水を唯一の水源とする東西 2 つの独立したシステムからなり、東地区の水道システムは南部井戸群（10 カ所）、中部井戸群（15 カ所）、北部井戸群（10 本）の水源井戸から配水管網をとおして給水している。中部井戸群は全ての水をマハタ浄水場へ集めて、塩素消毒後、配水ポンプで送水しているが、他の井戸群では配水管網へ直接接続し配水している井戸も多い。マハタ浄水場に近いカッサラ市の中心部（オールド・カッサラと呼ばれる）に比べると市の周縁地域には十分に水が届かないため、SWC は近年になり、北部地区と南部地区に新しい井戸を開発するとともに、6 カ所の増圧ポンプ場を建設して対応してきているものの、現在でもその改善には至っていない。

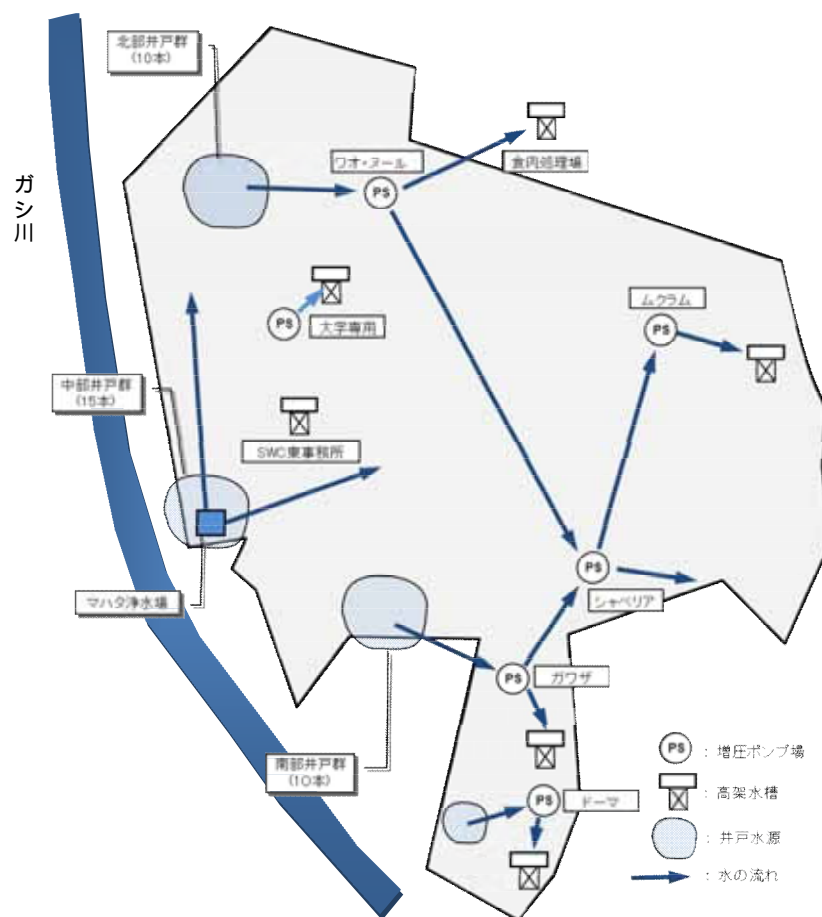


図 2-1-3 東地区の水道システム

（１）東地区水源井戸

東地区内の 35 カ所の水源井戸からの生産水量は約 21 千 m^3 （調査団による流量測定結果）

であり、その内訳は中部井戸群 43%、南部井戸群 34%、北部井戸群 23%である。中部井戸群の水源井戸はそのほとんどが 2000 年以前に建設されたものであるが、北部井戸群と南部井戸群の大部分の水源井戸は、水需要の増加に対応するため、SWC が 2000 年以降に建設したものである。35 本の全ての既存井戸には流量計が取り付けられておらず、実際の流量データを把握することは困難である。SWC は井戸建設時の計画揚水量を井戸の生産水量としている。調査団は現場において流量測定を行い、揚水量を確認した結果、井戸ごとに計画揚水量との差に多少のばらつきはあるものの、全揚水量では約 3%の違いであり、計画揚水量を維持していると判断される。

（２）マハタ浄水場

1986 年に西地区のガルブ浄水場とともに我が国の無償資金協力によって建設された。設備劣化は著しく、とくに、FRP 製の配水池はその寿命をむかえ、2009 年には破裂事故を起こし修理のために 1 週間ほど給水サービスがとまり、市民生活に多大な影響を及ぼした。SWC は配水池の水位を低く抑えながら慎重な運用を行っているものの、同時期に建設された西地区のガルブ浄水場とともに、常に破裂事故のリスクに曝されている。また、マハタ浄水場の配水池は計画容量（2000m³）が日最大配水量の 4.3 時間分しかなく（ガルブ浄水場は 7.3 時間分）、24 時間を通じ水源井戸からの生産水量を受け入れることが出来ない。このため、深夜の 4 時間は水源井戸の運転を止めなければならず、浄水場が持つ本来の配水能力を発揮することが出来ない。

（３）増圧ポンプ場と高架水槽

東地区には 6 カ所の増圧ポンプ場があり主に市周縁地区への配水を担っている。増圧ポンプ場は周縁地区の水需要の増加に対応するため、近年になり建設されたもので、配水管網と北部井戸群、南部井戸群から集めた水を貯水槽に蓄え、増圧ポンプで高架水槽へ送ったあと自然流下で、あるいは、直接需要家へ配水している。また、SWC の東事務所内には夜間の深夜の水需要が少ない時間帯に貯水することを目的としたバランシングタンクがあるものの、給水圧が不足しているため、現在は利用されていない。6 カ所の増圧ポンプ場と高架水槽の内容は表 2-1-2 に示すとおりである。

表 2-1-2 増圧ポンプ場と高架水槽

増圧ポンプ場	貯水槽	ポンプ台数	高架水槽	備 考
ワオ・ヌール	123m ³ x 1 池	3 台	40m ³	- シャベリア増圧ポンプ場へ送水 - 食肉加工処理場高架水槽 - 近辺地区へ直接配水
ムクラム	34m ³ x 1 池 213m ³ x 1 池	2 台	100m ³	- 高架水槽への送水 - 近辺地区へ直接配水
シャベリア	142m ³ x 1 池	3 台	なし	3 地区への直接配水
ガワザ	54m ³ x 1 池	1 台	40m ³	
ドーマ	100m ³ x 1 池	1 台	40m ³	
カッサラ大学専用	49m ³ x 1 池	1 台	40m ³	大学専用の給水施設
SWC 東事務所内	なし	なし	280m ³	水圧不足のため利用されてない

(4) 管路網

東地区の管路網に関する図面等のデータはない。調査団は SWC のエンジニアとともに現地調査を行ない調査結果を GIS データベースにまとめた。管路網には導水管（井戸～配水施設）、配水管（配水施設～需要家）が混在している。その結果を図 2-1-4 示す。給水区は井戸水源ごとにゾーンを分けるゾーニング法がとられていないが、全体として、3カ所の井戸群からの配水先は、中部井戸群がオールド・カッサラを中心とした市内中心部、南部井戸群は市の南部および東部地区、北部井戸群は市の北部地区である。また、市の中心部に比べると、東部の周縁地区は配水管の布設密度は疎く、管路の整備が不十分であることを示している。

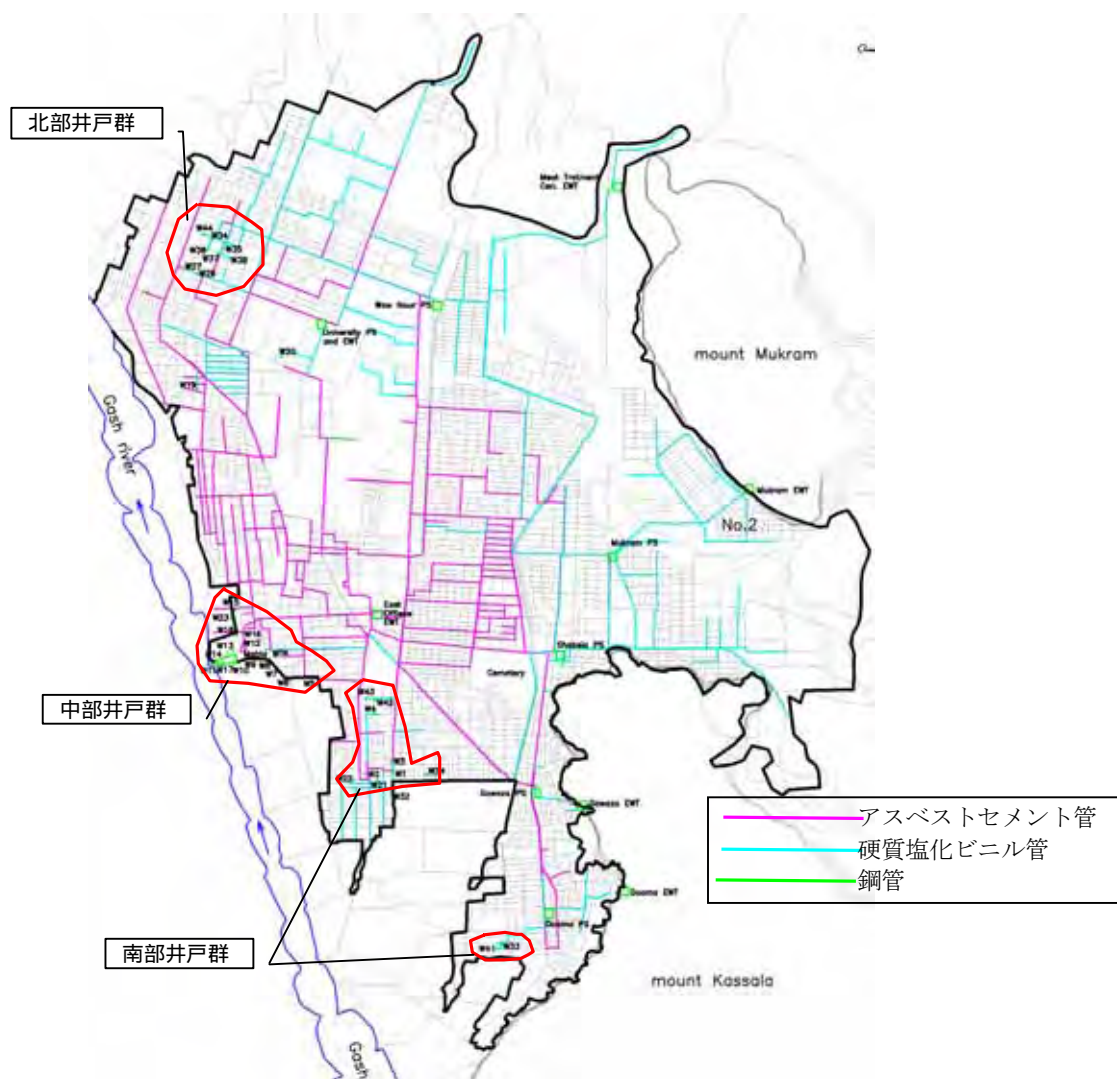


図 2-1-4 東地区の管路網

管路網にはアスベストセメント管、硬質塩化ビニル(uPVC)管、鋼管が使われ、管路総延長 148km のうち、アスベストセメント管 (82km) と uPVC 管(65km)がその大部分を占める。アスベストセメント管は 1995 年以前に敷設され、それ以降は uPVC 管が使われている。図 2-1-4 に示すように、ガシ川に近い市の中心部はアスベストセメント管が多く、市の周縁地

区は uPVC 管が多い。また、給水管にはポリエチレン管（PE 管）が使われている。

アスベストセメント管は破裂事故が多く修理作業にかかる SWC の負担が大きい。SWC は修理作業に必要な建機を保有しておらず、その作業を人力で行なわなければならないため、SWC は配水管網の維持管理に多くの時間と費用を費やしている。また、老朽化したアスベストセメント管は漏水原因の 1 つでもあり、限られた水資源の有効利用のためにも、アスベストセメント管の敷設替えは給水施設を整備する上での大きな課題である。カッサラ州政府は水と衛生に関する 7 カ年政策書の中で、アスベストセメント管の敷設替えを計画目標にあげている。

（５）修理工場、建機・維持管理車両、水質試験室

１）修理工場

SWC の修理工場は東事務所の敷地内にあり、東地区と西地区における設備と機器の修理を行う。旋盤、ボール盤等の大型の工作機械は老朽化して大部分は稼働していない。大型の工作機械が利用できないため、溶接、切断などの簡易な修理作業を除き、ほとんどの修理は外部へ発注している。

２）建機・維持管理用車両

SWC 東事務所はバックホウ 3 台（バックホウ＋ブルドーザータイプ 1 台、バックホウのみ 2 台）、クレーントラックを 1 台所有しているが、全て故障した状態で使用されていない。2003 年のガシ川洪水被害の際、復旧のためにフル稼働した結果、部品が壊れその後スペアパーツを購入することがないまま放置されて現在に至っている。このため建機の状態は修理して使える状態ではなくなっている。例年、建機購入の予算申請は行っているが、コストがかかりすぎるとのことで承認されていない。また、技術者の現場への移動のために車両 4 台を保有し、この他に 4 台の契約車両を利用している。SWC は配水管の漏水事故に対応するための車両が不足していると考えている。

３）水質試験室

カッサラ州の環境衛生法 ”Law of Environmental Health for The State of Kassala”(2006 年施行) は、水源井戸の地下水と水道水の水質検査を義務付けており、SWC は本部の敷地内に水質試験室を設け 4 名の職員を抱え、定期的な水質試験を実施している。しかしながら、同法には水質項目、検査頻度について規定した条項はない。日本において飲料用井戸水に義務付けられている水質項目を基準に SWC の検査項目を検証すると表 2-1-3 に示すとおりである。同表には水道水に関する残留塩素濃度も合わせて記載したが、日本の基準が「臭気・味覚」から最大値を規定しているのに対し、「ス」国は「安全性」の視点から最小値のみを規定している。

「ス」国の水質基準は内閣省スーダン規格度量衡機構（SSMO: Sudanese Standard and Metrology Organization）が定めたものであり、病原性微生物に関しては日本は一般細菌を検査項目としているのに対し、「ス」国は大腸菌群を検査対象としている。

表 2-1-3 水質検査項目 (SWC)

日本の飲用井戸の水質定期検査項目 「飲用井戸等衛生対策要領」厚労省通知 平成 18 年 4 月 3 日		検査対象	SWC の水質検査状況			日本 水質基準 (mg/L)	「ス」国 水質基準 (mg/L)
			検査頻度 (回/年)	今後の 検査計画	検査機器		
1	一般細菌	病 原 性 微 生 物			既存機器	< 100 個/mL	-
-	大腸菌群				既存機器	-	検出されない
2	大腸菌		2		既存機器	検出されない	検出されない
10	硝酸態窒素 亜硝酸態窒素	無機物・重 金属	2		既存機器	< 10	< 50(NO3) < 2(NO2)
11	フッ素及びその化合物		1		既存機器	< 0.8	< 1.5
17	テトラクロロエチレン	一 般 有 機 化学物質			未所有	< 0.01	< 27 (エテン)
18	トリクロロエチレン				未所有	< 0.03	< 13 (エテン)
32	アルミニウム及びその化合物	色・味覚		有り	既存機器	< 0.2	< 0.13
33	鉄及びその化合物		1		既存機器	< 0.3	< 0.3
36	マンガン及びその化合物		1		既存機器	< 0.05	< 0.27
37	塩化物イオン			有り	既存機器	< 200	< 250
38	カルシウム、マグネシウム (硬度)			有り	未所有	< 300	< 100 (Ca)
45	有機物 (全有機炭素 TOC の量)				未所有	< 3	-
46	PH 値	基本性状	3		未所有	5.8 - 8.6	6.5 - 8.5
47	味		12		官能検査	異常でない	異常でない
48	臭気		12		官能検査	異常でない	異常でない
49	色度		12		既存機器	< 5 TCU	< 15 TCU
50	濁度		2		既存機器	< 2 NTU	< 5 NTU
-	遊離残留塩素 (水道水を対象)		1 回/2 週		既存機器	< 1	> 0.2

備考)- 日本の「飲用井戸等衛生対策要領」は 1 回／年の頻度での水質検査を義務づけている。

- SWC の今後の検査計画は SWC が今後において実施の計画を持つ検査項目である。

- カルシウム・マグネシウム (硬度) に関しては SSMO の規定はなく WHO の基準値を採用している。

(6) 西地区の水源井戸

西地区には 39 本の水源井戸が稼働中であり、生産水量は約 20 千 m³ である。このうちの 10 本は「ヤード」と呼ばれ、井戸ポンプで高架タンクまで揚水し、自然流下で送水する独立したシステムの水源となっている。また、6 本の井戸は調査対象地区外のアロマ地区へ送られ、地形の勾配を利用した自然流下によって、送水されている。残る 23 本の水源井戸は、西地区の配水管網をとおして配水されているが、この中で 7 本の井戸は既存のガルブ浄水場へ送られた後、配水管網へ送水される。

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

カッサラ市はハルツームとポートスーダンの中間に位置し、ハルツーム、カッサラ、ポートスーダンを結ぶ道路は「ス」国の大動脈としての役割を担い、日常の整備が行き届いた幹線道路である。

カッサラ市はガシ川により東西に二分されており、両地区は 1 カ所の橋梁によって連絡されている。カッサラ市内の道路は、幹線道路を除きほとんどが未舗装のままである。カッサラ市の道路計画はカッサラ州公共施設省傘下の道路部が担い、市内道路の舗装化を進める方針があるものの、十分な予算を確保することが出来ず、当面、現在の道路状況が大きく改善されることはないと判断される。

未舗装の道路表面はシルト土壌に覆われ、雨期ともなると多くの水たまりが発生しぬかるみの状態になり、交通に大きな支障がでている。

（２）交通

カッサラ市とハルツーム、ポートスーダン間は大型バスによる長距離輸送システムが整備されている。また、カッサラ市は商業活動が盛んであり、周辺地区あるいは避難民キャンプから昼間だけ働きにくる人間は多い。このような周辺住民は、マイクロバスの乗り合いバスを利用しており、市中心部のオールド・カッサラには数カ所の乗り合いバスの発着所があり、多数のマイクロバスがカッサラ市と周辺地区の移動手段に使われている。

「ス」国はイギリスの植民地時代から鉄道建設が始まり、1930 年以前にはハルツーム、カッサラ、ポートスーダンを結ぶ路線を含め大方の路線は建設された。長い内戦の間、鉄道施設は使われず、必要な維持管理も行われていなかったため、内戦後もハルツーム、カッサラ、ポートスーダンを結ぶ鉄道は運行されていない。「ス」国鉄道の運営はスーダン鉄道会社（SRC: Sudan Railways Corporation）が独占的に行っている。SRC は鉄道の復興に向け、2007 年から 2026 年までの鉄道マスタープランを策定しており、ハルツーム、カッサラ、ポートスーダンを結ぶ鉄道復興計画もこのマスタープランに含まれている。

（３）電気・通信

カッサラ市は高圧（11kV）と低圧（430V）で配電網が整備されている。カッサラ市の電力需要量は潜在的な需要を含め 30MWと見込まれ、カッサラ市西地区に既存のディーゼル発電所があるものの主な電力供給はハルツームからの送電によって賄っている。しかしながら、送電圧が低く電圧降下が大きいため十分な電力が供給されておらず、現在の配電量は 15MWと必要とする電力の半分程度にすぎない。このため、カッサラ市内は毎日のように停電が起こり、電力事情は極めて劣悪な状況であり、井戸施設、ポンプ場を含め全ての給水施設は商業電力の他にディーゼル発電機を併設している。日常的に発電機を稼働させる必要があるため、ほとんどの井戸施設には操作員が常駐している。

「ス」国政府は東部州の電力事情の改善を目的として、中国の支援による送電線の強化プロジェクト（送電圧を 66kV から 220kV にあげ、送電量の増加をはかる）を進めており、2011 年 7 月にはプロジェクトが完成する予定である。このプロジェクトに合わせ、カッサラ市の東西両地区に配電用の変電所を建設しカッサラ市内の配電施設を整備中である。これらの整備が完了後は、カッサラ市内では最大 80MW までの配電が可能となり、目標年の 2016 年までにはカッサラ市の電力事情は大幅に改善される予定であり、本計画に必要な十分な

電力が供給されるものと見込まれる。

通信については、カッサラ市内での携帯電話の利用、インターネットの利用とも問題がない。

（４）下水道

カッサラ市内には下水道はなく、下水処理は浄化槽での微生物処理後、コンクリート製の廃水槽に貯めることが義務づけられている。廃水槽からはバキュームカーで 5, 6 km 先まで運ばれ適切に処理されている。しかしながら、素掘りの浄化槽も多く、また、簡易掘り込み式簡易トイレの整備も不足しているので、空地、道路側溝や小河川で排泄している住民も多い。

2-2-2 自然条件

（１）気象・水文

カッサラ測候所の気象観測記録と灌漑水資源省カッサラ支所によるガシ川の流量測定結果を基に、調査地の気象と水文について以下に取りまとめて示す。

<気温>

カッサラ市の過去 11 年間（1999 年～2009 年）の月別気温を図 2-2-1 に示す。カッサラ市は「乾燥帯砂漠候帯」に属し、5 月と 10 月に気温のピークが認められる。5 月が最も暑く、月別平均最高気温は約 43℃が記録されている。1 月に最低気温となり月別平均最低気温は約 15℃である。過去 11 年間の月別平均最高気温は 34℃～42℃の範囲であり、月別平均最低気温は 17℃～27℃となっている。

<降雨量>

カッサラ市の年間の降雨パターンは雨期と乾期に明瞭に区分される。雨期は 6～9 月であり、年間降雨量の約 95%がこの間に記録されている。乾期は 10 月～5 月であり、全く降雨が記録されない年もある。図 2-2-2 にカッサラ市の過去 11 年間（1999 年～2009 年）の降雨量を示す。過去 11 年間の年間平均降雨量は 234mm であり、最大年間降雨量は 425mm（2007 年）、最小年間降雨量は 102mm（2009 年）である。

<蒸発量>

カッサラ測候所の蒸発計の過去 11 年間（1999 年～2009 年）の測定記録を図 2-2-3 に示す。これによると年間の平均蒸発量は約 185mm、最大は 197mm（1999 年）、最低は 170mm（2007 年）である。蒸発量は気温の変動パターンに比例して 4 月～5 月および 10 月～11 月の 2 度のピークが認められる。2 度のピークの内、11 月のピークは雨期の 8 月、9 月に蒸発量が減少することから発生している現象であり蒸発量そのものは 4 月、5 月のピーク時の 70%程度である。

<落雷>

カッサラ市の落雷発生数（2001 年～2008 年）を図 2-2-4 に示す。カッサラ測候所および周辺での雷鳴または電光の発生数である。カッサラ市では年間約 36 回程度の落雷（雷鳴・電光）が発生しており、多い年では年 44 回（2001 年）、少ない年でも年間 26 回（2004 年）が記録されている。

<風力>

カッサラ市の月別風力（1999 年～2009 年）を図 2-2-5 に示す。季節により風向が明瞭に分かれ、11 月から 4 月までの乾期は北の風が卓越し、一方 6 月から 8 月の雨期には南の風が卓越する。カッサラ市での月別最大風力は 3m/sec～6m/sec の範囲にあり、最も風力が強くなるのは 1 月と雨期の 7 月および 8 月である。

<水文>

カッサラ市街はガシ川に沿って発達している。周辺の水系は人工改変によって不明瞭になっているが、ガシ川へ流出入する河川はカッサラ山から下流側の市域には認められない。調査地域内には、カッサラ山麓から市域の東端を流下するワジやその他小規模なワジが網目状に不規則に発達している。ガシ川も季節河川（ワジ）であり、ほぼカッサラ市の雨期に相当する期間に流水が認められている。

図 2-2-6 にガシ川の過去 12 年間（1997 年～2009 年、2007 年は未整備）の河川流量を示す。河川流量はカッサラ橋で定期的に測定されているものであり、過去 12 年間の平均流量は $693 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ であり、最大流量は $1,440 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ （2003 年）、最小流量は $236 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ （2008 年）である。ガシ川はカッサラ市から直線距離で約 300km 付近に源流域をもつ長大な河川である。従って、ガシ川の流量とカッサラ市の降雨量とは必ずしも相関関係があるわけではない。

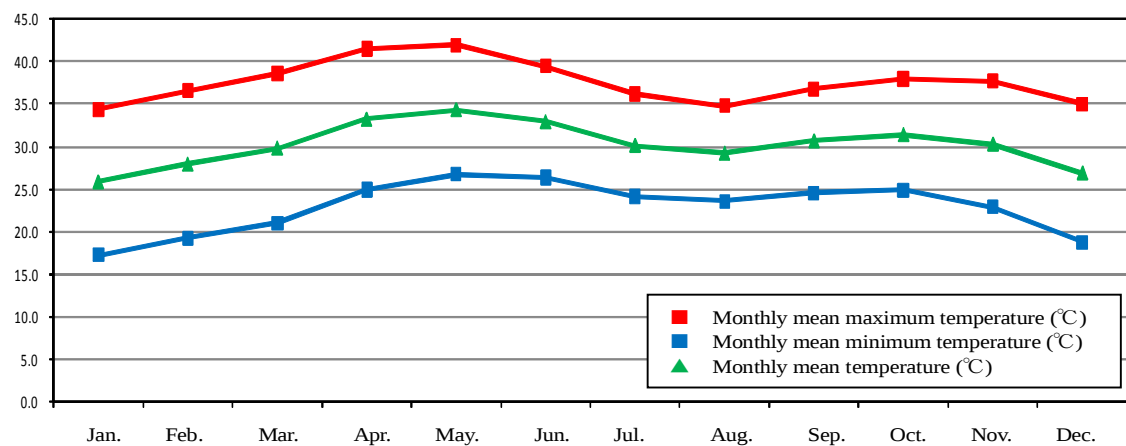


図 2-2-1 カッサラ市の月別気温 (1999 年 ~ 2009 年)

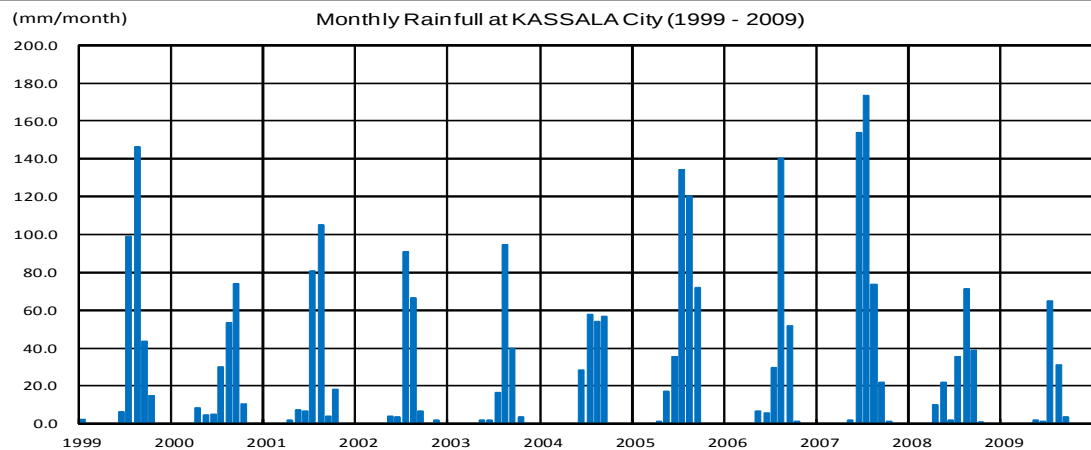


図 2-2-2 カッサラ市の年間降雨量 (1999 年 ~ 2009 年)

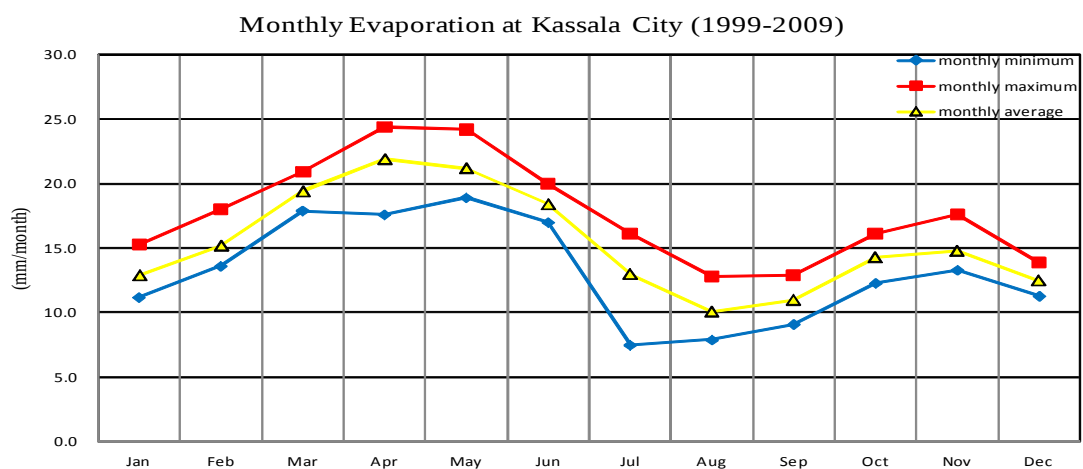


図 2-2-3 カッサラ市の蒸発量 (蒸発計) (1999 年 ~ 2009 年)

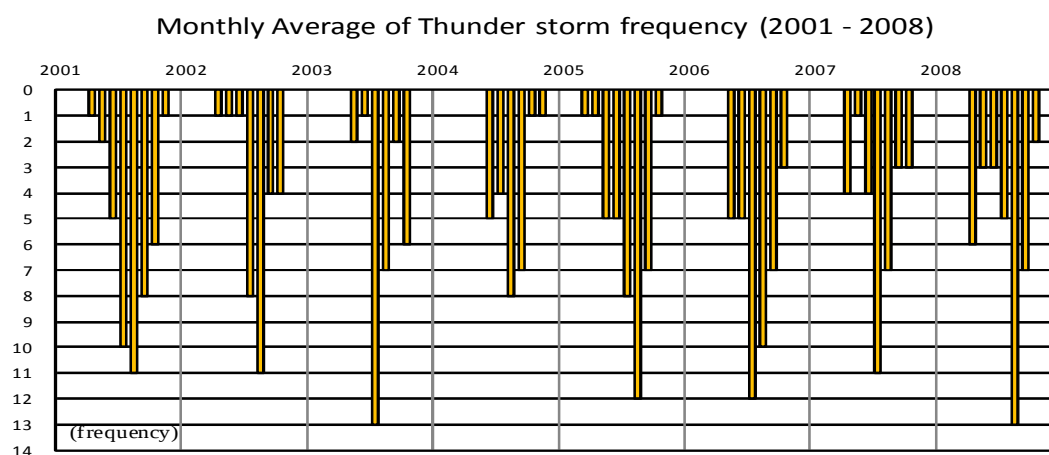


図 2-2-4 カッサラ市の落雷発生数（雷鳴・電光含む）（2001 年～2008 年）

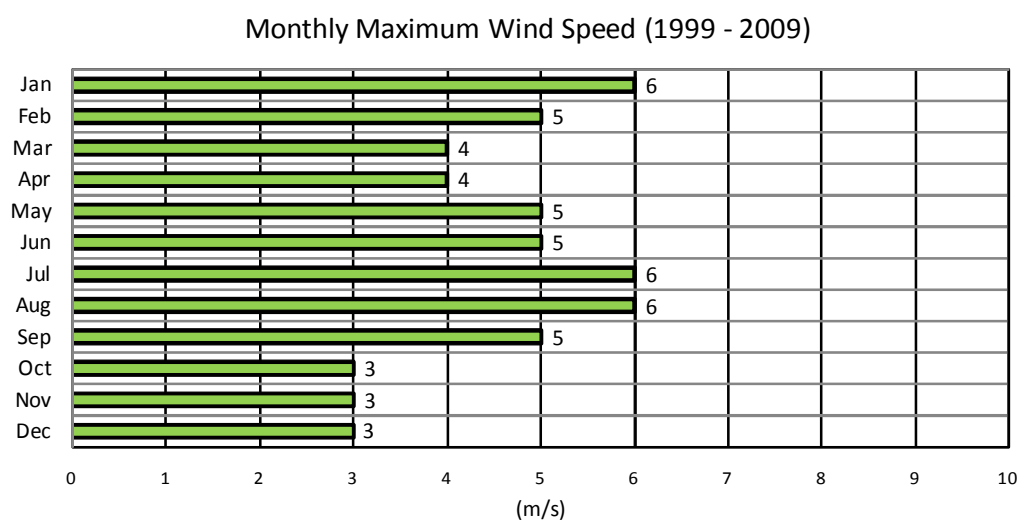


図 2-2-5 カッサラ市の月別風力（1999 年～2009 年）

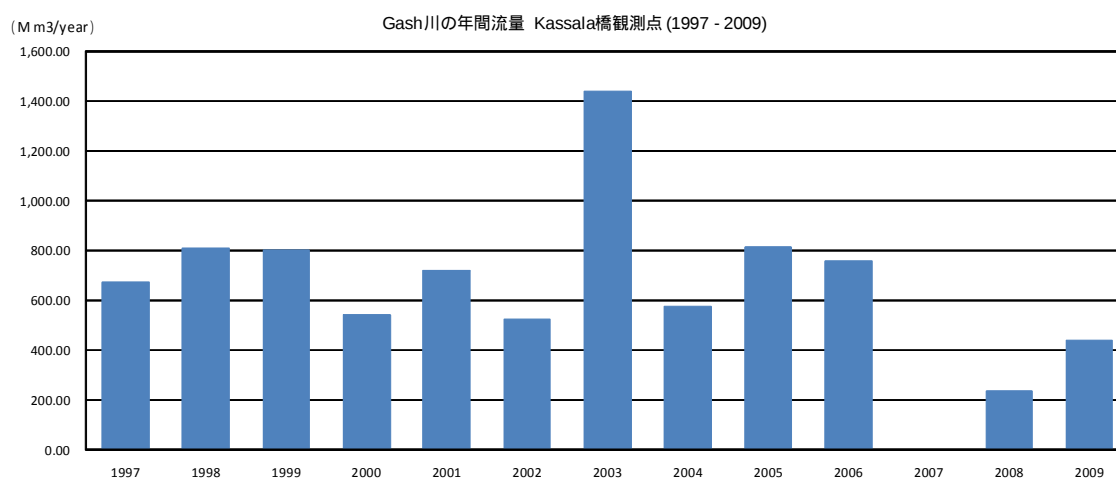


図 2-2-6 ガシ川の年間流量（1997 年～2009 年 / カッサラ橋観測点）

(2) 地形・地質

<地形>

調査地域は標高 500m 前後に位置し、カッサラ橋付近で北緯 15°26'50"、東経 36°23'19"である。東のエリトリア国境までは、最も近い地点で、わずかに 5km 程度に位置する。カッサラ山の北に隣接してモクラム山が位置し、これらの岩山がカッサラ市街域の東の境界となっている（図 2-2-7 参照）。

カッサラ市街域はガシ川の中流域に位置しており、ガシ川の上流から下流に向かって緩やかな傾斜を伴うほぼ平坦な地形となっている。ガシ川に沿っての勾配は約 1/1,450（山麓と橋のベンチマーク（図中 BM-2 と BM-3 で比較）であり、また河床から両岸に向かって標高が低くなっている。したがって、カッサラ山とガシ川の会合点付近を扇頂にして南東から北西に向かって非常に緩やかな傾斜をもつ扇状地となっている。

なお、年間 3cm（灌漑省）とされる河床の堆砂量はガシ川を天井川あるいは天井川に近い状態としている。

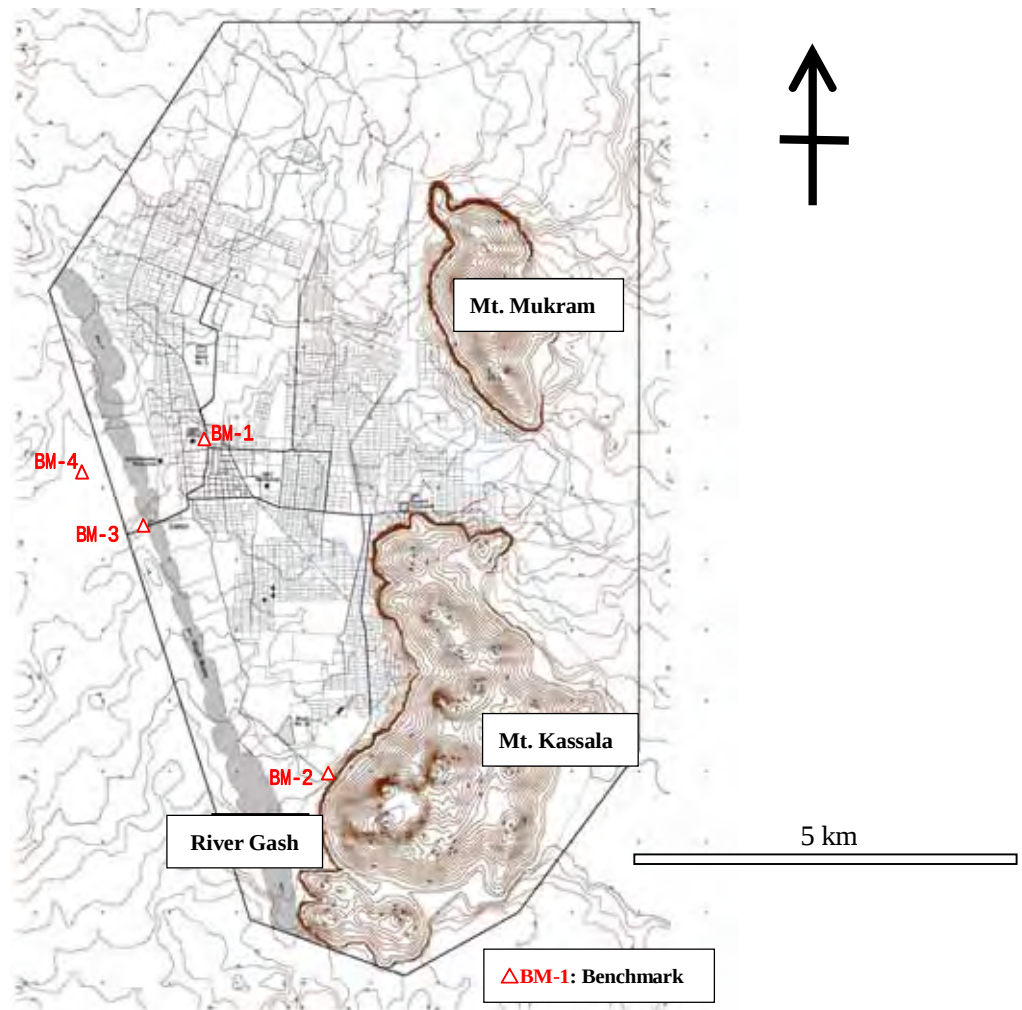


図 2-2-7 調査地域の地形図（衛星写真から調査団作成）

＜地質＞

図 2-2-8 にカッサラ周辺の地質図を示す。河床を含むカッサラ市域にはガシ川の河川堆積物で構成される第四紀の地層が分布している。これらの地層は、先カンブリア紀の花崗岩類、片岩類および片麻岩で構成される基盤岩を覆っている。基盤岩は、急勾配な岩肌を持つカッサラ山、モクラム山の山体として露頭している。基盤岩は風化部と新鮮部とに区分される。試掘結果によると、堆積物直下の基盤岩は、一様に層厚 5m 程度が風化しているようである。

第四紀の河川堆積物は、大きく粘性土・砂質土・礫質土区分され、不規則に互層している。

これらの堆積物の側方への変化は不明瞭である。大きくは地表から砂層・粘土層・砂層・粘土層が卓越した層順であり基盤岩を覆っている。

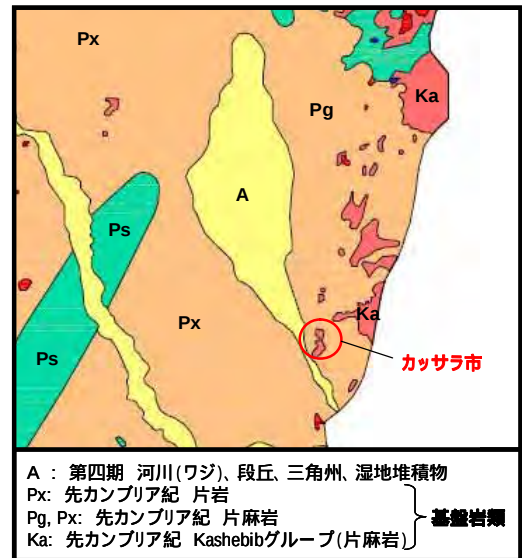


図 2-2-8 カッサラの地質

堆積物はガシ川の下流ほど厚く堆積し、その層厚は、カッサラ山麓では 25m 程度、山麓から下流 1.5km 付近では約 40m、さらに 1km 下流では 50m 程度である。

(3) 水理地質

カッサラ市街域の水源はほぼ 100%を地下水に依存している。地下水の帯水層は、ガシ川による河川堆積物と基盤岩の風化部に求められている（表 2-2-1 参照）。

表 2-2-1 カッサラ地域の帯水層の構成

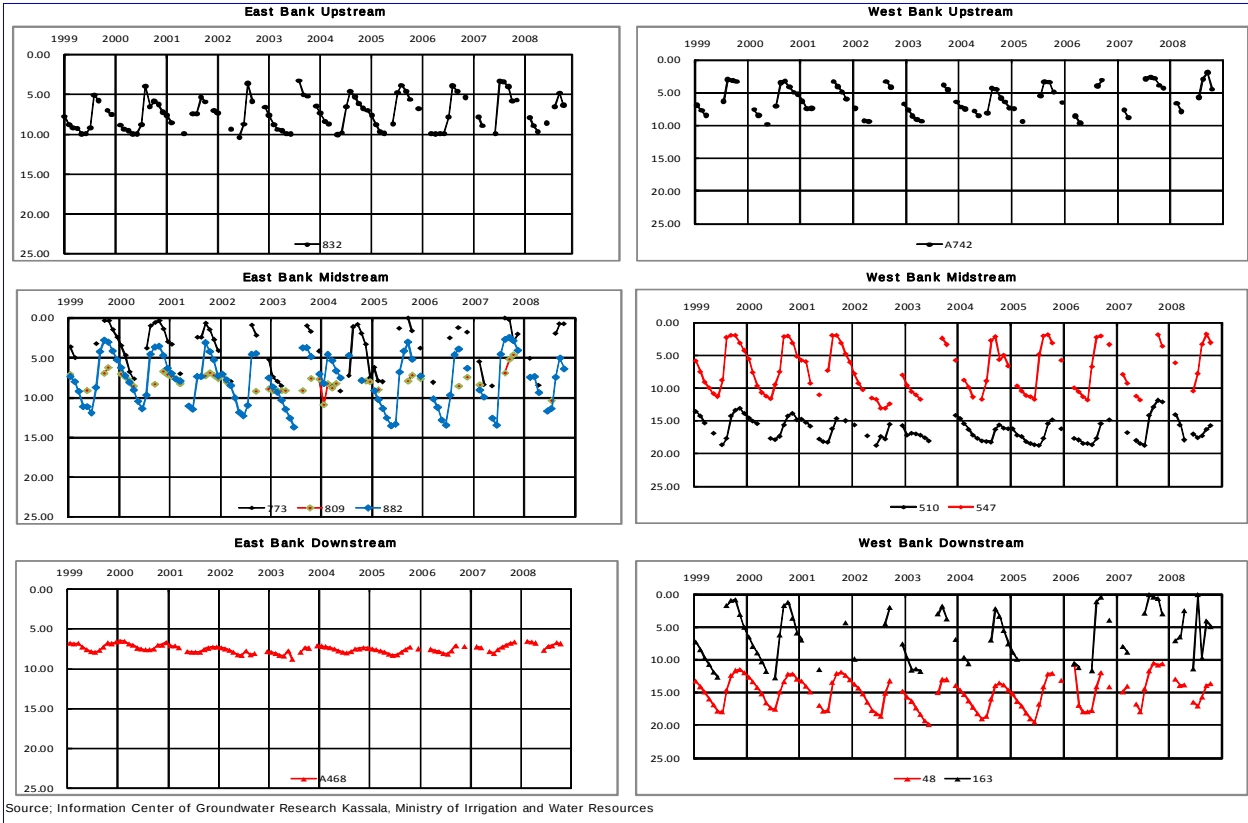
年代	地層名	地質区分	帯水層
第四紀	河川堆積物	粘性土	難透水性で帯水層として採水の対象外
		砂質土	主要な帯水層
		礫質土	
先カンブリア紀	片麻岩 花崗質片岩	風化部	一部では帯水層として利用されている
		新鮮部 (亀裂帯)	利用されていない

調査地域における過去 10 年間（1999 年～2008 年）の地下水位変動を図 2-2-9 に示す。地下水位はガシ川の両岸、市街地の上流・中流・下流から選定した観測井戸の記録である。これらの地下水位には雨期・乾期の年間の季節変動は認められるが、過去 10 年間の経年変化は殆どなく、地下水の利用に対して十分な涵養があることが認められる。

地下水は、主にガシ川から涵養されていると考えられる。地下水変動も乾期の終わりから雨期のピークにかけて、ガシ川の流量が増加するに従って 5m～10m の変化が認められる。ガシ川右岸では、井戸の開発は下流側ほど顕著である。カッサラ山に近い地区では難透水性基盤岩からなるカッサラ山によって上流からの地下水の涵養を抑制している可能性があ

り、必ずしも水理地質条件が良いとは言えない。また、主要な帯水層を構成しているガシ川の堆積物の分布も不規則である。

以上の自然条件から、調査地域内の帯水層の性状は一様ではなく、井戸建設地点の選定には十分留意する必要があるため、詳細設計時に実施する新規の井戸水源開発にあたっては、本調査の試掘調査結果を十分に検討、吟味し、合理的な井戸掘削の位置決めを行うものとする。



Source: Information Center of Groundwater Research Kassala, Ministry of Irrigation and Water Resources

図 2-2-9 カッサラ市周辺の地下水変動（1999 年～2008 年）

（４）物理探査

試掘地点選定ための物理探査は、弾性波探査と電気探査を実施した。調査地域の地質条件では基盤岩とそれを覆う堆積物との間に電気伝導度の明瞭な差異が認められないことから、両層の地質境界を把握する目的で弾性波探査を実施した。また堆積物中の地層区分、すなわち帯水層の検出を目的として電気探査を実施した。調査数量は以下の通りである。

<物理探査数量>

探査方法		調査対象	調査数量
弾性波探査	屈折波法	試掘予定地	7 測線（1 側線/箇所）
	シュランベルジャー法	既存井戸	1 地点
		試掘予定地	16 地点（2 地点/箇所）
電気探査	ウェンナー法	既存井戸	1 地点

地層や帯水層の分布をより正確に把握するため、地質柱状図が残されている既存井戸地点においてキャリブレーションを目的として電気探査実施し、既存井戸の地層分布や帯水層位置と電気探査から得られる比抵抗層との整合を取った。

試掘井戸計画地点において、基盤岩の分布深度の確認を目的とした弾性波探査 7 測線と地質および帯水層の分布確認を目的とした電気探査 16 地点（2 地点/1 試掘建設用地）を実施した。調査位置を図 2-2-10 に示す。



図 2-2-10 物理探査位置

＜キャリブレーション結果＞

既存井戸で電気探査を実施し帯水層と比抵抗値の関係に関して以下のことが確認された。

- ① 既存井戸における帯水層は GL-27.5～41m であり、シュランベルジャー法での探査結果がウェンナー法での結果より帯水層の比抵抗値の特徴を反映した結果となっている。
 - ② 一般に砂層の帯水層は、比抵抗値が 100～700Ω-m 程度とされており、当地点でも 360Ω-m となっている。
- ①、②から、試掘井戸計画地点での電気探査はシュランベルジャー法を採用した。

＜物理探査結果＞

探査結果をもとに調査地の地質構造を以下のように推測し試掘井戸計画に反映した。(図 2-2-11 を参照こと)

- ① 沖積層の砂質土および粘性土の弾性波速度は 1.2～1.7km/sec 程度である。
- ② 弾性波速度分布図の 1.5km/sec のライン付近までは堆積物が分布し、以深に風化土～新鮮岩へと変化する基盤が分布する。
- ③ 新規浄水場建設用地内では基盤が深度 20m 付近に分布している。試掘井戸 TW-7 の試掘結果では深度 24m 付近に基盤が出現しており、弾性波探査結果は地質構造をほぼ反映している。
- ④ 堆積層と基盤との境界は上流から下流に向かって深くなる。
- ⑤ 堆積層と基盤との境界付近での比抵抗値は、試掘井戸 TW-2、TW-3、TW-7 では 100Ω-m 以下であり、粘性土層が厚く分布すると考えられる。TW-4 より南方では比較的良好な帯水層として期待できる 100～800Ω-m 程度の値を示す比抵抗層が厚く分布している。

井戸試掘結果においても、TW-2、TW-3、TW-7 では地表から基盤岩までに粘土が卓越した地層が分布していることが確認されており、電気探査とよく整合した結果が得られている。

(5) 試掘・水質調査

本調査の第1次現地調査(2011年7月～9月)の試掘井戸調査の結果、7本の試掘井戸の内、TW-1、TW-4、TW-5、TW-6の4孔の試掘井戸が水源井戸として転用できることが明らかになった。第2次現地調査(2011年10月～11月)では、これらの井戸の乾期における評価と新規水源井戸計画のためのデータ収集を目的に揚水試験を実施した。

以下に、試掘井戸の揚水試験結果と、これら試掘井戸の近傍に位置する農業用井戸における揚水試験結果を以下にとりまとめて示す。なお、試掘井戸揚水試験は現地再委託で実施した。

＜調査数量＞

試験井戸の概要と調査数量を表 2-2-2 に示す。

試験井戸： 7 井

揚水試験： 第 1 次調査 7 井、第 2 次調査 4 井

水質試験： 第 1 次調査 4 井（3 井は水量が乏しく水源井戸として利用できない。）

表 2-2-2 試験井戸の概要と調査数量

井戸番号	掘削深度／ 静水位* GL- m	帯水層と考えられる 深度と土質	スクリー ン深度 GL- m	帯水層の評価	揚水試験数量	
					本孔 第 1 次/上 第 2 次/下	既存井戸
TW-1	28.07/9.14	GL-10～20m: 砂質土層 GL-20～26m: 風化岩 (砂礫状)	14.39～ 26.07	砂質土層中の礫分は少なく粗砂を主体とする帯水層と考えられる。風化基盤岩は砂礫状で粘土分が少ないため帯水層と評価できる。	1	なし
TW-2	29.00/10.22	GL-12～18m: 砂質土層 GL-23～27m: 風化岩 (砂礫状)	13.82～ 25.50	砂質土層は粘土分を多く含む。風化基盤岩の透水係数は高いと考えられるが、層厚が薄い。帯水層が乏しい。	1 —	— —
TW-3	30.40/7.85	GL-23～25m: 砂礫層 (細粒分含む)	23.00～ 28.84	表層から基盤岩まで粘性土を主体とし、挟在する砂礫層も粘土分を含む。良好な帯水層は認められない。	1 —	— —
TW-4	38.00/10.66	GL-10～21m: 礫質土層 GL-24～26m: 礫質土層 GL-30～32m: 風化岩 (砂質土状)	14.64～ 20.48、 26.03～ 31.87	厚い砂礫層が良好な帯水層となっていると考えられる。また、風化基盤岩の上部は礫質土状で、帯水層と評価できる。	1 1	1 1
TW-5	51.30/12.93	GL-26～34m: 礫質土 ～砂質土層 GL-37～40m: 砂礫層 GL-41～51m: 風化岩 (礫質土状)	32.20～ 38.04、 43.58～ 49.42	礫質～砂質土層が厚いものの、層厚数m程度の粘性土層で帯水層が限られている可能性がある。風化基盤岩は礫質土状で帯水層と評価できる。	1 1	1 1
TW-6	25.40/6.33	GL-10～17: 砂質土 ～礫質土層	11.00～ 16.84	砂質土～礫質土層が7m程度続き良好な帯水層となっている。下部は粘土分の含有量が多く透水性が低くなっている可能性がある。風化基盤岩は層厚が薄く、凸状である。	1 1	1 1
TW-7	28.30/9.24	GL-20～22m: 礫質土層 (細粒分含む)	12.14～ 23.82	表層から基盤岩まで粘土分を含む地層が優勢で、礫質土中も粘土分が多く良好な帯水層は認められない。	1 —	— —

注：*「静水位」は井戸完成時の観測結果。11月の揚水試験時は後述する。

<調査位置>

試掘調査位置は図 2-2-11 に示すとおりである。

試掘井戸の内 3 井（TW-1,TW-2,TW-7）が新浄水場建設地点の敷地内で掘削し、残りの 4 井（TW-3,TW-4,TW-5,TW-6）は、ガシ川堤防道路に沿って施工した。これらの井戸建設用地は SWC によって準備された公用地であり、河川に沿って上下流方向に約 4km の範囲が候補地とされていた。試掘地点はこの範囲をカバーできるよう選定した。

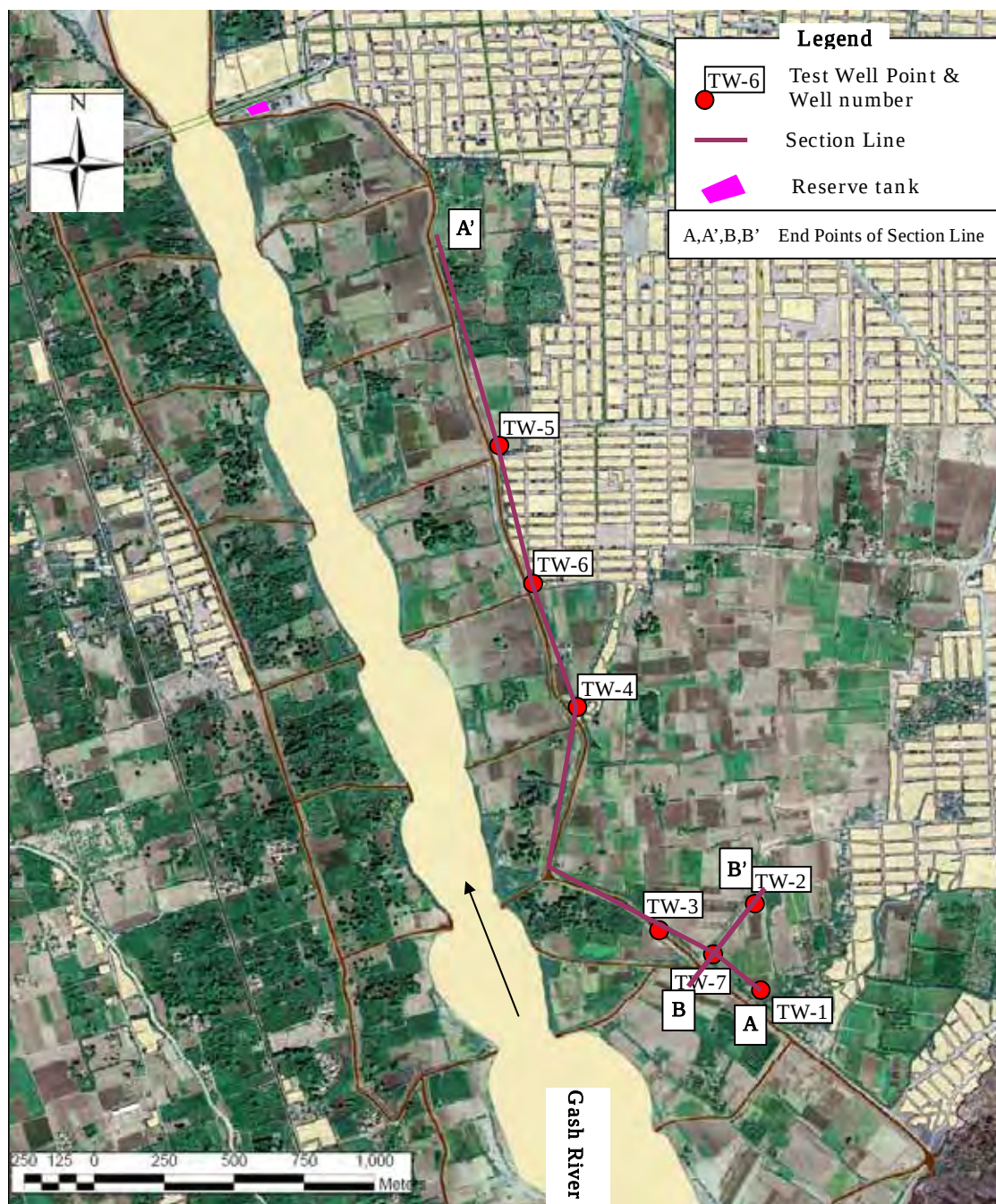


図 2-2-11 試掘調査位置図

＜揚水試験結果＞

表 2-2-3 は第 1 次調査揚水試験結果から試掘地点の帯水層の状況を取りまとめたものである。表 2-2-4 および表 2-2-5 は第 1 次調査（8 月～9 月）と第 2 次調査（11 月）で実施した揚水試験結果の比較である。また、図 2-2-12 は試掘柱状図を基に作成した調査地の地質断面図である。試掘調査結果から、ガシ川堤防沿いの水源開発ポテンシャルは、以下のようにまとめることができる。

- ① TW-4 以北では、TW-6 のように局所的に基盤岩が浅く出現する可能性があるものの、新浄水場建設予定地付近に比べて基盤深度が深く、堆積層の透水性が高く、水源開発ポテンシャルは高い。
- ② TW-6 付近は基盤が周辺より浅く凸状となっている。風化基盤岩も周辺の 5m に対し 3m と、深部での帯水層が周辺よりも薄い。乾期の水位降下時の揚水量に特に留意する必要がある。
- ③ TW-7～TW-3 周辺では、透水係数が小さく、水源開発ポテンシャルは低い。揚水時に水位降下が大きく連続した揚水が不可能であった。
- ④ TW-1 より南方では、基盤岩が浅くなり堆積層厚が薄いものの、粗砂主体の砂層と砂礫状の風化岩が存在するため、水源開発ポテンシャルが高いと考えられる。
- ⑤ 堤防は概ね南北方向に伸びているが、堤防沿いの水源開発ポテンシャルは南から北に向けて、中－低－高と推移する傾向にあると考えられる。
- ⑥ 限界揚水量は、TW-6 では第 1 次調査も第 2 次調査も同じ $44\text{m}^3/\text{時}$ であった。その他の井戸は第 1 次調査では限界揚水量が認められずポンプ能力の限界であった $60\text{m}^3/\text{時} \sim 65\text{m}^3/\text{時}$ を限界揚水量としたが、第 2 次調査では限界揚水量 $44\text{m}^3/\text{時} \sim 49\text{m}^3/\text{時}$ が認められた。

TW-1 の限界揚水量 $44\text{m}^3/\text{時}$ （8 月の試験では $65\text{m}^3/\text{時}$ 以上と評価）

TW-4 の限界揚水量 $49\text{m}^3/\text{時}$ （8 月の試験では $60\text{m}^3/\text{時}$ 以上と評価）

TW-5 の限界揚水量 $44\text{m}^3/\text{時}$ （8 月の試験では $60\text{m}^3/\text{時}$ 以上と評価）

TW-6 の限界揚水量 $44\text{m}^3/\text{時}$ （9 月の試験では $44\text{m}^3/\text{時}$ と評価）前回と同じ

TW-6 は第 1 次調査時の段階揚水試験では $44\text{m}^3/\text{時}$ まで揚水できたが、仮揚水試験時に最大 $17\text{m}^3/\text{時}$ 程度しか揚水できなかったため安全性を考慮して仮揚水試験時の最大揚水量を採用して水源開発量を算定した。しかし、今回の第 2 次調査揚水試験でも揚水量 $44\text{m}^3/\text{時}$ が確認できたことから、これを限界揚水量とする。

- ⑦ 連続揚水試験時の揚水量は限界揚水量の約 70%を目安にした。各孔ともほぼこれに相当する水量で地下水位が安定し、連続して揚水することが可能であった。
- ⑧ 静水位は TW-6 で 11 月に低下したものの、その他の井戸では上昇した。この傾向は既存井戸の観測記録からも確認でき、9 月、10 月に地下水位がピークとなり、7 月から 8 月は上昇期、11 月は下降期であり 8 月よりは水位が高くなる場所もある。各井戸の静水位の変化は以下の通りである。

TW-1 は 8 月から 11 月にかけて 3.51m 上昇
TW-4 は 8 月から 11 月にかけて 2.42m 上昇
TW-5 は 8 月から 11 月にかけて 2.09m 上昇
TW-6 は 8 月から 11 月にかけて 0.41m 下降

- ⑨ 比湧出量をみると、TW-5 だけが 11 月に増加している。TW-4 は約 3%の減少でほぼ同じである。その他の井戸はいずれも減少している。明瞭な要因は認められないが、揚水量の相違など測定誤差や、地下水位の上昇期（8 月）と下降期（11 月）などの条件の相違が考えられる。比湧出量は連続揚水試験の水位変化と揚水量から算定した。

TW-1 は 8 月から 11 月にかけて約 25%減少（揚水量が約 2.5 倍の差がある）
TW-4 は 8 月から 11 月にかけて約 3%減少（ほぼ変化ない）
TW-5 は 8 月から 11 月にかけて約 33%増加（揚水量が 1.3 倍の差、水位が上昇）
TW-6 は 8 月から 11 月にかけて約 45%減少（揚水量が多少多く、静水位も低下）

- ⑩ 適正揚水量は、8 月～9 月の雨期の試験時には限界揚水量が認められず最大揚水量を限界揚水量とし、さらに地下水位の季節変動を考慮して安全側に適正揚水量を算定した。

第 1 次揚水試験結果：

適正揚水量＝限界揚水量×0.7×0.85

ここで、0.7 「水道設計指針」JWWA（日本水道協会）
0.85 雨期・乾期の流量変化率 15%,調査団による 5 月と 9 月の既存水源井戸の超音波流量計による測定結果より

11 月の試験では全ての試験井戸で限界揚水量が認められ既存の水源井戸とほぼ同等の揚水量であることが確認できた。よって、水道設計指針の適正揚水量の算定方法に従って適正揚水量を算定した。

第 2 次揚水試験結果（基本設計に採用する限界揚水量と適正揚水量）：

適正揚水量＝限界揚水量×0.7

ここで、0.7 「水道設計指針」JWWA（日本水道協会）

試験井戸の適正揚水量は以下の通りとなる。

TW-1 の適正揚水量 30m³/時（限界揚水量 44 m³/時）
TW-4 の適正揚水量 34m³/時（限界揚水量 49 m³/時）
TW-5 の適正揚水量 30m³/時（限界揚水量 44 m³/時）
TW-6 の適正揚水量 30m³/時（限界揚水量 44 m³/時）

- ⑪ 透水量係数は 8 月、9 月の調査結果と同オーダーであり、大きな差異は認められない。
- ⑫ 透水係数は 8 月、9 月の調査結果と同オーダーである、大きな差異は認められない。
- ⑬ 貯留係数は TW-4 でやや大きくなり、TW-1、TW-5 および TW-6 ではやや小さな値となっているが、オーダー的には大きな変化は認められない。

表 2-2-3 帯水層に関する評価一覧

井戸番号	掘削深度／ 静水位 GL- m	帯水層と考えられる深度 と土質	スクリーン 深度 GL- m	帯水層の評価
TW-1	28.07/9.14	GL-10～20m：砂質土層 GL-20～26m：風化岩(砂 礫状)	14.39～26.07	砂質土層中の礫分は少ないが、粗砂を 主体とするため帯水層と考えられる。ま た、風化基盤岩は砂礫状で粘土化成分 が少ないため帯水層と評価できる。
TW-2	29.00/10.22	GL-12～18m：砂質土層 GL-23～27m：風化岩(砂 礫状)	13.82～25.50	砂質土層は細粒分を多く含んでいる。 風化基盤岩の透水係数は高いと考えら れるが、層厚が薄い。良好な帯水層に 乏しい。
TW-3	30.40/7.85	GL-23～25m：砂礫層(細 粒分含む)	23.00～28.84	表層から基盤岩まで粘性土を主体と し、挟在する砂礫層も細粒分を含むた め、良好な帯水層は認められない。
TW-4	38.00/10.66	GL-10～21m：礫質土層 GL-24～26m：礫質土層 GL-30～32m：風化岩(砂 質土状)	14.64～20.48 26.03～31.87	厚い砂礫層が良好な帯水層となってい ると考えられる。また、風化基盤岩の 上部は礫質土状で、帯水層と評価でき る。
TW-5	51.30/12.93	GL-26～34m：礫質土～ 砂質土層 GL-37～40m：砂礫層 GL-41～51m：風化岩(礫 質土状)	32.20～38.04 43.58～49.42	礫質～砂質土層が厚いものの、層厚数 m程度の粘性土層で帯水層が限られて いる可能性がある。風化基盤岩は礫質 土状で帯水層と評価できる。
TW-6	25.40/6.33	GL-10～17：砂質土～礫 質土層	11.00～16.84	砂質土～礫質土層が 7m 程度続き、良 好な帯水層となっている。下部は細粒 分の含有量が多くなり、透水性が低く なっている可能性がある。風化基盤岩 は層厚が薄く、凸状である。
TW-7	28.30/9.24	GL-20～22m：礫質土層 (細粒分含む)	12.14～23.82	表層から基盤岩まで細粒分を含む土層 が優勢で、礫質土中にも細粒分が多く 含まれるため、良好な帯水層は認めら れない。

表 2-2-4 第 1 次と第 2 次揚水試験結果の適正揚水量の比較

井戸 番号	試験日 網掛け第 2 次	限界 揚水量 (m ³ /時) ①	暫定 揚水量 (m ³ /時) ②	静水位 (GL- m) ③	動水位 (GL- m) ④	水位 降下 (m) ⑤	比湧 出量 (m ³ /日/m) ⑥	適正 揚水量 (m ³ /時) ⑦
TW-1	2010.8.22	>65	13	9.14	10.11	0.97	321	38
TW-1	2010.11.10	<44	34	5.63	9.04	3.41	239	30
TW-4	2010.8.18	>60	32	8.35	8.85	0.50	1,536	35
TW-4	2010.11.8	<49	33	5.93	6.46	0.53	1,494	34
TW-5	2010.8.14	>60	42	10.95	12.73	1.78	566	35
TW-5	2010.11.8	<44	32	8.86	9.44	0.58	1,324	30
TW-6	2010.9.20	44	32	6.18	6.57	0.39	1,969	26
TW-6	2010.11.10	44	33	6.59	7.32	0.73	1,085	30

①：限界揚水量は段階揚水試験結果より決定。

②：暫定揚水量は、連続揚水試験の揚水量で①の70%程度を目安とした。TW-1の8月の揚水量は
資機材の調子を考慮した。

③、④：静水位および動水位は連続揚水試験の値。

⑤：水位降下＝④－③

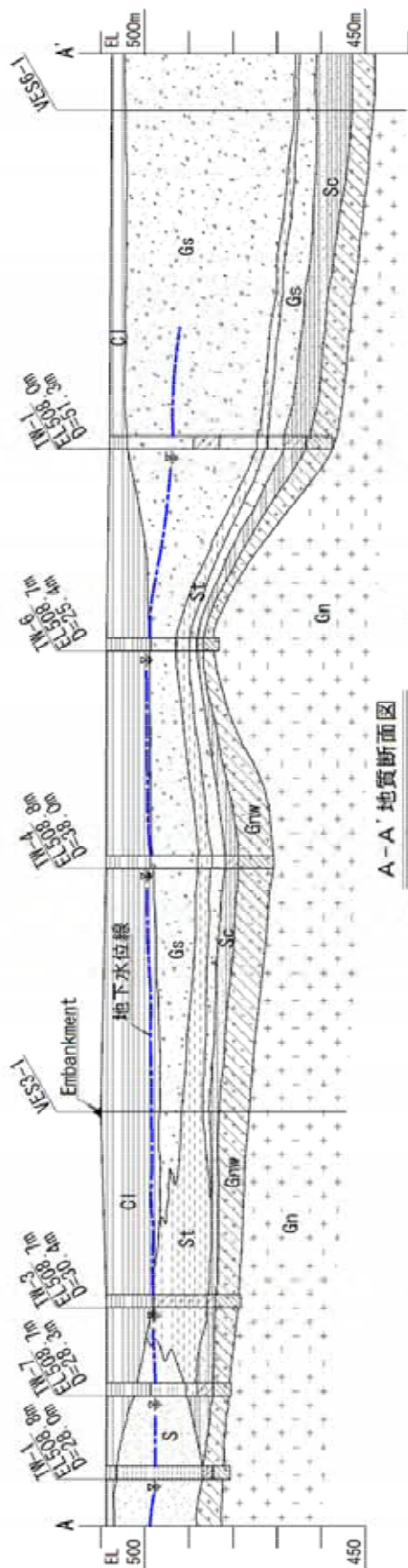
⑥：比湧出量＝②×24 時間÷⑤

⑦：8 月、9 月の適正揚水量＝限界揚水量×0.7×0.85

11 月の適正揚水量＝限界揚水量×0.7

表 2-2-5 第 1 次と第 2 次揚水試験結果の水力定数の比較

井戸番号	試験日 網掛が第 2 次	透水量係数(T) (m^2/s)	透水係数(k) (cm/s)	貯留係数(s)
TW-1	2010.8.22	1.33×10^{-3}	1.13×10^{-2}	4.64×10^{-1}
TW-1	2010.11.10	2.60×10^{-3}	2.22×10^{-2}	1.27×10^{-2}
TW-4	2010.8.18	1.59×10^{-2}	1.36×10^{-1}	1.61×10^{-6}
TW-4	2010.11.8	3.31×10^{-2}	2.83×10^{-1}	2.22×10^{-3}
TW-5	2010.8.14	6.15×10^{-3}	5.25×10^{-2}	4.89×10^{-3}
TW-5	2010.11.8	2.68×10^{-2}	2.29×10^{-1}	1.94×10^{-6}
TW-6	2010.9.20	2.03×10^{-2}	3.48×10^{-1}	3.67×10^{-2}
TW-6	2010.11.10	1.82×10^{-2}	3.12×10^{-1}	1.29×10^{-3}



A-A' 地質断面図

(断面位置は図2-2-11中に
Section Lineとして記載している)



地質断面図凡例

- CI 粘土層
- St 粘土混りシルト層
- Sc 粘土・シルト混り砂層
- S 砂層
- Gs 砂礫層
- Grw 基盤岩風化層
- Gn 基盤岩 (花崗片麻岩)
- 地下水水位線

地質調査資料凡例

- 試掘井戸番号
- 孔口標高
- 孔深度
- 孔内地下水位
- 粘土層
- 砂礫層
- シルト層
- 粘土・シルト混り砂層
- 砂層
- 基盤岩風化層
- 電気調査位置
地点番号

断面位置は図2-2-11中の断面線参照

(断面位置は図2-2-11中に
Section Lineとして記載している)

図 2-2-12 試掘調査結果に基づく地質断面図

＜試掘井戸の水質試験結果＞

水質試験は、各試掘井において揚水試験の過程で採取した地下水試料を用いて実施した。水質試験は SSMO(Sudanese Standards and Metrology Organization)の飲料水水質基準（2007 年度）に示されている項目に準拠した。ただし、殺虫剤（Pesticides）、殺菌剤およびその副産物(Disinfectants and disinfectants byproduct)、放射線(Radioactivity)については、調査地では汚染の可能性がほとんど考えられないために項目から除いた。また、一部の有機化学物質については、試験可能な機関がなく、加えて、調査地での汚染の可能性がほとんど無いと考えられるために実施しなかった。

SSMO の基準値および試験結果を表 2-2-6 にまとめる。

水質試験の結果、実施した全ての項目について、SSMO の基準値を下回る結果が得られ、水質に問題が全く無いことが明らかになった。

農薬による汚染について評価するために、本調査で試掘した井戸のうち最も下流にある TW-5 から得た地下水で、代表的な項目について水質試験を行った。その結果は表 2-2-7 に示す通りで、いずれの項目も検出限界未満であった。

表 2-2-6 試掘井から揚水された地下水の水質試験結果

	Parameters		SSMO 基準	試験結果 mg/l (下段:井戸番号と採水日)						
				TW-1 (11Aug)	TW-2	TW-3	TW-4 (18Aug)	TW-5 (15Aug)	TW-6 (20Sep)	TW-7
Organism	E-coli	大腸菌	Not detected	N/D	--	--	N/D	N/D	N/D	--
Inorganic Chemical	Antimony (Sb)	アンチモン	0.013 mg/l	>0.0002	--	--	>0.0002	>0.0002	--	--
	Arsenic (As)	砒素	0.007 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	Barium (Ba)	バリウム	0.5 mg/l	>0.05	--	--	>0.05	>0.05	--	--
	Boron (B)	ホウ素	0.33 mg/l	0.03	--	--	0.03	0.02	--	--
	Cadmium (Cd)	カドミウム	0.002 mg/l	>0.0005	--	--	>0.0005	>0.0005	>0.0005	--
	Chromium (Total) (Cr)	総クロム	0.033 mg/l	>0.002	--	--	>0.002	>0.002	>0.002	--
	Copper (Cu)	銅	1.5 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	>0.001	--
	Cyanide	シアン化物	0.05 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	Fluoride (F)	フッ化物	1.5 mg/l	0.44	--	--	0.24	0.56	0.52	--
	Lead (Pd)	鉛	0.007 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	Manganeses (Mn)	マンガン	0.27 mg/l	0.030	--	--	0.028	0.024	0.026	--
	Mercury (for inorganic Mercury)	水銀(無機)	0.004 mg/l	>0.00005	--	--	>0.00005	>0.00005	--	--
	Molybdenum (Mo)	モリブデン	0.05 mg/l	>0.007	--	--	>0.007	>0.007	--	--
	Nickel (Ni)	ニッケル	0.05 mg/l	>0.004	--	--	>0.004	>0.004	>0.004	--
	Nitrate (NO ₃)	硝酸	50 mg/l	2.42	--	--	7.52	6.5	6.0	--
	Nitrite (NO ₂)	亜硝酸	2 mg/l	0.03	--	--	0.00	0.00	0.013	--
	Selenium (Se)	セレン	0.007 mg/l	0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	Uranium	ウラニウム	0.01 mg/l	0.0016	--	--	0.0005	0.0004	--	--
Organic chemical	Carbon tetrachloride	四塩化炭素	0.0027 mg/l	>0.0002	--	--	>0.0002	>0.0002	--	--
	Dichloroethane	ジクロロエタン	0.014 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	1,2-Dichloroethane	1,2-ジクロロエタン	0.020 mg/l	>0.0004	--	--	>0.0004	>0.0004	--	--
	1,2 Dichloroethene	1,2-ジクロロエチレン	0.033 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	Trichloroethene	トリクロロエチレン	0.013 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	Tetra chloroethene	テトラクロロエチレン	0.027 mg/l	>0.0005	--	--	>0.0005	>0.0005	--	--
	Benzene	ベンゼン	0.007 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	Toluene	トルエン	0.470 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	Xylenes	キシレン	0.330 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	Ethyl benzene	エチルベンゼン	0.200 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	Styrene	スチレン	0.013 mg/l	>0.0002	--	--	>0.0002	>0.0002	--	--
	1,2 Dichlorobenzene	1,2-ジクロロベンゼン	0.700 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	1,4 Dichlorobenzene	1,4-ジクロロベンゼン	0.200 mg/l	>0.001	--	--	>0.001	>0.001	--	--
	Di (2-ethylexyl) phthalate	フタル酸ジ 2-エチルヘキシル	0.0054 mg/l	>0.0025	--	--	>0.0025	>0.0025	--	--
	Acrylamide	アクリルアミド	0.0003 mg/l	>0.00005	--	--	>0.00005	>0.00005	--	--
	Epichlorohydrine	エピクロロヒドリン	0.0003 mg/l	>0.0002	--	--	>0.0002	>0.0002	--	--
	Edetic acid (EDTA)	EDTA	0.400 mg/l	>0.0005	--	--	>0.0005	>0.0005	--	--
	Hexachlorobutadiene	ヘキサクロロブタジエン	0.0004 mg/l	>0.0001	--	--	>0.0001	>0.0001	--	--
	Dioxane	1,4-ジオキサン	0.033 mg/l	>0.005	--	--	>0.005	>0.005	--	--
Physical Parameters	Turbidity	濁度	5NTU	0.35	--	--	1.15	2.15	0.39	--
	Colour	色度	15TCU	Colorless	--	--	Colorless	Colorless	Colorless	--
	Odour	臭気	Acceptable	Odorless	--	--	Odorless	Odorless	Odorless	--
	Taste	味	Acceptable	Acceptable	--	--	Acceptable	Acceptable	Acceptable	--
	Temperature	温度	Acceptable	29.8°C	--	--	28.9°C	28.3°C	29.1	--
	pH	pH	6.5-8.5	7.7	--	--	7.8	7.9	8.0	--
	Electric conductivity	電気伝導度	--	362	--	--	335	288	328	--
Inorganic Constituents	Aluminium	アルミニウム	0.13 mg/l	>0.01	--	--	0.07	0.06	--	--
	Ammonia	アンモニア	1.5 mg/l	0.00	--	--	0.00	0.00	0.00	--
	Chloride (Cl)	塩化物	250 mg/l	1.60	--	--	2.20	1.80	14.22	--
	Hydrogen sulfide	硫化水素	0.05 mg/l	>0.05	--	--	>0.05	>0.05	--	--
	Iron (Total)	総鉄	0.3 mg/l	0.067	--	--	0.019	0.067	0.013	--
	Sodium (Na)	ナトリウム	250 mg/l	20.24	--	--	15.88	20.86	45.00	--
	Sulfate (SO ₄)	硫酸	250 mg/l	22.0	--	--	15.2	13.9	15.4	--
	TDS	TDS	1000 mg/l	220	--	--	196	178	196	--
Organic Constituents	Zinc (Zn)	亜鉛	3 mg/l	0.261	--	--	0.010	0.153	0.030	--
	2-Chlorophenol	2-クロロフェノール	0.005 mg/l	>0.0005	--	--	>0.0005	>0.0005	--	--
	2,4-Dichlorophenol	2,4-クロロフェノール	0.002 mg/l	>0.0005	--	--	>0.0005	>0.0005	--	--

N/D: Not detected

表 2-2-7 農薬に関する水質試験結果

試験項目		試掘井番号	結 果	分析方法 (固相抽出)
Carbaryl	カルバリル	TW-5	0.0005mg/l 未満	LC/MS 法
Benomyl	ベノミル	TW-5	0.0002mg/l 未満	LC/MS 法
Malathion	マラチオン	TW-5	0.0005mg/l 未満	LC/MS 法
Diazinon	ダイアジノン	TW-5	0.00005mg/l 未満	LC/MS 法

<近傍農業井戸への影響>

SWC、灌漑農業省など井戸開発に係わる関係諸機関の間では、カッサラ州内で飲料水用井戸を新規に建設するためには既存の農業井戸への影響を考慮し次の条件を満足しなければならないという合意ができています。

- ① 飲料水用井戸の半径 125m 以内の既設農業井戸に影響評価の対象とする。
- ② 既設農業井戸の揚水量が落ちるなどの影響が認められた場合は、新たに井戸を掘削するなどの補償を行う。

一方、過剰揚水を規制する目的で、カッサラ州政府は農業井戸の設置について以下の規制を設けている。

- ① 設置面積 : $8 \times 4200 \text{m}^2$ に 1 本の井戸が設置可能
- ② 井戸ポンプ : 最大揚水量 6,000 英ガロン/時 (=27.28 m^3 /時)、最大直径 3 インチ
- ③ 井戸形状 : 最大スクリーン径 8 インチ

今回掘削した試掘井の近傍に存在するいくつかの既存農業井戸に対して、本調査の試掘井の揚水試験を行う過程でその影響を確認した。この影響調査は試掘井の揚水試験を実施中に対象となる既存農業井戸の揚水量を測定し、その変化を観測した。

表 2-2-8 に影響調査の結果を示す。影響調査の結果、既存農業井戸の揚水量に大きな変化は認められず、本調査の試掘井が近傍の農業井戸に与える影響はないことが確認された。

表 2-2-8 近傍農業井戸への影響

試掘井 番号	半径 125m 以内 の農業井戸	影響調査の対象井戸 (距離)	揚水量と試験日()内		影響評価
			揚水試験前	揚水試験中	
TW-1	なし	--	--	--	--
TW-2	なし	--	--	--	--
TW-3	なし	--	--	--	--
TW-4	なし	最短井戸 (130m)	27 m^3 /時(3 Aug)	41 m^3 /時(17Aug)	影響なし
TW-5	あり	最短井戸 (55m)	22 m^3 /時(14Aug)	28 m^3 /時(15Aug)	影響なし
TW-6	なし	最短井戸 (135m)	33 m^3 /時(30Aug)	31 m^3 /時(19Sep)	影響なし
TW-7	なし	--	--	--	--

＜試掘井の生産井としての評価＞

上記の調査結果を総合し今回掘削した7孔の試掘井について、生産井への転用について評価する。調査結果を総合すると、今回調査した試掘井の評価結果は表 2-2-9 に示すとおりであり、TW-1、TW-4、TW-5 および TW-6 の4孔は生産井として飲料用地下水を採取することに問題が無いと評価できる。

一方、TW-2、TW-3、TW-7 の3孔は、12m³/時 程度の揚水量で5～10 分程度ポンプを稼働させただけで水位が完全に降下し連続揚水が不可能となった。加えて、井戸洗浄を繰り返しても、揚水量が少ないために濁りが取れず、水質試験用の試料が採取できなかった。

このような結果から、TW-2、TW-3、TW-7 の孔は生産井への転用はできないと判断した。

なお、TW-6 は、8 月の揚水試験結果では限界揚水量 44m³/時が得られていたものの、仮揚水の初期の段階では限界揚水量が 17m³/時であった。また、掘削地点の地質構造が周辺と比べて基盤岩が浅く、帯水層が薄いことを考慮して、限界揚水量を安全側に 17m³/時として給水計画を実施した。しかし、今回の揚水試験でも限界揚水量 44m³/時が得られ、連続揚水試験時の揚水量も 33m³/時で水位が安定し 8 月の連続揚水試験時の 31m³/時とほぼ同じであった。少なくともこれらの期間では十分な水量を得られていることが明らかとなった。従って、TW-6 の適正揚水量は 30m³/時 程度と評価する。

表 2-2-9 第2次揚水試験結果一覧表

項目 井戸 番号	掘削深度 (GL- m)	適正揚水量 (m ³ /時) *1	水位降下 (m) *1	水質	近隣農業井戸へ の影響	生産井としての 適正
TW-1	28.07	30	3.41	良好	対象井戸無し	可
TW-2	29.00	--	--	--	対象井戸無し	不可
TW-3	30.40	--	--	--	対象井戸無し	不可
TW-4	38.00	34	0.53	良好	影響なし	可
TW-5	51.30	30	0.58	良好	影響なし	可
TW-6	25.40	30	0.73	良好	影響なし	可
TW-7	28.30	--	--	--	対象井戸無し	不可

注) *1 : 11 月の揚水試験結果より

（６）農業井戸調査

カッサラ市周辺のガシ川堆積盆の地下水利用の大半を占めるとされる農業井戸の地下水利用の現況を調査した。以下に調査結果を取りまとめて示す。

＜農業用水の算定方法＞

農業用水の揚水量は作付け農作物の季節変化を示すクロップパターンからのアプローチも検討したが、調査期間、現地の実情を考慮し、現地再委託によるサンプル農家への訪問聞き取りと訪問先農家での簡易揚水試験結果から算定した。調査範囲は地下水シミュレーションの範囲に相当するガシ川地下水盆地中流域（カッサラ地域）である。

調査地域には 8 地区の農業（農家）組合があり、それぞれの組合の責任者に対し、農家戸数・井戸数・地域の耕作内容について事前に聞き取り調査を実施した。さらに、サンプル調査の対象となる農家への訪問調査の協力を得た。

サンプル農家では、以下の内容を調査した。

＜サンプル農家へのアンケート内容＞

①調査日、②調査地点、③調査の実施者、④調査対象農家名、⑤所有の井戸数（GPS で位置確認）、⑥作付面積、⑦月別主要耕作物、⑧月別日揚水量（各井戸で簡易揚水量測定を実施／バケツとストップウォッチ）、⑨月別井戸稼働日、⑩所有ポンプ数とポンプ能力

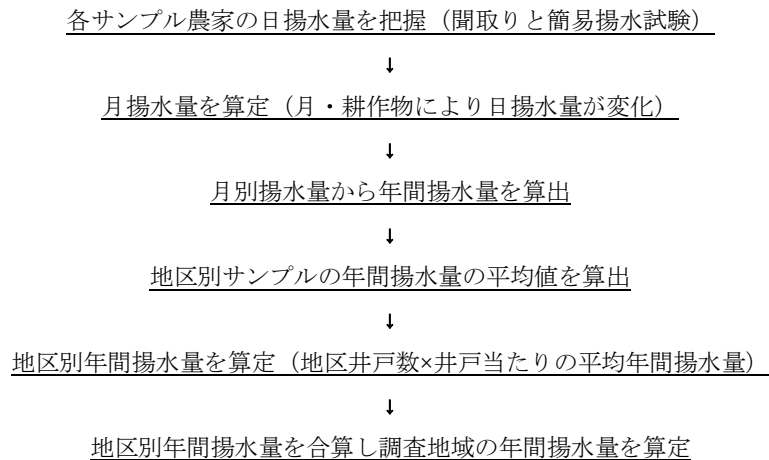
調査の実施に先立ち、調査団作成のアンケート用紙を基に数回のテスト調査を実施した。

その過程でアンケート内容を修正し、農民がより正確に答えられる内容とした。

現地の農業井戸のポンプ用動力は商業電力ではなくディーゼル発電機を使用している。燃料代について聞き取り調査した結果、殆ど回答を得られず、数回の試行を重ねて現地の実情に即したアンケート内容とした。サンプル調査は地域によって偏りはあるものの、調査対象地域内の全農家戸数の約 19%にあたる 305 戸について実施した。

調査地では、一般に農業井戸は手掘井戸であり、大半は建設から 50 年を経過している。これらの井戸は経年して地下水位が降下しているようで、タケノコ状に掘削口径を落としながら徐々に深度を増してきているようである。現在は、手掘りの浅井戸にストレーナーとケーシングパイプが挿入され、地上から深さ 10m 程度の位置にケーシングパイプロが位置している。ここに口径 4 インチ程度の塩化ビニール製のパイプを接続し、渦巻きポンプにより地上の分配枡（約 1m² 未満）まで揚水し、分配枡から水路を介して自然流下で耕作地に配水している。分配枡からのオーバーフローを抑えるため、揚水量を調節していると思われる。このように井戸を含めた揚水施設の構造から、農民はポンプの動力となるディーゼルエンジンの出力を経験的に一定にして揚水量を確保しているようである。従って、農作物への灌漑量はポンプの運転時間によって制御し、この運転時間と単位時間当たりの揚水量を調査することによって全体の揚水量を把握できるものと考ええる。揚水量の算定手順を以下に示す。

地区別の年間揚水量の算定手順



<農業用揚水量の調査結果>

農家への訪問聞き取り調査結果によると、調査地域内には 1,589 戸の農家があり、これらの所有する井戸は 1,286 基であることが判明した。サンプル調査は全体の 19%に当たる 305 戸をカバーした。

地区別のサンプル調査結果は以下の通りである。

ガシ川東岸

Khor Elshaygia 地区（市街地の北）

- 農業用井戸は深度 33m～53m の範囲にある。
- 時間当たりの揚水量は $48\text{m}^3 \sim 92\text{m}^3$ である。

Alsawage Alshargia 地区（市街地の南部、Awitala 地区の北）

- 農業用井戸は深度 13m～44m の範囲にある。
- 時間当たりの揚水量は $7\text{m}^3 \sim 78\text{m}^3$ である。
- 浅井戸の場合、水位降下が大きい。

Awitala 地区（カッサラ山の西山麓、市街地の南）

- 農業用井戸は深度 15m～28m の範囲にある。
- 時間当たりの揚水量は $16\text{m}^3 \sim 56\text{m}^3$ である。
- 水量も多く、水質も良好である。

Wad Sherifei 地区（ほぼカッサラ山の南部）

- 農業用井戸は深度 10m～42m の範囲にある。
- 時間当たりの揚水量は $8\text{m}^3 \sim 73\text{m}^3$ である。
- 大半の井戸で塩水化が認められた。

ガシ川西岸

Northern Sawagi 地区（市街地の北）

- 農業用井戸は深度 12m～56m の範囲にある。
- 時間当たりの揚水量は $5\text{m}^3\sim66\text{m}^3$ である。
- 上下、2 層の帯水層が知れている。
- 一部では深井戸が施工されている。
- 限られた範囲で井戸涸れが発生している。

Southern Sawagi 地区（市街地の南部）

- 農業用井戸は深度 12m～40m の範囲にある。
- 時間当たりの揚水量は $8\text{m}^3\sim88\text{m}^3$ である。

Elsabel 地区（カッサラ山の対岸から南）

- 農業用井戸は深度 16m～37m の範囲にある。
- 時間当たりの揚水量は $27\text{m}^3\sim71\text{m}^3$ である。

Tajooj 地区（ほぼカッサラ山の南部対岸）

- 農業用井戸は深度 15m～22m の範囲にある。
- 時間当たりの揚水量は $23\text{m}^3\sim71\text{m}^3$ である。
- 大半は浅井戸であるが、産水量が大きい。

調査地域の農業井戸の調査結果を表 2-2-10 に示す。また、以下に地域の農業用井戸の利用状況を取りまとめて示す。

表 2-2-10 調査地域の農業井戸の年間揚水量

調査地区		灌漑井戸数		井戸あたりの 揚水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	年間揚水量($\text{m}^3/\text{年}$)	
ガシ川東岸	Khor Elshaygia	600	150	10.9	595,600	8,884,702
	Alsawage Alshargia		290	35.8	3,795,524	
	Awitala		110	15.4	619,742	
	Wad Sharifi		50	212.0	3,873,836	
ガシ川西岸	Northern Sawage	686	439	50.1	8,027,103	17,320,005
	Southern Sawage		107	56.4	3,372,613	
	Elsabel		40	240.9	3,517,121	
	Tajooj		100	65.8	2,403,168	
合計 1			1,286	-	-	26,204,707

- ① 調査地域の農家 1,589 戸に対して 305 戸（約 19%）の訪問調査を実施した。
- ② 農業井戸数は 1,286 本（東岸 600 本、西岸 686 本）である。1982 年に実施されたオランダの援助による調査では約 780 本と報告されており、約 30 年で 65%増加している。
- ③ 調査地域内の灌漑用に利用される地下水は年間約 26 百万 m^3 と推定される。
- ④ 調査地域内のガシ川東岸地区で灌漑用に利用される地下水は年間約 8.9 百万 m^3 と推定される。

- ⑤ ガシ川東岸ではカッサラ山に近い地区（Wad Sharf）で井戸あたりの揚水量が突出して大きく、 $212\text{m}^3/\text{日}$ と東岸の他地区の 6 倍～19 倍である。
- ⑥ ガシ川西岸の灌漑用揚水量は年間約 17.3 百万 m^3 であり、東岸の約 2 倍である。
- ⑦ ガシ川西岸では東岸と同様、カッサラ山に近い地区（Elsabel）の井戸あたりの揚水量が大きく、 $241\text{m}^3/\text{日}$ と西岸の他地区の 3 倍～5 倍となる。Elsabel は東岸の Wad Sharf の対岸にあたる。この地区では一部で井戸涸れが発生しており、過剰揚水の可能性が高いと推測される。

（7）水収支

<解析方法>

調査地域の主要な地下水涵養量は、ガシ川からの浸透によって賄われていると考えられている。このことは、調査地域の地下水位が季節河川であるガシ川の流下が始まる頃に上昇しピークとなり、乾期に向かって再び降下していることによって推定されている。このパターンは例年繰り返えされている。この河川から地下水への涵養機構を前提として、調査地域を流下するガシ川の少なくとも上下流 2 カ所の観測点での流量を観測し、その差異が求められれば河川からの浸透量（地下水涵養量）を推定することができると考える。本調査ではこの考えに基づき、ガシ川の河川流量から地下水涵養量を算定した。

<解析条件>

表 2-2-11 に解析条件を示す。

表 2-2-11 水収支解析条件

項目	解析条件
境界条件	①上流はカッサラ山とガシ川の会合点付近。側方はガシ川堆積物の分布範囲とする。 ②鉛直方向は花崗岩類から構成され難透水または不透水層となっている基盤岩を境界条件とし、河川堆積物と基盤岩の表層風化部を含む範囲とする。
地下水涵養量	④ 降雨量は年間平均 230mm 程度（1999 年～2009 年）であり地表流出・蒸発散量と相殺する。 ④上流からの地下水流入量は下流または側方への流出量と相殺する。 ⑤河川からの浸透量を主要な涵養量とする。
地下水利用量	⑥降雨時に発生する地表流出は降雨量と相殺する。 ⑦蒸発量は乾期には河川流量もなく、湖沼もないことから無視する。雨期の蒸発量は降雨と相殺する。 ⑧植生からの蒸発散量は、地域の植生の大半が農作物であることから農業用揚水量に含める。 ⑨上水・工業用水は SWC の水道施設を水源としていることから水源井戸の流量を使用する。 ⑩農業用水は本件での調査結果を使用する。水田、溜池がないことからリチャージは発生しないものとする。

＜解析基礎資料＞

境界条件

解析範囲はガシ川地下水盆地中流域（既存の調査研究で区分されているカッサラ地域）である。ガシ川地下水盆地中流域にはカッサラ市が位置し、ガシ川沿岸では人工が密集し地下水利用量の大きい地域である。

解析範囲を図 2-2-13 に示す。上流はカッサラ山とガシ川の会合点とする。この付近では基盤岩が露頭、または地下浅部に分布し、上流から下流への地下水の流動を阻害している可能性が高い。側方はガシ川の河川堆積物、主要な帯水層を構成する第四紀層の分布範囲とする。下流はガシ川が大きく蛇行する地点とする。これより下流域では一部が湿地帯となっているようである。

解析範囲のガシ川地下水盆地の規模はおよそ以下の通りである。

- ① 上流境界：幅約 4.5km
- ② 下流境界：幅 11km
- ③ 長さ（上下流方向）：平均 15km
- ④ 厚さ：25m～70m 程度
- ⑤ 総面積： $(4.5\text{km} \times 11\text{km}) \times 15\text{km} \div 2 = 116.3\text{km}^2$

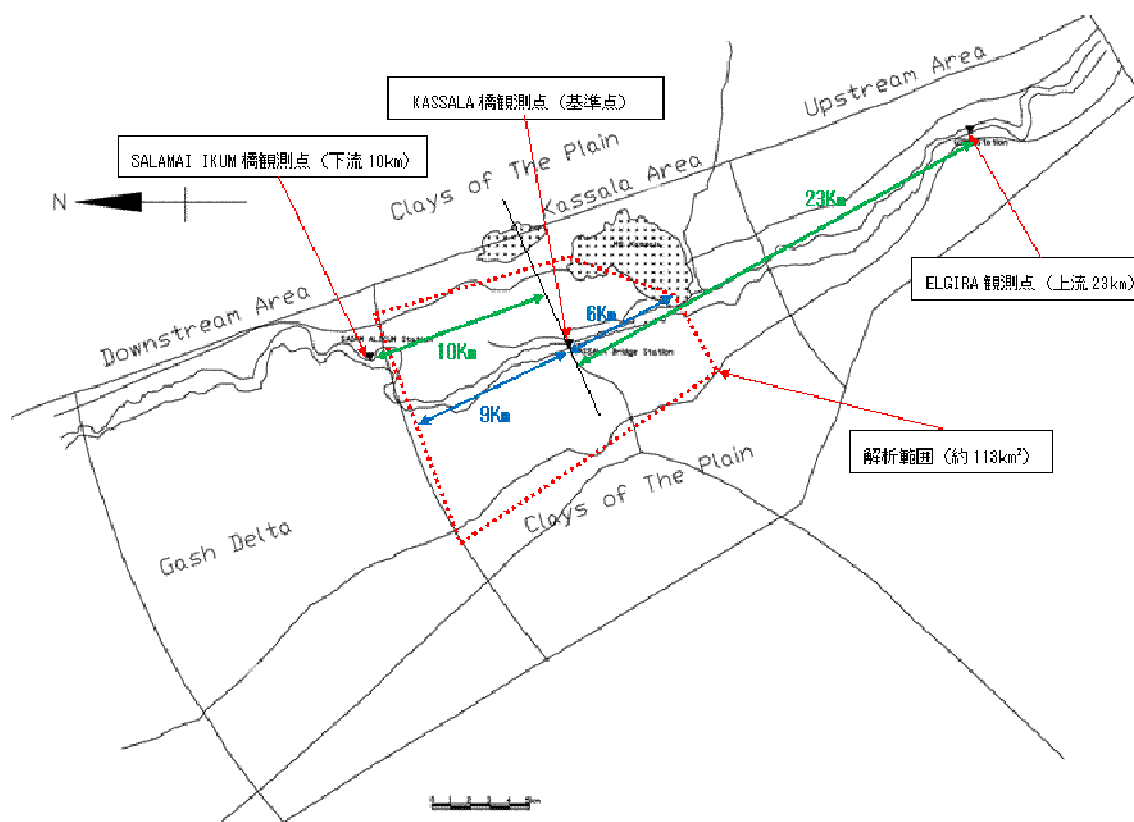


図 2-2-13 地下水水収支解析範囲

河川からの浸透量

① 河川流量観測地点

ガシ川の河川流量の差を、浸透量（涵養量）として算定した。調査地域を含むカッサラ市近郊のガシ川では表 2-2-12 示す 5 カ所の地点で河川流量を観測している。解析には、この内の 3 カ所の河川流量データを使用した（図 2-2-13 に観測地点を示す）。

河川流量の差は、調査地域のほぼ中央に位置するカッサラ橋の流量を基準に、これより上流側と下流側で、それぞれ水収支解析の範囲をカバーする観測所の流量と比較し、差を求めた。流量観測地点と水収支の範囲が一致していないことから、観測地点間の流路長と調査範囲の流路長を基準にして河川流量を按分し、浸透量を算定した。

表 2-2-12 ガシ川の流量観測地点と解析データの関係

河川流量観測点	基準点からの距離	備考
1. El GIRA 観測点	上流 23km	浸透量算定に使用
2. K 1.5 観測点	上流 1.5km	
3. KASSALA Bridge 観測点	基準点 0km	浸透量算定に使用
4. FOTA 観測点	下流 7km	
5. SALAM Al IKUM 観測点	下流 10km	浸透量算定に使用

② 河川流量データ

ガシ川の河川流量はスーダン国灌漑水資源省カッサラ支所で測定記録されており、これらを調査期間中に収集した。2009 年実施の事前調査においてカッサラ橋における河川流量 1907 年～2005 年が収集済みであり、この内の欠損分（当時解析中）2006 年～2009 年を今回の調査で収集した。カッサラ橋以外の観測データは今回の調査で収集した（1998 年～2008 年）。なお、2007 年（洪水年）はデータが散逸し入手できなかった。

③ 浸透量（涵養量）の算定方法

水収支の範囲が流量観測地点間の距離よりも短いことから、河川流量を表 2-2-13 に示す割合で按分して浸透量（涵養量）を算定した。算定結果を図 2-2-14 に示す。

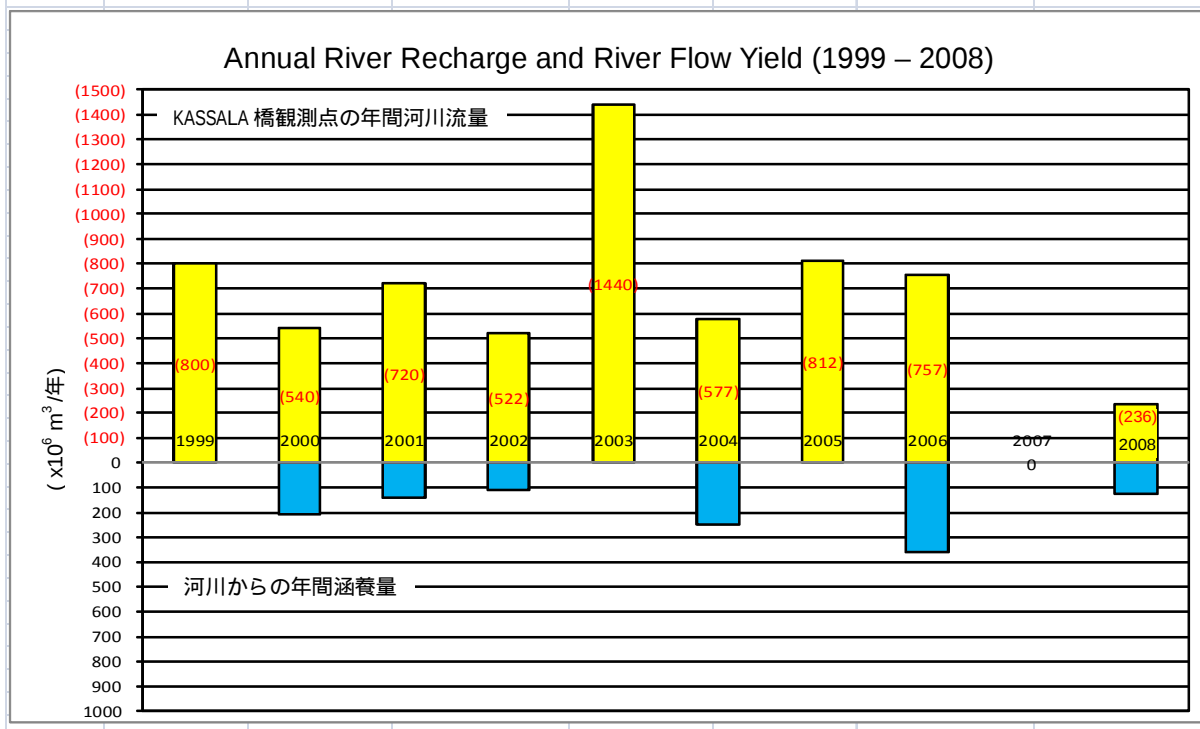
表 2-2-13 流量観測地点と調査対象地域の流路長の割合

	区間距離 ①	調査範囲 ②	観測地点に対する 調査範囲の割合 ②／①
カッサラ橋上流区間 (El GIRA～KASSALA)	23km	6km	26%
カッサラ橋下流区間 (KASSALA～SALAM)	10km	9km	90%

浸透量の算定結果によると、調査地域では年平均 $198 \times 10^6 \text{ m}^3$ （1999 年～2008 年）の河川浸透量があり、多い年では年間 $360 \times 10^6 \text{ m}^3$ （2006 年）となる。

水収支では、過剰揚水にならないように恒常的な地下水利用を計画するため年間の涵養量が最も少ない年間 $109 \times 10^6 \text{ m}^3$ (2002 年) を採用し、調査地域の地下水涵養量とした。

							($\times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$)
Year	Up stream of Bridge			Down Stream of Bridge			Annual Total = +
	El GARA	KASSALA Bridge	Recharge	KASSALSA Bridge	SALAM ALIKUM	Recharge	
			= (-) 26%			= (-) 90%	
1999	N/A	800	N/A	800	528	245	N/A
2000	990	540	117	540	440	90	207
2001	1007	720	75	720	648	65	140
2002	707	522	48	522	454	61	109
2003	1450	1440	3	1440	896	490	注) * unusual
2004	869	577	76	577	388	170	246
2005	1101	812	75	812	N/A	N/A	N/A
2006	1206	757	117	757	487	243	360
2007	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2008	665	236	112	236	221	13	125
						Max (1999-2008)	360
						Min (1999-2008)	109
						Ave (1999-2008)	198



注) 2003 年および 2007 年：洪水発生年。1999 年および 2005 年：一部観測記録欠損。2003 年（洪水発生年）はカッサラ橋の上・下流のデータ関係が不合理であり、データの信頼度が低いと判断して涵養量の評価のための対象とはしない。
河川流量）スーダン国灌漑水資源省カッサラ支所観測記録より

図 2-2-14 河川流量と地下水への浸透量(涵養量)

＜水収支解析結果＞

表2-2-14に示すように、調査地域の水収支は以下のようにまとめられる。

- ① 調査地域の年間地下水涵養量は $109 \times 10^6 \text{ m}^3$ が見込まれる。
- ② 現況の地下水利用量は年間 $41 \times 10^6 \text{ m}^3$ であり、このうちの 63% に当たる $26 \times 10^6 \text{ m}^3$ は農業用水である。
- ③ 残りの地下水利用量は全体の 37% であり、水道水源として年間 $15 \times 10^6 \text{ m}^3$ が消費される。
- ④ 現況の地下水利用量は、涵養量の約 38% に相当する。
- ⑤ 現在推定できる地下水の開発可能量は、試掘調査結果によると $3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ である。
- ⑥ 現況の地下水利用量に、今後の開発可能量を加えると $44 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ となり、年間涵養量の約 40% に相当する。
- ⑦ 以上から、調査地域には今後最大開発可能量の地下水を賄えるポテンシャルが十分あるものとする。
- ⑧ 地下水ポテンシャルの余剰はカッサラ州灌漑農業省による既存観測井戸の地下水の水位変動記録からも明らかで、雨期乾期の季節変化はあるものの、地下水位の経年変化は認められていない。
- ⑨ 一方で、ガシ川東岸では集中的な揚水に起因すると思われる井戸涸れも発生している。

表 2-2-14 カッサラ地域の地下水利用量と涵養量 ($\times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$)

地下水涵養量	ガシ川からの浸透量／最小値 (1999 年～2008 年河川流量観測記録より算出)	109	109
地下水利用量 (現況)	農業用水利用量—東岸 (2010 年農業井戸調査結果)	9	44 涵養量の約 40%
	農業用水利用量—西岸 (2010 年農業井戸調査結果)	17	
	上水水源利用量 (計画値＋流量測定結果) (2010 年 SWC 東事務所)	7	
	上水水源利用量 (計画値＋流量測定結果) (2010 年 SWC 西事務所/Aroma 地区他を含む)	8	
本計画の地下水開発可能量	最大開発可能量 (2010 年試掘井戸調査結果から算定)	3	
調査地域の地下水開発可能量	地下水涵養量－地下水利用量	-	65

2 - 2 - 3 環境社会配慮

詳細は添付資料－9 に添付する。

(1) 環境政策、法制度および行政の枠組み

「ス」国は 2005 年に公布された暫定憲法により地方分権を強く進めている。環境政策に係ることも地方分権化が進められており、州政府が環境配慮の点から事業の評価・認可を実施することが規定されている。但し、環境影響が複数の国や州に跨って影響する場合は国レベルでの権限となる。

2001 年、「Environment and Natural Resources Supreme Council Act (1991)」が改訂され、環境保護法 (Environmental Protection Act) が制定された。この法により「ス」国の環境保全および天然資源の適正な利用に係る法規制の基礎が確立された。

環境保護法

- ① 本法では、国レベルの権限を持つ「Environment and natural resources Supreme Council」、及び州レベルの「State's Council」の設立を明確に規定している。(第5条、第14条)
- ② 環境社会配慮の基本的な方針として、いかなる事業も「Environmental Feasibility Study (EFS)」を提出することが義務付けられている。このEFSの評価に基づいて「環境認可」が審査される。(第17条 (1))
- ③ EFSの内容として、①事業により予想される負の影響、②負の影響を回避するための対策、③提案された事業の代替案、これらの項目を含むことが規定されている。(第17条 (2))
- ④ 環境保護法の違反者には罰則が規定されている。

(2) 本計画に適用される環境影響評価の手順

現在、「ス」国には環境社会配慮に係るガイドラインが策定されていない。したがって、環境保護法の規定に基づき以下のような手順を想定し手続きを進めることとした。ただし、カッサラ州において EFS 報告書の審査、環境認可を取得した事業はない。

- ① 全ての開発事業において「Environmental Feasibility Study (EFS)」が必要である。
- ② EFSに含まれる内容は、事業概要、予想される負の影響、軽減対策、代替案の検討から構成される。このEFSは初期環境影響評価に相当する内容と考える。
- ③ 暫定憲法に規定されている地方分権の方針に則り、EFSの申請はState's Council (州審議会) に提出する。
- ④ 事業による自然・社会経済環境への負の影響は許容される範囲内か、十分な軽減対策が計画されていると評価されると「環境認可」が与えられる。
- ⑤ 負の環境影響の範囲が州もしくは国の境界を超える場合、EFSは国レベルの組織である「the Higher Council for Environment and Natural Resources (HCENR)」あるいは「the

Ministry for Environment and Physical Development(MEPD)」で審査を受けると考えられる。

(3) 影響評価 (初期環境影響評価)

事業実施に伴う予想される負の影響とその評定を表 2-2-15 に示す。初期環境影響評価の結果。次の 5 項目において多少の影響が見込まれる。

- ① 地域経済 (生計手段、雇用等)
- ② 既存の社会インフラ・社会サービス
- ③ 保健衛生
- ④ 事故 (交通事故等)
- ⑤ 騒音・振動

表 2-2-15 予想される影響の概要

環境項目		評定	理由
社会環境	1	土地収用・非自発的住民移転	D 給水施設の建設のために必要な用地は既に取得されており、新たに用地を取得する必要はない。 新規井戸建設のための土地使用許可 (農業省) は取得済みである。
	2	地域経済 (生計手段、雇用等)	B <u>運転段階</u> 給水サービスの改善に伴い水販売業者の営業活動が減少・喪失する可能性がある。
	3	土地利用、地域資源利用	D ない
	4	社会関係資本や地域の社会組織 (地域の意思決定機関等)	D 本件に関して適切な住民参加、情報公開を積極的に進め、住民、コミュニティに十分な理解と協力を得られるように配慮する。 (本調査では 2010 年 9 月、及び 12 月において 2 回のステークホルダー会議を開催した。)
	5	既存の社会インフラ・社会サービス	B <u>建設段階</u> 1) 導・配水管の敷設工事期間中に道路閉鎖 (片側通行)、迂回路使用などによる交通混雑、公共施設等へのアクセスに不便が生じる恐れがある。 2) 建設資材・建設廃棄物の搬出入により交通混雑が発生する可能性がある。
	6	貧困層、先住民族などの社会的に脆弱なグループ	D 特定なコミュニティや住民に対して便益の発生や負の影響を与える可能性は極めて少ない。 給水設備の改善により女性および子供の水集めのための毎日の労働が縮小されることが期待される。
	7	被害と便益や開発プロセスにおける公平性	D 本事業はカッサラ市東部区域の全域を対象としている。上記項目と同じく、本件による便益の公平性を損なうことはない。
	8	地域における利害の対立	D ない
	9	遺跡・文化財	D ない
	10	水利権、漁業権、入会権	D 水利権などの権利が設定された水域がない。また、本件は表流水の取水はない。
	11	保健衛生	B <u>建設段階</u> 工事車両による粉じんや騒音の発生により周辺住民や資材搬入路に面した住民への保健衛生上の負の影響が想定される。
	12	HIV/AIDS 等の感染症	C <u>建設段階</u> 工事作業者の宿舍滞在や女性との接触で、HIV/AIDS や他の感染症発生の可能性が考えられるが、実際の影響は不明である。
	13	災害・治安リスク	C <u>建設段階</u> 工事作業者の滞在による犯罪等の治安悪化の可能性が考えられるが、実際の影響は不明である。

環境項目			評定	理由
社会環境	14	事故（交通事故等）	B	建設段階 工事車両の通行が増加するので交通事故の危険性が增大する可能性がある。導水管・主要配水管のルートに沿って学校、病院がある場合、十分な注意が必要である。
	15	地形・地質	D	大規模な地形・地質を改変するような開発行為ではない。
自然環境	16	土壌侵食	D	大規模な土地造成や土砂採取を伴うような開発行為ではない。
	17	地下水	C	供用段階 水道水源を地下水に依存しているが、十分に配慮された揚水計画を策定している。
	18	流況、水文の特性	D	河川からの取水は計画されていない。
	19	沿岸域の状況	D	事業予定地は内陸部なので、沿岸域ではない。
	20	動植物、生態系	D	事業予定地はカッサラ州の州都であり、都市化した区域である。事業の建設・維持管理段階においてそれらの生態系に与える影響はほとんどないと考えられる。
	21	景観	D	浄水場の形状・規模から景観への悪影響は発生しない。
	22	地域気象	D	地域気象に影響するような大規模な開発行為ではない。
	23	地球温暖化	D	浄水場における電力消費による CO ₂ など地球温暖化ガスの発生量は無視するレベルと想定される。
公害	24	大気汚染	B	建設段階 短期間であるが建設工事の際に、工事機械、車両からの大気汚染物質の排出が予想される。また工事車両による粉じんの発生が想定される。
	25	水質汚濁	D	給水サービスの向上により汚水量が増加する可能性が考えられるが、生活汚水は汚水処理施設（リーチングピット）により排水路に排出されない。従って公共水域への影響はないと考えられる。また、乾期において公共水域に水はなく、水質汚濁の懸念はない。
	26	土壌汚染	D	浄水場からの排水・廃棄物の排出はなく、土壌汚染はない。
	27	底質汚染	D	浄水場からの排水・廃棄物の排出はなく、底質汚染はない。
	28	廃棄物	D	浄水場からの廃棄物はない。
	29	騒音・振動	B	建設段階 建設工事の際に、建設機器、車両から騒音・振動の発生が予想される。 運転段階 運転段階における騒音・振動発生は、その発生源が全て建屋内に設置される計画となっており、浄水場外への影響はない。
	30	地盤沈下	D	水道水源を地下水に依存しているが、十分に配慮された揚水計画を策定している。従って、地盤沈下の発生はないと考えられる。
	31	悪臭	D	臭気の発生源はない。

注）評定は以下のように分類する。

A－重大な影響見込まれる。

B－多少の影響が見込まれる。

C－影響の度合いは不明（検討の必要あり）。

D－影響なし。

（４）緩和策

影響に関する検討の結果、建設段階、運転段階とも重大な影響はないものと想定され、軽微な影響だけが予見された。これらの影響は提案された事業の建設、運転段階において対策を講じることによって軽減もしくは最小化することが可能である。建設段階、運転段階における緩和策を表 2-2-16、表 2-2-17 に示す。

表 2-2-16 予想される負の影響に対する軽減対策（建設段階）

項目	影響	緩和策
<既存の社会インフラ・社会サービス>	- 導水管・配水管工事に伴う交通障害、および公共施設等へのアクセス障害 - 建設資材／建設廃棄物の搬出入による大気汚染（粉じん）、騒音・振動	- 工事内容とその予定に関する公示 - 工事作業、資材等運搬車両運行に係る時間帯の取り決めおよび遵守 - 交通整理要員の配置 - 工事車両の慎重（丁寧）な運転と速度自主規制 - 建設業者による工事車両運転手、建設作業員の交通指導の徹底 - 道路散水による粉じん発生の抑制 - 荷台の飛散防止カバーの設置 - 周辺住民からの苦情を受け付ける窓口の設置とその担当者の配置（苦情等への速やかな対応）
<保健衛生>	上記と同じく、建設サイトの周辺に生活している住民に対する大気汚染、騒音	上記の緩和策と同じ
<事故（交通事故等）>	- 建設車両の増加による交通事故のリスク増加 - 導水管・配水管工事に伴う道路幅員の減少	- 工事内容とその予定に関する公示 - 工事作業、資材等運搬車両運行に係る時間帯の取り決めおよび遵守 - 交通整理要員の配置 - 工事車両の慎重（丁寧）な運転と速度自主規制 - 建設業者による工事車両運転手、建設作業員の交通指導の徹底 - 苦情を受け付ける窓口の設置とその担当者の配置
<大気汚染>	- 資材運搬や建設活動に伴う粉じんの発生 - 建設車両・機械等から排出される排気ガスによる影響	- 建設車両・機械等の慎重な運転と速度自主規制 - 建設車両・機械等の予防保守の徹底 - 排出ガス対策型建設機械の積極的な使用 - 要望・苦情窓口の設置、および苦情の内容と件数のモニタリング
<騒音・振動>	建設車両・機械等に起因する騒音・振動による影響	- 建設車両・機械等の慎重な運転と速度自主規制 - 建設車両・機械等の予防保守の徹底 - 低騒音型・低振動型建設機械、の積極的な使用 - 要望・苦情窓口の設置、および苦情の内容と件数のモニタリング
<HIV/AIDS 等の感染症>	建設工事関係者による感染症の発生の可能性	建設工事管理会社による建設工事関係者の啓蒙教育の実施
<災害・治安リスク>	建設工事に係る労働災害 建設工事関係者による犯罪等の治安悪化の可能性	- 建設工事関係者への安全教育の実施、および安全対策の実施 - 労働環境に係る法律の遵守 - 建設工事管理会社による建設工事関係者の啓蒙教育の実施

表 2-2-17 プロジェクト施設の運転段階での緩和策

項目	影響	緩和策
<地域経済(生計手段、雇用等)>	水販売業者の営業活動の減少・喪失	• 州政府、カッサラ県政府による情報の公示および転職の斡旋 • SWC の積極的な雇用促進
<地下水の状況>	地下水位の低下	地下水位のモニタリングを実施し、水位の変動を把握する。この地下水位データに基づいて、将来の地下水位変動を予測し、必要であるなら対応策を講じられるよう準備する。(SWC および州政府水資源部)

(5) ステークホルダー会議

カッサラ市の水道施設改善事業の住民、コミュニティーおよびステークホルダーへの説明と参加者からの要望・意見を事業計画に反映させることを目的に、プロジェクトの内容説明と環境影響評価に関するステークホルダー会議が 2 回に分けて開催された。会議を通じ住民やカッサラ州政府機関の関係者から理解を得ることも重要な目的の一つである。会議には事業の環境審査の許認可を与えるカッサラ州政府委員会のメンバーの参加し事業の環境影響に関する調査団からの説明に理解を得ることができた。

1) 第 1 回ステークホルダー会議の概要

- a. 開催日： 2010 年 9 月 22 日、9 時～14 時
- b. 開催場所： カッサラ市内の会場
- c. 参加者： SWC 職員 (SWC 総裁他 12 名)
 州政府関係者 (灌漑農業省 2 名、健康省 1 名、計画・公共施設省 3 名、財務省 2 名、計 8 名)
 カッサラ・ローカリティ (1 名)、住民代表者 (8 名)、JICA 調査団 (5 名)
合計 34 名
- d. 会議内容：
 会議はカッサラ市の現状と将来、水道事業の重要性に関する SWC の説明のあと、調査団から①現地調査の結果概要、②全体水道計画案、③地下水の利用状況、④環境社会配慮について説明を行ったあと引き続き討議が行われた。
- e. 会議の結果
 第 1 回ステークホルダー会議は以下のようにまとめられる。
 - 討議の結果、参加者は調査団から示された全体水道計画案を理解し、これの計画案を満足できる案と捉えた。
 - 関係各機関、地域住民の更なる理解を深めるため、本計画に関する情報公開を進める必要があるものと判断される。
 - 住民代表者からは、カッサラ市の住民は長期にわたり安全な水の不足に悩まされており、本計画の早期の実施を望むとの意見が多数示された。また、給水施設の改善とともに、既存配水管網の整備も望むとの意見が示された。

- SWC は住民代表者に対し本計画に関する情報を地域住民に説明するよう依頼した。

2) 第2回ステークホルダー会議

- a. 開催日： 2010年12月8日、9時～14時
- b. 開催場所： カッサラ市内の会場
- c. 参加者： SWC 職員（SWC 総裁他 13 名）
州政府関係者（州代理知事、委員会メンバー2 名、灌漑農業省 1 名、計画・公共施設省 3 名、財務省 2 名、計 9）
カッサラ・ローカリティ（1 名）、住民代表者（9 名）、 JICA 調査団（4 名）
合計 36 名
- d. 会議内容：
SWC からの全体説明のあと、調査団は、第 1 回ステークホルダー会議で提示した全体水道計画案の詳細を説明し、この計画案から日本側の協力対象事業を提示した。この中でマハタ浄水場とガルブ浄水場の 2 つの既存浄水場は、緊急改修プロジェクトとして実施する計画であることを報告した。また、事業実施のために必要な環境社会配慮に関しては、事業実施によって発生が予想される負の影響を具体的に説明し、その軽減対策案及びモニタリング計画案を提示した。
- e. 会議の結果
第 2 回ステークホルダー会議は以下のようにまとめられる。
 - カッサラ州政府の代理知事は、事業実施に不可欠となる「ス」国側の負担工事の実施を公に約束した。
 - 地域住民の代表者を含む全ての参加者は速やかな事業の実施を望み、水道サービスの改善を求める意思が示された。
 - 既存配水管網からの漏水量の削減のため、カッサラ州政府はアスベストセメント管の更新を継続的に実施していく意向であり、その計画があることを明言した。
 - SWC からは、職員の能力向上をはかるために、人材教育・育成に関し日本からの協力が必要であり、その強い要望が示された。
 - 州政府関係者から、水源保全と感染症など水への安全性に対するリスク対策として、地下水水位、水質モニタリングが重要性であるとの意見が示された。

（6）社会条件調査

調査区域内の社会状況と給水サービス状況の把握を目的に社会条件調査を実施した。調査内容は以下の項目を含み、調査は 2010 年 5 月 1 日～23 日に実施され、合計サンプル数は 304 世帯であった。調査結果の詳細は添付資料－7 に添付する。

- ① 世帯の社会・経済状況
- ② 水使用状況
- ③ 各戸給水サービスにおける問題点と支払意志額

④ 水道メータの設置

⑤ 国内避難民と難民の状況

社会条件調査の結果は以下のとおりである。

- カッサラ市の中心部から周縁部に至る地域を対象に、社会経済状態が偏らないことに留意し調査世帯を選定した結果、幅広い社会経済条件をもつ世帯を対象に調査を実施することができた。
- 調査対象世帯の世帯主の学歴、職業、所得レベルは幅広い分布を示している。
- 本調査結果では平均世帯人数は 6.7 人（中央値 6 人）である。なお、「ス」国のセンサス（2008 年）を実施した統計局（CBS）は、世帯人数を 5.6 人として人口算定を行っている。
- 各戸給水サービスによる水道水を主に利用している世帯は全世帯数の 74%、飲料水を水売り人から購入する世帯は 25%の結果を得た。しかしながら、水売り業者も市内に設けられた配水管網の給水ポイントから水を仕入れているため、ほぼ全世帯が SWC の給水に依存している。
- 水売り人から水を購入している世帯の飲料水にかかる費用は月平均で 63 SDG であり、各戸給水サービスを受ける世帯の月平均支払額 31 SDG に比べ約 2 倍となり経済的な負担が大きい。
- 各戸給水サービスを受ける世帯は給水サービスの問題点を給水量（42.5%）、給水時間（36.0%）、水質（18.8%）の順にあげているが、料金を問題点としてあげているのは 1.6% と少ない。これに対して、水売り人を利用する世帯は、水質（29.7%）、料金（29.2%）水量（16.5%）、利用時間（12.7%）の順に問題点をあげており、両者の間では料金に対する意識の違いが顕著ある。
- 利用時（12.7%）、水質、料金を問題としてあげている。これらには同程度の問題意識を示した。
- 各戸給水サービスを受ける世帯において、断水はほぼ毎日発生しており、35%の世帯が半日以上断水があると回答している。（但し、この調査時期は例年にない深刻な断水が発生していた時期である。）
- 現在の各戸給水サービスが改善されるとの条件のもとで、給水サービスへの代価への支払い意志額を調査した。その結果、給水サービスが改善されずに現状のままでは、月額 10～19 SDG/月が最も多い回答であり、給水サービスが改善された場合の回答では、支払い意志額は月額 20～29 SDG が最も多い回答数であった。
- 水道メータによる従量制導入については 75%以上の世帯が賛成の意志を示した。

2 - 3 その他

特になし

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

3-1-1 上位目標とプロジェクト目標

カッサラ州政府は、給水セクターの上位計画としてカッサラ州の「水と衛生に関する7ヵ年政策書（2010年～2016年）」（Water, Sanitation and Hygien(WASH) Sector, Strategic Plan 2010-2016）を位置づけ、都市住民に安全な水を安定して供給することを第一の目的としている。

カッサラ市給水施設改善計画（以下、「本計画」と称す）は、カッサラ市の給水サービスが向上し、対象地区住民の生活環境が改善されることを上位目標としており、本計画の実施により、上位計画であるカッサラ州の水と衛生に関する7ヵ年政策書の達成に寄与することができる。本計画は、新規の水源を開発して供給量を増やし、配水施設を整備して東地区の住民に上位計画が目標とする一人一日あたり90ℓの水使用量を達成することを実現するとともに、東地区と西地区の既設浄水場の老朽化した配水池を緊急修理することによって、事故が起こった場合に想定される9万人被害住民に給水サービスへの信頼感を与え、安全で安定した給水サービスの実現をはかることを目標とする。

3-1-2 プロジェクトの概要

本調査の経過の中で、東西地区のマハタ浄水場とガルブ浄水場のFRP(Fiber Reinforced Plastic)製配水池の劣化が著しく、2009年にはマハタ浄水場の配水池が破裂事故を起こし給水サービスに大きな影響を与えたことから既設浄水場の改修は緊急性が高いものと判断された。このため、本計画は2つのプロジェクトによって実施するものとし、マハタ浄水場とガルブ浄水場の改修は改修プロジェクト、東地区におけるガルブ浄水場の改修を除く、給水施設の拡張に係わるコンポーネントは拡張プロジェクトによって実施する計画とする。（以下、「プロジェクト」は改修及び拡張プロジェクトを含む）

プロジェクトの実施により東西地区の既設浄水場が改修され、配水池の破裂事故のリスクがなくなるとともに、東地区では生産水量が増加し給水施設が拡張される。協力対象事業は、東地区では、マハタ浄水場の改修、新規井戸施設の建設、既存南部井戸施設の改修、導水管の布設、新規ハトゥミア浄水場の建設、配水本管の布設、西地区ではガルブ浄水場の改修である。図3-1-1と表3-1-1にプロジェクトの概要を示す。

本計画の実施プロジェクトの内容

対象地区	① 改修プロジェクト	② 拡張プロジェクト
カッサラ市東地区	● マハタ浄水場の改修	● 新規水源井戸の建設 ● 既存南部井戸施設の改修 ● 導水管の建設 ● 新規ハトゥミア浄水場の建設 ● 配水本管の布設
カッサラ市西地区	● ガルブ浄水場の改修	—

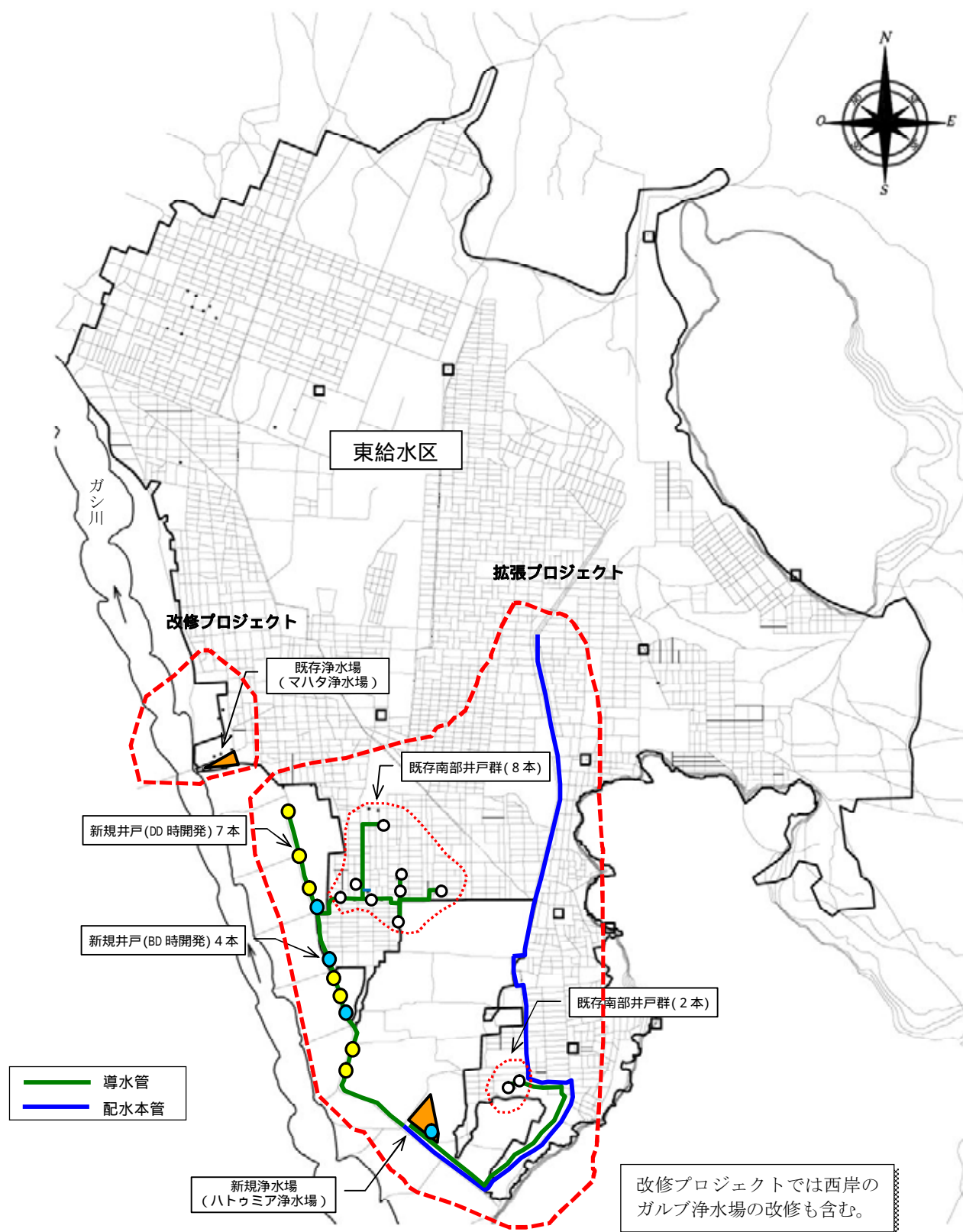


図 3-1-1 プロジェクトの概要 (東地区)

表 3-1-1 プロジェクトの概要

プロジェクトの要約	指 標	指標データ入手手段	外部条件
<u>上位目標</u> ✓給水サービスの質が向上し、プロジェクト対象地域の住民の生活環境が改善される。	✓住民満足度 ✓料金不払い率	✓顧客満足度調査 ✓SWC 営業報告	✓経済・社会条件の急激な変化が生じない。
<u>プロジェクト目標</u> ✓プロジェクト対象地域の住民に安全で十分な水が連続して供給される。	✓残留塩素濃度 ✓給水時間 ✓給水量 ✓給水圧	✓水質調査結果 ✓浄水場運転記録	✓SWC が継続して浄水場を運営し続ける
<u>成 果</u> I 既存水道施設の改修 ✓東地区の既存浄水場が改修される。 ✓西地区の既存浄水場が改修される。 II 水道施設の拡張（東地区） ✓新規井戸が建設される。 ✓南部既存井戸が改修される。 ✓導水管が敷設される。 ✓新規浄水場が建設される。 ✓配水本管が敷設される。	✓新規井戸施設揚水量 ✓既設井戸施設揚水量 ✓浄水場処理能力	✓揚水試験記録 ✓工事記録	✓新規井戸施設の建設用地が確実に取得される
<u>活 動</u> I 既存水道施設の改修 ✓東地区の既設浄水場内での新規浄水場の建設 ✓東地区の既設浄水場内での新規浄水場の建設 ✓既設と新規施設の切替工事 II 水道施設の拡張（東地区） ✓新規水源開発 ✓新規井戸施設の建設 ✓既設井戸揚水試験 ✓既設井戸施設の改修 ✓導水管（新規井戸～浄水場） ✓導水管（既設井戸～浄水場） ✓新規浄水場の建設 ✓配水本管の敷設 ✓配水本管と既設配水管接続 ✓ソフトコンポーネント	<u>投 入</u> <日本側> ✓建設資金 ✓設計・建設技術者 ✓ソフトコン講師 <「ス」国側> ✓建設費・運営費 ✓設計・建設技術者、運転員		<u>前提条件</u> ✓治安の悪化がない。 ✓「ス」国側の予算が確保される。 ✓「ス」国側の負担事項が確実に実施される。

プロジェクトの実施によって期待される効果は次のとおりである。

（１）改修プロジェクト

１）定量的評価

＜東地区＞

マハタ浄水場の配水池容量が適正な規模に改善され水源井戸からの 24 時間集水が可能となるため配水量が 9,200m³/日から 11,050m³/日に増える。

２）定性的評価

＜東地区＞

- ① 耐用年数が過ぎて配水池の破裂事故のリスクが増していく中で、潜在的な被害住民 61,388 人の給水への信頼性が改善される。
- ② 着水井の建設と流量計を設置することによって、浄水場への流入量と浄水場からの流出量を把握し、水源井戸を含めた配水施設管理に資することになる。
- ③ 着水井での塩素注入と塩素消毒設備の改善により、塩素の確実な注入－攪拌が可能となり、安全な水を確実に供給することが可能となる。
- ④ 洪水対策を考慮した施設の改善を行うことにより、洪水被害への危険がなくなる。

＜西地区＞

- ① 耐用年数が過ぎて配水池の破裂事故のリスクが増していく中で、潜在的な被害住民 28,888 人の給水への信頼性が改善される。
- ② 着水井の建設と流量計を設置することによって、浄水場への流入量と浄水場からの流出量を把握し、水源井戸を含めた配水施設管理に資することになる。
- ③ 着水井での塩素注入を行うことによって塩素の確実な注入－攪拌が可能となり、安全な水を確実に供給することが可能となる。

（２）拡張プロジェクト

１）定量的効果

- ① プロジェクト目標年の 2016 年に、一般家庭用水と業務用水を含む日平均使用水量が 2009 年の 62 ㍻/人/日からカッサラ州の目標である 90 ㍻/人/日に増加する。
- ② プロジェクト目標年の 2016 年に、家庭への給水管の接続率が 2009 年の 73%から 100%に増加し、東地区内の全住民 204,739 人が一人一日あたり 75 ㍻の各戸接続による給水サービスを利用することが可能となる。

- ③ 人口増加と各戸接続率の増加によって、プロジェクト目標年の 2016 年に、水道契約者数が 2009 年から約 14,410 件増え、年間あたり 2,940,000 SDG（約 1.17 億円）以上の水道料金の増収が見込まれる。
- ④ 新規ハトゥミア浄水場の建設によって、適正な水圧での送水が可能となるので、4 カ所の既設増圧ポンプ場は不要となり、年間で約 210,000 SDG（約 838 万円）の運転費が削減される。
- ⑤ 新設井戸、南部井戸群、マハタ浄水場井戸群からの生産水（26,442m³/日）に塩素消毒が施されることになるので、東地区の全生産水量（33,274m³/日）の 80%が塩素消毒され、安全な水道水の供給比率が高まる。

2) 定性的効果

- ① 水需要に対する供給不足がなくなるとともに、「ス」国側により既存配水管網が整備されるので、断水エリアが解消され東地区の均等給水サービスの実施が可能となる。
- ② 全住民が各戸接続給水を受けることが可能になるので、水売り人から高価な水を購入する必要がなくなるとともに、水利用の利便性が高まり住民生活の向上がはかれる。
- ③ 塩素消毒される配水量の比率が高まるとともに、24 時間連続給水により配水管外部からの汚水混入のリスクがなくなるので、住民は安心して水道水を利用することが可能となり、給水サービスへの信頼感が増すことになる。
- ④ 水道契約者数の増加による水道料金の増収が、SWC の財政の健全化に寄与し安定した水道事業の実施がはかられる。
- ⑤ 水源井戸施設と新規浄水場に流量計を設置することになるので、生産水量と配水量の詳細なデータが集まり、最適な水源管理と配水管理を行なうことが可能となる。

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

3-2-1-1 改修プロジェクト

(1) 自然環境条件に対する方針

- ① 対象地域は砂漠性の乾燥気候地帯に位置し、4月～5月が最も暑く、月別平均最高気温は40℃を超え竜巻や砂嵐が発生する。年間平均降水量は230mmと少ないものの、降雨は7～8月に集中し雷を伴い、強い降雨となる。厳しい気象条件を考慮し、高温、砂嵐、降雨などから施設を守るため機器類は屋内に収納することを原則とする。また、落雷あるいは雷サージから電気計装盤など主要機器を保護するため、必要な対策をとることを基本とする。
- ② 2003年の洪水ではガシ川が氾濫し、既設のマハタ浄水場に土砂が流れ込み復旧に多くの時間と労力を要した。本プロジェクトの建設用地も冠水の恐れがあるため、冠水を考慮し設計洪水位をGL+1.0mとして施設設計をすることを基本とする。
- ③ プロジェクト対象地区の地下水は、ガシ川からの涵養の影響を受け年間で最大10m程度と水位変動幅が大きい。水中モーターポンプなどの設計においては年間の地下水位変動幅を考慮したものとし、年間を通じて施設が充分機能することに留意する。

(2) 社会条件に対する方針

- ① マハタ浄水場とガルブ浄水場の改修工事は敷地内で行われるため、周辺環境への直接的影響はない。工事に伴う騒音等の影響に関しても、周辺建物までの距離があるため、とくに、大きな影響を与えることはないものと考えられる。
- ② プロジェクト対象地区の配電網の定格電圧は430Vである。430Vは世界的に特殊な電圧でこれを採用している国は少なく、430V仕様の電気製品は少ない。このため、プロジェクト対象地区の電気機器の多くは415V仕様のものを使用しているが、定格電圧に対する電圧降下は3.5%と許容範囲の10%以下であるため、415Vの電気機器を使用する上で問題はない。本プロジェクトでは、対象地区の実情に合わせ、電気機器の仕様は汎用性が高い415Vとする。

(3) 建設事情/調達事情に対する方針

- ① 現地の建屋は柱・梁など主要部材は鉄筋コンクリート、壁は煉瓦で築造されている。新設の建屋はこれに準じるものとし、強度や水密性が求められる配水池などの施設は鉄筋コンクリート造りとする。本プロジェクトでは特殊工法がなく、通常の建設機械で工事が可能である。これらの建設機械は「ス」国内での調達が可能であり、本プロジェクトで使用する建設機械は現地調達を基本とする。

- ② 「ス」国が将来にわたり持続的な維持管理を行なっていくために、本プロジェクトの機器類は、その消耗品や交換パーツが「ス」国内の代理店を通し容易に調達可能な製品とする。

(4) 現地業者の活用に対する方針

「ス」国にはハルツームを中心に給水施設の工事实績を持つ建設会社は多い。現地建設会社は現地の気象条件、施工環境、社会事情等に精通していることから、日本のコントラクタは現地建設業者を活用し円滑な工事を実施するものとする。

(5) 運営・維持管理能力に対する方針

SWC は東西両地区の既存浄水場を 22 年余り運用・維持管理してきた実績を持ち、一定の技術水準を保持している改修後の既存浄水場の運転・維持管理は現在の職員がそのまま移行する計画なので問題はなく、改修される設備は既存浄水場と同じ施設構成であるので、基本的な運用技術は保有している。したがって、コントラクタによる初期操作指導のみを実施しソフトコポーネントは行わないものとする。

(6) 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

- ① 既存浄水場（マハタ浄水場とガルブ浄水場）の改修に係わる施設内容は以下のとおりとする。
- － 着水井の建設（取水量の計測、塩素投入口と水質サンプリング）
 - － 鉄筋コンクリート製の配水池（適正な耐用年数）

- ② マハタ浄水場とガルブ浄水場には、運転・維持管理のためのモニタリング用の計器を設置する。マハタ浄水場では浄水場での計測値は電気室の計装盤に表示する。計器の内容は以下のとおりである。

マハタ浄水場

- － 水位計（着水井）
- － 水位計（配水池）
- － 流量計と水圧計（配水ポンプ吐出管）

ガルブ浄水場

- － 機械式水位計（着水井）

- ③ 2003 年におけるガシ川洪水による冠水の記録から、マハタ浄水場の給水施設の改修では、設計洪水位を GL+1m として施設の設計を行う。

- ④ マハタ浄水場の改修では SWC による将来の維持管理を考慮し、配水ポンプの運転法に自動運転を採用しない。ただし、手動操作による誤動作を避けるため、ポンプ吐出側の電動弁と配水ポンプが連動して駆動するように連動方式とする。また、配水ポンプの空運転防止のため配水池の水位が異常低水位を下回った時はポンプの自動停止が可能なシステムとする。

- ⑤ マハタ浄水場の改修では停電時の運転のため浄水場の約半分の処理能力が発揮されるものとし、非常用発電機の容量は計画受電量の50%の容量として設計する。

(7) 工法/調達方法、工期に係る方針

- ① 地質ボーリングの結果から、マハタ浄水場のガルブ浄水場の建設用地は地耐力が不足しているため、セメント等の固化剤による地盤改良を行い地耐力の強化をはかる。
- ② 対象地域は4月～5月には40℃を超えることが予想されるため、水密性が求められる配水池の施工では、高温による複雑ひび割れを緩和するために誘発目地工法を採用するとともに、コンクリート養生にも十分に留意することとする。

3-2-1-2 拡張プロジェクト

(1) 自然環境条件に対する方針

- ① 対象地域は砂漠性の乾燥気候地帯に位置し、4月～5月が最も暑く、月別平均最高気温は40℃を超え竜巻や砂嵐が発生する。年間平均降水量は230mmと少ないものの、降雨は7～8月に集中し雷を伴い、強い降雨となる。厳しい気象条件を考慮し、高温、砂嵐、降雨などから施設を守るため機器類は屋内に収納することを原則とする。また、落雷あるいは雷サージから電気計装盤など主要機器を保護するため、必要な対策をとることを基本とする。
- ② 2003年の洪水ではガシ川が氾濫し、既設のマハタ浄水場に土砂が流れ込み復旧に多くの時間と労力を要した。本プロジェクトの建設用地も冠水の恐れがあるため、冠水を考慮し設計洪水位をGL+1.0mとして施設設計をすることを基本とする。
- ③ プロジェクト対象地区の地下水は、ガシ川からの涵養の影響を受け年間で最大10m程度と水位変動幅が大きい。水中モーターポンプなどの設計においては年間の地下水位変動幅を考慮したものとし、年間を通じて施設が充分機能することに留意する。

(2) 社会条件に対する方針

- ① 新規のハトゥミア浄水場用にSWCが取得した施設用地は十分な広さを持つので、仮設用地、現場事務所、資材置き場、建設材料の加工場等の工事用施設を同じ敷地内にまとめ、効率的な工事遂行が可能な施工環境とする。また、アクセス道路は一部に未舗装箇所はあるものの、舗装された幹線道路が利用できるため、建設サイトまでのアクセスに問題はない。一方、工事用地の周辺には農業地帯が広がり、建設工事による騒音、振動が周辺住民に及ぼす影響は少なく、社会環境への特別な配慮は必要ないものと判断される。
- ② 新設井戸施設の建設用地と導水管の主要な敷設ルートはガシ川堤防沿いの堤防法尻から10mの公用地である。カッサラ州政府から用地提供の確認を得ているが、建設用地の一部にはブッシュが繁茂し、また、アクセスの整備が必要な箇所もある。用

地整備とアクセスの確保は「ス」国側の負担工事となっているものの、建設工事を開始するための前提条件となるので、「ス」国と綿密な協議をはかり「ス」国側による負担工事が速やかに完了するよう努めるものとする。

- ③ ハトゥミア浄水場から既存配水管網までの配水本管は、大部分が幹線道路を避けたルートとなり、道路交通に与える影響は少ないものと考えられる。幹線道路の横断箇所は1カ所あり、横断部では道路交通への影響をできるだけ最小限に抑えるような工法等を採用する。
 - ④ プロジェクト対象地区の電力事情は極めて悪く日常的に停電が起こる。このため、ほとんどの既設井戸施設はディーゼル発電機が設置され、常駐する操作員が毎日のように発電機を起動している。現在、「ス」国は電力施設改善のためのプロジェクトを遂行中で、2011年にはハルツームからの送電線工事が完了する予定である。また、カッサラ市内の配電施設の整備も進めてられており、プロジェクト完了時には電力事情の大幅な改善が期待される。このような背景から、新設井戸施設は既存井戸施設と同様非常用発電機を設置するものの、操作のための常駐操作員は置かず、停電時の発電機の運転操作はハトゥミア浄水場の職員が担当するものとし、新規井戸施設は無人施設とする。
 - ⑤ プロジェクト対象地区の配電網の定格電圧は430Vである。430Vは世界的に特殊な電圧でこれを採用している国は少なく、430V仕様の電気製品は少ない。このため、プロジェクト対象地区の電気機器の多くは415V仕様のものを使用しているが、定格電圧に対する電圧降下は3.5%と許容範囲の10%以下であるため、415Vの電気機器を使用する上で問題はない。本プロジェクトでは、対象地区の実情に合わせ、電気機器の仕様は汎用性が高い415Vとする。
- (3) 建設事情/調達事情に対する方針
- ① 現地の建屋は柱・梁など主要部材は鉄筋コンクリート、壁は煉瓦で築造されている。新設の建屋はこれに準じるものとし、強度や水密性が求められる配水池などの施設は鉄筋コンクリート造りとする。本プロジェクトでは特殊工法がなく、通常の建設機械で工事が可能である。これらの建設機械は「ス」国内での調達が可能であり、本プロジェクトで使用する建設機械は現地調達を基本とする。
 - ② 「ス」国が将来にわたり持続的な維持管理を行なっていくために、本プロジェクトの機器類は、その消耗品や交換パーツが「ス」国内の代理店を通し容易に調達可能な製品をとする。
 - ③ 現地での実績をもとに、本プロジェクトで使用する管種はuPVC管を基本とするが、uPVC管の最大口径は300mm程度であるので、500mm、600mmの配水本管には適用ができない。本プロジェクトは、後述する管種の検討結果からSWCによる将来の維持管理を考慮し300mmを超える管種にはダクタイル鋳鉄管を適用する。

(4) 現地業者の活用に対する方針

- ① 詳細設計時に本邦コンサルタントは新規の水源井戸の開発とともに、既存井戸の揚水試験を行うことになる。現地には物理探査の調査会社、試掘業者などが多数存在する。本邦コンサルタントはこれら現地業者の活用をはかり、効率的な調査を実施するものとする。
- ② 「ス」国にはハルツームを中心に給水施設の工事实績を持つ建設会社は多い。現地建設会社は現地の気象条件、施工環境、社会事情等に精通していることから、日本のコントラクタは現地建設業者の活用し円滑な工事を実施するものとする。

(5) 運営・維持管理能力に対する方針

- ① SWC は東西両地区の既存浄水場を 22 年余り運用・維持管理してきた実績を持ち、一定の技術水準を保持している。新規のハトゥミア浄水場は既存浄水場と同じ施設構成であり基本的な運用技術は保有しているものの、とくに次に示す運転・管理技術の能力強化をめざし、コントラクタによる初期操作指導に加え、コンサルタントによるソフトコンポーネントを実施するものものとする。なお、本プロジェクトと同時期に実施される我が国による 2 つの技術給力プロジェクトとの連携をはかり、効果的な技術移転をはかるものとする。
 - － 適正な塩素注入法と水質管理の習得
 - － 配水ポンプの台数制御による水需要量に応じた配水管理の習得
 - － ハトゥミア浄水場の管理下に置かれる新設井戸施設の管理
 - － 計画的な維持管理法の習得
- ② 本プロジェクトでは配水本管の管種にダクタイル鋳鉄管を適用する計画である。SWC はダクタイル鋳鉄管の施工実績を持たないので、プロジェクト完了後の SWC による持続的な維持管理が可能のように、プロジェクトを通しコントラクタから SWC への施工技術の移管をはかるものとする。

(6) 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

- ① 新規ハトゥミア浄水場の建設に係わる施設内容は以下のとおりとする。
 - － 着水井の建設（取水量の計測、塩素投入口と水質サンプリング）
 - － 鉄筋コンクリート製の配水池（適正な耐用年数）
- ② ハトゥミア浄水場では、運転・維持管理のために、必要なモニタリング用の計器を設置し浄水場での計測値は電気室の計装盤に表示する。計器の内容は以下のとおりである。
 - － 流量計と水圧計（新設井戸施設の吐出管）
 - － 流量計と水圧計（既存井戸施設の吐出管）
 - － 水位計（着水井）
 - － 水位計（配水池）
 - － 流量計と水圧計（配水ポンプ吐出管）

- ③ 2003 年におけるガシ川洪水による冠水の記録から、東地区の新規建設では、設計洪水水位を GL+1m として施設の設計を行う。ただし、既設南部井戸施設はガシ川からの距離が離れていること、2003 年の洪水を経て現在でも機能していることから、新たに設置する電気計装盤のみ、冠水を考慮し、設計洪水水位以上の高さに設置するものとする。
- ④ SWC による将来の維持管理を考慮し、ハトゥミア浄水場の配水ポンプの運転法に自動運転を採用しない。ただし、手動操作による誤動作を避けるため、ポンプ吐出側の電動弁と配水ポンプが連動して駆動するように連動方式とする。また、配水ポンプの空運転防止のため配水池の水位が異常低水位を下回った時はポンプの自動停止が可能なシステムとする。
- ⑤ 停電時の運転のためにハトゥミア浄水場と新設井戸施設には非常用のディーゼル発電機を設ける。既設南部井戸施設は既設のディーゼル発電機を利用する。停電時は浄水場の約半分の処理能力が発揮されるものとし、ハトゥミア浄水場の非常用発電機の容量は計画受電量の 50%の容量として設計する。

(7) 工法/調達方法、工期に係る方針

- ① 地質ボーリングの結果から、ハトゥミア浄水場の建設用地は地耐力が不足しているため、セメント等の固化剤による地盤改良を行い地耐力の強化をはかる。
- ② 対象地域は 4 月～5 月には 40℃を超えることが予想されるため、水密性が求められる配水池の施工では、高温による複雑ひび割れを緩和するために誘発目地工法を採用するとともに、コンクリート養生にも十分に留意することとする。

3-2-2 基本計画

本計画は、ガシ川で東西に分かれたカッサラ市の 2 つの地区を対象としており、各地区は独立した 2 つの水道システムによって給水サービスが行われている。本プロジェクトでは、東地区は全体の水道システムの改善を目的としているが、西地区は既存のガルブ浄水場の緊急修理のみを目的としている。このため、基本計画は東地区と西地区ごとに策定するものとする。

3-2-2-1 東地区

(1) 全体計画

本計画は、既存のマハタ浄水場を緊急に改修するとともに、新規井戸施設の建設、南部の既存井戸施設の改修、導水管の建設、新規のハトゥミア浄水場の建設、配水本管の建設により既存の給水システムを拡張するものである。

1) 計画給水区

ガシ川東岸の既存の給水区を本プロジェクトの計画給水区とする（図 3-1-1 参照）。計画給水区にはマハタ浄水場を含む複数の給水ポイントから給水されているが、全体給水区を給水ポイントごとにエリアを分けて管理するゾーニングの方法はとられていないので、給水ポイントごとの給水エリアを明確に特定することはできない。既存給水区の概要は、基幹施設であるマハタ浄水場近傍の旧市街周辺が浄水場の主要な給水エリアであり、マハタ浄水場から離れるにしたがい他の給水ポイントからの給水量が増してくるものと考えられる。

2) 水需要予測

a. 計画目標年

本プロジェクトの上位計画であるカッサラ州の「水と衛生に関する 7 カ年水政策書（2010 年～2016 年）（Water, Sanitation and Hygiene(WASH), Strategic Plan)」の最終年にあたる 2016 年を計画目標年とする。目標年はプロジェクト完了後約 4 年後に相当する。

b. 一人一日計画使用水量（日平均）

前出のカッサラ州の水政策書は 2016 年の水使用量を 90 リットル/人/日と予測しており、日平均の計画使用水量はこの値を採用して 90 リットル/人/日とする。調査の結果、目標年における家庭使用水量に対する事業使用水量の比率は 20%程度と予測されるため、計画使用水量は以下のように設定する。

計画家庭使用水量	: 75 リットル/人/日
計画事業使用水量	: 15 リットル/人/日 (75 リットル/人/日×20%)
計画使用水量（日平均）	: 90 リットル/人/日

c. 計画漏水率及び計画有効率

< 現在の推定漏水率 >

SWC 東事務所の管路の修理記録から東地区の既存配水管網の現在の漏水率を約 35%と推定した。東地区の配水管総延長は 148km であり、アスベストセメント管（ACP）は 82km と 56%をしめ、残りを uPVC 管と鋼管がしめる。本調査によって推定された現在の管種ごとの漏水率を表 3-2-1 に示す。推定にあたっては、管種ごとに漏水箇所あたりの漏水量を推定し、これに、SWC の漏水事故修復記録から推定される管種ごとの漏水箇所数を乗じて漏水量を求めることにより漏水率を算定した。アスベストセメント管と給水管からの漏水量が多く、漏水量の削減のためには、アスベストセメント管とともに、給水管の更新も必要であると判断される。

表 3-2-1 漏水率の推定値

管 種	給水管 (PE 管)	配水管				合計
		ACP	鋼管	シーリング	uPVC 管	
漏水率(%)	11.1	13.7	3.6	3.9	3.6	35.0

注記：シーリングはバルブとアスベストセメント管のカップリングを示す

<計画漏水率>

「ス」国との技術協議の結果、本プロジェクトでは最大開発可能量まで地下水開発を行ない、需要量に対する不足分を漏水量の削減で補完するものとした。そのためには、現在の漏水率 35%を 28%にすることが必要であり、本プロジェクトの計画漏水率を 28%とすることが確認された。現在の漏水率から 7%削減されることになり、この計画値を達成するためには、約 16km のアスベストセメント管を更新し、これに接続する給水管の更新が必要になると考えられる。アスベストセメント管の更新はカッサラ州政府の事業により、実施されることになる。

<計画有効率>

計画有効率は計画漏水率から以下のように算出する。

$$\text{計画有効率} = 1 - \text{計画漏水率} = 1 - 0.28 = 0.72 \text{ (72\%)}$$

d. 計画負荷率及び計画時間係数

給水施設の規模を決めるための計画日平均給水量と計画日最大給水量は実績をもとに決定すべきであるが、既存の給水施設には流量計がなく、需要家側にも水道メータが取り付けられていないので必要な記録が利用できない。本計画はカッサラ市において 1986 年に実施された日本の無償資金協力プロジェクト（ICARA II 関連水供給計画）の採用値と日本の基準（「水道施設設計指針」日本水道協会）を適用して、計画負荷率を 0.7692(76.92%)、計画時間係数を 1.5 と設定した。

e. 計画給水人口

計画目標年の給水区内の人口は統計局カッサラ支所の予測値を適用し 204,739 人とする。この予測値は 2008 年のセンサスによる人口に人口増加率 2.53%を用いて算出したものである。計画目標年の各戸接続率を 100%とする計画であり、計画給水人口は給水区内の人口と等しく 204,739 人とする。

表 3-2-2 東給水区内の人口

地区名	2008 年 (センサス調査)	2016 年 (統計局予測値)
カッサラタウン・ローカリティ ^注 (ガシ川東岸)	165,915 人	202,620 人
カッサラルーラル・ローカリティ ^注 (ムサ地区)	1,735 人	2,119 人
合 計	167,650 人	204,739 人

注) ローカリティ： 州政府の下に位置する行政組織。カッサラ州は 6 つのローカリティで構成される。

f. 計画使用水量と計画給水量

東給水区全体を対象とした計画使用水量と計画給水量は以下のとおりである。

表 3-2-3 計画使用水量と計画給水量（東地区）

項 目	計画値	備 考
a. 一人一日計画使用水量	90 $\frac{\text{リットル}}{\text{人/日}}$	
b. 計画給水人口	204,739 人	
c. 計画日平均使用水量 = a x b / 1000	18,427 m^3 /日	水需要量
d. 計画漏水率	0.28	
e. 計画有効率 = 1 - d	0.72	
f. 計画日平均給水量 = c / e	25,593 m^3 /日	
g. 計画負荷率	0.7692	
h. 計画日最大給水量 = f / g	33,274 m^3 /日	必要な給水量

g. 計画給水量

表 3-2-3 に示したように、東給水区の日最大給水量は 33,274 m^3 /日必要であり、この量はマハタ浄水場、北部井戸群と南部のハトゥミア浄水場から給水される。3つの給水ポイントからの給水量は表 3-2-4 に示すとおりであり、南部の新規浄水場からの給水量は 15,392 m^3 /日と全体の 46%をしめる。南部の新規浄水場には、南部既存井戸群と新規に開発する水源井戸から送水される。

表 3-2-4 新規浄水場からの計画日最大給水量

給水ポイント	日最大給水量	備 考
マハタ浄水場	11,050 m^3 /日	
北部井戸群	6,832 m^3 /日	
ハトゥミア浄水場	15,392 m^3 /日	南部既設井戸と新規に開発する水源井戸の生産水量
合 計	33,274 m^3 /日	

3) 水源水質

新規浄水場の水源井戸は、11 本の新設井戸と 10 本の既存井戸の計 21 本である。試掘井戸から転用する新設井戸は 4 本であり、水質試験によって飲料水としての安全性が確認された。既存井戸の水質については、SWC が定期的な水質検査を行ない飲料水の安全性は担保されているので、本調査では簡易水質検査によりそれを確認した。

<新設井戸の水質>

本プロジェクトの水質管理に関する法的規制は、カッサラ州の環境衛生法「Law of Environmental Health for the State of Kassala(2006 年)」であり、同法は原水と水道水の水質検査を義務つけている。ただし、水質検査項目に関する条項がないので、安全サイドに立ち、農薬の試験も含めたできるだけ多くの項目の水質検査を行なった。飲料水の水質規準値には SSMO (Sudanese Standards and Metrology Organization) の値を適用した。水質試験の結果、検査した全ての項目で SSMO の基準値を満足していることが確認された。

表 3-2-5 新設井戸の水質検査結果

	項目名		SSMO 基準	試験結果 mg/l (下段: 井戸番号と採水日)			
				TW-1 (11Aug)	TW-4 (18Aug)	TW-5 (15Aug)	TW-6 (20Sep)
Organism	E-coli	大腸菌	Not detected	N/D	N/D	N/D	N/D
Inorganic Chemical	Antimony (Sb)	アンチモン	0.013 mg/l	>0.0002	>0.0002	>0.0002	--
	Arsenic (As)	砒素	0.007 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	Barium (Ba)	バリウム	0.5 mg/l	>0.05	>0.05	>0.05	--
	Boron (B)	ホウ素	0.33 mg/l	0.03	0.03	0.02	--
	Cadmium (Cd)	カドミウム	0.002 mg/l	>0.0005	>0.0005	>0.0005	>0.0005
	Chromium(Total) (Cr)	総クロム	0.033 mg/l	>0.002	>0.002	>0.002	>0.002
	Copper (Cu)	銅	1.5 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001
	Cyanide	シアン化物	0.05 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	Fluoride (F)	フッ化物	1.5 mg/l	0.44	0.24	0.56	0.52
	Lead (Pb)	鉛	0.007 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	Manganeses (Mn)	マンガン	0.27 mg/l	0.030	0.028	0.024	0.026
	Mercury (for inorganic Mercury)	水銀 (無機)	0.004 mg/l	>0.00005	>0.00005	>0.00005	--
	Molybdenum (Mo)	モリブデン	0.05 mg/l	>0.007	>0.007	>0.007	--
	Nickel (Ni)	ニッケル	0.05 mg/l	>0.004	>0.004	>0.004	>0.004
	Nitrate (NO ₃)	硝酸	50 mg/l	2.42	7.52	6.5	6.0
	Nitrite (NO ₂)	亜硝酸	2 mg/l	0.03	0.00	0.00	0.013
	Selenium (Se)	セレン	0.007 mg/l	0.001	>0.001	>0.001	--
	Uranium	ウランウム	0.01 mg/l	0.0016	0.0005	0.0004	--
Organic chemical	Carbon tetrachloride	四塩化炭素	0.0027 mg/l	>0.0002	>0.0002	>0.0002	--
	Dichloroethane	ジクロロエタン	0.014 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	1,2-Dichloroethane	1,2-ジクロロエタン	0.020 mg/l	>0.0004	>0.0004	>0.0004	--
	1,2 Dichloroethene	1,2-ジクロロエチレン	0.033 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	Trichloroethene	トリクロロエチレン	0.013 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	Tetra chloroethene	テトラクロロエチレン	0.027 mg/l	>0.0005	>0.0005	>0.0005	--
	Benzene	ベンゼン	0.007 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	Toluene	トルエン	0.470 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	Xylenes	キシレン	0.330 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	Ethyl benzene	エチルベンゼン	0.200 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	Styrene	スチレン	0.013 mg/l	>0.0002	>0.0002	>0.0002	--
	1,2 Dichlorobenzene	1,2-ジクロロベンゼン	0.700 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	1,4 Dichlorobenzene	1,4-ジクロロベンゼン	0.200 mg/l	>0.001	>0.001	>0.001	--
	Di (2-ethylexyl) phthalate	フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	0.0054 mg/l	>0.0025	>0.0025	>0.0025	--
	Acrylamide	アクリルアミド	0.0003 mg/l	>0.00005	>0.00005	>0.00005	--
	Epichlorohydrine	エピクロロヒドリン	0.0003 mg/l	>0.0002	>0.0002	>0.0002	--
	Edetic acid (EDTA)	EDTA	0.400 mg/l	>0.0005	>0.0005	>0.0005	--
	Hexachlorobutadiene	ヘキサクロロブタジエン	0.0004 mg/l	>0.0001	>0.0001	>0.0001	--
	Dioxane	1,4-ジオキサン	0.033 mg/l	>0.005	>0.005	>0.005	--
Physical Parameters	Turbidity	濁度	5NTU	0.35	1.15	2.15	0.39
	Colour	色度	15TCU	Colorless	Colorless	Colorless	Colorless
	Odour	臭気	Acceptable	Odorless	Odorless	Odorless	Odorless
	Taste	味	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
	Temperature	温度	Acceptable	29.8°C	28.9°C	28.3°C	29.1
	pH	pH	6.5-8.5	7.7	7.8	7.9	8.0
	Electric conductivity	電気伝導度	---	362	335	288	328
Inorganic Constituents	Aluminium	アルミニウム	0.13 mg/l	>0.01	0.07	0.06	--
	Ammonia	アンモニア	1.5 mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00
	Chloride (Cl)	塩化物	250 mg/l	1.60	2.20	1.80	14.22
	Hydrogen sulfide	硫化水素	0.05 mg/l	>0.05	>0.05	>0.05	--
	Iron (Total)	総鉄	0.3 mg/l	0.067	0.019	0.067	0.013
	Sodium (Na)	ナトリウム	250 mg/l	20.24	15.88	20.86	45.00
	Sulfate (SO ₄)	硫酸	250 mg/l	22.0	15.2	13.9	15.4
	TDS	TDS	1000 mg/l	220	196	178	196
Organic Constituents	Zinc (Zn)	亜鉛	3 mg/l	0.261	0.010	0.153	0.030
	2-Chlorophenol	2-クロロフェノール	0.005 mg/l	>0.0005	>0.0005	>0.0005	--
	2,4-Dichlorophenol	2,4-クロロフェノール	0.002 mg/l	>0.0005	>0.0005	>0.0005	--

試掘井戸の中で最下流に位置する TW-5 の地下水を対象に、農薬に関する試験を実施した。検査する農薬は、プロジェクト対象地区で代表的に使われている 4 種類を選んだ。表 3-2-6 に示すように、いずれの農薬も検出限界未満で地下水への影響はないことが確認された。

表 3-2-6 新設井戸の農薬に関する水質試験結果

試掘井番号	農薬種類		試験結果	分析方法
TW-5	Carbaryl	カルバリル	0.0005mg/l 未満	固相抽出-LC/MS 法
TW-5	Benomyl	ベノミル	0.0002mg/l 未満	固相抽出-LC/MS 法
TW-5	Malathion	マラチオン	0.0005mg/l 未満	固相抽出-LC/MS 法
TW-5	Diazinon	ダイアジノン	0.00005mg/l 未満	固相抽出-LC/MS 法

<既存井戸の水質>

プロジェクト対象地区の既存井戸と浄水場を対象に簡易水質試験を行い、飲料水の適正を確認した。井戸番号 42（南部井戸群）は硝酸塩が基準値を超え下水の汚染が疑われたことから、SWC はこの 2 本の井戸を廃棄した。

表 3-2-7 東地区既存揚水井の簡易水質検査結果

	NO	井戸番号	硝酸塩 NO3-(mg/L)	大腸菌 (/100ML)	水素イオン濃度 (pH)	電気伝導度 (mS/m)	水温 (°C)	
			50	0	6.5-8.5	--	--	
			50	3	6.5-8.5	--	--	
中部井戸群	1	5	20	検出されず	7.4	74.5	32.0	WHO 規準 SSMO 規準
	2	6	-	-	-	-	-	
	3	7	-	-	-	-	-	採水不可
	4	8	-	-	-	-	-	採水不可
	5	9	-	-	-	-	-	採水不可
	6	10	10	検出されず	7.5	46.0	28.5	採水不可
	7	11	5	検出されず	7.7	22.0	28.5	
	8	12	-	-	-	-	-	採水不可
	9	13	-	-	-	-	-	採水不可
	10	14	-	-	-	-	-	採水不可
	11	15	-	-	-	-	-	採水不可
	12	16	45	検出されず	7.3	141.3	30.0	採水不可
	13	17	-	-	-	-	-	
	14	18	-	-	-	-	-	採水不可
	15	23	2	検出されず	7.6	33.5	29.0	
マハダ浄水場配水池			10	検出されず	7.8	41.0	29.7	
南部井戸群	1	1	10	検出されず	7.4	66.1	32.0	採水不可
	2	2	5	検出されず	7.6	42.5	31.0	
	3	3	10	検出されず	7.4	77.0	32.0	
	4	4	20	検出されず	7.5	62.6	33.0	
	5	21	10	検出されず	7.6	44.4	31.0	
	6	22	5	検出されず	7.5	47.1	30.5	
	7	24	20	検出されず	7.3	94.1	32.0	
	8	32	5	検出されず	7.6	44.7	30.5	
	9	33	5	検出されず	7.5	53.0	31.0	
	10	41	-	-	-	-	-	

（２）施設計画

東地区におけるプロジェクトの施設内容は、水道施設の拡張（拡張プロジェクト）、マハタ浄水場の改修（改修プロジェクト）であり、それぞれの施設計画を以下に示す。

I. 水道施設の拡張

1) 取水施設

a. 水源井戸

ハトゥミア浄水場は新設井戸と南部の既設井戸 10 本からの生産水を水源とする。本調査による流量測定の結果、南部既存井戸群の取水量は $7,536\text{m}^3/\text{日}$ と同定された（表 3-2-8）。新設の水源井戸は本調査の中で掘削した 7 本の試掘井戸から転用する 4 本の井戸と、本邦コンサルタントが詳細設計時に開発する井戸を利用する。試掘井戸からの転用井戸の生産水量を表 3-2-9 に示す。本プロジェクトは本体工事が始まるまでに必要な水源量を確保する計画とする。

表 3-2-8 南部既設井戸群からの生産水量

番号	井戸番号	生産水量	
		$\text{m}^3/\text{時}$	$\text{m}^3/\text{日}$
1	41	16	384
2	33	52	1,241
3	32	25	596
4	38	38	909
5	45	45	1,080
6	37	37	888
7	30	30	720
8	35	35	840
9	14	14	336
10	23	23	543
	合 計	314	7,536

表 3-2-9 試掘井戸からの転用井戸の生産水量

番号	井戸番号	生産水量	
		$\text{m}^3/\text{時}$	$\text{m}^3/\text{日}$
1	TW-1	30	720
2	TW-4	34	816
3	TW-5	30	720
4	TW-6	30	720
	合 計	124	2,976

注記：TW-2,3,7 は失敗井

試掘井戸から転用する 4 本の井戸の生産水量は $2,976\text{m}^3/\text{日}$ であり、試掘調査から、開発地区における最大開発可能量は $8,016\text{m}^3/\text{日}$ と見込まれるので、本プロジェクトが必要とする新設井戸からの生産水量 $7,856\text{m}^3/\text{日}$ を満足することが可能であり、詳細設計時に開発する生産水

量を $4,880\text{m}^3/\text{日}$ とする。試掘調査から、1 本あたりの生産水量は $720\text{m}^3/\text{日}$ ($30\text{m}^3/\text{時}$) と見込まれ、必要な井戸本数を 7 本と想定する。

表 3-2-10 水源井戸からの全生産水量

項 目			水 量	備 考
ハトゥミア浄水場能力			$15,400\text{m}^3/\text{日}$	> 生産水量合計
生産水量	既存井戸 (10 本)		$7,536\text{m}^3/\text{日}$	
	新設井戸	試掘井からの転用井戸 (4 本)	$2,976\text{m}^3/\text{日}$	
		詳細設計時の開発井戸 (7 本)	$4,880\text{m}^3/\text{日}$	$= 720\text{m}^3/\text{日} \times 7 \text{ 本}$
		計	$7,856\text{m}^3/\text{日}$	$< 8,016\text{m}^3/\text{日}$ (最大開発可能量)
	合 計		$15,392\text{m}^3/\text{日}$	

b. 新設井戸施設

新設井戸施設の構成は次のとおりとし、図 3-2-1 に施設概要を示す。

- 水源井戸 (詳細設計時に開発)
- 水中モーターポンプ
- 電気計装設備
- 非常用発電機
- 井戸建屋
- 場内配管
- 付属設備

また、新設井戸施設は次のような計画とする。

- ① 操作員を置かず 24 時間連続運転の無人施設とし、停電時の非常発電機の操作と定期的な施設管理はハトゥミア浄水場の職員が担当する。
- ② 年間の地下水位変動が最大 10m 程度と想定され、水中モーターポンプの定格揚程は乾季の地下水位をもとに決定する。また、地下水位の大きな変動幅を考慮し、水中モーターポンプは空運転防止の制御機能を有するものとする。
- ③ 既設水中モーターポンプは故障が多く、その大部分は水中モーターの冷却機能の不備が原因と考えられるので、本計画では次のような対策をとるものとする。
 - ー 水中モーターの冷却用の最小流速を確保するための対策 (スカート等)
 - ー 水中モーターの温度異常上昇時のトリップ機能
- ④ ガシ川の洪水氾濫を想定し設計洪水位を GL+1m とする。井戸ケーシングは GL+1m の高さまで立ち上げ、井戸建屋は高床式とし電気計装盤などの機器類を冠水から保護する。また、非常発電機の基礎レベルも設計洪水位以上に設定する。

- ⑤ 水源保護のために水源井戸は井戸建屋内に納め、防犯、防塵等を考慮し非常用発電機を除く機器類も同じ建屋内に設置する。また、防犯用に井戸施設の周囲にはフェンスを巡らし、「ス」国側の負担工事とする。
- ⑥ 雨期の落雷に備えた施設計画とし、井戸建屋の屋根には避雷針を設置するとともに、場内の電気計装設備を誘導雷から保護するため、受電盤には避雷器を設置する。

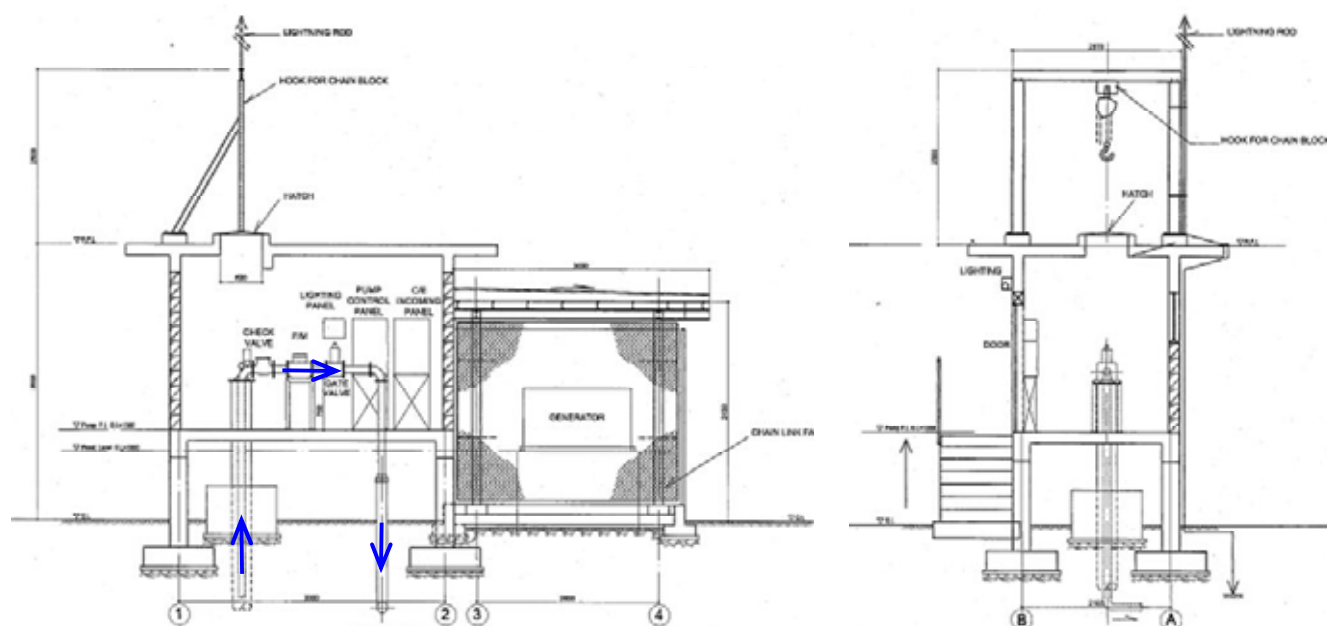


図 3-2-1 新設井戸施設の概要

c. 既存井戸施設

既存井戸施設の構成は次のとおりとし、図 3-2-2 に施設概要を示す。

- 水源井戸（詳細設計時に揚水試験を実施）
- 水中モーターポンプ（既存のものを更新）
- 電気計装設備
- 非常用発電機（既存設備を使用、更新が必要な場合は SWC が実施）
- 井戸建屋
- 場内配管
- 付属設備

また、既設井戸施設は次のような計画とする。

- ① 現状の運用体制を継承し操作員が常駐させ、24 時間連続運転に移行する。
- ② 水中モーターポンプの更新計画では、新設井戸施設と同様に水中モーターポンプの定格揚程は想定される乾季の地下水位をもとに決定し、空運転防止の制御機能を有する計画とする。

- ③ 新設井戸施設と同様に水中モーターの適正な冷却機能を保つための対策をとるものとする。
 - 水中モーターの冷却用の最小流速を確保するための対策（スカート等）
 - 水中モーターの温度異常上昇時のトリップ機能
- ④ 洪水氾濫を想定し電気計装盤は設計洪水位 GL+1m 以上に設置する。
- ⑤ 防犯、防塵等を考慮し非常用発電機を除く機器、計器類を建屋内に設置する。また、防犯用に井戸施設の周囲にはフェンスを巡らし、「ス」国側の負担工事とする。
- ⑥ 雨期の落雷に備えた施設計画とし、井戸建屋の屋根には避雷針を設置するとともに、場内の電気計装設備を誘導雷から保護するため、受電盤には避雷器を設置する。

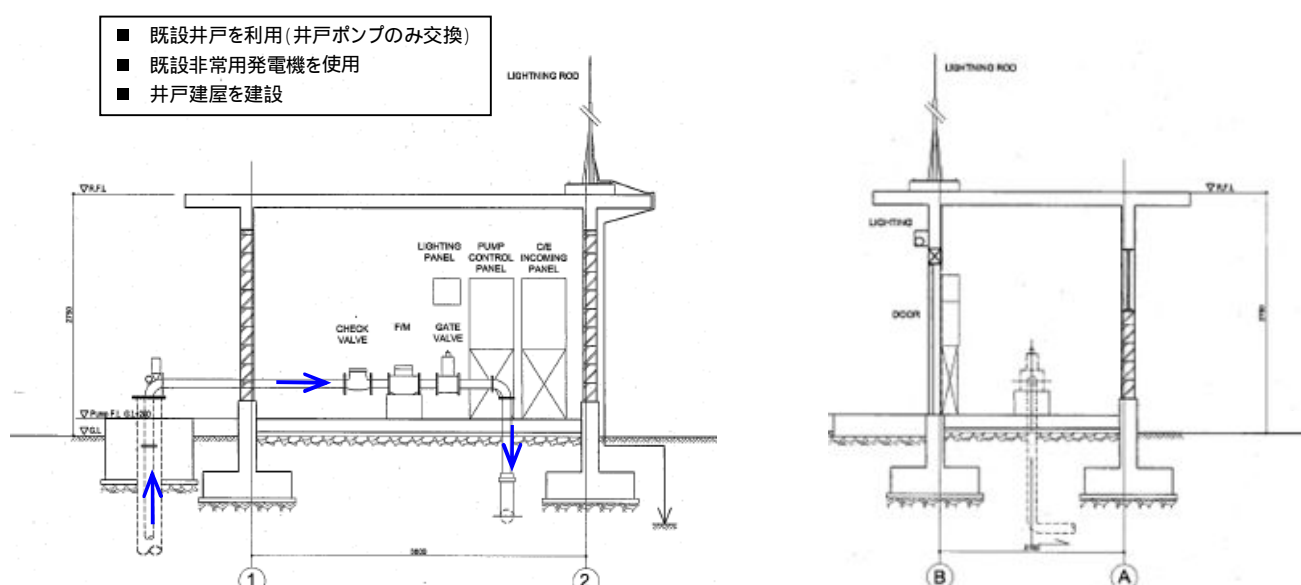


図 3-2-2 既設井戸施設の概要

2) 導水施設(導水管)

導水管は新設井戸と既設井戸からの生産水をハトゥミア浄水場の着水井まで送水するものであり、図 3-1-1 に示すようにガシ川堤防に沿ったルートとする。井戸ポンプの経済的かつ合理的な運転のためには各井戸と着水井を 1 本の配管でつなぐ単独管方式が理想的であるが、建設費の削減、限られた配管スペース（堤防の法尻から 10m の範囲）を考慮して、図 3-2-3 に示すような集合管方式を採用する。

地理的条件と導水量から水源井戸を 5 群に分け 5 系統の導水管で送水し、新設井戸からの導水管は詳細設計時の水源開発結果をもとに見直し、必要な場合は設計変更をする。ガシ川堤防沿いの導水管は最大で 3 条となり、10m の配管スペース内に敷設することが可能である。なお、導水管の管種は uPVC 管とし、圧力クラスは PN10 とする。

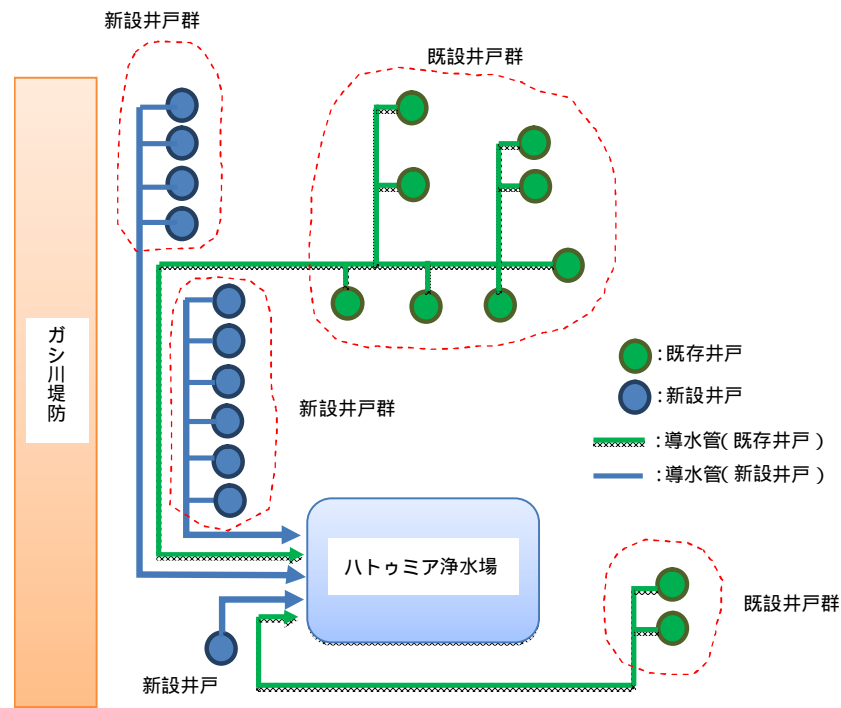
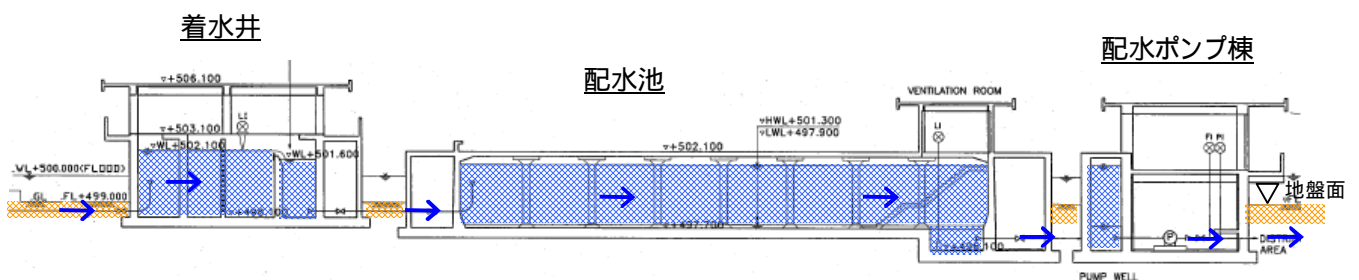


図 3-2-3 導水管の計画

3) 浄水施設（巻頭図「ハトゥミア浄水場の完成予想図」頁 xv を参照のこと）

浄水施設は着水井、配水池、配水ポンプ棟の主要施設によって構成され、配水ポンプ棟には、配水ポンプ設備、塩素注入設備、非常用発電設備が設置される。浄水施設の主要施設・設備の計画内容は以下のとおりである。



a. 着水井

着水井の設置目的は以下のとおりである。

- ① 既設井戸 10 本、新設井戸 11 本からの生産水を受水する。
- ② 井戸ポンプの圧力変化を緩衝する。
- ③ 井戸からの全導水量の測定（越流堰、水位計の設置）を行う。

- ④ 井戸原水の採水場所とする。
- ⑤ 導水量や水質を把握して、適正な塩素注入を行う。
- ⑥ 飲料水の消毒を適切に行うため、消毒剤である塩素を注入する場所とする。
- ⑦ 着水井に塩素を注入し、流出管による混和を利用して塩素混和池の省略を図る。
- ⑧ 浄水場の運転・維持管理における井戸原水の流量、水位、水質について、日常巡視を行う。

スーダン国に水道施設の設計指針がないため、容量は日本の水道施設設計指針に準ずる。

幅	: 2.0m
長さ	: 3.0m
水深	: 4.0m
容量	: 48m ³ /2 池
池数	: 2 池
滞留時間	: 4.5 分（水道施設設計指針：1.5 分以上）

b. 配水池

本計画の配水池は、マハタ浄水場の既設配水池（FRP 製）の破裂事故を教訓に FRP 材（耐用年数 20 年程度）より耐用年数の長い、堅固な鉄筋コンクリート造り（耐用年数 60 年程度）とする。

配水池の容量は、着水井と同様に日本の水道施設設計指針を参考にする。この指針では、滞留時間は、時間変動調整容量、配水池上流側対応分（渇水、水質事故、施設事故等）、配水池下流側対応分（災害時応急給水、施設事故等）、消火用水量を考慮して 12 時間を標準とされている。本計画では、一年間を通した時間、週間、月間、季別の配水量記録がないため変動は不明で時間変動調整容量は算出できないが、水源は井戸で比較的安定しており、施設も単純なものであり、比較的大きな事故はないものと考え、滞留時間を縮減して 8 時間とする。

幅	: 24.0m
長さ	: 32.0m
有効水深	: 3.4m
容量	: 5,200m ³ /2 池
池数	: 2 池
滞留時間	: 8.1 時間（水道施設設計指針：12 時間を標準とする）

c. 配水ポンプ棟

マハタ浄水場は、2003 年に隣接するガシ川の堤防が決壊し氾濫の洪水に遭い、配水ポンプ棟をはじめ、発電機室、塩素注入棟は、洪水の土砂で埋まり、出入り口は約 60cm 下がる構造に変わり雨水浸水の懸念がある。この洪水の教訓により、ガシ川に対して高い堤防が嵩上げされ、2007 年の豪雨には有効に機能した。しかし、堤体は、土を盛って築造され、堤

体の一部に転石等で保護されたが、堅固な堤体になっていないため決壊が懸念され再び浸水する可能性がある

新設浄水場の洪水位については、2003年の洪水位の観測記録がないため、住民への聞き取り調査を参考に、洪水位を+500.0m(新設浄水場付近の地盤標高499.0m+洪水痕跡高さ1.0m=500.0m)とする。

本計画の配水ポンプ棟は、2003年の洪水位を考慮し、地下に配水ポンプ室、地上に電気室、発電機室、塩素注入室、事務室などを設け、全ての出入り口を洪水位より上に設ける(図3-2-4を参照)。

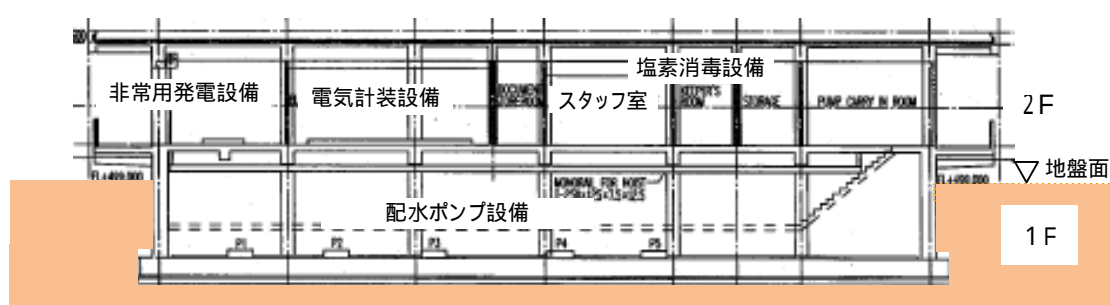


図 3-2-4 配水ポンプ棟

幅	: 9.5m(ポンプ井含む)
長さ	: 30.0m
階数	: 地下1階、地上1階
棟数	: 1棟

d. 配水ポンプ設備

型式	: 横軸式片吸い込み渦巻きポンプ
容量	: 4.01m ³ /分 (23,100m ³ /日÷1,440分/日÷4台=4.01m ³ /分)
揚程	: 55.0m (管網解析結果より)
電動機出力	: 75.0kW (電動機出力計算より)
台数	: 5台 (内1台予備)、(台数制御検討より)

電動機出力の計算

$$P=(0.163 \times \gamma \times Q \times H \div \eta_p) \times (1+a)$$

ここで、	P : 原動機出力 (kW)
	γ : 液の単位当たりの質量 (kg/L)
	Q : ポンプの吐き出し量 (m ³ /分)
	H : ポンプの全揚程 (m)
	η_p : ポンプ効率 (%)
	α : 余裕率 (0.1~0.15)

$$P=0.163 \times 1 \text{kg} \times 4.01 \text{m}^3/\text{分} \times 55.0 \text{m} \div 0.7 \times (1+0.15) = 59 = 75 \text{kW (定格容量)}$$

＜ 配水ポンプの運転制御方式 ＞

配水量は一日の中での時間変動（昼間と深夜等）、年間の中での季節変動（夏と冬等）と変動するので、流量変化に応じた配水ポンプの運転制御が求められる。配水ポンプの運転制御には、表 3-2-11 に示すように、①ポンプの運転台数制御、②ポンプの回転数制御と 2 方式が想定されるが、運転制御が単純、かつ、制御機器が不要で運転操作、維持管理が容易であるという理由から、本計画では①のポンプ運転台数による制御方式を採用する。

表 3-2-11 配水ポンプの運転制御方式の比較

項 目	① ポンプ運転台数制御	② ポンプ回転数速度制御
1.制御機器、制御方式の種類	ポンプ台数割のみで、制御機器は不要である。	2 次抵抗制御、静止セルビウス制御、1 次周波数制御の方式がある。
2.制御範囲	ポンプ台数割による制御範囲で、台数の増加に伴い流量範囲が密になる。 △	制御方式によっては、需要量に近い制御が可能である。 ○
3.省エネルギー効果	ポンプ台数を多くすればするほど制御範囲が大きくなり、省エネルギー効果は高まるが、これに比例して経済性が劣る。 △	2 次抵抗制御は、2 次すべり電力は熱となり回収されず損失する。其他方式は、2 次すべり電力を電源側に返還できるので、省エネルギー効果は大きい。 ○
4.維持管理性	制御機器がないので、ポンプのみの点検整備で済む。 ○	定期的な点検整備が必要であり、方式によっては日常保守も必要である。 ×
5.経済性	ポンプ台数の増加に伴い増額となる。 △	設備が高額である。 ×
6.総合評価	従来から通常用いられる方法で、単純な制御であるものの季節変動、時間変動にある程度対応が可能で、制御機器が不要で運転操作、維持管理が容易であることからこの方式を採用する。 ○	需要量変動に対する追従性が高く、省エネルギー効果も大きい。設備費が高額であり、定期的な点検整備が必要である。日本国内ではこの運転制御方式の採用が多い。 △

＜ 配水ポンプの台数 ＞

時間変動および季節変動の配水量が不明のため、計画配水量と配水ポンプ台数を表 3-2-12 に示すように想定した。最小配水量、一日平均配水量、一日最大配水量に対して、4 台の配水ポンプの運転制御が適切と考え配水ポンプは 4 台とする。

表 3-2-12 配水ポンプの運転台数による配水量

項 目	摘 要	2 台案 (m ³ /日)		3 台案 (m ³ /日)		4 台案 (m ³ /日)	
ポンプ容量	1 台あたり	P	11,550	P	7,700	P	5,775
最小配水量	5,775m ³ /日	1	11,550	1	7,700	1	5,775
一日平均配水量	11,850m ³ /日	1	11,550	2	15,400	2	11,550
一日最大配水量	15,400m ³ /日	2	23,100	3	15,400	3	17,325
時間最大配水量	23,100m ³ /日	2	23,100	3	23,100	4	23,100

注記：

1) 最小配水量は、流量計が未設置で配水量の記録がないため、時間最大配水量の 1/4 と仮定した。

2) P:ポンプの運転台数

e. 塩素注入設備

消毒剤には 1988 年からマハタ浄水場で塩素が使用されてきており、今まで特に問題がないことから、本計画の消毒は既設と同様、塩素による消毒として注入場所は着水井とする。計画塩素注入量は表 3-2-13 に示す。

表 3-2-13 計画塩素注入率および注入量

項 目	最 小	平 均	最 大
注入率	0.5mg/L	1.0mg/L	2.0mg/L
注入量	0.32kg/時	0.64kg/時	1.28kg/時

注入量の計算

$$V_w = Q \times R \times 10^{-3}$$

ここで、 w : 質量注入量 (kg/時)
Q : 処理水量 (m³/時)
R : 液化塩素注入量 (mg/L)

$$V_w = 15,400\text{m}^3/\text{日} \div 24 \text{ 時間} \times 2.0\text{mg/L} \times 10^{-3} = 1.28\text{kg/時}$$

f. 電気・計装設備

本計画の電気設備では、受電の変圧器まではスーダン側の負担工事で行われ、これ以降に必要な、切り替え盤、引き込み盤、ポンプ盤、計装盤等を設ける。

電力仕様 : 三相 4 線、415V、50Hz
切り替え盤 : 1 面
引き込み盤 : 1 面
配水ポンプ盤 : 5 面
計装盤 : 1 面

運転・維持管理用の計装設備の計測項目は以下のとおりとする。

① 取水量

取水量を把握するために、着水井に越流堰と水位計を設けて、越流水深により流量を求め取水量とする。水位計は、越流堰直近の水位が計測できる超音波水位計とする。

② 配水量

配水量を把握するために、配水ポンプ後の流出ヘッダー管に流量計を設置する。流量計の型式は、超音波式と電磁式があるが、バイパス管が不要なことや設置が容易なことから超音波式とする。

③ 配水池の水位

水位計は、機械フロート式、投込圧力式、超音波式があるが、電気室で水位が監視できる機器とし、耐腐食性や電気信号を考慮して投込圧力式を採用する。

g. 非常用発電機

プロジェクトの完了年には現在の電力事情の大幅な改善が見込まれるものの、連続的な給水サービス提供における浄水場の需要性を鑑み、本計画では停電時の電源用に非常用発電機を設けるものとする。停電時に 50%給水ができることを条件として、発電機容量は配水ポンプが 2 台運転できる規模とする。

型 式 : ディーゼルエンジン
容 量 : 500kVA
台 数 : 1 台

$$\begin{aligned} PG3 &= \{(PL-Pn)/nL+Pm \times K \times C \times Pfs\} \times (1/\cos f) \\ &= \{(167.85-75)/0.85+152.85 \times 7.2 \times 0.65 \times 0.4\} \times (1/0.8) \\ &= 494kVA \rightarrow 500kVA \end{aligned}$$

ここで、 PG3: 発電機容量(kVA)、494kVA
Pm : 電動機出力の合計 (kW)、152.85kW
配水ポンプ、75kW×2 台 (4 台×50%) = 150kW
塩素加圧ポンプ、0.65kW
場内給水ユニット、2.2kW
電灯盤電源、15kW
負荷合計 167.85kW、電動機合計 152.85kW
PL : 負荷の出力合計 (kW)、167.85kW
Pn : (始動-入力)が最大となる電動機または電動機群の出力 (kW)、75kW
Pfs : Pn の電動機の起動時力率、0.4
nL : 負荷の総合効率、0.85
Cosφ : 発電機定格力率、0.8
K : 電動機起動階級によって決まる値、不明の時は 7.2
C : 電動機始動方式によって決まる係数、0.65 (リアクトル方式)

4) 配水本管

計画目標年 2016 年の需要量に基づき東給水区の管網計算を行ない、新設管の管径を決定した。管網計算結果は図 3-2-5 の通りである。ハトゥミア浄水場から既存配水管網まで日最大給水量 15,400m³/日送水するために、配水本管(DN500,DN600)約 6.3Km の布設が必要である。また、管網計算結果(添付資料-8)は給水区内の北東エリアおよび北西部エリアでは配水管の追加が必要であることを示しているが、既設配水管網のデータの信頼度が充分でないこともあり、本計画では配水本管の建設のみをプロジェクトの範囲とし、その他の配水管については、詳細なデータ蓄積に基づいて検討されることが必要との判断から、プロジェクトには含めないものとした。

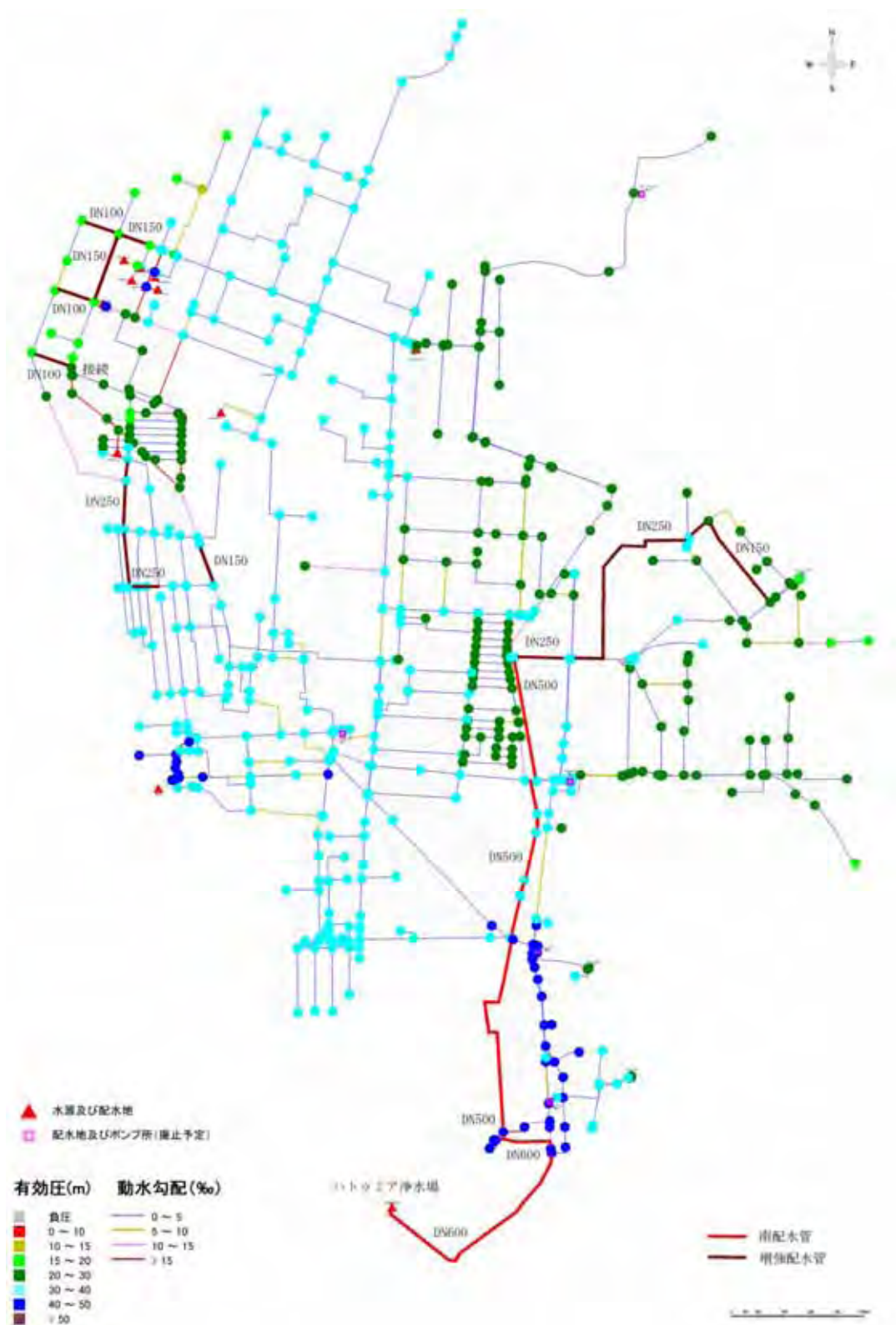


図 3-2-5 東給水区の管網解析結果

東給水区の既設配水管は、アスベストセメント管及び硬質塩化ビニル管が使用されている。硬質塩化ビニル管の最大口径は DN300mm であり、これより大きい管の材質は、鋼管やダクタイル鋳鉄管が一般的考えられるが、本計画では以下の理由によりダクタイル鋳鉄管を用いる。

- ① 鋼管の継ぎ手は溶接方式で、溶接は技術的に容易でなく熟練した溶接工が必要で溶接に時間がかかる。溶接箇所の検査は重要であり、その検査方法はレントゲンや超音波による検査で容易でない。また、この地域の気候は、4 月、5 月の平均気温が 40℃を超え、砂嵐、雷、豪雨があり自然環境が厳しい状況で溶接施工の環境は良くない。
- ② ダクタイル鋳鉄管の継ぎ手はプッシュオンジョイント方式で、ゴム輪を管の受け口入れて管を差し込むだけの接続であるので、熟練の配管工を必要とせず、接続の確認も差し管に付けた挿入位置印を確認するだけで容易である。また、前述の天候の中でも容易に接続でき、鋼管に比べ遙かに施工性が優れている。
- ③ 本計画の建設完成後はスーダン側で維持管理を行うことになり、アスベストセメント管の布設に伴う配水管整備において、ダクタイル鋳鉄管であれば、クレーン付きトラックや管切断機により、スーダン側でも容易に布設が行える。一方、鋼管は熟練した溶接工が必要であり、レントゲンまたは超音波の溶接検査機器が必要となり、気候に鑑みてもスーダン側での布設は困難と思われ、布設ができたとしても漏水の原因を残す懸念がある。

東地区には、消火栓は設置されていない。消防車は、西地区に 1 台配備され、東地区ではロバの給水車が消防車の代わりとして消火活動に当たるように準備されている。本計画の南配水管は、新設浄水場から南部地域及び中部地域への配水本管で、重要な配水幹線であり、水道利用者との密接な関係にある配水管とは異なるので、消火栓は設置しない。

5) 施設計画のまとめ

施設計画をまとめたものを表 3-2-14 に示す。

表 3-2-14 施設概要（東地区：拡張プロジェクト）

区 分	施 設	規 模	数 量	備 考
取水施設	既設井戸	7,537m ³ /日	10 本	
	試験井戸からの転用井戸	井戸径 10 ³ / ₄ inch、720m ³ /日（平均）	4 本	
	新設井戸	同 上	7 本	
	既存井戸施設（改修）	水中モーターポンプ更新 電気設備（引き込み盤、制御盤） 井戸建屋	10 カ所	
	新規井戸施設	水中モーターポンプ（3.7-5.5kW） 電気設備（引き込み盤、制御盤） ディーゼル発電機（12.5-17kVA） 井戸建屋	11 カ所	
導水施設	導水管	DN100, DN150, DN200, DN250, DN300, uPVC 管	12.11km	
ハトゥミア浄水場 （浄水施設） 浄水能力： 15,400m ³ /日	着水井	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 2.0m、長さ 3.0m、有効水深 4.0m 容量：48.0m ³ /2 池 滞留時間：4.5 分間	2 池	上屋付き
	配水池	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 24.0m、長さ 32.0m、有効水深 3.4m 容量：5,200m ³ /2 池 滞留時間：8.1 時間	2 池	
	配水ポンプ棟	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 9.5m、長さ：30.0m 地下 1 階、地上 1 階	1 棟	
	場内連絡管	導水管、浄水管、排水管、給水管	1 式	
	場内整備	場内道路、場内排水	1 式	
	配水ポンプ設備	型式：横軸片吸込み渦巻きポンプ 容量：4.01m ³ /分 揚程：55.0m 電動機出力：75kW	5 台 (1 台予備)	
	塩素注入設備	消毒剤：液体塩素 最大注入率：2mg/L 最大注入量：1.28kg/時 真空式注入機：2 台 注入ポンプ：2 台	1 式	
	電気・計装設備	電力仕様：三相 4 線、415V、50Hz 切り替え盤：1 面 引き込み盤：1 面 ポンプ盤：5 面 計装盤：1 面 水位計、流量計	1 式	
	非常用発電機設備	型式：ディーゼルエンジン 出力：500kVA	1 式	
配水施設	配水本管	DN500mm, DN600mm、ダクタイル鋳鉄管	6.3km	

II. マハタ浄水場の改修（巻頭図「マハタ浄水場の完成予想図」頁 xv を参照のこと）

1) 水源井戸

既存井戸に問題がないため、本計画では既設井戸の改修は行わず、既存井戸をそのまま利用する。調査団による流量測定の結果から、計画生産水量はつぎのとおりとする。

表 3-2-15 計画取水量

井戸番号	生産水量 (m ³ /時)	浄水場施設能力
5	29	11,050m ³ /日÷24 時間=460m ³ /時
6	29	
7	37	
8	38	
9	39	
10	65	
17	30	
11	22	
13	28	
14	21	
12	15	
18	34	
16	41	
23	14	
15	19	
合 計	461	460

2) 浄水施設

ハトゥミア浄水場と同じ構成とし、各設備の仕様は以下のとおりとする。

a. 着水井

幅 : 2.0m
長さ : 3.0m
水深 : 4.0m
容量 : 48.0m³/2 池
池数 : 2 池
滞留時間 : 6.3 分（水道施設設計指針：1.5 分以上）

b. 配水池

幅 : 16.0m
長さ : 32.0m
有効水深 : 3.6m
容量 : 3,686m³/2 池
池数 : 2 池
滞留時間 : 8.0 時間（水道施設設計指針：12 時間を標準とする）

d. 配水ポンプ棟

幅 : 9.5m(ポンプ井含む)
長さ : 30.0m
階 数 : 地下 1 階、地上 1 階
棟 数 : 1 棟

e. 配水ポンプ設備

型 式 : 横軸式片吸い込み渦巻きポンプ
容 量 : 2.88m³/分 (16,600m³/日÷1,440 分/日÷4 台=2.88m³/分)
揚 程 : 50.0m (管網解析結果より)
電動機出力 : 45.0kW (電動機出力計算より)
台 数 : 5 台 (内 1 台予備)、(台数制御検討より)

電動機出力の計算

$$P=(0.163 \times \gamma \times Q \times H \div \eta p) \times (1 + \alpha)$$

ここで、
P : 原動機出力 (kW)
γ : 液の単位当たりの質量 (kg/L)
Q : ポンプの吐き出し量 (m³/分)
H : ポンプの全揚程 (m)
Hp: ポンプ効率 (%)
α : 余裕率 (0.1~0.15)

$$P=0.163 \times 1 \text{kg} \times 2.88 \text{m}^3/\text{分} \times 50.0 \text{m} \div 0.6 \times (1 + 0.15) = 45 \text{kW (定格容量)}$$

< 配水ポンプの台数 >

時間変動および季節変動の配水量が不明のため、計画配水量と配水ポンプ台数を表 3-2-16 に示すように想定した。最小配水量、一日平均配水量、一日最大配水量に対して、4 台の配水ポンプの運転制御が適切と考え配水ポンプは 4 台とする。

表 3-2-16 配水ポンプの運転台数による配水量

項 目	摘 要	2 台案 (m ³ /日)		3 台案 (m ³ /日)		4 台案 (m ³ /日)	
ポンプ容量	1 台あたり	P	8,300	P	5,333	P	4,150
最小配水量	4,250m ³ /日	1	8,300	1	5,333	1	4,150
一日平均配水量	8,500m ³ /日	1	8,300	2	10,666	2	8,300
一日最大配水量	11,050m ³ /日	2	16,600	3	16,600	3	12,450
時間最大配水量	16,600m ³ /日	2	16,600	3	16,600	4	16,600

注記：

1) 最小配水量は、流量計が未設置で配水量の記録がないため、時間最大配水量の 1/4 と仮定した。

2) P:ポンプの運転台数

e. 塩素注入設備

計画塩素注入量を表 3-2-17 に示す。

表 3-2-17 計画塩素注入率および注入量

項 目	最 小	平 均	最 大
注入率	0.5mg/L	1.0mg/L	2.0mg/L
注入量	0.23kg/時	0.46kg/時	0.92kg/時

注入量の計算

$$Vw=Q \times R \times 10^{-3}$$

ここで、 w : 質量注入量 (kg/時)
 Q : 処理水量 (m³/時)
 R : 液化塩素注入量 (mg/L)

$$Vw=11,050\text{m}^3/\text{日} \div 24 \text{ 時間} \times 2.0\text{mg/L} \times 10^{-3} = 0.92\text{kg/時}$$

f. 電気・計装設備

電力仕様 : 三相 4 線、415V、50Hz
 切り替え盤 : 1 面
 引き込み盤 : 1 面
 配水ポンプ盤 : 5 面
 計装盤 : 1 面

計装設備では、運転・維持管理に必要な以下のものを設ける。

- ①取水量
- ②配水量
- ③配水池の水位計

g. 非常用発電機

ポンプが 2 台運転できる規模とする。

型 式 : ディーゼルエンジン
 容 量 : 500kVA
 台 数 : 1 台

$$\begin{aligned} PG3 &= \{(PL-Pn)/nL + Pm \times K \times C \times Pfs\} \times (1/\cos f) \\ &= \{(140.85-45)/0.8 + 125.85 \times 7.2 \times 0.67 \times 0.4\} \times (1/0.8) \\ &= 453\text{kVA} \rightarrow 500\text{kVA} \end{aligned}$$

ここで、 PG3 : 発電機容量(kVA)、453kVA
 Pm : 電動機出力の合計 (kW)、125.85kW
 配水ポンプ、45kW×2 台 (4 台×50%) = 90kW

既設井戸ポンプ。11kW×3カ所=33kW

塩素加圧ポンプ、0.65kW

場内給水ユニット、2.2kW

電灯盤電源、15kW

負荷合計 140.85kW、電動機合計 125.85kW

PL : 負荷の出力合計 (kW)、142.75kW

Pn : 始動電流が最大の電動機、電動機群の出力 (kW)、45kW

Pfs : Pn の電動機の起動時力率、0.4

nL : 負荷の総合効率、0.8(既設井戸ポンプによる効率の低減)

Cosφ : 発電機定格力率、0.8

K : 電動機起動階級によって決まる値、不明の時は 7.2

C : 電動機始動方式によって決まる係数、0.65 (Y-Δ 方式)

3) 施設計画のまとめ

マハタ浄水場の施設改修計画を表 3-2-18 に示す。

表 3-2-18 施設概要 (東地区：改修プロジェクト)

区 分	施 設	規 模	数 量	備 考
マハタ浄水場 (浄水施設) 浄水能力： 11,050m ³ /日	着水井	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 2.0m、長さ 3.0m、有効水深 4.0m 容量：48.0m ³ /2 池 滞留時間：6.3 分間	2 池	上屋付き
	配水池	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 16.0m、長さ 32.0m、有効水深 3.6m 容量：3,686m ³ /2 池 滞留時間：8.0 時間	2 池	
	配水ポンプ棟	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 9.5m、長さ：30.0m 地下 1 階、地上 1 階	1 棟	
	場内連絡管	導水管、浄水管、排水管、給水管	1 式	
	場内整備	場内道路、場内排水	1 式	
	配水ポンプ設備	型式：横軸片吸込み渦巻きポンプ 容量：2.88m ³ /分 揚程：50.0m 電動機出力：45kW	5 台 (1 台予備)	
	塩素注入設備	消毒剤：液体塩素 最大注入率：2mg/L 最大注入量：0.92kg/時 真空式注入機：2 台 注入ポンプ：2 台	1 式	
	電気・計装設備	電力仕様：三相 4 線、415V、50Hz 切り替え盤：1 面 引き込み盤：1 面 ポンプ盤：5 面 計装盤：1 面 水位計、流量計	1 式	
	非常用発電機設備	型式：ディーゼルエンジン 出力：500kVA	1 式	

3-2-2-2 西地区

(1) 全体計画

本計画は、既存配水池の破裂事故のリスクが高いため、既存のガルブ浄水場を緊急に改修することを目的としたものである。

1) 計画給水区

ガシ川西岸の既存の給水区を計画給水区とする。給水区内の人口は以下のとおりである。

表 3-2-19 西地区の人口

	2008 年（センサス）	2016 年
行政人口	132,614 人	161,961 人
給水人口	約 80,000 人	—

給水人口は SWC 西事務所の顧客台帳からの推定値

2) 計画諸元

東地区の計画諸元を適用する。

表 3-2-20 計画諸元（西地区）

項 目	計画値
目標年	2016 年
一人一日計画使用水量	90 リットル/人/日
計画漏水率	0.28
計画有効率	0.72

3) プロジェクトの対象人口

プロジェクト実施後もガルブ浄水場からの配水量に変わりはないので、本計画による対象人口は、計画諸元を適用してガルブ浄水場の給水量から求められる負担人口と考える。一人一日計画使用水量、計画漏水率、計画負荷率から次のように算出される。本計画の対象人口は、配水池が破裂事故を起こした場合に給水サービスを受けることが出来ない住民と捉える。

プロジェクトの対象人口（西地区）

$$\begin{aligned} &= \text{ガルブ浄水場の配水量} \div (\text{一人一日計画使用水量} \div 1,000) \times \text{計画有効率} \times \text{計画負荷率} \\ &= 5,200\text{m}^3/\text{日} \div (90 \text{ リットル/人/日} \div 1,000) \times 65\% \times 76.92\% = 28,888 \text{ 人} \end{aligned}$$

(2) 施設計画（巻頭図「ガルブ浄水場の完成予想図」頁 XV を参照のこと）

調査団による流量測定の結果から、現在の揚水量は当初の計画値を上回ることが確認された。既存井戸に問題がないため、既存井戸をそのまま利用する。計画生産水量は当初の計画値を採用しつぎのとおりとする。

表 3-2-21 計画取水量（西地区）

井戸番号	調査団による測定値 (m ³ /時)	当初の計画生産水量 (m ³ /時)	浄水場能力
6	36	30	5,200m ³ /日÷24 時間=217m ³ /時
7	47	30	
14	36	30	
4	28	30	
8	30	30	
11	41	30	
12	30	30	
合 計	248	210	217

1) 浄水施設

東地区のマハタ浄水場、ハトゥミア浄水場と同じ構成とし、各設備の仕様は以下のとおりとする。

a. 着水井

幅 : 1.5m
長さ : 2.5m
水深 : 3.5m
容量 : 26.3m³/2 池
池数 : 2 池
滞留時間 : 7.3 分（水道施設設計指針：1.5 分以上）

b. 配水池

幅 : 12.0m
長さ : 24.0m
有効水深 : 3.0m
容量 : 1,728m³/2 池
池数 : 2 池

2) 施設計画のまとめ

表 3-2-22 施設概要（西地区：改修プロジェクト）

区 分	施 設	規 模	数 量	備 考
ガルブ浄水場 （浄水施設） 浄水能力： 5,200m ³ /日	着水井	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 1.5m、長さ 2.5m、有効水深 3.5m 容量：26.3m ³ /2 池 滞留時間：7.3 分間	2 池	上屋付き
	配水池	鉄筋コンクリート造り 形状：幅 12.0m、長さ 24.0m、有効水深 3.0m 容量：1,728m ³ /2 池 滞留時間：8.0 時間	2 池	
	場内連絡管	導水管、浄水管、排水管、給水管	1 式	

3-2-3 概略設計図

プロジェクトの施設建設にかかる基本設計図は添付資料－10 に示す通りである。

3-2-4 施工計画/調達計画

3-2-4-1 施工法方針/調達方針

< 事業実施体制 >

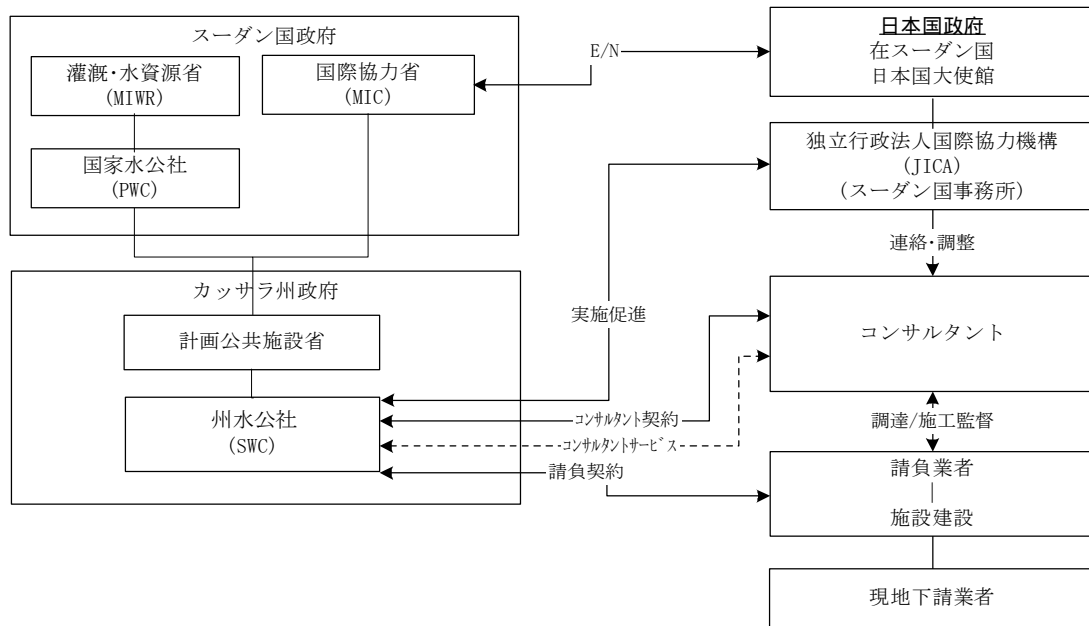


図 3-2-6 事業実施体制

本計画は「ス」国政府と日本政府との間で交換される交換公文(E/N)に記載された条件によって実施される。プロジェクトの「ス」国側実施機関はカッサラ州政府計画・公共施設省傘下の州水公社 (SWC) である。事業実施後の施設の維持管理・運営は SWC が引続き実施する。SWC は実施に際して詳細設計、入札図書の作成、入札にかかる補佐、建設工事の管理といったサービスを受けるためにコンサルタントを雇用する。建設工事の実施においては本計画の建設工事を担当できる現地下請業者の活用を図る。本計画に関連する諸機関とその関係は図 3-2-6 に示すとおりである。

3-2-4-2 施工上/調達上の留意事項

< 乾季の施工計画 >

本調査地域は年中高温で、特に乾期の4～5月の月平均最高気温は40℃以上になる。コンクリート工事など暑中施工については品質低下を招くことがないように留意点等を把握し、現場での対策を施工計画に十分に反映させるものとする。

< 工事用電力 >

建設サイト近くには既存の配電網がなく、工事用に商業電力を利用するのは困難である。また、「ス」国による電力施設の改善事業が工事の実施時期までに間に合うのかも不確実である。したがって、工事用に必要な電力はコントラクターが準備する発電機によって供給するものとする。

3-2-4-3 施工区分/調達・据付区分

プロジェクトが実施された場合の我が国と「ス」国側との負担区分は表 3-2-23(1)(2)に示す通りである。

(1) 改修プロジェクト

表 3-2-23 (1) 「ス」国側及び日本側の施工負担区分/据付区分（改修プロジェクト）

項 目	日本国側	「ス」国側
1. マハタ浄水場の改修		
(1) 施設用地(含工事用用地、アクセス道路)の確保		○
(2) 工事用地内の整地		○
(3) 法面保護工事		○
(4) 樹木と既存守衛小屋の移設工事		○
(5) 施設建設（計画・設計、資機材調達、施工を含む）	○	
(6) 電力の引き込み（415V）		○
(7) フェンス、門扉の建設		○
(8) 洗浄及び消毒	○	
(9) 試験	○	
2. ガルブ浄水場の改修		
(1) 施設用地(含工事用用地、アクセス道路)の確保		○
(2) 樹木の移設工事		○
(3) 施設建設（計画・設計、資機材調達、施工を含む）	○	
(4) 洗浄及び消毒	○	
(5) 試験	○	
3. その他		
(1) 仮設用地の提供（ハトゥミア浄水場建設用地の一角）		○
(2) 水張り試験時の用水の提供		○

(2) 拡張プロジェクト

表 3-2-23(2) 「ス」国側及び日本側の施工負担区分/据付区分 (拡張プロジェクト)

項 目	日本国側	「ス」国側
1. 取水施設		
(1) 試掘用地とアクセスの確保		○
(2) 新規井戸水源の開発 (物理探査・試掘・揚水試験)	○	
(3) 新規井戸施設の用地の提供		○
(4) 新規井戸施設の建設	○	
(5) 新規井戸施設用のフェンス・門扉の建設		○
(6) 既設井戸の揚水試験 (詳細設計時)	○	
(7) 既設井戸の改修 (井戸ポンプ交換、井戸小屋の建設)	○	
(8) 既設井戸の非常用発電機の更新 (必要な場合)		○
2. 導水管		
(1) 導水管ルート上の障害物の撤去 (樹木伐採)		○
(2) 導水管の敷設	○	
(3) 洗浄及び消毒	○	
(4) 水圧試験	○	
3. 浄水場		
(1) 施設用地の確保		○
(2) 施設用地の整地		○
(3) アクセス道路の建設 (必要な場合)		○
(4) 施設建設 (計画・設計、資機材調達、施工)	○	
(5) フェンス、門扉の建設		○
(5) 洗浄及び消毒	○	
(6) 試験	○	
4. 配水本管		
(1) 配水本管ルート上の障害物の撤去 (樹木伐採)		○
(2) 配水本管の敷設	○	
(3) 既存配水管との接続	○	
(3) 洗浄及び消毒	○	
(4) 水圧試験	○	
5. 電力の引き込み (ハトゥミア浄水場及び新設井戸施設まで)		○
6. その他		
(1) 仮設用地の提供 (ハトゥミア浄水場施設用地の一角)		○
(2) 水張り試験時の用水の提供		○

3-2-4-4 施工監理計画

本計画は日本国の無償資金協力制度により実施され、コンサルタントは実施のための実施設計及び施工監理を行う。

実施設計

実施設計は、新規水源井戸の開発、既存井戸の調査（揚水試験）、詳細設計、入札図書の作成等、事業実施に必要な書類の作成を行う。

入 札

コンサルタントは SWC を補助し入札を行う。入札後締結される契約は、日本政府の認証後発効する。

施工監理

コンサルタントは SWC を補佐し、着工前打合せ、工事用資機材の工場検査・現地輸送の立会、工事及び据付、試運転、竣工検査等について工程・品質管理を主眼とした請負業者の指導・監督を行い、E/N に定められた期間内に施設建設を完成させる。

3-2-4-5 品質管理計画

常駐施工監理技術者を派遣し品質管理計画に基づき施工監理要領を準備し、それに従って品質管理、進捗管理、安全・環境管理を実施する。現場工事の品質管理の主要項目は以下の通りである。

- ・ 基礎工事: 戴荷試験等
- ・ 締め固め: 材料試験、密度試験等
- ・ コンクリート工事: 材料試験(砂・砂利・セメント)、試験配合、強度試験、スランプ試験
- ・ 鉄 筋: 引張り・曲げ強度(工場出荷証明)
- ・ 場内管路及び配水本管: 水圧試験

上記の他、建設の進捗に合わせ各段階で出来型を測定・確認する。また、竣工時のコミッショニングにおいては、改修後の浄水場の機能を確認後に引渡しが行えるように工程を管理する。

その他建設用機材については、配水ポンプや塩素消毒装置等の工場出荷前に性能試験をコンサルタントの立会いのもとで業者に実施させる。機材据付の際には、土木・建築工事と同様に据付工事監理要領を準備し、それに基づき必要な検査を実施する。据付完了時にも性能試験を実施し機材の品質が確保されていることを確認し、その後にコミッショニングを行う。

上記の品質管理に係わる検査の規格は JIS や ISO 等国际規格に準拠するものとする。

3-2-4-6 資機材等調達計画

プロジェクトの工事用資機材の調達は現地、本邦あるいは第三国での調達を原則とする。第三国としては、EU 諸国及びエジプト、サウジアラビア等の近隣諸国を考慮する。表 3-2-24 にプロジェクトで調達を予定している資機材の調達先を示す。

表 3-2-24 主要機材の調達先（改修及び拡張プロジェクト）

品 目		プロジェクト	日 本	「ス」国	第三国
配水ポンプ		改修及び拡張	○		
電気計装機器		改修及び拡張	○		
流量計		改修及び拡張	○		
塩素消毒設備	塩素消毒装置	改修及び拡張	○		
	塩素ポンプ等	改修及び拡張		○	
管材	uPVC管	改修及び拡張	○	○	
	ダクタイル鋳鉄管	拡張のみ			○
	鋼管及び異形管	改修及び拡張	○		
	バルブ、計器類	改修及び拡張	○		

工事用資機材の保管先はハトゥミア浄水場建設用地に併設される資機材置き場とする。本邦からの調達の場合は、香港、ジッタを経由しポートスーダンで荷揚し、ポートスーダンからサイトまでは陸送する。日本からサイトまでの輸送期間は概ね 1.5 ヶ月である。免税通関は、カッサラ州政府の計画・公共施設省が事前に対象となる輸入税・国内付加価値税相当額について予算処置をしておく必要がある。

その他、改修プロジェクト、拡張プロジェクトとも建設に使用する資材の調達先は表 3-2-25 に示す通りである。

表 3-2-25 建設資材の調達先（改修及び拡張プロジェクト）

№	品 目	内 容		
		日 本	「ス」国	第三国
1	セメント		○	
2	鉄筋		○	
3	型枠材		○	
4	建設用木材		○	
5	燃料		○	
6	砂利・砂		○	
7	窓枠等建具		○	
8	屋内・外照明具		○	
9	ポリエチレンパイプ		○	

3 - 2 - 4 - 7 初期操作指導・運用指導計画

業者による初期操作指導及び運用指導は更新する施設の全てについて実施することを原則とする。操作指導は施設の引渡し時に、アラビア語の取扱説明書及び修理マニュアル等に基づき実施する。設備ごとの指導内容は表 3-2-26(1)(2)に取りまとめた通りである。

(1) 改修プロジェクト

表 3-2-26(1) 初期操作指導の内容 (改修プロジェクト)

対象者	機材・設備	指導内容
マハタ浄水場の予定職員	着水井・配水池・ポンプ設備等	・ 配水ポンプの操作法 ・ 圧力計、バルブ類等の付帯設備の取扱い方 ・ 水位計、流量計等の取り扱い方 ・ 着水井・配水池の点検・維持管理法 ・ 計器・バルブ類を含めた配水ポンプの日常点検及び修理方法 ・ ポンプ盤、操作盤の取扱い方法及び修理・点検方法 ・ 非常用電源設備の取扱い方法及び修理・点検方法
	塩素注入設備	・ 塩素注入装置と付帯機器の取扱い方 ・ 事故時の対処方法と事故回避のための注意点 ・ 塩素消毒装置の日常点検・修理方法
ガルブ浄水場の予定職員	着水井・配水池	・ 機械式水位計の取り扱い方 ・ 着水井・配水池の点検・維持管理法

(2) 拡張プロジェクト

表 3-2-26(2) 初期操作指導の内容 (拡張プロジェクト)

対象者	機材・設備	指導内容
ハトゥミア浄水場の予定職員	浄水施設： 着水井・配水池・ポンプ設備等	・ 配水ポンプの操作法 ・ 圧力計、バルブ類等の付帯設備の取扱い方 ・ 水位計、流量計等の取り扱い方 ・ 着水井・配水池の点検・維持管理法 ・ 計器・バルブ類を含めた配水ポンプの日常点検及び修理方法 ・ ポンプ盤、操作盤の取扱い方法及び修理・点検方法 ・ 非常用電源設備の取扱い方法及び修理・点検方法
	浄水施設： 塩素注入設備	・ 塩素注入装置と付帯機器の取扱い方 ・ 事故時の対処方法と事故回避のための注意点 ・ 塩素消毒装置の日常点検・修理方法
	新設井戸施設	・ 圧力計、バルブ類等の付帯設備の取扱い方 ・ 水位計、流量計等の取り扱い方 ・ 非常発電機の操作法

3-2-4-8 ソフトコンポーネント計画

プロジェクトの実施機関であるカッサラ州水公社(SWC)は、1985～1987年に無償資金協力で建設した給水施設・機材をこれまで大きな問題なく運営・維持管理し、洪水や配水池の破裂事故への対応等、非常時への対応経験があることから、一定の実施能力・維持管理能力を有すると考えられるが、これらは経験に基づいた方法であり、データによる科学的、合理的な手法がとられているとはいえない。また、内戦による混乱等により、十分な補修や

維持管理が行なわれていない施設もあり、このような施設では本来の機能が発揮されていない。新に建設する給水施設を対象に、データ等による科学的、合理的な運営維持管理の技術移転を行うことは、カッサラ市の水供給システム全体の運営維持管理にも有意義なものと判断され、拡張プロジェクトの中で給水施設の運営維持管理の能力向上を目的としてソフトコンポーネントを実施する。ソフトコンポーネント計画の概要は以下のとおりであり詳細は添付資料－6 に添付する。

(1) 目標

- ① 配水ポンプの運転方法が理解され、需要量変動に応じた配水計画が立案・策定され、これらに基づいたエネルギー効率の高い配水ポンプの運転が強化される。
- ② 塩素注入設備の役割、機能が理解され、適切な塩素量の注入が実施される。
- ③ 新規井戸施設の役割、機能が理解され、新規井戸施設の操作方法を習得する。
- ④ 計画的な維持管理方法が理解され、定期検査およびスペアパーツ管理の実施方法を習得し、設備更新計画が策定される。

(2) 活動

本ソフトコンポーネントの活動は、設備の運転と計画的維持管理手法の技術移転が対象となり、前者については設備の概要や取扱いに係る講義と実際に設備や機材を運転しながら実施する訓練(OJT)から構成される。これらのセミナーや訓練は配水ポンプ、塩素消毒設備、新規井戸施設ごとに実施する。活動は設備の試運転が完了し、引渡し準備が整った段階で実施する。具体的な活動内容は次のとおりである。

①配水ポンプ設備の運転・維持管理の技術移転

- 運転管理マニュアル準備
- 需要量に応じた配水ポンプ運転に係るセミナー
- 配水ポンプの運転 OJT

②塩素消毒設備の運転・維持管理の技術移転

- 塩素消毒設備の機能と操作に係るセミナー
- 塩素消毒設備操作の OJT

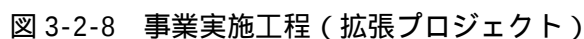
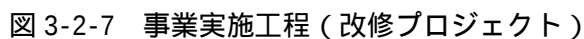
③新規井戸施設の運転・維持管理の技術移転

- 新規井戸施設に係わるセミナー
- 新規井戸施設操作の OJT

④計画的維持管理法の指導

- 設備の定期検査
- スペアパーツの在庫管理
- 設備の更新計画

マハタ浄水場とガルブ浄水場の改修を内容とする改修プロジェクトはその緊急性が高いことが認められることから、拡張プロジェクトに先行して緊急に実施する工程計画とする。改修プロジェクトと拡張プロジェクトの事業実施工程を図 3-2-7 と図 3-2-8 に示す。



3 - 3 相手国側分担事業の概要

プロジェクトの実施にあたっての、「ス」国側負担事項は次のとおりである。

- ① プロジェクトに必要なデータ・資料類の提供
- ② プロジェクトサイトの安全確保
- ③ 銀行取極め(B/A)及び支払授權書(A/P)に伴う手数料の支払い
- ④ プロジェクトによって調達された工事用資機材の「ス」国入国時における速やかな積み下ろし、通関手続き
- ⑤ 承認された契約に基づく資機材の調達及びサービスの実施にかかる日本人関係者が「ス」国に持ち込む物品及び下請契約に対する租税公課の免税措置
- ⑥ プロジェクトによって建設された施設の適切な使用と維持管理
- ⑦ プロジェクト実施に必要な要員の確保及び日本側への無償貸与等本無償資金協力により負担し得ない費用の負担

その他の「ス」国側の負担事項は改修プロジェクト、拡張プロジェクトごとに以下のとおりである。

表 3-3-1 「ス」国側負担の概要（改修プロジェクト）

項 目	備 考
(1) 仮設用地の提供（新規南部浄水場用地の一角）	SWC の用地であるため無償貸与となる。
(2) 施設用地(含工事用用地、アクセス道路)の確保	東地区、西地区とも既存浄水場の敷地内に建設することから、収容に問題はない。
(3) 工事用地内の既存構造物、樹木の撤去と整地	SWC が技術者を派遣して実施する。
(4) 発残土の捨て場	SWC が指定した場所で問題はない。
(5) 電力の引き込み（415V）	Mahta 浄水場の既設トランスは容量が不足するため交換が必要であり電力公社に委託するが、Garb 浄水場は既設トランスの交換は不要である。
(6) 既存施設の撤去、処分	既存施設が新規施設に影響を与えることなく既存施設の撤去、処分は SWC が判断する。
(7) 既存施設と新規施設との切り替え時の協力(工事立会い、断水の実施と住民への周知)	SWC の技術者を派遣して実施する。
(8) フェンスと門扉設置（Mahta 浄水場）	SWC が技術者を派遣して実施する。
(9) 水張り試験時の用水の提供	既存施設からの用水が確保される。
(10) プロジェクト実施要員の配置	SWC が技術者を配置して実施する。

表 3-3-2 「ス」国側負担の概要（拡張プロジェクト）

項 目	実施時期	備 考
1.既設井戸		
(1)用地の確保	用地境界の明確化： コンサルタントとの DD 契約後 1 ヶ月以内 用地確保： 遅くとも工事開始前までに	用地境界が明確でない井戸があるので、用地境界を 明らかにして用地を確保する。
(2)用地内の整地及び樹木等の移設	遅くとも工事開始前までに	用地内の整地と樹木等を移設する。
(3)受電一次側電力設備の交換	遅くとも電気工事開始前までに	老朽化している受電一次側電力設備のものは更新 する。
(4)非常用発電機設備	遅くとも電気工事開始前までに	既設井戸ポンプの交換に伴い、発電機容量の不足や 老朽化している発電機は更新する。
(5)フェンス及び門扉の設置	引渡し前までに	井戸施設を安全に維持するために、フェンス及び門 扉を設置する。
2.新設井戸		
(1)用地の確保	用地境界の明確化： コンサルタントとの DD 契約後 1 ヶ月以内 用地確保： 遅くとも工事開始前までに	井戸予定地は公用地であるが、境界を明確にし、必 要な用地を確保する。
(2)用地内の整地及び樹木等の移設	遅くとも工事開始前までに	用地内の整地を行うとともに、樹木等の移設を行 う。
(3)電力の引き込み及び受電一次側 電力設備の設置	遅くとも電気工事開始前までに	新設井戸地域には電力が供給されていないので、電 力の引き込みと受電一次側電力設備を設置する。
(4)フェンス及び門扉の設置	引渡し前までに	井戸施設を安全に維持するために、フェンス及び門 扉を設置する。
3.新設浄水場		
(1)用地の確保	用地境界の明確化： コンサルタントとの DD 契約後 1 ヶ月以内	新設浄水場の用地は既に確保されているが、用地境 界を明確にするために、堅固な境界杭を設ける。
(2)用地内の整地及び樹木等の移設	遅くとも工事開始前までに	用地内の整地は既に完了しているが、樹木等の移設 を行う。
(3)工事中仮設用地の提供	遅くとも工事開始前までに	工事中仮設用地は、新設浄水場内に確保される。
(4)取り付け道路（アクセス道路）	遅くとも工事開始前までに	取り付け道路は堤防沿いに公道が確保されている ものの、樹木等が公道側にはみ出している所ある ので剪定や移設を行う。
(5)電力の引き込み及び受電一次側 電力設備の設置	遅くとも電気工事開始前までに	新設浄水場地域には電力が供給されていないので、 電力の引き込みと受電一次側電力設備を設置する。
(6)水張り試験時の用水提供	水張り試験前までに	水源井戸より浄水場に導水されることにより用水 は確保され、提供される。
(7)フェンス及び門扉の設置	引渡し前までに	浄水場を安全に維持するために、フェンス及び門扉 を設置する。
4.導配水管		
(1)道路及び河川占用申請にかかる 協力	工事開始前までに	導配水管布設工事に先立ち、道路及び河川管理機 関への占用手続きに協力する。
(2)道路内樹木等の剪定及び移設	遅くとも工事開始前までに	導配水管ルート of 道路内には樹木等があり、管布 設に障害がある場合は、剪定や移設を行う。
(3)道路上の置物の片付け	遅くとも工事開始前までに	道路上に置かれているコンクリートブロックや放 置された看板等の片付けを行う。
(4)新設管と既設管接続による断水	接続工事の実施前と実施中	新設管と既設管の接続時の断水実施について、住 民への周知や接続工事の立ち会いに協力する。
5.その他		
(1)工事による残土の土捨て場	全体工事開始前	SWC がカッサラ市と協議して場所を指定する。
(2)事業実施	全体工事実施期間	SWC が技術者を配置して、事業の実施に協力する。

3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

施設完成後の浄水場の運転・維持管理は、SWC のカッサラ東事務所とカッサラ西事務所が担当する。東事務所と西事務所の現在の職員数は 159 名と 57 名であり、浄水場の職員数は 16 名、8 名である。両浄水場は 24 時間の勤務体制を敷き、現在まで既存浄水場施設を運営してきた実績を持ち、浄水場の運転・維持管理に関し一定の技術水準にある。プロジェクト実施後に浄水場を運転・維持管理していくことに問題はないと考えられる。

(1) 改修される既存浄水場

1) マハタ浄水場（東地区）

マハタ浄水場の 16 名の職員の内訳は場長 1 名、主任 4 名、技師 1 名、操作員 9 名、運転手 1 名の構成である。4 交代制を敷き、主任 1 名、操作員 2 名によって運用している。管理内容は、ポンプの運転管理、配水池の水位管理、塩素消毒設備の管理、非常用発電設備の操作等である。なお、浄水場の運転操作の他に浄水場近傍の 4 本の井戸施設の毎日の運転操作（起動 - 停止）も含まれる。老朽化著しい施設にもかかわらず運転を継続してきたことを考慮すれば、一定の水準が維持されているものと考えられる。プロジェクト実施後の施設運営では、配水池の水位管理が容易になり、配水ポンプ設備が更新され操作方法も改善されることから、現体制で十分対応可能と考えられ特に職員の増員の必要性はないと判断される。また、浄水場の改修により井戸水源の運転時間は 20 時間から 24 時間の連続運転になるため、近傍の井戸施設の毎日の起動 - 停止操作は不要となり、基本的には井戸施設の管理のみとなる。浄水場の修理・点検等の維持管理についても、コミショニング時の取扱いの指導が十分であれば維持管理面での問題はない。

2) ガルブ浄水場（西地区）

ガルブ浄水場の 8 名の職員の内訳は場長 1 名、主任 4 名、操作員 4 名の構成である。3 交代制を敷き、主任 1 名、作業員 1 名によって運用しており、1 班は緊急時に備え待機させている。管理内容は東事務所と同様である。施設の規模は小さいものの東事務所と比べると職員の負担は大きいものと考えられる。東地区と同様に、老朽化著しい施設にもかかわらず運転を継続してきたことを考慮すれば、一定の水準が維持されているものと考えられる。プロジェクトは配水池の改修のみでポンプ設備等の施設の改修は含まれないため、改修後の施設の操作に基本的な変更はなく、修理・点検等の維持管理についても問題はないと考えられる。

上記より、施設修理後も既存浄水場での運転要員の増員は必要ないものと判断され、表 3-4-1 のとおり現行の職員数で対応は充分可能である。

表 3-4-1 既存浄水場の運転要員と増員

施 設	現 在	プロジェクト完了後	増員
マハタ浄水場 (東地区)	16 名 (交替制で昼間:5 名、夜間:3 名) 4 本の水源井戸の毎日の起動と停止	16 名 (交替制で昼間:5 名、夜間:3 名) 4 本の水源井戸の管理	-
ガルブ浄水場 (西地区)	8 名 (交替制で昼間:3 名、夜間:2 名)	8 名 (交替制で昼間:3 名、夜間:2 名)	-

(2) 新規浄水場（ハトゥミア浄水場）

プロジェクト完了後の施設の運用・維持管理は SWC のカッサラ東事務所が担当する。カッサラ東事務所は、東地区の給水施設を管理し、給水施設には改修プロジェクトで更新されるマハタ浄水場と拡張プロジェクトによって新規建設されるハトゥミア浄水場の基幹施設の他に、全ての水源井戸と配水管ネットワークが含まれる。

1) 運用体制

改修されるマハタ浄水場の運用は現職員をそのまま移行する計画であり、14 名の職員が 4 交代制で勤務する。マハタ浄水場とハトゥミア浄水場では規模の違いはあるものの、基本的に同じ設備構成なのでハトゥミア浄水場の運用体制もマハタ浄水場と同じ形をとるものとする。ただし、ハトゥミア浄水場は新規井戸施設の管理を行うことになるので（新規井戸施設は管理者が常駐しない無人施設とする）、一班あたりの職員を 1 名増やし 4 名として 18 名の体制をとる。

プロジェクトの完了後は深夜の給水を行なわない現在の 20 時間給水から 24 時間給水となる。浄水場は 8 時間ごとにシフトし一日あたり 3 班で運用する。したがって、浄水場職員の勤務は 3 日勤務、1 日休日の 4 日ごとのローテーションとなる。

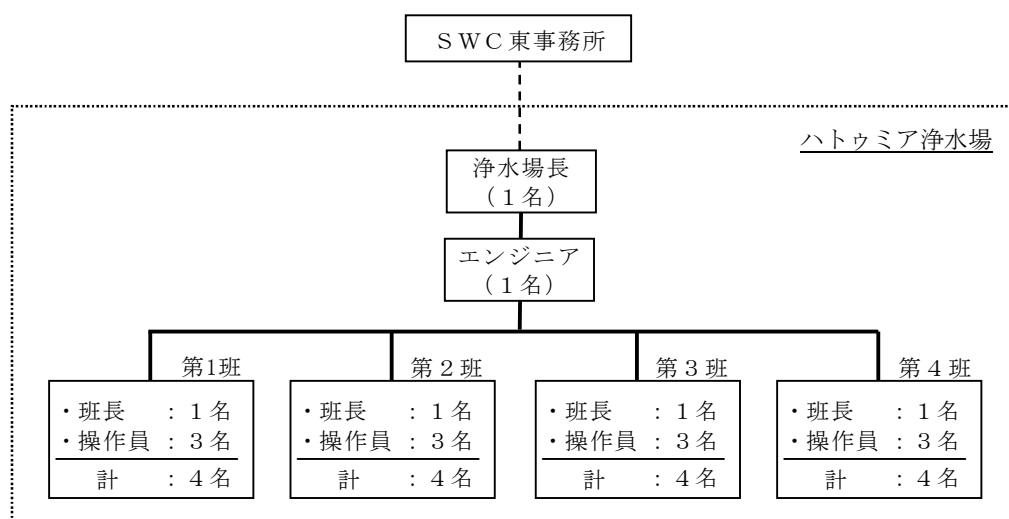


図 3-4-1 ハトゥミア浄水場の運営・維持管理体制

2) 技術移管

ハトゥミア浄水場に配属される職員は、浄水場の勤務経験を持たないことも想定されるので、配属される全ての職員には浄水場の運用・維持管理に必要な研修および訓練を課するものとする。これらの研修と訓練では、「ス」国内で実施されている2つの技術協力プログラム（以下、「技プロ」と称す）の連携をはかり、プロジェクトで実施するコントラクタによる設備の初期操作指導、および、本邦コンサルタントによるソフトコンポーネントと合わせ、効果的に技術移管がはかれることに努める。

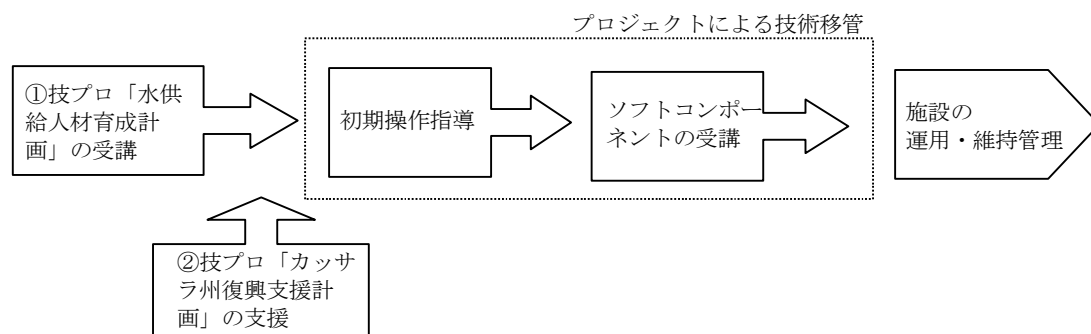


図 3-4-2 ハトゥミア浄水場の配属職員への研修と訓練

上記、技プロの概要は次のとおりである。

① 技プロ「水供給人材育成計画」

「ス」国の州ごとの水供給に係わる人材の育成を目的にしたもので、ハルツームの研修センターに人材を集めて研修を実施してきている。SWC も人材を派遣してきており、今後とも SWC からの継続した参加を提言してゆく。過去の受講者には管理者クラスが多いため、今後は実務を担当する若手の職員を中心に選定することが必要である。

② 技プロ「カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援プロジェクト」

水、農業、衛生、職業訓練の4セクターを対象に人材能力開発を目的としたものであり、カッサラ州の行政機関を対象に、2010年11月から2013年10月の3年間をかけ実施される予定である。水分野では1.配水ネットワークの運用・維持管理技術の向上、2.村落給水の浄水場の運用・維持管理技術の向上、3.財務管理の能力向上が対象であり、本プロジェクトとの関連では1と3が該当する。当該技プロと本プロジェクトはかなりの期間が重複するため、可能な限り同技プロとの連携をはかり、効率的な活動を実施するものとする。

3-5 プロジェクトの概略事業費

3-5-1 協力対象事業の概略事業費

3-5-1-1 改修プロジェクトの概略事業費

(1) スーダン側負担経費

表 3-5-1 に示す通り、「ス」国側負担経費は 487.2 千 SDG (19.5 百万円)である。「ス」国税制によると、無償資金協力で調達される工事用資機材に係る付加価値税(VAT)および輸入関税等については免税措置される。

表 3-5-1 「ス」国側負担経費総括表（改修プロジェクト）

(単位:千 SDG)

項 目	経 費	備 考
1. Mahta 浄水場		
(1) 仮設用地の提供（新規南部浄水場用地の一角）	-	SWC の用地であるため無償貸与となる。
(2) 施設用地(含工事用用地、アクセス道路)の確保	-	既存施設の敷地内であるため問題はない。
(3) 工事用地内の整地	168.3	
(4) 法面保護工事	121.5	
(5) 樹木の移設工事	0.9	
(6) 電力の引き込み（415V）	55.8	既設トランスは容量が不足するため交換が必要であり電力公社に委託する。
(7) フェンス、門扉の建設	87.0	
(8) 水張り試験時の用水の提供	17.3	
(9) 事業実施費	19.6	
小 計	470.4	
2. Garb 浄水場		
(1) 仮設用地の提供（新規南部浄水場用地の一角）	-	SWC の用地であるため無償貸与となる。
(2) 施設用地(含工事用用地、アクセス道路)の確保	-	既存施設の敷地内であるため問題はない。
(3) 工事用地内の整地	-	平地のため不要
(4) 樹木の移設工事	1.6	
(5) 電力の引き込み（415V）	-	設備改修はなく既設トランスを利用する
(6) フェンス、門扉設置	-	既設のものを利用するため不要
(7) 水張り試験時の用水の提供	7.7	
(8) 事業実施費	-	Mahta 浄水場兼務のため不要
小 計	9.3	
3. 銀行手数料	7.5	
合 計	487.2	-

(2) 積算条件

<積算時点>

本計画の事業費積算時点は平成 22 年 9 月とする。

<為替交換レート>

本計画の事業費積算に適用した為替交換レートは、平成 22 年 3 月～平成 22 年 8 月までの平均為替レートを採用する。

- 1 USD = 90.90 円
- 1 USD = 2.28SDG
- 1 SDG = 39.8684 円

3-5-1-2 拡張プロジェクトの概略事業費

(1) スーダン側負担経費

表 3-5-2 に示す通り、「ス」国側負担経費は 777.3 千 SDG (29 百万円)である。「ス」国税制によると、無償資金協力で調達される工事に資機材に係る付加価値税(VAT)および輸入関税等については免税措置される。

表 3-5-2 「ス」国側負担経費総括表（拡張プロジェクト）

(単位:千 SDG)

項 目	経 費	備 考
1.既設井戸		
(1)用地の確保	-	SWC の所有用地である。
(2)用地内の整地及び樹木等の移設	5.6	
(3)受電一次側電力設備の交換	12.5	老朽化しているものを更新する。
(4)非常用発電機設備	125.0	容量不足及び老朽化しているものを更新する。
(5)フェンス及び門扉の設置	122.2	
計	265.3	
2.新設井戸		
(1)用地の確保	-	公用地のため無償である。
(2)用地内の整地及び樹木等の移設	5.9	
(3)電力の引き込み及び受電一次側電力設備の設置	-	浄水場に含む。
(4)フェンス及び門扉の設置	134.4	
計	140.3	
3.新設浄水場		
(1)用地の確保	-	SWC の所有用地である。
(2)用地内の整地及び樹木等の移設	1.6	
(3)工事用仮設用地の提供	-	SWC の所有地である。
(4)取り付け道路（アクセス道路）	0.6	路上の樹木の剪定及び移設
(5)電力の引き込み及び受電一次側電力設備の設置	241.9	新設井戸を含む
(6)水張り試験時の用水提供	23.0	
(7)フェンス及び門扉の設置	64.7	
計	331.8	
4.導配水管		
(1)道路内樹木等の剪定及び移設	0.6	
(2)道路上の置物の片付け	-	持ち主が負担する
計	0.6	
5.その他		
(1)事業実施費	24.3	
(2)銀行手数料	15.0	
計	39.3	
合 計	777.3	

（２）積算条件

<積算時点>

本計画の事業費積算時点は平成 22 年 12 月とする。

<為替交換レート>

本計画の事業費積算に適用した為替交換レートは、平成 22 年 6 月～平成 22 年 11 月までの平均為替レートを採用する。

- ・ 1 USD = 86.61 円
- ・ 1 USD = 2.359 SDG
- ・ 1 SDG = 36.71 円

3-5-2 運営・維持管理費

西地区のガルブ浄水場は設備の改修は行わず、配水能力、および、設備仕様に変更はなく、スタッフの配置も現行のままなので、施設改修後も維持管理費は現在と変わらない。したがって、東地区に関する運転・維持管理費を検討する。

1) 改修プロジェクトによる運転・維持管理費の増加

マハタ浄水場は配水能力を当初の計画値まで復帰させることを目的に、配水池を適正な容量まで増やし、老朽化した設備の更新を含んだものであり、水源井戸からの取水を 20 時間から 24 時間に変更する。また、需要量変動に追従した配水を可能にするためポンプの台数制御を採用し、ポンプ台数を現在の 3 台（この内、1 台は故障）から 5 台（1 台は予備）に変更する。これらの更新による改修前と改修後の維持管理費の増加分は 439,075 SDG（1,600 万円相当）である。

表 3-5-3 マハタ浄水場の維持管理費の増加分

SDG/年

項目	改修前	改修後	増減	備考
人件費	62,224	62,224	0	現在のスタッフが移行
電気料金	619,107	1,045,024	425,917	15 本の井戸水源も含む
燃料費（発電機）	150,822	150,822	0	改修前は実績値
塩素ガス代	1,350	14,506	13,156	
合計	833,523	1,272,576	439,075	

備考）目標年には電力事情の大幅な改善が見込まれるため、非常用発電機に使われる燃料費は大きく減少すると考えられるが、ここでは改修前の同じ費用を計上した。

2) 拡張プロジェクトによる運転・維持管理費の増加

拡張プロジェクトでは、ハトゥミア浄水場と 11 カ所の新規井戸施設が建設され、運営・維持管理費が増加する。また、11 カ所の既存井戸施設は 20 時間から 24 時間運転となり、この分の運転費が増加する。下表に示すように、プロジェクトの実施による年間の運営・維持管理費の増加分は 788,429 SDG（2,900 万円相当）である。

表 3-5-4 拡張プロジェクトによる運営・維持管理費の増加分

SDG/年

項目		増加費用	比率 (%)	備考
人件費		80,000	10	ハトゥミア浄水場職員の人件費
電気料金	ハトゥミア浄水場	476,982	60	配水ポンプ 1 台の容量は 75kW
	新設井戸施設 (11 カ所)	148,876	19	11 カ所の総出力は 51.5kW
	既設井戸施設 (15 カ所)	29,582	4	20 時間から 24 時間運転に伴う増加分
	計	655,440	83	
燃料費（発電機）		32,772	4	電気料金合計の 5%を想定
塩素ガス代		20,217	3	塩素の平均注入率は 1mg/L
合計		788,429	100	

備考) 目標年には電力事情の大幅な改善が見込まれるため、非常用発電機に使われる燃料費は現状から大きく減少すると考えられるが、ここでは電気料金の5%を計上した。

上表に示すように、運営・維持管理費の83%を電気料金がしめ、この大半はハトゥミア浄水場の配水ポンプ運転にかかる電気料金である。運転・維持管理費の削減をはかるためには、電気料金の削減が重要であり、本計画では、配水ポンプの運転法に台数制御方式を採用して需要量変動に応じ高い効率点でのポンプ運転をはかることにしている。

3) 収支バランス

本計画の実施による運転・維持管理費の増加分は、約 1,227,588 SDG (4,500 万円相当) である。2016 年の目標年には各戸接続人口が 79,260 人 (人口と各戸接続率の増加) に増え、これは約 14,410 の水道契約者数の増加に相当する (1 世帯を 5.5 人)。契約者の大半をしめる、クラス 3、接続給水管サイズ 1/2 インチの定額水道料金 17 SDG/月・世帯を適用すると、プロジェクトの実施による水道料金の年間の増収額は 2,940,000 SDG (約 1.17 億円) となり、運営・維持管理費の増加分を充分補うことが可能である。

第4章 プロジェクトの評価

第4章 プロジェクトの評価

4-1 事業実施のための前提条件

(1) 建設用地／仮設用地の確保

既設浄水場の改修は浄水場の敷地内での建設工事となり、新規のハトゥミア浄水場の建設用地は SWC が既に土地オーナーから取得した土地であるため、建設用地の問題はない。また、11 カ所の新規の井戸施設用地はカッサラ州政府の公用地であり、州政府から土地使用に問題がないことを確認済みである。ハトゥミア浄水場の建設用地は十分な広さを持ち、仮設用地、現場事務所、資材置き場、建設用資材の加工場等の全ての工事事務施設をこの中に配置することが可能である。しかしながら、事業開始後に隣接する土地との境界問題が生じないように、SWC による境界杭の設置を講じる必要がある。

(2) 相手国側負担事項実施

「ス」国側の負担事項を実施するための予算措置が確実に行われ、遅滞無く履行される必要がある。

(3) 治安状況

2011 年 1 月の国民投票結果を受け 2011 年 7 月に南部スーダンが独立する予定となっているため治安情勢が変化しやすくなることが予想されることから、事業実施にあたり治安状況が顕著に悪化しないことが事業実施の前提条件である。

4-2 プロジェクト全体計画達成のために相手方投入（負担）事項

プロジェクト（改修プロジェクト及び拡張プロジェクト）の全体計画達成のための前提条件として「ス」国側が取り組むべき課題を以下に示す。

(1) 技術協力プロジェクトで向上する運営・維持管理能力の活用

プロジェクトの実施に併せ 2 つの技術協力プロジェクト（「水供給人材育成計画」及び「カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援プロジェクト」）が実施中であり、前者は北スーダン各州の水道行政に係わる人間を対象に能力向上をはかり、後者はカッサラ州の行政に係わる人間を対象に 4 セクターについての行政能力の向上を目的としている。いずれの技術協力プロジェクトとも実施機関である SWC との関わりは深く、特に、後者は SWC の配水管網の維持管理能力と財務管理能力の向上を目的としたもので、本プロジェクトで実施する浄水場の運転・維持管理の技術移転を目指したソフトコンポーネントとともに、SWC の水道事業の運営能力の強化をはかるものである。これら技術移転を受けた組織／職員が継続して施設管理を行い、建設後の水道施設を適切に運転・管理する必要がある。

（２）新規配電工事の実施

新設する井戸施設とハトウシア浄水場の周辺には、既設配電線はなく新規施設まで配電線を引き込む工事が必要である。配電線工事にかかる費用は「ス」国の負担費用の中でも大きく、また、電力の供給は給水施設を運営する上での前提となるので、必要な予算措置をとり、日本側による電気工事が始まるまでに遅滞なく、確実に実施されなければならない。

（３）既存配水管網の整備事業

東地区のアスベストセメント管の更新を主な事業内容とする既存配水管網の整備事業は「ス」国により実施される予定である。プロジェクトは水源開発、ハトゥミア浄水場の建設、マハタ浄水場とガルブ浄水場の改修、配水本管の建設によって水供給側の施設改善を目的としたものであり、東地区内の給水状況が改善されるためには、「ス」国による配水管網の整備事業と本プロジェクトによる効果が同じように発現される必要がある。プロジェクトの実施にあたっては、両者の間で情報の共有をはかるとともに、とくに、工事工程に関しては定期的な協議を設け互いの情報を共有する。

（４）財務健全性

水道事業の持続性を確保するためには SWC の財務強化は重要課題である。技術協力プロジェクト「カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援プロジェクト」は、水道メータ制度に基づく水道料金体系への移行をプログラムの 1 つに挙げている。一方、SWC の財務体質の健全化のために、国際会計基準に準拠した財務諸表の作成能力を備えるなどの強化が必要である。現在実施中の技術協力プロジェクトでは顧客管理台帳や基礎的な財務諸表の作成指導などが行われる予定であるため、SWC はこれらのプログラムを利用し財務強化へ向けての積極的な取り組みが求められる。

4 - 3 外部条件

（１）州政府からの補助金

SWC は独立採算制が求められ、2008 年までは州政府からの補助金は支給されなかった。このため、SWC は水道事業を水道料金収入のみで賄い、人件費、維持管理費は負担できたものの、施設の修繕費、更新費までを補うことは出来ず、給水施設の老朽化の要因の 1 つになっている。2009 年から、カッサラ州政府はプロジェクト費として補助金を支給することになり、施設の更新費用を充当することが可能となった。水道事業は本来、水道料金のみで運営することが求められるが、そのためには、水道メータ制の導入、水道料金の見直しが必要になり、現在、実施されている技術協力プロジェクトによる成果を待たなければならない。改修及び拡張プロジェクトの実施によって水道料金の増収は見込まれるものの、支出額に対する差額分を補填するために、技術協力プロジェクトによる財務体質の強化がはかれるまでの間、州政府からの補助金は継続して支給される必要がある。

（２）組織・人材の継続性

プロジェクトが完了後、給水施設が継続して運営・維持管理されていくためには、本プロジェクトのソフトコンポーネント、技術協力プロジェクトによって技術移転された組織・人材に大幅な変革・移動がなく、SWC の組織、職員が給水施設を継続して維持して行くことが必要である。

4 - 4 プロジェクトの評価

4 - 4 - 1 改修プロジェクト

1) 妥当性

a. 裨益対象および人口

配水池の破裂事故が起こった場合、想定される被害住民が裨益人口となる。

東地区 (マハタ浄水場が負担する給水人口)	西地区 (ガルブ浄水場が負担する給水人口)
61,388 人	28,888 人

b. プロジェクト目標とベーシック・ヒューマン・ニーズ (BHN)

本計画は、塩素消毒された安全な水を安定して給水することにより住民の生活環境を改善することを目的としており、対象地域住民の BHN である水の充足に寄与する。

c. 運営・維持管理技術

ガルブ浄水場は既存の機電設備を継続して利用するので改修後の施設運営、維持管理に問題はない。マハタ浄水場は既存設備と同様、手動操作を基本としているので、施設の運転操作に特別な知識と技術は必要がない。2 つの浄水場とも改修後も職員が適切に施設の運転管理することは可能である。

d. 中長期計画目標

カッサラ州の水と衛生に関する 7 カ年水政策書（2010 年～2016 年）の中に、カッサラ市の東西地区の既存給水施設の改修と新規給水施設の拡張は具体的なプロジェクトの目標に掲げられており、改修プロジェクトはカッサラ州の政策と整合している。

e. 収益性

水道事業の収益性の評価は、適正な水道料金の設定と徴収法に深く係わるものであり、現在実施中の技術協力プロジェクト「カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援プロジェクト（2010 年～2013 年）」で調査・分析されている。ガルブ浄水場は既存のポンプ設備、電気設備を継続して使い電気代の増減はなく、また、現在の職員数も変更がないので人件費も変わらない。したがって、事業完了後も維持管理費に増減はない。マハタ浄水場における施設完成後の維持管理費と増加分と現在の料金制度を適用した場合の水道料金の

増収分を試算したところ、維持管理費の増加分は水道契約者数の増加による水道料金の増収分で十分に賄うことが可能であることが確認された。

f. 環境社会配慮

本調査で実施したプロジェクト活動の環境スコーピングの結果、事業実施を通じて深刻な環境社会影響は生じないと判断された（添付資料－9 参照）。工事期間中および事業実施後に想定される負の環境影響に対して、プロジェクトにおいて取りうる緩和策が明らかになっており、SWC は、それらの対策が講じられることを条件に事業実施に係るカッサラ州からの環境認可の取得手続きを進めている。（2011 年 6 月末を環境認可の取得予定としている）

g. 我が国の無償資金協力の制度による実施可能性

治安状況が顕著に悪化しないことを条件とすれば、特段の困難なくプロジェクトは実施可能である。

2) 有効性

a. 定量的評価

<東地区>

マハタ浄水場の配水池容量が適正な規模に改善され水源井戸からの 24 時間集水が可能となるので配水量が 9,200m³/日から 11,050m³/日に増える。

b. 定性的評価

<東地区>

- ① 耐用年数が過ぎて配水池の破裂事故のリスクが増していく中で、潜在的な被害住民 61,388 人の給水への信頼性が改善される。
- ② 着水井の建設と流量計を設置することによって、浄水場への流入量と浄水場からの流出量を把握し、水源井戸を含めた配水施設管理に資することになる。
- ③ 着水井での塩素注入と塩素消毒設備の改善により、塩素の確実な注入－攪拌が可能となり、安全な水を確実に供給することが可能となる。
- ④ 洪水対策を考慮した施設の改善を行うことにより、洪水被害への危険がなくなる。

<西地区>

- ① 耐用年数が過ぎて配水池の破裂事故のリスクが増していく中で、潜在的な被害住民 28,888 人の給水への信頼性が改善される。
- ② 着水井の建設と流量計を設置することによって、浄水場への流入量と浄水場からの流出量を把握し、水源井戸を含めた配水施設管理に資することになる。
- ③ 着水井での塩素注入を行うことによって塩素の確実な注入－攪拌が可能となり、安全な水を確実に供給することが可能となる。

4-4-2 拡張プロジェクト

1) 妥当性

a. 裨益対象および人口

東地区の人口の約 17.2 万人(2009 年推定)のうち、給水管が接続され、各戸給水サービスを受けることができる人口は約 12.5 万人(73%)であるが、水供給量が絶対的に不足しているため、年間を通じ各戸給水サービスを受けることができる人口は約 8.6 万人(50%)である。23%にあたる約 3.9 万人の住民は給水管が接続されているものの、需要のピークにあたる時期は、民間の水運搬者(ロバの水売り人)から水を購入している。

本計画は東地区の全住民が年間を通じ各戸給水サービスを受けることができることを目的としており、2016 年の目標年の計画給水人口は 204,739 人である。

b. プロジェクト目標とベーシック・ヒューマン・ニーズ(BHN)

本計画は、塩素消毒された安全な水を安定して給水することにより住民の生活環境を改善することを目的としており、対象地域住民の BHN の充足に寄与する。

c. 運営・維持管理技術

新規のハトゥミア浄水場は既存浄水場と同じ設備内容であり、既存施設と同様手動操作を基本としているので、施設の運転操作に関して特別な知識と技術は必要としない。また、施設運用と維持管理のためにソフトコンポーネントが計画されており、拡張プロジェクトと並行して技術協力プロジェクトが実施中であるので、拡張プロジェクトの完成までに水道施設の運営維持管理能力および組織運営に係る能力強化がはかられることになり、ハトゥミア浄水場に配属される要員が適切に施設の運転管理することは可能である。

d. 中長期計画目標

カッサラ州の水と衛生に関する 7 カ年水政策書(2010 年～2016 年)の中に、カッサラ市の東西地区の既存給水施設の改修と新規給水施設の拡張は具体的なプロジェクトの目標に掲げられており、拡張プロジェクトはカッサラ州の政策と整合している。

e. 収益性

水道事業の収益性の評価は、適正な水道料金の設定と徴収法に深く係わるものであり、現在実施中の技術協力プロジェクト「カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援プロジェクト(2010-2013 年)」で調査・分析されている。施設完成後の維持管理費と増加分と現在の料金制度を適用した場合の水道料金の増収分を試算したところ、維持管理費の増加分は水道契約者数の増加による水道料金の増収分で十分に賄うことが可能であることが確認された。

f. 環境社会配慮

本調査で実施したプロジェクト活動の環境スコーピングの結果、事業実施を通じて深刻な環境社会影響は生じないと判断された(添付資料-9 参照)。工事期間中および事業実施後

に想定される負の環境影響に対して、プロジェクトにおいて取りうる緩和策が明らかになっており、SWC は、それらの対策が講じられることを条件に事業実施に係るカッサラ州からの環境認可の取得手続きを進めている。(2011 年 6 月末を環境認可の取得予定としている)

g. 我が国の無償資金協力の制度による実施可能性

治安状況が顕著に悪化しないことを条件とすれば、特段の困難なくプロジェクトは実施可能である。

2) 有効性

a. 定量的評価

指標名	基準値 (2009 年)	目標値 (2016 年)
日平均生産水量	21,300m ³ /日	33,300m ³ /日
各戸給水サービスを受ける人口	125,479 人	204,739 人
各戸給水サービスを受ける人口の比率	73%	100%
計画対象地域の一人当たりの水使用量	62 リットル/人/日	90 リットル/人/日
塩素消毒される水道水の比率	43%	80%

b. 定性的評価

- ① 水需要に対する供給不足がなくなるとともに、「ス」国側の事業により既存配水管網が整備された場合、断水エリアが解消され均等給水サービスの実施が可能となる。
- ② 全住民が各戸接続給水を受けることが可能になるので、水売り人から高価な水を購入する必要がなくなるとともに、水利用の利便性が高まり住民生活の向上がはかれる。
- ③ 塩素消毒される配水量の比率が高まるとともに、24 時間連続給水により配水管外部からの汚水混入のリスクがなくなるので、住民は安心して水道水を利用することが可能となり、給水サービスへの信頼感が増すことになる。
- ④ 水道契約者数の増加による水道料金の増収が、SWC の財政の健全化に寄与し安定した水道事業の実施がはかれる。
- ⑤ 水源井戸施設と新規浄水場に流量計を設置することになるので、生産水量と配水量の詳細なデータが集まり、SWC による合理的な水源管理と配水管理を行なうことが可能となる。

以上の内容により、約 21 万人のカッサラ市東地区住民及び約 3 万人の西地区住民の生活環境の改善に寄与することになるので、無償資金協力を実施することの妥当性が高く、また有効性が見込まれると判断される。