

ヨルダン・ハシェミット王国
水灌漑省
ヨルダン水道庁

ヨルダン国
南部地域給水改善計画
準備調査（その2）報告書

平成 22 年 11 月
(2010 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

序 文

独立行政法人国際協力機構は、ヨルダン・ハシェミット王国政府の南部地域給水改善計画にかかる協力準備調査を実施することを決定し、平成 22 年 4 月から平成 22 年 7 月まで、株式会社東京設計事務所の佐藤弘孝氏を業務主任とする調査団を組織しました。

調査団は、ヨル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、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

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

平成 22 年 11 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

ヨルダン・ハシェミット王国(以下「ヨ」国という)は人口 585 万人(2008 年)、国土面積 89,316km²、西をイスラエル(パレスチナ暫定自治区西岸地区)、北をシリア、東をイラク、南東をサウジアラビアに囲まれた国であり、国土の西部にはヨルダン川から標高マイナス 400m の死海を経て紅海のアカバ湾まで広がるヨルダン溪谷がある。ヨルダン溪谷の東側は標高 600m～1,500m の高原地帯であり、高原地帯東部は国土の約 75%を占める砂漠地帯である。降雨は冬季に集中し北西部高原の年間降雨量は約 660mm に達するが、砂漠地帯の年間降雨量は約 120mm にとどまる。

本プロジェクトの対象地域である「ヨ」国南部地域の大半は砂漠気候または砂漠性ステップ気候であり、年間降水量は約 200mm 以下、蒸発量も非常に多く、夏季は高温、冬季は氷点下まで気温が低下する。タフィーラ県は標高約 900m～1,600m の起伏を有する高原に位置し、年間平均気温は約 16 度、最高気温は約 46 度、最低気温は約 8 度である。マアン県は標高約 1,000m の平地に位置し、年間平均気温は約 18 度、最高気温は約 45 度、最低気温は氷点下約 6 度である(2008 年)。

「ヨ」国の一人当たり GNI は 3,310 ドル、産業別の GDP に占める割合は観光業を含む第三次産業が全体の 63.0%と最も高く、次いで第二次産業が 34.1%、第一次産業が 2.9%である(2008 年)。「ヨ」国経済は 1980 年代末から 2004 年にかけて、平均年 5%を超える高い成長を実現していたが、最近では世界経済の低迷、特に 2008 年の世界金融危機の影響を受け経済状況は悪化あるいは停滞している。

「ヨ」国は、大規模なイラク人難民の流入に起因する経済的社会的負荷、依然として高い水準で推移する貧困・失業率、高い出生率による人口増加に伴う更なるインフラ整備の必要性等の問題に直面している。特に、イラク人難民の流入は、水、教育、保健等の分野で予期せぬ更なる追加的経済負担となっており、経済基盤を圧迫している。

タフィーラ県及びマアン県は、「ヨ」国内で最も開発の遅れた地域となっており、世帯収入や失業率等の社会経済状況はアンマンを含む中・北部地域と大きく乖離している。

2. プロジェクトの背景、経緯

「ヨ」国の水資源開発・上水道整備は、これまで首都アンマンを含む中部地域を中心に実施されてきた。我が国や他国機関による協力も中部地域を主対象として実施されてきたため、上水道サービスの地域間格差・生活水準格差の拡大が問題になっている。「ヨ」国南部に位置するタフィーラ県及びマアン県の水道事業体(ヨルダン水道庁(WAJ)タフィーラ支所・マアン支所)は、井戸を水源として配水池からの重力配水及びポンプ圧送によって給水を行っているが、50%以上の高い無収水率、基幹水道システムの能力不足等の問題により十分な給水量を確保できず、給水時間は

制限され、一人当たりの有収水量は低い水準に留まっている（タフィーラ県：約 73 m³/日、マアン県：約 100 m³/日、2008 年水道庁統計）。

我が国は、「ヨ」国の無収水削減を目的として、技術協力プロジェクト「無収水対策能力向上プロジェクト」（2005～2008）及び「無収水対策能力向上プロジェクト（フェーズ 2）」（2009-2011）を実施し、ヨルダン水道庁（WAJ）の組織体制の整備及び能力向上を支援してきた。プロジェクトの結果、WAJ の無収水対策（漏水探知・修繕等）に係る能力が改善され、パイロット地区における無収水削減等の成果が達成された。更に、フェーズ 2 では、高低差を考慮した配水管理等、予防的無収水対策に係る能力強化が図られている。しかし、タフィーラ県及びマアン県は配水管網の老朽化が著しく、無収水削減のためには配水管更新を含む根本的な対策が急務となっている。また、既存の水道システムでは水需要の増加に対応できず十分な給水を確保できない上、高地定住者に対しては増圧ポンプによる非効率な送配水を余儀なくされている。

以上の背景より、「ヨ」国政府は、配管网の更新及び新規配水池の建設等により、タフィーラ県及びマアン県の給水サービスを向上することを目的として、我が国に 2008 年 7 月、無償資金協力事業を要請した。本要請に対して、2009 年 10 月に協力準備調査（その 1）を行い、本プロジェクト実施の妥当性及び各コンポーネントの必要性や優先度を検討した結果、計画対象地域は、「ヨ」国側の優先度が高く、裨益人口が多いタフィーラ県ではタフィーラ市を含む南部地区、マアン県ではマアン市地区とした。対象地区の要請内容を以下に示す。

タフィーラ県	● 配水池（400 m³×1、1,000 m³×1、2,000 m³×2）の建設 ● ポンプ場の建設（1箇所） ● 配水管網の更新（ダクタイル鋳鉄管、口径100～300mm、約30km、ポリエチレン管、口径63mm、約51km）
マアン県	● 配水池（400 m³×3、1,000 m³×2、2,000 m³×1）の建設 ● 配水管網の更新（ダクタイル鋳鉄管、口径100～300mm、約33km、ポリエチレン管、口径63mm、約140km）

我が国は、本プロジェクトの概略設計調査を実施することとし、JICA は協力準備調査（その 2）調査団を平成 22 年 4 月 10 日から 7 月 16 日まで現地に派遣した。調査団は現地調査において「ヨ」国政府、ヨルダン水道庁（WAJ）の関係者と要請内容の協議、計画地域の現況調査、関連資料の収集等を行った。帰国後の国内解析において、調査団は本件協力の妥当性及び有効性を検討の上、最適施設案を含む協力準備調査報告書（案）を作成した。JICA は、この計画案に基づいて平成 22 年 10 月 23 日から 28 日まで、概略設計概要説明調査団を「ヨ」国に派遣し、計画内容の説明、協議を行った。その結果、「ヨ」国は、計画内容を基本的に了承した。本最終報告書は、上記調査・解析・協議結果を基に作成された。

3. 上位計画

「ヨ」国は包括的な国家戦略である「National Agenda 2006-2015」を策定し、国が取り組むべき

課題及び解決方針を提示している。水分野の課題として、再生可能な水資源の不足・地下水の枯渇に加えて、非効率な配水、不適切な水道料金設定、不十分な汚水処理能力等が挙げられ、解決方針の1つとして「施設運転・維持管理の効率化及び無収水の削減」が挙げられている。

また、ヨルダン水道庁（WAJ）は、本プロジェクトの上位計画である「Summary of Strategic Plan for 2007-2012」で以下の主要な目標を掲げている。

- ① 水需要と供給のギャップの縮小（一人一日使用水量を 100 リットル（2006 年）から 120 リットル（2012 年）に改善）
- ② 高い無収水率の改善（全国平均無収水率 45%（2006 年）を 32%（2012 年）に改善）
- ③ 法律に基づいた WAJ の責任と業務の改善
- ④ 受益者負担原則と自己資金の強化
- ⑤ 顧客満足度の向上及び市民協力の促進

4. 当該セクターの現状と問題点

要請対象地域である「ヨ」国南部地域の水道事業体は井戸を水源とした配水池からの自然流下配水及びポンプ圧送による給水を行っているが、高い無収水率、基幹水道システムの能力不足等の問題により、給水時間は制限され、一人一日有収水量は低い水準にとどまっている。無収水率はタフィーラ県対象地区で約 47%、マアン県対象地区で約 61%と全国平均の 43.9%（2008 年）より高い値を示している。無収水の約半分が老朽化した配水管や高い配水圧に起因する漏水、残りはメータの不感知や不法接続と推定されている。また、配水管の大部分は布設後平均約 22 年～39 年を経過した亜鉛メッキ鋼管や黒鋼管である。亜鉛メッキ鋼管は高水圧、腐食に弱く漏水の原因となっており、また、内面タール塗装黒鋼管は劣化による水質悪化が問題視されている。

また、タフィーラ県は起伏の大きい高原地帯に位置するが、給水圧を適正に保つための減圧施設や配水区が設置されていない。その結果、標高の低い地域は高水圧に標高の高い地域は低水圧になり、漏水や出水不良の原因になっている。更に、配水池の不備や老朽化した不適切な能力のポンプにより適切な水量を給水できず、タフィーラ県南部のブセイラ、ガラन्दール、カデシヤ等では給水が週 1 日～3 日に制限され、住民の生活に大きな影響を及ぼしている。

5. 調査結果の概要とプロジェクトの内容

(1) プロジェクト対象地域

本プロジェクトは、要請時（2008 年 7 月）から「ヨ」国南部地域のタフィーラ県、マアン県を対象としたコンポーネントが計画されていた。同計画に基づいて協力準備調査を実施したが、国内解析の結果、プロジェクト事業費が日本政府による予算上限を上回ることが判明し、計画を変更する必要が生じた。コンポーネント削減の方針について、「ヨ」国関係機関と協議を行い、最終的にプロジェクト対象地域をタフィーラ市及びタフィーラ県南部地域とすることで合意した。

(2) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、「ヨ」国南部地域タフィーラ県を対象として送配水システムの再構築（配水池の建設及び配水管網更新及び配水区の設定、減圧施設の設置、配水モニタリングシステムの設置、ポンプ送水の適正化）を行い、無収水量を低減し、増加した使用水量を公平に分配し、対象地域の給水状況を改善することを目的とする。

(3) 設計方針

本無償資金協力は無収水の低減、有収水量の増加、公平な給水による住民の生活改善を目的とした「ヨ」国側「南部地域水道施設改善計画」の実施に資するため、配水池の建設、ポンプ場の増設・改修及び老朽配水管の更新を行う。本協力は「ヨ」国政府の要請と現地調査及び協議の結果を踏まえて、以下の方針に基づき計画された。

- ① 本プロジェクトの目標年は 2015 年とした。
- ② 配水池は段階施工が基本であるが、ポンプ場・配水管は将来の段階施工が困難である。よって、ポンプ場・配水管の計画目標年は WAJ マスタープラン「Upgrading and Expansion of Water Facilities at Tafeileh and Ma' an」(2005 年) の目標年である 2025 年に設定した。
- ③ 「ヨ」国統計局による全国の人口増加率予測及び過去のセンサスに基づき、2015 年のプロジェクト対象地域の人口は 70,100 人、配水管更新地域（タフィーラ市、ブセイラ、ガランダール、カデシヤ）の人口は 47,559 人と推定した。
- ④ 2015 年において、計画一人一日給水量を 147 リットル、計画一人一日有収量を 96 リットル、計画無収水率を 35%、計画漏水率を 15%として計画した。また、計画最低給水圧を 0.25Mpa とした。
- ⑤ 施設設計方針は以下のとおりである。
 - 無収水管理及び配水管理を効果的に行なうため、送水システムと配水システムを分離し、適切な配水区を設置した。
 - 配水池を建設し、ポンプ加圧式から自然流下式に配水方式を変更した。
 - 配水池は環境社会影響が最も少なく、水理的に有利な場所に建設する計画とした。
 - 送配水システムの分離、配水池建設、配水方式変更に伴い必要となるポンプ場及び送水管を整備する計画とした。また、ポンプ場整備に当たり、既存エラワスポンプ場の建屋を活用し、機械・電気設備を更新する計画とした。
 - 配水圧を適正な範囲に保つため、配水管網に減圧弁を設置する計画とした。
 - 配水池、ポンプ場、配水区に流量計、圧力計を設置し、配水モニタリングシステムを整備する計画とした。同システムにより、WAJ タフィーラ支所で流量・水圧を監視し、データを管理・分析することが可能になる。
- ⑥ WAJ タフィーラ支所職員の配水管理及び無収水管理能力は十分とはいえないため、ソフトウェアにより配水量及び無収水関連データの管理、活用に関する能力向上を支援する計画とした。

この方針を基に概略設計を行なった結果、当初の要請内容に対する主な相違点、新たに確認した事項は以下のとおりである。

- ① 当初、ブセイラ及びガランダー配水用に配水池が1ヶ所計画されていたが、給水地域の広がり及び地形を考慮し水理的に最適な場所を選定した結果、ブセイラ及びガランダーに各1ヶ所ずつ配水池を建設する計画とした。
- ② タフィーラ南部地区（ブセイラ、ガランダー、カデシヤ）への水の安定供給のため送水能力の増強が必要となったため、送水管を布設する計画とした。
- ③ 100mm以上の配水管布設を日本側が行い、100mm未満の配水管及び給水管布設を「ヨ」国側が行う計画とした。なお、配水管の布設を確実にするため、日本側が100mm未満配水管の管材調達を行うこととした。

上記設計方針を基に計画した協力対象施設の概要を次表に示す。

本プロジェクトは、実施設計・入札に約8ヶ月、建設工事に約23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事業総額は、29.64億円（日本側負担概算額19.92億円、「ヨ」国側負担概算額9.72億円）と見積もられる。

施設概要

施設	対象地区・内容		
配水池	ブセイラ	RC 構造 1 池（矩形）、容量 1,200m ³ 長さ 19.4m x 幅 18.8m x 高さ 5.45m	
	ガラन्दール	RC 構造 1 池（矩形）、容量 600m ³ 長さ 13.4m x 幅 12.8m x 高さ 5.95m	
エラウス ポンプ場	改修 （計画ガラन्दール 配水池送水用）	既存エラウスポンプ場のポンプ設備の更新 水量 0.95m ³ /分 x 揚程 225m x 電動機動力 75 kW x 2 台 水平軸片吸い込み多段遠心ポンプ 吸込 100mm x 吐出 80mm	
	増設 （既存カデシヤ配水 池送水用）	増設ポンプ場建屋の建設 水量 1.5 m ³ /分 x 揚程 380m x 電動機動力 200kW x 2 台 水平軸片吸い込み多段遠心ポンプ 電気・計装設備 水撃防止用吸排気弁（エラウスポンプ場ーカデシヤ配水池間 3 箇所） 定水位弁（カデシヤ配水池内）	
送水管	エラウスポンプ場ーガラन्दール配水池	ダクタイル鋳鉄管	150mm x 3,540m
	ブセイラ交差点ーブセイラ配水池	ダクタイル鋳鉄管	200mm x 460m
	ブセイラ入口ーブセイラ交差点	ダクタイル鋳鉄管	250mm x 2,270m
	アインエルベイダーーブセイラ入口	ダクタイル鋳鉄管	300mm x 7,950m
配水管	タフィーラ市	ダクタイル鋳鉄管	100mm x 6,230m
		ダクタイル鋳鉄管	150mm x 3,020m
		ダクタイル鋳鉄管	200mm x 2,510m
		ダクタイル鋳鉄管	250mm x 2,210m
		ダクタイル鋳鉄管	300mm x 90m
		減圧弁：4 箇所	
	ブセイラ地区	ダクタイル鋳鉄管	100mm x 3,300m
		ダクタイル鋳鉄管	150mm x 490m
		ダクタイル鋳鉄管	200mm x 2,930m
		ダクタイル鋳鉄管	250mm x 460m
		減圧弁：7 箇所	
	ガラन्दール地区	ダクタイル鋳鉄管	100mm x 2,460m
		ダクタイル鋳鉄管	150mm x 320m
		ダクタイル鋳鉄管	200mm x 1,000m
		減圧弁：5 箇所	
	カデシヤ地区	ダクタイル鋳鉄管	100mm x 2,250m
		ダクタイル鋳鉄管	150mm x 1,780m
		ダクタイル鋳鉄管	200mm x 1,320m
		減圧弁：6 箇所	
配水モニタ リング設備	タフィーラ市及びタフィーラ県南部	中央監視設備 1 式 流量計（配水池・ポンプ場） 12 基 流量計・圧力計（配水区） 3 基	
管材の調達	タフィーラ市、ブセイラ地区、ガラन्दール地区、カデシヤ地区	高密度ポリエチレン管 63mm x 50,600m	

6. プロジェクトの評価

(1) 妥当性

① 裨益対象及び人口

本プロジェクトの実施により、「ヨ」国の開発が最も遅れている県の一つであるタフィーラ県内に位置する対象地域の住民約 70,100（2015 年）に対し給水サービスが改善する。

② プロジェクトの目標と BHN

対象地域の給水時間は、週 1～3 日であり、一人一日平均有収水量も 84 L と極端に少ない量であることから、住民生活は不便を強いられている。本プロジェクトの実施により、給水圧が適正化し、漏水率が減少することにより、使用水量が増加するあるいは、将来増加する人口に対して同じ水源量でより多くの人口に給水可能となる。更に、給水時間の増加が可能となる。このように、生活に必要な最低限のレベルまで給水サービスを引き上げることが可能となる本プロジェクトは、ベーシック・ヒューマン・ニーズ（BHN）の充足に貢献するものである。

③ 住民の生活改善及び民生の安定

本プロジェクトの実施により、給水サービスが改善し住民の生活の改善に寄与する。また、ヨルダン国の地方部の福利厚生が向上し、アンマンを含む中央と地方の社会経済的な格差の是正に寄与する。これにより、国内の民生の安定に寄与する。

④ 維持管理の容易な施設

配水管網の更新、配水区の設定、送配水幹線施設の再構築が実現することで、維持管理が容易にできる水道施設が整備される。これにより、維持管理に係る作業量及びそれに関わる費用が軽減されることが期待される。削減された作業量を予防的・計画的な無収水対策の実施に活用可能となる。また、使用する資機材は基本的には、「ヨ」国内あるいは代理店をとおして調達可能な資機材である。また、主要な機材であるポンプ設備も既施設同様に手動運転であり、「ヨ」国独自で十分運転・維持管理可能な施設構成となっている。

⑤ 中長期開発計画の目標達成に資する

「ヨ」国の中長期計画である「国家水戦略」では、限りある水源を最大限に有効利用していく方針であり、本プロジェクトは、漏水及び無収水を削減することをとおして、中長期計画の目標達成に資する。

⑥ 日本の技術の活用

対象地域は、配水圧の管理が非常に難しい起伏の激しい地形である。このような地形に合わせて、配水圧を適切な範囲に制御するための配水区の分割及び管網内の適切な位置への減圧弁の設置方法は、日本の技術力が必要とされる。

⑦ 環境・気候変動対策に資する

本プロジェクトの実施により、漏水の減少による取水・送水ポンプ水量の削減及び既存ポンプ場の効率改善により消費電力量が削減され CO₂ 削減効果が得られる。我が国は、地球温暖化を始めとする環境・気候変動問題の解決のためのプロジェクトへの支援を進めており、本プロジェクトは本援助方針に合致する。

(2) 有効性

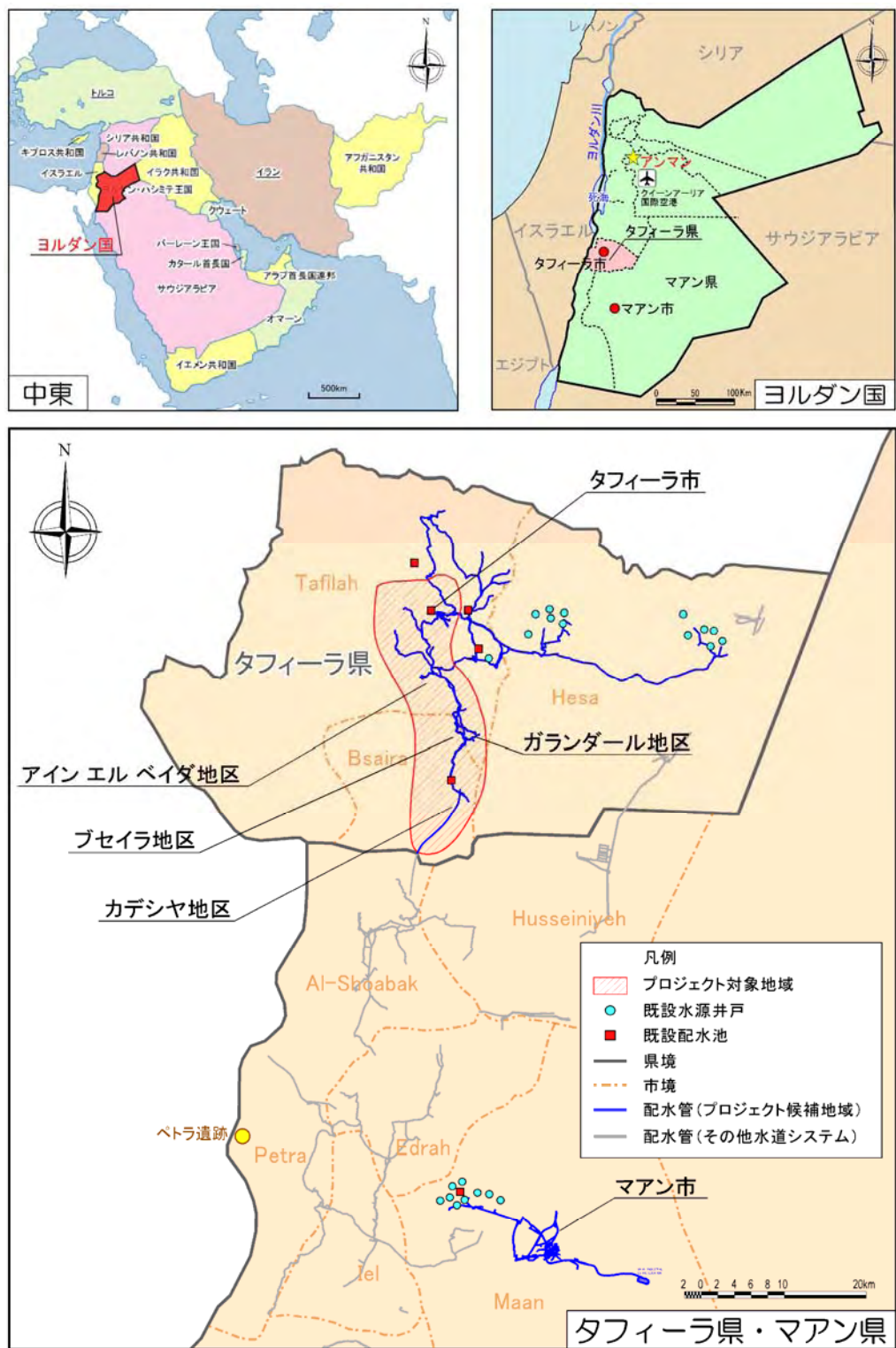
① 定量的効果

- タフィーラ県の管網更新対象地域（人口 47,559 人）において、一人一日有収水量が 84 リットルから 96 リットルに増加する。
- タフィーラ県の管網更新対象地域において、無収水率が約 47%から約 35%、漏水率が約 25%から約 15%に低減する。
- タフィーラ県南部地域（ブセイラ、ガラन्दール、カデシヤ）において、週 4 日～6 日の給水制限が週 3.5 日に改善される。
- 漏水の低減、送水ポンプ効率の改善により使用電力が年間 3,488MWh 削減され、運営・維持管理費が 147,834JD 削減される。
- 使用電力の削減により、年間約 2,132 トンの CO₂ 削減効果が得られる。

② 定性的効果

- 使用可能な水量の増加、給水圧の改善、老朽管のタール剥離、赤水の解消により、住民の生活環境が改善される。
- ソフトコンポーネントにより、WAJ タフィーラ支所職員の配水管理及び無収水管理に係る能力が向上する。

本プロジェクトは、以上の内容により、「ヨ」国タフィーラ県タフィーラ市及び同南部地区の住民の生活環境の改善に寄与し、前述のような効果が期待されることから、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。



位置図



完成予想鳥瞰図

写真集



タフィーラ市中心部



ブセイラ中心地区



配水池候補地から見たガランダール



カデシヤ地区



エラワスポンプ場増設施設の建設
予定地



エラワスポンプ場
使用済みの機材を修理設置、水漏れ
等があり老朽化が著しい



既存アインエルベイダ配水池
ここに井戸水源が集められ対象地
域に送水されている



ブセイラ配水池用地
ブセイラ地区の岩塊の多い丘陵地



ガランダール配水池用地
ガランダール地区内の岩塊の多い丘
陵地



複雑な露出分岐配管



タフィーラ市内の漏水
(継ぎ手破損)



タフィーラ市の急斜面に広がる市街地と既存配管路線
(衛星写真：等高線は5m 間隔)

ヨルダン国
南部地域給水改善計画
協力準備調査（その2）報告書

序文
要約
位置図
完成予想鳥瞰図
写真
目次

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	1-7
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要	1-7
1-3 我が国の援助動向	1-8
1-4 他ドナーの援助動向	1-11
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2-1 プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1 組織・人員	2-1
2-1-2 財政・予算	2-3
2-1-3 技術水準	2-9
2-1-4 既存施設、機材	2-14
2-2 プロジェクトの実施体制	2-20
2-2-1 関連インフラの整備状況	2-20
2-2-2 自然条件	2-22
2-2-3 社会条件	2-23
2-2-4 環境社会配慮	2-25
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 プロジェクト対象地域	3-1

3-1-2	上位目標とプロジェクト目標	3-1
3-1-3	プロジェクトの概要	3-1
3-2	協力対象事業の概略設計	3-3
3-2-1	設計方針	3-3
3-2-2	基本計画（施設計画／機材計画）	3-7
3-2-3	概略設計図	3-48
3-2-4	施工計画／調達計画	3-78
3-2-5	実施工程	3-99
3-3	相手国分担事業の概要	3-100
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	3-101
3-4-1	運営・維持管理基本方針	3-101
3-4-2	配水管理責任者の設置	3-101
3-4-3	運営・維持管理体制	3-101
3-5	プロジェクトの概算事業費	3-104
3-5-1	協力対象事業の概略事業費	3-104
3-5-2	運営・維持管理費	3-105
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項	3-107
第4章	プロジェクトの評価	4-1
4-1	プロジェクトの前提条件	4-1
4-1-1	事業実施のための前提条件	4-1
4-1-2	プロジェクト全体計画達成のための前提条件・外部条件	4-1
4-2	プロジェクトの評価	4-2
4-2-1	妥当性	4-2
4-2-2	有効性	4-4

付 録 目 次

資料 1	調査団員・氏名.....	I-1
資料 2	調査工程.....	II-1
資料 3	関係者（面会者リスト）	III-1
資料 4	討議議事録（M/D）	IV-1
資料 5	ソフトコンポーネント計画書.....	V-1
資料 6	参考資料.....	VI-1
参考資料ー 1	タフィーラ県及びマアン県対象地域の水質測定結果	VI-2
参考資料ー 2	GIS 基本図及び送配水管データ.....	VI-6
参考資料ー 3	社会経済調査.....	VI-9
参考資料ー 4	タフィーラ県及びマアン県対象地域の計画給水人口及び計画給水量 ..	VI-30
参考資料ー 5	井戸の揚水試験結果	VI-32
参考資料ー 6	タフィーラ県の送水システムの水力計算結果	VI-33
参考資料ー 7	エラワスポンプ場の水撃防止対策の分析結果	VI-34
参考資料ー 8	タフィーラ県の配水システムの水力計算結果	VI-49
参考資料ー 9	土壌の腐食性試験結果	VI-68
参考資料ー 10	既存減圧装置の検討	VI-73
参考資料ー 11	「ヨ」国負担工事費（管路工事費）の概算	VI-76
参考資料ー 12	マアン県対象地域の概略設計	VI-77
参考資料ー 13	マアン県フシニエ地区、アシャリ地区、アブドネ地区水道計画のレビュー	VI-116
参考資料ー 14	環境・気候変動対策無償としての本プロジェクトの検証	VI-125
参考資料ー 15	計画配水池用建設維持管理道路	VI-132

表 目 次

表 1-1	WAJ 既計画の人口予測及び水需要量予測.....	1-5
表 1-2	我が国無償資金協力実績（給水分野）.....	1-10
表 1-3	「ヨ」国における技術協力.....	1-11
表 1-4	他のドナー国・国際機関の援助実績（給水分野）.....	1-12
表 2-1	タフィーラ県の職員構成（2009 年）.....	2-3
表 2-2	マアン県の職員構成（2008 年）.....	2-3
表 2-3	WAJ に対する国庫補助金及び無償援助の推移.....	2-4
表 2-4	WAJ 損益計算書の推移.....	2-4
表 2-5	WAJ タフィーラ支所の損益計算書.....	2-5
表 2-6	WAJ タフィーラ県支所の運転・維持管理費.....	2-6
表 2-7	WAJ マアン支所の損益計算書.....	2-6
表 2-8	WAJ マアン支所の運転・維持管理費.....	2-7
表 2-9	上下水道料金.....	2-8
表 2-10	年間給水量・有収水量及び無収率.....	2-9
表 2-11	WAJ 支所の事業概要.....	2-9
表 2-12	タフィーラ県対象地域の井戸及びその揚水量実績.....	2-10
表 2-13	マアン県対象地域の井戸及びその揚水量実績.....	2-11
表 2-14	タフィーラ県対象地域の配水池の管理体制.....	2-12
表 2-15	マアン県対象地域の配水池の管理体制.....	2-12
表 2-16	タフィーラ支所内の漏水修理件数（2009 年）.....	2-14
表 2-17	マアン支所内の漏水修理件数（2008 年）.....	2-14
表 2-18	タフィーラ支所における無収水対策活動（2009 年）.....	2-14
表 2-19	タフィーラ県対象地域の井戸ポンプ仕様.....	2-15
表 2-20	マアン県対象地域の井戸ポンプ仕様.....	2-16
表 2-21	タフィーラ市及び南部地区の送水管の口径・建設年代毎の管路延長.....	2-16
表 2-22	タフィーラ市及び南部地区の配水管の口径・建設年代毎の管路延長.....	2-17
表 2-23	マアン市の配水管の口径・建設年代毎の管路延長.....	2-17
表 2-24	タフィーラ県対象地域の送配水ポンプ場.....	2-18
表 2-25	マアン県対象地域の送配水ポンプ場.....	2-19
表 2-26	タフィーラ県対象地域の配水池.....	2-19
表 2-27	マアン県対象地域の配水池.....	2-20
表 2-28	タフィーラ支所及びマアン支所所有の維持管理機材.....	2-20
表 2-29	水道接続数及び下水道接続数（2008 年）.....	2-21
表 2-30	タフィーラ県の降雨データ.....	2-22
表 2-31	マアン県の降雨データ.....	2-22
表 2-32	対象案件の想定施設コンポーネント毎の環境影響内容.....	2-26
表 3-1	プロジェクトの期待される効果（タフィーラ県対象地区）.....	3-2

表 3-2	要請内容と本プロジェクトによる施設内容の比較.....	3-3
表 3-3	タフィーラ県の将来人口増加率の推定値.....	3-8
表 3-4	タフィーラ県の将来推定人口.....	3-8
表 3-5	タフィーラ県のプロジェクト対象地域の将来推定人口.....	3-8
表 3-6	2004 年センサスによる水道普及率（％）.....	3-8
表 3-7	タフィーラ県プロジェクト対象地域の将来推定給水人口.....	3-8
表 3-8	タフィーラ県プロジェクト対象地域の地域別将来推定人口.....	3-9
表 3-9	タフィーラ県の無収水率及びその変動.....	3-9
表 3-10	タフィーラ県ハセとザブダ水源供給地域の供給水量と消費量の分析.....	3-10
表 3-11	パイロットプロジェクトにより推定された推定漏水率.....	3-10
表 3-12	管網更新地域及び非更新地域の計画漏水率、計画無収水率及び管理損失率..	3-11
表 3-13	管網更新地域の計画一人一日平均使用水量及び給水量.....	3-11
表 3-14	パイロットプロジェクトにより推定された時間係数.....	3-13
表 3-15	タフィーラ県対象地域の水需要量の計画条件値.....	3-15
表 3-16	既存の配水地域.....	3-15
表 3-17	既存配水池の容量と標高.....	3-15
表 3-18	計画配水区割りと送配水方法.....	3-18
表 3-19	タフィーラ対象地域の配水区別計画将来人口.....	3-21
表 3-20	タフィーラ県対象地域の配水区毎の計画給水量（m ³ /日）.....	3-21
表 3-21	アインエルバイダからブセイラ、エラワスポンプ場及び計画ガランダー配水池への送水システムの代替案の比較.....	3-25
表 3-22	必要配水池用地と既存容量.....	3-26
表 3-23	計画ブセイラ配水池候補地の検討.....	3-26
表 3-24	計画ガランダー配水池候補地の検討.....	3-28
表 3-25	配水池の計画水位及び構造.....	3-29
表 3-26	計画ポンプ容量と揚程.....	3-30
表 3-27	ポンプ・モータの仕様.....	3-31
表 3-28	ポンプ軸動力とモータ出力.....	3-31
表 3-29	各ポンプの水撃対策.....	3-32
表 3-30	タフィーラ県対象地域の 2015 年の推定人口と人口密度.....	3-34
表 3-31	地区別の配水管平均年齢.....	3-34
表 3-32	配水管網更新の対象地区の選定.....	3-35
表 3-33	配水管更新の対象地区の選定.....	3-35
表 3-34	計画送水管の延長.....	3-36
表 3-35	タフィーラ県対象地域の配管更新の概略延長（m）.....	3-36
表 3-36	各種弁の設置位置及び仕様.....	3-37
表 3-37	減圧弁の仕様.....	3-39
表 3-38	親機構成機器.....	3-45
表 3-39	子機構成機器.....	3-46
表 3-40	親機仕様（中央監視システム）.....	3-46

表 3-41	子機仕様.....	3-47
表 3-42	計画施設の総括表.....	3-48
表 3-43	施設建設に係わる両国間の施工区分.....	3-80
表 3-44	現場における日本人施工監理体制.....	3-82
表 3-45	請負業者の施工管理体制.....	3-83
表 3-46	品質管理計画.....	3-84
表 3-47	主要資機材の調達計画.....	3-85
表 3-48	ソフトコンポーネントの詳細活動内容.....	3-92
表 3-49	ソフトコンポーネントの要員配置計画.....	3-93
表 3-50	ソフトコンポーネントプロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)	3-98
表 3-51	主要な施設及び管理・制御設備.....	3-102
表 3-52	ポンプ設備の標準的な点検項目.....	3-103
表 3-53	配水池の定期点検項目.....	3-103
表 3-54	送配管路の定期点検項目.....	3-103
表 3-55	流量計と減圧弁の管理項目.....	3-103
表 3-56	「ヨ」国側の負担経費総括表.....	3-104
表 3-57	エラワスポンプ場の維持管理費用 (2015 年)	3-105
表 3-58	事業実施による漏水量の削減量 (2015 年)	3-106
表 3-59	1m ³ 当たり電力消費量.....	3-106
表 3-60	削減効果 (2015 年)	3-106
表 3-61	削減漏水の売水による水道料金収入増加の試算.....	3-107

目 次

図 2-1	WAJ 組織図	2-2
図 2-2	タフィーラ支所及びマアン支所組織図.....	2-2
図 3-1	典型的な水需要量パターン.....	3-12
図 3-2	各月の月間給水量を年間平均給水量で割った値の年間変動.....	3-13
図 3-3	タフィーラ市内への配水状況.....	3-16
図 3-4	タフィーラ市の配水区割り及び送配水主管の配置.....	3-17
図 3-5	タフィーラ県対象地域の計画配水区と既存送配水システム模式図.....	3-19
図 3-6	タフィーラ県対象地域の既存送配水システムと配水区.....	3-20
図 3-7	アインエルベイダ〜ブセイラ地区及びエラワスポンプ場への送配水方法の比較	3-24
図 3-8	ブセイラ配水池用地候補地.....	3-27
図 3-9	計画ガランダール配水池候補地.....	3-28
図 3-10	ガランダール配水池候補地.....	3-29
図 3-11	減圧弁位置（タフィーラ市）	3-40
図 3-12	減圧弁位置（ブセイラ）	3-40
図 3-13	減圧弁位置（ガランダール）	3-41
図 3-14	減圧弁位置（カデシヤ）	3-41
図 3-15	タフィーラ県監視装置の設置位置.....	3-44
図 3-16	配水モニタリングシステムの概略.....	3-45
図 3-17	関連する各コンポーネントの関係.....	3-87
図 3-18	問題系図及び目的系図.....	3-90
図 3-19	実施計画.....	3-93
図 3-20	詳細活動計画.....	3-94
図 3-21	業務実施工程表.....	3-99

略 語

AWC	Aquba Water Company (アカバ水道会社)
DI	Ductile Iron Pipe (ダクタイル鋳鉄管)
DMA	District Metering Area (配水管理区)
DOS	Department of Statistics (ヨルダン国統計局)
DZ	Distribution Zone (配水区)
E/N	Exchange of Notes (交換公文)
EIA	Environmental Impact Assessment (環境影響評価)
EIB	Europe Investment Bank (欧州投資銀行)
EPA	Environment Protection Agency (US)
EU	European Union (欧州連合)
FAO	Food and Agriculture Organization (国際連合食料農業機関)
GIS	Geographic Information System (地理情報システム)
GPRS	General Packet Radio Service
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (ドイツ技術協力公社)
HDPE	High Density Polyethylene Pipe (高密度ポリエチレン管)
JICA 技プロ	JICA 技術協力プロジェクト
JD	Jordan Dinar (ヨルダンディナール)
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (ドイツ復興銀行)
M/D	Minutes of Discussions (討議議事録)
MPa	1 バール (bar) = 0.1 メガパスカル (MPa)
MWI	Ministry of Water and Irrigation (水灌漑省)
OD	Outer diameter (外径)
PDM	Project Design Matrix (プロジェクト・デザイン・マトリックス)
PRV	Pressure Reducing Valve (減圧弁)
RC	Reinforced Concrete (鉄筋コンクリート)
USAID	United State Agency for International Development (米国国際開発庁)
WAJ	Water Authority of Jordan (ヨルダン水道庁)
WAJ 既計画	Upgrading and Expansion of Water Facilities at Tafieleh and Ma' an (2005)

地 域 名

英文	和文	英文	和文
Tafieleh Governorate	タフィーラ県	Qhadesiyeh	カデシヤ
Ma' an Governorate	マアン県	Erawath	エラワス
Al Mansoura	マンソウラ	Nemta	ネムタ
Tafieleh city	タフィーラ市	Ies	イース
Sanfahah	サンファハ	Odurah	オドラ
Arafeh	アラフェ	Al-Eskan	エスカン
Erwayyem	エルワエム	Tahoonah	タホネ
Ain-El Baidha	アインエルベイダ	Samneh	サムネ
Bsaira	ブセイラ	Bsaira	ブセイラ
Gharandal	ガラन्दール	Gharandal	ガラन्दール

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

ヨルダン・ハシェミット王国(以下「ヨ」国という)は人口 585 万人(2008 年)、国土面積 89,316km²、西をイスラエル(パレスチナ暫定自治区西岸地区)、北をシリア、東をイラク、南東をサウジアラビアに囲まれた国であり、国土の西部にはヨルダン川から標高マイナス 400m の死海を経て紅海のアカバ湾まで広がるヨルダン溪谷がある。ヨルダン溪谷の東側は標高 600m~1,500m の高原地帯であり、高原地帯東部は国土の約 75%を占める砂漠地帯である。降雨は 11 月から 3 月の冬季に集中し北西部高原の年間降雨量は約 660mm に達するが、砂漠地帯の年間降雨量は約 120mm にとどまる。蒸発散量は極めて多く、国全体の年間総降水量 85 億 m³ の内、約 85%が蒸発散する。

本プロジェクトの対象地域は「ヨ」国南部に位置するタフィーラ県及びマアン県であり、2009 年の統計局推定人口はそれぞれ、83.7 千人、113.7 千人である。「ヨ」国南部地域の大半は砂漠気候または砂漠性ステップ気候であり、年間降水量は 200mm 以下、蒸発量も非常に多く、夏季は高温、冬季は氷点下まで気温が低下する。タフィーラ県の対象地域(タフィーラ市及び南部地区)は標高約 900m~1,600m の起伏を有する高原に位置し、マアン県の対象地域であるマアン市は 1000m 前後の平坦な地形である。

「ヨ」国の人口 1 人当たりの年間水資源賦存量は、世界平均 7,800 m³ に対し、約 160 m³ (2007 年)と極端に少ない。これは同様な地理的状況下で徹底した水資源の合理化を図っている、隣国イスラエル(約 260 m³ (2007 年))よりも少ない。全体人口の約 80% (約 460 万人)は、比較的水資源が多く国土の 6%を占めるにすぎない北部山岳地域(アンマン、ザルカ、イルビッド市を含む)に集中している。

「ヨ」国の再生可能な水資源量は 9.4 億 m³/年(以下 FAO データ)と見積られており、このうち再生可能な地下水が 5.4 億 m³/年である。総取水量は 9.4 億 m³/年(2005 年)、そのうち、地下水揚水量は 5.5 億 m³/年であり、取水量の内訳は灌漑用水 65%、上水道用水 31%、工業用水 4.1%である。総量では再生可能な水資源量とバランスしているが、地域的には地下水の過剰揚水が行なわれている。National Water Master Plan (NWMP:全国水資源基本計画)では 2020 年までに地下水揚水量を再生可能量まで抑制し、その代替水源として下水処理水の農業用水、工業用水への再利用を考えている。2020 年には現在の 3 倍以上に相当する 2 億 m³ 以上を再利用する計画である。

国民 1 人当たりの水賦存量は、世界で最も少ない国の 1 つであり、加えて、難民や帰還民を含む急速な人口増加により、「ヨ」国の水問題は、近年ますます深刻化している状況である。「ヨ」国における水政策は、常に直面する最重要な課題として扱われており、「限りある水資源をいかに有効にかつ公平に利用していくか」が基本方針となっている。この方針の下、無収水削減が急務と

なっている（2008 年の全国平均値 43.9%）。そのため、「ヨ」国や我が国を含む援助機関が無収水削減に向け積極的に取り組んでおり、特に我が国は技術協力プロジェクト「無収水対策能力向上プロジェクト」（2005-2008）を実施し、更に、2009 年 2 月から 2011 年 8 月までフェーズ 2 として実施している。

2008 年における無収水率はタフィーラ県 52%、マアン県 57.4%であり、両県とも、「ヨ」国の平均を上回っており、無収水削減対策が急務である。我が国の技術協力プロジェクトでは、水道施設の日常的な運転維持管理の改善による無収水削減と、それに伴う給水サービスの向上に貢献してきた。しかし、南部地域の配水管の大部分は布設後平均約 22 年～39 年を経過した亜鉛メッキ鋼管や黒鋼管であるため、漏水削減には技術的な維持管理の改善に加えて配水管自体の更新という施設自体の改善が不可欠となっている。特に、亜鉛メッキ鋼管は高水圧、腐食に弱く漏水の原因となっているさらに、技術協力プロジェクトで向上した無収水削減対策技術を効果的に活用し、実際に無収水率を削減するためにも、送配水機能の分離、DMA（配水管理区画）の設定や水量・水圧測定設備の設置、減圧施設の設置を含む、配水管網の再構築が必要とされている。

対象地域は起伏の激しい地形に位置するが、給水圧を適正な範囲に保つための配水区の設定や減圧施設が設置されていない。その結果、標高の低い地域では給水圧が高く給水量の確保が可能である一方、高い漏水率の原因となっている。また、標高の高い地域では、給水圧が低く出水不良を引き起こしている。

更に、人口増による水需要の増加や既存水道施設より高地への定住が進んでいるため、現在の水道システム及び施設は送配水能力が不足しており、十分な配水圧及び水量を確保することが困難になっている。このような施設の老朽化や施設容量の不足は、給水量の不足、給水時間の制限や水質悪化などの給水状況を悪化させており、配水池の新設や配水管布設替えなどの水道システムの再構築が必要となっている。水質に関しては、老朽化したタール塗装黒鋼管の劣化による水質悪化が問題視され、安全な水の供給のため、黒鋼管の更新は課題となっている。

「ヨ」国においては、都市部、農村部とも浅井戸などの代替水源が無いことから、公共の水道給水に依存しており、結果として 95%を越える水道普及率となっているが、全国的な水資源賦存状況の逼迫のため、需要に応じた給水が出来ず、週に数日程度の計画給水を余儀なくされている。計画対象地域においても、制限給水が実施されており、地区により、週に 24 時間～72 時間の給水が受けられるのみである。この水不足は特に、需要量が増大する夏季に深刻となる。このような給水状況は、住民の日常生活に大きな影響を及ぼしている。

1-1-2 開発計画

(1) 水政策

1) 国家水戦略と政策（Water Strategy & Policy、2008年）

国家水戦略を策定するにあたって整理された水道セクターの課題は以下のとおりである。

- 回復可能な水資源能力を超えた取水（主に地下水開発）と、それによる淡水資源開発がテンシタルの枯渇
- 被災者、難民、帰還民を含む急激な人口の増加
- 人口の密集地帯から水源が遠隔地にあることによる高い送配水費用
- 砂漠化の進行を防止するための持続可能な農業
- 施設整備のための高い政府海外債務依存
- 世界的な基準値と比較しても極度に高い水の限界費用、老朽化した配水管網の改修の必要性和脆弱な財務体質

以上の課題のもと、以下の課題を重視し国家水戦略が策定された。

- 水資源の新規開発、水資源管理・法制度の整備、水資源に係る知見の共有、住民啓発、業務効率、健康基準、民間セクター参加、財務、研究開発

国家水戦略を上位計画として、水サブセクター毎に以下の具体的な水政策が策定された。

- 地下水管理政策（Groundwater Management Policy）
- 水道事業政策（Water Utility Policy）
- 灌漑用水政策（Irrigation Water Policy）
- 下水管理政策（Waste Water Management Policy）

2) 国家の取り組むべき課題（National Agenda、2006年-2016年）

National Agenda では水セクターの取り組むべき課題及びその解決方針が示されている。水不足は社会経済成長の足かせとなるため、水セクターは、「ヨ」国にとり特に重要なセクターである。再生可能な水資源の不足及び地下水の枯渇に加え、配水の非効率性、非効率な水道料金、限られた汚水処理能力、民間セクターの参入機会制限等が課題として挙げられている。これらの課題に対する解決方針は以下のとおりである。

- 水供給と新水源の開発、非通常水源の利用、地域協力の枠組み内で水を共有することに関する国際合意に応じて国の水利権を強化
- 営業経費及び無収水を減少させることにより配水の効率を改善
- 補助金を減少させるため、水道料金体系の再構築
- 最新の技術を活用し下水道処理施設の開発と改善及び処理水の農業・工業利用
- 水セクターの開発及び投資しやすい環境を創出するため、民間セクターの積極的な活用

3) 水道庁戦略計画（Summary of Strategic Plan for 2007 - 2012）

WAJ が直面する戦略的挑戦（Strategic Challenge）は以下のとおりである。

a) 水需要と供給のギャップの縮小

無収水率を除く全国平均有収水量を100L/人/日（2006年）から120L/人/日（2012年）に改善

b) 高い無収水率の改善

2006 年の全国平均無収水率 45%を 2012 年に 32%に改善

c) 法律に基づいた水道庁の責任と業務の改善

水道庁は、法律により、財務・管理上、独立した組織として規定され、全ての水供給業務が委任されている。一方で、水資源省も法律により、水管理の一部を担当しており、両者に業務の重複をもたらしている。また、他の法律により、財務・管理上に独立した活動ができないようになっている。これらの法律は、有能な人的資源のリクルート、必要なプログラムの実施を妨げている。今後、法律の改正等が必要とされている。

d) 受益者負担原則と自己資金の強化

2005 年において、水道庁は維持管理費に対して 133%の費用を回収したが全費用に対しては 77%に留まっており、資本投資能力を減少させている。今後、政府は水道庁を含む公共機関に対する財務補助を削減し、受益者から全ての費用を回収させる計画である。

e) 顧客満足度の改善及び市民からの協力促進

水道庁は、顧客満足度の改善が求められる。また、高い送水費用や政府補助の減少等により、水道料金の値上げが必要とされることが想定され、その場合に市民から拒否されないように関係を強化する必要がある。

f) 従業員の満足度と不十分な業績の改善

g) 水道庁の業績評価の実施

上記を考慮した水道庁の戦略目標（2007-2012年）は以下のとおりである。これら目標に対して詳細な活動計画が立案されている。

観点	目標
市民（顧客）-満足度と協力	1. サービスレベル（上水、下水、管理サービス）の毎年5%改善 2. 市民の満足度改善を57%から80%に向上
財務-財務と費用回収	3. 毎年2%の財務ポテンシャルの向上
運営-価値と業績	4. 運営価値の向上（達成スピード、業績の質の毎年5%向上）
従業員-業績、開発、独創性	5. 従業員満足度を5.63%から80%へ向上 6. 毎年9%の従業員のポテンシャルの向上

(2) 対象地域における上水道計画

WAJ は、2025 年を目標年次とするタフィーラ県及びマアン県全域の水道施設改善のための計画「Upgrading and Expansion of Water Facilities at Tafeileh and Ma' an（以下 WAJ 既計画）」を 2005 年に作成した。以下に概要を示す。

1) 人口と水需要

過去の人口センサス及び「ヨ」国統計局の推定人口を基に、2025 年までの人口を推定している。更に水需要量を推定するため 1 人 1 日給水量を以下のとおり仮定している。

- マアン県に関しては、近年の平均値 210L から 2005 年に 205L に減少する。その後、2025

年には 165L となるように減少する。タフィーラ県に関しては、近年の平均値 100L から、2005 年には 125L に増加する。その後 2025 年の目標値を 145L としている。

- 上記の計算では、プロジェクトの実施年である 2005 年から漏水率が 15%となることを仮定している。
- 上記仮定された給水量は非常に楽観的な数値であると結論付けられ、最終的に、詳細設計段階では両県とも 120L で設計を行なった。

下表に 2025 年までの人口予測及び需要水量を示す。

表 1-1 WAJ 既計画の人口予測及び水需要量予測

年	マアン県			タフィーラ県		
	人口	一日給水量	年間総給水量	人口	一日給水量	年間総給水量
	人	m ³ /日	m ³ /年	人	m ³ /日	m ³ /年
2005	110,544	13,265	4,841,827	86,444	10,373	3,786,247
2010	124,977	14,997	5,473,993	97,732	11,728	4,280,662
2015	140,571	16,869	6,157,010	109,928	13,191	4,814,846
2020	157,625	18,915	6,903,975	123,266	14,792	5,399,051
2025	176,336	21,160	7,723,517	137,900	16,548	6,040,020

2) 現況と将来水源

両県の水資源は地下水のみである。平均水生産能力は以下のとおりである。

- マアン東部ゾーン：417,078 m³/年（タホネ水源）
- マアン西部ゾーン：9,792,491 m³/年（カ（Qa）、ジョッタ（Joththa））
- タフィーラ：3,086,546 m³/年（ハセ（Hase）、ザブダ（Zabda）、ジョロフ（Jorof））

2025 年の年間の総需要量はマアン県で 7.7 百万 m³、タフィーラ県で 6 百万 m³であり、マアン県の地下水の総水源量は総需要量を満足するが、タフィーラでは新既水源開発が必要である。なお、給水量の一部は、ディシ化石プロジェクトからも賄うことが想定されている。

3) 設計

水道システムは複数の配水区に分割し、自己配水池あるいは共有配水池を有するように各配水区を配置した。更に、必要に応じて減圧槽を設置し、若干の例外はあるものの、各配水区の水圧差が 100m を越えないように計画した。

各配区内では、日最大給水量時には、動水圧は 0.25MPa（2.5bar）以上 0.7MPa（7bar）以下となるよう設計した。なお、時間最大配水量時には 0.05MPa（0.5bar）以上となるように設計した。給水圧は、地形及び減圧弁により制御される。配水池は、各配水区の水需給バランスを基に計画された。

(3) 対象地域の開発計画

アブドラ国王が主導し南部地域の開発戦略計画を策定している。地方分権化も進められており、2010年末を目標に脱中央集権化政府プロジェクトにより地方分権政府が各自の議会、予算、人材、戦略により県を運営できるようなる。

1) タフィーラ県

タフィーラ県庁によると、アブドラ国王はタフィーラ県の活性化・雇用促進による他地域との格差是正を目的として、以下のとおり住民の受け入れに関する施策を検討しており、そのためには上水道等のインフラの整備が必要となっている。

- ・ タフィーラの人口は8.5万人であるが、国内の他地域及び国外に居住するタフィーラ人は10万人とも言われている。タフィーラ県生まれの人々の帰還促進政策を行うため、経済の活性化、収入の増加、雇用の増加等、帰還可能な環境の整備を計画している。
- ・ 「ヨ」国は多くの係争国に囲まれており、近隣国から避難民の受け入れをタフィーラ県において検討している。
- ・ 貧困ライン以下のコミュニティの住居・生活改善を目的とした国王寄付金事業が実施されている。対象コミュニティには、ガランダール、ブセイラが含まれている。

タフィーラ県のその他開発動向を以下に示す。

- ・ デザートハイウェイに近く、サウジアラビアへの巡礼者やエジプトへの交通の通過点であるタフィーラは、停留拠点（ストップステーション）としての機能が期待されている。
- ・ タフィーラ県には、リン鉱石やセメント会社がありこれらは県の大きな収入源である。
- ・ タフィーラ県は、アフラ温泉等の健康観光（ヘルスツーリズム）に投資しており、観光収入が近年増加している。また、キングズハイウェイの中間点として、観光拠点（アカバ市・死海・マダバ県等）を繋ぐ役割がある。
- ・ イース（Ies）のタフィーラ大学近郊の住宅地開発事業が進行している。

2) マアン県

マアン県の開発動向を以下に示す。

- ・ 国王の主導により再開発が促進されている。具体的には、20年間税金が免除された自由貿易地帯が市南方に設置されており、繊維工場等の工業地帯の拡大が図られている。また、半官半民の運営会社であるマアン開発会社がマアン県の開発を進めている。
- ・ 国内交易及び他国（サウジアラビア、イラク）との貿易の要所であり、また、イスラム教巡礼者のサウジアラビアへの中継地点であるため、政府は、今後戦略的に開発する地域として位置づけている。
- ・ 国の天然資源が豊富に埋蔵しており、シリコン、リン鉱石、マアン石等で有名である。マアン石の国内外への輸出を促進している。
- ・ 南部地域への優秀な人材の供給源としてフセイン国王大学が建設された。また、大学近

傍の開発地域では、大規模住宅地開発（15,000人程度）が行なわれている。

1-1-3 社会経済状況

(1) 国家経済

「ヨ」国の一人当たり GNI は 3,310 ドル、産業別の GDP に占める割合は観光業を含む第三次産業が全体の 63.0%と最も高く、次いで第二次産業が 34.1%、第一次産業が 2.9%である（2008 年）。

「ヨ」国経済は 1980 年代末から 2004 年にかけて、国際通貨基金（IMF）の経済構造改革プログラムを通じたマクロ経済・財政運営面の改革により平均年 5%を超える高い成長を実現していたが、最近では世界経済の低迷、特に 2008 年の世界金融危機の影響を受け経済状況は悪化している。「ヨ」国予算は都市・地方間の所得格差、高い水準で推移する貧困率・失業率、多額の公的債務残高など構造的な問題を抱え、依然として外国からの資金援助、地域の治安情勢、外国からの短期的な資本流入の動向等に左右されやすい脆弱性がある。

「ヨ」国は、大規模なイラク人難民の流入に起因する経済的社会的負荷、依然として高い水準で推移する貧困・失業率、高い出生率による人口増加に伴う更なるインフラ整備の必要性等の問題に直面している。特に、イラク人難民の流入は、水、教育、保健等の分野で予期せぬ更なる追加的経済負担となっており、脆弱な経済基盤を圧迫している。

(2) 対象地区の社会経済状況

タフィーラ県及びマアン県は、「ヨ」国内で最も開発の遅れた地域であり、社会経済状況はアンマンを含む中・北部地域と大きく乖離している。すなわち、「ヨ」国内で最も少ない人口県の第 1 位と第 2 位であり、一人当たり年間収入（2006 年）は、タフィーラ県で約 847JD、マアン県で 878JD と、12 の県の中で下位から 3 番目及び 4 番目と下位分類に入る。また、失業率（2008 年）は 12 県の中で最も高く、タフィーラ県で 17%（全県中から 2 位）、マアン県で 21%（全県中から 1 位）となっている。更に、識字率（2006 年）も、タフィーラ県 87.2%、マアン県 84%であり、両県とも全国的に下位に位置する。

1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

「ヨ」国の水資源開発・上水道整備は、これまで首都アンマンを含む中部地域を中心に実施されてきた。我が国や他国機関による協力も中部地域を主対象として実施されてきたため、上水道サービスの地域間格差・生活水準格差の拡大が問題になっている。「ヨ」国南部に位置するタフィーラ県及びマアン県の水道事業体（ヨルダン水道庁（WAJ）タフィーラ支所・マアン支所）は、井戸を水源として配水池からの重力配水及びポンプ圧送によって給水を行っているが、50%以上の高い無収水率、基幹水道システムの能力不足等の問題により十分な給水量を確保できず、給水時間は制限され、一人当たりの有収水量は低い水準に留まっている（タフィーラ県：約 73 m³/日、

マアン県：約 100 m³/日、2008 年水道庁統計）。

我が国は、「ヨ」国の無収水削減を目的として、技術協力プロジェクト「無収水対策能力向上プロジェクト」（2005～2008）及び「無収水対策能力向上プロジェクト（フェーズ 2）」（2009-2011）を実施し、ヨルダン水道庁（WAJ）の組織体制の整備及び能力向上を支援してきた。プロジェクトの結果、WAJ の無収水対策（漏水探知・修繕等）に係る能力が改善され、パイロット地区における無収水削減等の成果が達成された。更に、フェーズ 2 では、高低差を考慮した配水管理等、予防的無収水対策に係る能力強化が図られている。しかし、タフィーラ県及びマアン県は配水管網の老朽化が著しく、無収水削減のためには配水管更新を含む根本的な対策が急務となっている。また、既存の水道システムでは水需要の増加に対応できず十分な給水を確保できない上、高地定住者に対しては増圧ポンプによる非効率な送配水を余儀なくされている。

以上の背景より、「ヨ」国政府は、配管网の更新及び新規配水池の建設により、タフィーラ県及びマアン県の給水サービスを向上することを目的として、我が国に 2008 年 7 月、無償資金協力事業を要請した。本要請に対して、2009 年 10 月に協力準備調査（その 1）を行い、本プロジェクト実施の妥当性及び各コンポーネントの必要性や優先度を検討した結果、計画対象地域は、「ヨ」国側の優先度が高く、裨益人口が多いタフィーラ県ではタフィーラ市を含む南部地区、マアン県ではマアン市地区とした。対象地区の要請内容を以下に示す。

タフィーラ県	● 配水池（400 m³×1、1,000 m³×1、2,000 m³×2）の建設 ● ポンプ場の建設（1箇所） ● 配水管網の更新（ダクタイル鋳鉄管、口径100～300mm、約30km、ポリエチレン管、口径63mm、約51km）
マアン県	● 配水池（400 m³×3、1,000 m³×2、2,000 m³×1）の建設 ● 配水管網の更新（ダクタイル鋳鉄管、口径100～300mm、約33km、ポリエチレン管、口径63mm、約140km）

1-3 我が国の援助動向

(1) ヨルダンに対する政府開発援助（ODA）の考え方

我が国は、「ヨ」国が中東和平プロセスの当事国として同プロセスにおいて積極的な取組み及び貢献を行っており、同国の政治的・経済的安定が中東地域の平和にとって重要であること、特に、民主化及び経済改革に関し積極的に努力していること、我が国との関係が良好であること等を考慮し、インフラ整備、人的資源開発等幅広い分野で各形態による援助を積極的に実施してきた。外務省資料によると、ヨルダン国に対する ODA 基本的考え方は以下のとおりである。

1) ヨルダンに対する ODA の意義

ヨルダンは、中東和平プロセスにおいて積極的な貢献を行い、我が国が推進する「平和と繁栄の回廊」構想においても重要なパートナーである。また、イラク復興支援においても重要な役割を果たすと共に、国内的には各方面において改革を推進している。こうした点を勘案し、ヨルダンの安定が中東地域の安定にとって不可欠であるとの国際的な認識を共有した上で、我が国のヨルダンとの伝統的に緊密な関係を踏まえ、積極的に ODA を実施してきている。

2) ヨルダンに対する ODA の基本方針

ヨルダンが中東地域において穏健・安定勢力として建設的な役割を担い続けることを可能とするため、各方面での改革の推進、国民の生活水準の向上、貧困と失業の軽減、人材開発等を通じたヨルダンの安定維持及び持続的成長を支援することとしている。2004 年 12 月には「日・ヨルダン・パートナーシップ・プログラム」に関する枠組み文書が署名され、同プログラムの下でイラク向け及びパレスチナ向け第三国特設研修を積極的に実施している。

3) 重点分野

1996 年に実施した経済協力総合調査及びその後の政策対話を踏まえ、以下の分野を重点分野としてきたが、2003 年にヨルダン計画・国際協力省と現地 ODA タスクフォースとの間で実施された政策協議において、特に水資源管理、家族計画及び環境保全を重点支援分野とすることが合意された。

(a) 基礎生活の向上：水供給、食料、基礎的保健・医療、基礎教育

(b) 産業振興：輸出産業発展を目的とした人的協力及び資金協力、観光及び中継貿易のためのインフラ整備

(c) 環境保全

また、「対ヨルダン国別援助計画（第 1 次案）平成 20 年 5 月」では、水資源の有効利用・環境に関する開発課題を以下のとおり挙げている。

「ヨルダンにおける国民一人当たりの年間水資源供給量は約 150 m³で、世界で二番目に低い水準とされており、水の確保は最重要課題となっている。また、水問題は、経済発展に伴う水質汚染等の環境問題にも密接に関わっており、早急な対策が求められている。」

同対策には、水灌漑省、環境省をはじめとする関連省庁、地方自治体、NGO の協働と能力開発が不可欠であるため、他ドナーとも連携しつつ、「限りある水資源の有効な管理」を目指した協力を行う。現在、整備されつつある水・環境関連の法制度の実効力を向上させるべく、行政人材の育成を支援していく。また、水・環境問題の対策は国民全体の意識向上が不可欠であるため、水・環境問題についての啓発活動についても協力し、地域住民の水・環境問題への対策に対する参加を促していく。

技術的な分野としては、上水道の整備、無収水対策、水質汚染対策を中心に協力を展開していく。また、水資源の保全という観点から、限りある水資源の有効活用のため、洪水・防砂についてので取組を新たに支援していく。なお、水・環境・エネルギーの観点から現在ヨルダン政府が取り組んでいる紅海・死海送水計画にも留意する。

(2) ヨルダンに対する ODA 実績

1) 有償資金協力

過去に、農業、通信、教育、運輸、観光等の分野において円借款を供与してきた。新規円借款供与については、2002 年 7 月のパリクラブ合意に基づき第 6 次債務繰延を実施していることから、ヨルダンの債務負担能力を含め同国の経済改革努力を注視している。

2) 無償資金協力

水セクターにおける無償資金協力案件は、下表のとおりである。

表 1-2 我が国無償資金協力実績（給水分野）

実施年度	案件名	事業費 (億円)	概要
1994 年	水道施設補修機材整備計画	6.6	ヨルダン水道庁のアンマン中央ワークショップ及び支部ワークショップ 2 箇所のワークショップ用修理・整備機材の調達
1996 年～ 1997 年	アンマン都市圏上水道施設改善計画	12.75	アンマンの水源であるキングアブダラ運河から原水を導水するための取水・導水ポンプの改修
1998 年～ 2001 年	第二次アンマン都市圏上水道施設改善計画	74.22	キングアブダラ運河の原水を水源とするザイ浄水場の能力（12.5 万 m ³ /日）を 25 万 m ³ /日に拡張するための施設の建設
2002 年～ 2004 年	ザルカ地域上水道施設改善計画	17.21	ザルカ地域（ルセイファ・アワジャン地区）の漏水量の低減及び安定給水を目的とした送配水基幹施設の改善
2005 年～ 2007 年	ヨルダン渓谷中・北部上水道施設改善計画	20.64	ヨルダン渓谷北・中部地域の漏水量の低減及び安定給水を目的とした上水道施設の改善、拡張
2007 年～ 2009 年	第 2 次ザルカ地域上水道施設改善計画	23.71	ザルカ地域（ザルカ市、ハシミエ市、スフナ市）の漏水量の低減及び安定給水を目的とした送配水基幹施設の改善
2010 年	上水道エネルギー効率改善計画	11.32	ザルカ地区の送配水システムのエネルギー効率を向上させるための機材供与

3) 技術協力（開発調査・技術協力プロジェクト）

保健・医療、情報、通信、産業振興、水資源等の分野を中心に実施しているほか、IT 分野における支援にも重点を置いている。また、1992 年度からアラブ諸国、1994 年度からパレスチナ向け、2004 年度からイラク向けを対象とした第三国研修を実施しており、「ヨ」国は我が国のイラク復興支援及びパレスチナ支援の重要な拠点となっている。

上水道分野に関しては、無収水対策能力向上プロジェクト（2005 年～2008 年）がヨルダン水道庁の無収水対策能力の向上を目的として実施され、予防的な無収水対策分野に対してフェーズ 2 プロジェクトが実施中である。水セクターにおける技術協力（開発調査・技術協力プロジェクト）

は、下表のとおりである。

表 1-3 「ヨ」国における技術協力

実施年度	案件名	形態	概要
1993 年～ 1995 年	地下水汽水淡水化計画調査	開発調査	地下水汽水を淡水化し水道水として供給するための調査
1994 年～ 1996 年	ザルカ地区上水道施設改善計画調査	開発調査	2015 年を目標年次とするザルカ地区の漏水率の低減及び給水状況の改善のためのマスタープランの策定及び優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査
2000 年～ 2001 年	全国水資源管理計画調査	開発調査	循環型水利用社会の形成を目標として、2020 年までに取り組むべき課題である「水資源の統一的かつ総合的な管理」及び「希少な水資源の戦略的開発」を目指した水資源管理マスタープランの策定
1999 年～ 2006 年	指導科目：無収水対策技術・上水道改善計画等	専門家派遣	ヨルダン水道庁の無収水対策能力の向上 人数：4 名
2005 年～ 2008 年	無収水対策能力向上プロジェクト	技プロ	ヨルダン水道庁の無収水対策能力を向上するための技術協力プロジェクト（漏水削減、メータ交換、住民啓発等）
2009 年～ 2011 年	第二次無収水対策能力向上プロジェクト	技プロ	ヨルダン水道庁の無収水対策能力を向上するための技術協力プロジェクト（配水圧調整、給水装置の設置状況改善等）
2008 年、 2009 年、 2010 年	上水道維持管理（配水管網の維持・漏水防止）	研修員受入	上水道維持管理（配水管網の維持・漏水防止）に係る本邦研修 人数：1 名/年
2009 年 10 ～11 月	ヨルダン国南部地域給水改善計画準備調査	協力準備調査	本プロジェクトの事前調査

1-4 他ドナーの援助動向

水セクターに対する他ドナー援助動向としては、世界銀行、欧州投資銀行（EIB）等の国際機関、アラブ・イスラム系の資金機関、米国国際開発庁（USAID）、ドイツ（ドイツ復興銀行：KfW、ドイツ技術協力公社：GTZ）等が援助を実施している（表 1-4）。

表 1-4 他のドナー国・国際機関の援助実績（給水分野）

実施年度	機関名	案件名	金額 (千 US\$)	援助形態	概要
1999 年～ 2003 年	世 銀 及 び 他 機関 注 1	大アンマン市配水システム 改善計画	222, 900	協調 融資	アンマン首都圏の配水システム 改善を目的とした施設建設及び WAJ の組織・制度再構築
2002 年～ 2003 年	ドイツ国	ザイ - ダボウク水道プロジ ェクト	28, 200	有償	ザイ浄水場の浄水をアンマンへ 送水するための送水管の建設
2002 年～ 2004 年	ドイツ国	全国水マスタープラン	-	技協	2020 年を目標年次とした水資源 に関わる情報を全てデジタル化 したマスタープランの策定
2003 年～ 2008 年	米国	ムジブ・ザーラ・マイン 汽水淡水化プロジェクト	125, 000	無償	汽水を淡水化するための逆浸透 膜施設の建設、アンマンへの送 水管の建設
2002 年～ 2008 年	注 2	ワヘダダムプロジェクト	204, 800	有償	水資源開発のためのヤルモク川 水系へのダム建設
2009 年～ 2012 年末 (予定)	Disi Water Company, EIB/AFD 注 3	ディン送水プロジェクト	1, 075, 000	BOT 及び 有償	南部ディン化石地下水を開発し 325km の送水管及びポンプ送水 により、アンマンに年間 100 百 万 m ³ の水を供給

注 1：世銀、米国、ヨーロッパ投資銀行、ドイツ国、イタリア国

注 2：経済社会開発アラブ資金、イスラム開発銀行及びアブダビ開発資金

注 3：有償部分は European Investment Bank と French Development Agency

(3) 他ドナーの対象地域への援助

対象地域へは、EU 融資により 1999 年タフィーラの水源であるハセ水源の開発、需要地への送水施設の建設が行なわれた。その後、ドナーの支援はない。

WAJ は 1997 年の法律改正により、PMU (Project Management Unit) を通して、民間セクター参加 (PSP : Private Sector Participation) による事業運営改善を進めており、現在までアンマン市 (1994 年～1997 年)、アカバ県 (1999 年～2000 年) 及びマフラック県、イルビッド県、ジェラシユ県、アジュルン県の北部 4 県 (1999 年～2006 年) が検討対象となった。現在、バルカ県、マダバ県、ザルカ県の中部 3 県 (2006 年～2009 年) において実施中である。その結果、2006 年までのアンマン市における LEMA との運営契約、2004 年からのアカバ県、2007 年からアンマン市での半官半民の運営契約が締結された。更に北部県で運営契約が締結された。また、マダバ県では、顧客サービス部門のみの民間への委託契約が締結された。

WAJ は、カラク県、タフィーラ県、マアン県の南部 3 県に対しても、民間企業との同様の運営契約を検討中であり、カラク県に関しては、KfW が無収水削減プロジェクトとともに、運営契約に必要な基礎データの収集を開始した。タフィーラ県、マアン県に関しては USAID が今後、上下水道に係る施設・運転データの整備を目的としたプロジェクトを実施する計画となっている。プロジェクト期間は 2010 年 5 月頃から 4 年間で予定している。プロジェクトの概要は以下のとおりである。

1. 地理情報システム（GIS）ユニットの設立と支援
2. 上下水道マスタープランの策定
3. タフィーラ下水道システムのフィージビリティ調査と環境影響評価
4. タフィーラ下水処理場の詳細設計と入札図書の準備
5. タフィーラ下水処理場の契約前サービス及び施工監理

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) ヨルダン水灌漑省 (MWI)

「ヨ」国の水セクター（上下水道及び灌漑）の主管官庁は、水灌漑省（Ministry of Water and Irrigation - MWI）である。MWI 傘下には、都市・工業用水供給と下水道を担当するヨルダン水道庁（WAJ）とヨルダン渓谷の開発を担当するヨルダン渓谷庁（Jordan Valley Authority - JVA）がある。

JVA は 1977 年に創設され、ヨルダン渓谷の水セクターを含む社会経済開発全般に責任を持っていた。ヨルダン渓谷にある都市用水、灌漑用水ともに JVA の管轄下にあったが、その後 1983 年、各都市の都市用水事業を統合して WAJ が創設され、JVA 管轄下にあった都市用水事業もこれに吸収された。更に 1992 年、水資源政策・管理の権限を集約するために、MWI が創設され、「ヨ」国の水セクターを統轄することとなった。これにより、MWI は、JVA および WAJ を統轄するとともに農業省や保健省に分散していた水行政関係部門を統合して、極度に乏しい水資源の開発、灌漑、都市用水事業を一元的に運営・管理できる体制が整えられた。このような経緯から、MWI には MWI 担当次官（政策立案、総務、財務を担当）、JVA 担当次官（JVA 総裁を兼務：ヨルダン渓谷の開発及び水源・幹線用水路の管理並びに全国のダム管理を行う）および WAJ 担当次官（WAJ 総裁を兼務）の 3 名が同格で存在し、水灌漑大臣がこの 3 名を指揮する組織となっている。

(2) ヨルダン水道庁 (WAJ)

全国の上下水事業を管轄するヨルダン水道庁（WAJ）は 8 つの部局から構成されている。現在の職員数は約 7,000 人であり、全国を北部、中部、南部に 3 分割し運営・維持管理をしている。その他に水源・送水局、総務局、試験・水質局及び財務局を有する。組織図は図 2-1 のとおりである。

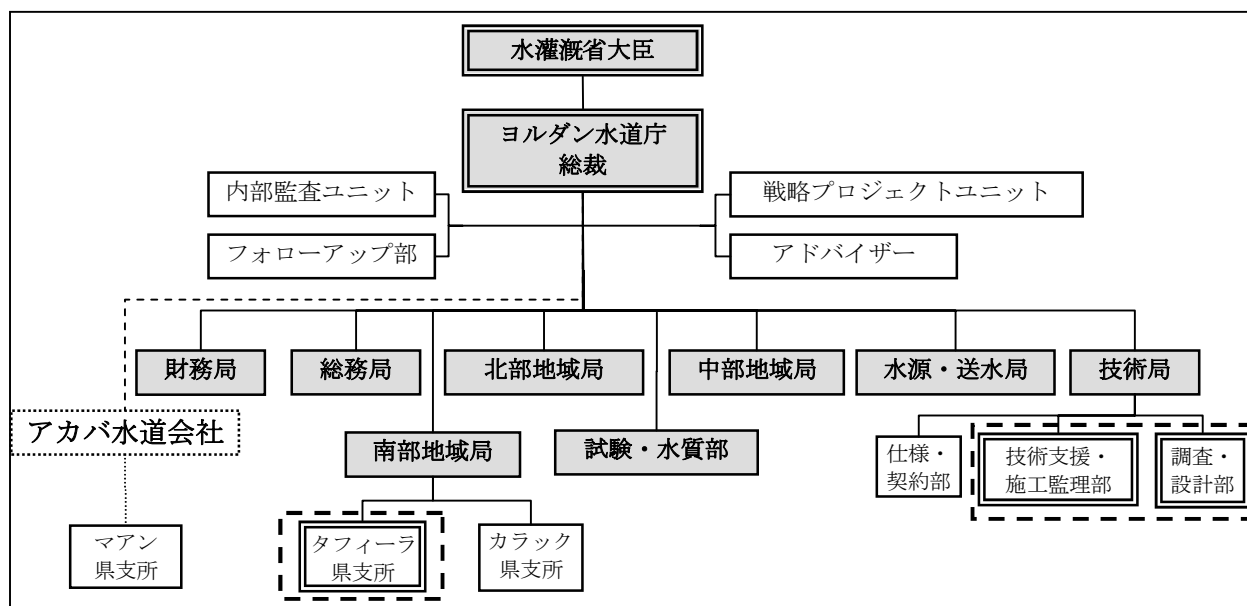


図 2-1 WAJ 組織図

本プロジェクトの担当窓口は技術局であり、本プロジェクトの計画・設計は調査・設計部及び施工は技術支援・施工監理部が管轄する。施設完成後の運営・維持管理の実施は南部地域局に属するタフィーラ支所である。

南部地位局に属するフィーラ支所、マアン支所及びカラク支所の組織体制は、WAJ 本庁から図 2-2 に示す組織体制とすることを指導されている。下図の組織体制が示すように南部地域担当の副総裁（ASG）の下に各県の支所長が位置する。各支所は無収水部、総務・財務部、顧客部及び運転・維持管理部の 4 部から構成される。また、支所長の顧問機関として、計画、顧客対応、調達・契約、水協議会、PR 担当及び秘書を置いている。しかし、タフィーラ支所及びマアン支所共に、適任の人材がない等の理由により、空席及び兼任が多く、WAJ 本庁が指導する組織体制とは実質的に異なる組織となっている。

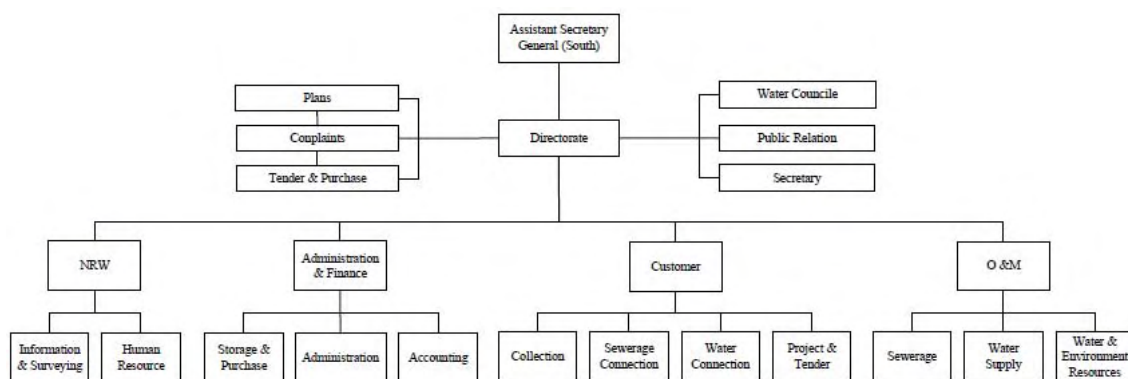


図 2-2 タフィーラ支所及びマアン支所組織図

2009 年のタフィーラ県及び 2008 年のマアン県の要員構成を表 2-1 及び表 2-2 に示す。タフィーラ県では 280 人、マアン県では 366 人の職員を有している。タフィーラ県にはタフィーラ支所の他ブセイラに維持管理事務所があり、278 人（内技師 9 人、技能工 52 人、事務職 19 人、会計担当 4 名、補助員 54 名、労務者・維持管理要員 140 名）の職員が所属している（2009 年）。一方、マアン県にはマアン支所の他にショウバキ（Shoubak）及びワジムサ（Wadi Mousa）に出先事務所、カア（Al-Qa' a）、フセニヤ（Hussiniyyeh）、ジャファ（Jafer）及びタイバ（Taybah）に維持管理事務所がある。2010 年 7 月からマアン県の水道事業の運営・維持管理業務は、アカバ県の水道事業運営会社であるアカバ水道会社（Aqaba Water Company）に委託して実施されている。

表 2-1 タフィーラ県の職員構成（2009 年）

契約別形態	人数	技能別	人数
正職員	11	技師	9
準職員	217	技能工	52
契約職員	1	事務職	19
日雇い	50	会計担当	4
派遣員	0	補助員	54
転勤者	1	労務者・維持管理員	140
研修員	0	無給休暇	1
		研修員	0
		停職者	1
合計	280	合計	280

表 2-2 マアン県の職員構成（2008 年）

契約別形態	人数	技能別	人数
正職員	10	技師	10
準職員	171	技能工	100
契約職員	0	事務職	15
日雇い	185	会計担当	31
派遣員	0	補助員	25
転勤者	0	労務者・維持管理員	185
研修員	0	無給休暇	0
		研修員	0
		停職者	0
合計	366	合計	366

2-1-2 財政・予算

(1) WAJ の財務状況

「ヨ」国政府は WAJ に対し、施設建設のための資金を国庫補助金として拠出している。表 2-3 に 2006 年度から 2008 年度の WAJ への国庫補助金及び無償援助の拠出額を示す。2008 年度には、財務省及び計画省から合計 54.5 百万 JD の補助金を拠出した。WAJ はこの他に各ドナーからの無償援助により合計 23.8 百万 JD の建設資金を確保している。

表 2-3 WAJ に対する国庫補助金及び無償援助の推移

(単位：百万 JD)

項目	2006 年度	2007 年度	2008 年度
WAJ に対する国庫補助金	31.0	8.7	54.5
各ドナーからの無償援助	74.6	28.8	23.8
合計	105.5	37.5	78.3

出典：WAJ 監査報告書（2008 年、2009 年）（「ヨ」国予算年度は 1 月から 12 月）

WAJ は商業会計制度を導入し国際会計基準に順じた決算書を開示している。表 2-4 に 2006 年度から 2008 年度の損益計算書を示す。2008 年度の収入の構成は水道料金収入が約 60%、下水道収入は約 20%、接続料金及びその他の収入が約 20%であり、支出の構成は人件費が約 30%、運転・維持管理費が約 70%、残りが管理費である。2008 年度の営業収支は 14.1 百万 JD の黒字である。人件費及び建設施設の維持管理費は収入により賄われており、水道事業の運営・維持管理は支障なく行われている。一方、営業外費用を含めると 66.3 百万 JD の赤字を計上しているが、これは営業外費用に占める建設施設の減価償却費部分が大きいためである。

今後 WAJ が健全経営を目指すためには国庫補助の低減、無収率の低減、料金値上げを含めた総合的、長期的な対策が必要である。特に全国平均約 43.9%に上る無収率の低減は急務である。

表 2-4 WAJ 損益計算書の推移

(単位：百万 JD)

項目	2006 年度	2007 年度	2008 年度
営業収入			
水道料金	79.3	88.0	88.5
接続料金	18.3	19.4	18.9
下水道料金	27.1	33.1	33.5
その他の収入	7.3	8.1	10.1
合計	132.0	140.7	152.1
営業支出			
人件費	28.9	31.5	38.8
維持管理費	67.6	75.9	95.4
その他経費	2.0	2.1	3.9
合計	98.6	109.4	138.0
営業収支	33.5	31.1	14.1
営業外支出			
減価償却・支払い利息	69.1	83.1	78.3
その他費用	14.9	27.2	2.1
合計	84.1	110.3	80.4
総収支	-50.6	-79.1	-66.3

出典：WAJ 監査報告書（2008 年、2009 年）

(2) タフィーラ支所及びマアン支所の財務状況

現況（2008 年度及び 2009 年度）のタフィーラ支所の収入・支出状況を表 2-5 示す。2009 年度の収入の構成は、水道料金収入が約 6 割、下水道収入は約 3 割、接続料金とその他の収入が約 1 割となっている。一方、支出の構成は、給料・賃金及び運転・メンテナンス費が共に約 5 割で残りが管理費となっている。2009 年度の収支は、約 0.77 百万 JD の赤字であり、不足分は WAJ 全体の収益から補足している。2009 年度の収入による運転・維持管理に要した支出の回収率は 64%であり、2008 年度の回収率 48%から大きく改善している。改善の要因は支出が殆ど同じなのに対して、上・下水道の料金収入が大きく増加しており、全体で収入が約 4 割増加している。

表 2-5 WAJ タフィーラ支所の損益計算書

(単位：JD)

項目		2008 年度	2009 年度
収入			
	水道料金	624,955	754,377
	接続料金	98,029	142,943
	下水道料金	200,027	381,100
	水道メーター維持管理代	12,875	12,417
	給水車による水販売代	29,583	30,490
	その他の収入	14,576	34,288
収入合計		980,045	1,355,615
支出			
	給料・賃金	981,461	1,036,225
	運転・メンテナンス費	986,662	990,865
	管理費	85,732	95,591
支出合計		2,053,855	2,122,681
収支バランス		- 1,073,810	-767,066
回収率		48 %	64 %

タフィーラ支所の運営・維持管理費の内訳を表 2-6 に示す。2009 年度の運転・維持管理費の構成は、給料・賃金が 49%、電気代が 31%となっており、両方で運転・維持管理費の殆どを占めることが読み取れる。

表 2-6 WAJ タフィーラ県支所の運転・維持管理費

(単位：JD)

	2008 年度		2009 年度	
給料・賃金	981,461	47.8 %	1,036,225	48.8 %
車輛維持費	33,264	1.6 %	47,580	2.2 %
水道メータ費	53,625	2.6 %	47,873	2.3 %
電気代	635,298	30.9 %	659,536	31.0 %
設備維持管理費	16,060	0.8 %	34,769	1.6 %
燃料代	100,899	4.9 %	63,139	3.0 %
保険代	11,736	0.6 %	19,646	0.9 %
建築物維持管理費	14,572	0.7 %	10,622	0.5 %
薬品代	920	0.0 %	2,467	0.1 %
維持管理委託費	0	0.0 %	0	0.0 %
配水管網維持管理費	21,125	1.0 %	3,139	0.1 %
修理工場運営費	99,803	4.9 %	104,561	4.9 %
借賃	7,117	0.3 %	7,117	0.3 %
電話代	4,170	0.2 %	3,606	0.2 %
文房具代	1,149	0.1 %	1,894	0.1 %
その他費用	73,296	3.6 %	82,974	3.9 %
合 計		100.0 %		100.0 %

現況（2008 年度及び 2009 年度）のマアン支所の収入・支出の状況を表 2-7 示す。2009 年度の収入の構成は、水道料金収入が約 6 割、下水道収入は約 2 割、接続料金とその他の収入が約 2 割となっている。一方、支出の構成は、給料・賃金が 3 割、運転・メンテナンス費が 6 割で残りが管理費となっている 2009 年度の収支は、約 0.81 百万 JD の赤字であり、不足分は WAJ 全体の収益から補足している。2009 年度の収入による運転・維持管理に要した支出の回収率は 81%であり、2008 年度の回収率 75%から改善傾向にある。タフィーラ支所同様に改善の要因は、上下水道の料金収の増加であり、全体で収入が 2 割程度増加している。

表 2-7 WAJ マアン支所の損益計算書

(単位：JD)

項目		2008 年度	2009 年度
収入			
	水道料金	1,511,651	1,905,176
	接続料金	166,172	158,290
	下水道料金	531,527	704,942
	水道メータ維持管理代	15,886	16,847
	給水車による水販売代	9,824	7,911
	その他の収入	698,128	681,032
収入合計		2,933,188	3,474,198
支出			
	給料・賃金	1,268,161	1,383,987
	運転・メンテナンス費	2,403,334	2,686,528
	管理費	228,650	212,293
支出合計		3,900,145	4,281,808
収支バランス		- 966,957	- 807,610
回収率		75 %	81 %

マアン支所の運営・維持管理費の内訳を表 2-8 に示す。2009 年度の運転・維持管理費の構成は、給料・賃金が 32%、電気代が 22%、運転・維持管理の委託費が 26%となっている。運転・維持管理の委託は、ワジムサ（Wadi Mousa）での下水道のポンプ場及び下水処理場の運転・維持管理を Aqaba Water Company に委託している費用である。

表 2-8 WAJ マアン支所の運転・維持管理費

(単位：JD)

	2008 年度		2009 年度	
給料・賃金	1,268,161	32.5 %	1,328,987	32.3 %
車輛維持費	79,335	2.0 %	68,492	1.6 %
水道メータ費	137,026	3.5 %	49,582	1.2 %
電気代	914,707	23.5 %	950,412	22.2 %
設備維持管理費	64,427	1.7 %	38,429	0.9 %
燃料代	325,400	8.3 %	223,669	5.2 %
保険代	18,930	0.5 %	30,716	0.7 %
建築物維持管理費	20,483	0.5 %	38,324	0.9 %
薬品代	2,554	0.1 %	10,580	0.2 %
運転・維持管理委託費	659,081	16.9 %	1,114,774	26.0 %
配水管網維持管理費	31,687	0.8 %	4,709	0.1 %
修理工場運営費	149,704	3.8 %	156,842	3.7 %
借賃	24,190	0.6 %	15,555	0.4 %
電話代	7,754	0.2 %	12,064	0.3 %
文房具代	2,554	0.1 %	2,608	0.1 %
その他費用	194,152	5.0 %	182,066	4.3 %
合 計	39,00,145	100.0 %	4,281,808	100.0 %

(3) 上下水道料金

上下水道料金は 3 ヶ月ごとに検針して徴収している。なお、今後は 1 ヶ月に 1 回の検針に変更する計画である。1997 年の改定以降、一般家庭向けは通増料金制となった。2001 年アンマン、ザルカの下水道料金を改定したがその他地域は据え置きとなっている。2003 年からアンマンとザルカに限って、両地区の下水を処理しているサムラ（As-Samra）下水処理場の経費増大に伴い、下水道料金を上記に示すとおり一律 12 パーセントを上乗せすることになった。更に、2006 年から上下水道料金には変更はないが、使用量によって加算される追加料金が加わった。

上記通増料金は、「ヨ」国の乏しい水資源賦存状況を反映したもので、使用量が多くなるに従い使用量単価が増加する料金体系により、使用量を抑制する効果があると言える。しかし、日常生活にもかなり経済的に負担となる使用量単価の設定になっていることから、「ヨ」国政府により上下水道料金の一部を補助している。これは水が人間の基本的要求であることから、主食料、教育、医療等と同様に「ヨ」国政府の補助の対象となっている。

表 2-9 上下水道料金

(単位：JD)

1) アンマン				
一般家庭				
使用量(m ³)	メータ料金	追加料金	水道料金	下水道料金
0 - 20	0.300	2.150	2.000	0.600 x 1.12
21 - 40	0.300	4.150	$0.14 \times V - 0.8$	$(0.04 \times V - 0.2) \times 1.12$
41 - 130	0.300	5.150	$0.006556 \times V^2 - 0.12224 \times V$	$(0.002889 \times V^2 - 0.07556 \times V) \times 1.12$
131 以上	0.300	5.150	$0.85 \times V$	$0.35 \times V \times 1.12$
一般家庭以外の加入者				
0 - 5	0.300	4.150	$1 \times V$	$0.5 \times V \times 1.12$
6 以上	0.300	5.150	$1 \times V$	$0.5 \times V \times 1.12$
2) ザルカ				
一般家庭				
使用量(m ³)	メータ料金	追加料金	水道料金	下水道料金
0 - 20	0.300	2.150	1.300	0.600x1.12
21 - 40	0.300	3.650	$0.075 \times V - 0.2$	$(0.035 \times V - 0.1) \times 1.12$
41 - 185	0.300	4.650	$0.004517 \times V^2 - 0.10568 \times V$	$(0.001828 \times V^2 - 0.038103 \times V) \times 1.12$
186 以上	0.300	4.650	$0.85 \times V$	$0.35 \times V \times 1.12$
一般家庭以外の加入者				
0 - 5	0.300	4.150	$1 \times V$	$0.5 \times V \times 1.12$
6 以上	0.300	4.650	$1 \times V$	$0.5 \times V \times 1.12$
他地域				
一般家庭				
使用量(m ³)	メータ料金	追加料金	水道料金	下水道料金
0 - 20	0.300	2.150	1.300	0.600
21 - 40	0.300	3.650	$0.075 \times V - 0.2$	$0.035 \times V - 0.1$
41 - 185	0.300	4.650	$0.004517 \times V^2 - 0.10568 \times V$	$0.001828 \times V^2 - 0.038103 \times V$
186 以上	0.300	4.650	$0.85 \times V$	$0.35 \times V$
一般家庭以外の加入者				
0 - 5	0.300	4.150	$1 \times V$	$0.5 \times V$
6 以上	0.300	4.650	$1 \times V$	$0.5 \times V$

注： V は水道使用量 (m³)

(4) 無収水率

2007 年から 2008 年の 2 年間の県別給水量・有収水量と無収水率を表 2-10 に示す。給水量は微増しており、2008 年の WAJ の総給水量は 312 百万 m³/年であった。その内、有収水量は 175 百万 m³/年、全国平均の無収水率は約 44%である。タフィーラ支所及びマアン支所の無収率はそれぞれ約 52%、約 57%となっており、全国平均より高くなっている。

表 2-10 年間給水量・有収水量及び無収率

県	2007			2008		
	給水量	有収水量	無収率	給水量	有収水量	無収率
	m ³ /年	m ³ /年	%	m ³ /年	m ³ /年	%
アンマン	133,081,144	80,152,943	39.77	128,690,63	79,960,633	37.87
アカバ	17,252,462	12,859,133	25.46	15,872,720	12,439,617	21.63
イルビット	35,967,008	22,967,594	36.14	39,208,422	24,156,132	38.39
ザルカ	44,630,332	20,920,160	53.13	44,832,823	19,898,994	55.62
マダバ	6,862,897	3,721,448	45.77	7,370,575	3,744,037	49.20
バルカ	21,763,923	10,710,068	50.79	21,365,230	10,281,564	51.88
カラック	12,875,846	5,064,239	60.67	13,719,289	5,307,578	61.31
タフィーラ	3,967,782	2,120,858	46.55	4,610,823	2,214,189	51.98
マアン	8,324,612	3,881,670	53.37	9,341,784	3,981,887	57.38
マフラック	18,172,994	7,858,222	56.76	18,621,050	7,481,402	59.82
アジュルン	3,765,167	2,514,160	33.23	3,814,699	2,481,280	34.95
ジェラッシュ	4,191,187	3,364,773	19.72	4,559,835	3,163,571	30.62
計／平均	310,855,35	176,135,268	43.34	312,007,87	175,110,884	43.88

出所：WAJ 本庁

2-1-3 技術水準

(1) 維持管理概要

タフィーラ及びマアン支所の事業概要を次表に示す。

表 2-11 WAJ 支所の事業概要

内容	タフィーラ支所 (2009 年)	マアン支所 (2008 年)
職員数	280	366
年間生産水量（地域内）	4,998,711 m ³	9,150,473 m ³
年間家畜用水量	67,873 m ³	-
顧客数（水道）	13,571	16,228
顧客数（下水道）	1,985	2,711
一人一日平均給水量	162 L/日	191 L/日

出所：WAJ 支所年次報告書及びデータ

タフィーラ支所及びマアン支所では、運転・維持管理部が既存施設の維持管理を実施している。全職員数に占める運転・維持管理部の職員数は、タフィーラ支所では 280 人中 180 人程度、マアン支所では 366 人中 230 人程度と過半数以上を占める。運転・維持管理部は水道課、下水道課及び水源・環境課に分かれているが、大多数の職員は水道課に属している。水道課の主な業務は、配管（送水管、配水管網）と施設（井戸、配水池及びポンプ場等）の日常の運転・維持管理である。

(2) 水源井戸管理

タフィーラ県の対象地域の水源は全て井戸であり、現在、対象地域の水源を供給している井戸数はハセ井戸郡で6箇所、ザブダ井戸郡で6箇所である。ザブダ井戸郡は1980年代から1990年代にかけて開発されている。ハセ井戸郡はEUの資金協力により6箇所の井戸が開発され、2000年から稼動を始めている。

タフィーラ県の井戸の運転・維持管理は巡回管理で異常の有無を確認している。また、井戸郡は郊外の原野に位置するため、放牧民によるフェンス、ケーブル等の盗難が頻繁に発生するため、盗難対策としてハセ井戸郡、ザブダ井戸郡の各々で放牧民を雇用して巡回警備を行っている。

表 2-12 に 2007 年から 2009 年の各井戸の年間揚水量を示す。タフィーラ県対象地域の水道水源（飲料水用）の年間揚水量は 2009 年で 414 万 m^3 となる。2007 年から 2009 年ではザブダ井戸郡の揚水量はほぼ一定であるのに対し、ハセ井戸郡の揚水量は増えており、全体では 17% 増加している。しかし、井戸単位ではザブダ井戸郡の No. 7、No. 8 及び No. 12 の井戸が地下水位の低下により揚水量が減少傾向にある。

表 2-12 タフィーラ県対象地域の井戸及びその揚水量実績

(単位： m^3 /年)

番号	井戸名	2007 年	2008 年	2009 年
1	ハセ (No. 1)	409, 569	560, 315	669, 049
2	ハセ (No. 2)	550, 059	546, 109	196, 784
3	ハセ (No. 3)	480, 198	480, 048	406, 321
4	ハセ (No. 4)	490, 081	509, 917	547, 005
5	ハセ (No. 5)	245, 138	306, 869	580, 467
6	ハセ (No. 6)	229, 712	419, 917	571, 013
7	ザブダ (No. 7)	2, 450	1, 150	590
8	ザブダ (No. 8)	0	0	0
9	ザブダ (No. 12)	0	0	39, 874
10	ザブダ (No. 14)	409, 789	401, 461	339, 881
11	ザブダ (No. 15)	70, 851	134, 305	250, 966
12	ザブダ (No. 18)	644, 006	620, 507	540, 005
	合計	3, 531, 853	3, 980, 598	4, 141, 955

井戸ポンプの運転は基本的に 24 時間運転であり、需要量が多い夏季はほぼ全ての井戸を運転しているが、需要量が減る冬季には井戸ポンプの運転台数及び運転時間を減らして調整している。

マアン県の対象地域の水源は全て井戸であり、現在、対象地域の水源を供給している井戸数はタホネ井戸郡で9箇所、サムネ井戸郡で3箇所である。タホネ井戸郡は1978年から1990年にかけて開発され、当初は10箇所の井戸が建設されたが、その内 No. 1 井戸は枯渇したため、井戸ポンプは撤去されている。現在、No. 11 井戸を建設中であり、No. 1 井戸から No. 10 井戸の滞水層より更に深い滞水層を探すべく掘削深度を深くしている。No. 11 井戸で深い滞水層から豊富な揚水量が確保できる場合は、地下水位の低下により揚水量が減少している No. 5 井戸、No. 6 井戸及び No. 7

井戸の井戸ポンプを外して、No. 11 の滞水層まで井戸を掘り下げる計画である。

サムネ井戸郡は 2007 年から No. 1 井戸及び No. 2 井戸、2009 年から No. 4 井戸が運転を開始している。No. 3 井戸は掘削後の水質試験で硝酸アルミニウム濃度が高く飲用に適さなかったため井戸ポンプは設置されていない。No. 5 井戸は掘削が終わり、井戸ポンプ設備の設置により、近々運転を開始する予定となっている。

表 2-13 に 2007 年から 2009 年の各井戸の年間揚水量を示す。マアン県対象地域の水道水源（飲料水用）の年間揚水水量は 2009 年で 342 万 m³ となる。2007 年から 2009 年ではタホネ井戸郡の揚水量はほぼ一定であるのに対し、サムネ井戸郡の揚水量は新規井戸の開発により増えており、全体では約 17% 増加している。

表 2-13 マアン県対象地域の井戸及びその揚水量実績

(単位：m³/年)

番号	井戸名	2007 年	2008 年	2009 年
1	タホネ (No. 2)	404, 862	466, 386	416, 629
2	タホネ (No. 3)	298, 163	349, 246	411, 721
3	タホネ (No. 4)	329, 258	317, 278	391, 896
4	タホネ (No. 5)	164, 744	231, 313	126, 974
5	タホネ (No. 6)	194, 144	98, 689	89, 262
6	タホネ (No. 7)	145, 613	153, 866	21, 482
7	タホネ (No. 8)	240, 517	278, 058	463, 583
8	タホネ (No. 9)	211, 041	207, 486	172, 363
9	タホネ (No. 10)	533, 758	468, 679	321, 474
10	サムネ (No. 1)	223, 837	306, 970	307, 564
11	サムネ (No. 2)	170, 484	407, 464	522, 260
12	サムネ (No. 4)	0	0	175, 691
	合計	2, 916, 421	3, 285, 435	3, 420, 899

マアン県の井戸の運転・維持管理は、巡回管理と遊牧民による巡回警備で行っている。また、井戸ポンプの運転も需要量の季節変動に合わせて、井戸の運転台数及び運転時間により調整している。

(3) 配水池管理

表 2-14 にタフィーラ県対象地域の配水池の管理体制、表 2-15 にマアン県対象地域の配水池の管理体制を示す。基本的にポンプ及び塩素注入等の設備類がない配水池については、常時無人で、流入・流出弁の開閉等で必要な時のみ操作員が巡回している。一方、設備類がある配水池については常に 1 名又は 2 名が 24 時間体制で交替により常駐管理している。配水池の水位の管理は操作員が経験的に行っているため、夜間等に極稀ではあるが越流することがある。配水池が越流した場合は、配水池の流出弁を開いて、送水本のポンプ場に送水量を減らすように連絡することで対応しており、対処的で計画・組織的な管理がなされていない。

表 2-14 タフィーラ県対象地域の配水池の管理体制

番号	配水池所在地	管理体制	要員	計装機器
1	タフィーラ市	巡回管理	－	－
2	アインエルベイダ	常駐管理	常時 1 名、4 交替制	水位計
3	イース	常駐管理	常時 2 名、2 交替制	水位計
4	カデシヤ	巡回管理	－	－
5	エラワスポンプ場	常駐管理	常時 1 名、4 交替制	水位計
6	ハセ送水ポンプ場 (No. 1)	常駐管理	常時 2 名、4 交替制	水位計、流量計
7	ハセ送水ポンプ場 (No. 2)	常駐管理	常時 2 名、4 交替制	水位計、流量計
8	ハセ送水ポンプ場 (No. 3)	常駐管理	常時 2 名、4 交替制	水位計、流量計
9	ハリール	巡回管理	－	水位計
10	ザブダ送水ポンプ場	常駐管理	常時 2 名、4 交替制	水位計、流量計

表 2-15 マアン県対象地域の配水池の管理体制

番号	配水池所在地	管理体制	要員	計装機器
1	Tahoonah (配水用)	常駐管理	常時 1 名、4 交替制	水位計
2	Tahoonah (送水用)	常駐管理	常時 2 名、4 交替制	－
3	Samneh	建設中	－	水位計

(4) ポンプ場管理

タフィーラ県対象地域のポンプ場には、ハセ井戸郡で揚水した地下水をアインエルベイダ配水池に送水するハセ送水ポンプ場 (No. 1～No. 3)、ザブダ井戸郡で揚水した地下水をイース配水池に送水するザブダ 送水ポンプ場、及びアインエルベイダ配水池からの水をカデシヤ、ガラन्दールへの送配水するエラワスポンプ場がある。井戸郡で揚水した地下水を需要地に送水するハセ送水ポンプ場及びザブダ 送水ポンプ場は、季節によって需要量が変動することから、季節によってポンプの運転台数及び運転時間を調整して送水している。ハセ (No. 3) 送水ポンプ場にアインエルベイダ配水池に送水するポンプ 3 台の他にポンプ 1 台を追加しており、ザブダ 井戸郡の揚水量が不足する場合にハセ井戸郡で揚水された地下水をイース配水池に送水できる予備系統を確保している。エラワスポンプ場は、同じポンプ 2 台を共有して、月曜日から木曜日まではガラन्दール地区に配水し、金曜日から日曜日まではカデシヤ配水池に送水している。

マアン県対象地域には、タホネ井戸郡で揚水した地下水を市内に配水する新タホネ配水池にある配水ポンプ場の他に、現在、サムネ井戸郡で揚水した地下水を貯留しポンプで配水するためのサムネ配水ポンプ場を建設中である。タホネ配水ポンプ場はオドラ地区及び市中部に配水しており、日中の 12 時間程度運転している。

ハセ送水ポンプ場を除くタフィーラ県とマアン県のポンプ場で使用されているポンプは、WAJ 本庁が管理する修理工場にある利用可能な中古ポンプから選んで使用しているため、運転条件に対してポンプ仕様が適切でないポンプが使用されている場合が多く、使い回しであることから腐

食・劣化も著しい。また、エラワスポンプ場では送水と配水で運転条件が異なる仕様を同じポンプで共用している。上記から、実際の運転点がポンプの仕様と異なることから、非常にエネルギー効率が悪い運転状況となっている。

計画的なポンプの保守点検がされておらず、異常が起きたときに対処治療的に修理している。タフィーラ県及びマアン県共にポンプを修理できる機材及び人材がいないため、WAJ 本庁の修理工場で修理している。調査中にエラワスポンプ場の 2 台の内 1 台が故障したが、WAJ 本庁が修理のためポンプを持ち帰った後、代替のポンプが届くまでに結局 2 週間以上を有した。

(5) 水質管理

WAJ 本庁では全国的な水質管理を行っており、水質検査技術規則に沿って水質検査及び管理を実施している。タフィーラ県及びマアン県の対象地域における水質検査は、水源、配水池・ポンプ場等の施設及び配水管網からサンプルを採取し持ち帰り WAJ 本庁管轄の中央水質試験所で行なわれている。水道メータ以降の給水槽・給水栓における水質管理は保健省の管轄となっている。水質検査の結果は WAJ 本庁のみで管理されており、タフィーラ支所及びマアン支所に検査結果について報告はなされていない。水質管理技術規則には、準拠基準、水質管理項目、資料採取、試験方法及びモニタリング方法等が定められている。

タフィーラ支所及びマアン支所では塩素で消毒を行っており、残留塩素濃度の管理を実施している。タフィーラ県の対象地域ではハセ送水ポンプ場 (No. 3) とザブダ 送水ポンプ場で、マアン県の対象地域では新タホネ配水池とサムネ No. 1 井戸で塩素を注入している。塩素注入率は、残留塩素が 1.0mg/L から 1.5mg/L となるように調整している。残留塩素濃度は 2 時間おきに DPD 試薬と比色検定器により目視で測定して管理されている。参考資料-1 にタフィーラ県及びマアン県対象地域の水質測定結果を示す。飲料水の水源として水質な問題はない。

(6) 漏水探査・漏水修理

表 2-16 にタフィーラ支所内の漏水修理件数、表 2-17 にマアン支所内の漏水修理件数を示す。2009 年の漏水修理実績では、タフィーラ支所で年間 5,874 件 (日平均 16 件)、マアン支所で年間 4,716 件 (日平均 13 件) となっている。

漏水の発生件数は、1/2" から 1" の鋼管 (多くは亜鉛メッキ鋼管) 及びポリエチレン管 (HDPE) の小口径管が殆どを占めている。漏水は住民からの通報・苦情や運転・維持管理部署の職員の巡回により発見し、発見時に対処治療的に修理されている。タフィーラ県では現在、小口径の鋼管が多く使用されているが、WAJ の方針により更新時に耐久性の優れたポリエチレン管に更新すること漏水修理件数も減るものと考えられる。

表 2-16 タフィーラ支所内の漏水修理件数（2009 年）

配管口径 (インチ)	1/2"	3/4"	1"	2"	3"	4"	6"	8"以上	HDPE	DCIP	総計
修理件数	1,584	1,871	1,726	158	0	16	155	0	364	0	5,874
比率 (%)	27.0	31.9	29.4	2.7	0.0	0.3	2.6	0.0	6.2	0.0	1.00

表 2-17 マアン支所内の漏水修理件数（2008 年）

配管口径 (インチ)	1/2"	3/4"	1"	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	溶接	PE	合計
修理件数		559	306	179		75	29	7		5	526	3,030	4,716
比率 (%)	0.0	12.0	6.0	4.0	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	11.0	64.0	100

タフィーラ支所の無収水対策の結果を次表に示す。マアン支所では入手できなかった。タフィーラ支所では、多くの違法接続が発見され解消されている。また、水道メータの修理・更新件数も非常に多くなっている。

表 2-18 タフィーラ支所における無収水対策活動（2009 年）

活動内容	数値
違法接続に対する罰金	23 件
違法接続の解消	5,962 件
苦情報告件数	689
苦情解決件数	256
水道メータの修理件数（シール頒布）	2,404
水道メータの修理件数（設置場所の変更）	49
水道メータの修理件数（チェックと精査）	12
破損水道メータの更新	1,976

2-1-4 既存施設、機材

(1) 水道施設の概要

タフィーラ県対象地域の水道は、当初はショウバキ及びハリールの湧水から水源を得ていたが、1980 年代から 1990 年代にかけてザブダ井戸郡が開発され、ハリール湧水を代替した。また、2000 年にはハセ井戸郡が開発され、ショウバキから送水を停止し、現在の水源はザブダ井戸郡とハセ井戸郡から水源が供給されている。給水は配水制御により給水地区を制限して給水を実施している。現在、実施している給水スケジュールによる給水時間は、タフィーラ市内で 24～72 時間/週程度、アインエルベイダ地区で 24～48 時間/週程度、ブセイラ地区で 72 時間/週程度、ガラnderール地区で 24 時間/週程度及びカデシヤ地区で 24 時間/週程度となっている。

マアン県対象地域の水道は、1978 年から 1990 年にかけて開発されたタホネ井戸郡と現在、開発

中のサムネ井戸郡から水源が供給されている。マアン市北西部の高台に位置するタホネ配水池からオドラ地区にはポンプ配水、マアン市中心地区には自然流下で配水している。また、マアン市南地区にはサムネ井戸郡の井戸ポンプから直接配水している。現在、配水池とポンプ場を建設中であり、建設後は井戸郡の揚水を配水池に貯留してポンプにより市内に配水する予定である。冬季においては問題ないが、需要が増加する夏季においてマアン市中心部の配水管網の容量が不足し、制水弁の不備、劣化等により配水制御ができないため、部分的に給水が得られない地区がある。マアン市所は給水が行届かない地区にはWAJ 所有の給水タンカーにより給水を行っている。

(2) 水道水源・水源ポンプ

タフィーラ県の対象地域の井戸ポンプの仕様を表 2-19 に示す。ハセ井戸郡の井戸ポンプは新しいことから運転状況は良好であるが、No. 6 井戸ポンプは変圧器からポンプまでの電気ケーブルが盗難にあい、現在運転できない状態である。ザブダ 井戸郡の井戸ポンプは 1980 年代から 1990 年代に設置されたことから経年劣化が著しい。No. 8 井戸ポンプは故障により使用できない状態である。また、No. 7 井戸ポンプ、No. 12 井戸ポンプもポンプの経年劣化と地下水位の低下により、揚水量が著しく減少している。

表 2-19 タフィーラ県対象地域の井戸ポンプ仕様

番号	井戸名	吐出力 (m ³ /h)	揚程 (m)	電動機 (kW)	設置年	状況
1	ハセ (No. 1)	100	140	66	2000	良
2	ハセ (No. 2)	100	115	55	2000	良
3	ハセ (No. 3)	100	166	75	2000	良
4	ハセ (No. 4)	100	142	66	2000	良
5	ハセ (No. 5)	100	142	66	2000	良
6	ハセ (No. 6)	100	150	66	2000	故障
7	ザブダ (No. 7)	27	152	37	1980 年代	不良
8	ザブダ (No. 8)	17	230	45	1980 年代	故障
9	ザブダ (No. 12)	25	300	45	1990 年代	不良
10	ザブダ (No. 14)	50	250	75	1990 年代	良
11	ザブダ (No. 15)	20	290	30	1990 年代	良
12	ザブダ (No. 18)	100	－	－	1980 年代	良

マアン県の対象地域の井戸ポンプの仕様を表 2-20 に示す。タホネ井戸郡の井戸ポンプは枯渇により撤去された No. 1 井戸ポンプ以外は運転可能である。しかし、揚水量は井戸単位により差異はあるが、No. 7、No. 8 及び No. 12 の井戸の揚水量が減少している。サムネ井戸郡は新しいことから運転状況は良好である。No. 5 井戸は掘削が終わっており、WAJ 本庁が提供する井戸ポンプ設備を請負業者が設置する契約になっており、近々運転を開始する予定となっている。

表 2-20 マアン県対象地域の井戸ポンプ仕様

番号	井戸名	吐出力 (m ³ /h)	揚程 (m)	電動機 (kW)	設置年	状況
1	タホネ (No. 2)	50	150	185	1978-1990	良
2	タホネ (No. 3)	150	150	75	1978-1990	良
3	タホネ (No. 4)	35-50	175-200	100	1978-1990	良
4	タホネ (No. 5)	35-50	175-200	55	1978-1990	不良
5	タホネ (No. 6)	50	125	45	1978-1990	不良
6	タホネ (No. 7)	30-50	100-130	75	1978-1990	不良
7	タホネ (No. 8)	50	200	60	1978-1990	良
8	タホネ (No. 9)	50	150	60	1978-1990	良
9	タホネ (No. 10)	75	150	60	1978-1990	良
10	サムネ (No. 1)	35-50	75-100	30	2007	良
11	サムネ (No. 2)	50	150	50	2007	良
12	サムネ (No. 4)	80	160	75	2009	良

(3) 既存管網

1) 配水管網データ

既存送配水管の図面及び管路データが断片的にしか存在していなかったため、調査団と WAJ 支所スタッフが現場でルート及び管属性を確認し、既存送配水管図を GIS 地図上で作成した（参考資料-2）。管路情報の聞き取り内容は以下のとおりである。

- 管路情報：ルート、口径、管材、建設年代
- バルブ情報：位置
- 記録管径：2 インチ以上（内径 50mm 以上）及び延長の長い 1 インチ管
- 情報収集方法：主に聞き取りと現場調査

タフィーラ県対象地域であるタフィーラ市及び南部地区の送水管及び配水管の口径・建設年代毎の延長を以下に示す。同様に、マアン県対象地域であるマアン市の配水管の口径・建設年代毎の延長を示す。地域毎の管網データは参考資料-2 に示す。

表 2-21 タフィーラ市及び南部地区の送水管の口径・建設年代毎の管路延長

(単位：m)

口径	1960	1970	1985	1987	1989	1990	1995	1998	2001	2005	2008	2009	2010	合計
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	32	0	59	0	4,597	0	0	0	0	0	0	0	4,688
150	10,651	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	10,708
200	0	8,240	731	9,871	0	14,910	0	0	0	0	0	0	0	33,752
250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	0	0	0	0	0	0	0	0	10,416	0	0	0	0	10,416
合計	10,651	8,272	731	9,930	0	19,564	0	0	10,416	0	0	0	0	59,565

出所：JICA 調査団 GIS データ

表 2-22 タフィーラ市及び南部地区の配水管の口径・建設年代毎の管路延長

(単位：m)

口径	1960	1970	1985	1987	1989	1990	1995	1998	2001	2005	2008	2009	2010	合計
50	0	29,938	4,593	8,305	5,047	12,409	0	854	0	0	0	0	0	61,145
75	0	2,089	0	2,090	0	1,813	0	0	0	0	0	0	0	5,992
100	210	8,076	3,922	8,501	5,823	6,952	0	1,553	0	0	0	597	976	36,610
150	146	927	2,608	637	0	5,360	0	0	0	1,788	792	0	193	12,452
200	0	333	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	267	697
250	0	0	0	5,425	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,425
300	0	401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	401
合計	356	41,765	11,221	24,958	10,870	26,533	0	2,407	0	1,788	792	597	1,435	122,721

出所：JICA 調査団 GIS データ

表 2-23 マアン市の配水管の口径・建設年代毎の管路延長

(単位：m)

口径	1970	1980	1986	1989	1990	1991	1996	1999	2000	2002	2004	2005	2006	2007	2009	2010	合計
50	2,847	0	5,541	7,038	19,451	265	8,368	3,411	956	288	0	92	0	0	2,148	0	50,406
63	0	0	0	0	0	0	4,142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,142
75	0	0	0	0	62	451	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	512
80	0	0	2,255	565	137	1,746	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,702
100	292	574	16,326	3,671	10,396	3,299	3,748	241	1,470	44	75	478	1,616	238	6,965	0	49,432
150	0	0	3,003	605	13,516	0	3,664	0	0	0	0	0	0	0	2,401	104	23,294
200	0	0	0	471	491	808	4,824	0	0	0	0	0	0	0	0	1,925	8,520
250	0	0	0	0	36	760	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	796
300	0	0	0	0	0	0	5,389	0	0	0	0	0	0	0	5,572	0	10,960
350	0	0	0	0	0	0	463	0	0	0	0	0	0	0	0	0	463
400	0	0	0	0	0	0	4,839	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,839
合計	3,139	574	27,125	12,350	44,089	7,328	35,438	3,653	2,426	332	75	570	1,616	238	17,086	2,029	158,068

出所：JICA 調査団 GIS データ

2) 既存管路状況

a) タフィーラ県

既存管網の敷設は 1970～80 年代から始まり、その後の水道利用者増に伴い、応急的に管網を拡張してきた。管網解析などの分析は行われておらず、その結果、十分な水量を配水管末端部に配水できず、時間給水を実施している。タフィーラ市への給水は、アインエルベイダ配水池、イース配水池、タフィーラ新・旧配水池、アイマ配水池から実施されており、これら配水池からの配水管は市内で輻輳しており複雑な配水となっている。

アインエルベイダ、ガランダール、ブセイラ、カデシヤの配管は樹枝状の配管であり複雑ではないが、配水本管から無計画な継ぎ接ぎ分岐管が全地域で見られた。また、主要配水地であるアインエルベイダ配水池からの流出管は継ぎ接ぎ配管の結果、7 本に達する。

既設配管敷設状況は、中・大口径（100mm 以上）の多くは地下に埋設されているが、100mm 未満の

給配水管については、多くが地表の露出管である。

b) マアン県

既存管網の敷設は、1970～80年代からマアン市中心部から始まり、その後の水道利用者増に伴い、管網を拡張してきた。また、タフィーラ県同様、管網解析結果などの情報も存在していない。配水管の能力不足考えられる断水地域がマアン市中心地区の東部に多発している。既設配管は、基本的に、地下に埋設されている。タホネ配水池周りは複雑な継ぎ接ぎ配管となっている。配管の追加の際は接続に注意が必要である。

(4) 送配水ポンプ

タフィーラ県の対象地域の既存ポンプ場の仕様を表 2-24 に示す。ハセ送水ポンプ場(No. 1～No. 3)に設置されているポンプはハセ送水ポンプ場(No. 1)の No. 3 ポンプを除いて比較的新しいこともあり運転状況は良好である。No. 3 ポンプはポンプ及び電動機に問題はないが、ポンプ盤内部の起動回路が壊れているため、ポンプを運転することができない状態である。一方、ザブダポンプ場及びエラワスポンプ場に設置されているポンプは腐食・劣化が著しく、ザブダポンプ場で 4 台中 2 台、エラワスポンプ場で 2 台中 1 台が修理のため、WAJ 本庁の修理工場に修理に出ていた。

表 2-24 タフィーラ県対象地域の送配水ポンプ場

番号	ポンプ場	吐出力 (m ³ /時)	揚程 (m)	電動機 (kW)	設置年数	状況
1	ハセ送水ポンプ場(No. 1)	200	160	160	2000	良
		200	160	160	2000	良
		200	160	160	2000	故障
		200	160	160	2000	良
2	ハセ送水ポンプ場(No. 2)	200	208	200	2000	良
		200	208	200	2000	良
		200	208	200	2000	良
		200	208	200	2000	良
3	ハセ送水ポンプ場(No. 3)	200	170	160	2000	良
		200	170	160	2000	良
		200	170	160	2000	良
		100	250	132	2006	良
4	ザブダ送水ポンプ場	100	235	135	－	修理中
		150	250	180	－	修理中
		200	235	200	－	不良
		250	250	315	－	不良
5	エラワスポンプ場	75	350	132	－	不良
		100	455	200	－	不良
5	イースポンプ場	43	60	37	2010	良
		43	60	37	2010	良

マアン県の対象地域の既存ポンプ場の仕様を表 2-25 に示す。マアン市北西部に位置するタホネ配水池から自然流下によりマアン市中心部へ配水している。しかし、配水池近くの一部地域にお

いて標高がタホネ配水池より 30m 程低いにも関わらず、ポンプ圧送を実施しており、エネルギー面で不効率な配水状況となっている。タホネ配水池に設置されているポンプは腐食・劣化が著しい。4 台中 2 台については劣化により殆ど揚水できず機能を果さないことから使用されていない。

現在、マアン市南西部に位置するサムネ水源において配水池及びポンプ場を建設中であり、今後、マアン市南部地域に配水する予定である。ポンプ設備については WAJ 本庁が機材を提供し、請負業者が設置する契約となっている。WAJ 本庁は計画・設計部が適切なポンプの仕様を選定し、修理工場にある利用可能なポンプから仕様が近いポンプを選ぶこととなる。

表 2-25 マアン県対象地域の送配水ポンプ場

番号	ポンプ場	吐出量 (m ³ /h)	揚程 (m)	電動機 (kW)	設置年数	状況
1	タホネ配水ポンプ場	40	120	30	不明	不良
		150	40	30	不明	不良
		150	150	90	不明	良
		100	100	55	不明	良
2	サムネ配水ポンプ場	250	60	60	建設中	－
		250	60	60	建設中	－

(5) 配水池

タフィーラ県の対象地域の既存ポンプ場の仕様を表 2-26 に示す。欧州連合（EU）の資金協力により建設され 2000 年から稼動を始めた配水池（アインエルベイダ配水池、ハセ送水ポンプ配水池及びハリール配水池）の状態は良好である。イース配水池は 2010 年に完成し運用を開始した。その他の配水池（タフィーラ新・旧配水池、カデシヤ配水池、エラワス配水池及びザブダ配水池）には、漏水は見られないため、今後も使用可能である。

表 2-26 タフィーラ県対象地域の配水池

番号	配水池所在地		容量 (m ³)	配水池の 底盤標高 (m)	構造	使用用途
1	タフィーラ市	新（低区）	4,500	1,101	RC	自然流下配水
		旧（高区）	1,000	1,184		
2	アインエルベイダ		5,000 500（廃棄）	1,353	RC	自然流下配水
3	イース		2,000（新設）	1,285	RC	夏季：ポンプ配水 冬季：自然流下配水
4	カデシヤ		1,000	1,601	RC	自然流下配水
5	エラワスポンプ場		300	1,292	RC	ポンプ場用
6	ハセ送水ポンプ場 (No. 1)		500	825	RC	ポンプ場用
7	ハセ送水ポンプ場 (No. 2)		500	955	RC	ポンプ場用
8	ハセ送水ポンプ場 (No. 3)		500	1,165	RC	ポンプ場用
9	ハリール		500	1,375	RC	自然流下送水
10	ザブダ		500	1,150	RC	ポンプ場用

マアン県の対象地域の既存ポンプ場の仕様を表 2-27 に示す。サムネ配水池は現在、建設中である。タホネ配水用・送水用の配水池は漏水が見られないため今後も使用可能である。

表 2-27 マアン県対象地域の配水池

番号	配水池所在地	容量 (m ³)	配水池底盤の標高 (m)	構造	使用用途
1	タホネ（配水用）	4,500	1,170	RC	自然流下配水 ポンプ配水
2	タホネ（送水用）	500 250	1,210	RC	自然流下送水
3	サムネ	2,000	1,197	RC	ポンプ配水

(6) 支所所有の機材

タフィーラ支所及びマアン支所所有の維持管理機材の内容を表 2-28 に示す。両支所共に配水管網の修理及び一般車輛の修理に必要な維持管理機材は完備している。ポンプ、特殊バルブ及び計装機器等の設備類の修理は WAJ 本庁の修理工場で行われており、緊急な対応が困難であるため課題は残るが、両支所の規模、人員等を考慮すると設備類については WAJ 本庁に委託することが効率的と考えられる。

表 2-28 タフィーラ支所及びマアン支所所有の維持管理機材

機材	数量	
	タフィーラ支所	マアン支所
建設機械（掘削機械等）	2	4
セダン車	3	6
ピックアップ	14	6
給水車	5	5
トラック	6	8
高圧洗浄車	2	2
汎用設備（溶接機、圧縮機等）	10	8

2-2 プロジェクトの実施体制

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) 下水道

計画対象地域においては、タフィーラ市及びマアン市に下水処理場があり、下水道が整備されている。下水道接続率は水道接続率の約 20%となっている。下水道以外の衛生施設は、一般に浄化槽あるいは腐敗槽である。

表 2-29 水道接続数及び下水道接続数（2008 年）

県	地域	水道接続数	下水道接続数	下水道接続率	主要な下水道地域
タフィーラ県	—	13,044	2,416	19%	タフィーラ市 (処理場能力：1,600m ³ /日)
マアン県	マアン市	9,490	1,980	21%	マアン市 (処理場能力：1,185 m ³ /日)
	ワジモウサ	6,953	2,458	35%	ペトラ
	ショウバキ	2,199	0	0%	—

出所：接続数は WAJ 本庁、処理能力は WAJ 支所現地聞き取り

タフィーラ市及びマアン市には、雨水排水路が部分的に整備されており、雨水はこの暗渠により収集され、自然の開水路（ワジ）に排除される。配水池の排水管及び越流管はこの雨水排水路に接続される。

(2) 港湾

「ヨ」国唯一の港湾であるアカバ港は、紅海の北端に位置している。現在では、石油用のバース、コンテナバース、浮きバース、燐鉱石船積棧橋、カリ及び肥料用船積ターミナル等、近代的設備を有する港湾である。

(3) 道路

「ヨ」国では、鉄道が発達していないため、公共道路網が人・物の物流に重要な役割を担っている。道路網は国道とその他の一般道路に区分され、国道は更に 1 級（幹線）と 2 級に分かれる。

唯一の港湾であるアカバからは片側 2 車線の国道主要幹線であるデザートハイウェイが整備され、マアン、タフィーラを通過しアンマンまでの約 380km を約 5 時間で繋いでいる。対象地域への資機材の輸送は、このデザートハイウェイを幹線として行なわれる。対象地域内の道路は、基本的にアスファルト舗装された道路が整備されているが、ガラन्दール等では、一部未舗装道路も見られる。

タフィーラ市までは、アカバから 3 時間程度、アンマンから 3 時間半程度である。マアン市までは、アカバから 2 時間程度、アンマンから 3 時間半程度である。

(4) 電気・通信

計画対象地域の電気の普及率はほぼ 100%である。配電方式は、埋設ケーブル及び電柱・架空線

方式である。

2-2-2 自然条件

(1) プロジェクトサイトの位置

本プロジェクトのサイトは、「ヨ」国南部に位置するタフィーラ県のタフィーラ市及びその南部地区及びマアン県のマアン市である。アンマンからタフィーラ市及びマアン市へは、それぞれ 183km、210km である。タフィーラ市からブセイラ・ガラダール地区及びカデシヤ間は、それぞれ約 20km 及び約 30km である。

(2) 気象条件

「ヨ」国南部地域の大半は砂漠気候または砂漠性ステップ気候であり、年間降水量は 100mm 以下、蒸発量も非常に多く、夏季は高温、冬季は氷点下まで気温が低下する。本プロジェクトの対象地域であるタフィーラ県は標高約 900m～1,600m の高原に位置し、平均気温は約 16 度、最高気温は約 46 度、最低気温は約 8 度である。また、マアン県は標高約 1,000m の平地に位置し、平均気温は約 18 度、最高気温は約 45 度、最低気温は氷点下約 6 度である（2008 年）。気温差がかなり大きくなっているが、これは砂漠気候の特徴でもある朝夕の気温差による。また、6 月から 9 月には日中の最高気温が 40℃を超過することも珍しくはない。

タフィーラ県では、過去 3 年間の降雨は、200mm 弱となっている。降雨は 10 月から 3 月に集中している。冬季の 1 月あるいは 2 月には降雪を見ることもあり、交通に影響を与える。

表 2-30 タフィーラ県の降雨データ

(単位：mm)

年	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
2007	76.7	69.9	28.8	5.2	3.4	0	0	0	0	0	0	11.0	195.0
2008	117.3	42.8	1.0	0	0	0	0	0	0	34.4	0	3.6	199.1
2009	0	107.1	30.7	0	1.2	0	0	0	0	3.0	17.2	25.1	184.3

マアン県マアン市の年間降雨量は、過去 3 年間の降雨は、多くても年間 30 mm～45mm 程度となっている。降雨は概略 12 月から 5 月に集中している。冬季の 1 月あるいは 2 月には降雪を見ることもあり、交通に影響を与える。

表 2-31 マアン県の降雨データ

(単位：mm)

年	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
2007	7.8	14.1	2.4	5.5	2.8	0	0	0	0	0.8	0	0.4	33.8
2008	24.8	1.7	0	0.2	0	0	0	0	2.0	2.8	0	0.8	32.3
2009	0	8.0	3.8	0	3.0	0	0	0	0	0	0	2.3	17.1

地中海からの湿った西風は、レバノン国境に位置する山脈によって遮られ、ヨルダンには乾燥風として夏季に強く吹く傾向が見受けられる。低気圧等による強風は少なく、当該地域における風は、全般的に弱いと言える。

(3) 水文・水理

ヨルダンの主要な帯水層は、上部から第4紀-3紀層、炭酸塩岩層、砂岩層の3層からなる。タフイーラ県は、死海水盆のハセ（Hasa）サブ水盆に位置する。帯水層は堆積層である。地下水流向は内陸から死海方向である。マアン市は、ジェファー（Jefer）水盆に位置する。浅層帯水層は再生可能な地下水であるが涵養量が少ないため帯水量も少ない。再生不可能な地下水は深層砂岩帯水層に存在する。この水盆では、主に灌漑用に地下水が開発されてきた。両地域には、降雨があったときだけ流下する涸れ川（ワジ）のみがある。

(4) 地形・地質

1) 地形

タフイーラ県の対象地域は、標高900m～1,600mの起伏の多い地域に位置している。対象地域の西側は、ヨルダン溪谷へと落ちる急斜面となっている。マアン市は、平坦であり、標高1,200～1,100mに位置する。

2) 地質

タフイーラ対象地域は、「ヨ」国全体の地形学的分類によれば、Wadi Sir 層あるいは、Hummer, Fuhais and Shu'ayb 層に属している。基岩は、相対的に中～強の固い岩石からなる。成分は、ドロマイト質石灰岩及び泥灰質石灰岩からなる。

マアン対象地域は、A7 地質層あるいは更新世層に位置する。基岩は、巨大なミクライト石灰岩であり。地質は洪積世の石灰岩からなる岩盤層と砂利層で成り立っている。岩盤層は貝殻の破片交じりなどが見られこの層は帯状に連なっている。また砂利層は地表面に近い層に見られ玉石や砂利が含まれている地層である。この層も主に石灰岩や泥灰土や褐色シルト質粘土で成り立っている。

試掘調査結果によると、プロジェクトサイトの地質は、地表下直ぐに岩盤である石灰岩層があり、その表層に薄いシルト層及び玉石混じりのシルト層がある。

2-2-3 社会条件

水使用に係る社会経済調査結果要約を以下に示し、詳細を参考資料-3に示す。

1. 給水水源
(%)

給水方法	タフィーラ市	タフィーラ南部	マアン市	合計
WAJ水道	25.3	43.7	29.7	98.7
給水車	1.3	2.3	1.3	5.0
瓶詰め	0.7	0.0	3.7	4.3
その他	0.3	0.7	0.0	1.0

2. 週間給水日数と
給水時間

時期	タフィーラ市		タフィーラ南部		マアン市	
	給水日数	給水時間	給水日数	給水時間	給水日数	給水時間
夏	2.1	35	1.3	26	3.8	89
冬	2.7	65	1.4	33	6.4	156

3. 水に対する意識
(Yes の割合：%)

項目	タフィーラ市	タフィーラ南部	マアン市
漏水を見たことがあるか	83	84	96
水は希少だと思うか	93	98	80
節水は必要か	99	99	100

4. 水道サービス
(%)

範囲	タフィーラ市	タフィーラ南部	マアン市	合計
安い	1.0%	2.0%	1.3%	4.3%
適切	16.3%	27.3%	18.3%	62%
高い	8.0%	15.3%	10.0%	33.3%
無回答			0.3%	0.3%
合計				100%

5. 水道サービスの
満足度(%)

満足度	タフィーラ市	タフィーラ南部	マアン市	合計
はい	9%	24%	4%	37.0%
いいえ	16%	20.3%	26	62.3%
無回答	0.33%	0.33%	0	0.7%
				100%

6. 給水サービスの
問題点

問題点	タフィーラ市	タフィーラ南部	マアン市	合計
給水量	11	18	47	76
水圧	21	47	58	126
給水時間・日数	13	28	44	85
水質	17	22	74	113
水道料金	19	45	42	106
WAJの維持管理	10	16	56	83
その他	1	1	4	6

7. 水質の問題点
(%)

水質問題	タフィーラ市	タフィーラ南部	マアン市	合計
塩素			1.77	1.8
色	0.85		0.88	1.7
石灰			5.31	5.3
錆臭			5.31	5.3
塩分	1.77	1.77	0.85	4.4
味		0.88		0.8
濁度	1.77	2.65	18.6	23.0
飲用不適	1.77		0.88	2.7
無回答				54.9
合計				100

8. 給水サービスの
問題点

問題点	タフィーラ市	タフィーラ南部	マアン市	合計
給水量	8	10	22	40
水圧	13	31	18	62
給水時間・日数	7	5	5	17
水質	10	10	31	51
水道料金	5	10	1	16
WAJの維持管理	3	1	1	4
その他	2	1	1	4

9. 供給量が制限さ
れていなかったら
現在の何倍の水量
を使用しますか
(%)

使用料の増加	タフィーラ市	タフィーラ南部	マアン市	合計
現在と同じ	23.33	41.00	22.33	86.67
1.25 倍	1.33	1.33	2.33	5.00
1.5 倍	0.33	1.33	4.00	5.67
2 倍以上	0.33	0.33	1.33	2.00
回答なし		0.67		0.67
合計				100

10. 給水サービスへ
の支払額

地域	水道サービス		給水車	瓶詰め飲料水
	JD/4半期	JD/月	JD/月	JD/月
タフィーラ市	22	7.33	22	6.57
タフィーラ南部	23.42	7.801	14.25	8.4
マアン市	21.5	7.16	16.16	10

2-2-4 環境社会配慮

本プロジェクトは要請当初から環境カテゴリーC と位置付けられている。

「ヨ」国における環境影響評価（Environmental Impact Assessment:EIA）行政は、環境省（Ministry of Environment）の環境影響評価局（EIA Directorate）において実施されている。環境影響評価は、EIA Bylaw No. 37/2005 により規定されている。

本プロジェクトに関連する環境社会影響を下表の通りチェックし、影響が軽微であることを確認した。今後 WAJ は、関連官庁に対して環境影響調査が必要かどうか確認し、必要な場合は、WAJ がプロジェクト開始までに必要な手続きを実施することを協議議事録にて確認している。

表 2-32 対象案件の想定施設コンポーネント毎の環境影響内容

施設コンポーネント	想定される環境社会影響
送配水管路の敷設	送配水管は公道下に埋設されるため、建設中の交通障害を除いて基本的には環境社会影響はない。タフィーラを貫通する道は 1 本道であるため、工事においては適切な交通整理が必要である。
エラワスポンプ場の改修・拡張	既存ポンプ場内での拡張及び拡張であり土地取得は必要ない。付近に住居は無く、建設中の騒音・交通障害はない。ポンプ運転による騒音・振動は最小限であり、影響があるレベルではない。
配水池の建設 (ガラन्दール、ブセイラ)	両配水池とも、配水池予定地及びその周辺は荒地であり、人家の張り付き及び土地利用はない。用地自体は政府所有であり政府からの移転手続きが必要である。取り付き道路は、私有地であり土地取得が必要であるが、人家の張り付き、土地利用もないため、住民移転は発生せず、取得に係る社会的影響は軽微と考える。

第 3 章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

3-1-1 プロジェクト対象地域

本プロジェクトは、要請時（2008 年 7 月）から「ヨ」国南部地域のタフィーラ県、マアン県を対象としたコンポーネントが計画されていた。同計画に基づいて協力準備調査を実施したが、国内解析の結果、プロジェクト事業費が日本政府による予算上限を上回ることが判明し、計画を変更する必要が生じた。コンポーネント削減の方針について、「ヨ」国関係機関と協議を行い、最終的にプロジェクト対象地域をタフィーラ市及びタフィーラ県南部地域とすることで合意した。なお、マアン市の概略設計及びフシニエ、アシャリ、アブデネの水道計画のレビューはそれぞれ参考資料-12 及び 13 に示す。

3-1-2 上位目標とプロジェクト目標

「ヨ」国は包括的な国家戦略である「National Agenda 2006-2015」を策定し、国が取り組むべき課題及び解決方針を提示している。水分野の課題として、再生可能な水資源の不足・地下水の枯渇に加えて、非効率な配水、不適切な水道料金設定、不十分な汚水処理能力等が挙げられ、解決方針の 1 つとして「施設運転・維持管理の効率化及び無収水の削減」が挙げられている。

また、ヨルダン水道庁（以下、WAJ）は、本プロジェクトの上位計画である「Summary of Strategic Plan for 2007-2012」で以下の主要な目標を掲げている。

- ① 水需要と供給のギャップの縮小（一人一日使用水量を 100 リットル（2006 年）から 120 リットル（2012 年）に改善）
- ② 高い無収水率の改善（全国平均無収水率 45%（2006 年）を 32%（2012 年）に改善）
- ③ 法律に基づいた WAJ の責任と業務の改善
- ④ 受益者負担原則と自己資金の強化
- ⑤ 顧客満足度の向上及び市民協力の促進

上位計画では、無収水を減少し使用水量を増加させることにより給水状況を改善することを目標としている。この中で本プロジェクトは、2015 年を目標年として、一人当たりの有収水量の増量及び公平な水の配分を通じてプロジェクト対象地域住民の生活の改善を図ることを目標とする。

3-1-3 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、上記目標を達成するため、配水管網の更新及び配水モニタリングシステムを含む送配水システムを再構築することにより、漏水量を減少させ有収水量の増量及び公平な水の配分を行なうことである。このために、以下の活動を行う。また、上記に加え、配水管理能力を

向上させるためソフトコンポーネントを行なう。

(1) 我が国の協力対象事業

- ① 配水本管の更新と減圧弁の設置
- ② 送水管の増強
- ③ 配水池の増設
- ④ ポンプ場の改修と拡張
- ⑤ 配水モニタリングシステムの構築
- ⑥ 配水枝管の供与
- ⑦ 配水管理能力向上に係るソフトコンポーネント

(2) 「ヨ」国の実施事業

- ① 日本側が調達した管材による配水枝管の更新工事
- ② 各戸給水管の更新に必要な材料の調達及び更新工事
- ③ 配水池へのアクセス道路の建設と用地の造成工事
- ④ 上記の建設及び運営・維持管理に必要な予算処置

本プロジェクトを実施することにより期待される効果は表 3-1 とのとおりである。現況及び 2015 年におけるプロジェクトの有無により期待される効果の差異を示す。

表 3-1 プロジェクトの期待される効果（タフィーラ県対象地区）

番号	効果指標	単位	2010 年	2015 年	
1	配水モニタリング対象人口	人	0	70,100	
2	配水管更新対象人口	人	-	49,300	
3	出水不良地域	%	需要量が増大する夏季に出水不良地区が拡大	送配水システムの整備及び配水管理により出水不良地区がなくなる	
4	給水時間	時間/週	24 - 72	84	
5	給水圧	MPa	0 - 2.3	配水区及び減圧弁設置により適正給水圧 0.25 - 0.6	
6	漏水率	%	25	15	
7	無収率	%	47	35	
8	1 人 1 日平均有収水量	L/人/日	84	96	
9	1 人 1 人給水量	L/人/日	160	147	
10	配水管更新地区の一日平均給水量	m³/日	7,250	プロジェクト有り	7,000
				プロジェクト無し	7,930
				年間 339,500m³の節約	
11	配水管更新地区の有収水量	m³/日	3,840	プロジェクト有り	4,550
				プロジェクト無し	4,203
				年間 126,700m³の増加	
12	エネルギー及び電気代の節減	漏水の減少による取水・送水ポンプ水量の削減及びエラワスポンプ場の効率改善により消費電力量が削減できる。			

概略設計調査のミニッツ調印時に「ヨ」国により確認された要請内容と、概略設計において最終的に策定された施設内容の比較を表 3-2 に示す。

表 3-2 要請内容と本プロジェクトによる施設内容の比較

施設	対象県	2010 年 4 月の M/D	概略設計の計画内容
1. 配水池の建設	タフィーラ	タフィーラ県南部 (2,000m ³ ×1)	① プセイラ配水池：容量 1200m ³ ×1 箇所 ② ガランダール配水池：容量 600m ³ ×1 箇所
2. 送水管の布設	タフィーラ	なし	① アインエルベイダ - プセイラ配水池 (200～300mm x 10.68 km) ② エラワスポンプ場 - ガランダール配水池 (150mm x 3.54 km)
3. 送水ポンプ場の改修・増築	タフィーラ	タフィーラ県南部 (1 カ所: 建屋、ポンプ×4 台)	エラワスポンプ場 ① ガランダール用既存ポンプ場の改修 (ポンプ 2 台) ② カデシヤ用増設 1 棟 (ポンプ 2 台)
4. 配水管の更新	タフィーラ	タフィーラ県南部 (口径 63mm 以上、約 83km)	① タフィーラ市、プセイラ、ガランダール、カデシヤ：口径 100mm 以上、30.37km の敷設 ② タフィーラ市、プセイラ、ガランダール、カデシヤ：外径 63mm 管、50.6km の管材の調達
	マアン	マアン市 (口径 100 以上、約 38km)	なし
5. 減圧施設の設置	タフィーラ	タフィーラ県南部 (10 地点)	タフィーラ市、プセイラ、ガランダール、カデシヤ (減圧弁：22 箇所)
6. 配水モニタリングシステムの構築	タフィーラ	タフィーラ県南部 (10 地点)	① タフィーラ市、プセイラ、ガランダール、カデシヤ：流量計 15 箇所、圧力計 3 箇所の設置 ② WAJ タフィーラ支所：中央監視装置の設置
	マアン	マアン市 (20 地点)	なし
7. ソフトコンポーネント	両県	配水管理能力向上	配水管理能力向上 (タフィーラのみ)
8. 相手国負担工事	タフィーラ	タフィーラ県南部： ・口径 63mm 未満の管材の調達と工事 (約 88km)	タフィーラ県南部： ・外径 63mm 管の工事のみ (50.6km) ・給水管 (外径 32mm、25mm) と水道メータ接続工事 (約 118km)
	マアン	マアン市：口径 100mm 未満管、約 148km の布設	なし

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

(1) 基本方針

1) プロジェクト対象地域

プロジェクト対象地域は、タフィーラ県タフィーラ市及び南部地区とする。

2) 協力対象範囲

協力対象として検討する範囲は以下のとおりとする。

- ① 配水本管の更新と減圧弁の設置
- ② 配水枝管の更新
- ③ 配水池の設置及び配水区の分割を含む送配水基幹システムの再構築
- ④ ポンプ場の改善
- ⑤ 配水モニタリングシステムの構築
- ⑥ 配水管理能力向上に係るソフトコンポーネント

3) 施設規模設定にかかわる計画年次

無償資金協力としての適正な規模を考慮して、本プロジェクトの計画目標年次を設定する。ただし、管路施設・ポンプ設備については、段階的な将来の増設は困難であることを考慮して施設の計画目標年次を設定する。

4) 解決すべき課題と方策

本プロジェクトで解決すべき課題は、漏水及び無収水を減少させ使用可能な水量を増加させること、及び地域的な不均等な給水を是正し、公平で均等な給水を行なうことである。この目的のために以下の方策を検討する。

- 送水と配水機能の分離
- 配水池からの自然流下配水の採用
- 適切な配水区の設定
- 適正なポンプの設置
- 老朽配水管の更新
- 減圧施設の設置
- 無収水管理のための配水モニタリングシステムの構築

5) 各対象地域に効果的な配水管理及び無収水管理のためのシステムの構築

タフィーラ県対象地域の水道施設は、標高差約 100m～250m の給水地域内に位置する。既存の配水管網には減圧弁の設置がなく配水区の分割も無い。従って、配水区分割や減圧弁の設置による高い給水圧の制御を含む適切な配水管理が行われていないため、高い漏水率及び地域的に不均等な給水の原因となっている。また、既存エラワスポンプ場からは、揚程の同じポンプにより異なる標高に位置する 2 地域に送配水している。そのため、標高の低い配水区への配水時には、高い給水圧となり引いては漏水量増加の原因となっている。

給水地域内の標高差の大きいタフィーラ県対象地域において、漏水量の低減及び適切な配水管理を行い、給水状況を改善するため、以下の方策を採用する。

- ① 無収水及び配水管理を容易にするため、送水システムから配水システムを分離し、更に配水区を分割する。
- ② 無収水及び配水管理を容易にするため配水モニタリングシステムを構築する。

- ③ 給水圧を低減し漏水を減少させるため減圧弁を設置する。
- ④ 給水圧の変動を最小化するため配水池を設置し配水池からの自然流下配水方式を採用する。

6) 老朽配水管網の更新

対象地域の高い無収水率の原因は、高い給水圧に加え、老朽配水管網の存在である。老朽化が著しく漏水の発生が多い配水管網を更新することにより漏水量の低減を図る。

7) 気候温暖化対策に貢献する事業の採用

不適切な揚程と吐出し量のポンプ設備を適切なポンプ設備へ更新することによりエネルギー使用量の低減を行なう。また、漏水量を低減することにより、水源量を減少させ水源及び送水ポンプの電力及びエネルギー使用量を低減する。

8) 配水池サイト選定

計画配水池用地の選定においては、対象とする配水区へ効果的な配水をするために水理的に適切な標高を有する場所とする。更に、建設用地及びその周辺の環境社会影響が少なく、取得が容易な公有地とする。

9) 既存施設の有効活用

事業資金を最大限有効に活用するため、可能な限り既存施設の有効利用を図る。既存エラワスポンプ場の建屋を活用する。また、漏水事故発生頻度が少ない送水管を活用する。

10) 必要な技術を考慮し日本側及び相手側負担項目の検討

計画施設の建設工事に必要な技術を検討し、両方の負担区分を再検討する。特に、配水枝管の調達及び工事分担を再検討する。

11) GIS を活用した水道計画の立案

広域で起伏の激しい地域の水道計画を効果的・効率的に立案するため地理情報システム（GIS）を活用した（参考資料－2）。

(2) 自然条件に対する方針

対象地域の夏期は、日中の気温が 40℃を超えることから、特にコンクリート打設に注意を払い品質管理を徹底する必要がある。

対象地域の地質は、礫交じりの石灰岩（土砂）及び石灰岩地盤（軟岩）である。地質状況から地盤は十分な地耐力を有しているため、配水池施設の直接基礎として適している。一方、配管布設路線の多くの区間で岩掘削が必要になる。

対象地域には、腐食性の高い土質があるため管路の腐食対策を検討する。

タフィーラ県の対象地域は、標高約 900m-1,600 m の起伏の激しい地形である。このような地形を考慮し、適正な給水圧となるよう配水池の位置の選定、配水区の設定及び減圧弁の計画を行なう。

(3) 社会経済条件に対する方針

起伏の激しい地形や送配水施設容量の不足のため、対象地域では、制限給水が日常的に実施されている。給水時間は、地域に異なり、1 週間当り最小で 1 日、最大で 3 日となっており、住民の日常生活に大きな影響を及ぼしている。このような不均等な給水を改善し、限りある水の公平な配分および給水日数増加に資する計画とする。水使用に係る社会経済調査結果を参考資料-3 に示す。

タフィーラ市の配水管網の更新工事は、商業地域及び住宅密集地で実施されることから、可能な限り生活・商業活動に支障を及ぼさない施工方法とする。同様に、交通量の多い幹線道路の施工方法も、通過交通への影響と安全に配慮した施工方法とする。

対象地域は、ヨルダン国内でも、所得の低い地域であり、建設工事等での雇用等その裨益に配慮する。

(4) 他プロジェクト教訓の取り込み

マアン県ペトラでは、2000 年に水道施設の改修プロジェクトが実施され、配水圧制御の目的で減圧水槽及び減圧弁が設置された。しかし、弁の交換等が必要とされ運転、維持管理に支障をきたしていることから、これら減圧施設の弁仕様及び維持管理に係る評価を行い、その教訓を取り込むこととする。

(5) 調達方法に関する方針

「ヨ」国で調達可能な資機材については、「ヨ」国で調達する。「ヨ」国にて調達不可能な資機材あるいは十分な質を確保できない資機材については、第三国あるいは日本からの調達とする。対象地域の地元の経済に貢献するためにも、地元で調達可能な資機材及び労務者は、地元で調達する。

(6) 施工方法、工期に関する方針

本工事のクリティカルパスは、管路工事である。適正な施工班数を設定して最適な全体工期を設定する。

本工事の配管敷設工事は、道路での開削工事であることから可能な限り交通障害が少なくなるように配慮し施工計画を策定する。さらに、工事にあたっては必要な安全策を講じる。

(7) 実施機関の運営・維持管理能力に対する方針

WAJ は、本プロジェクトの実施機関であり、プロジェクト実施後の運営維持管理を担当する。WAJ 本庁技術局が設計、工事監理の担当部局となる。工事完成後の送・配水施設の日常的な維持管理は WAJ タフィーラ支所が担当する。

施設計画において、維持管理の容易な簡素な施設及びシステムとなるよう計画する。また、維持管理において、WAJ が所有する維持管理の資機材が活用可能な計画とする。

WAJ 支所の水道システム全体の配水管理及び無収水管理能力は十分とはいえないため、同能力を向上させ本事業の本体施設の建設効果を最大限に発現できるように、ソフトコンポーネントにて支援する。

3-2-2 基本計画（施設計画／機材計画）

(1) 設計条件

1) 目標年

当初要請された施設は、「Upgrading and Expansion of Water Facilities at Tafieleh and Ma'an, 2005（以下、WAJ 既計画）」において、2025 年までに整備する施設となっているが、無償資金協力としての適正な規模を考慮して、本プロジェクトの目標年は 2015 年とすることを基本とする。

水道施設の中で、管路施設・ポンプ設備については、段階的な将来の増設は困難であり、通常、施設の目標年は長く設定する。また、2015 年と 2025 年で計画水量の違いが 15%程度と小さいことから、WAJ 既計画通り 2025 年の計画給水量を送配水できる能力とする。配水池については、一般的に段階施工が基本であり、水需要量の延びに合せて増設可能であることから、2015 年を計画目標年次とした設計を行う。従って、計画水量は 2025 年まで予測した。

2) 計画総人口及び給水人口

ヨルダン国 DOS（統計局）による対象地域の人口予測はない。対象地域の過去のセンサス人口及び DOS のヨルダン全国将来人口増加率の予測を基に、以下のとおりタフィーラ県の人口増加率

を設定した。

表 3-3 タフィーラ県の将来人口増加率の推定値

項目	2009-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025
人口増加率	1.7%	1.7%	1.5%	1.3%

2009 年の DOS の推定人口及び設定した人口増加率を基に次表のとおり将来総人口を推定した。

表 3-4 タフィーラ県の将来推定人口

項目	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年
将来推定人口	85, 100	92, 600	99, 800	106, 500

各県の事業対象地域の将来人口を次表のとおり予測した。目標年次（2015 年）の総人口は、70, 100 人と推定された。

表 3-5 タフィーラ県のプロジェクト対象地域の将来推定人口

項目	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年
タフィーラ県プロジェクト対象地域の将来人口	64, 500	70, 100	75, 600	80, 600

2004 年のセンサスによれば、タフィーラ県の水道普及率は次表のとおりである。本プロジェクトでは、対象地域は都市部あること、水道未給水人口は主に遊牧民であることから、両県の対象地域の水道普及率は 2010 年時点で 100%とし、将来においても 100%として計画する。従って、給水人口は全人口に等しく以下のとおりとする。

表 3-6 2004 年センサスによる水道普及率（%）

県	都市部	地方部	全域
タフィーラ県	99.8	94.2	97.8

出所：人口センサス、2004 年

表 3-7 タフィーラ県プロジェクト対象地域の将来推定給水人口

項目	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年
水道普及率	100 %	100 %	100 %	100 %
給水人口	64, 500	70, 100	75, 600	80, 600

タフィーラ県のプロジェクト対象地域内の各地域人口を次表のとおり推定した。

表 3-8 タフィーラ県プロジェクト対象地域の地域別将来推定人口

地域	2010	2015	2020	2025
マンソウラ	4,199	4,577	4,978	5,351
タフィーラ	21,898	23,664	25,158	26,448
サンファハ	3,450	3,762	4,089	4,394
ネムタ	159	174	189	204
アインエルベイダ	11,373	12,391	13,477	14,485
ブセイラ	10,340	11,273	12,197	13,048
ガラnderル	4,816	5,253	5,716	6,143
カデシヤ	8,265	9,006	9,796	10,527
合計	64,500	70,100	75,600	80,600

3) 計画無収水率及び漏水率

対象地域の水道施設の漏水率の推計はない。統計として入手できるのは、漏水及び管理損失水量を合算した無収水量及びその率である。次表にタフィーラ県の無収水率及びその変動率を示す。2007 年から 2008 年にかけて無収水率は増加傾向にある。

表 3-9 タフィーラ県の無収水率及びその変動

県	2007 年	2008 年	2007-2008 年の 無収水率の変動率
タフィーラ県	46.6%	52.0%	5.4%
ヨルダン平均	43.3%	43.9%	0.6%

タフィーラ県の対象地域の水源はハセ及びザブダ井戸郡である。この水源は、対象地域以外の地域の水源ともなっている。対象地域への送水量は、流量計で測定されていないため、対象地域だけの生産水量を分離して算定することが困難である。そのため、タフィーラ県の対象地域の配水量及び無収水の分析は、ハセ及びザブダ水源から供給する地域全域を対象として行なう。この地域には、イースを含むタフィーラ北部地域が含まれる。この計算対象地域をタフィーラ県ハセとザブダ水源供給地域と呼び、この地域で算定された数値をタフィーラ県対象地域の代表値とする。

タフィーラ県ハセとザブダ水源供給地域の 2007 年から 2009 年の総生産水量（総給水量）及び各戸水道メータ計測水量（有収水量）を基に、次表のとおり、一日平均給水量、無収水量、無収水率を算定した。更に、推定人口から、一人一日平均給水量及び有収水量を算出した。2009 年の無収水率は 47%と算定される。

表 3-10 タフィーラ県ハセとザブダ水源供給地域の供給水量と消費量の分析

年	年間総給水量	一日平均給水量	有収水量	無収水量	無収水率	推定人口	一人一日平均給水量	一人一日平均有収水量
	(m ³ /年)	(m ³ /日)	(m ³ /年)	(m ³ /年)	(%)	(人)	(l/人/日)	(l/人/日)
2007	3,556,430	9,744	1,946,457 *1	1,609,973	45	70,993	137	75
2008	4,085,522	11,193	2,083,772	2,001,750	49	72,070	155	79
2009	4,296,532	11,771	2,269,858	2,026,674	47	73,660	160	84
平均	3,979,495	10,903	2,100,029	1,879,466	47	72,241	151	79

注 1：2007 年の水道メータ集計値（政府機関）が 2008 年及び 2009 年と比べて極端な異常値を示していたため、2008 年及び 2009 年の傾向値で 2007 年の値を修正した。

JICA 技術協力プロジェクトのパイロットプロジェクトで夜間最小流量を測定することにより推定した漏水率を以下にまとめて示す。漏水率は 40%～20%の範囲内にある。他地域での分析結果から、一般に、ヨルダンでは、無収水量の半分が漏水量と推定されている。本プロジェクトでは、現況の漏水率を無収水率の約半分として見積ることとする。

表 3-11 パイロットプロジェクトにより推定された推定漏水率

地域	県	測定月	漏水率	備考
マンソウラ	タフィーラ	2007 年 12 月	22%～23%	給水圧補正なし
サンファハ	タフィーラ	2009 年 8 月	31%	給水圧補正なし
オドラ 1	マアン	2006 年 12 月	45%	給水圧補正なし
オドラ 1	マアン	2006 年 12 月	31%	給水圧補正あり
オドラ 1	マアン	2007 年 4 月	36%	給水圧補正あり
ザルカ市	ザルカ	1997 年	31%	給水圧補正補正の有無は不明

出所：JICA 技術協力プロジェクト及び JICA 開発調査報告書

WAJ 既計画では、対象地域の事業実施後の漏水率を 15%として計画している。また、JICA 技術協力プロジェクトで推定された無収水対策実施後の漏水（実損失）は約 15%と推定されている。更に、他の途上国での管網更新事業の経験から、給水管を含む配水管網の更新後の漏水率は 15%程度と推定されている。従って、本事業の管網更新地区の計画漏水率は 15%と設定する。なお、日本並みの正確な給水管の施工とその後の予防的な漏水制御活動を行えば、漏水率は 15%以下に低減可能である。

WAJ の無収水率の目標値は 25%である。現況の無収水率がタフィーラ県の対象地域で 47%と算定されている。WAJ は現在、無収水対策に精力的に取り組んでいるが、本事業の目標年次の 2015 年までの 5 年間で無収水率を 25%まで低減させる計画は現実的でない。従って、両県とも 2025 年までに無収水率を 25%に低減するとして計画する。本対象地域の管網更新地域の計画漏水率及び無収水率を次表のとおり設定する。更に、本対象地域の管網を更新しない地域の設定値を同表に示す。

表 3-12 管網更新地域及び非更新地域の計画漏水率、計画無収水率及び管理損失率

(単位：%)

項目	現状	管網更新地域				管網非更新地域		
	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2015 年	2020 年	2025 年	
計画漏水率（無効水率）	25	15	15	15	25	20	15	
計画無収水率	47	35	30	25	45	35	25	

4) 計画一人一日平均使用水量及び給水量

WAJ は、一人一日平均給水量を、無収率 25%を含み目標値として 150L としている。計画漏水率を 15%と仮定して計算すると、一人一日平均使用水量は、127.5 L となる。2010 年の一人一日平均使用水量は、タフィーラ県の対象地域で 112 L と推定される。タフィーラ県の現況の使用水量は 112 L であり、2015 年までに漏水量等の低減があれば、この数値程度までに増加可能である。従って、タフィーラ県の対象地域の計画一人一日平均使用水量を 125 L と設定する。本事業における 2010 年から 2025 年までの管網更新地域の計画一人一日平均給水量及び計画一人一日平均使用水量を次表のとおり計画する。

表 3-13 管網更新地域の計画一人一日平均使用水量及び給水量

項目	単位	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年
計画一人一日平均使用水量	L/人/日	112	125	125	125
計画一人一日平均給水量	L/人/日	149	147	147	147

5) 施設規模設定のための要因

一般的な需要水量の年間変動を次図の A に示す。需要水量は夏期に最大となり冬期に最低となる。図 B には、一般的な需要水量の日間変動を示す。日間の需要水量は、水使用行動が多くなる朝方及び夕方が多くなる。夜間は、水使用行動が極端に少なくなるため、通常の給水条件であれば、漏水量のみが需要量となる。しかし、対象地域では、制限給水が行われているため、給水日の夜間に各世帯の水槽に貯水し、制限給水日に使用する水使用行動がある。このため、夜間においても、水需要量は高いことが推定される。

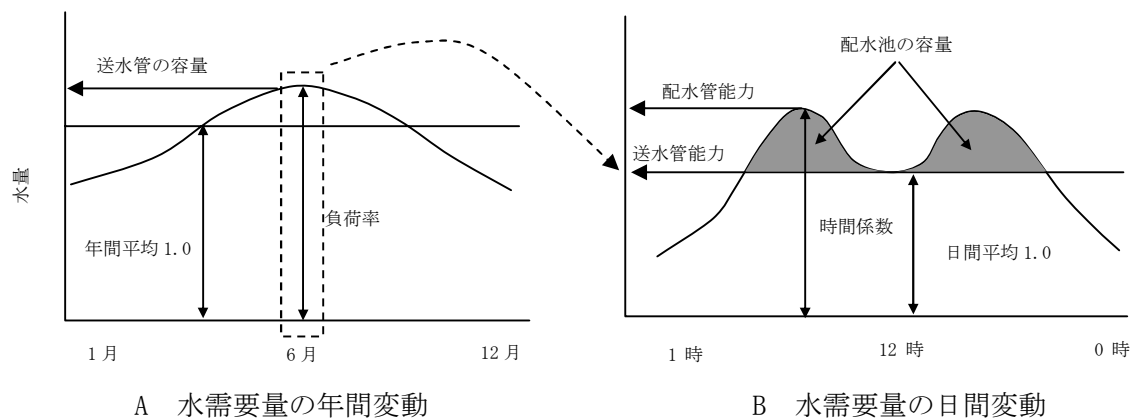


図 3-1 典型的な水需要量パターン

上記の水需要量パターンを考慮して、水道施設の計画においては、以下の需要水量が各施設の設計の際に使用されており、本プロジェクトの設計の際にも採用する。

- 送水管及び送水ポンプ設備 : 計画 1 日最大給水量を送水する能力を有する。
- 配水管及び配水ポンプ設備 : 計画 1 日最大給水量発生日の計画時間最大配水量を配水する能力を有する。
- 配水池 : 計画 1 日最大給水量が発生する日において、送水システムから送られる一定流量と消費者の需要に応じて時間的に変動する配水量の差を調整するための容量を有する。

6) 計画負荷率及び配水池容量

施設容量を決定するための計画負荷率及び配水池容量を以下のとおり設定する。

a) 計画負荷率 (1/日最大係数)

対象地域の各月の平均一日給水量を年平均一日給水量で割ることにより、次図に示すとおり、給水量の月変動係数を算出した。タフィーラ県の月変動係数の最大値(日最大係数)は 1.48 である。現在、夏季には供給水量不足に陥っているため、供給水量が十分あり理想的な配水状況では、月変動係数は現在の値より高くなると推定される。また、本数値は月給水量の一日平均を使用して計算していることから、実際の日変動は更に大きくなることが推定される。WAJ 調査設計部では、計画値として 1.5 を採用している。上記を勘案し本プロジェクトの計画負荷率の逆数である日最大係数を 1.5 と設定する。

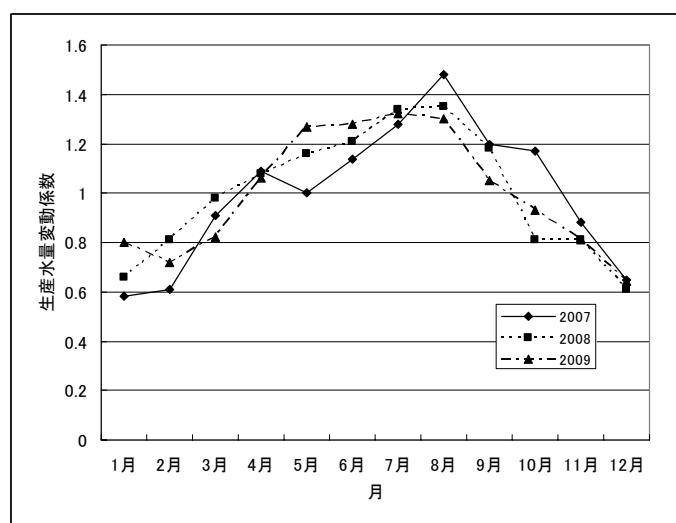


図 3-2 各月の月間給水量を年間平均給水量で割った値の年間変動

b) 時間係数

時間係数は、時間最大配水量の時間平均配水量の比率である。JICA 技術協力プロジェクトのパイロットプロジェクトの流量測定データから時間係数を次表のとおり算出した。測定データの時間係数はタフィーラで 2.0 弱である。WAJ 計画設計部の設計値は 1.5～2.0 であること、実績値が 2.0 弱であることから本プロジェクトでは 2.0 とした。

表 3-14 パイロットプロジェクトにより推定された時間係数

県	測定月	時間係数
タフィーラ	2009 年 8 月	1.95

出所：JICA 技術協力プロジェクト

c) 計画配水池容量

配水池は、一般に以下の 3 つの機能を有する。

- 送水システムから送られる一定流量と消費者の需要に応じて時間的に変動する配水量の差を調整する。
- 事故や渇水等で給水が停止した場合のバックアップをする。
- 消火用水を貯水する。
- 配水池から自然流下で配水区に配水することより配水圧の変動を低減する

ヨルダン国では、水資源不足から制限給水が日常的となっており、公平に水を配分するための貯水機能が重要な機能となっている。また、タフィーラにおいては、対象地域は、水源地帯から遠

隔地に位置しており、代替水源も無いため送水システムに事故があった場合、長期の断水となることが想定される。そのため、配水池の貯留能力は、高めに設定する必要がある。

WAJ は配水池容量を通常、計画日最大給水量の 12 時間以上で水道計画を作成している。また、対象地域の WAJ 既計画では、計画 1 日最大給水量に対して 12 時間から一日の貯水容量が設定されている。日本の水道施設設計指針・解説においても配水池の容量は 12 時間以上である。従って、目標年 2015 年において、配水池容量を計画 1 日最大給水量の 12 時間分とする。

7) 計画給水圧

WAJ の計画では、配水管網の給水圧の範囲を 0.25 MPa - 0.6 MPa (2.5 bar - 6.0 bar) と計画している。プロジェクト対象地域においては、2 階建ての建物が主流である。通常、2 階建てでは給水圧が 0.15 MPa 程度あれば給水が可能である。4 階建ての建物へ直接給水するためには、0.25 MPa 程度の水圧が必要となる。

本プロジェクトでは、計画最低給水圧の目標値を 0.25 MPa として計画する。ただし、配水池との位置・地形関係により水理的に不利な地域への給水において、上記基準を満たすために過大な投資となることを避けるため、WAJ の既計画にもあるとおり以下の基準を準用する。

計画 1 日最大給水量時	計画時間最大配水量時	最大動水圧時
P > 0.25 MPa (2.5 bar)	P > 0.05 MPa (0.5 bar)	P < 0.7 MPa (7.0 bar)

8) 管網解析及び流量式

送配水管網施設の規模を決定するための管網解析ソフトはアメリカ EPA の EPANET2 を使用する。管路の損失計算は、下記の Hazen-Williams 式を使用する。

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

H : 摩擦損失 (m)

Q : 流量 (m³/分)

D : 管路口径 (m)

L : 管路延長 (m)

C = Hazen-Williams C 値 (既存管では 100、プロジェクト対象となる新設管では 110 を採用する)

9) 水需要量の計画条件のまとめ

対象地域の水需要量の計画条件を年次ごとに次表にまとめる。

表 3-15 タフィーラ県対象地域の水需要量の計画条件値

項目	単位	現状	管網更新地域				管網非更新地域		
		2010	2015	2020	2025	2015	2020	2025	
計画一人一日平均使用水量	L/人/日	112	125	125	125	112	125	125	
計画一人一日平均給水量	L/人/日	149	147	147	147	149	156	147	
計画一人一日最大給水量	L/人/日	224	221	221	221	224	235	221	
計画漏水率（無効水）	—	0.25	0.15	0.15	0.15	0.25	0.20	0.15	
計画負荷率	—	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
時間係数	—	2	2	2	2	2	2	2	

(2) 配水区計画と計画水需要量

1) 配水区計画

タフィーラ県の計画対象地域は、行政区界、地形、地理的な見地から、既存の配水区域を分けることができる。供給源の配水池及びポンプ場とともに既存配水区域を表 3-16 に示す。また、プロジェクト対象地域の配水池の標高を表 3-17 のとおり示す。

表 3-16 既存の配水地域

地域	配水担当配水池/ポンプ場
マンソウラ	イース、タフィーラ低区配水池
タフィーラ	タフィーラ低区配水池、タフィーラ高区配水池、イース配水池、アインエルベイダ配水池 からの送配水管が輻輳して配水
サンファハ、アラフェ、エルワエム	アインエルベイダ配水池
ネムタ	アインエルベイダ配水池
アインエルベイダ	アインエルベイダ配水池
ブセイラ	アインエルベイダ配水池
ガラダール	エラワスポンプ場から直接ポンプ配水
カデシヤ	カデシヤ配水池（エラワスポンプ場から送水）

表 3-17 既存配水池の容量と標高

既存担当配水池/ポンプ場	配水池底盤の標高 (m)	配水池天端の標高 (m)	容量 (m ³)
タフィーラ古配水池（高区）	1184.5	1188.6	1,000
タフィーラ新配水池（低区）	1101.8	1105.9	4,500
アインエルベイダ配水池	1353.0	1356.5	5,000
エラワスポンプ場配水池	1292.0	1296.0	300
カデシヤ配水池	1601.0	1603.5	1,000
イース配水池（タフィーラ北部）	1285	—	2,000

本プロジェクトでは、明確に配水区割りを行い、配水区単位の送配水を行う計画である。本プロジェクトでも既存の配水区割りをほぼそのまま使用するが以下の 2 点に付いて、修正追加を行なう。

- タフィーラ 市に関しては、既存配水池が 2 箇所にある。これらの既存配水池より標高の高い地域に住民が居住していることから、この地区を 1 つの配水区として扱うこととする。従って、配水区位置の標高を考慮して、標高差に応じて 3 配水区（最高区、高区、低区）を設定する。更に低区及び高区とも東部、西部に分割する。
- アインエルベイダ とブセイラ間には小人口が張り付いており、ここも一つの配水区と考えることとする。
- ブセイラとガランダールの配水区は水理的に最適な境界で分離する。

タフィーラ市への給水は、アインエルベイダ配水池、イース配水池、タフィーラ低区・高区配水池、アイマ配水池から行なわれている。また、タフィーラ高区・低区配水池への送水は、主にアインエルベイダ配水池から行われているが、イース配水池からも行われている。このようにタフィーラ市への送配水は、複数水源から行われており、送配水管は市内で輻輳しており複雑な配水となっている。

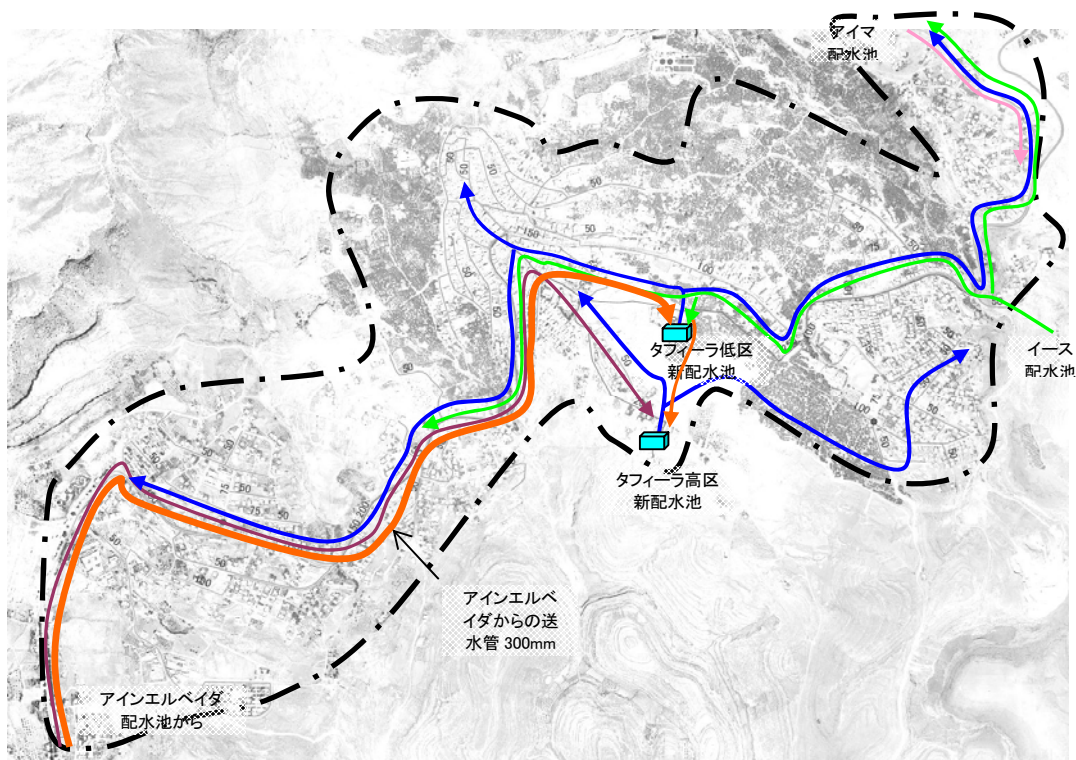


図 3-3 タフィーラ市内への配水状況

このような配水管理が複雑な送配水管網を改善し、配水管理及び無収水管理が容易な送配水システムと計画する。そのため、送配水システムの分離、配水ブロック化、タフィーラ市内の 2 配水池からの自然流下システムとする。タフィーラ市の配水区割り及び送配水管路の配置を次図に示す。

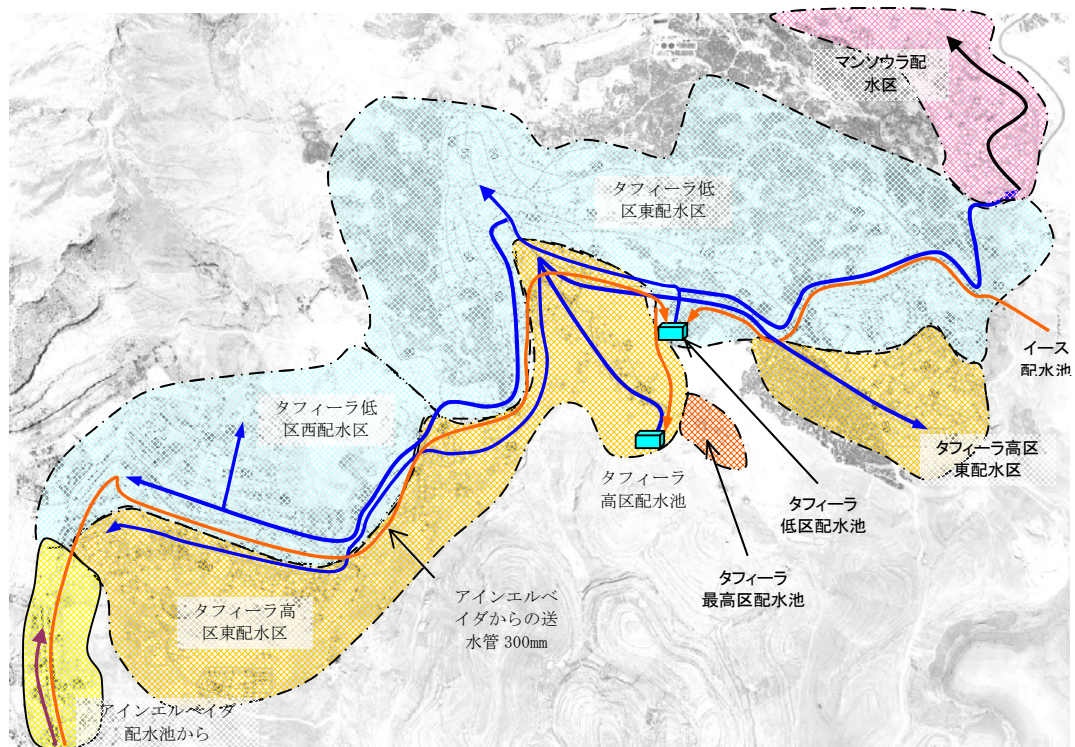


図 3-4 タフィーラ市の配水区割り及び送配水主管の配置

以上を考慮して表 3-18 のとおりタフィーラ県対象地域の配水区割を行う。更に各配水区の送配水方法を説明する。計画配水区と既存送配水システムの高さ及び平面配置関係の模式図を図 3-5 及び図 3-6 に示す。

表 3-18 計画配水区割りと送配水方法

配水地域		既存担当配水池/ ポンプ場	配水池底盤 の標高 (m)	配水区の 標高 (m)	標高差 (m)	計画送配水方法
マンソウラ		イース、タフィー ラ低区配水池	1101.80	895 - 1055	160	タフィーラ低区配水区のみか ら配水される。
タフィーラ市全体						原則イース及びアインエルベ イダからの直接配水は行わな い。
タフィーラ最高区		アインエルベイダ 配水池	1353.00	1175 - 1250	75	タフィーラ高区配水池から自 然流下で配水できない小地域 があり、アインエルベイダ配水 池から送水管からタフィーラ 高区配水池への送水管から直 接配水することとする。
タフィーラ高区	西	タフィーラ高区 配水池	1184.50	1050 - 1175	125	タフィーラ低区配水池から自 然流下で配水できない地域で タフィーラ高区配水池から自 然流下で送水可能な地域。
	東					
タフィーラ低区	東	タフィーラ低区 配水池	1101.80	900 - 1060	160	タフィーラ低区配水池から自 然流下で配水できる地域
	西	タフィーラ低区 配水池	1101.80	950 - 1050	100	タフィーラ低区配水池から自 然流下で配水できる地域で配 水池から離れた地域（西部）
サンファハ、アラフェ、エ ルワエム		アインエルベイダ 配水池	1353.00	1005 - 1155	150	既存送配水と同じ
ネムタ		アインエルベイダ 配水池	1353.00	1150	20	既存送配水と同じ
アインエルベイダ		アインエルベイダ 配水池	1353.00	1185 - 1345	160	既存送配水と同じ
				1050 (Sal' e)	20	
アインエルベイダ とブセ イラ間		アインエルベイダ 配水池	1353.00	1240 - 1295	55	既存送配水と同じ
ブセイラ		アインエルベイダ 配水池	1353.00	1000 - 1275	275	既存送配水と同じ。 ブセイラはアインエルベイダ から遠隔地に位置しているこ とから、送配水の分離及び配水 池の設置が必要である。
ガラダール		エラワスポンプ場		1270 - 1430	160	現在ポンプからの直接配水で あるため、配水池の配置が必要 である。
カデシヤ		カデシヤ配水池	1601.00	1350 - 1580	230	既存送配水と同じ

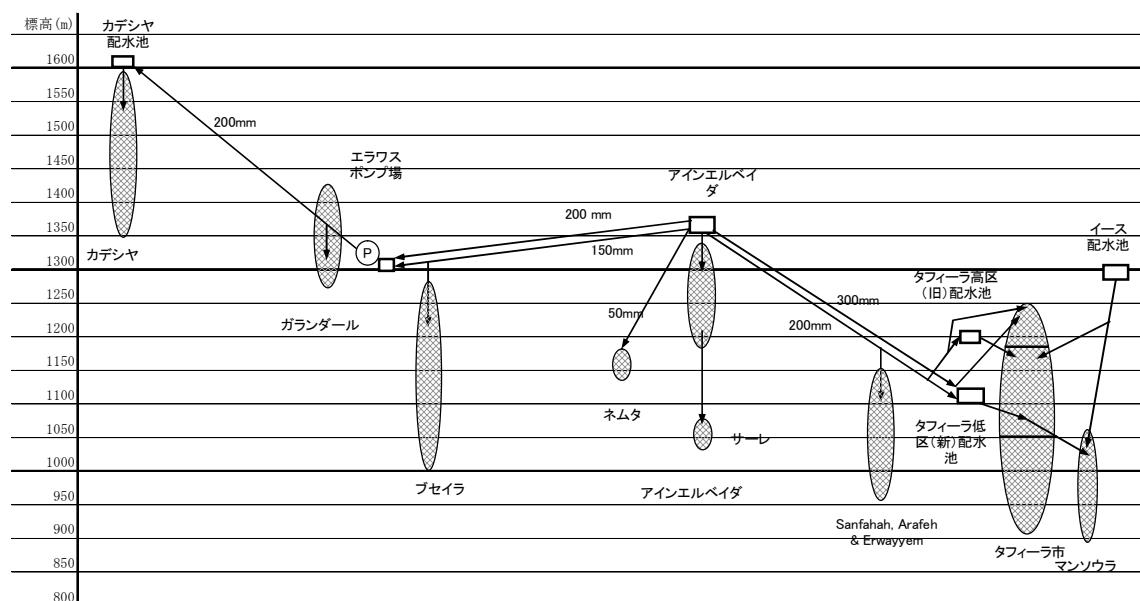


図 3-5 タフィーラ県対象地域の計画配水区と既存送配水システム模式図

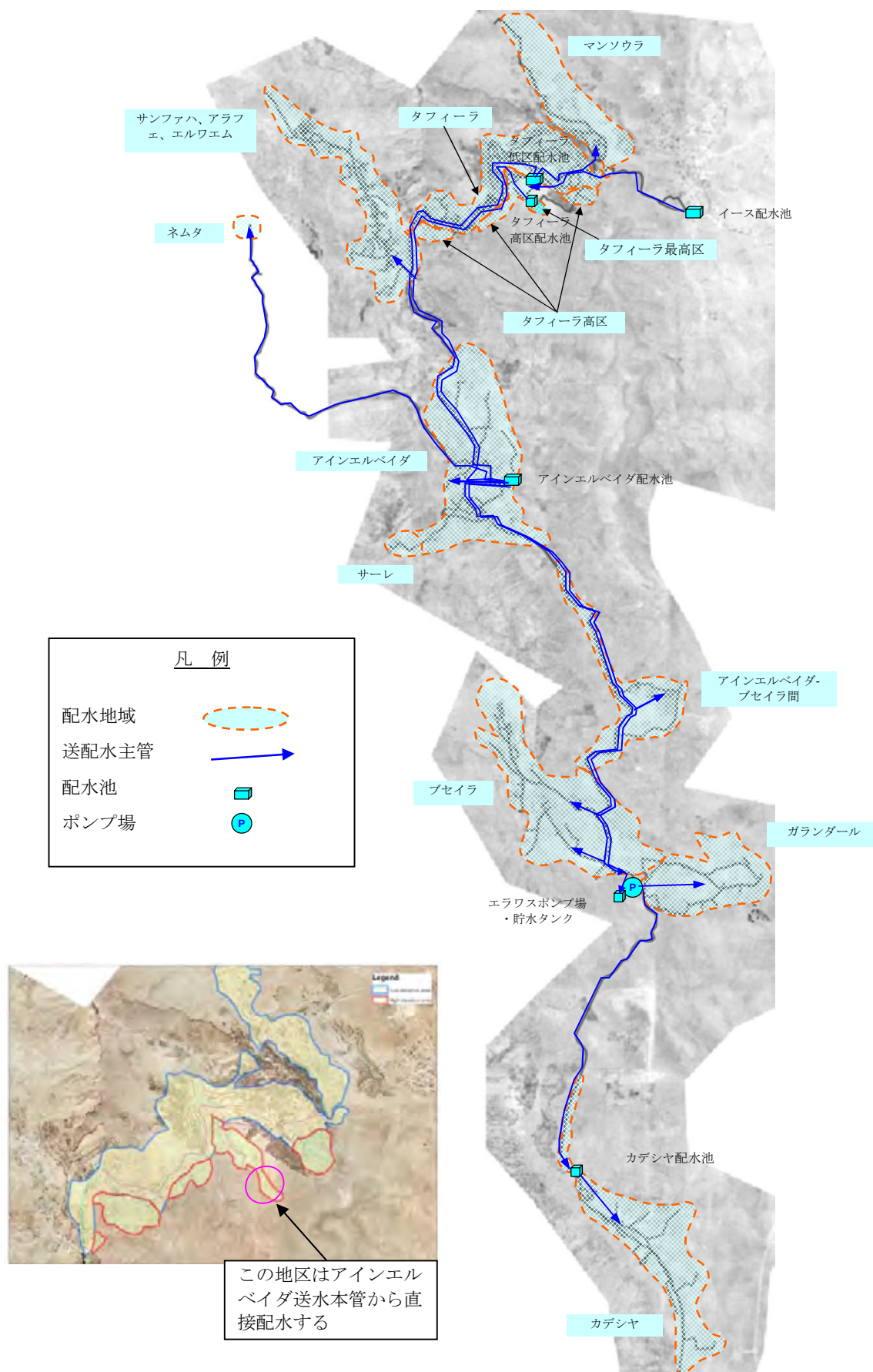


図 3-6 タフィーラ県対象地域の既存送配水システムと配水区

2) 配水区毎の計画給水人口

表 3-19 タフィーラ対象地域の配水区別計画将来人口

担当配水池・ ポンプ場	配水区	2010	2015	2020	2025
タフィーラ低区	マンソウラ	4,199	4,577	4,978	5,351
	タフィーラ低区東	12,432	13,373	14,004	14,504
	タフィーラ低区西	5,859	6,363	6,917	7,429
タフィーラ高区	タフィーラ 高区東	1,464	1,599	1,739	1,868
	タフィーラ 高区西	2,073	2,252	2,414	2,556
アインエルベイダ	タフィーラ最高区	70	77	84	91
	サンファハ	3,450	3,762	4,089	4,394
	ネムタ	159	174	189	204
	アインエルベイダ	10,918	11,893	12,935	13,900
	アインエルベイダ・ブセイラ間 1	455	498	542	585
	アインエルベイダ・ブセイラ間 2	818	895	975	1,051
	ブセイラ	9,522	10,378	11,222	11,997
エラワスポンプ場	ガラダール	4,739	5,169	5,625	6,045
	エラワスーカデシヤ間 1	77	84	91	98
カデシヤ	カデシヤ	7,660	8,348	9,078	9,754
コンクリート会社	エラワスーカデシヤ間 2	605	658	718	773
合計		64,500	70,100	75,600	80,600

3) 配水区毎の水需要量

表 3-20 タフィーラ県対象地域の配水区毎の計画給水量 (m³/日)

担当配水池・ ポンプ場	配水区	計画 1 日平均給水量				計画 1 日最大給水量			
		2010	2015	2020	2025	2010	2015	2020	2025
タフィーラ 低区	マンソウラ	628	674	732	787	943	1,012	1,099	1,182
	タフィーラ低区東	1,857	1,967	2,060	2,133	2,786	2,952	3,090	3,201
	タフィーラ低区西	875	936	1,018	1,092	1,313	1,405	1,527	1,639
タフィーラ 高区	タフィーラ 高区東	219	235	256	275	329	354	384	413
	タフィーラ 高区西	310	332	355	376	465	498	533	564
アインエルベ イダ	タフィーラ最高区	10	11	12	13	16	17	19	20
	サンファハ	516	554	601	646	775	833	903	971
	ネムタ	24	26	28	30	36	39	42	45
	アインエルベイダ	1,632	1,752	1,902	2,045	2,452	2,631	2,857	3,071
	アインエルベイダー ブセイラ間 1	68	74	80	86	103	111	120	130
	アインエルベイダー ブセイラ間 2	123	133	143	155	185	200	215	233
	ブセイラ	1,424	1,528	1,651	1,764	2,140	2,295	2,479	2,649
エラワスポ ンプ場	ガラダール	709	761	827	889	1,065	1,142	1,243	1,335
	エラワスーカデシヤ間 1	12	13	13	15	18	19	20	22
カデシヤ	カデシヤ	1,145	1,230	1,335	1,435	1,721	1,847	2,004	2,155
コンクリート会社	エラワスーカデシヤ間 2	91	97	106	114	137	146	159	171
合計		9,640	10,322	11,118	11,856	14,483	15,500	16,692	17,799

タフィーラ県対象地域の配水区毎の計画人口及び計画給水量の一覧表を参考資料-4 に示す。

(3) 水道水源の評価

タフィーラ県対象地域の 2015 年の計画日平均給水量は、10,322 m³/日である。同地域の水源であるハセ井戸群の揚水試験結果（WAJ）を参考資料-5 に示した。試験結果から得られた時間揚水量を基に、一日 20 時間井戸ポンプを稼動するとして、水源量を日量 15,984 m³/日と推定した。推定水源量が計画平均給水量を上回っており、2015 年において、同水源で対象地区の水需要を賄うことが可能と考える。同様に、計画日最大給水量も賄うことが可能である。水源あるいは配水池の水質試験結果を参考資料-1 に示す。水質的に水道水源として問題はない。

(4) タフィーラ県対象地域の送配水システムの検討

1) 送配水システムの検討範囲

送配水システムに関して以下の検討を行なう。

- ・ タフィーラ南部地区（アインエルベイダ～ブセイラ地区～エラワスポンプ場～ガランダー及びカデシヤ地区）への送配水の最適案
- ・ アインエルベイダ配水池からタフィーラ市内への送水管の改造

2) タフィーラ南部地区への送配水の最適案

a) 現況送配水システム

タフィーラ南部へは、アインエルベイダ配水池から送配水している。

- ブセイラ：約 10km 離れたアインエルベイダ配水池から 200mm の配水管により自然流下により直接配水しているが、管の口径が小さく配水能力が低いため、高台にある地域は出水不良を被っている。
- ガランダー：同様に約 10km 離れたアインエルベイダから 200mm の送水管で、エラワスポンプ場の配水池（300m³）に受水、ポンプ場からポンプ圧送により直接配水を行っている。
- カデシヤ：ガランダー同様、アインエルベイダから 200mm の送水管で、エラワスポンプの場の配水池（300m³）に受水、ポンプ場からカデシヤ配水池（1000m³）にポンプ圧送し、配水池から自然流下で配水している。

b) 代替案

最適なシステムを選定するため、以下の 4 送配水代替案を作成し比較検討した（図 3-7）。WAJ からの要請では、配水池はガランダー地区 1 池であったが、ブセイラ地区への配水池の設置の有無を考慮して代替案を設定した。なお、カデシヤ地区への送水方法は全ての代替案で同じであるため、比較においては、カデシヤ送水システムを除いて比較検討を行った。

A 案：送水管を 1 本補強し、アインエルベイダ配水池からエラワスポンプ場までブセイラ、ガラ
ンダール及びカデシヤの需要水量分を送水し、計画ガランダール配水池及び既存カデシヤ配水池
へポンプ送水する。計画ガランダール配水池から、ブセイラ地区及びガランダール地区へ配水す
る。(ガランダール 1 計画配水池案)

B 案：送水管を 1 本補強し、アインエルベイダ配水池から計画ブセイラ配水池及びエラワスポ
ンプ場までそれぞれブセイラとガランダール及びカデシヤの需要水量分を送水する。エラワスポ
ンプ場から計画ガランダール配水池及び既存カデシヤ配水池へポンプ送水する。各々の配水池から
各地域に配水する。(ブセイラ及びガランダールの 2 計画配水池案)

C 案：送水管を 1 本補強し、アインエルベイダ配水池からエラワスポンプ場までガランダール及
びカデシヤの需要水量分を送水する。ブセイラ地区へは、その送水管から分岐して直接配水する。
計画ガランダール配水池及び既存カデシヤ配水池へはポンプ送水する。(ガランダール 1 計画配水
池及び送配水混合システム)

D 案：送水管を一本増強し、アインエルベイダ配水池からエラワスポンプ場までガランダール及
びカデシヤの需要水量分を送水する。更に、アインエルベイダ配水池から配水管をもう 1 条布設
しブセイラ地区へ直接配水する。エラワスポンプ場から計画ガランダール配水池及び既存カデシ
ヤ配水池へポンプ送水し、その後、各地区へ配水する。(ガランダール 1 計画配水池及び送配水分
離システム)

案	概念図	施設概要
A 案	カデシヤ配水池 カデシヤ エラワスポンプ場 ガラダール ブセイラ アインエルベイダ配水池	送水管： 1) アインエルベイダ～ブセイラ 口径 200mm－300mm x 10.7km 2) エラワス PS－ガラダール配水池 口径 250mm x 3.6km ポンプ場：2.8m³/s 配水池：1 池 x 1,800m³
B 案	カデシヤ配水池 カデシヤ エラワスポンプ場 ガラダール ブセイラ アインエルベイダ配水池	送水管： 1) アインエルベイダ～ブセイラ 口径 200mm－300mm x 10.7km 2) エラワス PS－ガラダール配水池 口径 150mm x 3.6km ポンプ場：0.95m³/s 配水池：2 池（1,200m³、600m³）
C 案	カデシヤ配水池 カデシヤ エラワスポンプ場 ガラダール ブセイラ アインエルベイダ配水池	送水管： 1) アインエルベイダ～ブセイラ 口径 300mm－350mm x 10.2km 2) エラワス PS－ガラダール配水池 口径 150mm x 3.6km ポンプ場：0.95m³/s 配水池：1 池 x 600m³ 減圧弁：1 箇所 流量調節弁：1 箇所
D 案	カデシヤ配水池 カデシヤ エラワスポンプ場 ガラダール ブセイラ アインエルベイダ配水池	送水管： 1) アインエルベイダ～ブセイラ 口径 150mm－300mm x 19.7km 2) エラワス PS－ガラダール配水池 口径 150mm x 3.6km ポンプ場：0.95m³/s 配水池：1 池 x 600m³ 減圧弁：1 箇所

図 3-7 アインエルベイダ～ブセイラ地区及びエラワスポンプ場への送配水方法の比較

c) 最適案の選定

次表に各案の比較を示す。D 案は建設費が高いため採用しない。A 案は建設費に加えて維持管理費も高いため採用しない。B 案は、建設費は C 案より 3%弱高いが、送配水管理及び漏水管理の面で C 案より優れており、WAJ の計画方針にも合致することから、B 案を採用する。B 案の水理計算結果を参考資料－6 に示す。

表 3-21 アインエルベイダからブセイラ、エラワスポンプ場及び計画ガランダー配水池への送水システムの代替案の比較

	A 案	B 案	C 案	D 案
直接工事費比率	1.091	1.028	1.000	1.307
維持管理費	ブセイラ配水区分の配水量をガランダー配水池まで送水するため、その分のポンプ費用がB案に比べ増	3 代替案で同じ		
送配水制御	送配水が分離し、ブセイラ配水区分には計画配水池からの自然流下配水となり、配水制御が容易である。	送配水が分離し、ブセイラ配水区分には計画配水池からの自然流下配水となり、配水制御が容易である。	ブセイラへの配水とエラワスポンプ場への送水を1本の管路で制御する必要があり、送配水制御が複雑である。流量制御弁に加え、自動化システムを追加するとコスト増となる。	送配水が分離するが、配水池とブセイラ配水区分が遠隔地にあり、タイムリーな配水制御はできない。
漏水制御	ブセイラ地区へはガランダー配水池からの自然流下となり、適切な位置に減圧弁を設置すれば漏水も減少する	ブセイラ地区へはブセイラ配水池からの自然流下配水であるため、最大静水圧が低くなり、漏水量も少ない。	ブセイラ配水区分の最大静水圧がB案より約50m増加する。漏水制御のため、ブセイラ地区への配水の前に減圧弁が必要となる。	C案に同じ
WAJ の設計方針	WAJ の設計方針は、送配水分離、配水池からの自然流下方式であり、合致する。	WAJ の設計方針である、送配水分離、配水池からの自然流下方式であり、合致する。	新しい施設に関するWAJ の設計針は送配水分離であり、合致しない。	B案に同じ
総合判断	建設費及び維持管理費とも高い	建設費はC案より3%弱高いが、送配水制御、漏水制御の面でC案より優れており、WAJ の計画方針にも合致する。日本の広報効果も高い。 (採用)	建設費が最小 配水管理が困難	建設費が高い

3) 送配水管の改造

既存のアインエルベイダ配水池からの送水管は本プロジェクトにおいても活用する。

タフィーラ高区配水池には、現在 200mm 管により送水されている。この管には多くの枝管が接続されている。本プロジェクトでは、タフィーラ市内に入るまでの送配水管として使用する。タフィーラ市内に入っては使用しないこととする。タフィーラ市内への配水は、新たにタフィーラ配水池から布設する配水管により行なう。

アインエルベイダ配水池からの既存 300mm 管は直接タフィーラ低区配水池に送水している。高区用の送水管にも本送水管を活用する。そのため、低区配水池において、300mm 管を同配水池内あるいは近辺から出ている高区配水池用の配管に接合することにより、アインエルベイダ配水池か

ら高区配水池に直接送水を可能とする。

(5) 配水池計画

1) 対象地域の配水池容量の検討

次表に対象地域の 2015 年における必要配水池用地を既存容量と共に示す。既存配水池の容量は 2015 年の配水量を満たす容量となっている。計画ブセイラ及び計画ガランダール配水池の計画容量は 1,200m³ 及び 600m³ となる。

表 3-22 必要配水池用地と既存容量

担当配水池/ポンプ場	配水池底盤の標高 /低水位 (m)	既存容量 (m ³)	必要容量 (m ³)	計画容量 (m ³)
タフィーラ古配水池 (高区)	1184.5	1,000	430	
タフィーラ新配水池 (低区)	1101.8	4,500	2,690	
アインエルベイダ配水池	1353	5,000	1,920	
エラワスポンプ場配水池	1292	300	-	
カデシヤ配水池	1601	1,000	920	
計画ブセイラ配水池	1305	-	1,150	1200 m ³
計画ガランダール配水池	1470	-	570	600 m ³

2) ブセイラ配水池用地

ブセイラ配水池は、ブセイラ配水区に適切な給水圧で配水するため、標高約 1,305m 強の位置に建設する必要がある。また、建設用地は政府用地が好ましい。この条件を満たす地点を現地調査し、更に、土地局で用地所有者を確認した。その結果、ブセイラ配水用地として、次図に示す 2 地点が候補地として上げられる。次表に 2 地点の検討結果を示す。評価の結果、A 地点を配水池用地として選定する。

表 3-23 計画ブセイラ配水池候補地の検討

条件	A 候補地	B 候補地
水理条件	標高が 1300m～1315m であり、水理的に配水池の候補地標高として最適である。	標高が 1315m～1325m と配水池の候補地標高として若干高く、給水圧が高くなる。また、アインエルベイダ配水池からの新設送水管の口径が大きくなる。
社会条件	建設道路及び配管ルートが私有地を通過するため私有地の土地購入が発生する。私有地は現在、何の用途にも使用されていない空地である。	建設道路及び配管ルートが私有地を通過しないため私有地の土地購入は発生しない。
評価	採用 水理的に最適な位置であること、私有地の購入が必要であるが現在空地であることから購入は容易と判断した。	

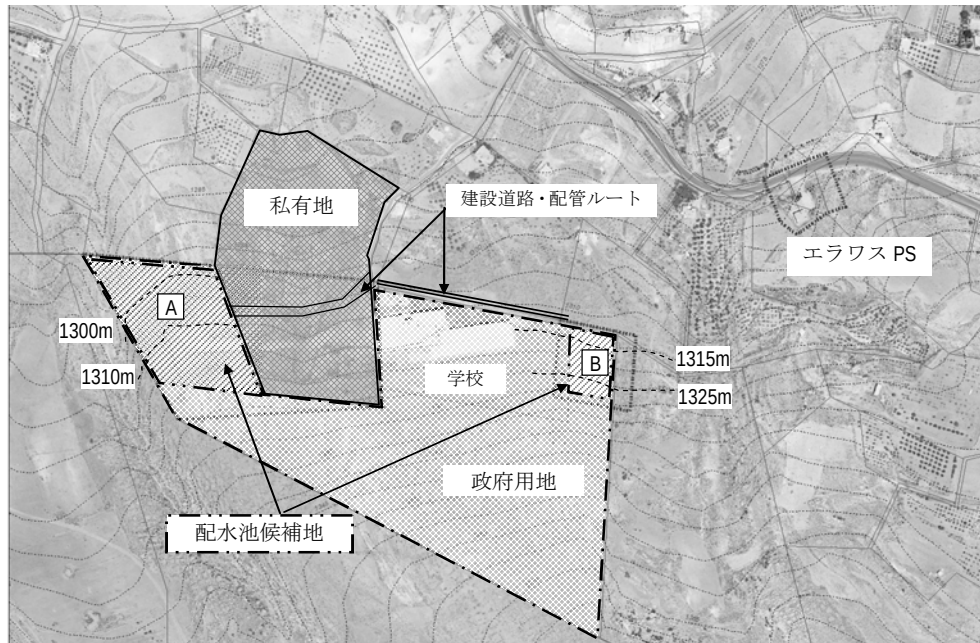


図 3-8 ブセイラ配水池用地候補地

3) ガランダー配水池候補地

ガランダー地区は、周囲を丘に囲まれており、政府用地である条件を満たす配水池候補は複数点存在する。現場調査では、6 地点の候補地を調査した。次表に 6 地点の比較評価を示す。なお、ガランダー地区への配水のための最適な配水池標高は 1470m である。検討結果、エラワスポンプ場から近く配水区からも近いため、水理的に最も有利であり、建設コスト及びポンプ消費電力量も最も少なくなる C 地点を、計画ガランダー配水池用地として選定する。



図 3-9 計画ガランダール配水池候補地

表 3-24 計画ガランダール配水池候補地の検討

候補地	特徴	評価
A	エラワスポンプ場及びガランダール中心地区から遠く送配水管延長が長くなる。エラワスポンプ場及びガランダール地区の配水区から標高が高く、より高いポンプ揚程及び多くの消費電力を必要とする。また、配水区への給水圧が高くなる不利がある。ポンプ電力量が最大の案である。	
B	エラワスポンプ場から近く、標高も高くないため、ポンプ揚程は低く消費エネルギー的にも最小である。ただし、標高が低く、十分な給水圧が確保できない地域が出てくる。	
C	エラワスポンプ場からの距離は代替案の中で中程度である。標高は 1470m 近辺を確保可能であり、配水区中心地区にも近いため、水理的に最適な地点である。なお、小延長の取り付け道路が必要となる。	採用
D	エラワスポンプ場及びガランダール配水区から遠く、送配水管延長が最大となる。現在道路が無い場合、長い取り付け道路の建設が必要となる。	
E	地理的に配水区中心地区に近い場合、配水の点で有利である。しかし適切な標高が確保できない場合、十分な給水圧が確保できない地域が出てくる。エラワスポンプ場からの距離が C 案より長い場合、C 案よりポンプが高揚程及び送水管路延長が長くなる。	
F	エラワスポンプ場及び配水区から遠いため、送配水管延長が長くなる。標高も低く十分な給水圧が確保できない地域が出てくる。	

計画ガランダール配水池の施設配置を次図に示す。

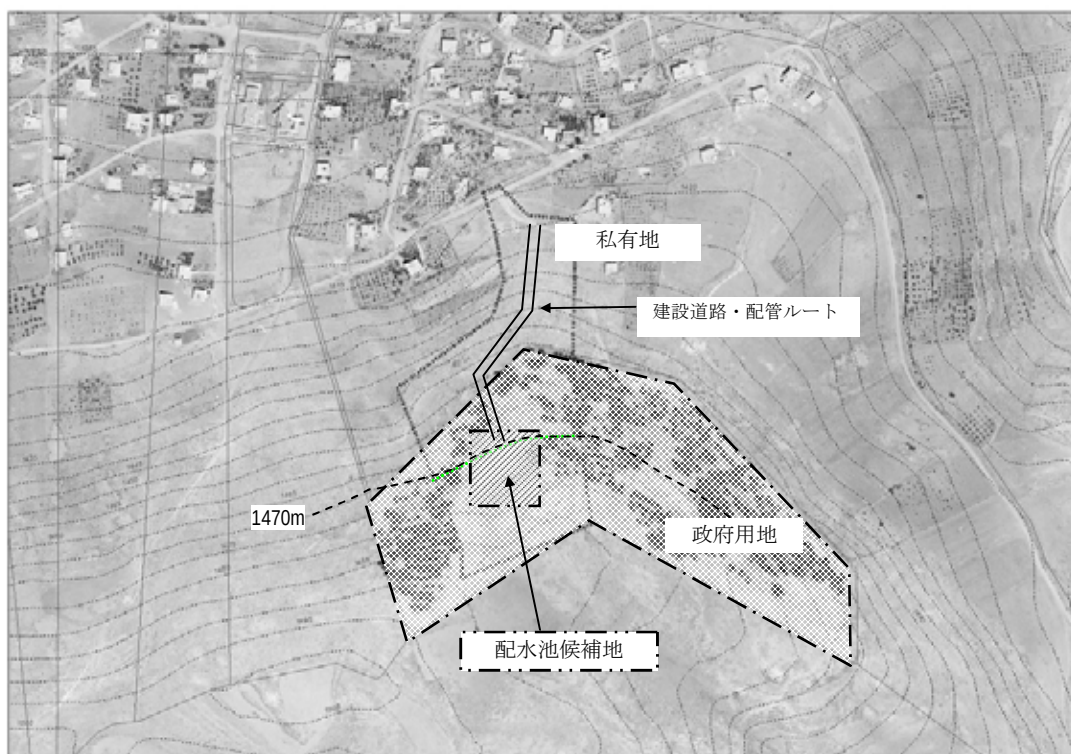


図 3-10 ガランダール配水池候補地

4) 計画配水池の形状と構造

a) 構造形式および形状

RC 構造配水池の経済的な有効水深は 3m～5m 程度である。従って、用地に制限がない場合、RC 構造配水池の有効水深をこの水深程度とする。建設予定地には十分な施設建設予定地が確保でき、水深が 4m 程度に設定できることから、このような規模では経済性に優れた RC 構造（矩形）とする。

配水池地盤高は、水理計算結果、既存施設の地盤高、現況地盤高及び周辺施設の地盤高を考慮して決定した。

上記配水池の形状、現況地盤高等を考慮し、配水池の計画水位、有効水深及び構造を表 3-25 のとおり決定する。

表 3-25 配水池の計画水位及び構造

担当配水池/ポンプ場	有効容量 (m^3)	低水位 (m)	高水位 (m)	有効水深 (m)	構造
計画ブセイラ配水池	1,200	1305	1308.8	3.8	RC（矩形）
計画ガランダール配水池	600	1470	1474.4	4.3	RC（矩形）

b) 基礎形式および施設配置計画

配水池の基礎方式は、構造物建設予定地の土質が基礎地盤として十分な地耐力を有していることから直接基礎方式とする。敷地内での施設配置は、基礎地盤の地耐力を活かせるように配水池の計画地盤高において構造物が地山に載るように計画する。また、建設用地へのアクセス道路計画を参考資料－15 に示す。

c) 付帯設備

各配水池には、施設場内配管として流入管、流出管、バイパス管、越流管および排水管を計画する。更に、運用および監視用に必要な計装機器（水位計）を設置する。また、配水池からの越流水をなくすため、配水池には、定水位弁を設置する。なお、エラワスポンプ場から送水されるカデシヤ配水池にも定水位弁を設置する。

(6) エラワスポンプ場の改修・増築計画

1) 改修及び増設ポンプの担当地域

配水池からの自然流下による配水及び配水区域の明確化によって、エラワスポンプ場からガランダー区域（低標高地域）とカデシヤ区域（高標高地域）に区別して送水をする。エラワスポンプ場（標高 1295m）から既存カデシヤ配水池（標高 1601m）及び計画ガランダー配水池（1470m）への送水となるため、送水ポンプ設備は、揚程の異なるポンプを設置する必要がある。

既存のポンプ施設は改修してガランダー地区送水用として使用する。また、カデシヤ区域用はポンプ設備を含むポンプ場を既存ポンプ場の敷地内に増設する。ポンプ揚程の高いポンプ場をまず建設することにより、その新設ポンプ場を運転しつつ、ガランダー及びカデシヤ両地区へポンプ送水が可能となる。増設後、同ポンプを稼働させつつ、既設ポンプ場を改修することとする。

2) ポンプの計画容量と揚程

エラワスポンプ場の各地域へのポンプの計画容量は、2025 年の日最大給水量から以下のように算定される。更に、標高差を基に必要揚程は以下のとおり算定される。

表 3-26 計画ポンプ容量と揚程

地域	2025 年の日最大給水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	ポンプ容量 ($\text{m}^3/\text{分}$)	ポンプ揚程 (m)
ガランダー	1,335	0.95	225
カデシヤ	2,155	1.5	380

3) 既存ポンプ場の改修方針

既存ポンプ場のポンプ設備は、本ポンプ場のために設置されたものではなく、他ポンプ場から移設されてきたものである。従って、ポンプ揚程及び配水量も不適切でありかつ極度に老朽化しており、頻繁に修理を繰り返している状況である。このような機械電気設備一式を交換する。

4) 拡張ポンプ場建屋

ポンプ場建屋は柱、梁、スラブおよび壁を鉄筋コンクリートのラーメン構造とする。

5) ポンプ設備機械・電機設備

各ポンプはエラワスポンプ場内にある配水池から押し込みで水を受けて送水する。各ポンプ・モータの仕様は下表の通りである。

表 3-27 ポンプ・モータの仕様

仕 様	ガラダール用 (改修ポンプ場)	カデシヤ用 (増設ポンプ場)
ポンプ		
台数	2 台 (1 台予備)	2 台 (1 台予備)
吐出量 (m ³ /min.)	0.95	1.5
揚程 (m)	225	380
適用規格	ISO9905 及び 9906	ISO9905 及び 9906
型式	水平軸片吸い込み多段遠心	水平軸片吸い込み多段遠心
口径 (Suction x Discharge)	φ 100mmx80mm	φ 125mmx100mm
材質 (本体/羽根車)	鋳鉄/青銅鋳物	鋳鉄/青銅鋳物
モータ		
適用規格	IEC6043 及び 60072	IEC6043 及び 60072
動力電源 (定格電圧)	AC380V, 3 相、50Hz	AC380V, 3 相、50Hz
制御電源	AC220V, 単相、50Hz	AC220V, 単相、50Hz
極数/最大回転数	2 P/3000rpm	2 P/3000rpm
型式	三相かご型誘導電動機	三相かご型誘導電動機
起動方式	スターデルタ	リアクトル
運転方式	現場手動	現場手動

ポンプ軸動力及びモータ出力はいかのとおりである。但し、ポンプ軸動力は、各ポンプ製作メーカーによりポンプ効率が違うために、本数値は参考である。

表 3-28 ポンプ軸動力とモータ出力

	ガラダール用ポンプ場	カデシヤ用ポンプ場
ポンプ軸動力 (kW)	65	166
モータ出力 (kW)	75 (75) *	191 (200) *

*:モータの定格値を示す

6) ポンプ・モータの主付属設備

a) 水撃防止装置

2 地域のポンプ設備は図式解法によって、吐出側配管縦断線と最小、最大圧力から水撃作用を分析した結果、2 ポンプとも水撃を受ける事がわかった。よって、各ポンプ共以下の対策を設けるものとする。水撃防止対策の分析結果を参考資料－7 に示す。

表 3-29 各ポンプの水撃対策

ポンプ場	水撃分析	対策
ガラダール用送水ポンプ	水撃分析の結果、ポンプ場より 2.5km～配水地に至る 1.2km の間で、配管縦断線が最低圧力線を上回っており、負圧が生じる事が判った。	最低圧力線を改善するために、ポンプにフライホイールを入れることで最低・最大圧力線が改善され負圧が解消される。よって、ポンプに $GD_2 = 7\text{kg} \cdot \text{m}^2$ のフライホイールを設置する。フライホイールが小型の場合、技術的及び価格的に最も優れている改善策である。
カデシヤ用送水ポンプ	分析の結果、ポンプ場より 4.2km～5.6km の間 1.4km の間で、配管縦断線が最低圧力線を上回っており、負圧を生ずる事が判った。	最低・最大圧力線を改善するために、フライホイール、空気タンク、吸排気弁の 3 種類について以下のとおり検討した結果、吸排気弁を採用する。 - フライホイールの場合、 $150\text{kg} \cdot \text{m}^2$ の巨大なホイールが必要となり、ポンプに取り付けが困難である - 圧力タンクは 40kg の高圧タンク及びコンプレッサが必要となり、維持管理及び経済上のリスクが大きい - 技術面及び価格面から空気弁が最適である。弁を設置する場所はポンプから概略 4.5km 地点に口径 100mm の弁を 3 箇所を設置する。

b) 受電盤

既存エラワスポンプ場の契約受電量は 250 k VA であり、本プロジェクトで設計されるポンプの運転に必要な受電容量はスターデルタ起動の場合、およそ 803.12 k VA と計算されるために既存の変圧器容量では不足である。「ヨ」国側は既存の電力会社との契約を変更するとともに、既存のトランス容量を 250 k VA から増量容量変更する必要がある。トランス容量は契約者が設置するポンプ出力によって決定される。 供給された一次電源を各ポンプのための動力/制御盤に対し分電するためにカデシヤ用ポンプ場に設置される。盤の型式は屋内鋼板製自立閉鎖型とする。適用規格は IEC60439 とする。供給される電源は AC380V、3 相、4 線式、50Hz である。盤主要構成部品は DS、LA、ACB、GR、MCCB 及び電流、電圧計等である。 数量 受電盤：1 面
--

c) 動力・制御盤

適用規格は IEC60439 とする。動力及び制御回路は同じ盤内に設置する。盤の型式は屋内鋼板製自立閉鎖型とする。ポンプの起動はスターデルタ式またはリアクトルとし、起動・停止は手動操作とする。主要構成部品は MCCB、MC、変圧器、電流計等である。 数量 ガラダール用ポンプ：2 面 カデシヤ用ポンプ：2 面
--

d) ポンプ吐出側逆止弁

ポンプ吐出側に設置し、逆流を防止する弁である。ポンプ停止時に急激な圧力上昇を防止するために親子弁式とし、弁の構造はカウンターウエイト付き親弁と油圧式ダッシュポット付き子弁とする。

数量

ガラダール用ポンプ：2 個

カデシヤ用ポンプ：2 個

接続はフランジとしフランジ規格は以下のとおりとする。

ガラダール用ポンプ：PN30

カデシヤ用ポンプ：PN40

材質

弁箱：ダクタイル鋳鉄

弁体：ダクタイル鋳鉄

弁軸：ステンレススチール

e) 制水弁

ポンプの運転・維持管理上必要な箇所としてポンプ吸い込み側、吐出側に設置する。

ガラダール用ポンプ：4 個

カデシヤ用ポンプ：4 個

材質（吸い込み側弁）

弁箱：鋳鉄

弁体：鋳鉄

材質（吐出側弁）

弁箱：ダクタイル鋳鉄

弁体：ダクタイル鋳鉄

スピンドル：銅合金又はステンレススチール

接続はフランジとし、規格は以下のとおりとする。

ガラダール用ポンプ：ポンプ流入側 PN10、ポンプ吐出側 PN30

カデシヤ用ポンプ：ポンプ流入側 PN10、ポンプ吐出側 PN40

f) 維持管理用チェーンブロック

構造は天井に固定された I 型鋼にチェーンブロックを設置させたものとする。走行、巻き上げの操作は全て手動で行なう。定格荷重は 2 トンとする。

数量

ガラダール用ポンプ（改修ポンプ場）：1 式

カデシヤ用ポンプ（拡張ポンプ場）：1 式（I-ビームを含む）

(7) 配水管網の更新計画

南部地域の大部分の給配水管は脆弱な亜鉛メッキ鋼管や黒鋼管であり、布設後平均約 22 年～39 年を経過し老朽化が著しく、漏水削減には技術的な維持管理の改善に加えて配水管自体の更新という施設自体の改善が不可欠となっている。なお、亜鉛メッキ鋼管は、高水圧に弱く、腐食にも脆弱であるため、漏水の原因管となっている。また、老朽化した内面タール塗装黒鋼管では、劣化による水質悪化も問題視され、安全な水の供給のため黒鋼管の更新は課題となっている。

1) 管網更新の優先度付け

対象地域は広い地域に分布しており、全ての地域を管網更新の対象にできるわけではないため、優先順位をを付けることにより、対象地域の絞込みを行う。選定は下記の指標により行う。

- 人口規模と人口密度：費用対効果、総裨益人口

- 管の年齢：無収水量削減効果大
- 漏水の発生頻度：無収水量削減効果大
- 現況給水圧：無収水量削減効果大

2) 人口規模と人口密度

タフィーラ県の対象地域の 2015 年の推定人口と人口密度を以下に示す。人口は多い順番にタフィーラ市、アインエルベイダ、ブセイラの順位である。人口密度もタフィーラ市と隣接するマンソウラが大きくなっている。

表 3-30 タフィーラ県対象地域の 2015 年の推定人口と人口密度

地区	推定地域人口 (2015 年)	人口順位	人口密度 (人/ha)	人口密度 順位
マンソウラ	4,577	6	69	2
タフィーラ市	23,664	1	84	1
サンファハとその近隣地区	3,762	7	24	8
ネムタ	174	8	42	4
アインエルベイダ	12,391	2	35	6
ブセイラ	11,273	3	33	7
ガラन्दール	5,253	5	43	3
カデシヤ	9,006	4	40	5
合計／平均	70,100	-	45	-

3) 配水管の年齢

配水管の年齢は、現地調査において WAJ 職員からのヒアリングにより収集した。管齢データは管口径及び管種とともに、GIS 地図内に整理した。次表に地区別の平均配管年齢を示す。これによると、カデシヤが最も古く 39 年である。

表 3-31 地区別の配水管平均年齢

地区	平均の管年齢
1. マンソウラ	21.8
2. タフィーラ市	23.1
3. サンファハ	23.6
4. アインエルベイダ	27.6
5. ブセイラ	30.0
6. ガラन्दール	21.6
7. カデシヤ	39.0

4) 漏水の発生頻度

WAJ 職員からの聞き取り調査によると、タフィーラ県の漏水の発生頻度は以下に示す順番となっている。

- 1 番：タフィーラ市中心部：10～20 修理回数/日

- 2 番：ブセイラ中心街
- 3 番：カデシヤ中心街
- 4 番：ガランダール

5) 配水管網更新の対象地区の選定

上記指標をまとめて以下の表に示す。

表 3-32 配水管網更新の対象地区の選定

地区	推定人口	人口密度 (人/ha)	平均 管年齢 (年)	漏水発生 頻度	現況給 水圧	原要請 地区	管網更新 地区の選定
タフィーラ							
マンソウラ	4,577	69●	21.8				
タフィーラ市	23,664●	84●	23.1	●	高い●		●
サンファハ	3,762	24	23.6		高い●		
アインエルベイダ	12,391●	35	27.6●				
ブセイラ	11,273●	33	30.0●	●	高い●	●	●
ガランダール	5,253	43	21.6	●	高い●	●	●
カデシヤ	9,006	40	39.0●	●	高い●	●	●

注：●は各項目での更新プラス要因であることを示す。

ネムタは極小地域のため選定から除外した。

サンファハでは、JICA 技術協力プロジェクトで無収水対策が実施中である。

上記の指標により配水管更新の対象地区を下記の通り選定した。

表 3-33 配水管更新の対象地区の選定

選定地区	選定理由	管網更新対象人口 (2015 年)
● タフィーラ市	裨益人口が多く人口密度も高い。配水圧及び漏水の発生頻度が高い。	23,664
● ブセイラ	裨益人口も多く管年齢が高い。配水圧及び漏水の発生頻度が高い。給水状況の改善のために本事業で配水池を整備し給水状況の改善をするのにあわせて減圧施設を設置し管網の更新が効果的である。	10,378
● カデシヤ	裨益人口も多く管年齢が一番高い。配水圧及び漏水の発生頻度が高い。給水状況の改善のために本事業で配水池を整備し給水状況の改善をするのにあわせて減圧施設を設置し管網の更新が効果的である。	5,169
● ガランダール	配水圧及び漏水の発生頻度が高い。給水状況の改善のために本事業で配水池を整備し給水状況の改善をするのにあわせて減圧施設を設置し管網の更新が効果的である。	8,348
	合計	47,559

注：管網対象地域の人口は表 3-19 を参照。

(8) 管路計画

1) 送水管

管網解析を基に計画送水管の延長と口径を次表のとおり算定した。

表 3-34 計画送水管の延長

ルート	口径	延長
アインエルベイダーブセイラ入口	300mm	7,950m
ブセイラ入口ーブセイラ交差点	250mm	2,270m
ブセイラ交差点ー計画ブセイラ配水池	200mm	460m
エラワスポンプ場ー計画ガランダール配水池	150mm	3,540m
合計		14,220m

2) 配水管網の更新

管網解析を基に管網更新延長を次表のとおり算定した。管網解析結果を参考資料ー8に示す。

表 3-35 タフィーラ県対象地域の配管更新の概略延長 (m)

管口径	タフィーラ	ブセイラ	ガランダール	カデシヤ	合計
300mm	90	0	0	0	90
250mm	2,210	460	0	0	2,670
200mm	2,510	2,930	1,000	1,320	7,760
150mm	3,020	490	320	1,780	5,610
100mm	6,230	3,300	2,460	2,250	14,240
50mm	14,790	14,550	9,700	11,560	50,600
合計	28,850	21,730	13,480	16,910	80,970

3) 管材料

WAJの管種選定方針は、口径50mm（外径63mm）以下はHDPE（高密度ポリエチレン管）、それを越える管径の管はDI（ダクタイル鋳鉄管）を採用している。本プロジェクトの送配水管の管材料は、「ヨ」国での採用実績を考慮し以下に示す優位性から、100mm以上の管にはダクタイル鋳鉄管、外径63mm以下の管にはHDPE管を採用する。

本プロジェクトにおけるダクタイル鋳鉄管の優位性：

- ① 施工性に優れることから管敷設工事が掘削から管敷設、埋戻しまで短時間で完了させることが可能であり、幹線道路及び市内配管工事において、即日復旧により交通への影響を最小限にすることができる。
- ② 管接合が継手方式であることから特殊な技能が必要なく、現地の技術水準においても水密の確保が容易である。

- ③ 本対象地域の土質には、腐食性が認められており、ダクタイル鋳鉄管は耐蝕性に優れている。加えて、高い剛性と撓性をもつことから耐衝撃性にも優れており長期の耐用年数が期待できる。
- ④ WAJ 方針通りの管材料を使用することにより、保守点検、補修資材の確保等の維持管理面で有利であり、本事業で敷設した管路が適切に補修され長期的に活用される。

4) 付帯設備

制水弁、排水弁および空気弁の付帯設備を配管路線の必要箇所に設置する。以下に各種弁類の計画を示す。

表 3-36 各種弁の設置位置及び仕様

弁	設置位置及び仕様
制水弁	配水管の接続部及び維持管理部に制水弁を設置する。仕様は以下とする。 ・ 型 式：スルース弁 ・ 材 質：鋳鉄またはダクタイル鋳鉄 ・ 接続方式：フランジ接合
空気弁	配管の路線縦断で管路凸部に空気弁を設置する。仕様は以下とする。 ・ 型 式：単口空気弁 ・ 接続方式：フランジ接合
排水弁	配管の路線縦断で管路凹部に排水弁を設置する。仕様は以下とする。 ・ 型 式：スルース弁 ・ 材 質：鋳鉄 ・ 接続方式：フランジ接合

5) 異形管防護

異形管防護は、市街地および主要幹線道路上の路線を除いてスラストコンクリートブロックで行う。市街地および主要幹線道路上の路線については、施工速度を考慮して離脱防止用継手を採用する。

6) 管継ぎ手

管継手方法としては、施工性および経済性に優れており、所定の水密性の確保ができることから T 型（プッシュオン型）継手を採用する。

7) 腐食対策

WAJ 職員によると、タフィーラ対象地域には、管路腐食の著しい地域がある。腐食土調査を基に腐食度評価を実施した結果、計画配水主管ルートに腐食度が高い土壌があることが確認されたため、管路の防食対策が必要である。腐食性の検討結果及びデータを参考資料-9 に示す。

配水主管の防食対策として、最も簡易な方法であるポリエチレンスリーブで鋳鉄管を防護するこ

ととする。防護箇所はタフィーラ市 2 箇所で合計 2 km とする。

(9) 配水枝管材調達計画

タフィーラ県は起伏があり、「ヨ」国側で配水管更新計画の策定及び実施が困難な地域であるため外径 63mm 管も、2009 年 10 月の議事録 (M/D) にて我が国への要請内容として整理した。しかし、管網解析の結果、100mm 未満管には減圧弁の設置が必要なく、管路の布設において技術的な問題も少なくなったことから相手側負担工事として整理する。ただし、相手側の費用負担能力を勘案し、管材の調達は日本側が行なうこととする。

1) 調達対象範囲の設定	- 対象地域は、タフィーラ市、ブセイラ、ガランダール及びカデシヤ地区とする
2) 直管材料	- 高密度ポリエチレン管 (HDPE 管) : 63mm 管 (PN16)
3) 調達対象となる配水枝管の総延長	- 50,600m
4) 付属品	- 異形管、継手材、制水弁 (分岐部)

(10) 減圧弁の設置計画

配水管網の更新と共に配水圧を適切な範囲に保つため減圧弁を設置する。ペトラの既存減圧施設のキャビテーションによる破損状況及び設置条件を調査し、適切な減圧施設の設置方法を検討した。減圧弁の検討は参考資料-10 に示す。

1) 減圧弁の設置箇所と口径

タフィーラ県の対象地域では、地形上の起伏により送配水管の水位差は大きい。高配水圧による漏水事故を防止すること及び漏水量を低減するため、減圧弁により水圧は WAJ の設計基準である最大静水圧 6 bar (0.6MPa) 程度以下とする。また、減圧弁はキャビテーションによる弁座の侵食を避けるためにキャビテーション係数を考慮する必要がある。キャビテーション係数は以下の計算で求められる。

$\sigma_1 = H_2 + 10 / (H_1 - H_2)$ $H_1 : \text{バルブの 1 次側水頭 (m)}$ $H_2 : \text{バルブの 2 次側水頭 (m)}$

上記計算によるキャビテーション係数 (σ_1) とは別にバルブ固有のキャビテーション係数 (σ_2) がある。これらの関係は $\sigma_1 > \sigma_2$ の場合においてはキャビテーションが起きないとされている。ペトラ地区の既存の減圧弁を調査した結果、 σ_1 が 0.5~0.7 以下の場合においてキャビテーションが発生し弁座が侵食されている。よって、 σ_2 の値を 0.7 と設定した。

圧力差を考慮して減圧弁を設置する位置を図 3-11 から図 3-14 通り設計した。添付図データから、減圧弁の口径及びキャビテーション係数（ σ_1 ）は表 3-37 のとおりである。

減圧弁の口径は減圧の分散を目的に接続管口径より小さくする。但し、弁の通過流速が 2m/秒以下とする。この時、Cv 値が正圧であれば縮小した口径が適切であるといえる。Cv 値の計算式は以下のとおりである。

$$C_v = 11.6 \times Q \times \sqrt{G / \Delta P}$$

C_v : 流量係数
 Q : 流量 (m³/h)
 G : 比重 (水 : 1)
 ΔP : 差圧 (kM_p) ($\Delta P = P_1 - P_2$)
(P₁ : 減圧弁一次圧力、P₂ : 減圧弁二次圧力)

表 3-37 減圧弁の仕様

No.	設置地名/No.	配管の条件					減圧弁の設計					
		接続管 口径	接続管 材質	一次圧 (MPa)	二次圧 (MPa)	差圧 (MPa)	流速 (m ³ /秒)	流量 (m ³ /日)	流量 (m ³ /時)	Cv 値	口径	σ_2 (係数)
1	タフィーラ 1	100	DI	0.63	0.5	0.13	2.008	766.1	31.92	32.48	75	4.62
2	タフィーラ 2	100	DI	0.68	0.3	0.38	1.581	603.1	25.13	14.95	75	1.05
3	タフィーラ 3	100	DI	0.6	0.3	0.3	2.054	783.7	32.65	21.87	75	1.33
4	タフィーラ 4	100	DI	0.62	0.3	0.32	0.717	273.5	11.4	7.39	75	1.25
5	ブセイラ 1	100	DI	0.51	0.3	0.21	1.833	699.16	29.13	23.32	75	1.90
6	ブセイラ 2	100	DI	0.61	0.3	0.31	1.490	568.35	23.68	15.60	75	1.29
7	ブセイラ 3	200	DI	0.35	0.3	0.05	1.461	3962.66	165.11	270.86	200	8.00
8	ブセイラ 4	200	DI	0.66	0.3	0.36	1.278	3468.05	144.5	88.34	200	1.11
9	ブセイラ 5	200	DI	0.66	0.3	0.36	1.858	2835.22	118.13	72.22	150	1.11
10	ブセイラ 6	200	DI	0.68	0.3	0.38	1.430	2182.8	90.95	54.12	150	1.05
11	ブセイラ 7	100	DI	0.62	0.3	0.32	1.062	405.06	16.88	10.95	75	1.25
12	ガラダール 1	200	DI	0.61	0.3	0.31	1.482	2261.64	94.24	62.09	150	1.29
13	ガラダール 2	200	DI	0.64	0.3	0.34	1.055	1609.67	67.07	42.19	150	1.18
14	ガラダール 3	100	DI	0.57	0.3	0.27	1.008	384.83	16.03	11.32	75	1.48
15	ガラダール 4	100	DI	0.57	0.3	0.27	0.830	316.8	13.2	9.32	75	1.48
16	ガラダール 5	100	DI	0.59	0.35	0.24	0.747	285.07	11.88	8.90	75	1.88
17	カデシヤ 1	200	DI	0.57	0.3	0.27	1.381	3747.15	156.13	110.22	200	1.48
18	カデシヤ 2	200	DI	0.6	0.3	0.3	1.299	3524.9	146.87	98.36	200	1.33
19	カデシヤ 3	100	DI	0.54	0.3	0.24	0.747	285.2	11.88	8.90	75	1.67
20	カデシヤ 4	150	DI	0.66	0.3	0.36	1.058	717.95	29.91	18.29	100	1.11
21	カデシヤ 5	150	DI	0.64	0.3	0.34	1.890	1281.55	53.4	33.59	100	1.18
22	カデシヤ 6	100	DI	0.54	0.3	0.24	1.247	475.6	19.82	14.84	75	1.67

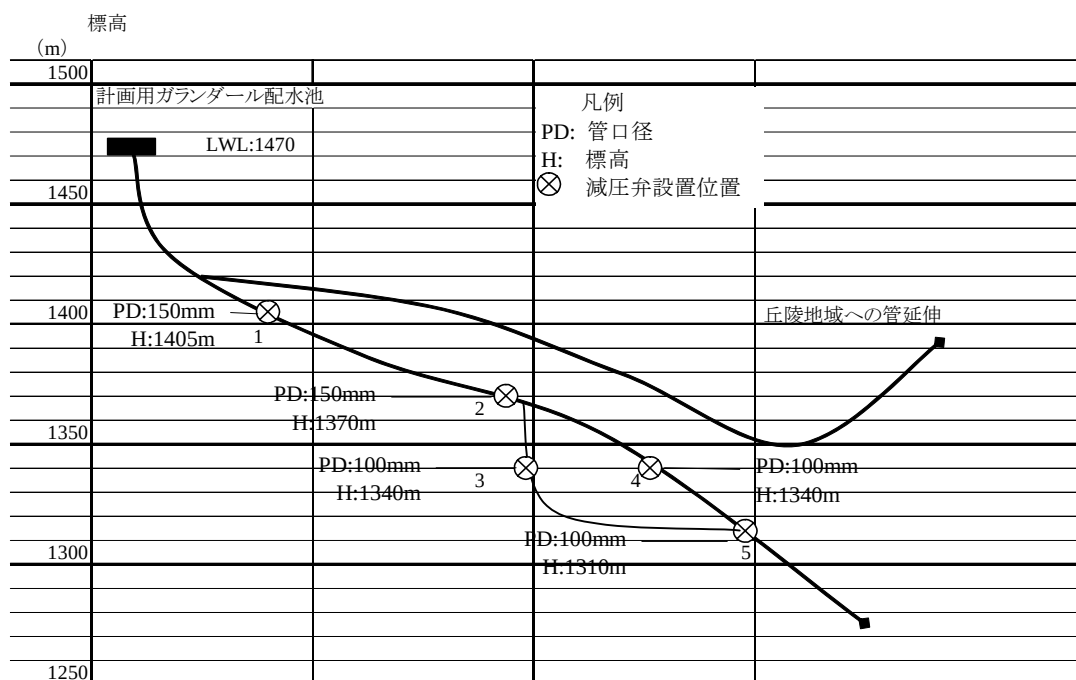


図 3-13 減圧弁位置（ガランダー）

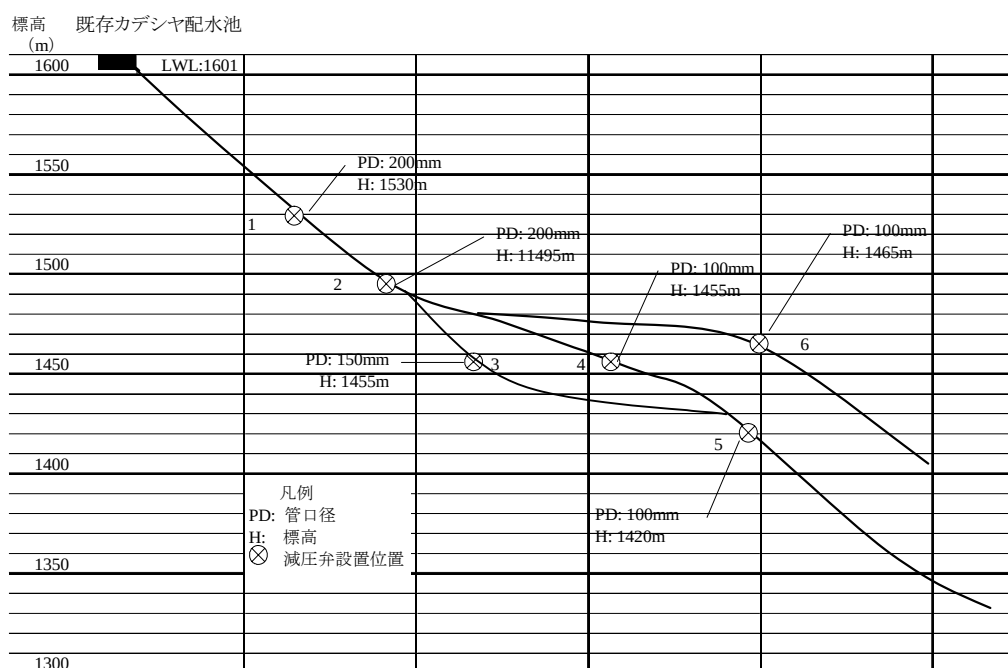


図 3-14 減圧弁位置（カデシヤ）

2) 減圧弁の設置方法

維持管理のために減圧弁はバイパス配管を設けるものとする。また、減圧弁を保護する目的からストレーナを設置する。

3) 減圧弁の仕様

減圧弁	減圧弁の駆動力は管内水圧を利用する自力式とする。減圧弁は本弁及びパイロット弁から構成される。本弁はダイヤフラム式バルブである。パイロット弁の機能は弁の2次側圧力（減圧）を一定に保つためである。接続はフランジとし規格はISO規格、PN16とする。数量は下表の通りとする。 口径別減圧弁数量 <table border="1" data-bbox="523 405 1195 600"> <thead> <tr> <th>口径 (mm)</th><th>個数</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>75</td><td>12</td></tr> <tr> <td>100</td><td>2</td></tr> <tr> <td>150</td><td>4</td></tr> <tr> <td>200</td><td>4</td></tr> <tr> <td>合計</td><td>22</td></tr> </tbody> </table> 材質 弁体：ダクタイル鋳鉄 ダイヤフラム：特殊ゴム 弁軸：ステンレス パイロット弁：砲金及びステンレス	口径 (mm)	個数	75	12	100	2	150	4	200	4	合計	22
口径 (mm)	個数												
75	12												
100	2												
150	4												
200	4												
合計	22												
ストレーナ	ストレーナは減圧弁への異物（砂、小石その他）の流入を防ぐための機能を有するものとする。主要部品は、本体、蓋、パンチングプレート式ストレーナで構成される。 補足された異物は蓋をはずし、バケットストレーナを取り出して掃除できる構造とする。接続はフランジとし規格はPN-16とする。 数量：22個（詳細は減圧弁数量と同じ） 材質 本体及び蓋：鋳鉄 ストレーナ：ステンレス												
ストップ弁	減圧弁の維持管理のために減圧弁入口、出口及びバイパス配管上に設置する。弁の型式は制水弁である。接続はフランジとし、規格はISO PN-16とする。 口径別ストップ弁数量 <table border="1" data-bbox="523 1099 1195 1294"> <thead> <tr> <th>口径 (mm)</th><th>個数</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>75</td><td>36</td></tr> <tr> <td>100</td><td>6</td></tr> <tr> <td>150</td><td>12</td></tr> <tr> <td>200</td><td>12</td></tr> <tr> <td>合計</td><td>66</td></tr> </tbody> </table> 材質 弁箱：鋳鉄 弁体：鋳鉄 弁棒：ステンレス	口径 (mm)	個数	75	36	100	6	150	12	200	12	合計	66
口径 (mm)	個数												
75	36												
100	6												
150	12												
200	12												
合計	66												

(11) 配水モニタリングシステム計画

1) システム導入の目的

現在、計画地域の水道システムの無収水率は非常に高い。中でも漏水率の計測データがないために送配水管理が適切に実施されていない。本プロジェクトでは配水池、ポンプ場、配水管理区（DMA：District Metering Area）の出口又は入り口に流量計を設置し、中央監視室（WAJ支所）で流量・圧力を監視することで、漏水率の推定が可能となる。WAJは漏水率の把握と共に、漏水の改善策を策定し、漏水率の低減をはかることができる。更に、配水区別に流量が測定可能となるので、無収水対策の優先順位付けや、各配水区単位で漏水制御を含む無収水削減対策の立案・実施が容易になる。

また、流量・圧力を中央監視室（WAJ 支所）で監視することで、配水区の仕切り弁を迅速に調節することが可能となり、偏流を防ぎ、不均一な配水を改善することができる。

本システム設置対象は配水管網を更新し配水区割を行うタフィーラ県対象地域のみとする。

2) 監視システムの対象施設

モニタリングシステムで監視する対象施設は以下のとおりである。

- ・ 配水池の出口：6 箇所（10 流量計）
- ・ 送水ポンプ場出口：1 箇所（2 流量計）
- ・ DMA（配水管理区域）入り口：3 箇所（3 流量計、3 水圧計）

流量計は全ての箇所に設置するが、圧力計の設置箇所は、DMA 入口のみとする。詳細対象施設は図 3-15 に示す。

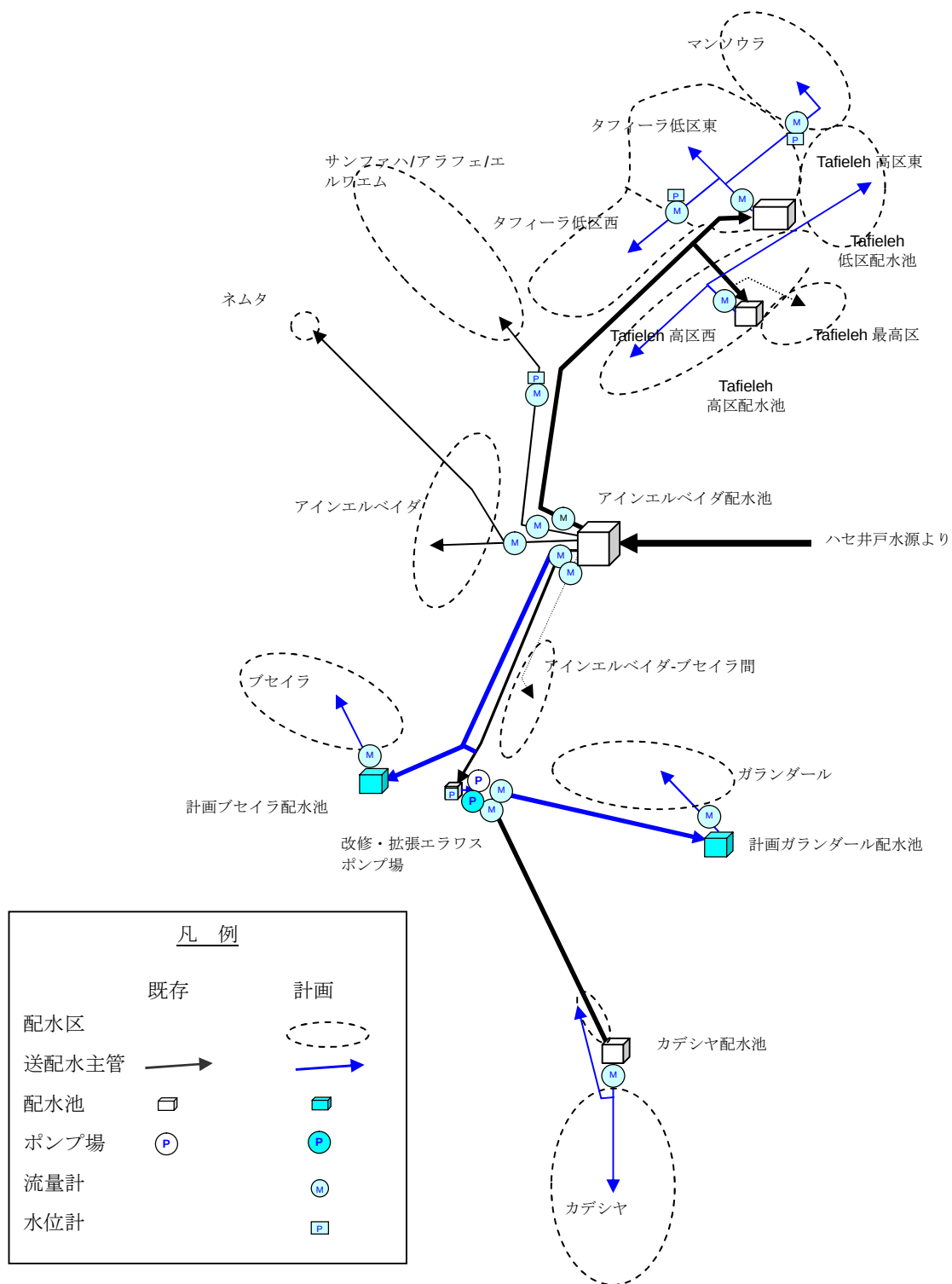


図 3-15 タフィーラ県監視装置の設置位置

3) 監視システム

タフィーラ WAJ 支所に中央監視室（親機）を設け、監視対象施設（子機）からの圧力・流量データを受信し分析すると共に蓄積する。配水池出口及びポンプ場出口では流量計が複数設置される。

これらの流量計は同一敷地内に設置されるために、1つのインターフェイスパネルとする。子機であるインターフェイスパネルの構成はコンバーター及びGPRS（General Packet Radio Service）モデムである。現地でのデータは15分間隔で収集され、1日1回親機に送信される。データの蓄積期間は24時間とする。データの伝送は無線システム（GPRS 又は GSM）を使用する。

親機の構成はGPRS ルータ、サーバー、モニター用ディスプレイ、プリンタ及び電源装置（UPS 含む）であり、各機器は机上に設置する。サーバーは現地子機からのデータの収集を行い、全データを保持する。収集されたデータをもとにヒストリカルトレンド、帳票（日・月・年報）の作成をする。帳票は効率的で使いやすいアプリケーションにより作成・印字される。また、データは1年間保存する。帳票データ保存期間は5年とする。システムの概略は図 3-16 に示す。

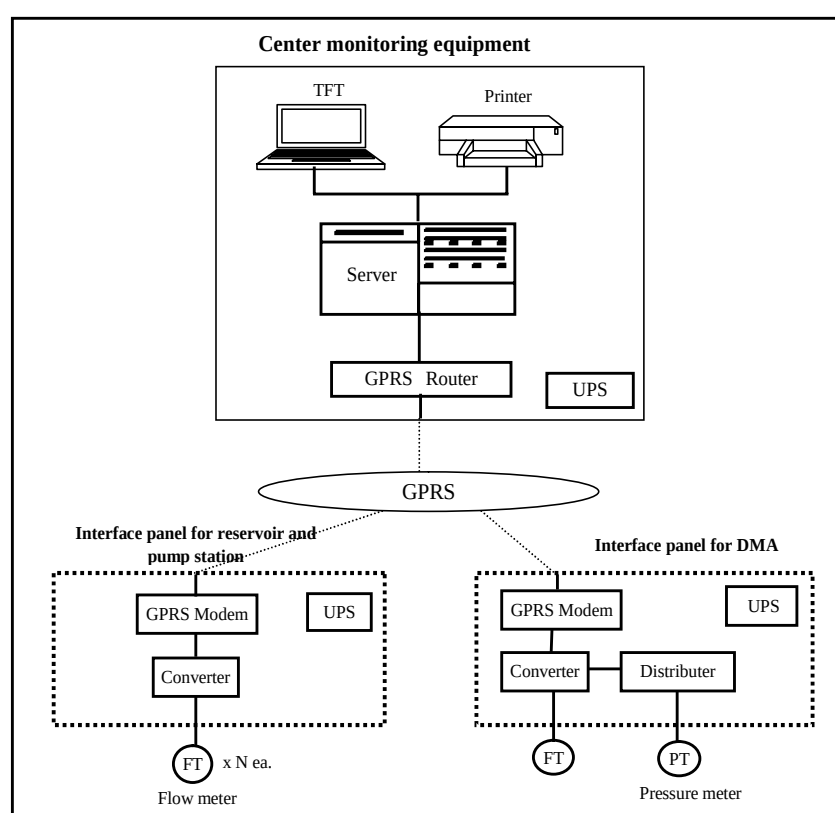


図 3-16 配水モニタリングシステムの概略

4) 設置場所と数量

親機及び子機の設置場所及び数量を次表に示す。

表 3-38 親機構成機器

設置場所	TFT	サーバー	プリンタ	GPRS ルータ	UPS	電源盤
WAJ タフィーラ支所事務所	1	1	1	1	1	1

表 3-39 子機構成機器

施設	流量計	圧力計	GPS	UPS	現場盤
タフィーラ県					
1. タフィーラ 高区配水池	1		1	1	1
2. タフィーラ 低区配水池	1		1	1	1
3. マンソウラ配水区(DMA) 入口	1	1	1	1	1
4. タフィーラ低区西配水区(DMA) 入口	1	1	1	1	1
5. サンファハ配水区(DMA) 入口	1	1	1	1	1
6. アインエルベイダ配水池	5		1	1	1
7. 計画ブセイラ配水池	1		1	1	1
8. エラワスポンプ場	2		1	1	1
9. 計画ガランダール配水池	1		1	1	1
10. カデシヤ配水池	1		1	1	1
合計	15	3	10	10	10

5) 中央監視システム（親機）

表 3-40 親機仕様（中央監視システム）

項目	仕様
a. サーバ	CPU : Intel Xeon Processors, 2.4 GHz 又は Higher Minimum 450GB メモリー: Minimum 4GB ECC 付き HDD : Minimum 450GBx2 RAID 1 付き オプテカルドライブ: 24xCD-ROM/RW, 8xDVD-R, 6xDVD-RW ネットワークインターフェイス: 100Base-TX/1000Base-TX ソフトウェア: Windows 2003 Server Standard
b. TFT モニター	型式: TFT (Thin Film Transistor) 寸法: 16 インチデスクトップ 解像度: 1680x1050
c. プリンタ	型式: カラーレーザープリンタ RAM サイズ: 96MB 用紙寸法: A3 及び A4 ネットワークインターフェイス: 100Base-TX/1000Base-TX
d. GPRS ルータ	型式: 工業用 GPRS ルータ インターフェイス: Ethernet
e. UPS	型式: 代替電源使用インバータ給電 容量: 500VA 入力: AC220V、50Hz 出力: AC220V、50Hz バックアップタイム: 120 分 インターフェイス: Ethernet

6) 子機

表 3-41 子機仕様

項目	仕様
a. 流量計	型式：超音波流量計 流速：0.5－20m/sec. 精度：+/-1%(最大流量) 電源：AC220V 50Hz 又は DC24V 出力信号：DC4-20mA. 出力接点：1点 IP規格：IP65以上
b. コンバータ	CPU：60k step 以上 I/O Unit：デジタル/アナログ インターフェイス：100Base-TX
c. GPRS ルータ	型式：工業用 GPS ルータ インターフェイス：Ethernet
d. UPS	型式：代替電源使用インバータ給電 容量：500VA 入力：AC220V、50Hz 出力：AC220V、50Hz バックアップタイム：120分 インターフェイス：Ethernet
e. インターフェイス盤	型式：屋外設置、鋼板製自立型 IP規格：IP65以上
f. 圧力計	型式：防水型 (IP67) 取り付け：柱状取り付け ケース材質：ステンレススチール 電源：DC24V 出力信号：4-20mA 2線式 精度：+/-0.1% (最大圧力) 最大圧力：1.6 Bar

(12) 広報計画

広報活動は重要なプロジェクト活動の一つである。本事業の広報活動は、受益者である「ヨ」国側が主となり実施することとし、日本側は、「ヨ」国の実施する広報活動を支援する。日本側は、施設建設時において以下の広報物を建設する。

- ODA 広告看板
- マンホール蓋への ODA マーク
- 銘板
- 配水池壁面への ODA マーク、メッセージ・絵の描画

「ヨ」国側は、主にソフト面での以下の広報活動を担当することとする。

- 絵画コンテスト（配水池壁画用）
- プロジェクトに対する啓蒙・啓発活動

(13) 計画施設の総括表

計画施設の概要を次表にまとめて示す。