

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・ハシェミット王国
ザイ給水システム改良計画
準備調査報告書
(先行公開版)

令和2年8月
(2020年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

(株)TEC インターナショナル

環境
J R (P)
20-051

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・ハシェミット王国
ザイ給水システム改良計画
準備調査報告書
(先行公開版)

令和2年8月
(2020年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

(株)TEC インターナショナル

序 文

独立行政法人国際協力機構は、ヨルダン・ハシェミット王国のザイ給水システム改良計画に係る協力準備調査を実施することを決定し、同調査を株式会社 TEC インターナショナルに委託しました。

調査団は、令和元年7月から令和元年9月まで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。

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

令和2年8月

独立行政法人国際協力機構
地球環境部
部 長 岩崎 英二

要 約

1. 国の概要

ヨルダンは立憲君主制の国家で、国土の周囲はサウジアラビア、イラク、シリア、イスラエル、パレスチナに隣接しているが、ヨルダン国内の治安は中東の中では比較的安定している。

プロジェクト対象事業地域のアンマンは砂漠とヨルダン渓谷の間の標高約 900m の丘陵地帯で、19 の丘を有する起伏に富んだ地形に位置している。

アンマンの気候は高温夏季地中海性気候（ケッペン気候区 Csa）で、月平均最高気温は 33.4℃、月平均最低気温は 6.2℃、年平均降水量は 120mm である。夏期になると 40℃ 近くの気温となる日もあり、高温乾燥した過酷な気象となる。一方冬期になると氷点下になることもあり、降雪も観測されている。

2008 年の世界金融危機以降、経済成長率は伸び悩んでおり、2010 年から 1～3% 台、2018 年は 1.9% である（IMF、2018 年）。失業率の高さも問題となっており、2018 年失業率は 18.3% である（IMF、2018 年）。2018 年国内総生産（GDP）は 422.9 億 US ドル、一人当たりの国内総生産（GDP/capita）は 4,270 US ドルである（IMF、2018 年）。ヨルダンの産業内訳は 2017 年推定で、第 1 次産業が GDP の 4.5%、第 2 次産業が 28.8%、第 3 次産業が 66.6% となっている（CIA、The World Factbook、2020）。

ヨルダンは水や原油などの天然資源に恵まれず、2017 年の主な輸出品目は燐鉱石・衣料品・医薬品・肥料、輸入品目は車両・液化石油ガス・石油などで（OEC、2019 年）、2018 年の貿易収支は、輸出 77.73 億 US ドル、輸入 202.16 億 US ドルとなっており、124.43 億 US ドルの貿易赤字となっている（UNCTAD、2018 年）。

2. プロジェクトの背景と経緯及び概要

ヨルダンの人口約 1,030 万人（2018 年推定、Department of Statistics「ヨルダン統計局」、以下「DOS」と表記）のうち、半数近くが面積 1,086km² のアンマン県で生活している。アンマン県の給水人口は約 430 万人（2018 年推定、DOS）で、ザイ給水システムは約 20 万 m³/日の生産を行っており、アンマンに対しディシ化石地下水（27.4 万 m³/日）に次ぐ主要な水源となっている。またアンマンに供給されているディシ化石地下水の放射線量を希釈するためにも使われており、重要なシステムである。

しかし現在、ザイ給水システムの機器の老朽化が進んでいる状況にある。そのため、今後のさらなる機能低下や機能停止による給水量及び水質の低下を未然に防ぐための機材更新が急務となっている。

また、標高約 900m に位置するアンマンに給水するためのザイ給水システムの給水源は、標高約 -230m のヨルダン渓谷にあるため、高低差約 1,260m を揚水するための大量の電力が必要となっており、ポンプ類のエネルギー効率の改善、システム・設備・機材更新による運転効率の改善や運転費用の削減が必要となっている。

ヨルダンは包括的な国家戦略である「ヨルダン 2025 年国家ビジョンと戦略」を策定し、ヨルダン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一人当たり水量の不足、水セクターの財務効率の改善、水セクターの構造改革、送配水ネットワークの再構築等が挙げられている。

また国家水戦略（2016 年～2025 年）では以下の 5 分野を重要な戦略分野としている。

①総合的な水源計画

- ②上下水道サービス
- ③灌漑、エネルギー等にむけた水利用
- ④組織改革
- ⑤セクター情報のマネジメントおよびモニタリング

水セクター設備投資計画(2016-2025)「Water Sector Capital Investment Plan(2016-2025)」は、国家水戦略(2016年～2025年)の下位計画として作成された。この投資計画のうち、ザイ浄水場・ポンプ場施設の修復・改良(2016-2019)に基づき、無償資金協力「ザイ給水システム改良計画」(以下「本プロジェクト」と表記)は要請されている。

本プロジェクトは、ヨルダンアンマン県においてザイ給水システムの設備・機材の更新をすることにより、給水量及び水質の低下を防ぎ、加えて、機材の運転効率の改善や運転費用の削減に貢献するものである。

過去ザイ給水システムの建設・更新は、ヨルダンあるいは開発パートナーが関与しており、近年では、USAIDがZAI WATER TREATMENT PLANT PROJECT(2019年8月、DRAFT)の作成で計画に関与している。2019年8月にUSAIDより上記ドラフトレポートを入手したが、本プロジェクトにおいて本調査団が調査し作成した、優先順位の上位項目とUSAIDが検討するコンポーネントに重複するものはなかった。

3. 調査結果の概要とプロジェクトの内容

JICAは、株式会社TECインターナショナルを令和元年7月から令和元年9月まで、現地に派遣し、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調査を実施した。以下に調査結果の概要を示す。

(1) 基本方針

現在のザイ給水システムが建設されてから30年以上が経過し、施設や機材、特にポンプの劣化が著しい状況にあり、システムを停止させないためにも早急な対策が必要である。またザイ給水システムは、高低差約1,260mを揚水するため大量の電力を必要とし、Miyahunaの営業支出に占める電力費の割合は約33%と非常に高い値を示している。したがって、ポンプ等の老朽設備・機材の更新による運転効率の改善や運転費用の削減、エネルギー効率化が必須である。本計画では、予算の制約上、重要度等を考慮して、優先順にコンポーネントを実施する方針とする。

1) ザイ給水システムの現状の把握・分析と優先順位の確認

現在のザイ給水システムで生じている老朽化等による影響(故障、補修のための運転停止、維持管理の負担、故障のリスク等)を現地調査で把握・分析し、コンポーネントの優先順位を決定した。

分析に当たっては、以下の観点から分析を行い、まとめとして更新効果(機器・施設を新しいものに改めることで、得られる効果)を記述、更新優先順位を決定した。

1. 機能不全による給水能力低下の防止
2. コスト(更新による維持管理費)削減¹
3. エネルギー消費量削減効果²

優先順位決定にあたっては、給水が機能不全に陥らず継続されることが最優先であるとの観点か

¹ ポンプ、モータ、トラベリングスクリーン、鏡板、薬注施設が対象

² ポンプ、モータが対象

ら、「1. 機能不全による給水能力低下」を10段階評価として重みづけして点数付けを行い、「2. コスト(更新による維持管理費)削減」「3. エネルギー消費量削減効果」については5段階評価で点数付けし、1～3の合計値をもって優先順位を決定した。

優先順位第一位は取水・導水・送水ポンプ、モーター、バルブ更新、第二位はトラベリングスクリーン更新、第三位は吐出ヘッダー管エンドパイプ鏡板更新であった。

優先順位決定にあたっては、Miyahuna にヨルダン側の優先順位も確認した。ヨルダン側の優先順位は、日本側で14位と順位付けしたテレメーター設備更新が10位であった以外は、日本側で順位付けした順位と変わらなかった。ヨルダン側の優先順位についても、優先順位表に記載している。

2) 優先順位と事業規模を勘案した更新対象機材の選定

以上の検討に基づき、本調査で更新が必要と判断された機材の中から、優先順位を勘案し、事業規模の観点から優先順位の高い機材を本事業の対象として選定した結果、優先順位3位までの機材、すなわち、①取水・導水・送水ポンプ、モーター、バルブ、②トラベリングスクリーン、③吐出ヘッダー管エンドパイプ鏡板更新を更新対象とする。

2018年時点でWAJが更新を必要と考えていた資機材の内容及び本準備調査の結果、更新対象となった機材を表1に示す。

表1 更新予定機材

施設名	既設主要設備		2018年時点の要請内容	本事業の更新対象機材
沈砂池	W25mxL125mxD4mx4 池	1 式	1 式 (建替え)	—
取水ポンプ場 (IPS)	スクリーン	4 台	4 台	4 台
	縦軸斜流ポンプ	4 台	3 台	3 台
	同上用モータ	4 台	3 台	3 台
導水ポンプ場 4 か所 (PS1-4)	横軸渦巻ポンプ	16 台	12 台	12 台
	同上用モータ	16 台	8 台	9 台
	場内吐出配管	4 式	吐出ヘッダー管 4 式	鏡板 4 枚
送水ポンプ場 (PS5)	横軸渦巻ポンプ	4 台	3 台	3 台
	同上用モータ	4 台	2 台	3 台
	電動ボール弁	3 台	—	3 台
	チェッキ弁	4 台	—	4 台
	場内吐出配管	1 式	—	鏡板 1 枚

(出典：WAJ 提供資料・現地調査をもとに調査団作表)

(2) 機材計画

1) トラベリングスクリーン

4 台のトラベリングスクリーンの更新を行う。特に原水の性状が原因で既存のスクリーン設備の腐食が激しいことから、トラベリングスクリーンの延命化を考慮して塗装など十分防食を考慮した仕様とする。

2) 取水ポンプ

今回トラベリングスクリーンの更新により異物の影響が軽減されるが、取水ポンプの耐久性向上を目的に羽根車とケーシングリングを高強度と耐摩耗性を兼ね備えたステンレス鋳鋼に変更する。

3) 導水ポンプ

ポンプの摩耗と腐食に関する検討を公益社団法人 腐食防食学会（腐食センター）に依頼し、以下の2項目が結論として得られた。

- ① 鋳鋼製ケーシング舌部の損傷は、スラリーが何らかの影響を与えている可能性が高い。スラリーとは液体に粒子（砂、シルト）が混ざり込んだ懸濁液を指す。
- ② 13Cr ステンレス鋼部品の局部腐食、鋳鋼部品の腐食、鋳鋼製ケーシング舌部の損傷は、原水の塩化物イオン濃度が高いため腐食の進行速度が増し、また二酸化塩素および過マンガン酸カリウムの添加の影響を受けている可能性がある。

上記①については、導水ポンプの鋳鋼製ケーシングの材質を変更する事を推奨している。また、②については、腐食しているケーシングなどの部品の材質を二相ステンレス鋼に変更する事を推奨している。

導水ポンプは全揚程が約 300m と非常に高揚程のポンプであることと原水の性状の問題から、ポンプ内部部品の摩耗と腐食が激しいため性能低下が著しい。ポンプケーシングについては現在鋳鋼（JIS SCW480）の材料が採用されているが、本材料は高強度の反面、腐食しやすいため腐食性流体には不向きである。従って二相系（オーステナイト・フェライト系）ステンレス鋼に変更する。この材料は優れた強度と塩化物環境下での耐食性を有していることから、化学プラントや海水機器等の幅広い用途で使用されており、既存製品で実施してきたケーシング内面のライニングは不要になり維持管理費の低減と耐久性の向上が期待できる。

一方、羽根車については、現在ステンレス鋳鋼（JIS SCS5）の材料が採用されており、マルテンサイト系ステンレスのため耐食性は劣るが高強度である特徴を有しており、インペラが損傷した場合に溶接補修が可能であるメリットもある。しかし、キャビテーションによる壊食が発生していることから、ケーシングと同様に耐キャビテーション性能が高い材質の二相ステンレスに変更する。ウエアリングについては、現在インペラと同様にマルテンサイト系ステンレス鋳鋼（JIS SCS1）の材料が採用されているが、やはり耐食性に劣るので二相ステンレスに変更する。

4) 送水ポンプ

PS5 の4台の送水ポンプの内3台が2003年に新規更新され、2018年に4号機が初めて更新された。本ポンプの取扱液が浄水であることから、摩耗の影響も少なく腐食に関しても正常劣化の範囲と判断する。従って、特に現状のままの送水ポンプで問題無く、次期更新される送水ポンプは既存品と同一仕様とする。

5) モーター

モーターの保護方式は現在開放防滴タイプ（IP³22）が採用されているが、ポンプからの飛沫の侵入を保護する方式（IP24）に改善する。理由として、現在のポンプ場の環境が高温・多湿に加え、導水ポンプのグランド部から漏れる飛沫にシルトが多く含まれており、シルトがモーター内部に侵入・付着していることが分解した結果判明したことによる。尚、今まで Miyahuna 自身で更新したモーターは既に IP24 に変更されている。

6) 吐出ヘッダー管

吐出ヘッダー管の管厚の測定結果から管全体の更新は不要との結果となった。しかし、吐出ヘッダー管末端部は破損事故に対する応急復旧であり、補強後にもかかわらず破損した事例があることから、PS1～5 の5か所の吐出ヘッダー管の末端部を当初の設計通りの鏡板に新規更新する。

7) 電動ボール弁、チェッキ弁

PS5 の電動ボール弁は2018年に1台新規更新されたが、他の弁は納入当初から交換されておらず、

³ International Protection（電気製品の防水・防塵性能を表す国際規格）

設置から年月が経っており送水ポンプ場としての送水能力の低下の原因になるリスクも高く、チェッキ弁 4 台と電動ボール弁 3 台を現状と同等仕様の弁に更新する。

以上の内容を整理し更新機材の仕様と数量をまとめたのが表 2 である。

表 2 更新機材の仕様と数量

施設名	機器名	主要スペック	数量
取水ポンプ場 (IPS)	トラベリングスクリーン	W 1.4～1.9m x L 3.55m x D 7.15m	4
	縦軸斜流ポンプ	43.8 m ³ /min x 30m x 990 min ⁻¹ x 280 kW (羽根車：SCS13) ポンプ効率：83%(注)	3
	同上用モータ	2,80kW x 6P x 0.4kV x 50Hz	3
導水ポンプ場 4 か所 (PS1～4)	横軸渦巻ポンプ	43.5 m ³ /min x 300～314m x 1,490 min ⁻¹ x 3,200～3,500 kW (主要部材：二相ステンレス) ポンプ効率：83%(注)	12
	同上用モータ	3,200～3,500kW x 4P x 6.6kV x 50Hz (保護形式：IP24)	9
	吐出ヘッダー管 鏡板	φ 1,000	4
送水ポンプ場 (PS5)	横軸渦巻ポンプ	42.9 m ³ /min x 195 m x 1,490 min ⁻¹ x 1,800 kW (既存品と同仕様) ポンプ効率：84%(注)	3
	同上用モータ	1,800kW x 4P x 6.6kV x 50Hz (保護形式：IP24)	3
	電動ボール弁	φ 450	3
	チェッキ弁	φ 450	4
	吐出ヘッダー管 鏡板	φ 1,000	1

注記：ポンプ工場試験時における適用規格は、ISO 9906 (1B)、JIS B 8301 (Gr. 1) 又は承認された国際規格とする。(規定ポンプ効率より 3% 下回っても可とする。)(出典：調査団作表)

4. プロジェクトの工期及び概略事業費

本プロジェクトは、実施設計・入札に約 6 ヶ月、調達監理に約 24 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「ヨ」国側負担概算額は 2,400 万円と見積もられる。

5. プロジェクトの評価

(1) 妥当性

1) 裨益対象および人口

裨益対象はアンマン県であり、アンマン県人口 504.6 万人 (2026 年推定値) が裨益人口となる。

2) プロジェクトの目標と BHN、民生の安定や住民の生活改善

本プロジェクトは、ザイ給水システムの設備・機材を更新する計画とし、給水量の減少及び水質

の低下を防ぎ、さらに機材の運転効率の改善や運転費用の削減を図ることを目標とし、これによりベーシック・ヒューマン・ニーズ（BHN）の充足に貢献するものである。

3) 中長期開発計画の目標達成に資する

ヨルダン国の中長期計画である「国家水戦略」では、全てのヨルダン人へ安全で豊富な水を供給していく方針であり、本プロジェクトは、機材を更新してアンマンへの水供給が停止しないことにより、中長期計画の目標達成に資する。

4) 我が国の援助政策・方針との整合性

対ヨルダンの国別開発協力方針（2016年9月）の重点課題として「自立的・持続的な経済成長の後押し」が掲げられ、対ヨルダン JICA 国別分析ペーパー（2015年3月）では「気候変動対策と資源の持続的な活用・管理」を重点課題として分析しており、本事業はこれら方針、重点課題に合致する。また本プロジェクトは、ヨルダンの開発課題・開発政策並びに我が国及び JICA の協力方針に合致する。本プロジェクトは、水道サービスの改善や持続的な管理、安全かつ強靱で持続可能な都市の実現に資するものであり、SDGs ゴール 6 及びゴール 11 に貢献するため、事業の実施を支援する必要性は高い。かつ、シリア難民流入による急激な人口増加のため、アンマン都市圏への給水を含む公共サービスにかかる財政負担が増加しており、人道的観点からも、本事業を迅速に実施する意義は大きい。

(2) 有効性

1) 定量的効果

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 のとおりである。現況及び 2026 年におけるプロジェクトの有無により期待される効果を示す。

表 3 プロジェクトの定量的効果

指標名	基準値（2019 年）	目標値（2026 年）
ザイ給水システムにより供給される水量 1m ³ あたりの電力消費量(kWh/m ³) ⁴	5.10	4.91
年間あたりの温室効果ガス（GHG）排出量（Mt-CO ₂ /year） ⁵	191.97	185 以下

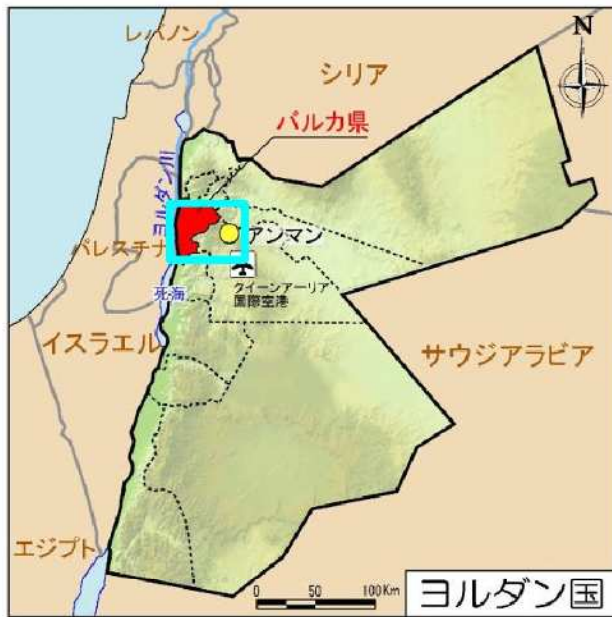
（出典：調査団作表）

2) 定性的効果

ザイ水道システムのポンプの故障や修理に伴う揚水量低下の防止により、同システムから将来にわたり安定した給水が確保できることから、将来の市民の生活環境の保全に寄与する。

⁴ 添付資料 18 「ザイ給水システムにより供給される水量 1m³あたりの電力消費量」に詳細記載

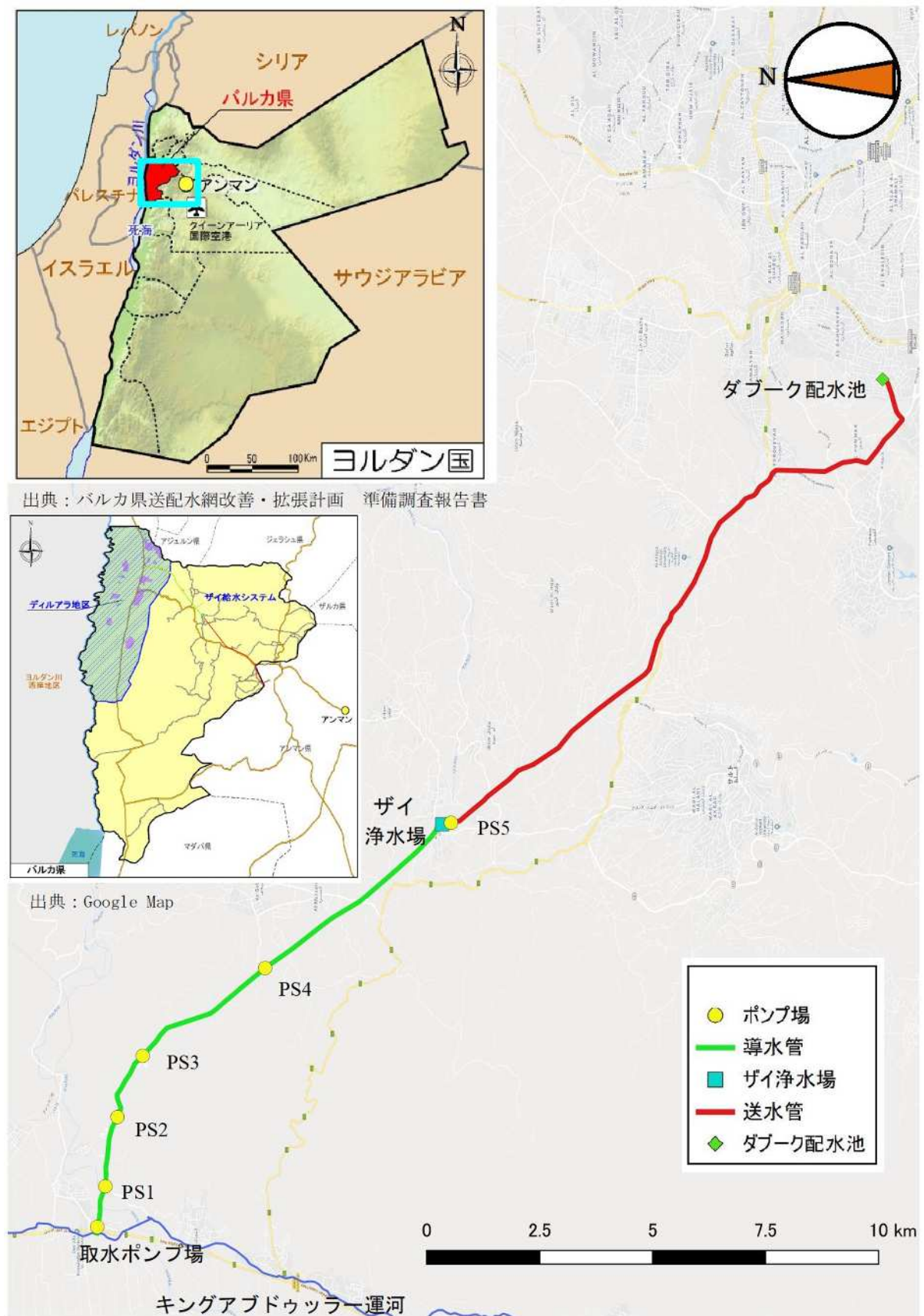
⁵ 添付資料 16 「年間あたりの温室効果ガス（GHG）排出量 基準値・目標値」に詳細記載



出典：バルカ県送配水網改善・拡張計画 準備調査報告書



出典：Google Map



地図：Google Map

調査対象位置図



位置イメージ図

写真集

		
取水ポンプ場内部全景	取水ポンプ・モータ	トラベリングスクリーン全景
		
トラベリングスクリーン内部	PS3 内部全景	PS3 導水ポンプ
		
PS3 モータ	PS5 送水ポンプ	PS5 モータ
		
PS5 チェッキ弁	PS5 ボール弁	PS2 鏡板

ヨルダン・ハシェミット王国
ザイ給水システム改良計画
協力準備調査報告書

要約
調査対象位置図
位置イメージ図
写真集
目次/図表目次
略語表

目 次

第1章	プロジェクトの背景と経緯.....	1-1
1.1	当該セクターの現状と課題.....	1-1
1.1.1	現状と課題.....	1-1
1.1.2	開発計画.....	1-3
1.1.3	社会経済状況.....	1-4
1.2	無償資金協力の背景・経緯及び概要.....	1-6
1.3	我が国の援助動向.....	1-7
1.4	他ドナーの援助動向.....	1-8
第2章	プロジェクトを取り巻く状況.....	2-1
2.1	プロジェクトの実施体制.....	2-1
2.1.1	組織・人員.....	2-1
2.1.2	財政・予算.....	2-4
2.1.3	技術水準.....	2-17
2.1.4	既存施設・機材.....	2-20
2.2	プロジェクトサイトおよび周辺の状況.....	2-48
2.2.1	関連インフラの整備状況.....	2-48
2.2.2	自然条件.....	2-49
2.2.3	環境社会配慮.....	2-60
2.2.3.1	環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要.....	2-60
2.2.3.2	ベースとなる環境社会の状況.....	2-60
2.2.3.2.1	自然環境.....	2-60
2.2.3.2.2	社会環境.....	2-65
2.2.3.2.3	環境社会配慮制度・組織.....	2-69
2.2.3.2.4	スコーピング.....	2-74
2.2.3.2.5	環境社会配慮調査の TOR.....	2-76
2.2.3.2.6	環境社会配慮調査結果（予測結果を含む）.....	2-76
2.2.3.2.7	影響評価.....	2-80
2.2.4	代替案の比較検討（事業を実施しない場合）.....	2-82

2.2.4.1	環境管理計画およびモニタリング	2-83
2.2.4.1.1	環境管理計画（EMP）	2-83
2.2.4.1.2	環境モニタリング計画（EMoP）	2-84
2.2.4.2	モニタリングフォーム案および環境チェックリスト	2-86
2.2.4.2.1	モニタリングフォーム案	2-86
2.2.4.2.2	環境チェックリスト	2-86
2.2.5	現在のアンマン県の水需要量の把握と今後 10 年の水需要予測	2-86
2.3	当該国における無償資金協力事業実施上の留意点	2-87
2.4	その他（グローバルイシュー等）	2-88
第 3 章	プロジェクトの内容	3-1
3.1	プロジェクトの概要	3-1
3.1.1	上位目標とプロジェクト目標	3-1
3.2	協力対象事業の概略設計	3-1
3.2.1	設計方針	3-1
3.2.2	基本計画（機材計画）	3-8
3.2.3	概略設計図	3-16
3.2.4	施工計画／調達計画	3-17
3.2.4.1	施工方針／調達方針	3-17
3.2.4.2	施工上／調達上の留意事項	3-17
3.2.4.3	施工区分／調達・据付区分	3-18
3.2.4.4	施工監理計画／調達監理計画	3-18
3.2.4.5	品質管理計画	3-21
3.2.4.6	資機材等調達計画	3-21
3.2.4.7	初期操作指導・運用指導等計画	3-22
3.2.4.8	ソフトコンポーネント計画	3-25
3.2.4.9	実施工程	3-26
3.2.5	安全対策計画	3-26
3.3	相手国側分担事業の概要	3-26
3.4	プロジェクトの運営・維持管理計画	3-27
3.5	プロジェクトの概略事業費	3-28
3.5.1	協力対象事業の概略事業費	3-28
3.5.2	運営・維持管理費	3-29
第 4 章	プロジェクトの評価	4-1
4.1	事業実施のための前提条件	4-1
4.2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項	4-1
4.3	外部条件	4-1
4.4	プロジェクトの評価	4-1
4.4.1	妥当性	4-1
4.4.2	有効性	4-2

添付資料目次

資料 1	調査団員・氏名	1-1
資料 2	調査行程	2-1
資料 3	関係者（面会者）リスト	3-1
資料 4	協議議事録（M/D）	4-1
資料 5	テクニカルノート	5-1
資料 6	ポンプ・モータ及び主要付帯機器チェックリスト	6-1
資料 7	ヨルダン大型取水・導水・送水ポンプの摩耗と腐食の検討	7-1
資料 8	既設ヘッダー管調査報告	8-1
資料 9	薬品注入設備概要	9-1
資料 10	沈砂池におけるシュミットハンマー試験結果	10-1
資料 11	天日乾燥床の運用・評価	11-1
資料 12	ザイ浄水場から放流されている汚泥に関する調査報告	12-1
資料 13	【補遺】ザイ浄水場から放流されている汚泥に関する調査報告	13-1
資料 14	モニタリングフォーム案	14-1
資料 15	環境チェックリスト	15-1
資料 16	年間あたりの温室効果ガス 排出量 基準値・目標値	16-1
資料 17	概略設計図	17-1
資料 18	ザイ給水システムにより供給される水量 1m ³ あたりの電力消費量	18-1
資料 19	写真集（薬品注入施設、電気設備）	19-1
資料 20	広報資料	20-1

表 目 次

表 1.1	アンマン県の将来予測人口.....	1-5
表 1.2	我が国のヨルダンにおける上水道分野のプロジェクト.....	1-7
表 1.3	他のドナー国・国際機関の援助実績（上水分野）.....	1-8
表 1.4	Miyahuna への最近の他のドナー国・国際機関の援助状況（水道分野）.....	1-8
表 2.1	職員一人あたりの人件費.....	2-4
表 2.2	WAJ 予算.....	2-5
表 2.3	Miyahuna への予算と支出実績.....	2-6
表 2.4	WAJ 損益計算書.....	2-7
表 2.5	電気料金の変遷.....	2-7
表 2.6	WAJ 貸借対照表.....	2-8
表 2.7	各県ごと主要データ.....	2-9
表 2.8	Miyahuna 予算.....	2-11
表 2.9	Miyahuna 水道事業実施計画.....	2-12
表 2.10	Miyahuna 損益計算書.....	2-13
表 2.11	Miyahuna 水 1m ³ 当たりの給水原価及び供給単価.....	2-14
表 2.12	Miyahuna 請求率・徴収率.....	2-14
表 2.13	Miyahuna 貸借対照表.....	2-15
表 2.14	水道料金改定の推移.....	2-15
表 2.15	居住者向け上下水道料金（4 半期ごとの請求）.....	2-16
表 2.16	非居住者向け上下水道料金（4 半期ごとの請求）.....	2-16
表 2.17	原水濁度による取水ポンプの台数制御.....	2-18
表 2.18	機器・施設更新対象表.....	2-20
表 2.19	既設ポンプの仕様.....	2-29
表 2.20	既設モータの仕様.....	2-29
表 2.21	既設主要付帯設備の仕様.....	2-30
表 2.22	急速濾過設備バルブの状態.....	2-38
表 2.23	主変圧器一覧表.....	2-41
表 2.24	沈砂池濁度除去状況.....	2-45
表 2.25	バルカ県における植物相.....	2-61
表 2.26	バルカ県における動物相.....	2-62
表 2.27	バルカ県における鳥類相.....	2-63
表 2.28	ヨルダンにおける保護地域の分類.....	2-64
表 2.29	ザイ浄水場にて発生する汚泥の化学的性状.....	2-65
表 2.30	アンマンにおける人口の推移.....	2-65
表 2.31	2017-2018 年におけるアンマンの教育施設の状況.....	2-66
表 2.32	2017-2018 年におけるアンマンの生徒数.....	2-66
表 2.33	2017-2018 年におけるディルアラの教育施設の状況.....	2-66
表 2.34	2017-2018 年におけるディルアラの生徒数（男女数のデータのみ）.....	2-66

表 2.35	プロジェクトサイトにおける病院施設の状況（2016 年）	2-67
表 2.36	プロジェクトサイトにおける医療施設の状況（総合病院以外，2016 年）	2-67
表 2.37	ヨルダンにおける下痢性疾患（2017 年，UNICEF 調べ）	2-67
表 2.38	5 歳未満児における主な水因性疾患の病因（2015 年）	2-68
表 2.39	ヨルダンにおける栄養状態	2-68
表 2.40	ヨルダンにおいて EIA が要求される事業（EIA 規則付属書 2）	2-70
表 2.41	ヨルダンにおいて初期的環境影響評価が要求される事業（EIA 規則付属書 3）	2-70
表 2.42	JICA ガイドラインとヨルダン環境関連法令の比較	2-72
表 2.43	スコーピング結果	2-74
表 2.44	環境社会配慮の TOR	2-76
表 2.45	ヨルダンにおける大気環境基準	2-76
表 2.46	ヨルダンにおける騒音基準	2-79
表 2.47	環境影響評価結果	2-80
表 2.48	事業を実施しない場合の環境・社会への影響	2-82
表 2.49	環境管理計画	2-83
表 2.50	環境モニタリング計画	2-84
表 2.51	アンマン県水需要の前提条件（2018 年）	2-86
表 2.52	アンマン県都市・地方人口（2018 年）	2-86
表 2.53	アンマン県都市・地方人口（2030 年）	2-87
表 2.54	アンマン県水需要の前提条件（2030 年）	2-87
表 2.55	気候変動に対する脆弱性の評価と本事業の実施による効果	2-88
表 3.1	ザイ給水システムの更新／改修ニーズの把握と分析（機材・施設）	3-2
表 3.2	優先順位表	3-4
表 3.3	本事業の更新対象機材	3-6
表 3.4	ポンプとモータ更新後規定する効率に基づく年間電力費の削減	3-9
表 3.5	ポンプ更新後規定する効率より 3% 下回る効率に基づく年間電力費の削減	3-11
表 3.6	A 案：調査現況のまま対応する案	3-12
表 3.7	既設モータの組み換え	3-12
表 3.8	A' 案：事前にモータ移動する案	3-13
表 3.9	B 案：事前にモータ移動して交換機器を一对とする案	3-13
表 3.10	更新機器の組み合わせ案の比較検討	3-13
表 3.11	更新機材の仕様と数量	3-15
表 3.12	概略設計図面リスト	3-16
表 3.13	各ポンプ場のポンプ稼働台数実績	3-18
表 3.14	機材調達に係わる両国間の施工区分	3-18
表 3.15	現地におけるコンサルタントの日本人調達監理体制	3-20
表 3.16	現地における請負業者の管理体制	3-21
表 3.17	品質管理計画	3-21
表 3.18	主要資機材の調達計画	3-22

表 3.19	更新機器の初期操作指導内容.....	3-23
表 3.20	更新機器の維持管理も含めた運用指導.....	3-23
表 3.21	実施工程表.....	3-26
表 3.22	相手国負担事業の概要.....	3-27
表 3.23	主要な機材.....	3-27
表 3.24	機材の定期点検項目.....	3-28
表 3.25	使用水量クラスごとの値上げ率案.....	3-30
表 3.26	Miyahuna 将来予測表（本事業なし、料金値上げなし）	3-32
表 3.27	Miyahuna 将来予測表（本事業あり、料金値上げなし）	3-32
表 3.28	Miyahuna 将来予測表（本事業あり、料金値上げあり）	3-33
表 3.29	WAJ 将来予測	3-35
表 4.1	プロジェクトの定量的効果.....	4-2

目 次

図 1.1	アンマン県水供給量 (2018 年)	1-1
図 1.2	ザイ給水システム	1-2
図 2.1	WAJ 組織図	2-2
図 2.2	Miyahuna 組織図	2-3
図 2.3	WAJ 営業費目構成	2-8
図 2.4	Miyahuna 収入構成	2-13
図 2.5	ザイ給水システム組織図	2-17
図 2.6	ポンプの内部の撮影箇所	2-32
図 2.7	IPS 全体配置図	2-34
図 2.8	ザイ浄水場全体配置図	2-36
図 2.9	電気設備の配置 (PS1~5 参考代表例)	2-41
図 2.10	浄水場監視システム系統図 (参考)	2-42
図 2.11	ポンプ場監視システム系統図 (参考)	2-43
図 2.12	沈砂池平面図	2-44
図 2.13	沈砂池 No.1 断面汚泥堆積状況	2-46
図 2.14	沈砂池 No.2 断面汚泥堆積状況	2-47
図 2.15	ザイ給水システム高低差状況	2-49
図 2.16	アンマン月平均気温 (2009-2019 年)	2-50
図 2.18	KAC の水系模式図	2-51
図 2.17	アンマン月平均降雨量 (2009-2019 年)	2-51
図 2.19	“Tunnel” 地点と Abu Sedo の濁度	2-52
図 2.20	Abu Sedo およびディルアラの濁度比較	2-52
図 2.21	ディルアラにおける濁度の経年変化	2-52
図 2.22	ディルアラにおける藻類数と濁度との関係	2-53
図 2.23	KAC における EC の地点変化	2-55
図 2.24	ディルアラにおける Cl^- と SO_4^{2-} の経年変化	2-56
図 2.25	ディルアラにおける Cl^- と SO_4^{2-} の 合量と EC との関係経年変化	2-56
図 2.26	2011~2017 年の水質データから計算した	2-57
図 2.27	ディルアラにおける NO_3^- 濃度と糞便性大腸菌の関係	2-57
図 2.28	ディルアラ原水とザイ浄水場流入水における藻類数	2-58
図 2.29	ザイ国立公園の位置	2-64
図 2.30	環境省の組織図	2-72
図 3.1	単段渦巻ポンプと多段渦巻ポンプの比較	3-7

写 真 目 次

写真- 1	取水ポンプ後の沈砂池で収集されたゴミ.....	2-30
写真- 2	浄水場の濾過池に浮遊するゴミ.....	2-30
写真- 3	インペラの欠損.....	2-31
写真- 4	ケーシング内面の腐食.....	2-31
写真- 5	ケーシング舌部の損傷.....	2-31
写真- 6	インペラの壊食.....	2-31
写真- 7	ケーシング内部.....	2-32
写真- 8	シルトのモータ内部付着.....	2-33
写真- 9	ヘッダー管末端部.....	2-33
写真- 10	電動ボール弁内部.....	2-34
写真- 11	沈砂池コンクリート膨張状況.....	2-45
写真- 12	沈砂池 No.1 汚泥堆積状況.....	2-46
写真- 13	沈砂池 No.2 汚泥堆積状況.....	2-46
写真- 14	ザイ浄水場付近に分布する土壌（インセプティソル）.....	2-50
写真- 15	プロジェクトサイトの外観および土地利用の状況.....	2-61
写真- 16	廃棄物の分別・収集状況.....	2-63
写真- 17	ディルアラ地区およびザイ地区の外観と農業の様子.....	2-69
写真- 18	プロジェクトサイトにおける大気質の外観.....	2-78
写真- 19	ザイ上水システムにおける作業安全管理の状況.....	2-80

略 語 表

AFD	Agence Française de Développement (フランス開発庁)
BHN	Basic Human Needs (人間が生活を営む上で必要となる基本的な欲求)
CEF	carbon emission factors (電力 CO2 排出係数)
CEO	Chief Executive Officer (最高経営責任者)
CIA	Central Intelligence Agency (アメリカ中央情報局)
CMMS	Computerized Maintenance Management System (コンピュータ維持管理システム)
Cr	Chromium (クロム[元素記号])
Csa	C:Temperate, s:Dry summer, a:Hot summer [Köppen Code] (高温夏季地中海性気候)
DOS	Department of Statistics (ヨルダン統計局)
EC	Electro Conductivity (電気伝導度)
E/N	Exchange of Notes (交換公文)
EIA	Environmental Impact Assessment (環境影響評価)
EIB	European Investment Bank (欧州投資銀行)
EU	European Union (欧州連合)
EUR	EURO (欧州単一通貨)
FA	Factory (産業用)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (国際連合食糧農業機関)
G/A	Grant Agreement (贈与契約)
GCF	Green Climate Fund (緑の気候基金)
GDP	Gross Domestic Product (国内総生産)
GHGs	Greenhouse Gases (温室効果ガス)
GNI	Gross National Income (国民総所得)
GRDP	Gross Regional Domestic Product (地域総生産)
IFAD	International Fund for Agricultural Development (国際農業開発基金)
IMF	International Monetary Fund (国際通貨基金)
IP	International Protection (電気製品の防水・防塵性能を表す国際規格)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (国連気候変動に関する政府間パネル)
IPS	Intake Pump Station (取水ポンプ場)
IUCN	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (国際自然保護連合)
JEPCO	Jordan Electric Power Company Company (ヨルダン電力会社)
JICA	Japan International Cooperation Agency (独立行政法人国際協力機構)
JIS	Japan Industrial Standards (日本産業規格)
JMP	Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (水供給と衛生のための共同監視プログラム)
JOD	Jordan Dinar (ヨルダンディナール)
JRP	Jordan Response Plan for the Syria Crisis (シリア危機ヨルダン対策プラン)

JSCE	Japan Society of Civil Engineers (公益社団法人土木学会)
JVA	Jordan Valley Authority (ヨルダン渓谷開発庁)
KAC	King Abdullah Canal (キングアブドゥラ運河)
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (ドイツ復興銀行)
kWh	kilowatt per hour (キロワット/時)
Lpcd	Liters per capita per day (L/capaita/day) (L/人/日)
MCM	Million cubic metre (百万 m ³)
MCM/y	Million cubic metre per year (百万 m ³ /年)
Miyahuna	Miyahna Water company (Miyahuna 水道公社)
MOE	Ministry of Environment (環境省)
Mpa	Mega Pascal = 10.2 kgf/cm ²
MPN	Most Probable Number (最確法)
MPWH	Ministry of Public Works and Housing (公共事業・住宅省)
Mt-CO ₂ /year	Megatonnes CO ₂ per year (100 万トン CO ₂ /年)
MVA	Mega volt ampere (メガ・ボルトアンペア)
MWI	Ministry of Water and Irrigation (水灌漑省)
NARC	National Agricultural Research Center (国立農業研究センター)
NEPCO	National Electric Power Company (ヨルダン電力公社)
NTU	Nephelometric Turbidity Unit (比濁法濁度単位)
NWS	National Water Strategy 2016-2025 (国家水戦略 2016-2025)
O & M	Operation & Maintenance (維持管理)
OEC	The Observatory of Economic Complexity (経済複雑性観測所)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (経済協力開発機構)
pH	potential of hydrogen (水素イオン指数)
PLC	Programmable Logic Controller (制御装置)
PMU	Project Management Unit (プロジェクト管理ユニット)
PS	Pump Station (ポンプ場)
SCS	Steel Casting Stainless (ステンレス鋳鋼)
SDGs	Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標)
SMS	Short Message Service (ショートメッセージサービス)
TEU	Twenty Foot Equivalent Unit (20 フィートコンテナ換算)
TOR	Terms of Reference (業務指示書)
TTS	Telegraphic Transfer Selling rate (対顧客電信売相場)
UFW	Unaccounted-for Water (不明水)
UN	United Nations (国連)
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development (国連貿易開発会議)
UNHCR	United Nations High Commisioner for Refugees (国連難民高等弁務官事務所)
UNICEF	United Nations Children's Fund (国際連合児童基金)

UNRWA	United Nations Relief and Works Agency (国連パレスチナ難民救済事業機関)
USAID	United States Agency for International Development (米国国際開発庁)
VAT	Value Added Tax (付加価値税)
VHC	Village Health Center (村落保健センター)
WAJ	Water Authority of Jordan (ヨルダン水道庁)
WFP	United Nations World Food Programme (国際連合世界食糧計画)
WHO	World Health Organization (世界保健機関)
WTP	Water Treatment Plant (浄水場)

為替交換レート

1 US\$ = 108.57 円、1JOD=153.34 円

(令和元年9月積算時点 三菱東京UFJ銀行TTSレートを適用)

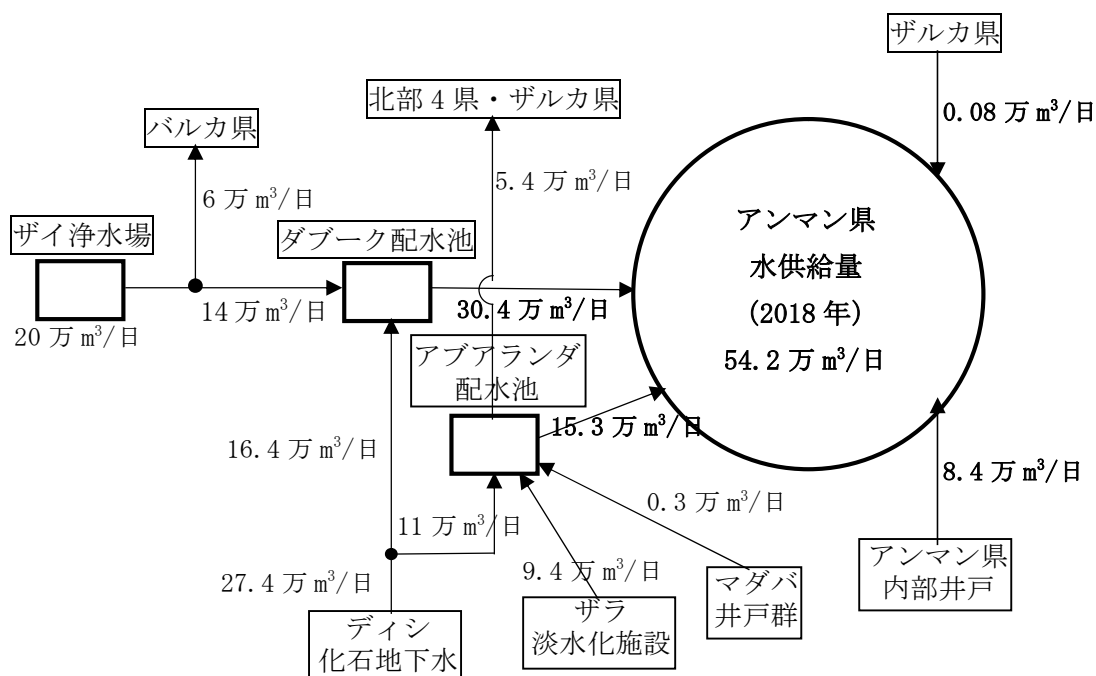
第1章 プロジェクトの背景と経緯

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（以下ヨルダンと表記）の1人当たり水資源賦存量は100m³/年に満たず（水・灌漑省、National Water Strategy 2016-2025「国家水戦略2016-2025」、以下「NWS」と表記）、「絶対的水不足」とされる500m³/年の20%以下（UN、2018年）と、水資源が世界で最も少ない国の1つである。限られた水資源に対し、人口の自然増加や2011年のシリア危機発生以降のシリア人難民の流入により、水需要が増加し、深刻な水需給の不均衡が生じている。そのためヨルダンは、安全・十分な飲料水供給や持続的な水資源利用等を目標としたNWSを水セクターの中心戦略として掲げ、水・灌漑省傘下のヨルダン水道庁（Water Authority of Jordan、以下「WAJ」と表記）が、同戦略に基づき水資源の開発と管理等を実施している。

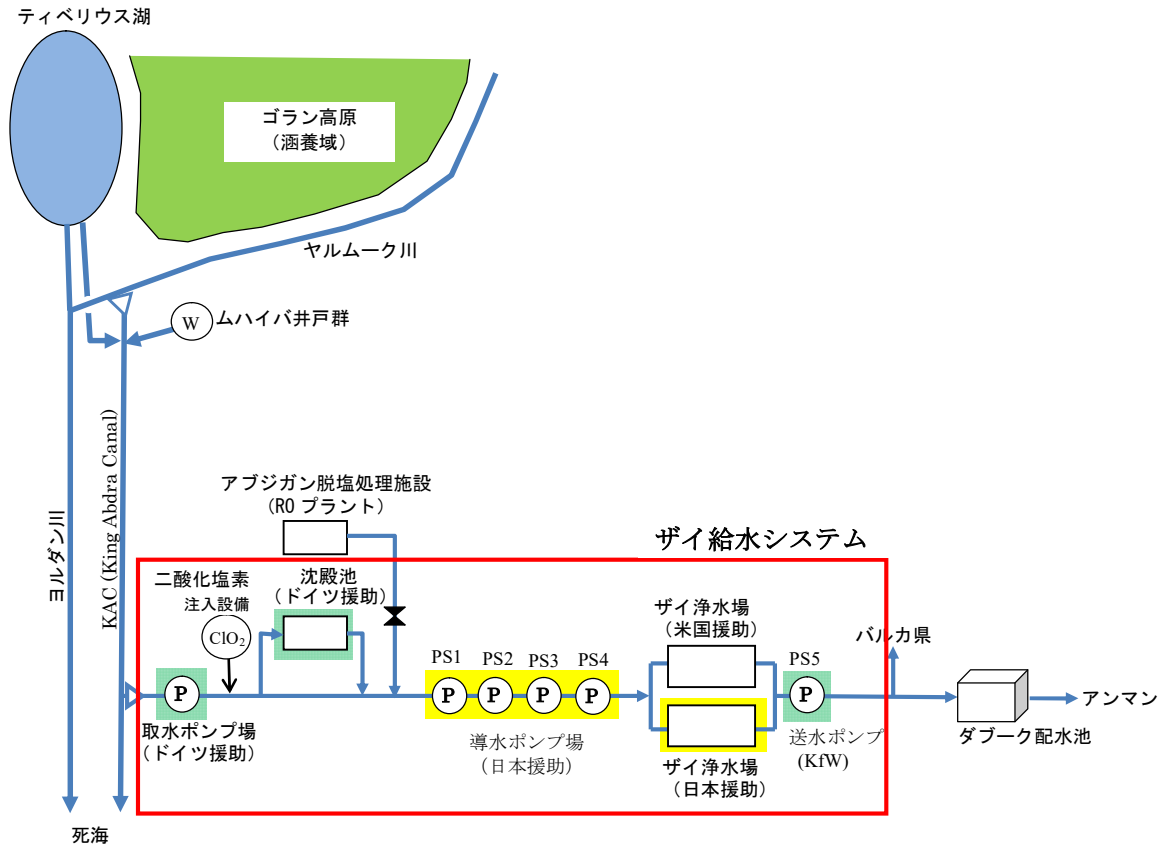
ヨルダンの人口約1,030万人（2018年推定、Department of Statistics「ヨルダン統計局」、以下「DOS」と表記）のうち、半数近くが面積1,086km²のアンマン県で生活している。アンマン県の給水人口は約430万人（2018年推定、DOS）で、ザイ給水システムは約20万m³/日の生産を行っており、アンマンに対しディシ化石地下水（27.4万m³/日）に次ぐ主要な水源となっている。またアンマンに供給されているディシ化石地下水の放射線量を希釈するためにも使われており、重要なシステムである。アンマン県の水供給量について図1.1に示す。



（出典：WAJ・Miyahuna 提供資料をもとに調査団作図）

図 1.1 アンマン県水供給量 (2018 年)

ザイ給水システムはUSAIDの支援により1985年に構築されたアンマン市内への給水システムがベースとなっている。取水ポンプ場（Intake Pump Station、以下「IPS」と表記）、4カ所の導水ポンプ場1～4（Pump Station 1～4、以下「PS1～4」と表記）、送水ポンプ場（Pump Station 5、以下「PS5」と表記）の計6カ所の揚水ポンプ場による標高差約1,260m（取水ポンプからダブーク配水池まで）の揚水システムと、急速濾過浄水場で形成されており、アンマン市内のダブーク配水池に送水されている。ザイ給水システムについて図1.2に示す。



（出典：WAJ・Miyahuna 提供資料をもとに調査団作図）

図 1.2 ザイ給水システム

我が国も同システムに対して無償資金協力による支援を行ってきており、1996～1997年に「アンマン県上水道施設改善計画」による導水ポンプ（4基）の改修、および、翌1998～2001年に「第二次アンマン県上水道施設改善計画」によりPS1～4の拡張（3基の導水ポンプの新設を含む）と浄水場の拡張（既存施設スペックをベースに浄水場の増設）を実施した。さらに、2002年にはKfWの支援により沈砂池の建設、取水ポンプ施設及び配水池への送水ポンプ施設の更新が実施されている。

しかし現在、導水ポンプの5～10%の効率低下、浄水場薬注施設の運用から30年以上経過し経年劣化等による頻繁な不具合、沈砂池の劣化による4池中2池の稼働停止等の老朽化が進んでいる状況にある。そのため、今後のさらなる機能低下や機能停止による給水量及び水質の低下を未然に防ぐための機材更新が急務となっている。沈砂池は4池あり、2池の鉄筋コンクリート構造体の状態が悪く現在使用を中止しており、残りの2池のみ稼働している。2池においても、冬季9か月のザイ給水システム運転によりたまった汚泥を、夏季に3か月かけて乾燥・搬出しており、3か月間は沈砂池を使用できない。

また、標高約 900m に位置するアンマンに給水するためのザイ給水システムの給水源は、標高約 -230m のヨルダン渓谷にあるため、高低差約 1,260m を揚水するための大量の電力が必要となっており、ポンプ類のエネルギー効率の改善、システム・設備・機材更新による運転効率の改善や運転費用の削減が必要となっている。

1.1.2 開発計画

(1) 水政策

1) ヨルダン 2025 年国家ビジョンと戦略「Jordan 2025 A National Vision and Strategy」

ヨルダンは包括的な国家戦略である「ヨルダン 2025 年国家ビジョンと戦略」を策定し、ヨルダン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一人当たり水量の不足、水セクターの財務効率の改善、水セクターの構造改革、送配水ネットワークの再構築等が挙げられ、解決のため以下の構想が示されている。

- 水源：海水淡水化、地下水、ダム建設による表流水の利用
- 財務効率改善：エネルギー効率改善と再生可能エネルギーの使用、盗水の削減
- 構造改革：水道料金の再構築
- 送配水ネットワーク：ワジアラブプロジェクトの開発

本事業はエネルギー効率改善により財務効率の改善に貢献する。また水供給を安定化することにより、未然に給水量減を防ぎ、一人当たり水量の不足の解決に寄与する。

2) 国家水戦略（2016 年～2025 年）「National Water Strategy 2016-2025」

本水戦略は上位政策であるヨルダン 2025 年国家ビジョンと戦略に基づき、ヨルダン水セクターの中心戦略として策定された。

既往の水戦略（生命の水：2008 年～2022 年ヨルダンの水戦略）では、水資源の持続可能な計画策定のため、地下水位の急激な低下対策として取水量の削減、表流水等の管理、代替水源を確保するためのプロジェクトの実施（ディシ化石地下水開発プロジェクトと紅海-死海プロジェクトの必要性）について重点的に記載されていた。

本水戦略は、持続可能な水セクター実現のための道筋を明確にし、持続可能な開発のための 2030 アジェンダ（SDGs）に足並みをそろえ、既存スコープ・戦略の修正を通して、総合的な水源計画およびマネジメントを補強するものである。既往の水戦略では戦略分野が明確に定義されていなかったが、本水戦略では以下の 5 分野を重要な柱としている。

- ①総合的な水源計画
- ②上下水道サービス
- ③灌漑、エネルギー等にむけた水利用
- ④組織改革
- ⑤セクター情報のマネジメントおよびモニタリング

本水戦略では、“レジリエント（強靱）”が重要なキーワードとなっている。上記の戦略分野を重点とし、より優れたレジリエントを 2025 年までに獲得するため、以下の項目を達成するとして

いる。

- ① レジリエント（強靱）な水セクター
- ② 全てのヨルダン人への安全で豊富な水供給および公衆衛生へのアクセス
- ③ 市町村および主要工業等に対する適切な污水収集および污水处理施設の整備
- ④ 公衆衛生の確保および地下水帯水層等の環境保全
- ⑤ 原価回収を踏まえた効率的で生産性の高い水使用
- ⑥ 総合的な水源計画（地下水および表流水）を踏まえた全ユーザーへの信頼でき効果的な給水計画
- ⑦ 人口増加および経済発展に適応した持続可能な水セクター
- ⑧ 革新的で効率的な技術の導入、インフラ整備、パートナーシップの構築
- ⑨ 実行可能な法制度および骨子の策定
- ⑩ 柔軟性のある気候変動適応計画
- ⑪ 人々の生活に寄り添った上下水道システム
- ⑫ 国家的優先課題および開発計画を考慮したセクター間の連携

本事業は総合的な水源計画、及び②全てのヨルダン人への安全で豊富な水供給および公衆衛生へのアクセスに寄与する。

3) 水セクター設備投入計画（2016-2025）

水セクター設備投資計画(2016-2025)「Water Sector Capital Investment Plan(2016-2025)」は、国家水戦略（2016 年～2025 年）の下位計画として作成された。主目的は既存水源の保護、新たな水源の開発、より良い水道サービスの提供である。これら計画の実施により 2025 年までに一人当たり給水量を 105 L/c/d に、無収水率を 30%以下に、エネルギー使用効率を 3.66kWh/m³以下にすることを目指している。この投資計画のうち、以下の計画に基づき、無償資金協力「ザイ給水システム改良計画」（以下「本プロジェクト」と表記）は要請されている。

➤ ザイ浄水場・ポンプ場施設の修復・改良（2016-2019）

1. 送水管の診断・評価（口径 1,200mm、延長 12km）、新規管路の必要性
2. トラベリングスクリーン、凝集沈殿装置、モータ（3,500 kW/6.6 kV）、塩素注入気化器等の供給・設置
3. ポンプ場ヘッダー管（口径 1,000mm）の更新
4. 浄水場逆洗タンクの修復
5. 粉末活性炭注入設備更新
6. ザイ浄水場のテレメーター設備の修復
7. 新規汚泥除去システムの設置

1.1.3 社会経済状況

(1) 国の概況

ヨルダンは立憲君主制の国家で、国土の周囲はサウジアラビア、イラク、シリア、イスラエル、パレスチナに隣接しているが、ヨルダン国内の治安は中東の中では比較的安定している。2008 年

の世界金融危機以降、経済成長率は伸び悩んでおり、2010 年から 1～3%台、2018 年は 1.9%である（IMF、2018 年）。失業率の高さも問題となっており、2018 年失業率は 18.3%である（IMF、2018 年）。2018 年国内総生産（GDP）は 422.9 億 US ドル、一人当たりの国内総生産（GDP/capita）は 4,270 US ドルである（IMF、2018 年）。ヨルダンの産業内訳は 2017 年推定で、第 1 次産業が GDP の 4.5%、第 2 次産業が 28.8 %、第 3 次産業が 66.6%となっている（CIA、The World Factbook、2020）。

ヨルダンには水や原油などの天然資源に恵まれず、2017 年の主な輸出品目は燐鉱石・衣料品・医薬品・肥料、輸入品目は車両・液化石油ガス・石油などで（OEC、2019 年）、2018 年の貿易収支は、輸出 77.73 億 US ドル、輸入 202.16 億 US ドルとなっており、124.43 億 US ドルの貿易赤字となっている（UNCTAD、2018 年）。

ヨルダンは隣接する国家の戦乱等に伴いパレスチナ、イラクから多数の難民を受け入れており、ヨルダン国民向けと変わらない公共サービスを提供しているが、2011 年のシリア危機発生以降、大量のシリア難民を受け入れることとなり、これが近年の国家財政に大きな負担となっている。流入人口は国連の登録者数によると 2020 年 1 月現在 65 万人（UNHCR、2020 年）と 2018 年推定ヨルダン人口 1,030 万人（DOS、2019 年）の約 6%を占める。尚 2016 年の値であるが、シリア難民は国連の登録者数 65 万人に対し、ヨルダンは実際には 126.6 万人居住しているとしており、これは総人口の 13.2%を占める（The Jordan Response Plan for the Syria Crisis 2017-2019「ヨルダンシリア危機対応計画 2017-2019」）。

(2) 計画対象地域の人口

1) アンマン県の将来予測人口

アンマン県の 2018 年までの人口は、DOS から数値が公表されている。そのデータを利用して、本プロジェクト完工 3 年後の 2026 年の人口の推移を推定したものを表 1.1 に示す。推定にあたっては、MWI が作成した Water Reallocation Policy 2016 における将来の水需要の前提（Future Water Needs Assumptions）で適用している人口増加率 1.94%/年を用いた。

表 1.1 アンマン県の将来予測人口

県	2018 年	2026 年	2030 年（参考）
アンマン	4,327,800	5,046,894	5,450,078

（出典：DOS、WAJ 提供資料をもとに調査団作表）

備考）水道普及率は 99%（2017 年データ、WHO/UNICEF JMP、2019）に達しており、行政人口=給水人口とする。

この人口増加率の使用にあたっては DOS の 2015-2050 年ヨルダン人口増加予測（Population Projections for the Kingdom's Residents during the Period 2015-2050）及び USAID の都市水道施設の戦略的マスタープラン 2015（STRATEGIC MASTER PLAN FOR MUNICIPAL WATER INFRASTRUCTURE、USAID）と比較検討した。

DOS の 2015-2050 年ヨルダン人口増加予測では人口増加について出生率、出生時平均余命、難民（シリア・パレスチナ・イラク・イエメン・リビア・エジプト）を変数とし、低・中・高で推移する 3 通りの予測が成されている。2018 年から 2030 年までの人口増加率は低推移 1.33%、中推

移 1.6～1.8%、高推移 2.10～2.18%であり、Water Reallocation Policy 2016 の人口増加率 1.94% は中～高推移の中間に値する。

USAID の都市水道施設の戦略的マスタープランでは人口増加率 1.9%を用いており、この値に近い値となっている。

以上より難民の動向など人口変動の可能性は大きいですが、年率 1.94%の人口増加率は将来の人口予測のため妥当な数値と判断する。

1.2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

このような背景の下、ヨルダンは、ザイ給水システムの設備・機材の更新をすることにより、給水量及び水質の低下を防ぎ、加えて、機材の運転効率の改善や運転費用の削減に貢献することを目的とした本プロジェクトを我が国に要請した。

2017 年 2 月ヨルダン要請内容を以下に記す。

(1) 施設、機材等

【施設】

- ・沈砂池の改良（砂除去装置を含む）
- ・ポンプ吐出管とバルブの改造
- ・超音波流量計の設置

【機材】

- ・ポンプのオーバーホール（インペラ、関係パーツを含む）
- ・予備インペラ
- ・モータのオーバーホール（ベアリング、関係パーツを含む）

(2) 詳細設計、施工・調達監理

2019 年までのコンサルテーションの結果、ヨルダンの希望は以下の通り変更となっている。

(1) 施設、機材等

【施設】

- ・老朽化した沈砂池の建て替え
- ・汚泥乾燥設備の増設

【機材】

- ・トラベリングスクリーンの更新
- ・調査時点までに更新されていない取水・導水・送水ポンプ（18 基）及び導水ポンプのモータ（13 基）の更新
- ・導水管（ポンプ場内）の修繕等
- ・浄水場薬剤注入設備の更新

(2) コンサルティング・サービス、ソフトコンポーネント

- ・コンサルティング・サービス：詳細設計、入札補助、施工・調達監理

・ソフトコンポーネント：浄水場施設の維持管理

調査に当たってヨルダン要望内容を確認した結果、以下の変更要望が判明した。

- ① 導水ポンプのモータ（13 基）の更新については、取水・導水・送水ポンプのモータ（16 基）の更新要望であった。ヨルダン側でモータ交換台数の精査が行われていなかったため、改めて確認した結果である。
- ② 送水ポンプ場の電動ボール弁 3 台、チェック弁 4 台について更新要望があった。稼働頻度の高い弁であるが腐食・キャビテーション壊食がみられ、弁としての機能を果たしていないためである。

また本プロジェクト協力準備調査実施に際しての前提条件について下記に述べる。

- 本調査で要請されていないザイ給水システムの設備・機材の調査（配管システムを含む）は、USAID が調査予定である。
- 詳細は予算を上限とした優先順位に基づき、協力準備調査にて確認するものとする。

本調査開始時に USAID 側と協議したところ以下のことが判明した。

- USAID 側のコンポーネントの調査は USAID 側で実施するが、現時点でコンポーネントを実施する予定はないとの事であった。（将来的にヨルダンから要請があった場合の実施計画も 2019 年 9 月時点未定）

従って以下の方針で現地調査を実施した。

- 日本側に要望するコンポーネント及び、USAID 側への要望のうち、緊急に対応が必要なものがないかを含め現地調査を実施し、優先順位表を作成した。

1.3 我が国の援助動向

我が国のヨルダンにおける上水道分野のプロジェクトを表 1.2 に示す。

表 1.2 我が国のヨルダンにおける上水道分野のプロジェクト

調査・プロジェクト名	種類	実施年度
1. 水道施設補修機材整備計画	無償資金協力	1994-1995
2. ザルカ地区上水道施設改善計画調査	開発調査	1994-1996
3. アンマン都市圏上水道施設改善計画	無償資金協力	1996-1997
4. 第 2 次アンマン都市圏上水道施設改善計画（以下第 2 次アンマン計画と表記）	無償資金協力	1998-2001
5. 水資源管理計画調査	開発調査	1999-2001
6. ザルカ地域上水道施設改善計画	無償資金協力	2001-2004
7. ソフトコンポーネント（管網総合管理技術移転）		
8. 長期専門家派遣（無収水対策技術）	技術協力	2003-2005
9. ヨルダン渓谷中・北部上水道施設改善計画	無償資金協力	2004
10. 無収水対策能力向上プロジェクト	技術協力	2005-2009
11. 無収水対策能力向上プロジェクトフェーズ 2	技術協力	2009-2011
12. 第 2 次ザルカ地区上水道施設改善計画	無償資金協力	2005-2010

調査・プロジェクト名	種類	実施年度
13. ソフトコンポーネント（管網総合管理技術移転）		
14. 上水道エネルギー効率改善計画	無償資金協力	2009
15. 南部地域給水改善計画	無償資金協力	2009-2010
16. シリア難民ホストコミュニティ緊急給水計画策定プロジェクト（ファスト・トラック制度適用案件）	開発計画調査型 技術協力	2013-2017
17. 北部地域シリア難民受入コミュニティ水セクター緊急改善計画	無償資金協力	2014-2017
18. 第二次北部地域シリア難民受入コミュニティ水セクター緊急改善計画	無償資金協力	2015-2017
19. バルカ県送配水網改修・拡張計画	無償資金協力	2015 年から実施中
20. バルカ県送配水網改修・拡張計画（フェーズ 2）	無償資金協力	2017 年から実施中

（出典：既存資料をもとに調査団作表）

1.4 他ドナーの援助動向

1) 全国

USAID、KfW、フランス開発庁（AFD）、ヨーロッパ投資銀行（EIB）等が上水分野への援助を行っている。主なプロジェクトを表 1.3 に示す。

表 1.3 他のドナー国・国際機関の援助実績（上水分野）

実施年度	機関名	案件名	金額	概要
2016 年～ 2020 年	USAID、AFD、 EIB 等	紅海-死海プロジェクト フェイズ 1	920,000 千 US\$ + 90,000 千 EUR	ヨルダンで淡水化した処理水をイスラエル側に供給し、イスラエルからは交換条件としてティベリウス湖からワジアラブ浄水場へ水を供給
2015 年～ 2019 年	USAID	無収水プロジェクト	60,000 千 US\$	アンマン他地域でゾーンごとに無収水削減に取り組むプログラム
2016 年～ 2023 年	KfW	水分野エネルギー効率改善	24,000 千 EUR	既存ポンプ場、井戸水源、水道網のエネルギー効率を改善
2017 年～ 2022 年	KfW	シリア難民のための水供給改善	32,000 千 EUR	イルビッド・ラムサの水道網の改善・拡張
2017 年～ 2019 年	KfW	水分野改革援助	75,000 千 EUR	水分野の経営改善等

（出典：国際機関・WAJ・Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表）

2) 他ドナーの対象地域（Miyahuna）への援助

Miyahuna 水道公社（Miyahuna Water company、以下「Miyahuna」と記載）へは上水分野として最大の開発パートナーである USAID が支援している。Miyahuna における最近の主なプロジェクトを表 1.4 に示す。

表 1.4 Miyahuna への最近の他のドナー国・国際機関の援助状況（水道分野）

実施状況	機関名	案件名	金額	概要
実施中	USAID	無収水プロジェクト	42,480,000 JOD	アンマン（一部マダバ、バルカ）の無収水削減のための機材の調達と設置

（出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表）

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

ヨルダンの水道事業の監督機関は水灌漑省（Ministry of Water and Irrigation、以下「MWI」と表記）である。現在、上下水道事業の持続性、効率性を向上するため、水源・基幹送水施設と配水施設の分離、配水施設の公社化を進めている。MWI の監督の下、ヨルダン水道庁（WAJ）、アンマン県・マダバ県・ザルカ県を担当する Miyahuna 水道公社（Miyahuna）、アカバ県を担当するアカバ水道公社、北部4県を担当するヤルムーク水道公社が水道事業の運営を行っている。

（1）水灌漑省（MWI）

MWI は水資源に関する責任ならびに上下水道事業に関する責任を持つ主管政府機関である。MWI は WAJ と共に上下水道開発事業の策定と実施のほか、水セクターの政策と料金改定を閣議に提案する責務を有する。

（2）ヨルダン水道庁（WAJ）

WAJ は 1988 年に設立され、政府規則と公務員規則の下、財務上ならびに運営上の独立が保証された組織である。WAJ は、水灌漑大臣が理事長を務め、計画省と農業保健省の代表者ならびに、WAJ 総裁とヨルダン渓谷開発庁（Jordan Valley Authority、以下「JVA」と表記）の総裁が参画する理事会により運営される。

WAJ は上下水道サービス事業に関する政策の執行を担当し、その責務は設計、建設および運営のほか、公営並びに民営の井戸建設の監督および規制、削井装置や掘削業者の認可、さらには、技術者ならびに認可業者が上下水道関連業務を実施する際の許認可をおこなう。

Miyahuna 管轄地域では施設整備までを WAJ が行い、運営・維持管理を Miyahuna が行っている。図 2.1 に WAJ の組織図を示す。

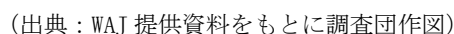


図 2.1 WAT 組織図

(3) Mivahuna 水道公社 (Mivahuna)

1) 法制度

1999年にヨルダンには仏企業スエズを主たるメンバーとした民間ジョイントベンチャーと運営維持管理契約を交わし、アンマン県上下水道システムの運営を委託した。同時に民間ジョイントベンチャーの業績及び資本投資の監督のため、WAJ内にプロジェクト管理ユニット（Project Management Unit：PMU）を設立した。その後2006年10月31日に有限責任会社としてMiyahunaが設立され、WAJと譲渡開発契約（Assignment and Development Agreement）を締結し、上下水道サービスの管理・運営を開始した。この契約でWAJ、Miyahunaのそれぞれの権利と責任を規定している。上下水道施設はWAJが所有し、Miyahunaにはそれら施設を使用する権利を譲渡している。

主な業務内容は以下の通りである。

- 水資源の貯水及び配水
- 下水の処理処分
- 水資源の保護
- 水源の維持管理

政府は Miyahuna に 2 つの収入源を割り当てている。上下水道サービス提供による顧客からの料金や接続料、及び下水道税である。

資本投資については、2 カテゴリーに分けており、通常（Normal）投資と重要（Major）投資がある。Miyahuna は一定額を超えない通常投資の計画・資金手当て及び実施の責任を負う。通常投資の定義は以下の通りである。

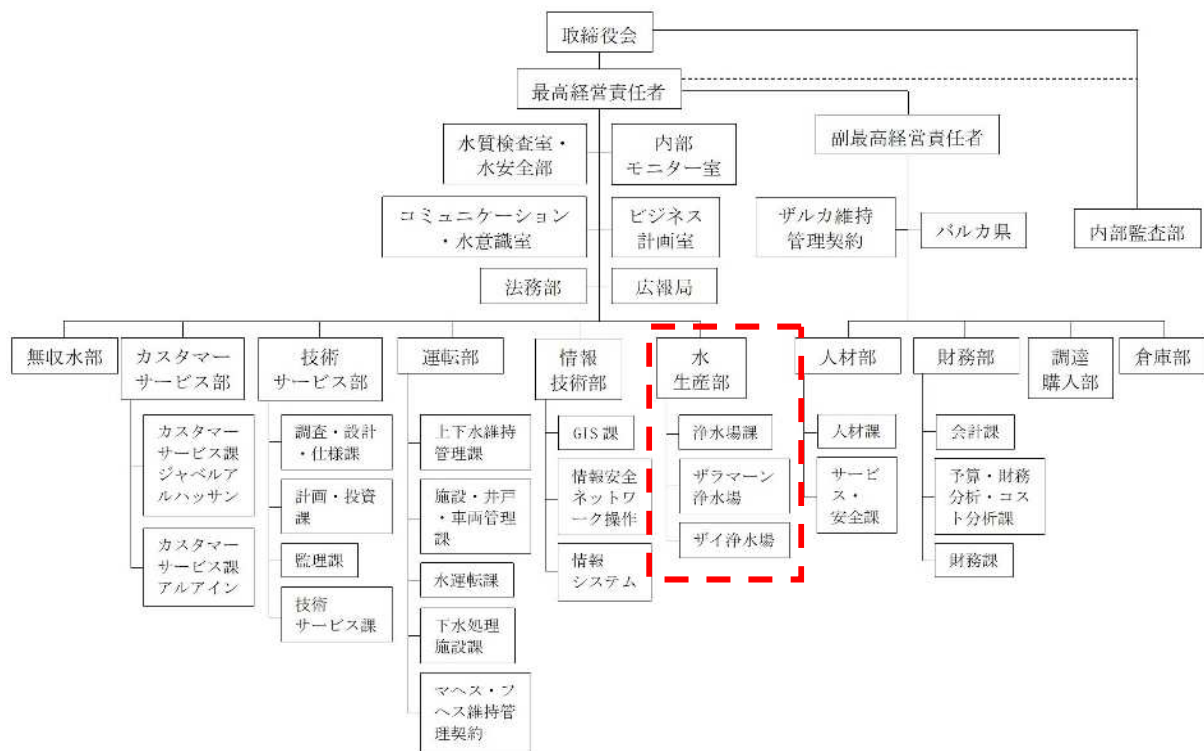
- 配水管網及び下水管網の保全、修繕及び拡張にかかる固定資産および動産
- 井戸及びMiyahuna管理の水源の保全
- Miyahuna管理の下水処理場の保全

重要投資については WAJ の責務である。

Miyahuna は当初アンマン県のみを管轄していたが、ザルカ県の運営維持管理契約（2015～2019 年）、マダバ県の運営維持管理契約（2013 年 10 月～2017 年 12 月）、バルカ県の 2 地域（Fuhais、Mahis）の運営維持管理契約（2018 年 10 月～2019 年 12 月）を締結し、サービス地域を拡張してきた。マダバ県については運営維持管理契約終了後、2018 年からは Miyahuna の経営に統合されている。WAJ としてはバルカ県の他地域も Miyahuna の管轄下とし、ヨルダン中部 4 県全て（アンマン県・ザルカ県・マダバ県・バルカ県）のサービスの管理・運営を将来的に任せる意向である。

2) 組織

図 2.2 に Miyahuna の組織図を示す。現時点での総職員数は 1,568 名である。



（出典:Miyahuna 提供資料をもとに調査団作図。赤枠はザイシステムが所属する水生産部を示す）

図 2.2 Miyahuna 組織図

職員数は運転部が最大で 641 名、次いでカスタマーサービス部が 344 名、水生産部が 219 名と続く。ザイシステムの運営維持管理の責任は水生産部にある。

ザルカ県の運営維持管理に携わる職員は 123 名（これに加えて WAJ 職員 432 名が業務に携わっている）、マダバ県は 175 名である。

2007 年の設立以降、職員数は約 1.2 倍に増加している。表 2.1 に過去 5 年の職員数及び職員一人あたりの人件費を示す。職員一人あたりの人件費は年々増加している。

表 2.1 職員一人あたりの人件費

	2014	2015	2016	2017	2018
職員数（人）	1,482	1,465	1,474	1,524	1,484
職員一人あたりの人件費 （JOD/年）	10,649	11,408	11,654	11,907	12,955

（出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作成）

2.1.2 財政・予算

（1）WAJ

1) 予算

WAJ は毎年予算を作成し、MWI を通じて財務省の予算局に申請し承認を受けている。WAJ の過去 5 年の年間予算及び 2019～2021 年の予算を表 2.2 に示す。

基本的に歳入は援助機関からの無償資金と水道・下水道サービス（Miyahuna、アカバ水公社、ヤルムーク水公社を除く）の料金収入である。2015 年までは経常支出は歳入で賄える予算であったが、2016 年以降は経常支出をカバーすることができなくなっている。資本支出を考慮すると常に巨額の赤字を計上している（2～3 億 JOD）。これら赤字は援助機関からの貸付と 2017 年までは公債及び銀行からの借り入れ、2018 年以降は財務省からの前借金で賄われている。

資本形成は WAJ の財源もあるが、半分以上は援助機関からの無償資金に頼っている。

資本支出が資本投資の予算であり、このうち Miyahuna 管轄エリアへの資本投資の予算と実績を表 2.3 に示す。

表 2.2 WAJ 予算

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Revenues								
Foreign grants	52,000,000	52,710,000	58,700,000	51,850,000	55,000,000	48,000,000	50,000,000	50,000,000
Government subsidy (capital)	2,750,000	0	0	0	32,793,000	0	0	0
Property income revenues	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000
Revenues of selling goods and services	75,065,000	86,950,000	44,080,000	43,100,000	44,850,000	46,350,000	47,120,000	47,915,000
Miscellaneous revenues	5,000,000							
Total revenues	134,965,000	139,810,000	102,930,000	95,100,000	132,793,000	94,500,000	97,270,000	98,065,000
Expenditures								
A. Current expenditures								
Salaries, wages and allowances	25,400,000	22,600,000	24,028,000	24,167,000	23,746,000	22,739,000	23,037,000	23,340,000
Social security contributions	1,940,000	1,980,000	2,430,000	2,500,000	2,600,000	2,591,000	2,630,000	2,669,000
Use of goods and services	30,600,000	26,000,000	25,500,000	25,280,000	24,870,000	26,700,000	30,700,000	31,700,000
External interests	5,193,000	6,829,000	50,731,000	5,862,000	7,376,000	7,438,000	9,390,000	9,890,000
Internal interests	22,917,000	25,204,000	150,000	49,865,000	71,965,000	50,000,000	37,000,000	27,000,000
Pension and compensations	150,000	150,000	6,884,000	350,000	280,000	250,000	250,000	250,000
Other miscellaneous expenditures	230,000	230,000	275,000	275,000	250,000	210,000	210,000	210,000
Total current expenditures	86,430,000	82,993,000	109,998,000	108,299,000	131,087,000	109,928,000	103,217,000	95,059,000
B. Capital expenditures								
Capital - Domestic funding	143,250,000	203,043,000	176,835,000	157,537,000	176,000,000	165,796,000	159,012,000	155,271,000
Capital - Government subsidy	2,750,000	0	0	0	32,793,000	0	0	0
Capital - Foreign loans	62,000,000	33,602,000	59,500,000	40,980,000	44,000,000	45,000,000	45,000,000	45,000,000
Capital - Grants	52,000,000	52,710,000	58,700,000	51,850,000	55,000,000	48,000,000	50,000,000	50,000,000
Total capital expenditures	260,000,000	289,355,000	295,035,000	250,367,000	307,793,000	258,796,000	254,012,000	250,271,000
Total Expenditures	346,430,000	372,348,000	405,033,000	358,666,000	438,880,000	368,724,000	357,229,000	345,330,000
Deficit/surplus before financing	-211,465,000	-232,538,000	-302,103,000	-263,566,000	-306,087,000	-274,224,000	-259,959,000	-247,265,000
Financing budget								
A - Uses								
Repayment of due domestic loans installments	147,846,000	53,692,000	129,783,000	125,475,000	0	0	0	0
Repayment of due of foreign loans installments	18,472,000	18,430,000	21,115,000	19,918,000	0	0	0	0
Repayment of deficit before financing	211,465,000	232,538,000	302,103,000	263,566,000	306,087,000	274,224,000	259,959,000	247,265,000
Payment of obligations	0	0	0	0	0	0	0	0
Others/repayment of pre-paid amounts for Aqaba	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Uses	377,783,000	304,660,000	453,001,000	408,959,000	306,087,000	274,224,000	259,959,000	247,265,000
B- Sources								
Foreign loans to finance capital projects	62,000,000	33,602,000	59,500,000	40,980,000	44,000,000	45,000,000	45,000,000	45,000,000
Domestic loans withdrawals	315,783,000	271,058,000	393,501,000	367,979,000	0	0	0	0
Advances from MOF	0	0	0	0	262,087,000	229,224,000	214,959,000	202,265,000
Total Sources	377,783,000	304,660,000	453,001,000	408,959,000	306,087,000	274,224,000	259,959,000	247,265,000
Deficit/surplus after financing	0	0	0	0	0	0	0	0

(出典：WAJ 提供資料をもとに調査団作表)

表 2.3 Miyahuna への予算と支出実績

(単位：JOD)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
予算	8,840,000	4,030,000	2,500,000	6,350,000	11,150,000	6,600,000
支出実績	5,249,946	5,146,121	1,979,744	978,790	2,271,099	—

(出典：WAJ 提供資料をもとに調査団作表)

Miyahuna への資本投資はプロジェクトベースでの予算・支出実績であり、2015 年以降は以下のプロジェクトを実施（予定）しているが、WAJ 単独予算での実施は数少ない。上記予算と支出実績との乖離はこのプロジェクトの実施の遅れや延期等が影響している。

- アンマン水道網改良・交換（米国無償）
- 首都各戸給水延長（WAJ、ドイツ有償）
- Alzarh ポンプ更新（WAJ、米国無償）
- 首都水道網改良（WAJ、米国無償）
- Hussban 海水淡水化施設（WAJ）
- 水道網・幹線改良（WAJ、ヨルダン補助金）

2) 財政

WAJ の過去 5 年の損益計算書を表 2.4 に示す。営業収支は 2014 年は黒字であったが、2015 年以降は赤字となっている。営業外収支を含めると常に赤字の状態である。2015 年に上下水道料金収入が激減しているが、2014 年まではディシ化石地下水を Miyahuna に売っておりそれを収入として計上していた。しかしこの水購入により Miyahuna が赤字になったため、2015 年からは WAJ が水購入を負担することになり収入が減少した。また 2018 年の電気料金の値上げによる影響も大きい。2008 年からの電気料金の変遷を表 2.5 に示す。ここ 10 年で 3 倍以上値上がりしている。

表 2.4 WAJ 損益計算書

	2014	2015	2016	2017	2018
収入					
上下水道料金収入	94,378,521	37,314,164	63,783,063	58,068,289	61,518,723
その他収入	6,353,776	13,967,163	18,633,516	20,141,437	18,648,853
収入合計	100,732,297	51,281,327	82,416,579	78,209,726	80,167,576
支出					
給与、賃金	27,795,041	25,958,649	26,179,280	25,917,644	24,810,480
電気・燃料費	24,422,109	18,734,455	18,463,084	21,634,421	26,314,346
薬品費	307,265	376,067	268,009	243,469	217,869
その他支出	4,375,954	46,602,847	48,049,677	42,952,297	34,483,460
営業費合計	56,900,369	91,672,018	92,960,050	90,747,831	85,826,155
営業利益/損失	43,831,928	-40,390,691	-10,543,471	-12,538,105	-5,658,579
減価償却	181,224,299	120,644,985	122,330,718	116,731,717	103,897,557
返済利息	36,240,759	40,891,751	48,760,410	60,057,975	67,623,748
その他支出	-15,875,301	2,502,843	36,674,524	55,609,025	41,389,984
支出合計	258,490,126	255,711,597	300,725,702	323,146,548	298,737,444
税引前利益	-157,757,829	-204,430,270	-218,309,123	-244,936,822	-218,569,868

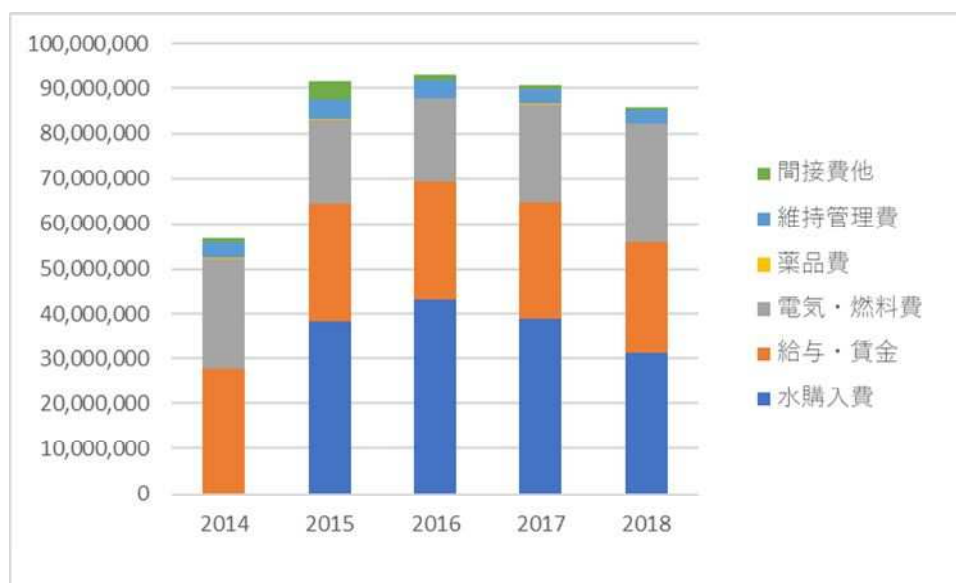
(出典：WAJ 提供資料をもとに調査団作表)

表 2.5 電気料金の変遷

期間	ポンプ用料金	追加燃料費	調整	ポンプ用合計料金/kW/時
2008/3/14 - 2010/1/15	0.041	0	0.001	0.042
2010/1/16 - 2011/6/30	0.042	0	0.001	0.043
2011/7/1 - 2012/5/28	0.054	0	0.001	0.055
2012/5/29 - 2013/8/14	0.066	0	0.001	0.067
2013/8/15 - 2013/12/31	0.076	0	0.001	0.077
2014/1/1 - 2014/12/31	0.087	0	0.001	0.088
2015/2/16 - 2017/12/5	0.094	0	0.001	0.095
2017/12/6 - 2018/1/31	0.094	0.004	0.001	0.099
2018/2/1 - 2018/2/28	0.094	0.018	0.001	0.113
2018/3/1 - 2018/6/30	0.094	0.004	0.001	0.099
2018/7/1 - 2018/9/30	0.115	0.024	0.001	0.140
2018/10/1 - 2018/11/30	0.115	0.022	0.001	0.138
2018/12/1-	0.115	0.018	0.001	0.134

(出典：WAJ 提供資料をもとに調査団作表)

WAJ の営業費目構成を図 2.3 に示す。2015 年以降は水購入が大きな負担となっていることが分かる。



(出典：WAJ 提供資料をもとに調査団作図)

図 2.3 WAJ 営業費目構成

表 2.6 に WAJ の貸借対照表を示す。累積債務が年々増加し続けており、2018 年には 2,624 百万 JOD (408,874 百万円) に達している。2014 年からの 5 年間で 1.5 倍に膨れ上がっている。負債の主要な部分は援助機関からの有償資金協力と公債である。

表 2.6 WAJ 貸借対照表

資産	2014	2015	2016	2017	2018
流動資産	130,819,638	119,209,325	232,454,040	207,245,977	238,910,113
固定資産	3,971,165,428	4,028,682,424	3,974,904,392	3,981,173,445	3,986,012,886
負債					
流動負債	197,984,365	256,862,300	268,235,371	376,501,284	525,479,522
固定負債	3,386,029,649	3,454,968,271	3,668,120,983	3,756,138,994	3,625,338,750
資本					
資本金	2,256,369,215	2,378,889,611	2,432,139,634	2,461,853,522	2,698,748,973
資本剰余金	0	0	0	0	0
利益剰余金	0	0	0	0	0
累積赤字	-1,738,398,163	-1,942,828,433	-2,161,137,556	-2,406,074,378	-2,624,644,246

(出典：WAJ 提供資料をもとに調査団作表)

3) WAJ 財務改善計画の履行状況

WAJ は「アンマン都市圏上水道施設改善計画基本設計調査報告書」において、1996 年に財務改善計画を提出した。1993 年～2005 年のプロジェクト実施有り・無しの財務分析を行い、将来予測を行っている。この改善計画の履行状況について確認した。

この計画は 20 年以上前に作成されたものであり、その当時に想定した状況と現在の状況が大き

く大きく変わっているため単純比較することはできない。

そこで、財務分析の前提条件に着目して比較した。

- 不明水 (Unaccounted for Water、以下「UFW」と表記) : 1995 年当時の現況 54%を段階的に減らし 1997 年 49%、1998 年 35%、1999 年 27%、2000 年 23%、そして 2001 年には 19%とする。
- 上下水道収入 : 料金改定をすることで
 - 1996 年水道料金 12.5%増加
 - 1996 年下水道料金 12.5%増加
 - 1997 年水道料金 13.2%
 - 1997 年下水道料金 17%増加
 - 2000 年水道・下水道料金それぞれ 5%増加
 - 2002 年水道・下水道料金それぞれ 5%増加
 - 2004 年水道・下水道料金それぞれ 7.6%増加

表 2.7 に 2018 年の各県ごとの主要データを示す。ヨルダン全体の UFW の割合は 2018 年で 47%と 1995 年の 54%からは削減されたものの、2001 年に 19%とする目標については達成できていない。

表 2.7 各県ごと主要データ

県名	契約者数(件)	給水量 (m ³ /年)	請求水量 (m ³ /年)	請求料金 (JOD/年)	UFW 率(%)
アンマン	707,192	176,005,088	107,762,304	93,192,231	38.8%
ザルカ	178,744	58,924,329	23,671,652	20,009,629	59.8%
マダバ	34,180	8,909,562	5,370,667	4,081,360	39.7%
イルビッド	340,343	85,998,483	47,850,809	32,585,788	39.7%
マフラック					
ジェラシュ					
アジュルン					
アカバ	42,462	25,486,404	17,599,815	17,130,469	30.9%
バルカ	92,371	39,371,194	12,829,900	8,460,072	67.4%
カラック	50,068	16,992,380	6,800,000	3,874,087	60.0%
タフィーラ	17,590	5,995,490	2,471,108	1,353,426	58.8%
マーン	24,510	13,995,294	4,349,241	3,114,644	68.9%
合計	1,487,460	431,678,224	228,705,496	183,801,706	47.0%

(出典 : WAJ 提供資料をもとに調査団作表)

料金改定は、計画通りではないにしてもそれなりの増加を図り財務状況の改善を図っている。その後は 2004 年まで改定はないことから、計画通りの料金の値上げは難しかったようである。

計画では 1995 年の上下水道料金 (表 2.7 請求料金に該当) 2,600 万 JOD を 2005 年目標で 1 億 1,700 万 JOD となると推定していた。2005 年の実績値については得られていないが、2015 年に 1 億 6,400 万 JOD、2018 年で 1 億 8,300 万 JOD であった。1995 年の契約者数が 579,000 件から 2018 年には 1,487,460 件と 2.5 倍になったこと、給水量が 1995 年 246.1MCM から 2018 年 431.7MCM と 1.7 倍になったことを考えると、これらが上下水道料金増加の主たる要因であると考えられる。

以上から 1996 年に計画した WAJ 財務改善計画の履行は一部なされたものの、最終的な目標については達成できなかったとの結論である。

4) シリア難民の影響

「ヨルダン水分野におけるシリア難民に要する費用 (2017)」(Cost of Hosting Syrian Refugees on Water Sector of Jordan - updates for 2017) によると、2017 年末の時点でヨルダンには 130 万人のシリア難民がいるとされている。その内 65 万人は難民として登録されており、約 14 万人がキャンプで生活している。

シリア難民の影響で MWI は井戸の掘削や修繕による水生産量の増加、キャンプ外に居住する難民に十分な水を供給するための既存システムの補強等を強いられている。

ホストコミュニティに居住する 120 万人のシリア難民のための上下水道にかかる財務・経済・環境費用を含めた総コスト⁶は年間 545 百万 JOD と見積もられている。キャンプ居住のシリア難民に対する費用は 16 百万 JOD と見積もられており、内 10 百万 JOD はホストコミュニティによる支出、残りは MWI の負担となっている。

ホストコミュニティ内に居住するシリア難民の上下水道料金の免除は行われていない。つまり顧客として使用水量に基づき上下水道料金の支払い義務を負う。さらに住居を所有する場合には下水道税及び接続費を支払う必要がある。上下水道料金の支払額は 2017 年で 22 百万 JOD であるが、上下水道施設の維持管理費の 55.7%、財務費用の 29.6%をカバーするのみであり、維持管理費さえ賄うことができない。差額の 53 百万 JOD については MWI の補助金で賄っている。

シリア難民への直接・間接的な支援・資本投資は人道的な観点からも続けざるを得ない。WAJ は水道会社管轄地域の主要な資本投資、シリア難民のための資本投資、キャンプ内居住の難民の上下水道料金を、WAJ 管轄地域の顧客からの上下水道収入で賄う構造になっている。

健全な水道事業運営のためには、現行の水道料金を少なくとも 4 倍にする必要がある。この先のシリア難民への資本投資の必要性も考えると将来的にはそれ以上の増加が必要と考えられるが、一般的な上下水道料金の収入に対する割合 (4%) を超過するため、料金の改定だけで対処することは難しい。

その上で、少しでも上下水道収入を増加し健全な水道事業運営のために、WAJ は NWS2016-2025 に基づき、NRW 削減、料金徴収率の改善、水道料金の調整努力を行っている。NRW 削減は投資を行っているものの目標 (NRW 率 25%) には至っておらず、徴収率もあまり改善が見られない (2018 年において全国平均は 93%だが、低徴収率エリアは 76%)。水道料金の調整は、2018 年に 15%、2020 年に 15%の増加という目標であり、2019 年 7 月現地調査時に適正な水道料金分析の調査を発注しようとしていたが、同 8 月に白紙に戻されており、難航している。

本調査では、NWS2016-2025 を着実に実施し以下を目指すことを提言する。

- 上下水道料金の段階的な値上げの推進 (市民の収入の 4%を上限)
- 全国平均で未だ 47%もある無収水率のさらなる削減推進 (25%は必須目標)
- 料金徴収率の低い地域 (バルカ県、カラック県、タフィーラ県、マーン県) のさらなる改善 (90%を達成)

⁶ シリア難民一人当たりの維持管理費 (33.4 JOD)、これまでの施設の拡張・リハビリのための資本投資 (29.6 JOD)、将来の資本投資 (132.1 JOD)、経済費用 (機会費用) (190.0 JOD)、地下水の過剰揚水による環境費用 (71.3 JOD) を合計した費用となる。一人当たりの年間コストは 456.3 JOD と見積もられている。

● 維持管理費のさらなる削減

(2) Miyahuna

1) 予算

Miyahuna の 2016 年～2021 年の予算を表 2.8 に示す。資本支出は、自己資金と援助機関からの無償資金であり、最近は無償資金が増加の傾向である。資本支出の内、表 2.9 に示す水道事業の実施が計画されており、2019 年以降では 70%以上を占めている。

表 2.8 Miyahuna 予算

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
収入						
外国からの無償資金	0	0	0	7,500,000	7,500,000	7,000,000
財産所得	30,000	50,000	40,000	50,000	52,000	55,000
物品・サービス販売による収益	154,256,000	176,292,000	176,128,000	180,944,000	189,963,000	199,377,000
収入合計	154,286,000	176,342,000	176,168,000	188,494,000	197,515,000	206,432,000
支出						
A. 経常支出						
給料、賃金、日当	14,779,000	15,764,000	16,002,000	16,486,000	16,856,000	17,237,000
社会保障費	1,860,000	2,090,000	2,100,000	2,300,000	2,380,000	2,440,000
物品・サービス使用費	126,000,000	119,350,000	120,750,000	129,200,000	135,200,000	135,700,000
その他支出	2,400,000	2,400,000	2,300,000	2,300,000	2,300,000	2,300,000
経常支出合計	145,039,000	139,604,000	141,152,000	150,286,000	156,736,000	157,677,000
B. 資本支出						
資本－国内資金	10,500,000	7,960,000	6,275,000	5,000,000	4,900,000	4,900,000
資本－無償	22,831,000	0	0	7,500,000	7,500,000	7,000,000
資本支出合計	33,331,000	7,960,000	6,275,000	12,500,000	12,400,000	11,900,000
支出合計	178,370,000	147,564,000	147,427,000	162,786,000	169,136,000	169,577,000
収支	-24,084,000	28,778,000	28,741,000	25,708,000	28,379,000	36,855,000
資金						
A - 使用						
赤字返済	24,084,000	0	0	0	0	0
支払義務積立	3,568,000	41,095,000	28,741,000	34,554,000	62,933,000	99,788,000
使用額合計	27,652,000	41,095,000	28,741,000	34,554,000	62,933,000	99,788,000
B - 財源						
予算剰余	0	28,778,000	28,741,000	25,708,000	28,379,000	36,855,000
外国ローン	22,831,000	0	0	0	0	0
支払義務積立使用	4,821,000	12,317,000	0	8,846,000	34,554,000	62,933,000
財源合計	27,652,000	41,095,000	28,741,000	34,554,000	62,933,000	99,788,000
収支	0	0	0	0	0	0

(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表)

表 2.9 Miyahuna 水道事業実施計画

	2018	2019	2020	2021
水にかかる資本支出	2,825,000	9,500,000	9,300,000	8,800,000
無収水削減	0	7,500,000	7,500,000	7,000,000
配管布設替え	500,000	850,000	1,000,000	1,000,000
配管延長	400,000	800,000	800,000	800,000
各戸接続の交換、改善	210,000	350,000	0	0
井戸・貯水池の保護	100,000	0	0	0
井戸のリハビリ、コーティング	40,000	0	0	0
北アンマンの水道システムの近代化				
貯水池の水圧減少プロジェクト				
Zarah Ma'in stationのフィルター交換	870,000	0	0	0
Zay stationのUVシステム	200,000	0	0	0
水源の保全・保護	75,000	0	0	0
Ash Shumaysani stationのリハビリ	430,000	0	0	0
資本支出に占める割合	45.0%	76.0%	75.0%	73.9%

(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表)

2) 財政

表 2.10 に Miyahuna の財務状況を示す。Miyahuna は 2007 年に設立以来、黒字経営を続けてきたが、2014 年に初めて赤字に転落、その後黒字に回復したものの 2018 年に再び赤字に陥った。2014 年の赤字の原因はディシ化石地下水購入費 (40.1 百万 JOD) による。翌年以降も同様に水購入費がかかり赤字が見込まれることから、2015 年に WAJ と Miyahuna 間で WAJ が水購入費を負担する代わりにアンマン県以外の地域（ザルカ県及びバルカ県）の上下水道料金は WAJ に納めるという取り決めを行った。

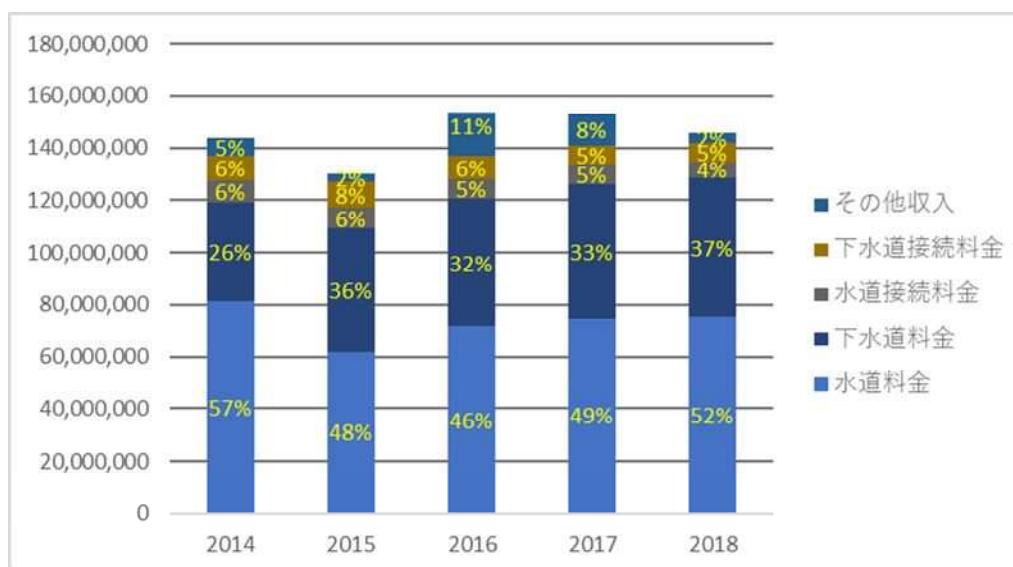
2018 年に赤字となった理由は電気料金の値上げが原因である。元々電力費は Miyahuna の営業費の 40～50%と多くを占め、負担となっていた。施設に伴う老朽化により消費電力量は増加の傾向にあったが、各国支援及び自助努力で省エネ化を近年進めており、2018 年までの消費電力量は過去 6 年で年平均 1.2%削減を達成していた。一方、電気料金は表 2.5 に示すとおり上がり続け、2017 年までの電力費は平均年 6.7%上昇していた。そのような状況下で、2018 年 7 月 1 日に料金が 22%値上がっている。期間によっては追加燃料費が加算され、現在の電気代は 0.126JOD/kw であり、2011 年と比較すると 2.7 倍になっている。電力費は前年 2018 年と比較して 26%増加し、電力費の営業費に占める割合は 59%にまで上昇した。これにより営業経費すら収入でカバーできず赤字となった。これら 2 年の赤字については WAJ が負担している。なお、ザイ給水システムの電力費は全電力費の 56%を占めている。

表 2.10 Miyahuna 損益計算書

	2014	2015	2016	2017	2018
収入	143,645,420	129,935,256	153,729,871	153,278,781	145,435,202
上下水道料金収入	100,353,277	83,229,452	93,417,009	96,978,493	96,445,699
その他収入	43,292,143	46,705,804	60,312,862	56,300,288	48,989,503
支出					
給与・賃金	8,566,867	9,580,856	9,866,172	10,711,492	12,909,440
薬品費	3,288,723	3,535,773	3,642,986	3,585,981	4,096,421
電気・燃料費	54,183,473	60,985,413	62,319,105	64,188,595	85,674,040
その他支出	77,703,610	45,628,738	68,857,552	56,209,143	43,188,443
営業費合計	143,742,673	119,730,780	144,685,815	134,695,211	145,868,344
営業利益/損失	-97,253	10,204,476	9,044,056	18,583,570	-433,142
減価償却	3,407,357	3,429,364	4,238,720	5,289,036	6,013,238
返済利息	331	2,628	9,175	16,482	17,833
その他支出	5,403,507	6,772,484	4,796,161	12,978,052	5,679,714
税引き前利益	-8,908,448	-	-	300,000	-12,143,927
所得税	59,821	-	-	300,000	-
利益	-8,968,269	-	-	0	-12,143,927

(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表)

過去の黒字で赤字を補填するのが通常であるが、ヨルダンの財政黒字法・修正第 3 回 (2007) (Law of Financial surpluses and its amendment No.03 of 2007) が、国の一般予算 (General Budget of the State) に該当しない政府機関 (WAJ が該当)、及び政府が所有する会社 (Miyahuna が該当) に適用され、本法第 6 条によればこれらの機関は剰余金が発生した場合には剰余金は国庫に戻さなければならないとされる。そのため、資本投資の資金や赤字補填のための財源を Miyahuna 内で確保することができない。収入の構成を図 2.4 に示す。



(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作図)

図 2.4 Miyahuna 収入構成

上下水道料金が収入の 80%を占め、水道料金は平均 50%を占める。2018 年からはマダバ県が統合され、その水道収入 3.6 百万 JOD が加算されたが、2017 年から 2018 年にかけてアンマン県の水道収入が 3 百万 JOD 減少したため全体で見ると収入は微増 (0.7 百万 JOD) しただけである。アンマン県の顧客は年平均 5%増加しているが、給水量は年平均 2%の増加にとどまっている。2018 年も顧客数は増加したが給水量が減少した。そのため、一顧客当たりの消費水量が減少、それにより逓増制料金制度において低い単価の消費水量クラスの水量が増となり、水道料金収入が減少したと分析されている。

表 2.11 に Miyahuna の水 1m³ 当たりの給水原価及び供給単価を示す。給水原価は Miyahuna の努力により少しずつ減少していたが、2018 年には再び上昇した。電力単価の値上げの影響と考えられる。また、無収水対策が効果を上げ給水量が増えた結果、給水原価が上がっても供給単価は変わらなかったものと考えられる。

表 2.11 Miyahuna 水 1m³ 当たりの給水原価及び供給単価

		2014	2015	2016	2017	2018
給水原価	JOD/m ³	1.47	1.20	1.27	1.18	1.29
供給単価	JOD/m ³	0.83	0.82	0.87	0.89	0.89

(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表)

Miyahuna の水道料金請求率と徴収率は表 2.12 に示す通り非常に高い。これらについてはこれ以上の改善は難しい。

表 2.12 Miyahuna 請求率・徴収率

	2014	2015	2016	2017	2018
請求率 (%)	99.4	99.0	98.5	99.7	99.6
徴収率 (%)	98.1	95.8	95.1	97.8	99.3

(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表)

表 2.13 に Miyahuna の過去 5 年間の貸借対照表を示す。

表 2.13 Miyahuna 貸借対照表

	2014年12月31日	2015年12月31日	2016年12月31日	2017年12月31日	2018年12月31日
資産					
流動資産	57,892,795	76,181,259	84,661,967	94,448,738	102,951,911
固定資産	66,828,059	78,624,277	105,519,924	115,441,437	122,380,751
負債					
流動負債	27,621,194	28,539,956	25,133,466	19,227,044	35,813,457
固定負債	10,875,617	28,354,473	53,208,343	73,198,294	82,522,633
資本					
資本金	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
資本剰余金	109,299	109,299	109,299	109,299	109,299
利益剰余金（累積赤字）	-8,840,122	128,147	128,147	128,147	-16,671,745
WAJ資本	93,954,866	96,673,661	110,602,636	116,227,391	122,559,018
自己資本構成比率	69.1%	63.2%	58.8%	56.0%	47.5%
流動比率	210%	267%	337%	491%	287%

（出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表）

2018年12月31日時点で累積赤字が16.7百万JODとなり、資本の16倍となっている。自己資本比率は47.5%であるがこれはWAJからの資本投入があるからである。流動比率は200%以上を保持しており、支払い能力に問題はないと言える。

3) 水道料金及びその他料金

水道料金

最新の上下水道料金は2015年10月1日に施行された。料金徴収は一時毎月請求に変更されたことがあるが、基本的には四半期ごとの請求である。また、2011年以降、水道料金は居住者と非居住者の区分を有し、各水道各社とWAJそれぞれの料金体系が導入された。2012年に水道料金補正係数の導入、2014年に下水道税の導入、2015年に基本料金(Fixed amount)の変更がなされた。この2015年の改定により最低クラス(0-18m³)で2JOD、19-72m³で4JOD、72m³以上で6JODとなり、約12%値上げされた。

表 2.14 に過去の料金改定の推移を示す。

表 2.14 水道料金改定の推移

	1975	1978	1979	1982	1986	1988	1990	1991	1996	1997	2001	2004	2005	2010	2011	2012	2014	2015		
最小消費水量ブロック (m3)	40	20													6	18				
最大消費水量ブロック (m3)	100								251	131					43	127				
ブロック数	3	4				5		6	4					7						
最低料金 (JD)				10			15	20	5					6		5	7			
最小ブロックm3料金 (JD)	0.06		0.08	0.15	0.12	0.1				2					0.5	1.5	2.1	2.1		
最大ブロックm3料金 (JD)	0.12	0.26	0.35	0.5			0.6	0.73	0.85					1.6	1.6	1.6	1.6			
メータ料金 (JD)									0.3											
最小ブロックの追加料金												0.5	2.15	0.81	2.4	2.4	4.4			
係数	-														1~1.2				1~1.2	1~1.2

(出典：2012 年まではヨルダン国バルカ県送配水網改善・拡張計画協力準備調査報告書 セクターサーベイ報告書、以降は Miyahuna 提供資料をもとに調査団作成)

表 2.15、2.16 に居住者向け及び非居住者向けの Miyahuna の料金体系を示す。4 半期で 18m³ 以下の顧客は定額で 7.22JOD である。以降は消費水量ごとに単価及び基本料金が決められており、消費水量が多いほど単価は高くなる。

表 2.15 居住者向け上下水道料金 (4 半期ごとの請求)

4半期毎消費水量(m3)	単価 (JOD)			
	水道料金/m3	下水道料金/m3	係数	固定金額 (JOD)
0-18	2.1 JOD (最低料金)	0.69 JOD (最低料金)	1	4.43
19-36	0.145	0.046	1	8.08
37-54	0.500	0.288	1	9.73
55-72	0.850	0.518	1.1	9.73
73-90	1.000	0.690	1.15	11.73
91-126	1.400	0.805	1.15	11.73
>127	1.600	0.920	1.2	11.73

(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表)

表 2.16 非居住者向け上下水道料金 (4 半期ごとの請求)

消費水量	水道	下水道	固定金額 (JOD)
0-6	7.8 JOD (最低料金)	4.83 JOD (最低料金)	6
>7	1.3 JOD / m3	0.863 JOD/m3	7.8

(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表)

新規接続料金

新規接続料金には、①接続料、②メータ代 (25JOD)、③登録及び印紙代 (10JOD)、④保証金が必要である。接続料については、住居面積 150m² までが固定料金で 180JOD、以降 1m² 上がる毎に 1JOD が追加される。保証金は居住面積 200m² までが固定料金で 30JOD、以降 100m² 毎に 20JOD がかかる。

支払方法

支払方法は①Miyahuna の 14 か所のセンター、②郵便局、③銀行、④オンライン決裁 (E-FAWATEER.com) の 4 つがある。顧客は請求書受領から 2 週間以内に支払う義務がある。支払いを延滞している顧客には電話、ショートメッセージサービス (Short Message Service : SMS)、メータ検針係を通じて督促を行い、最終的には Miyahuna の法務局が対応する。1 四半期で 10JOD 以上、2 四半期で 30JOD 以上を滞納している顧客には通知を出し、その後 2 週間以内に支払いがない場合、接続を停止する措置を取っている。

支払能力、接続意思

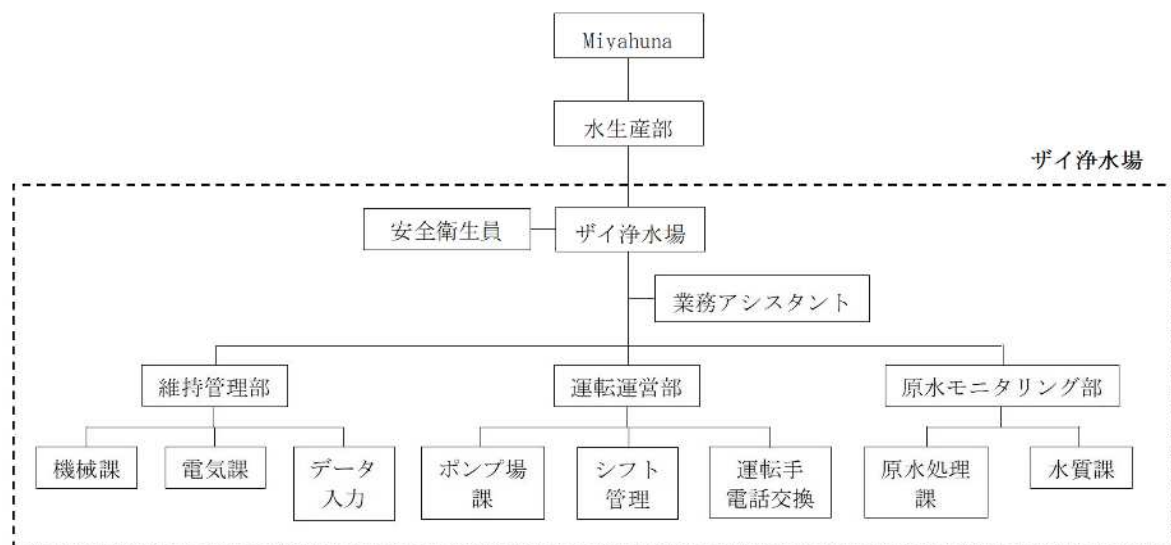
WAJ、Miyahuna では支払能力や接続意思を問うような調査を実施しておらずデータがない。しかし Miyahuna の顧客は年平均5%の伸びで増えており、潜在顧客の接続意思は高いと考えられる。また支払い能力について NWS 2016-2025 によると現在上下水道は一般家庭の家計支出の 0.92%であり、一般的に言われている 4%と比較してもかなり低いことから、支払能力はあると考えられる。

2.1.3 技術水準

(1) ザイ給水システム

1) 組織

ザイ給水システムはシフト制を敷き、24 時間運転を行っている。図 2.5 にザイ給水システムの組織図を示す。総職員数は 105 名であり現在 5 名の欠員が生じている。場長以下、3 つのセクションに分かれ、施設運用を運転運営部（Process[Operation]：56 名、欠員 2 名）、施設の維持管理を維持管理部（Maintenance：15 名、欠員 1 名）、取水と水質管理（水質試験室）を原水モニタリング部（Raw Water：29 名、欠員 2 名）が担当している。



（出典：ザイ浄水場提供資料をもとに調査団作成）

図 2.5 ザイ給水システム組織図

運転運営部

ザイ給水（PS1～4 及び PS5 までのポンプ場およびザイ浄水場）の運転を担当し職員数は 56 名（2 名の欠員）である。ポンプ場の運用は通常勤務（7 時 30 分から 16 時まで）と夜間勤務（16 時から 7 時 30 分）に分かれ、夜間勤務は 3 シフト制をとっている（1 日勤務、2 日休み）、現在、部長が欠員で後任者待ちである。また、PS1 から PS5 までのポンプ場には 30 名の警備員が配置され、11 名の運転手も本部に配属されている。

維持管理部

ザイ給水システムの全体施設のメンテナンスを担当し、機械課と電気課に分かれる。維持管理データベースを担当する一人の職員を含め職員数は15名、1名の欠員がある。全体の施設を対象に定期点検と故障時の点検・修理を行い、点検方法（時期、方法）はシステム化され点検記録も含めコンピュータによる管理（Computerized Maintenance Management System：以下「CMMS」と表記）が行われている。

原水モニタリング部

原水処理課（Primary Treatment Subsection）と水質課（Raw Water Subsection）に分かれ29名の職員がおり欠員は2名である。原水処理課は、ザイ浄水場の前処理施設（取水→過マンガン酸カリウム注入→二酸化塩素注入→沈砂池処理）を担当している。水質課はザイ給水システムの4つの水質試験室を管轄し、ザイ給水システムの水質管理の責任を担っている。

IPSと沈砂池は原水処理課の職員14名で24時間勤務の4シフト体制（1日勤務+3日休日）をとっている。また原水濁度の数値により取水ポンプの台数制御を行っており、表2.17に示す。

なお、これまでの運営の経験から浄水場で処理可能な濁度の数値として400NTU及び700NTUを決定し、沈砂池稼働時の濁度が400NTUを超えた場合および、沈砂池稼働時の濁度が700NTUを超えた場合はポンプを停止している。

表 2.17 原水濁度による取水ポンプの台数制御

沈砂池稼働なし		沈砂池稼働時	
濁度 (NTU)	運転ポンプ台数	濁度 (NTU)	運転ポンプ台数
< 200	4	< 400	4
200 - 300	3	400 - 500	3
300 - 400	2	500 - 600	2
400 <	停止	600 - 700	1
		700 <	停止

（出典：現地調査をもとに調査団作成）

水質課はザイ給水システムの4つの水質試験室を管轄しザイ給水システムの水質管理の責任を担っている。

ディルアラの水質試験室は24時間勤務の4チーム交代体制をとっている（1日勤務+3日休み）。水質分析は2時間おきに行い1日12回行う。採水は1時間おきに行うが、各項目が2時間おきに測定されるようにルーティンを組んでいる（但し1つの検水についてすべての項目を測定しているわけではない）。また、キングアブドゥラ運河（King Abdullah Canal、以下「KAC」と表記）の5か所からサンプリング用の取水を行い、清掃などKACの維持管理をKACを管轄するJVAと共同で行うため、5名の作業員を配置している。

浄水場内に所在する浄水プロセスの水質をモニタリングする浄水プロセス水質試験室も、ディルアラ水質試験室同様に原水モニタリング部に所属している。

水質試験・水安全部

Miyahunaには水質試験・水安全部（Quality, Laboratory and Water Safety Department）に

所属する飲料水化学水質試験室 (Drinking Water Chemical Lab) と飲料水微生物水質試験室 (Drinking Water Microbiological Lab) が浄水場内にある。これらの水質試験室はディルアラ水質試験室が採取した KAC 原水と、浄水場の流入水と浄水処理後の水について、化学的／微生物学的な各種の試験を行っている。

2) 維持管理

① コンピュータによる管理 (CMMS) による施設の維持管理

ザイ給水システムを構成する設備の維持管理は機器 (700 種類) ごとに与えられた 2 種類のジョブカード (Job Card) を用い、コンピューターで管理されている。

- 定期点検用ジョブカード (Scheduled Job Card)
- 非定期点検用ジョブカード (Unscheduled Job Card)

定期点検用ジョブカードは通常の定期点検を行うためのもので、定期点検のスケジュールに沿って、定期点検用ジョブカードに記載された点検内容に従って、定期点検を行う。定期点検用ジョブカードには点検間隔 (四半期毎、月毎)、点検に必要な時間などが記載され、点検後は定期点検用ジョブカードに点検日、点検者などを記入して承認サインを取得、これを CSMM のデータベースに入力する。次の点検まで待機リスト (waiting list) に組み込まれる。CMSS は定期点検のスケジュール表を作成し、このスケジュール表に沿って確実に定期点検が行われるようなシステムとなっている。これに対し非定期点検用ジョブカードは、機器の故障時に使用する。非定期点検用ジョブカードには、修理方法などが記載され、修理後には修理内容、使用した部品などを記載しデータベースに入力する。

② 部品、消耗品の保管と在庫管理

大型のポンプなど一部を除き、部品、消耗品の保管と供給は Miyahuna の倉庫部 (Warehouse Directarte) が担当する。Miyahuna にはメイン倉庫 1 か所と各施設などに 15 か所の倉庫があり、ザイ給水システムにも倉庫が 1 か所ある。

部品、消耗品のリクエストはオンラインを利用したシステムで行われる。倉庫側ではこのリクエストをもとに在庫管理の下位システムを使って、リクエストを満たす必要な部品を供給する。部品、消耗品の要求は責任者の承認が必要になるが、責任者の承認もシステム内で行われるため、この一連の流れは完全なペーパーレスとなっており、手続きにかかる無駄な時間を省くことが可能としている。これらのシステムは Miyahuna が独自で開発した。

メイン倉庫の保管倉庫の内部は、部品が体系だった記号ごとに整然と仕分けされている。

③ ザイ給水システム維持管理まとめ

ザイ給水システムは積極的にコンピューターを使用し、システム化された維持管理を行っている。

なおザイ浄水場の補修・整備費は過去 5 年平均で 0.3 百万 JOD で、2018 年は 0.49 百万 JOD を支出している。Miyahuna 全体ではスペアパーツに対して年 1.4 百万 JOD を支出しているが、ザイ給水システムに対する支出額の内訳は取得できなかった。

水道事業体の技術水準は事業体の運営、維持管理への評価がその目安となる。Miyahuna は原水

から浄水まで各プロセスにおける水質の監視体制の構築と継続的な水質モニタリングの実施、ポンプ施設及び浄水施設の運営、維持管理体制の構築と 0A 化した手法による確実な運営・維持管理の実施が継続的に行なわれ、技術水準は高いと評価される。

2.1.4 既存施設・機材

(1) 更新対象表

表 2.18 機器・施設更新対象表

施設名	機材	現状	更新の要否
IPS	ポンプ No. 1	稼働中	要：ポンプ設置から 16 年経過しており、総合効率が 54.3%と低く老朽化しているため
	ポンプ No. 2	稼働中	要：ポンプ設置から 16 年経過しており、総合効率が 63.1%と低く老朽化しているため
	ポンプ No. 3	稼働中	要：モータ新規交換から 4 年しか経過していないため総合効率が 73.6%と若干良いが、ポンプは設置から 16 年経過しているので No. 1、No. 2 と同様に老朽化していると考えられるため
	ポンプ No. 4	稼働中	不要：ポンプ新規交換から 1 年しか経過していないため更新不要と判断する
	モータ No. 1	稼働中	要：モータ設置から 16 年経過しており、総合効率が 54.3%と低く老朽化しているため
	モータ No. 2	稼働中	要：モータ設置から 16 年経過しており、総合効率が 63.1%と低く老朽化しているため
	モータ No. 3	稼働中	不要：モータ新規交換から 4 年しか経過していないため更新不要と判断する
	モータ No. 4	稼働中	要：モータ設置から 16 年経過しているので No. 1、No. 2 と同様に老朽化していると考えられるため
	吐出バタ弁 No. 1	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出バタ弁 No. 2	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出バタ弁 No. 3	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出バタ弁 No. 4	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	スクリーン No. 1	稼働中	要：スクリーン設置から 16 年経過しており腐食等により老朽化し性能低下しているため
	スクリーン No. 2	稼働中	要：スクリーン設置から 35 年経過しており腐食等により老朽化し性能低下しているため
	スクリーン No. 3	稼働中	要：スクリーン設置から 35 年経過しており腐食等により老朽化し性能低下しているため
	スクリーン No. 4	停止中	要：スクリーン設置から 16 年経過しており腐食等に

		より老朽化し性能低下している。現在修理不可能のため停止している
吐出ヘッダー管エンドキャップ	問題無し	不要：使用圧力が低くエンドキャップに過度な応力が掛かっていないため
二酸化塩素発生装置 No. 1	稼働中	要：運用開始から 35 年経過し経年劣化して内部部品の欠損や不具合のため、手動にて発生量を調整して運転している。現在は発生能力が低い（450 kg/日/台）ため、能力を上げ（900kg/日）、台数を減らす。（2 台：主機+予備）
二酸化塩素発生装置 No. 2	稼働中	要：運用開始から 35 年経過し経年劣化して内部部品の欠損や不具合のため、手動にて発生量を調整しながら運転している。現在は発生能力が低い（450 kg/日/台）ため、能力を上げ（900kg/日/台）、台数を減らす。（2 台：主機+予備）
二酸化塩素発生装置 No. 3	稼働中	要：運転開始から 20 年経過し経年劣化して内部部品の欠損や不具合のため、手動にて発生量を調整しながら運転している。現在は発生能力が低い（650 kg/日/台）ため、能力を上げ（900kg/日）、台数を減らす。（2 台：主機+予備）
亜塩素酸ナトリウム溶解装置 No. 1	稼働中	要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているうえに、輸送及び溶解操作において危険物である有効濃度 80%の粉末亜塩素酸ナトリウムを使用している。有効濃度 31.5%の溶液を貯槽に直接貯留することで安全性の向上を図る。貯槽及び薬品投入架台は共通とする。
亜塩素酸ナトリウム溶解装置 No. 2	稼働中	要：運用開始から 35 年経過して経年劣化しているうえに、輸送及び溶解操作において危険物である有効濃度 80%の粉末亜塩素酸ナトリウムを使用している。有効濃度 31.5%の溶液を貯槽に直接貯留することで安全性の向上を図る。貯槽及び薬品投入架台は共通とする。
塩素ガス受入設備	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、特に問題無く稼働している。
過マンガン酸カリウム溶解装置 No. 1	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、特に問題無く稼働している。 稼働頻度は二酸化塩素停止時、二酸化塩素注入量の多い時の 5～6 回/年程度。
過マンガン酸カリウム溶解装置 No. 2	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、特に問題無く稼働している。

			稼働頻度は二酸化塩素停止時、二酸化塩素注入量の多い時の 5～6 回/年程度。
	電気設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	監視設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	沈砂池	4 池中 2 池稼働、2 池故障中	要：現在の 2 池で砂・シルトの除去効果はあるが、夏季 3 か月間沈砂池を使えないため、故障中の 2 池も復旧が望まれる。
PS1	ポンプ No. 1	稼働中	要：ポンプ設置から 21 年経過しており、総合効率が 74.7%と低く老朽化しているため
	ポンプ No. 2	稼働中	不要：ポンプ新規交換から 6 年しか経過していないため更新不要と判断する
	ポンプ No. 3	稼働中	要：ポンプ設置から 19 年経過しており、総合効率が 74.7%と低く老朽化しているため
	ポンプ No. 4	稼働中	要：ポンプ設置から 19 年経過しており、総合効率が 76.5%と低く老朽化しているため
	モータ No. 1	稼働中	要：モータ設置から 21 年経過しており、総合効率が 74.7%と低く老朽化しているため
	モータ No. 2	稼働中	要：ポンプ新規交換から 6 年しか経過していないため総合効率が 79.7%と若干良いが、モータは設置から 19 年経過している所以他号機と同様に老朽化していると考えられるため
	モータ No. 3	稼働中	要：モータ設置から 19 年経過している所以他号機と同様に老朽化していると考えられるため
	モータ No. 4	稼働中	要：モータ設置から 19 年経過している所以他号機と同様に老朽化していると考えられるため
	吐出ボール弁 No. 1	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 2	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 3	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 4	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 1	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 2	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 3	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 4	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ヘッダー管エンドキャップ	応急処置対応中	要：応急処置でありエンドキャップの損傷が再発する可能性があるため
	電気設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働している。
	監視設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働している。
PS2	ポンプ No. 1	稼働中	要：ポンプ設置から 21 年経過しており、総合効率が

			77.8%と低く老朽化しているため
	ポンプ No. 2	稼働中	不要：ポンプ新規交換から 4 年しか経過していないため更新不要と判断する
	ポンプ No. 3	稼働中	不要：ポンプ新規交換から 6 年しか経過していないため更新不要と判断する
	ポンプ No. 4	稼働中	要：ポンプ設置から 19 年経過しており、総合効率が 76.7%と低く老朽化しているため
	モータ No. 1	稼働中	要：モータ設置から 20 年経過しており、総合効率が 77.8%と低く老朽化しているため
	モータ No. 2	稼働中	要：ポンプ新規交換から 4 年しか経過していないため総合効率が 78.9%と若干良いが、モータは設置から 19 年経過している所以他号機と同様に老朽化していると考えられるため
	モータ No. 3	稼働中	不要：モータ新規交換から 3 年しか経過していないため更新不要と判断する
	モータ No. 4	稼働中	要：モータ設置から 19 年経過しており、総合効率が 76.7%と低く老朽化しているため
	吐出ボール弁 No. 1	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 2	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 3	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 4	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 1	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 2	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 3	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 4	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ヘッダー管エンドキャップ	応急処置 対応中	要：応急処置でありエンドキャップの損傷が再発する可能性があるため
	電気設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	監視設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
PS3	ポンプ No. 1	稼働中	要：ポンプ設置から 21 年経過しており、総合効率が 75.9%と低く老朽化しているため
	ポンプ No. 2	稼働中	要：ポンプ設置から 17 年経過しており、総合効率が 72.8%と低く老朽化しているため
	ポンプ No. 3	稼働中	要：モータ新規交換から 3 年しか経過していないため総合効率が 74.6%と若干良いが、ポンプは設置から 17 年経過している所以他号機と同様に老朽化していると考えられるため
	ポンプ No. 4	稼働中	要：モータ新規交換から 4 年しか経過していないため

			総合効率が 75.6%と若干良いが、ポンプは設置から 17 年経過しているので他号機と同様に老朽化していると考えられるため
	モータ No. 1	稼働中	要：モータ設置から 21 年経過しており、総合効率が 75.9%と低く老朽化しているため
	モータ No. 2	稼働中	要：モータ設置から 17 年経過しており、総合効率が 72.8%と低く老朽化しているため
	モータ No. 3	稼働中	不要：モータ新規交換から 3 年しか経過していないため更新不要と判断する
	モータ No. 4	稼働中	不要：モータ新規交換から 4 年しか経過していないため更新不要と判断する
	吐出ボール弁 No. 1	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 2	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 3	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 4	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 1	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 2	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 3	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 4	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ヘッダー管エンドキャップ	応急処置 対応中	要：応急処置でありエンドキャップの損傷が再発する可能性があるため
	電気設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	監視設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
PS4	ポンプ No. 1	稼働中	要：モータ新規交換から 8 年しか経過していないため総合効率が 73.4%と若干良いが、ポンプは設置から 21 年経過しているので他号機と同様に老朽化していると考えられるため
	ポンプ No. 2	稼働中	不要：ポンプ新規交換から 4 年しか経過していないため更新不要と判断する
	ポンプ No. 3	稼働中	要：モータ新規交換から 2 年しか経過していないが総合効率が 67.9%と若干悪いことと、ポンプは設置から 17 年経過しており老朽化していると考えられるため
	ポンプ No. 4	稼働中	要：モータ新規交換から 2 年しか経過していないため総合効率が 74.5%と若干良いが、ポンプは設置から 17 年経過しているので他号機と同様に老朽化していると考えられるため
	モータ No. 1	稼働中	不要：モータ新規交換から 8 年しか経過していないため

			め更新不要と判断する
	モータ No. 2	稼働中	不要：モータ新規交換から 3 年しか経過していないため更新不要と判断する
	モータ No. 3	稼働中	不要：モータ新規交換から 2 年しか経過していないため更新不要と判断する
	モータ No. 4	稼働中	不要：モータ新規交換から 2 年しか経過していないため更新不要と判断する
	吐出ボール弁 No. 1	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 2	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 3	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ボール弁 No. 4	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 1	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 2	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 3	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出逆止弁 No. 4	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	吐出ヘッダー管エンドキャップ	応急処置 対応中	要：応急処置でありエンドキャップの損傷が再発する可能性があるため
	電気設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	監視設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
PS5	ポンプ No. 1	稼働中	要：ポンプ設置から 16 年経過しており、総合効率が 78.8%と低く老朽化しているため
	ポンプ No. 2	稼働中	要：ポンプ設置から 16 年経過しており、総合効率が 60.7%と低く老朽化しているため
	ポンプ No. 3	稼働中	要：ポンプ設置から 16 年経過しており、総合効率が 77.1%と低く老朽化しているため
	ポンプ No. 4	稼働中	不要：ポンプ新規交換から 1 年しか経過していないため更新不要と判断する
	モータ No. 1	稼働中	要：ポンプ設置から 16 年経過しており、総合効率が 78.8%と低く老朽化しているため
	モータ No. 2	稼働中	要：ポンプ設置から 16 年経過しており、総合効率が 60.7%と低く老朽化しているため
	モータ No. 3	稼働中	要：ポンプ設置から 16 年経過しており、総合効率が 77.1%と低く老朽化しているため
	モータ No. 4	稼働中	要：ポンプ設置から 16 年経過しており、総合効率が 77.2%と低く老朽化しているため
	吐出ボール弁 No. 1	稼働中	不要：吐出ボール弁交換から 1 年しか経過していないため更新不要と判断する
	吐出ボール弁 No. 2	稼働中	要：吐出ボール弁設置から 16 年経過しており、老朽

			化ため制御弁としての機能が低下している
	吐出ボール弁 No. 3	稼働中	要：吐出ボール弁設置から 16 年経過しており、老朽化ため制御弁としての機能が低下している
	吐出ボール弁 No. 4	稼働中	要：吐出ボール弁設置から 16 年経過しており、老朽化ため制御弁としての機能が低下している
	吐出逆止弁 No. 1	稼働中	要：吐出逆止弁設置から 16 年経過しており、老朽化ため逆止弁としての機能が低下している
	吐出逆止弁 No. 2	稼働中	要：吐出逆止弁設置から 16 年経過しており、老朽化ため逆止弁としての機能が低下している
	吐出逆止弁 No. 3	稼働中	要：吐出逆止弁設置から 16 年経過しており、老朽化ため逆止弁としての機能が低下している
	吐出逆止弁 No. 4	稼働中	要：吐出逆止弁設置から 16 年経過しており、老朽化ため逆止弁としての機能が低下している
	吐出ヘッダー管エンドキャップ	応急処置 対応中	要：応急処置でありエンドキャップの損傷が再発する可能性があるため
	電気設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
	監視設備	稼働中	不要：特に問題無く稼働しているため
ザイ浄水場	粉末活性炭 注入装置 No. 1	稼働中	要：運用開始から 20 年経過し経年劣化し、フィーダーに異音、振動があるが稼働している。最大注入時に注入量が不足するため、2 台稼働する必要がある。（予備機がなくなる） 新設する場合は、注入管内の活性炭スケールを避けるため、注入点近傍に注入能力が大きな設備を設置する必要がある。
	粉末活性炭 注入装置 No. 2	稼働中	要：運用開始から 20 年経過し経年劣化し、フィーダーに異音、振動があるが稼働している。最大注入時に注入量が不足するため、2 台稼働する必要がある。（予備機がなくなる） 新設する場合は、注入管内の活性炭スケールを避けるため、注入点近傍に注入能力が大きな設備を設置する必要がある。
	1 系硫酸第一鉄溶解装置	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。 硫酸第二鉄用として設置されたが、亜塩素酸還元剤として硫酸第一鉄用に転用された。
	1 系硫酸第一鉄注入ポンプ No. 1	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。 原水中の亜塩素酸濃度が基準を超えた場合のみ運転

		する。
1 系硫酸第一鉄注入ポンプ No. 2	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。 原水中の塩素酸濃度が基準を超えた場合のみ運転する。
1 系硫酸第二鉄溶解装置 No 1	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
1 系硫酸第二鉄溶解装置 No2	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
1 系高分子（4%）溶解装置	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
1 系高分子（4%）注入ポンプ No. 1	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
1 系高分子（4%）注入ポンプ No. 2	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
1 系高分子（2%）溶解装置	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
1 系高分子（2%）注入ポンプ No. 1	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
1 系高分子（2%）注入ポンプ No. 2	稼働中	不要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
1 系過マンガン酸カリウム注入設備	停止中 不使用	不要：使用していない。
1 系粉末活性炭注入設備	停止中 不使用	不要：使用していない。
1 系塩素ガス受入設備	稼働中	不要：運用開始してから 35 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
1 系塩素ガス気化器 No. 1	稼働中	不要：2017 年に Miyahuna により更新され、問題なく運転している。
1 系塩素ガス気化器 No. 2	稼働中	不要：2018 年に Miyahuna により更新され、問題なく運転している。
1 系塩素ガス注入設備 No. 1	停止中 故障	要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しており運転できない。No. 1～No. 3 注入機を撤去し、予備機 1 台を設ける。
1 系塩素ガス注入設備 No. 2	停止中 故障	要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しており運転できない。No. 1～No. 3 注入機を撤去し、予備機 1 台を設ける。
1 系塩素ガス注入	稼働中	要：運用開始から 35 年経過し経年劣化しており運転

設備 No. 3		できない。No. 1 ～No. 3 注入機を撤去し、予備機 1 台を設ける。
1 系塩素ガス注入設備 No. 4	稼働中	不要：2001 年のリハビリ工事において追加納入され、問題なく運転している。
1 系塩素ガス注入設備 No. 5	稼働中	不要：2001 年のリハビリ工事において追加納入され、問題なく運転している。
2 系硫酸第二鉄溶解装置 No. 1	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しちるが問題なく運転している。
2 系硫酸第二鉄溶解装置 No. 2	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しちるが問題なく運転している。
2 系硫酸第二鉄注入ポンプ No. 1	稼働中	不要：問題なく運転している。 Miyahuna により定期的に更新されている。
2 系硫酸第二鉄注入ポンプ No. 2	稼働中	不要：問題なく運転している。 Miyahuna により定期的に更新されている。
2 系高分子（4%）溶解装置	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
2 系高分子（2%）溶解装置	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
2 系高分子（4%）注入ポンプ No. 1	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
2 系高分子（4%）注入ポンプ No. 2	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
2 系高分子（2%）注入ポンプ No. 1	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
2 系高分子（2%）注入ポンプ No. 2	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
2 系塩素ガス受入設備	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しているが、問題なく運転している。
2 系塩素ガス気化器 No. 1	停止中 故障	要：運用開始から 20 年経過し経年劣化し一部破損している。自然気化により対応している。
2 系塩素ガス気化器 No. 2	停止中 故障	要：運用開始から 20 年経過し経年劣化し一部破損している。自然気化により対応している。
2 系塩素注入装置 No. 1	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しておりリハビリが必要だが、運転できている。
2 系塩素注入装置 No. 2	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しておりリハビリが必要だが、運転できている。
2 系塩素注入装置 No. 3	稼働中	不要：運用開始から 20 年経過し経年劣化しておりリハビリが必要だが、運転できている。

	データーロガー	稼働中 一部故障	要：コンピューターのプロピディスクおよびプリンターが故障、OS サポートの切れている PC タイプのデーターロガーの更新が必要。
	テレメーター	稼働中	要：回線異常により、信号が途絶えることが度々起きる。詳細調査が必要。

(2) 機材

1) ポンプ・モータ及び主要付帯機器

ザイ給水システムのポンプ設備は1985年にUSAIDの資金により設置され、その後1997年と2001年に我が国による無償資金協力支援で導水ポンプの容量の増強が実施され、2002年にKFWの有償資金協力により残りの設備も容量が増強されて現在に至っている。

これらのポンプ設備の稼働状況については、過去の運転データから全6機場24台のポンプが年間通して運転している時間を示す稼働率は0.688となっている。稼働率が低い主な理由は、各機場常時4台のポンプが運転されている訳ではなく、吸・吐出水槽の水位に基づく手動による台数制御運転が採用されており、それぞれのポンプがON-OFF運転されているためである。また事後保全管理手法と予防保全管理手法を併用したコンピュータによる維持管理システムを導入し、更に交換部品や消耗品についてもコンピュータ管理されている。

[既設機器の仕様]

表 2.19、2.20、2.21 に現状のポンプ、モータ及び主要付帯機器の仕様を示す。尚、ポンプ・モータ及び主要付帯機器を調査した詳細は別紙添付資料 6 に示す。

表 2.19 既設ポンプの仕様

施設名	ポンプ型式	ポンプ容量	ポンプ全揚程	回転速度	モータ出力	設置台数
		m ³ /min	m	min ⁻¹	kW	set
IPS	縦軸斜流	43.8	30	990	280	4
PS1	横軸渦巻	43.5	300	1490	3200	4
PS2	横軸渦巻	43.5	300	1490	3200	4
PS3	横軸渦巻	43.5	308	1490	3300	4
PS4	横軸渦巻	43.5	314	1490	3500	4
PS5	横軸渦巻	42.9	195	1490	1800	4

(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表)

表 2.20 既設モータの仕様

施設名	モータ型式	モータ電圧	ポール数	相数	周波数	モータ出力	設置台数
		kV	P	φ	Hz	kW	set
IPS	縦軸かご型	0.4	6	3	50	280	4
PS1	横軸かご型	6.6	4	3	50	3200	4

PS2	横軸かご型	6.6	4	3	50	3200	4
PS3	横軸かご型	6.6	4	3	50	3300	4
PS4	横軸かご型	6.6	4	3	50	3500	4
PS5	横軸かご型	6.6	4	3	50	1800	4

(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表)

表 2.21 既設主要付帯設備の仕様

施設名	機器名	仕様	設置台数
IPS	スクリーン	1.9 m(W) x 3.55 m(L) x 7.15 m(D) メッシュタイプ	2
		1.4 m(W) x 3.2 m(L) x 7.15 m(D) メッシュタイプ	2
	洗浄ポンプ	34 m ³ /hr x 65 m 水中ポンプ	3
	弁類	φ 600 電動バタフライ弁、PN10	4
	伸縮継手	φ 600 ラバージョイント、PN10	4
PS1-5	弁類	φ 450 電動ボール弁、300Lb	各機場 4 台
		φ 450 逆止弁ダッシュポット付き、300Lb	各機場 4 台
	伸縮継手	φ 450 ベローズタイプステーボルト付き、300Lb	各機場 4 台

(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表)

[既設機器の現状]

既設機器に関する現在の状況を以下に示す。

①トラベリングスクリーン

IPS には 4 台のトラベリングスクリーンが設置されている。本スクリーンは、KAC の取水口に設置された粗目スクリーンで除去出来なかった異物を取水ポンプの直前で除去するためメッシュタイプの細目スクリーンとして設置されている。これら 4 台のスクリーンは老朽化や不具合によりスクリーンとしての機能が低下しており、異物を含む原水が取水ポンプを通過し 4 機場の導水ポンプを経てザイ浄水場まで送水されている。これによって、取水ポンプの羽根車の損傷、導水ポンプの内部でゴミが詰まるトラブル及び浄水場への影響（写真-1、2）を引き起こしている。



写真- 1 取水ポンプ後の
沈砂池で収集されたゴミ



写真- 2 浄水場の濾過池に浮
遊するゴミ

②取水ポンプ

取水ポンプの取扱液は河川水（原水）であるが、KAC は開渠の運河であることから砂やシルトだけでなく様々な生活廃棄物が運河に投棄されている。そのため取水ポンプの吸込側には粗目及び細目スクリーンが２段階に設置され異物を除去する事になっているが、スクリーンの老朽化により除去性能が低下し異物が取水ポンプに流入している。

また、取水ポンプの材質は砂、シルト及び異物の混入を考慮していない標準的な材質の組み合わせになっている。特に羽根車とケーシングリングは青銅鑄物であり、耐摩耗材質ではないことから摩耗及び損傷が進行している。羽根車のブレードの入口部を見ると写真-3 に示す様に欠けた様になっており、これらは摩耗ではなく異物による損傷が原因である。これらがポンプ効率の低下の主原因と考えられる。また、ブレード表面に沿って多数の筋が見られブレード自身も薄くなっている。



写真- 3 インペラの欠損

③導水ポンプ

ポンプのケーシング内部の状況及び公益社団法人 腐食防食学会（腐食センター）⁷による分析から、ケーシングの表面は塩化物イオン、二酸化塩素及び過マンガン酸カリウムの注入による影響を受け、腐食が生じている。つまりケーシング内面は、高流速やシルトの影響で塗装が剥離した後、鑄鋼が塩化物イオンによって全面腐食したと考えられる。一方、インペラはキャビテーションエロージョンが発生している。従って、ポンプ効率の低下の原因は以下の写真 4-6 の様にケーシングの内面腐食による表面粗さに起因する摩擦損失の増大、ケーシング舌部の損傷、インペラの壊食などが考えられる。



写真- 4 ケーシング内面の腐食



写真- 5 ケーシング舌部の損傷

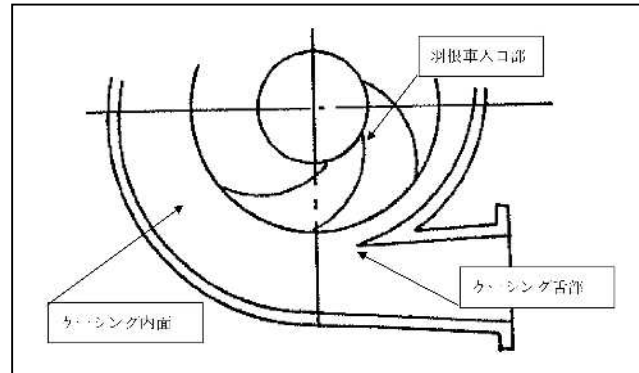


写真- 6 インペラの壊食

⁷ 取水・導水・送水ポンプで生じている摩耗と腐食の徹底的な原因究明・対策を行うため、公益社団法人 腐食防食学会（腐食センター）に分析を委託した。腐食防食学会による検討書は別紙添付資料 7 に示す。

尚、上記 3 枚の写真の具体的撮影場所を図 2.6 に示す。

一方、上記に挙げた三要因の他、インペラリングとケーシングリングの隙間拡大による内部漏水も考えられ、その隙間拡大は原水中のシルトが研磨剤となって両リングの接触面が削られた事によると考えられる。Miyahuna の聞き取り調査によると隙間が 6 mm まで拡大したインペラリングとケーシングリングの組み合わせもあったとの事であった。



(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作図)

図 2.6 ポンプの内部の撮影箇所

尚、2004 年に KfW によって取水ポンプ場及び PS5 の更新工事が完了したあと、USAID によって取水ポンプ場の直後に二酸化塩素が注入され、過マンガン酸カリウムが季節的に注入される事になりその影響も考えられる。二酸化塩素は消毒副生成物であるトリハロメタンを生成しない酸化・消毒剤として原水中の線虫・クリプトスポリジウムの不活化、藻類・異臭味物質・有機物の低減を目的として注入される。過マンガン酸カリウムは、強力な酸化剤として二酸化塩素発生装置の停止時及び二酸化塩素注入量が過大になる場合に二酸化塩素を補完する目的で注入される。そこで公益社団法人腐食防食学会にポンプに対する摩耗と腐食の検討を依頼した結果、これらの添加も腐食に対する影響を与えているとの結論であった。

④送水ポンプ

今回の調査では送水ポンプの内部の点検はできなかったが、Miyahuna から提供を受けたケーシング内部の写真-7 から、導水ポンプ程ではないが腐食が進行している。ただし、取扱液が塩素を含む浄水である事とケーシングが鋳鋼及び軸受ケーシングがネズミ鉄である事を考慮すると、腐食の進行速度は特に異常ではなく許容出来る範囲であると考えられる。従って、この程度の腐食はポンプ性能には大きく影響を及ぼすとは考えられない。一方、過去の修理履歴を見ると、導水ポンプと比較して送水ポンプは大きなトラブルが発生しておらず、ポンプの効率低下は新規納入後約 16 年経過している事を考えると、経年劣化の範囲と考えられる。



写真-7 ケーシング内部

⑤モータ

モータ24台の内16台は老朽化したものを現在使用している。モータに関しては既設モータがリアクトル駆動方式を採用しており、また既存のスペースの関係でかご形三相誘導モータが採用されている。一方、モータの外皮構造保護方式は現在開放防滴タイプ（IP22）が採用されているが、現在のポンプ場の環境が高温・多湿に加え、ポンプのグラウンド部から漏れる飛沫にシルトが多く含んでおり、写真-8に示す様にシルトがモータ内部に侵入・付着している。



写真- 8 シルトのモータ内部付着

⑥吐出ヘッダー管

Miyahunaからの聞き取り調査によると、2013年2月にPS4、2013年12月にPS5のヘッダー管末端部の破損事故があり、PS5の末端部修理に合わせて、PS1～3においてもPS4、PS5と同様に写真-9に示す様にリブと支持型の末端部に改造したが、PS2において2017年1月に溶接不良で再度破損事故が発生したとの事であった。但し上記以外の箇所での漏水事故は起こっておらずIPSの吐出ヘッダー管についてはこれまで漏水等の破損は一度も起こっていないとの事である。また、目視調査においては、一部塗装が劣化している箇所があり、外面の腐食が見られるものの漏水やその他機能的に問題となるような損傷は見られなかった。末端部は破損事故の応急復旧であり、補強後にもかかわらず破損した事例がある事から、再度水撃が発生した際破損する恐れがある。



写真- 9 ヘッダー管末端部

一方、管厚測定を実施した結果、すべての測定点において腐食等による減肉は見られなかった。尚、測定最小肉厚は8.38mmであったが、耐圧6MPaに対する必要管厚は7.62mmであり、本配管はザイ給水システムの必要耐圧に耐えられると考えられる。管厚測定調査報告は別紙添付資料8に示す。

⑦電動ボール弁、チェッキ弁

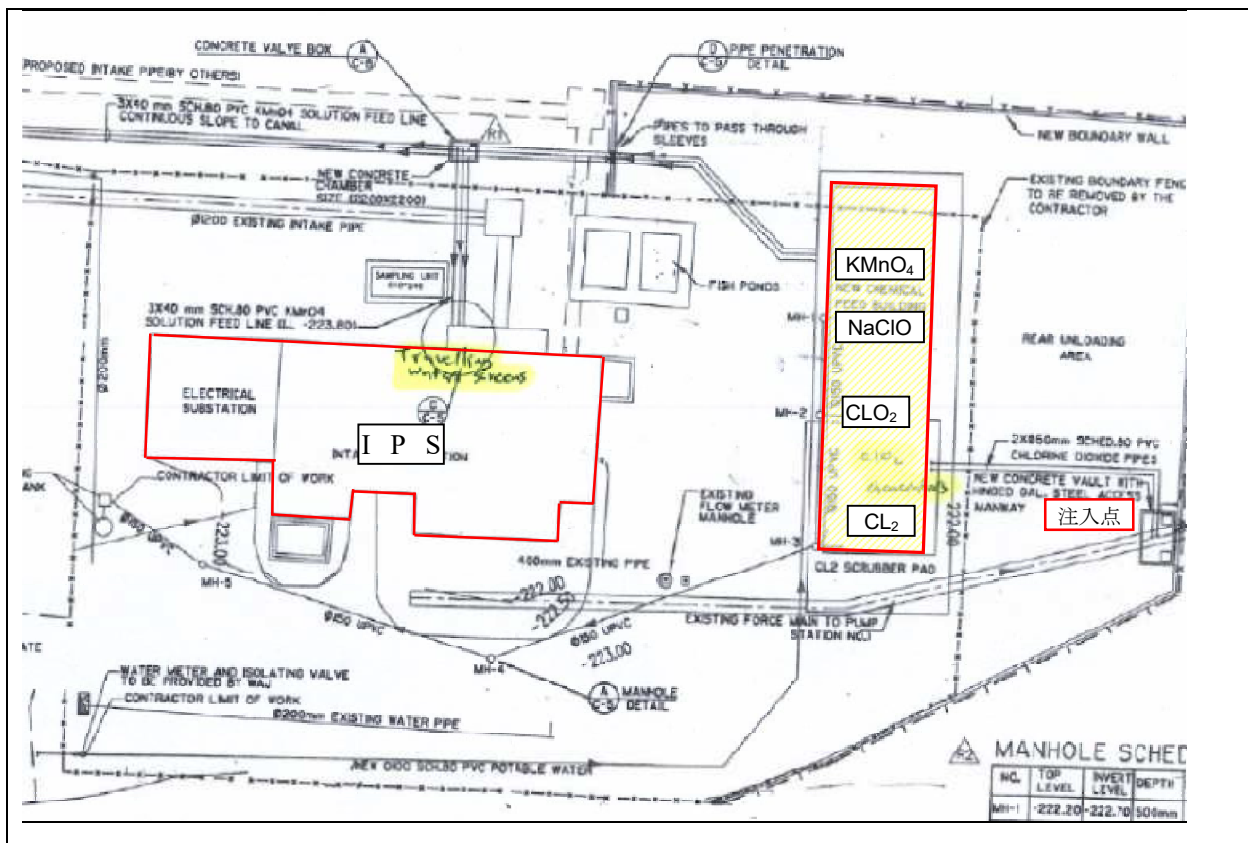
PS5の電動ボール弁3台が写真-10に示す様に弁胴に腐食、弁体に壊食が見られ、またチェッキ弁4台も同様に腐食している。これらの弁はポンプの起動停止時に開閉される重要な弁であるが、腐食により弁の開閉がスムーズに行えず、また止水性能も低下し、弁としての機能を果たしていない。特に、電動ボール弁は2018年に1台新規更新されたが、他の弁は納入当初から交換されておらず、設置から年月が経っており送水ポンプ場としての送水能力の低下の原因になるリスクが高い。



写真- 10 電動ボール弁内部

2) 取水ポンプ場 薬品注入施設機材

取水ポンプ場（IPS）の薬品注入施設配置図を図 2.7 に示す。



（出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作図）

図 2.7 IPS 全体配置図

① 二酸化塩素生成装置

2000年に原水中の線虫対策として薬品注入棟を築造し、生成能力450kg/時の発生装置2台を関連設備と共にUSAIDが設置した。2006年能力増強のため生成能力650kg/時の発生装置を1台増設し、現在3台が稼働している。

稼働から20年近く経過し老朽化しており、スペア部品が欠損し、注入量の変更は手動操作を

余儀なくされている。

② 塩素酸ナトリウム溶解装置

2000 年に二酸化塩素生成に必要な主原料の一つの供給装置として、USAID が共通鋼製架台と共に 2 組設置した。亜塩素酸ナトリウムは主原料である塩素と発生装置内で反応させ、二酸化塩素を発生させる。

装置は老朽化しており、保守及び修理を重ね運用している。水（440L）の入った溶解槽に有効濃度 80%の亜塩素酸ナトリウムの粉末（50kg/缶×4 缶）を投入口から投入し、攪拌機により混和し 25%濃度の溶液にして、60 時間静置後、上澄液を移送ポンプにより貯留槽に移し、生成装置に供給する。

亜塩素酸ナトリウムは強力な酸化剤で助燃性が高く刺激臭があり、日本では劇薬に指定されている。ヨルダン側は輸送や防護具を着用する必要がある溶解作業に苦慮している。そのため、31.5%濃度の液体亜塩素酸ナトリウムへの原料変更を現場担当者が管理者に要望している。

③ 塩素ガス供給装置

2000 年に二酸化塩素生成設備の生成に必要な主原料供給装置として、USAID が設置した。塩素ガスは主原料である亜塩素酸ナトリウムと発生装置内で反応させ、二酸化塩素を発生させる。

装置は老朽化しているが、構成は液化塩素コンテナと真空圧力調整弁で可動部分が無く単純なため、問題なく運用している。生成装置の能力が小さく必要塩素量が少ない為、塩素コンテナ室に貯蔵された 1 トンコンテナ 2 個を併用し、気化器を利用することなく自然気化により供給している。

中和装置は近年運転されたことが無く、中和剤としての水酸化ナトリウムの劣化が危惧される。

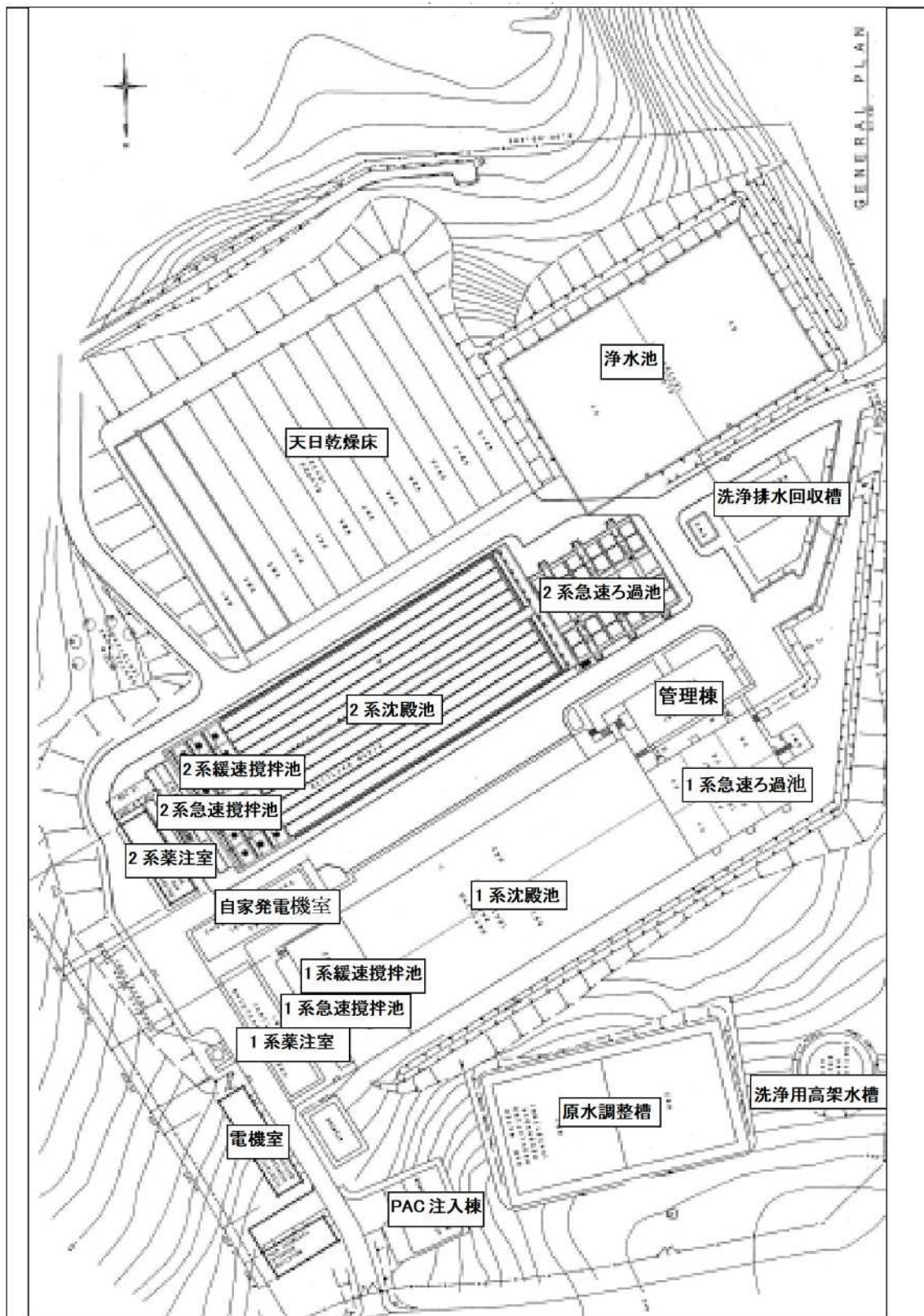
④ 過マンガン酸カリウム溶解・供給装置

2000 年に二酸化塩素を補完する目的で、USAID が二酸化塩素生成装置と一緒に設置した。ザイ浄水場にも同様な設備はあるが、原水との接触時間を確保する目的で、ザイ浄水場の設備の運用を停止し新たに設置した。過マンガン酸カリウムは強力な酸化剤で原水の異臭味の改善やトリハロメタンの発生を抑制するために注入される。二酸化塩素の注入率が高くなり水中の発がん物質とされている亜塩素酸濃度が高くなる場合や二酸化塩素発生装置の停止時に、二酸化塩素を補完する目的で使用される。

設備は過マンガン酸カリウム粒の定量供給装置と水流による溶解装置及び注入ポンプから構成される。送水管に圧入されるが、管内圧力が高く注入ポンプ停止時に溶解装置から逆流し、運転停止に苦慮している。注入ポンプに予備はないが、使用頻度は 5～6 回/年程度である。

3) ザイ浄水場 薬品注入施設機材

ザイ浄水場 の薬品注入施設配置図を図 2.8 に示す。



(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作図)

図 2.8 ザイ浄水場全体配置図

① 粉末活性炭供給設備

2000 年に活性炭注入棟を既設の原水調整槽から少し離れた場所に新築した際、USAID が 3 基設置した。

活性炭と原水を接触させる原水調整槽には、短絡流を防ぐため樹脂網製の水平迂流式の導流壁が設けられた。

20 年近く経過し装置は老朽化し 3 基中 1 基が故障、2 基にて運用している。異臭味低減の為、常時注入する必要があるため運転を停止することができない。現有設備の供給能力（6～180kg/時）は小さく、最大注入時には 2 基併用運転を余儀なくされる。粉末活性炭は 1m³フレキシブルバッグごとに供給装置に吊り下げ、下部の計量供給装置により計量され混合器に送る。混合器にて水と混合し注入点までホースによって圧送するが、ホース内部は活性炭の粉により閉塞してしまうので、定期的（2～3 週間）にホースの交換を余儀なくされている。粉末活性炭は本浄水場の処理に不可欠な薬品であり、毎日処理水量、水質に応じて必要な量を連続して注入している。その為、フレキシブルバッグの架け替えは、1 日に 6～18 回（平均 10 回）行っており、かなりの作業量となっている。

② 急速攪拌設備

1985 年に 1 系凝集攪拌設備として機械式パドル型急速攪拌機（1 台/池×2 池）を USAID が建設した。2001 年に 2 系凝集攪拌設備としてジェット噴流式急速攪拌装置（1 組/池×2 池）を第 2 次アンマン計画で増設した。

1 系は機械式攪拌装置で経年変化により老朽化しており、駆動装置からオイル漏れが見られる。異音・振動及びモータの異常な温度上昇はない。

2 系は水流エネルギーによる攪拌であり経年変化による劣化はほとんど見られない。

③ 緩速攪拌設備

1985 年に 1 系緩速攪拌設備として機械式パドル型可変速緩速攪拌機（3 台/段×3 段/池×2 池/系＝9 台/系）を USAID が建設した。2001 年に 2 系緩速攪拌設備として機械式パドル型可変速緩速攪拌機（3 台/段×3 段/池×2 池/系＝9 台/系）を第 2 次アンマン計画で増設した。

1 系は老朽化しているが、異音、振動及びモータの異常な温度上昇はない。駆動装置からのオイルの漏れが 18 台中 2 台に見られた。

2 系は老朽化しているが、異音、振動、モータの異常な温度上昇はない。駆動装置からのオイルの漏れは見られなかった。

④ 沈殿池汚泥掻寄設備

1985 年に 1 系沈殿池に 5 台の吸泥ポンプを備えた移動式排泥装置（2 池/系）を、USAID が設置した。2001 年に 2 系沈殿池を増設し、1 系と同様の移動式排泥装置（2 池/系）を第 2 次アンマン計画で設置した。

1 系施設は設置してから 35 年経過し、設備は老朽化しており定期的メンテナンスを行いながら運用しているが、保守部品が不足している。特に排泥ポンプ部品の不足が目立つ。

2 系は 20 年を経過し設備は劣化しており定期的メンテナンスを行いながら運用している。

⑤ 急速ろ過設備

1985 年建設時の 1 系（6 池）は USAID が設置した。

2001 年拡張工事に先行し、洗浄方式が複層ろ過池の洗浄効率が高い、表面洗浄+逆流洗浄方式

から空気洗浄+逆流洗浄方式に変更した。

2001 年拡張時の 2 系（6 池）は第 2 次アンマン計画で設置した。

ろ過池の運転は全ての自動運転ユニットが壊れており、現場作業員の指示により中央監視室から手動操作で行っているため、バルブ操作のタイミングのずれによりアンスラサイトが洗浄時に流失し（洗浄排水池に堆積し、汚泥処理される）、6 か月毎に補充を余儀なくされている。集水装置はこれまで点検が行われたことが無い。ろ層の点検は 2 回/年行う。マッドボールの有無は 1 回/年行うようにしている。

1 系の洗浄時、洗浄が均一に行われていない池がみられた。集水装置或いは支持砂利槽に異常があると推測される。

多くの電動弁は経年劣化によりバルブシートより漏水があり、状態について表 2.22 に示す。

表 2.22 急速濾過設備バルブの状態

池番号	流入弁	浄水弁	逆洗弁	排水弁	空洗弁	ドレン弁
1 系	1	△	△	△	△	○
	2	△	△	△	△	○
	3	△	△	△	△	○
	4	△	△	△	△	○
	5	△	△	△	△	○
	6	△	△	△	△	○
2 系	1	△	△	△	△	○
	2	△	△	△	△	○
	3	△	△	△	△	○
	4	△	△	△	△	○
	5	△	△	△	△	○
	6	△	△	△	△	○

[凡例] ○：問題無 △：漏水

(出典：現地調査をもとに調査団作表)

⑥ ろ過池空洗用ブロフ設備

1985 年の浄水場建設時、急速ろ過池洗浄システムは表面洗浄+逆流洗浄方式が採用されていた。2001 年の浄水場拡張に先立ち、1999 年複層ろ過池に対し洗浄効果の高い空気洗浄+逆流洗浄方式が採用され、空洗ブロフを USAID が設置し、1 系及び 2 系の洗浄に共用されている。

約 20 年経過しているが稼働頻度が少なく、問題なく運転されている。

⑦ 逆洗用高架水槽設備

1985 年浄水場建設当初、USAID が築造した。

鋼板製の洗浄用水槽は、経年変化により劣化しており、溶接部からの漏水があり鋼板製補強板で補修され使用している。

⑧ 洗浄排水返送ポンプ設備

1985 年の浄水場建設時、洗浄排水回収池が 1 池築造され、洗浄排水返送ポンプを USAID が 2 台設置した。2001 年の拡張時、洗浄排水返送ポンプ 2 台を第 2 次アンマン計画で既設洗浄排水回収池に増設した。

建設時に設置された 2 台は老朽化し運用していない。拡張時に設置された 2 台により、洗浄排水の静置後の上澄水を、原水回収池に送っている。

⑨ 洗浄水揚水ポンプ

1985 年の浄水場建設時に、1 系洗浄水揚水ポンプを USAID が 2 台（1 台予備）設置した。2001 年の拡張時に 2 系洗浄水揚水ポンプを、第 2 次アンマン計画で 2 台（1 台予備）設置した。

異音・振動或いはモータの異常な温度上昇もなく、問題なく運転している。

⑩ 薬品注入設備

1985 年の 1 系建設時に薬注棟が新設されると共に、USAID が以下の薬品注入設備を設置した。当初粉末活性炭は薬柱棟に設置され、原水流入管に注入していた。現在は配管の閉塞を避ける為薬柱棟内の運用が停止され、2001 年に場内の別な場所に注入棟を新設し、新設備を設置し運用している。過マンガン酸カリウムは原水との接触時間を確保するため、2001 年に取水ポンプ場に新たに設置し、浄水場内の設備は運用を停止した。凝集剤の硫酸アルミニウムは、1998 年に薬品を硫酸第二鉄に変更し注入している。当初設置した苛性ソーダは、当初から水質上必要とされず運用していない。高分子（アニオン）設備は水質によりカチオン系に統一され、沈殿処理水渠（4%）とろ過池流入渠（2%）に注入している。

2000 年の 1 系改修時に二酸化塩素設備導入に伴い、既設の硫酸第二鉄設備の 1 組を硫酸第一鉄設備に転用し（使用頻度：数回/年）、硫酸第二鉄設備が USAID が新たに 1 組増設した。

2001 年の 2 系増設時に 2 系専用として硫酸第二鉄設備を 2 組、高分子（カチオン）設備を 2 組、第 2 次アンマン計画にて設置した。

1985 年の建設時に設置した 1 系薬品注入設備は、凝集剤設備は硫酸アルミニウム設備から硫酸第二鉄設備に変更され、高分子設備は水質に適したカチオン系に統合され運用している。設備は経年使用により老朽化している。

2000 年の 2 系拡張時に設置した硫酸第二鉄設備は注入ポンプが連続して運転しており、ポンプ本体及びダイヤフラムを定期的に交換している。高分子注入設備は問題なく運転している。

⑪ 塩素注入設備

1985 年の 1 系建設時に塩素設備棟を新設すると共に、塩素注入機 3 台、塩素気化器 2 台、液化塩素コンテナ貯蔵室（計重器）及び中和装置を、USAID が設置した。2001 年の 1 系リハビリ時に塩素注入機 2 台、塩素気化器 1 台及び制御盤を第 2 次アンマン計画で設置した。2001 年の 2 系増設時に 2 系専用設備として塩素注入機 3 台、塩素気化器 2 台及び制御盤を第 2 次アンマン計画で設置し、中和装置は 1 系と共用した。2017 年及び 2018 年に 1 系気化器を Miyahuna 自己資金で 1 台ずつ増設した。

1985 年建設時に設置された 1 系は経年劣化によって注入機 3 台中 2 台が壊れ、2001 年にリハビリ事業で注入機 2 台、気化器 1 台を追加した。

2017 年と 2018 年に自己資金で気化器を追加し運用している。リハビリ工事の気化器は運用していない。

2001 年拡張時の 2 系は 3 台の注入機と 2 台の気化器を設置しているが、気化器 2 台の状態が

悪い。

⑫ 薬品注入システム全体に関して

本給水システムでは様々な薬品を注入しているが、調査の結果、投入している薬品、注入順は妥当であった。薬品注入の流れ、薬品注入率等については別紙添付資料 9 に示す。

4) 電気設備

ザイ給水システムの電気設備はザイ浄水場の主要な施設に 3 か所、ポンプ場 6 か所に電気設備が設置されている。電力会社の 33kV 配電線から 1 回線を屋外の受変電設備に引込み、開閉器、遮断器、油入変圧器を経て、各施設に必要な電源電圧を供給している。33kV 受変電設備はヨルダン電力会社 (Jordan Electric Power Company Company、以下「JEPCO」と表記) が運営管理、定期メンテナンスを実施している。

① 浄水場電気設備 フェーズ 1 (1985 年 USAID : 1 系浄水場)

各施設の配電盤、制御盤に電源を配電する方式である。稼働後約 35 年を経ており、一部の設備の追加、改修、更新が実施されているが、全般的に老朽化が著しい。

② 浄水場電気設備 フェーズ 2 (第 2 次アンマン計画 : 2 系浄水場)

浄水場電気室に配電盤、モーターコントロールセンターで負荷に配電する方式である。稼働後約 20 年を経過しているが、施設は支障なく稼働している。

③ 浄水場電気設備 (2016 年 USAID : 紫外線処理施設用)

近年になって増設されたもので、施設は支障なく稼働している。

④ ポンプ場電気設備 (第 2 次アンマン計画 : PS1~4) (KFW : IPS、PS5)

IPS、PS1~5 は、JEPCO の 33kV 配電線から 1 回線を屋外の受変電設備に引込み、開閉器、遮断器、油入変圧器が各々 2 台設置された 2 バンク構成となっている。

JEPCO が運営管理、定期メンテナンスを実施しており、各機場には予備の変圧器を仮設置しており、緊急時に対応できるようになっている。

PS1~5 は受変電設備の変圧器で 6.6 kV に降圧して、ポンプ場建屋内の電気室に送り受電盤で受電して、6.6 kV 電圧で 3,000kW 級のモータに配電している。IPS は 400V に降圧して、400V の電圧で 280kW のモータに配電している。

主ポンプ用電動機盤はポンプ起動時の始動電流の抑制するために PS1~4 には始動用リアクトル、IPS と PS5 には始動用変圧器が収納されている。力率改善用コンデンサーは各主モータ用に設置され、力率の改善がはかられている。

⑤ 電気設備のメンテナンス

屋外受変電設備の点検は年に 1 度、JEPCO により点検作業が行われている。

屋内の高圧電気設備は日常点検として外観点検、異音、異臭、発熱の点検と電圧、電流、電力、電力量、力率の記録を行っている。

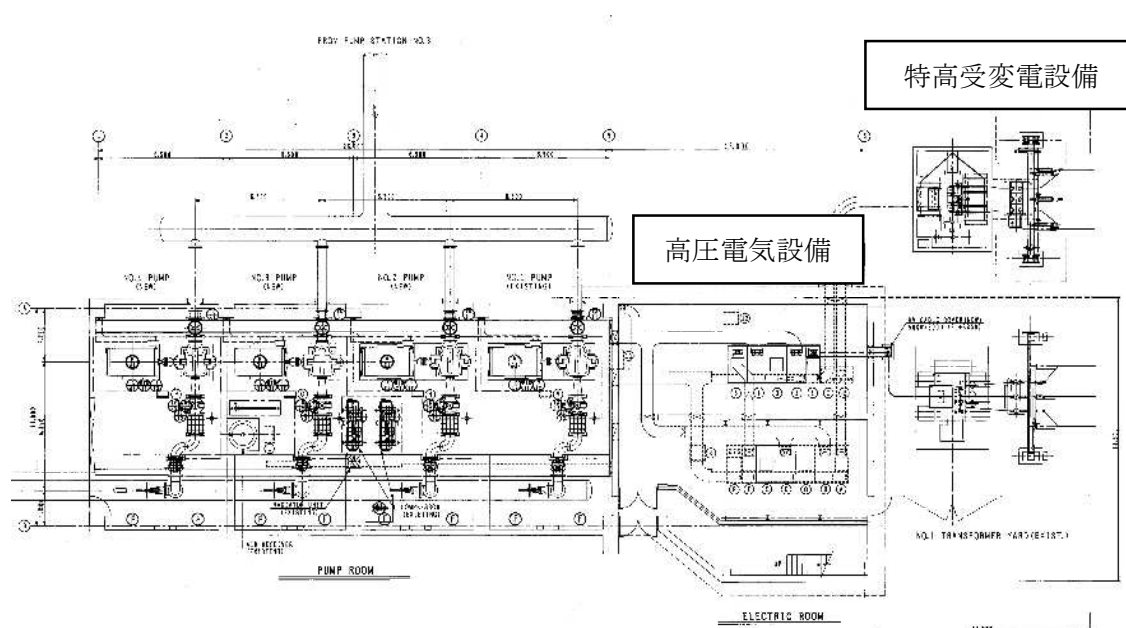
高圧電気設備の絶縁抵抗試験は非定期ではあるが 1 年に 1 度行われている。

各ポンプ場に設置されている変圧器の一覧表を表 2.23 に、電気設備の配置を図 2.9 に示す。

表 2.23 主変圧器一覧表

ポンプ場	No	一次側電圧 /二次側電圧	定格容量 (MVA)	既設メーカー	予備	注
IPS	1	33kV/400V	0.1	GANZ Transformer	1	280kW×2
	2	33kV/400V	0.1	ABB Transformer		280kW×2
PS1	1	33kV/6.6 kV	10	GANZ Transformer	1	Bus-tie on 3200 Kw×4
	2	33Kv/6.6 kV	10	Global Transformer & Switchgear		
PS2	1	33kV/6.6 kV	10	GANZ Transformer	1	Bus-tie on 3200 Kw×4
	2	33kV/6.6 kV	8	Hyundai Elprom Trafo		
PS3	1	33kV/6.6 kV	10	GANZ Transformer	1	Bus-tie on 3300 Kw×4
	2	33kV/6.6 kV	10	Global Transformer & Switchgear		
PS4	1	33kV/6.6 kV	10	GANZ Transformer	1	Bus-tie on 3500 Kw×4
	2	33kV/6.6 kV	10	Brush Transformer		
PS5	1	33kV/6.6 kV	0.5	GANZ Transformer	1	Bus-tie on 1800 Kw×4
	2	33kV/6.6 kV	0.5	ABB Transformer		

(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作表)



(出典：Miyahuna 提供資料をもとに調査団作図)

図 2.9 電気設備の配置 (PS1～5 参考代表例)

5) 監視制御設備

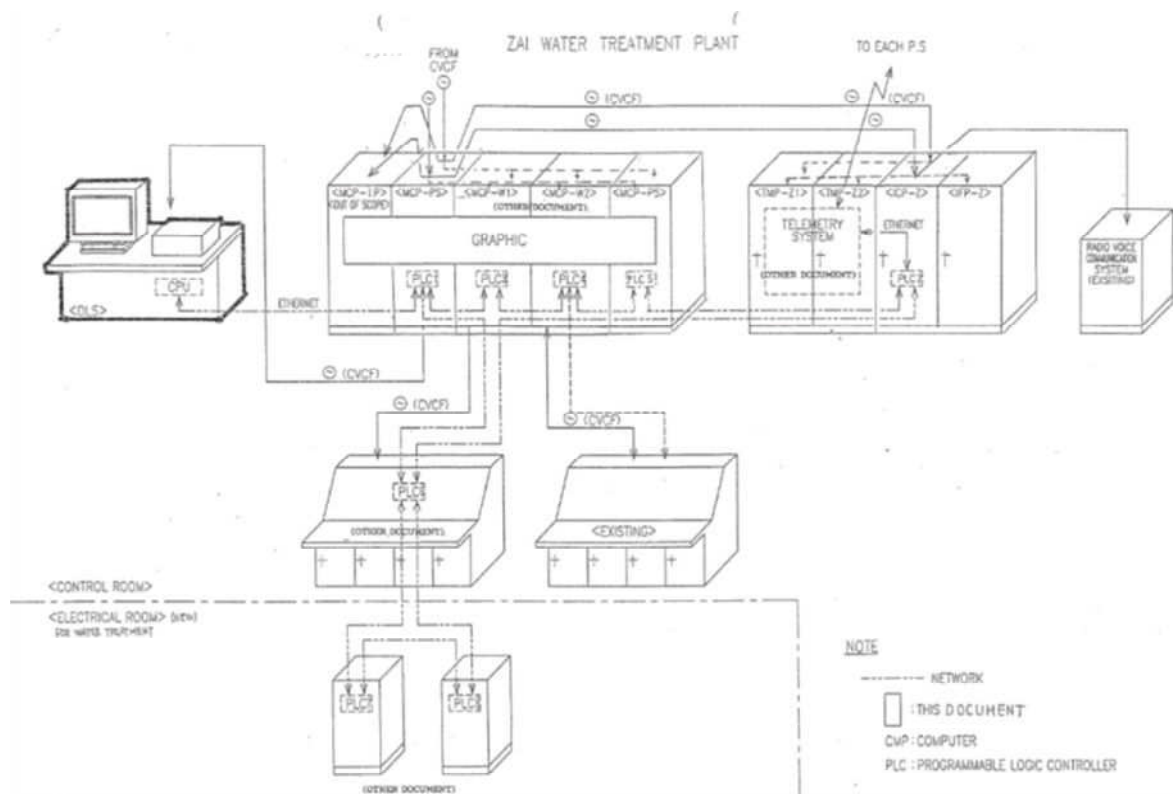
ザイ給水システムの監視制御設備は、ザイ浄水場の監視操作室に浄水場の主要施設と 6 か所のポンプ場を監視操作する統合監視操作盤が設置されている。統合監視操作盤は各ポンプ場間の監

視操作信号を伝送するテレメーターシステムと監視操作制御に必要なプログラマブルコントローラー（Programmable Logic Controller：制御装置、以下「PLC」と表記）システムが設置されている。また、集約された情報をコンピューターで処理して日報、月報、故障イベント等の表示、印字、保存可能なデーターロガーが設置されている。

①浄水場電気設備（第2次アンマン計画）

ザイ浄水場の監視操作室には、ザイ給水システムの IPS、PS1～5 の運転状況とザイ浄水場の各浄水施設の状況を監視する統合監視操作盤、及び急速濾過池の監視操作盤が設置されている。操作制御は、各施設側でのマニュアル操作と統合監視操作盤、及び急速濾過池操作盤でリモート操作が可能となっている。これらの一連の操作制御を行うリレー盤、PLC 盤が設置されている。

集約されたデーターをコンピューターで処理して日報、月報、及び故障時の故障内容の表示、印字、保存するためのデーターロガー装置が設置されている。稼働後約 20 年を経ており、コンピューターのフロッピディスクおよび、プリンターが故障している。モニターの交換により、現在モニター機能とデーターの 1 ケ月保存機能のみが使用されている。浄水場監視システム系統図を図 2.10 に示す。



（出典：Miyahuna 提供資料）

図 2.10 浄水場監視システム系統図（参考）

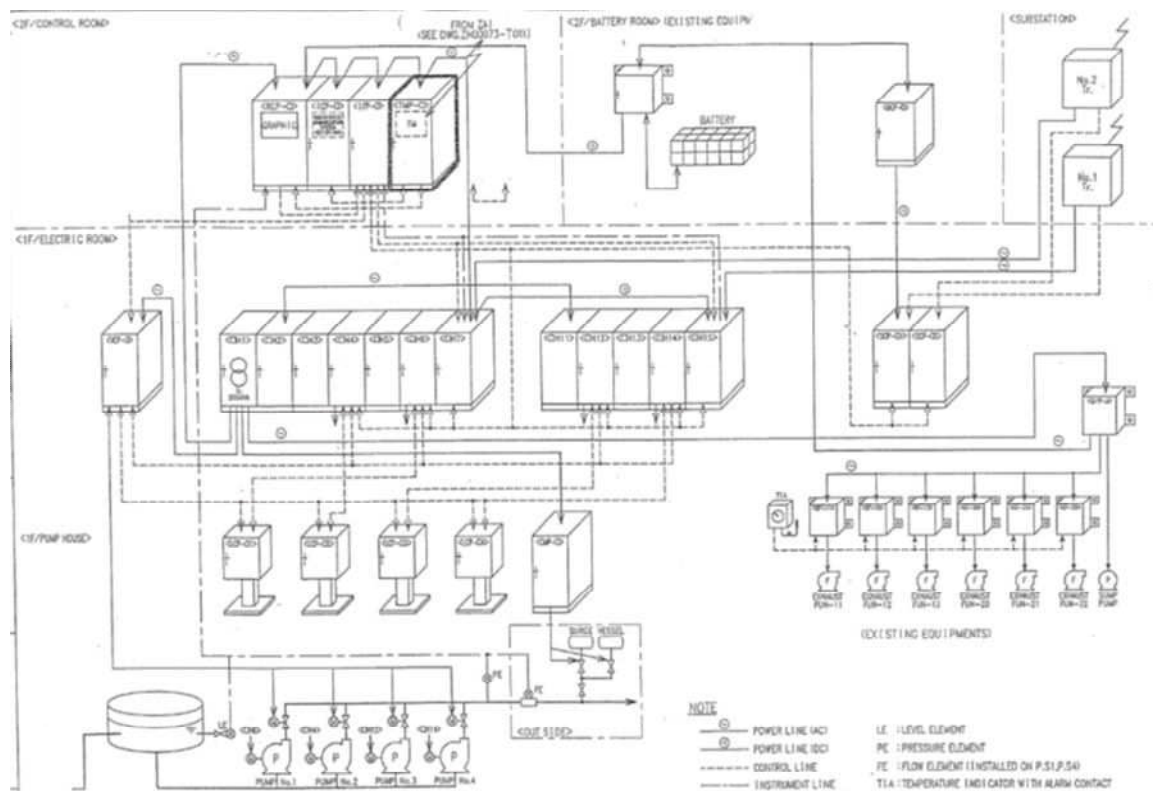
②ポンプ場監視制御設備（第2次アンマン計画）

IPS、PS1～5 には、機械装置毎に現場操作盤が設置されており、機械側でのマニュアル操作と 2

階の監視操作室でリモート操作が可能となっている。

2 階のポンプ場監視操作盤において、PS1～4 主ポンプの運転、停止操作を行え、さらにテレメーターシステムを介してザイ浄水場の統合監視操作盤から遠隔で操作が可能となっている。

これらの一連の監視操作制御を行うリレー盤、PLC 盤、及びザイ浄水場と監視操作情報を伝送するテレメーター盤が設置されている。尚、テレメーターの電送路が約 35 年以上前に敷設された地下直接埋設通信ケーブルを使用しており、絶縁劣化の影響と思われる現象で雨季の時期に回線異常により、信号が途絶えることが度々起きるとの話があり、原因の調査と対策を検討する必要がある。ポンプ場監視システム系統図を図 2.11 に示す。



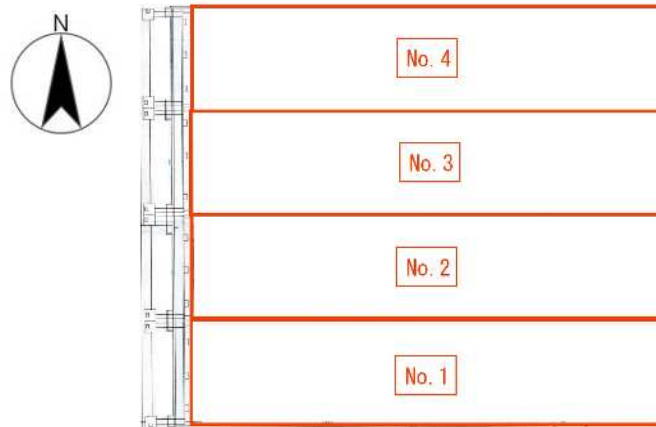
(出典 : Miyahuna 提供資料)

図 2.11 ポンプ場監視システム系統図 (参考)

(3) 施設

1) 沈砂池

導水ポンプの摩耗による性能低下が激しいことから、2002年にKfWの資金でIPSとPS1の間に沈砂池が建設された。沈砂池はKfW設置時4池あり3池常時稼働、1池が予備の設計方針で建設されたが、2池の鉄筋コンクリート構造体の状態が悪く現在使用を中止しており、残りの2池のみ稼働している。現在使用されている池がNo. 1、No. 2、使用を中止している池がNo. 3、No. 4である。沈砂池平面図を図2.12に示す。



(出典：Miyahuna提供資料をもとに調査団作図)

図 2.12 沈砂池平面図

①沈砂池の構造状態の確認

1. ヨルダン側で調査・作成され、現地にて入手した「沈砂池劣化診断・復旧2017、ヨルダン王立科学協会（Consultations and Building Rehabilitation Department of ROYAL SCIENTIFIC SOCIETY on March 2017）」を分析した。

調査内容及び結果を以下にまとめる。

1. 調査内容

① コンクリートピット調査20か所[サイズ40cm(B)x40cm(H)x1～7cm(深さ)]

鉄筋のコンクリートは部分的な被り厚不足があった。鉄筋の腐食があることを確認した。

② コンクリートの中性化試験

壁：中性化の進行は1～20mm、床：中性化の進行は1～5mm

中性化に伴う鉄筋腐食が発生する可能性は少ない。

③ コンクリートの被り厚磁気調査(Magnetic Cover-meter)

No. 1～4各池の床、壁10～20か所で実施、全般に適正被り厚35mm以上ある。

No. 3、No. 4の壁床は30mm以下の部分が見られたが、No. 1、No. 2は全て32mm以上であった。

④ コンクリート強度

コア抜き20か所の圧縮試験最低値は28N/mm²であった。

シュミットハンマーによる強度試験結果No. 1～4各池の床、壁20～30か所で実施し、平均値は30N/mm²であった。

⑤コンクリート中の塩化物含有量

塩化物含有量がセメント量の0.3%を超えると鉄筋の腐食が始まると考えられる。

全般的に許容値の2～3倍の含有量があったが、No. 4池の壁は2～4倍の量がみられた。

2. 正式にはコア抜きサンプルの強度を採用するが、参考までに調査団でシュミットハンマーによる強度試験を実施した。測定結果は、上述の既往資料で実施したシュミットハンマー試験結果とほぼ同等の値を示した。試験結果は別紙添付資料10に示す。

3. 調査団により沈砂池の目視調査を行った。No. 3、No. 4 は壁面、床面とも鉄筋、コンクリートの膨張（写真-11）、いわゆるコンクリートの爆裂現象が多数見られた。部分的な補修で使用可能な状態ではなく、抜本的に解体後建て直す必要がある状態であった。コンクリートの被り厚が薄い、密実なコンクリートが打てていなかったなどが原因で、コンクリートの毛管から侵入し蓄積した塩分が鉄筋を腐食させ、腐食に伴う鉄筋膨張がコンクリート被りの薄い部分のコンクリートを破壊したと考えられる。現地のコンクリート業者にインタビューしたところ、現地では塩分による鉄筋腐食に伴う鉄筋膨張によるコンクリートの爆裂現象がしばしば起きているとのことであった。



写真- 11 沈砂池コンクリート膨張状況

一方、No. 1、No. 2では数か所コンクリート構造の部分的な破損は見られるが、今のところ構造物全体の機能に影響している状態では無く、構造物は健全な状態であった。No. 1、No. 2ではコンクリートの被り厚が厚く、密実なコンクリートが打てていたからであると考えられる。ただしNo. 1、No. 2で鉄筋膨張によるコンクリート表面のひび割れが認められた場合、速やかに鉄筋を研り出して錆を落とし、防錆剤を塗布して腐食の進行を抑える処置をする事、外部からの塩化物イオンを含んだ水や空気が再び鉄筋の周囲に浸透しないよう断面修復用セメントモルタルで研り部分を入念に補修する事等の対策が必要となる。

②沈砂池No. 1、No. 2の除砂機能の確認

1. 沈砂池の濁度除去効果を確認するため、沈砂池前後の水をサンプリングし、日本で水質分析を実施した。結果を表2. 24に示す。沈砂池流入前、流入後と比較すると、どのケースでも濁度が低下していることが分かった。流入前濁度が高いほど濁度低下が大きいと推定される。

表 2. 24 沈砂池濁度除去状況

単位：NTU

	沈砂池流入前濁度	沈砂池流入後濁度
サンプリング 1（採水 2019/3/2）	290	140
サンプリング 2（採水 2019/3/24）	63	47
サンプリング 3（採水 2019/6/16）	31	24

（出典：水質分析資料をもとに調査団作表）

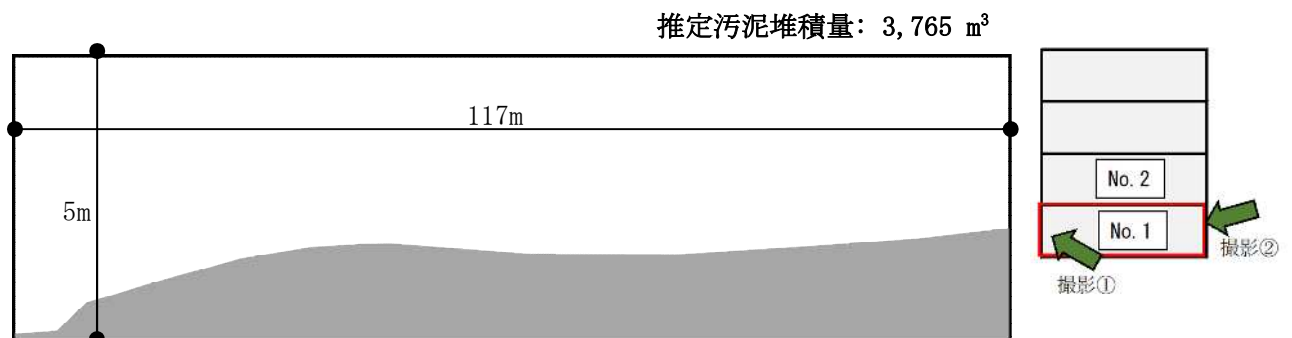
2. No. 1、No. 2沈殿池で実際どれだけの砂・シルトの沈殿効果があるか、沈殿した汚泥堆積量を調査した。

沈砂池は毎年9月から5月まで使用しており、6・7月は沈殿した汚泥（砂・シルト）を天日乾燥させ、8月に約3週間かけて汚泥を搬出する。汚泥堆積量調査は7/25に実施し、レーザー測定器などにより汚泥の堆積量を実測した。調査時期については汚泥表面に若干水が浮いている部分はあったが、汚泥全体に渡って乾燥しひび割れが生じており、また調査の約10日後から汚泥搬出が始

まったことから、計測には最も適した時期であった。汚泥堆積状況を写真-12、13、図2.13、図2.14に示す。



写真- 12 沈砂池 No. 1 汚泥堆積状況

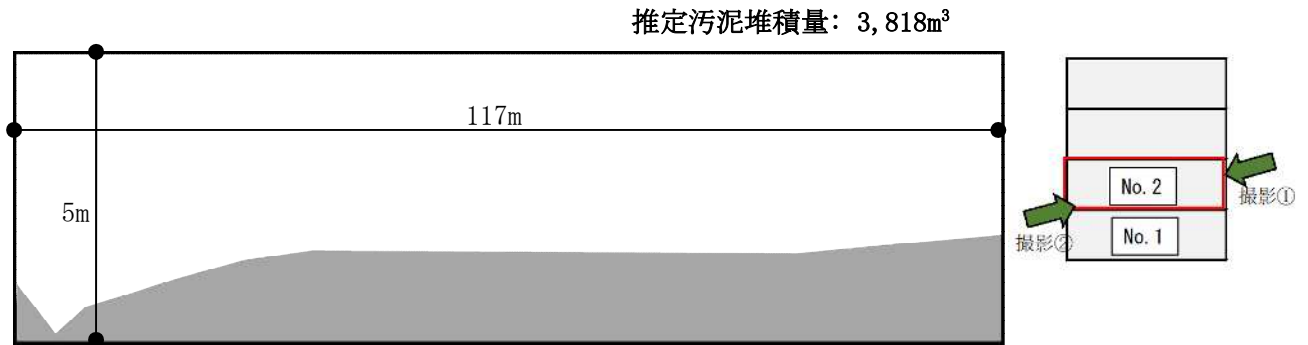


（出典：現地調査をもとに調査団作図）

図 2.13 沈砂池 No. 1 断面汚泥堆積状況



写真- 13 沈砂池 No. 2 汚泥堆積状況



(出典：現地調査をもとに調査団作図)

図 2.14 沈砂池 No. 2 断面汚泥堆積状況

3. 沈砂池の更新案として、現在の2池を取り壊し新たに同じ場所に2池増設するケースと、取水ポンプ直前の地点に土地を確保し、2池増設するケースが考えられる。サイズは水道施設設計指針に従って計算したところ、長さ22mx幅59mx深さ5m (2池分)である。増設によって砂・シルトの更なる除去効果が見込まれる。

また現在の沈砂池設計における管路損失について、沈砂池から導水ポンプ場 (PS1)間の自然流下ラインの管路損失が大きいため、取水ポンプ4台による計画水量 175.4m³/m (=43.8m³/mx4台)が流れないことから、以下の運用方法を余儀なくされている。

- ・需要量の少ない冬季 (9月から5月) : 沈砂池を使用して取水ポンプ場の計画水量以下の運転
- ・需要量の多い夏季 (6月から8月) : 沈砂池を使用せず取水ポンプ場から導水ポンプ場まで計画水量 175.4m³/mを直送

従って年間通して計画水量を流しながら沈砂池を使用するためには、沈砂池から導水ポンプ場 (PS1)までの導水管を2条にするなど管路損失の低減を図る必要がある。但し沈砂池No. 3、No. 4を完全に更新しなければ、2条管を建設しても夏季沈砂池を有効に使うことができず意味がない。

調査の結果、沈砂池No. 1、No. 2ともに約3,800m³、合計7,600m³の砂・シルトが堆積しており、砂・シルトの除去効果は発揮している⁸。しかしザイ給水システムを長期運用する中で、夏季3か月間沈砂池を使えないことは、運転効率の低下や劣化促進の原因にもなりかねない。そのため、ヨルダン政府は早急に沈砂池2池の更新について検討することが求められる。沈砂池は重要であるが、現在2池は稼働しており構造物も健全な状態であることから、優先順位の設定に当たっては、故障によって給水量低減に繋がる可能性があり緊急性の高い、ポンプ・モータ・トラベリングスクリーン・薬注設備等を沈砂池より上位とした。沈砂池で全ての砂・シルトが除去できてはいないが、導水ポンプ場の砂・シルトの流入対策として、導水ポンプの内部部品を現在の鋼材から、より耐摩耗・耐食性の高い二相ステンレスに変更する。

2) 天日乾燥床

浄水場の天日乾燥床は 12 池 (6,720m²/12 池、8mx70m =560m²/1 池、H=0.8m)あり、うち 10 床は 1985 年に USAID にて建設、2 床は 2001 年日本無償資金協力時にヨルダン側負担工事にて増設されたものである。天日乾燥床 (Drying Bed) という名称で呼んでいるが、前段に排泥池または濃縮槽

⁸ Miyahuna は沈砂池通過後の濁度を計測しておらず、今回の調査は沈砂池が稼働していない時期であったため、沈砂池前後の正確な濁度データは取得できなかった。沈砂池のより正確な評価は通年のデータ取得が必要である。

が存在しないため、実際は水道施設設計指針で規定されているラグーンである。これは浄水施設から排水した沈殿スラッジ等を直接受け入れ、調整・濃縮機能を合わせ持ったものである。スラッジの濃縮率を高めた後乾燥工程に入るため、現在のスラッジの張り込み・濃縮・乾燥工程の運用方法は、ザイ浄水場からの聞き取り、運用記録、使用状況調査から見て、運用手順通りではない面はあるものの、状況を勘案しながら適正に行われており特に問題はない。

問題は乾燥床の数について、夏期でも汚泥乾燥床の数が不足していることである。冬季については聞き取りで乾燥まで4～6か月との回答があり、圧倒的に数が不足している。天日乾燥床数が不足していることから、汚泥を含んだ水は直接場外に排出されているが、汚泥は直接環境に影響はない。排出された水の一部は近辺農家で再利用されている。スラッジの上澄水についてはUSAIDの原設計では洗浄水改修槽へ戻すことになっているが、現在上澄水は戻されておらず、場外ワジへ直接排出している点も問題である。汚泥を含んだ水が場外に流されても直接環境に問題ないことから安易に場外へ排出されているが、本来は場内で一旦処理してから外部へ排出するシステムであることから、本来の処理方法へ戻すよう上澄水のルートを見直すべきである。

天日乾燥床の更新案として、濃縮槽を新設し天日乾燥床を増床する案と、濃縮槽と加圧脱水機を新設する案がある。前者は濃縮槽を新設し、天日乾燥床を現在設置されているサイズで約130増床する必要がある。この場合浄水場の土地として、場外の土地を購入することが必要となる。後者は場内に濃縮槽及び加圧脱水機を設置する必要がある。

天日乾燥床運用・汚泥調査結果の詳細については別紙添付資料11～13に示す。

2.2 プロジェクトサイトおよび周辺の状況

2.2.1 関連インフラの整備状況

(1) 道路

ヨルダンでは鉄道貨物のごく一部でしか使われておらず、全国の物流のためのインフラは道路網が担っており、国道は公共事業・住宅省（Ministry of Public Works and Housing、以下「MPWH」と表記）、その他一般道路は公共事業体が管轄している。アカバ港からアンマンまでは国道15号線（通称デザートハイウェイ）が整備されており、資機材等の輸送はスムーズに実施されている。

(2) 港湾

アカバ港はヨルダン最南端、紅海の北端に位置し、メインポート、コンテナターミナル、南部工業港の三つの港からなるヨルダン唯一の港湾である。ここ10年コンテナターミナルの年間の輸出入コンテナの取扱量は70～80万TEUで、2019年は79.8万TEUであった（JORDAN Shipping Association「ヨルダン船舶協会」、2019）。日本及び第三国から輸入される資機材は全て本港湾を通して行われる。

(3) 電力

ヨルダン全土の電力需要は主要な10か所の火力発電所で担われており、電力系統は北はシリア、南はエジプトと国際連携している。電力庁がヨルダンの発電、送電および配電の全ての電力

セクターを担っていたが、1996 年解体され送電部門がヨルダン電力公社（National Electric Power Company、以下「NEPCO」と表記）となり、1999 年発電と配電が順次、分離・民営化された。発電部門は 6 社、配電部門は 3 社が担っており、本プロジェクト対象地域であるアンマンはヨルダン電力会社（JEPCO）が NEPCO より電力を購入し配電事業を実施している。ヨルダン国電力セクターファイナルレポート⁹によると、電力の供給信頼度は、需要家当たりの停電回数は 40 回/年、停電時間は 27.8 分/年、送電ロスも 1.81%と十分低い数値となっている。ザイ給水システムの屋外受変電設備の点検は年に 1 度、JEPCO により点検作業が行われている。ヨルダン国では、電力需給が逼迫するような緊急事態は今のところはない。

2.2.2 自然条件

(1) 地形

プロジェクト対象事業地域のアンマンは砂漠とヨルダン溪谷の間の標高約 900m の丘陵地帯で、19 の丘を有する起伏に富んだ地形に位置している。アンマンという丘陵地帯に給水を行うため、本ザイ給水システムは標高-227m である KAC から取水し、丘陵地帯に 4 か所の導水ポンプを配置して揚水し、ザイ浄水場を経て、さらにダブーク配水池（水位：標高 1,035m、運河との高低差 1,262m）に約 140m 揚水している。ザイ給水システムの高低差の状況について図 2.15 に示す。

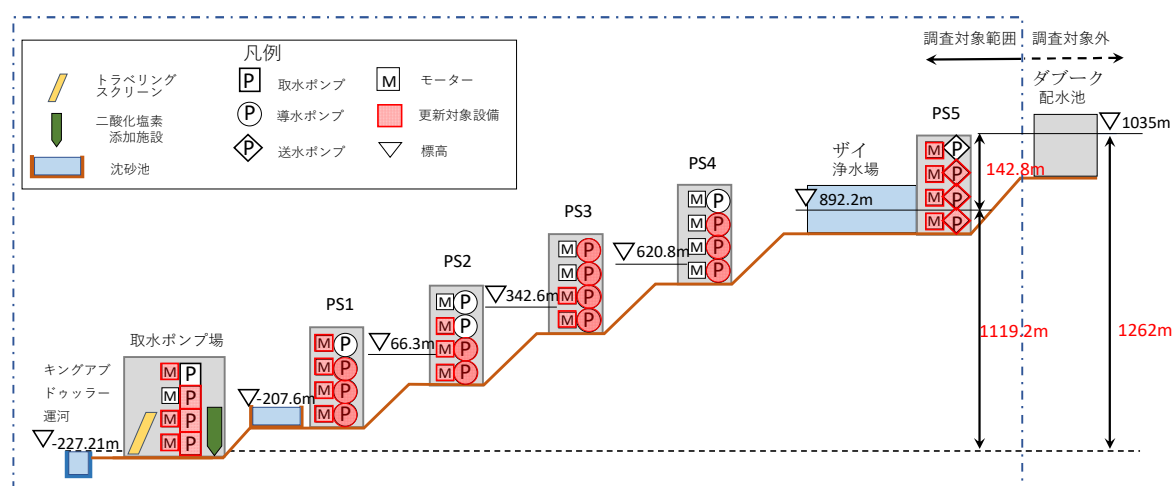


図 2.15 ザイ給水システム高低差状況

(2) 土壌

ザイ地域は主に石灰岩が卓越する地盤であり、米国農務省による分類に基づくインセプティソル（Inceptisol、写真-14）とアリディソル（Aridisol）が広く分布する。降水量に乏しい地域であることに起因し、いずれの地盤も物理的な日射風化を受けている。一般的な特徴としては、酸化鉄や酸化アルミニウム、粘土、有機物の蓄積のない、地層の分化が明瞭ではない自然肥沃度の低い地盤と言える。

⁹ ヨルダン国 国家電力公社ヨルダン国電力セクター マスタープラン策定プロジェクト ファイナルレポート (2017 年、JICA)

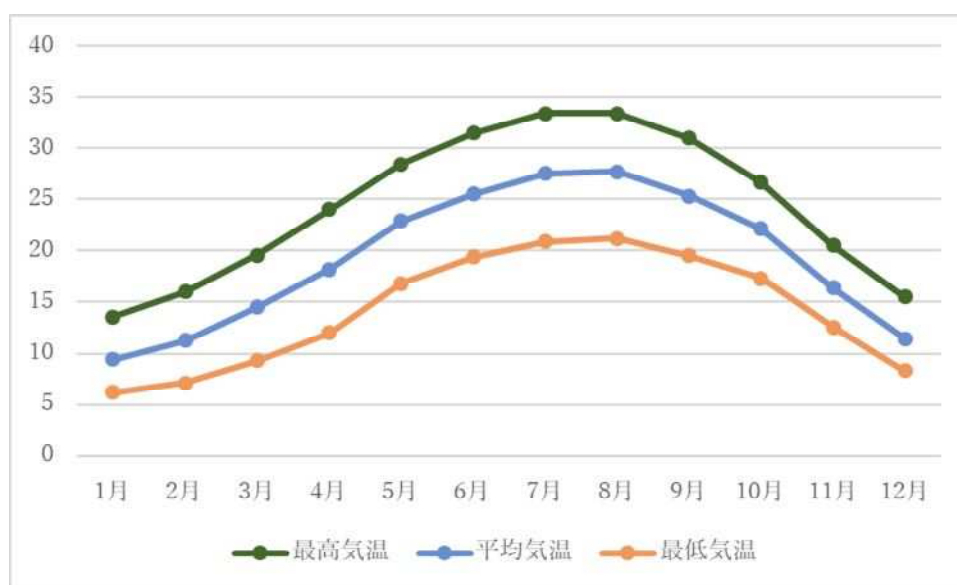


(出典：JICA調査団，2019年8月撮影)

写真- 14 ザイ浄水場付近に分布する土壌（インセプティソル）

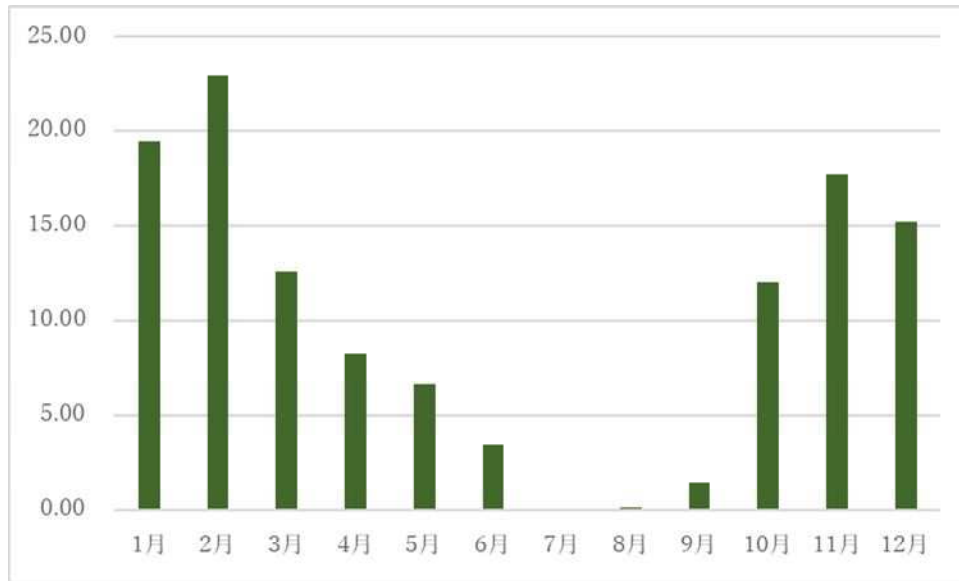
(3) 気候

アンマンの気候は高温夏季地中海性気候（ケッペン気候区 Csa）で、月平均最高気温は 33.4℃、月平均最低気温は 6.2℃、年平均降水量は 120mm である。夏期になると 40℃ 近くの気温となる日もあり、高温乾燥した過酷な気象となる。一方冬期になると氷点下になることもあり、降雪も観測されている。アンマン月平均気温を図 2.16、月平均降雨量を図 2.17 に示す。取水を実施しているヨルダン渓谷は冬も温暖で、夏季の最高気温は月平均 40℃ 近くとなる。年間の平均降水量は 300-400mm 程度である。



(出典：worldweatheronline.com, Web site をもとに調査団作図)

図 2.16 アンマン月平均気温(2009-2019 年)



(出典: worldweatheronline.com, Web site をもとに調査団作図)

図 2.18 アンマン月平均降雨量(2009-2019 年)

(4) 水質

水源水質に関わる情報を収集し、既存浄水場における水処理方式、浄水処理プロセスの適切性を本節で確認した。

調査の結果、水源である KAC の水質特性は、濁度の上昇、藻類や線虫の存在、公衆衛生の簡易指標である糞便性大腸菌群数の増減で示された。

精査の結果、取水を含むザイ浄水場の浄水処理プロセス（薬品注入システム）は、この水源水質に適合したプロセスとなっており、本事業の計画・設計にあたっては、既存プロセスで対応できることが確認できた。

1) 原水における濁度の起源と現状

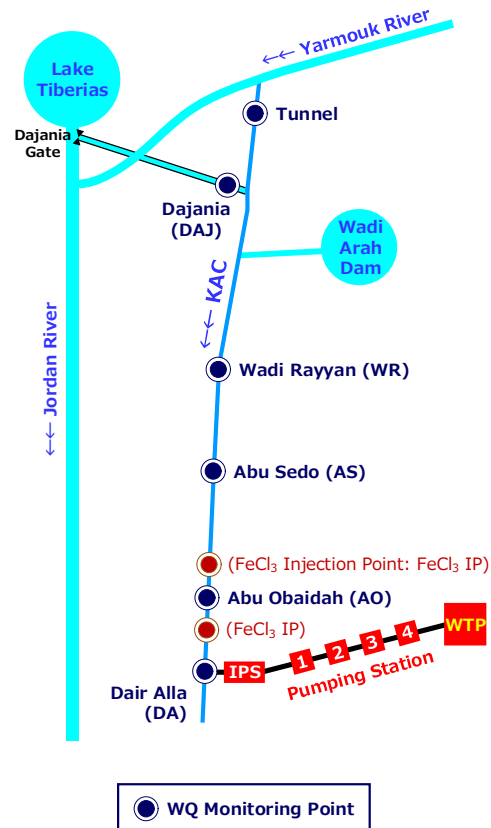


図 2.17 KAC の水系模式図

(出典: Miyahuna 提供資料をもとに調査団作図)

ザイ浄水場の原水である KAC 水系の模式図を図 2.18 に示す。KAC の源流はヤルムーク川 (Yarmouk River) からの取水であり、これに 1 月と 2 月を除いてティベリア湖 (Lake Tiberias) からの導水が加わる。さらに、水需要の多い夏季には灌漑用のダムであるワディアラブダム (Wadi Arab Dam) から水を引き入れている。Miyafuna の常設の水質モニタリングポイントはヤルムーク川の取水口の後方に位置する “Tunnel” から、ザイ給水システムの原水となるディルアラまでの 6 地点であり、原水の濁度を低減させるため、Abu Obaidah (AO) の前後、取水口が位置するディルアラから上流に 3 km および 6 km の 2 地点に凝集剤である第二塩化鉄 (FeCl_3) の注入地点を設けている。

そこでまず、KAC の最上流側に位置する “Tunnel” 地点と凝集剤注入前の最後のモニタリングポイントである Abu Sedo の濁度を、図 2.19 にて比較する。2014 年以前は両者のピーク位置はほぼ一致しており、ヤルムーク川から導水された水の濁度がそのまま Abu Sedo へ反映されつつ、流路上の集水域から流入する水の濁度がこれに加わって “Tunnel” よりも Abu Sedo のピーク濁度が高くなっている月が認められる (例えば 2013 年 1 月)。すなわち、2014 年以前は降水量の多寡が濁度にそのまま反映しているものと考えてよい。しかし、2015 年以降は源流のヤルムーク川の濁度は反映されつつも、Abu Sedo までの流路上で濁度が増している月が頻発するようになった。この傾向は Abu Sedo よりも上流に位置する Wadi Rayyan (WR) でも見受けられるが、下流側の Abu Sedo の方が顕著であった。なお、本調査では KAC の流路を踏査していないため、この傾向に至る原因の考察は行っていない。次に注入された凝集剤の効果を検討する。

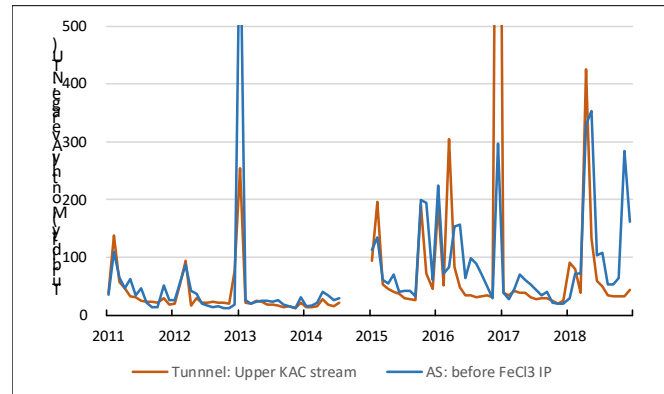


図 2.19 “Tunnel” 地点と Abu Sedo の濁度

(出典：モニタリングデータをもとに調査団作図)

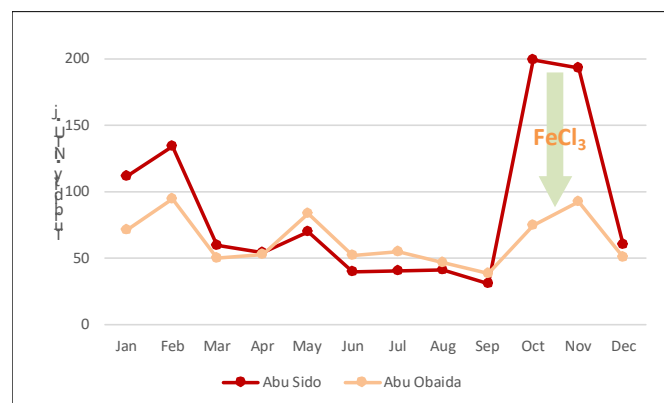


図 2.20 Abu Sedo およびディルアラの濁度比較

(出典：モニタリングデータをもとに調査団作図)

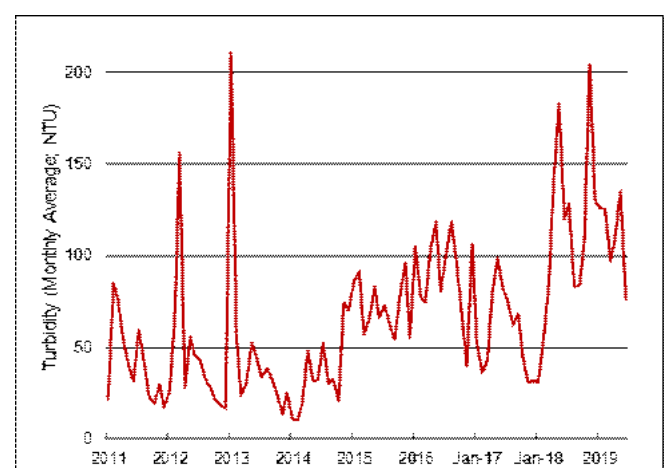


図 2.21 ディルアラにおける濁度の経年変化

(出典：モニタリングデータをもとに調査団作図)

図 2.20 に 2018 年の Abu Sedo とザイ給水システムの原水となるディルアラにおける濁度の月別平均値を示す。冬季の降水が主要因になって Abu Sedo では 10 月と 11 月に濁度の増加が著しい。そこで、凝集剤として FeCl_3 を添加することにより、取水口であるディルアラでは 100 NTU ほど濁度を低減させている。なお、 FeCl_3 を添加していない夏季(概ね 5 月から 9 月)において Abu Sedo よりもディルアラの濁度が高い理由は、取水口において生じる底質の巻き上げりに起因するものであると推察される。次に、図 2.21 に取水口が位置するディルアラの濁度について 2011 年からの経年変化を示す。2013 年以前は冬季の降水に伴って濁度は極大値を示していたが、2014 年以降は季節変化が以前よりも小さくなり、また徐々に上昇傾向にあることが認められる。図 2.22 に示すとおり、2011 年から 2018 年までの月別平均の藻類数と濁度との間には関係性が見出せないため、濁度の上昇は微生物の繁殖によるものではなく、水中において微小な無機物粒子の含有量が増加したことに因る。従って、近年増加傾向にある原水の濁度は、主として KAC の流路上で集水域から流入したものに起因すると推定されるが、その機序は明らかではない。今後とも定時モニタリングを継続し、濁度の状況に合わ

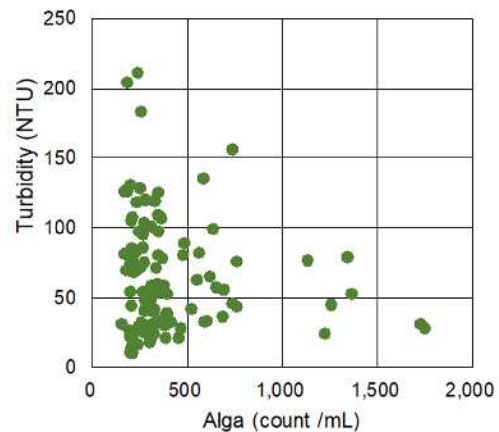


図 2.22 ディルアラにおける藻類数と濁度との関係
 (出典：モニタリングデータをもとに調査団作図)

せて適量の凝集剤を添加することによって、浄水過程への物理的負荷の低減を図る必要がある。

2) 原水における溶存物質の起源と現状

図 2.23 に KAC の各地点における 2017 年 10 月から 2018 年 9 月までの電気伝導度 (Electric Conductivity、以下「EC」と表記) 値を示す。図 2.23 は概ね左側が秋季から冬季、右側が春季から夏季の状況を示している。なお、各地点のモニタリング頻度 (月間のモニタリング回数) が異なるため、月別平均値を求めた以外は統計的な処理は行わず、図中には最大値と最小値のみをバーで示した。

前述のように、KAC はヤルムーク川の河川水が “Tunnel” を経て流入し、これに 1 月と 2 月を除いてティベリア湖からの導水が加わっている。ティベリア湖からの流入水は KAC 本流の河川水よりもさらに EC 値が高いが、これが流入することによって KAC の EC 値を上昇させることはない。また、集水域からの何らかの溶存物質が流入することによって時折顕著に高い値を示すことはあるが、平均値は恒常的に約 100～150 mS/m の間で推移している。なお、2018 年 4 月に EC の最小値が他の月よりも下がった地点が見受けられるのは、降水期が延引したことによって希釈効果が生じたためと考えられる。

図 2.23 に示した期間において、水温の月別平均値が最も低かったのは 1 月、最も高かったのは 7 月であるため、両者を最寒月および最暑月と見做せば、7 月には河川水の蒸発濃縮効果が働いたことによって単位体積当たりの水中に溶存している物質が増えたと考えられる。また、8 月や 9 月にしばしば極大値が観察されたことは、集水域における農業活動の影響があったと推測される

ものの、現段階で原因は明らかではない。KAC を流れる河川水の EC 値には明瞭な地点間差が認められず、どこにおいても絶対塩分による区分では汽水（50～3,500 mS /m に相当）に該当する。

通年で高い EC 値を示す KAC の水質は、当地に広範囲に分布する海洋堆積物の影響を極めて強く受けている。当地には中生代の石灰岩が分布するが、一般に石灰岩地帯の地下水の EC 値が概ね 25 mS /m 程度である¹⁰ことから、地質中に含まれる海成碎屑岩からの溶出物が KAC の水質に反映されていると考えられる。

¹⁰ 応用地質学会 HP (www.jseg.or.jp/chushikoku/Q&A/3-04.pdf), 2019 年 9 月 1 日閲覧

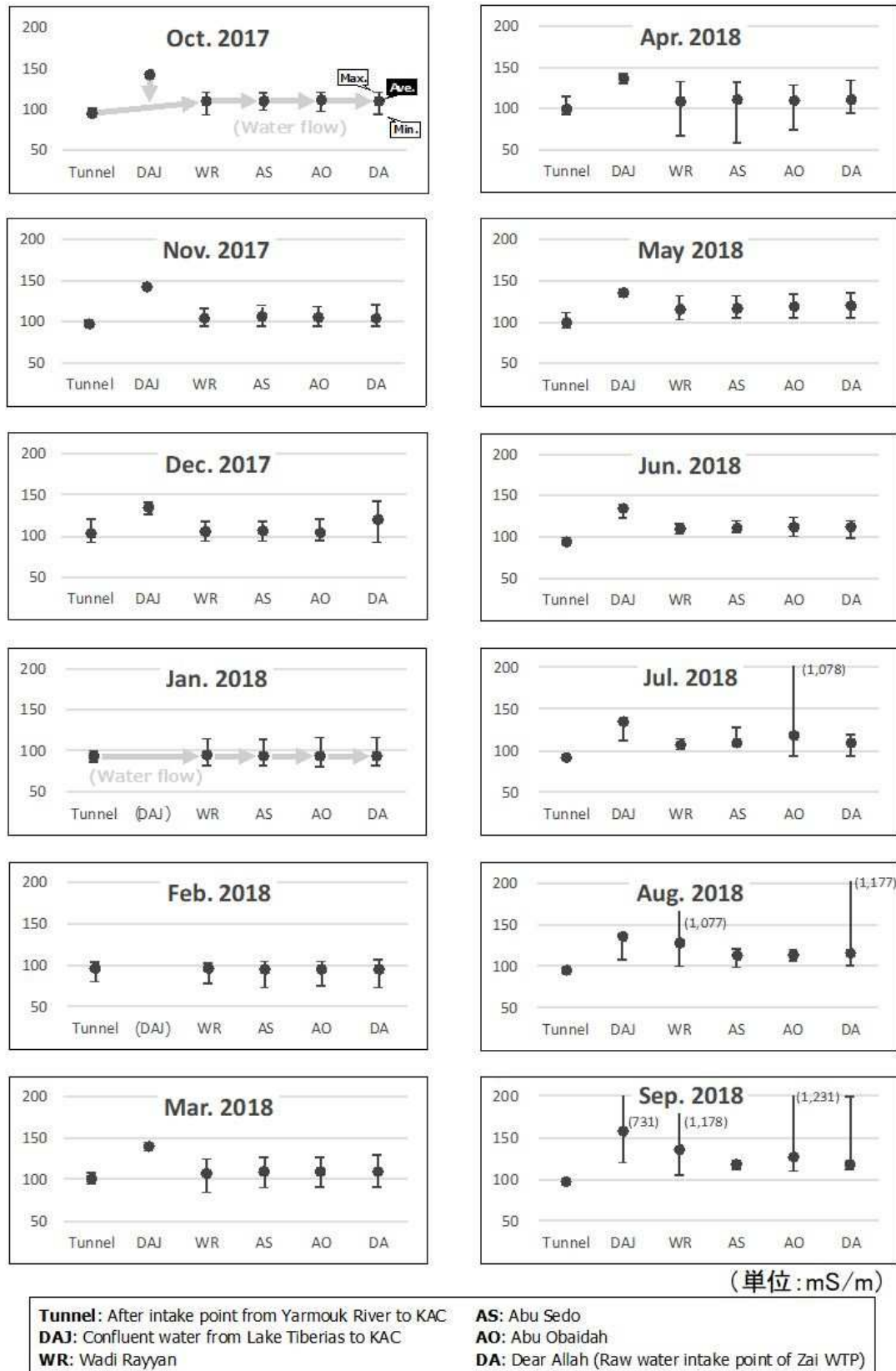


図 2.23 KAC における EC の地点変化

(出典: モニタリングデータをもとに調査団作図)

KAC の pH 値はほぼ海水と同レベルであり、通年 pH 8.3 程度の弱アルカリ性を示す。ゆえに、フェノールフタレイン アルカリ度 (P アルカリ度) の値は低く、その総アルカリ度の主体は炭酸水素イオン (HCO_3^-) である。なお、一般に硫酸第二鉄による凝集効果は中性付近 (pH 7 付近) が至適と言われているが、弱アルカリ性程度の液性では顕著に効果が低下することはない。

硬度は概ね年間 250~300 で推移し、WHO ガイドラインの区分で「非常な硬水 (very hard)」に該当する。一般に、日本の河川水の多くはカルシウム (Ca) 含量が 5.0~9.9 mg/L、マグネシウム (Mg) 含量は 1.0~2.9 mg/L である¹¹ことと比較すれば、KAC の河川水はそれぞれ約 5 倍および 10 倍の濃度を示している。これらアルカリ土類金属よりもさらに高い濃度を示したのがナトリウム (Na)、塩化物イオン (Cl^-) および硫酸物イオン (SO_4^{2-}) である。Miyahuna の水質試験室では独自のモニタリング計画に従って水中の Na を年に数回測定しているが、過去のデータを参照しても概ね 100 mg/L で推移しており、同じく Cl^- は 120~220 mg/L の値を例年示している。なお、ヨルダンにおける灌漑用水の基準では、Ca・Mg・Na 含量の上限をそれぞれ 230 mg/L、100 mg/L、230 mg/L と設定しており、KAC の水は農業利用の上限値に近い。

一方、 SO_4^{2-} も 2012 年の年平均値は 76 mg/L、2017 年では同 95 mg/L と高い値を示している。一般に、陸水中の SO_4^{2-} の由来は主として、a) 石油・石炭などの化石燃料燃焼、b) 海洋からの海水飛沫および海水からのジメチル硫黄の大気中への放出、c) 硫黄を含む地質からの溶出 の三者が考えられるが、当地の立地条件から前二者の可能性は低く、やはり地質由来の溶出物であると推定される。なお、 Cl^- および SO_4^{2-} は近年増加傾向を示しており (図 2.24)、これに伴う EC の上昇も認められる (図 2.25)。

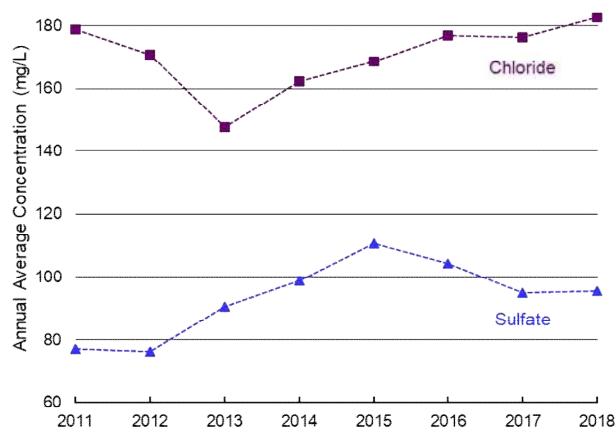


図 2.24 ディルアラにおける Cl^- と SO_4^{2-} の経年変化
(出典：モニタリングデータをもとに調査団作図)

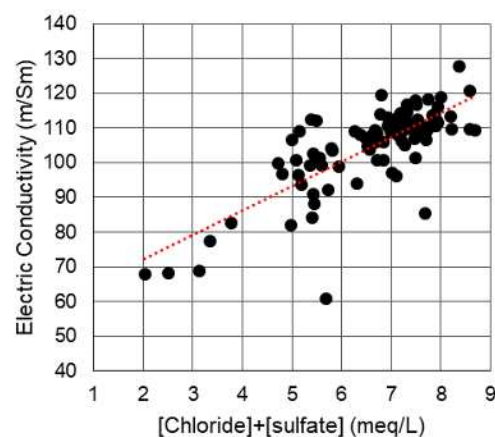


図 2.25 ディルアラにおける Cl^- と SO_4^{2-} の含量と EC との関係経年変化
(出典：モニタリングデータをもとに調査団作図)

¹¹ 小林純 (1961) 「日本の河川の平均水質とその特徴に関する研究」, 『農学研究』 48(2), 63-106

前述のように KAC では濁度対策の凝集剤として FeCl_3 を注入している。水中で解離した鉄イオンは懸濁物質表面の陰荷電を中和し、底質へと凝集沈降する。ゆえに、主要な陽イオンと陰イオンの各総量バランスを見ると、陰イオン側に傾く傾向が見られた(図 2.26)。この傾向は濁度の上昇が顕著な冬季において顕著であることから、凝集剤の添加に起因するものと推測された。

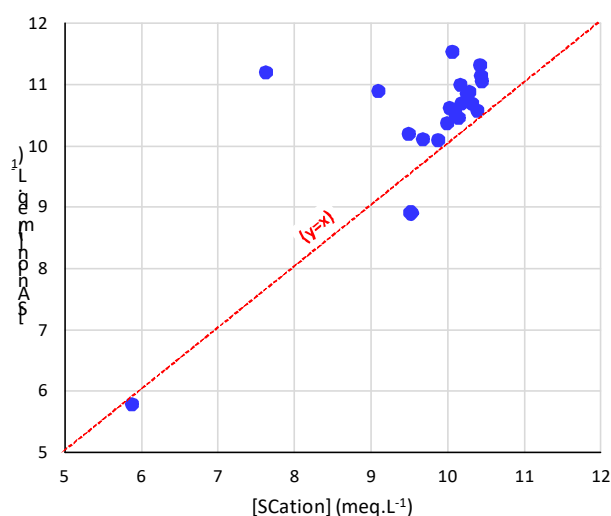


図 2.26 2011～2017 年の水質データから計算した
ディルアラにおけるイオンバランス

(出典：モニタリングデータをもとに調査団作図)

3) KAC における水質の衛生状況と水処理
取水口が位置するディルアラにおいて、公衆衛生の簡易指標である糞便性大腸菌群数は年ごとの増減が認められるものの、明瞭な季節間差は認められず、年平均で概ね 1,500～2,000 MPN 100 m/L で推移している。この値は顕著に高いとは言えないため、上水道の原水として人為的な汚染があるとは判断できないが、年平均値で見ると糞便性大腸菌群数と硝酸イオン (NO_3^-) 濃度との間に正の相関が認められる(図 2.27)。これは糞便性大腸菌の増減が KAC 中の窒素の含量に依存している可能性を示す。今後とも周辺農地から KAC へ流入する肥料由来の窒素に関しては注意を要し¹²、また、従来行われている原水への二酸化塩素 (ClO_2) や過マンガン酸カリウム (KMnO_4) の注入は今後も必須と言える。

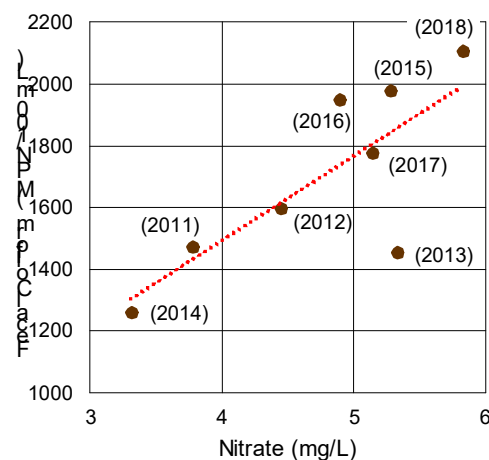


図 2.27 ディルアラにおける NO_3^- 濃度と糞便性大腸菌の関係

(出典：モニタリングデータをもとに調査団作図)

同じく肥料に由来するリンも KAC へ流入していることが考えられるが、前述の FeCl_3 に対する特異吸着も一助となって、水源の富栄養化には寄与していないと推定された。

ディルアラにて取水された原水は ClO_2 や KMnO_4 の注入を経てザイ浄水場へと送られる。浄水場への流入水中の糞便性大腸菌群数は ClO_2 や KMnO_4 の酸化剤処理によって 1.8 MPN 100 m/L 未満までに殺菌されており、ザイ浄水場の出口では 1 MPN 100m/L 未満となる。一方、藻類数についてデ

¹² 肥料は人糞や畜糞のような分解過程を経ず、即効性のある可給態窒素の供給源となるよう設計されているため

イルアラ原水とザイ浄水場の流入水とを比較すると、酸化剤の添加によって約 4 割程度に低減されている（図 2.28）。

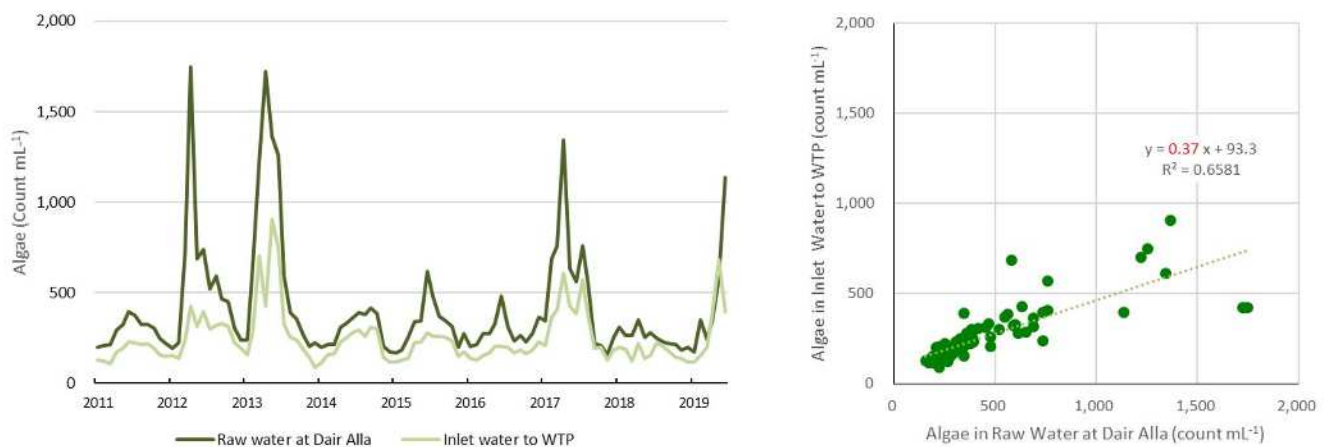


図 2.28 ディルアラ原水とザイ浄水場流入水における藻類数
（左図：年変動，右図：両者の関係）（出典：モニタリングデータをもとに調査団作図）

なお浄水場の微生物水質試験室へのヒアリングによると、従来、冬季の降水によって集水域から流入する土壤中に生息する線虫類（線形動物門：Nematoda）が KAC の原水に含まれることがあるが、健康被害をもたらす種ではない上、取水ポンプ場と浄水場における二酸化塩素、塩素、塩化第一鉄、塩化第二鉄、高分子凝集剤によって完全に除去されているとのことであった。浄水場にて KAC における過去の線虫害について聴き取りしたところ、約 20 年前に微生物に精通した日本人専門家が KAC を訪れた際、線虫種が多様であるとの談話を環境省にもたらしたことがあるが、その際にも人体への健康影響を与える種は認められていないとのことであった。従って、本調査の現地におけるヒアリングで確認した限りでは、過去から現在に至るまで KAC において線虫害が発生したという記録はない。すなわち、原水に対する ClO_2 や KMnO_4 による消毒（有機物の分解処理）は、過去における線虫害の発生を契機として開始されたものではなく、ヨルダンの一般的な衛生管理上の指標として、飲料水基準で線虫は 1 リットル中に 1 個体以下と定められており、その基準を満たすべく実施されている。

4) 水源水質と既存浄水場における浄水処理プロセスの考察

KAC から取水し浄水とするザイ給水システム（ポンプ場＋ザイ浄水場）が処理する主な対象水質は、濁度、藻類、有機物（TOC）、線虫である。藻類の殺藻、有機物（TOC）、線虫の消毒の目的で、取水ポンプ場では二酸化塩素（補完的に過マンガン酸カリウム）が導水配管に注入されている。二酸化塩素は以下の特徴があり、浄水場までの長い接触時間を利用し効率良く使われている。特にトリハロメタンの生成量が少ないことが大きな採用理由となっており、塩素の代替薬品の筆頭とされる所以である。

- ① 塩素に比べ PH8 付近で酸化能力が高い
- ② アンモニアに反応しない
- ③ 消毒副生成物であるトリハロメタンの生成量が少ない

- ④ 微生物に対する不活化能力は塩素と変わらない
- ⑤ 残留性が高い等

ザイ浄水場では、粉末活性炭（PAC）が原水調整池に投入され、その吸着能力により二酸化塩素・亜塩素酸の低減を図っている。次いで塩化第二鉄及びカチオン系高分子凝集剤を注入することにより濁質の沈殿処理が行われている。さらに二酸化塩素注入により生成される消毒副生成物の亜塩素酸を酸化し塩化物として沈殿除去するために、塩化第一鉄を1系急速攪拌池に注入するプロセスを有する。このプロセスは二酸化塩素注入率が大きくなった時に使用される。浄水場では消毒剤として塩素が使用され、トリハロメタン生成能が低い処理水に注入され、送水される浄水中の残留塩素を確保している。

これらの検証から、取水を含むザイ浄水場の浄水処理プロセス（薬品注入システム）は、水源水質に適合したプロセスとなっている。

2.2.3 環境社会配慮

2.2.3.1 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要

本事業は以下のコンポーネントから構成される。

- 取水施設：
 - ・ トラベリングスクリーンの更新
- 取水・導水・送水施設：
 - ・ 取水ポンプ・導水ポンプ・送水ポンプ（計18台）の更新
 - ・ モータ15台の更新
 - ・ 電動ボール弁・チェック弁の更新
 - ・ 吐出ヘッダー管エンドパイプ鏡板の更新

上記のコンポーネントは何れもザイ給水システムにおける既設の施設内にて設備と機材の更新を行うものであるため、事業実施に係る代替地を含めて新規で取得すべき用地を要さず、一切の住民移転も発生しない。ゆえに、事業の実施によって自然環境および社会環境に与える影響はきわめて軽微なものと予見される。本稿でJICA環境社会配慮ガイドライン（2010年4月、以下「JICAガイドライン」と略記）に則り、ヨルダンならびにプロジェクトサイトにおける現行制度と現地状況の概要を環境社会配慮 カテゴリB 報告書執筆要領（2017年4月）に従って記す。

2.2.3.2 ベースとなる環境社会の状況

2.2.3.2.1 自然環境

(1) 概況

ヨルダンは温度、降雨量、地形、植物相、土壌特性などの自然環境特性に応じて、生物地理学的に4つの地域に大別される¹³。ザイ地区はこのうちイラノ・トゥラニアン地域 (Irano-Turanian Region) に位置し、標高は概ね500～700 mの範囲にある。年間降水量は150～300 mm、年間の最低気温は2～5℃、同じく最高気温は15～25℃であり、最暖月の平均気温によって Köppen-Geiger の気候区分では地中海性気候のうちオリーブ気候 (Csa) に該当する。地質は中生代の堆積岩が優占し、砂泥が混交する石灰岩や苦灰岩が広く分布している。これらの岩石が機械的風化を受けて母材¹⁴となり、地表にはAC断面¹⁵を呈するインセプティソル (Inceptisols) が卓越し、一部の凹地には季節的な乾湿の繰り返しによって生じた暗色のアリディソル (Aridisols) が分布している。いずれの土壌も層位の分化が未発達であり、総じて自然肥沃度は低い。これらの土壌を利用し、天水農業と放牧 (写真-15) が行われている。なお、簡易灌漑設備を用いたオリーブのプランテーション農業も散見される。また、森林生態系はアレppoマツ (Aleppo Pine, *Pinus halepensis*)

¹³ Kasapligil, Baki, Plants of Jordan with notes on their ecology and economic uses, Amman: Forestry Dept, 1956, p.32.

¹⁴ 母材 (Parent Material)：一般には岩石が風化を受けて破砕された無機物質を指す。

¹⁵ A/C断面：C層 (母材もしくは母材の弱風化層) 上に腐植有機物を含む表土層 (A層) のみを呈する未発達土壌。土壌化が進行するとC層とA層の間にいわゆる「下層土」であるB層が生成される。

が主体であり、その他にセイチガシ (Palestine oak, *Quercus calliprinos*)、タルボガシ (Mount Tabor oak, *Quercus ithaburensis*)、ヒノキ科の Phoenician juniper (*Juniperus phoenicea*) が分布している。



a) プロジェクトサイトの外観

b) 天水によるトマト栽培

c) 家畜の放牧

写真- 15 プロジェクトサイトの外観および土地利用の状況

(出典：JICA 調査団，2019 年 8 月撮影)

本事業の各コンポーネントが実施されるディルアラ地区およびザイ地区における騒音や振動のモニタリングデータは現地調査によって確認されなかったものの、両地区ともに騒音や振動の発生源は認められず、静穏な環境下にある。

(2) 植物相および動物相

既存資料をもとに整理したバルカ県の植物相を表 2.25 に示す。これらには食用、薬用、飼料用植物が含まれるが、生態学的に重要もしくは貴重な植物は確認されず、いずれもイラノ・トゥラン地域一般に分布するものであった。

表 2.25 バルカ県における植物相

学名	英名	状況	用途
Amaranthaceae			
<i>Amaranthus blitoides</i>	Amaranth	Common	(No use)
Boraginaceae			
<i>Heliotropium</i> spp.	Heliotrope	Common	(No use)
Capparaceae			
<i>Capparis aegyptica</i>	Large caper	Common	Medical use, Human edible
Chenopodiaceae			
<i>Chenopodium murale</i>	Nettle leaf	Common	Animal feed
Compositae			
<i>Centurea</i> spp.	Garden cornflower	Common	(No use)
<i>Cichorium pumilum</i>	Small Chicory	Common	Human edible
<i>Dittrichia viscosa</i>	False yellow head	Common	(No use)
<i>Echinops</i> spp.	Globe thistle	Common	(No use)
<i>Notobasis syriaca</i>	Syrian thistle	Common	Human edible
<i>Silypum marianum</i>	Milk thistle	Common	Human edible

学名	英名	状況	用途
Cruciferae			
<i>Cardaria draba</i>	Hoary cress	Common	(No use)
<i>Sinapis alba</i>	White mustard	Common	(No use)
Graminae			
<i>Cynodon dactylon</i>	Bermuda grass	Common	Animal feed
<i>Sorghum halepense</i>	Sorghum	Common	Animal feed
Labiatae			
<i>Mariubium vulgare</i>	Horehound	Common	Medical use
Mimosaceae			
<i>Prosopis farcata</i>	Syrian mesquite	Common	Animal feed
Rhamnaceae			
<i>Ziziphus lotus</i>	(N/A)	Common	Animal feed
Solonaceae			
<i>Withania somnifera</i>	Indian ginseng	Common	(No use)
Urticaceae			
<i>Urtica pilulifera</i>	Roman nettle	Common	Medical use
<i>Parietaria judicua</i>	Spreading pellitory	Common	(No use)

(出典：既存資料をもとに JICA 調査団作表)

また、同様にバルカ県において記録されている動物相を表 2.26 に記す。哺乳類は 3 種、両生類および爬虫類は 8 種が確認されているが、国際自然保護連合 (IUCN) によるレッドリスト 2019-3 (2019 年 12 月 10 日発表) の保全状況 (レッドリストカテゴリー) の分類では、いずれも低危険種 (LC) もしくはデータ不足に該当するものであった。

表 2.26 バルカ県における動物相

学名	英名	IUCNカテゴリー
Mammals		
<i>Vulpes vulpes</i>	Red Fox	Least Concern (LC)
<i>Meles meles</i>	Eurasian Badger	Least Concern (LC)
<i>Spalax leucodon</i>	Palestine mole rat	(Data Deficient: DD)
Reptiles/Amphibia		
<i>Bufo viridis</i>	Green Toad	Least Concern (LC)
<i>Hyla savignyi</i>	Savignys tree frog	Least Concern (LC)
<i>Rana bedriagae</i>	Levantine frog	Least Concern (LC)
<i>Daboia palaestinae</i>	Palestine viper	Least Concern (LC)
<i>Coluber jugularis</i>	Syrian black snake	Least Concern (LC)
<i>Hemorrhois nummefer</i>	Coined snake	Least Concern (LC)
<i>Eirenis rothi</i>	Roths dwarf snake	Least Concern (LC)
<i>Laudakia stellio stellio</i>	Starred agama	Least Concern (LC)

(出典：既存資料をもとに JICA 調査団作表)

一方、ヨルダンにはアフリカ大陸とユーラシア大陸を結ぶ渡り鳥の移動ルートに位置し、国内で確認されている全 436 種の鳥類のうち、留鳥は 16%に過ぎない (SA Oran, 2016)。バルカ県には表 2.27 に示す 7 種の鳥類が確認されているが、動物相と同様に IUCN レッドリスト 2019-3 におい

ていずれも低危険種（LC）に該当するものであった。

表 2.27 バルカ県における鳥類相

学名	英名	生態	IUCNカテゴリー
Columbidae			
<i>Streptopelia</i>	Laughing dove	Resident	Least Concern (LC)
Upupidae			
<i>Upupa epops</i>	Hoopoe	Resident/Immigrant	Least Concern (LC)
Alaudidae			
<i>Galerida cristata</i>	Crested lark	Resident	Least Concern (LC)
Hirundinidae			
<i>Hirundo daurica</i>	Red-rumped swallow	Resident/Immigrant	Least Concern (LC)
Turdidae			
<i>Turdus merula</i>	Blackbird	Resident/Immigrant	Least Concern (LC)
Paridae			
<i>Parus major</i>	Great tit	Resident	Least Concern (LC)
Passeridae			
<i>Passer hispaniolensis</i>	Spanish sparrow	Resident/Immigrant	Least Concern (LC)

（出典：既存資料をもとにJICA調査団作表）

（3）プロジェクトサイトにおける廃棄物の管理状況

バルカ県ザイ地区では写真-16に示すよう、行政が所定箇所における廃棄物の収集を毎日行っている。また、ディルアラ地区の事業所では収集業者と契約することにより、廃棄物の回収が実施されている。両地区ともに産業廃棄物や大型の一般廃棄物を排出する際には、行政から許可を得た業者に依頼することで適切な収集が為されている。



a) ザイ浄水場におけるごみの分別 b) ザイ浄水場付近のごみ収集地点 c) ディルアラのごみ収集地点

写真- 16 廃棄物の分別・収集状況

（出典：JICA 調査団，2019 年 8 月撮影）

（4）ザイ国立公園（Zai National Park）

ザイ浄水場の周辺には、国立公園（Zai National Park）として指定されている区画が散在する（図2.29）。ザイ浄水場から最も近い区画までの直線距離はおよそ500 mであり、浄水場の操業や本事業の実施がこれらの指定区画に影響を与えることは予見されない。

環境保護法に基づく自然保護区および国立公園規則¹⁶によると、ヨルダンの保護地域は4種に大別される（表 2.28）。特別保護区については同規則の第8条に規定があり、その指定は閣僚評議会の決定を要さず、環境大臣の専権事項となっている。なお、自然保護区と国立公園は必ずしも官有地ではなく、同第6条に「土地の所有者は、専門機関（Specialized Entity）によって定められた保護目的および管理計画と矛盾しない範囲において自らの土地を使用する権利を有する」と規定されている。また、同第7条には「自然保護区または国立公園から得たサービス収益に係る事項は大臣の指示に従うものとする」との規定が、同9条には「自然資源の利用を含み、自然保護区または国立公園の境界内での活動を行う場合には専門機関の承認を要する」との規定があることから、ヨルダンにおける自然保護区や国立公園は不可侵の完全な保護地域ではなく、資源利用などが可能な保全地域を指すものと解釈される。

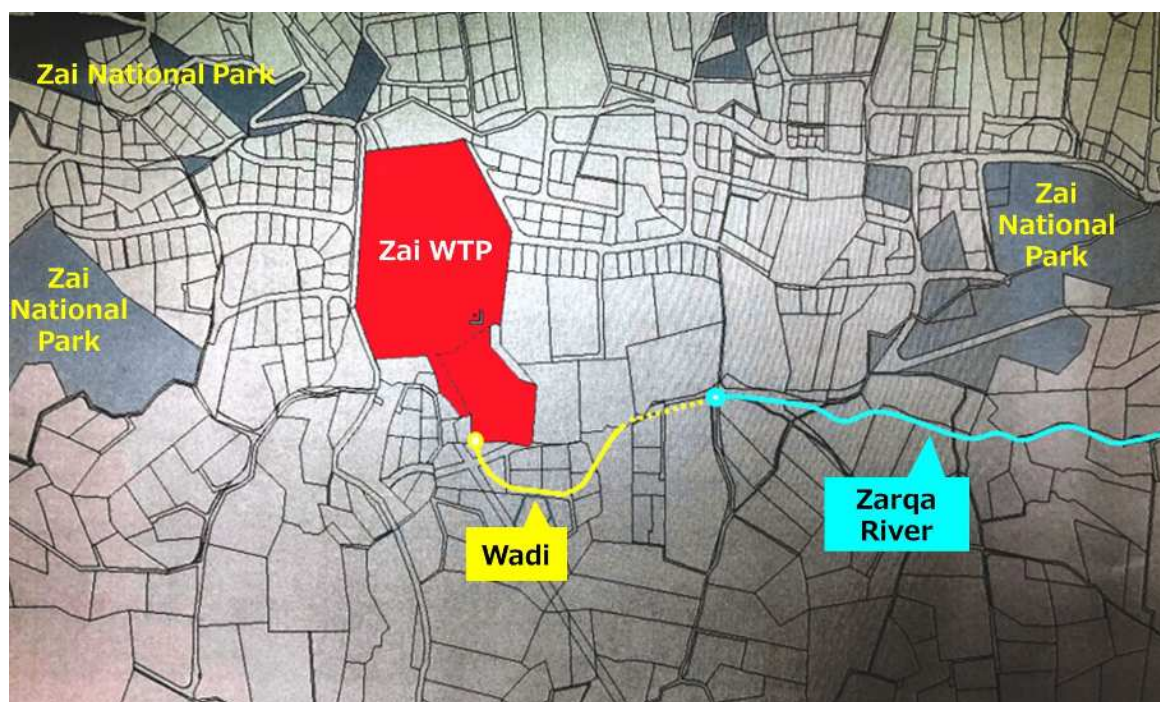


図 2.29 ザイ国立公園の位置

（出典：JICA 調査団）

表 2.28 ヨルダンにおける保護地域の分類

自然保護区： Natural Reserve	閣僚評議会によって指定される貴重な生物（unique creatures）が生息する生態系や、特別に保護すべき自然環境が含まれる陸地、海域、水面域
国立公園： National Park	閣僚評議会によって指定される土地、水系、海岸、オアシス、森林、もしくは考古学的な場所（archaeological locations）
保護区： Protected Land	閣僚評議会によって保護指定される土地
特別保護区： Area of Special Protection	特殊な生態系や絶滅危惧生物の生息域であり、存続を確保するために特別な保護を必要とする地域

（出典：Regulations No. (29) of 2005 Natural Reserves and National Parks Regulations Issued by Virtue of Sub-paragraph 6 of Paragraph A of Article 23 of the Environmental Protection Law No. (1) of 2003）

¹⁶ Regulations No. (29) of 2005 Natural Reserves and National Parks Regulations Issued by Virtue of Sub-paragraph 6 of Paragraph A of Article 23 of the Environmental Protection Law No. (1) of 2003

(5) 浄水過程で発生する汚泥の流出状況

ザイ浄水場の排水口から放出された汚泥水は、流路約600 mを経てザルカ川の起点に到達する。ここから流路延長約10 km先の地点で水は伏流し、目視できなくなった。なお、ザイ浄水場からの汚泥水について、pHと電気電導度（EC）を流路に沿ってトラッキングしたところ、地点間でわずかな差異は認められるものの概ね弱アルカリ性（pH 7.82～8.53）を示し、溶存物質の総量を示唆する電気電導度（EC）は、ザイ浄水場の原水であるキングアブドラ（King Abdullah）運河と同程度の値（113-130 mS m⁻¹）を示した。

なお、ザイ浄水場において発生する汚泥に関しては、国立農業研究センター（NARC）によって複数回にわたる検査が行われており、自然環境や健康に影響を及ぼす成分が含まれていないことが証明されている（表 2.29）。

表 2.29 ザイ浄水場にて発生する汚泥の化学的性状

分析項目	定量値	分析項目	定量値
pH	7.5 —	リン (P)	1.20 g kg ⁻¹
電気電導度 (EC)	6.7 S m ⁻¹	カリウム (K)	0.86 g kg ⁻¹
灰分	27.2 % (wt.)	マグネシウム (Mg)	2.91 g kg ⁻¹
水分含量	9.4 % (wt.)	マンガン (Mn)	0.24 g kg ⁻¹
有機物含量	63.4 % (wt.)	亜鉛 (Zn)	0.71 g kg ⁻¹
カルシウム (Ca)	38 g kg ⁻¹	銅 (Cu)	0.12 g kg ⁻¹
鉄 (Fe)	26 g kg ⁻¹	炭素－窒素比	73 —
窒素 (N)	4.62 g kg ⁻¹	カドミウム	<0.0012 mg kg ⁻¹

（出典：NARC Certificate of Analysis (COA) No. F18 / 08/14 (August 9, 2018)）

なお、ザイ浄水場における聞き取り調査によると、浄水場から排出された汚泥に関して過去に近隣住民から苦情が挙げたことがあるとのことであったが、明確な記録は確認されなかった。さらに、一部の近隣住民は汚泥水の上澄みを農業利用しているとのことであった。ゆえに、汚泥の放流が自然環境および社会環境に及ぼす影響は現時点で予見されないものと結論した。

2.2.3.2.2 社会環境

(1) 人口

本プロジェクトの裨益地域であるアンマンは、ヨルダンで最も人口の多い都市である。DOS による 2011 年から 2016 年のアンマンの人口の推移を表 2.30 に示す。なお、2018 年末のアンマンの推定人口は 4,327,800 人で、そのうち 2,034,066 人（47%）が女性、2,283,734 人（53%）が男性である。また DOS によると、2020 年の人口密度は 3,143 人/km² と推定されている。

表 2.30 アンマンにおける人口の推移

Year	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Population	2,940,200	3,122,700	3,411,400	3,701,500	4,019,100	4,119,500

（出典：Department of Statistics, Jordanian）

また、バルカ県庁の統計データによると、取水地点とポンプ場が位置するディルアラ地区には、2018年現在で7,906人（1,449世帯）、そのうち4,690人（59%）が男性で、3,216人（31%）が女性である。一方、ザイ地区の推定人口は2018年末現在で約21,000人であり、バルカ県の人口の約4%を占めている。人口における男女比はほぼ50%ずつである。

(2) 教育

ヨルダンでは教育省（Ministry of Education）が幼児教育施設から中等教育や職業教育まで、国内のさまざまな教育段階を管理している。また、軍や国連パレスチナ難民救済事業機関（UNRWA）なども独自の教育施設を有する。さらに、高等教育科学研究省（Ministry of Higher Education and Scientific Research）は、大学とコミュニティカレッジの教育を監督している。なお、教育省による統計では、2017年におけるヨルダンの学校の総数は7,227校であり、生徒総数は1,992,481人であった。表2.31～2.34に、アンマンおよびディルアラにおける2017-2018年の学校数と生徒数を記す。

表 2.31 2017-2018 年におけるアンマンの教育施設の状況

種別	公立校		私立校	UNRWA 管理	合計
	教育省管理	他省庁管理			
男子校	839	6	1416	75	2336
女子校	151	1	6	33	191
共学	374	0	1386	8	1768

（出典：Ministry of Education (<http://www.moe.gov.jo/en/reports>), 2019年8月31日閲覧）

表 2.32 2017-2018 年におけるアンマンの生徒数

種別	公立校		私立校	UNRWA 管理	合計
	教育省管理	他省庁管理			
男子校	190,012	2,103	162,211	25,316	379,642
女子校	227,351	1,150	122,414	24,963	375,878

（出典：Ministry of Education (<http://www.moe.gov.jo/en/reports>), 2019年8月31日閲覧）

表 2.33 2017-2018 年におけるディルアラの教育施設の状況

種別	公立校		私立校	UNRWA 管理	合計
	教育省管理	他省庁管理			
男子校	20	0	0	1	21
女子校	2	0	0	1	3
共学	26	0	11	0	37

（出典：Ministry of Education (<http://www.moe.gov.jo/en/reports>), 2019年8月31日閲覧）

表 2.34 2017-2018 年におけるディルアラの生徒数（男女数のデータのみ）

種別	公立校		私立校	UNRWA 管理	合計
	教育省管理	他省庁管理			
男子校	7,796	0	766	254	8,816
女子校	7,744	0	513	229	8,486

(出典 : Ministry of Education (<http://www.moe.gov.jo/en/reports>), 2019年8月31日閲覧)

(6) 保健医療施設

表 2.35にプロジェクトサイトにおける2016年の保健医療機関数を整理する。ヨルダンの医療機関は国立、軍立、私立に大別され、医療水準はアラブ諸国の中では比較的高いと言われる。しかし2011年のシリア紛争以降、ヨルダンには大量のシリア難民が流入し、国内の保健サービス供給に大きな負荷をかけている。なお、ヨルダンの村落には村落保健センター (Village Health Center : VHC) が設置されており、保健省による2017年の集計ではアンマンに10施設、バルカ県に15施設、ディルアラ地区には10施設が所在する (表 2.36)。

表 2.35 プロジェクトサイトにおける病院施設の状況 (2016 年)

行政区分	国立病院 (保健省)		私立病院		国立病院 (その他)		合計	
	病院数	病床数	病院数	病床数	病院数	病床数	病院数	病床数
アンマン	5	1,876	44	3,794	9	2330	58	8,000
バルカ県	5	657	1	126	0	0	6	783

(出典 : Source: Ministry of Health, 2016)

表 2.36 プロジェクトサイトにおける医療施設の状況 (総合病院以外, 2016 年)

行政区分	村落保健センター	歯科診療所	薬局
アンマン	10	48	36
バルカ県	15	29	25
ディルアラ	4	14	11

(出典 : Source: Ministry of Health, 2016)

なお、近年のヨルダンにおける国民の栄養状態と水媒介性疾患の状況は表2.37～2.39のとおりである。

表 2.37 ヨルダンにおける下痢性疾患 (2017 年, UNICEF 調べ)

新生児の総死亡者数	2,602 人
0 歳児の総死亡者数	1,660 人
下痢性疾患による新生児の死亡者数	データなし
下痢性疾患による 0 歳児の死亡者数	117 人
下痢性疾患による 5 歳未満児の死亡者数	117 人
下痢性疾患による新生児死亡率 (出生 1,000 人あたり)	データなし
下痢性疾患による 0 歳児の死亡率 (出生 1,000 人あたり)	0.5%
下痢性疾患による 5 歳未満児の死亡率 (出生 1,000 人あたり)	0.5%
下痢性疾患による新生児死亡率	データなし
下痢性疾患による 0 歳児の死亡率	7.0%
下痢性疾患による 5 歳未満児の死亡率	2.7%

(出典 : <https://data.unicef.org/topic/child-health/diarrhoeal-disease/>)

表 2.38 5歳未満児における主な水因性疾患の病因（2015年）

コレラ (<i>Vibrio cholerae</i>)	13.3%
ロタウイルス (Rotavirus)	6.8%
サルモネラ菌 (<i>Salmonella</i>)	4.9%
腸管毒素原性大腸菌 (Enterotoxigenic <i>Escherichia coli</i>)	2%
アデノウイルス (Adenovirus)	3%
赤痢アメーバ (<i>Entamoeba histolytica</i>)	1%
アエロモナス菌 (<i>Aeromonas hydrophila</i>)	7%
赤痢菌 (<i>Shigella</i> spp)	0.3%
クリプトスポリジウム (<i>Cryptosporidium</i> spp)	0.2%
腸内病原性大腸菌 (Enteropathogenic <i>Escherichia coli</i> .)	0.2%
ノロウイルス (Norovirus)	0.2%
クロストリジウムディフィシル (<i>Clostridium difficile</i>)	0.2%

(出典：Troeger, C., Blacker, B. F., Khalil, I. A., Rao, P. C., Cao, S. Z., Stephanie R. M.,...Reiner, R. C., (2017). Estimates of global, regional, and national morbidity, mortality, and aetiologies of diarrhoeal diseases: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. LANCET INFECTIOUS DISEASES, 17 (9), 909-948.)

表 2.39 ヨルダンにおける栄養状態

栄養不足人口	1.3百万人	2015-17年
重度の食料不安	1.3百万人	2017年
消耗症の5歳未満児	該当なし	2017年
発育阻害の5歳未満児	該当なし	2017年
体重過多の5歳未満児	該当なし	2017年
肥満の成人（18歳以上）	1.6百万人	2016年
貧血症を患う妊娠可能年齢の女性数（15～49歳）	0.7百万人	2016年
完全母乳育児を受けた6ヵ月未満の乳児の数	該当なし	2017年

(出典：FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. *The State of Food Security and Nutrition in the World*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2018)

(7) 経済

世界銀行による分類ではヨルダンは低所得国に該当する。World Factbook 2019によると国民1人当たりGDPは約8,720 JODであり、GDP成長率は2.1%、消費者物価指数は115.5であった。また、産業は第一次産業が4.3%（DOSによると3.8%）、第二次産業が28.9%、第三次産業が66.8%とされている。

ディルアラ地区およびザイ地区における経済活動の詳細な統計データは確認できなかったため、本稿では概観のみ写真-17に示す。主要産業は農業であり、工業は小規模の自営に留まっている。



a) ディルアラ地区の外観



b) ディルアラ地区の農地



e) ザイ地区の外観



f) ザイ地区における牧羊業（ザイ浄水場前）

写真- 17 ディルアラ地区およびザイ地区の外観と農業の様子

（出典：JICA 調査団，2019 年 8 月撮影）

2.2.3.2.3 環境社会配慮制度・組織

（1）環境社会配慮に関する法規制

ヨルダンの環境社会配慮に関する基本法は環境保護法（Environmental Protection Law, No. 52 of 2006）である。環境保護法は27条で構成され、第1条と第2条は概念と基本用語を定義し、第3条から第5条では環境省の権限と役割を規定している。また、第6条では有害廃棄物の持ち込みの規制、第7条では産業活動による環境汚染行為の規制と違反行為に対する警察権限の付与、第8条と第9条では領海内および沿岸域での汚染行為の禁止、第10条ではサンゴと貝類の保護、第11条では水源および周辺地域における環境汚染物質の投棄、廃棄、収集の禁止、第11条では騒音発生行為の規制と罰則、第13条では環境影響を与える可能性を有する事業者に、環境影響評価報告書の作成と環境省への提出をそれぞれ規定している。また、第14条では環境保全研究、第15条では閣議に付属する環境諮問会議の設置、第16条と第17条では環境保護基金の設立、第18条では自然保護区や国立公園地区での違反行為と罰則、第19条では事業者への汚染防止・環境対策設備の設置義務、第22条から第24条では地方政府と特定機関に対する環境省権限の付与、第25条では閣議で

同法を実施するための細則法規を定めている。

環境保護法に基づき、2005 年 3 月に環境影響評価規則（EIA 規則, Environmental Impact Assessment Regulations of 2005 (By-law No.37 of 2005)）が発令された。同規則は全21条と5つの付属書(Annex)から構成されている。附属書2および3には包括的環境影響評価(Comprehensive EIA) および初期的環境影響評価 (Preliminary EIA) が求められる事業の一覧が掲載されている（表 2.40および表 2.41）、既設の給水施設内において設備と機材を更新する本事業は両者の何れにも該当せず、本事業の実施に際する環境認可の取得はヨルダンの現行法に従って必要とされない。

表 2.40 ヨルダンにおいて EIA が要求される事業（EIA 規則付属書 2）

1. Raw petroleum Refining.
2. Electricity generating plants.
3. An establishments designed as permanent stores or as landfills for the irradiant nuclear wastes.
4. Iron and steel factories.
5. Establishments for extracting, treatment, conversion the asbestos and the substances which asbestos part of its structure.
6. Integrated chemical industries such as: 1) Petrochemicals. 2) Fertilizers, pesticides and peroxides industries. 3) Chemical products, petrochemicals and petroleum storage facilities.
7. Roads, airports and rails constructing projects.
8. Hazardous wastes treatment plants and disposal from these wastes.
9. Establishing the industrial cities.
10. Extraction industries 1) The excavating processes for water and the geo- thermal digging except the digging for investigating the soil. 2) Mining processes and relevant industries. 3) Natural fortunes extraction.
11. Generating energy industries. 1) The industrial establishments which producing electricity, vapor, hot water. 2) The industrial establishments which conveying gas, vapor, hot water and electrical energy. 3) Natural gas surface storage. 4) Flammable gases storage underground surface. 5) Fossil fuels surface storage.
12. Tanning (leathers) factories.
13. Sugar factories.
14. Yeast factories.
15. Building up Marine ports.
16. Establishing ships and boats for industrial and recreational purposes.
17. Sea dumping for using the land in industrial and recreational uses.
18. Glass factories.
19. Establishing slaughterhouses (abattoirs).

（出典：Annex (2), EIA Regulation No. (37) of 2005）

表 2.41 ヨルダンにおいて初期的環境影響評価が要求される事業（EIA 規則付属書 3）

1. Agriculture Projects. 1) Poultry Farms if the capacity exceed 30,000 birds, 2) Caws Farms if the capacity exceed 50,000 caws. 3) Sheep Farms Caws Farms if the capacity exceed 1,000 sheep.
2. Minerals treatment projects: 1) Iron and steel works including galvanizing, varnish factories. 2) Establishments producing non-irony minerals including production, purification (washing),

	liquefying, demonetizing (pulling) and galvanizing processes.
	3) Compressing Bullions.
	4) Treatment of minerals surfaces and covering (coating).
	5) Boilers, cisterns, tanks, industrialized from minerals plates.
	6) Establishments for felting and scorching (roasting). Raw minerals.
	7) Complexes industry and aligning (collecting).
3.	Food Industries:
	1) Oils, animal and vegetarian fats.
	2) Bottling, Packaging the animal and vegetarian products.
	3) Milk products industry.
4.	Fabric, leather, wood, papers and tissues industries.
5.	Rubber industry.
6.	Infrastructure projects including housing projects.
7.	Other projects:
	1) Municipal landfills
	2) Landfill for disposal from junk.
	3) Sports activities centers.
	4) Junk storage establishments.
8.	Any additions, amendments on the projects that mentioned in this annex

(出典 : Annex (3), EIA Regulation No. (37) of 2005)

(2) 環境社会配慮に関する組織

環境省は環境政策や法規制の策定、認可、モニタリング、監視などを通して、適正な法の順守を図ることに責任を有する。また、国立公園、動植物保護地区やその他の保護地域を指定し、それらの地域の適切な管理を監督する。図2.30に調査時における同省の組織図を示す。環境影響評価は環境許可・汚染防止局 (Directorate of Liscensing & Pollution Prevention) の環境許可課 (Environmental Liscensing Section) と環境影響評価課 (Environmental Impact Assesment Section) が分掌している。

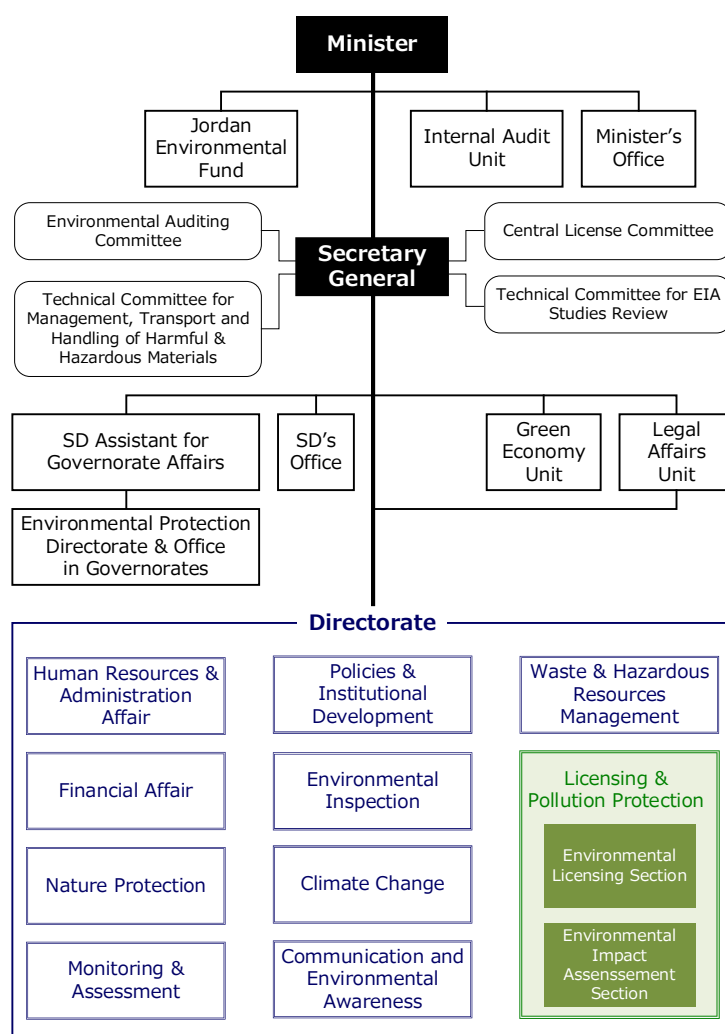


図 2.30 環境省の組織図
(2019 年 8 月現在, JICA 調査団調べ)

(3) 本事業に対するヨルダン環境関連法令と JICA ガイドラインとのギャップ分析

本事業の実施にあたって日本政府から事業資金を調達することに鑑み、国内法へのコンプライアンスに加え、ヨルダン側の環境関連法令と JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010 年 4 月、英語版）との相違点等を表 2.42 に示す。

表 2.42 JICA ガイドラインとヨルダン環境関連法令の比較

Content	JICA Guidelines for Environmental and Social Considerations 2010	Environmental Impact Assessment Regulations of 2005 (By-law No.37 of 2005)	Gap between JICA Guidelines and Jordanian EIA Regulations /Action to be taken
Introduction	(N/A)	(N/A)	No gap.
Executive Summary	Concise discussion with significant findings and recommended actions required.	Annex (5): A condensed summary is required with a brief analysis of the outcomes (conclusions) and recommendations in two versions (Arabic and English).	Basically No gap. However, Arabic version of the summary should be prepared.
Legal framework on environmental and social	Requires that projects do not deviate significantly from the World Bank's Safeguard Policies	(N/A)	A few differences: - The EIA guidelines and standards in global treaties,

Content	JICA Guidelines for Environmental and Social Considerations 2010	Environmental Impact Assessment Regulations of 2005 (By-law No.37 of 2005)	Gap between JICA Guidelines and Jordanian EIA Regulations /Action to be taken
considerations	and refers as a benchmark to the standards of international financial organizations.		international organizations and/or international development partners should be referred.
Environmental Impacts	Requires to predict and assess the project's likely positive and negative impacts in quantitative terms, to the extent possible. It also requires to identify mitigation measures and any negative environmental impacts that cannot be mitigated and to explore opportunities for environmental enhancement. Similarly, identification and estimate of the extent and quality of available data, essential data gaps and uncertainties associated with predictions is required. It specifies topics that do not require further attention.	- Article 11 - APPENDIX (5): • Environmental Impacts	A few differences: - The process leading up to the scoping and background of EIA item selection needs to be explained. - The degree of uncertainty in EIA and additional future environmental impact caused by such uncertainty needs to be mentioned. - Some environmental/social information can be added based on the final scoping drafts and results of the supplemental survey.
Analysis of Alternatives	Requires to systematically compare feasible alternatives to the proposed project site, technology, design, and operation including "Zero-Option" (without project) situation in terms of the following: the potential environmental impacts; the feasibility of mitigating these impacts; their capital and recurrent costs; their suitability under local conditions; and their institutional, training, and monitoring requirements. For each of the alternatives environmental impacts should be quantified to the extent possible, and economic values should be attached where feasible. It also states the basis for selecting the proposed project design should be provided and justification for recommended emission levels and approaches to pollution prevention and abatement should be offered.	- APPENDIX (1): • Paragraph 2 - APPENDIX (5): • Analysis of Alternatives:	A few differences: - "Zero-Option" (without project) needs to be examined. - The degree of environmental impact of each alternative plan needs to be assessed in a quantitative manner.
Mitigation Measures	Requires to identify mitigation measures and any negative environmental impacts that cannot be mitigated and explore opportunities for environmental enhancement.	- APPENDIX (5): • Mitigation Plan	No gap.
Environmental Management Plan	Requires to describe mitigation, monitoring, and institutional measures to be taken during construction and operation to eliminate adverse impacts, offset them, or reduce them to acceptable levels.	- APPENDIX (5): • Mitigation Plan • Monitoring and Environmental Auditing Plan	No gap. However, In the case of monitoring items are added or changed based on supplementary findings, it is necessary to deal with the plan.
Budget, financial sources and implementation	Appropriate follow-up plans and systems, such as monitoring plans and environmental	- Article 20: • Paragraph B - APPENDIX (5):	No gap. However, in the case of mitigation measures and/or monitoring items are added or

Content	JICA Guidelines for Environmental and Social Considerations 2010	Environmental Impact Assessment Regulations of 2005 (By-law No.37 of 2005)	Gap between JICA Guidelines and Jordanian EIA Regulations /Action to be taken
arrangements	management plans, must be prepared; the costs of implementing such plans and systems, and the financial methods to fund such costs, must be determined. Plans for projects with particularly large potential adverse impacts must be accompanied by detailed environmental management plans.	- Analysis of Alternatives - Mitigation Plan - Monitoring and Environmental Auditing Plan	changed based on supplementary findings, it is necessary to modify the cost.
Public Consultation with Stakeholder Meeting	In preparing EIA reports, consultations with stakeholders, such as residents, must take place after sufficient information has been disclosed. Records of such consultations must be prepared.	- APPENDIX (5): • Appendices	A few differences: - Another stakeholder meeting needs to be conducted at the preparation stage of scoping drafts.
Information Disclosure	Requires to disclose the results of such categorization on its website including the name of each project and its country, location, project outline, category, and its reason before making the decision to undertake preparatory surveys.	(N/A)	Environmental Protection Law and Environmental Impact Assessment Regulations don't stipulate any information disclosure system. Website of Ministry of Environment does not have information disclosure page for EIA results. The implementing agency of projects needs to disclose the EIA results independently.

(出典：JICA 調査団)

2.2.3.2.4 スコーピング

JICA ガイドラインの各評価項目に従い、現地調査結果に基づいたスコーピング結果を表 2.43 に記す。各影響項目は、JICA ガイドライン 2010 の項目に従い、回避または緩和策が講じられない場合に予想される影響を示す。

表 2.43 スコーピング結果

Item	Impact		Rating		Results
			Pre-/Construction Phase	Operation Phase	
Pollution Control	1	Air Quality	B-	D	Pre-/Construction phase: Air pollutants (SOx, NOx, etc.) and dust will be generated through the operation of heavy machinery and trucks, but the impact will be limited to the surrounding area. Operation phase: Air pollutants and dust will not be generated by the operation of the facilities.
	2	Water Quality	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: No specific impacts to natural water quality are anticipated both in construction period and operation period. (In addition, supernatant water of sludge released outside the water treatment plant does not contain any hazardous components and cause water pollution.)
	3	Soil Quality	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: Any soil pollution and soil erosion are not predicted by the Project implementation. (Note: Supernatant water of sludge released outside the water treatment plant does not contain any hazardous components and cause water pollution.)
	4	Sediment	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: Sediment pollution and adverse impacts on aquatic life could not be caused by the Project.

Item	Impact		Rating		Results
			Pre-/Construction Phase	Operation Phase	
					(Note: Sludge generated at the water treatment plant and released outside was confirmed that it has no hazardous components including harmful heavy metals.)
	5	Noise and Vibration	B-	D	Pre-/Construction phase: The operation of heavy machinery and trucks will cause noise and vibration, but it will be limited to the surrounding area. Operation phase: No specific noise and vibration is expected.
	6	Odor	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: No odor is predicted in particular by the Project implementation.
	7	Waste	B-	D	Pre-/Construction phase: General, domestic and industrial wastes are generated in the construction phase. Operation phase: There is no waste expected. (Note: Sludge generated through the water treatment process will be properly disposed by the Jordan Government according to the commitment on July 2019.)
	8	Subsidence	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: There is no possibility of land subsidence due to renovating/updating of the facilities in the Project.
Natural Environment	9	Protected Area	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: Zai National Park is located near the water treatment plant. However, there is no specific negative impact expected because the Project renovate/update the facilities only in the existing properties.
	10	Ecosystem	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: No major impact to local/regional ecosystem is anticipated due to renovating/updating facilities in the existing properties.
	11	Topography and Geology	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: Renovating/updating of the facilities will be conducted in the existing properties, and will not involve any changes in topography or geology.
Social Environment	12	Land acquisition and Resettlement	D	D	Pre-construction/Construction phases and Operation phase: The final disposal site for sludge generated at Zai Water Treatment Plant will be secured by the Jordanian Government before the project is implemented. Renovating/updating of the facilities in the Project requires no land acquisition resettlement.
	13	Poor People	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: There is no possibility of adversely affecting people's livelihood. Conversely, positive impacts may be predicted due to stable water supply by the Project implementation.
	14	Ethnic Minority Groups and Indigenous People	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: There is no specific negative impact anticipated.
	15	Deterioration of Local Economy	D	D	Construction and Operation phase: Renovating/updating of the facilities in the project will not affect the local economy.
	16	Land Use and Utilization of Local Resources	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: There is no specific negative impact anticipated.
	17	Disturbance to Water Usage, Water Rights, etc.	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: The Project would not affect existing water usage and water rights because there are no changes to the water intake volume from the water source and water supply plan to the distribution area.
	18	Disturbance to the Existing Social Infrastructure and Services	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No major impact is anticipated.
	19	Social Institutions such as Social Infrastructure and Local Decision-making Institutions	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No specific impacts to the local communities are anticipated both in construction period and operation period.
	20	Misdistribution of Benefits and Losses	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: There is no specific negative impact anticipated misdistribution of benefits/losses.
	21	Local Conflicts of Interest	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: Any local conflicts of interest may not arise due to the implementation of the project.
	22	Cultural Heritage	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: There is no cultural heritages around the Project site according to Department of Land and Survey.
	23	Landscape	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: The project will not affect local landscape because it is implemented in the existing properties.
	24	Gender	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No specific impacts to gender issues.
	25	Children's Rights	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No specific impacts on children's rights
	26	Infectious Diseases such as HIV/AIDS	D	D/B+	Pre-/Construction and Operation phase: The Project does not need massive influx of construction workers and may not trigger infectious disease epidemics. Conversely, positive impacts for disease prevention may be predicted due to stable water supply by the Project implementation in the future.
	27	Work Environment (Including Work Safety)	B-	D	Pre-/Construction phase: Risks of accidents are high through the construction work. Operation phase: No major impact is anticipated.

Item	Impact		Rating		Results
			Pre-/Construction Phase	Operation Phase	
Other	28	Accidents	B-	B-	Pre-/Construction phase: Accidents may occur due to the construction work. Also traffic accidents may occur due to the increase of traffic volume. Operation phase: Accidents can occur during operation and maintenance work.
	29	Cross-boundary Impact and Climate Change	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No impact on climate change is predicted although CO ₂ will be produced in the construction work at relatively limited scale.

Note:

A+/-: Significant positive/negative impact is expected,

B+/-: Positive/negative impact is expected to some extent,

C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown (further examination is needed, and the impact may be clarified as the study progresses)

D: No impact is expected.

(出典：JICA調査団)

2.2.3.2.5 環境社会配慮調査の TOR

スコーピング結果を受け、本調査において確認すべき項目、方法、対応（案）を表 2.44 に示す。

表 2.44 環境社会配慮の TOR

環境項目	調査内容	調査方法	対応案
大気質	・ 関連する法規制の確認 ・ 大気質の現状	・ 大気質基準 ・ 大気汚染物質の放出源確認	・ 工事中における大気汚染物質の放出削減対策
騒音・振動	・ 関連する法規制の確認 ・ 騒音・振動の現状	・ 騒音・振動基準 ・ 騒音・振動の発生源確認	・ 工事中における騒音・振動の削減対策
廃棄物	・ 廃棄物の収集状況	・ 廃棄物の収集法確認	・ 工事中に発生する廃棄物の削減対策
事故の防止	・ 作業現場における安全対策の現状	・ ザイ給水システムにおける作業安全対策の現状確認	・ 作業事故の防止に繋がる安全対策の徹底

(出典：JICA調査団)

2.2.3.2.6 環境社会配慮調査結果（予測結果を含む）

(1) 大気質

ヨルダンの大気保護規則（Air Protection Regulation no.28/2005）が定める基準値と世界保健機関（WHO）のガイドライン値を表 2.45 に示す。

表 2.45 ヨルダンにおける大気環境基準

Pollutants	Duration	Maximum Allowable limits	Allowable times for exceeding limits	Expected Health effects due to exposure
SO ₂	1-hour mean	3μg m ⁻³	3 times during a year	1. Respiratory system: • Lungs; • Inflammation of the respiratory tract; • Shortness of breath; • Coughing; • Mucus secretion; • Asthma; 2. Cardiac diseases 3. Mortality
	24-hour mean	140 μg m ⁻³ (WHO: 20 μg m ⁻³)	Once a year	
	Annual mean	40 μg m ⁻³	—	

Pollutants	Duration	Maximum Allowable limits	Allowable times for exceeding limits	Expected Health effects due to exposure
CO	1-hour mean	26 $\mu\text{g m}^{-3}$	3 times a year	• Headache; • Dizziness; • Vomiting; • Nausea; • Unconsciousness or death as CO binds preferentially to hemoglobin; • Reduced work capacity; • Reduced mental function; • Poor learning ability; • Heart diseases. The early symptoms of CO poisoning are compared to food poisoning symptoms: • Headache; • Dizziness; • Weakness and clumsiness • Nausea and vomiting; • Quick irregular heartbeat; • Chest pain; • Hearing loss; • Blurry vision; • Disorientation or confusion seizures.
	8-hour mean	9 $\mu\text{g m}^{-3}$	3 times a year	
NO ₂	1-hour mean	210 $\mu\text{g m}^{-3}$ (WHO: 200 $\mu\text{g m}^{-3}$)	3 times a year	• Bronchitis & impair lung development in asthmatic children; • Reduced lung function growth; • Inflames the lining of the lungs; • Can reduce immunity to lung infections; • Wheezing; • Coughing; • Colds; • Flu.
	24-hour mean	80 $\mu\text{g m}^{-3}$	3 times a year	
	Annual mean	50 $\mu\text{g m}^{-3}$ (WHO: 40 $\mu\text{g m}^{-3}$)	—	
H ₂ S	1-hour mean	0.03 $\mu\text{g m}^{-3}$	3 times a year	• Irritation of eyes, nose, and throat; • Bronchial constriction in asthmatic individuals, spontaneous abortion; • Increased blood lactate concentration, decreased skeletal muscle citrate synthase activity; • Headache, dizziness, nausea, vomiting, coughing, difficulty breathing; • Olfactory paralysis; • Severe respiratory tract irritation, eye irritation/acute conjunctivitis, shock, convulsions, coma and death in severe cases.
	24-hour mean	0.01 $\mu\text{g m}^{-3}$	3 times a year	
O ₃	8-hour mean	80 $\mu\text{g m}^{-3}$ (WHO: 100 $\mu\text{g m}^{-3}$)	—	• Breathing problems; • Irritates the mucous membranes of the nose, throat and airways; • Trigger asthma; • Reduce lung function;
	1-hour	120 $\mu\text{g m}^{-3}$	—	

Pollutants	Duration	Maximum Allowable limits	Allowable times for exceeding limits	Expected Health effects due to exposure
	mean			• Cough; • Chest pain; • Throat and eye irritation; • Lung diseases.
NH ₃	24-hour mean	270 µg/kg	3 times a year	• Burning of the nose, throat and respiratory tract; • Bronchiolar and alveolar edema; • Airway destruction resulting in respiratory distress or failure; • Coughing; • Nose and throat irritation; • Olfactory fatigue; • Skin or eye irritation.
	Annual mean	8 µg/kg	—	
PM ₁₀	24-hour mean	120µg m ⁻³ (WHO: 50 µg m ⁻³)	3 times a year	• Coughing; • Wheezing; • Asthma attacks; • Bronchitis; • High blood pressure; • Heart attack; • Strokes; • Premature death; • Cancer.
	Annual mean	70µg m ⁻³ (WHO: 20 µg m ⁻³)	—	
PM _{2.5}	24-hour mean	65µg m ⁻³ (WHO: 25µg m ⁻³)	3 times a year	• Mortality risk, particularly from cardiovascular causes; • Lung; • Heart; • Increase deaths.
	Annual mean	15 µg m ⁻³ (WHO: 10µg m ⁻³)	—	

(出典：Jordan Institution for Standards and Metrology)

各コンポーネントが実施されるディルアラ地区およびザイ地区における大気質のモニタリングデータは確認されなかった。しかし、現地踏査を行った限りでは両地区ともに車輛の往来はわずかであり、産業に伴う大気の汚染源も認められず、大気質は極めて清澄であった。ザイ浄水場とポンプ場付近から写したディルアラ地区の遠景を写真-18に示す。



a) ザイ浄水場付近



b) ポンプ場付近からの遠景

写真- 18 プロジェクトサイトにおける大気質の外観

(出典：JICA 調査団，2019 年 8 月撮影)

施設や機材の更新に用いる運搬車輛の往来に伴う煤塵、硫黄酸化物、窒素酸化物による大気汚染の発生が予測されるが、その影響は一時的であり、給水施設の周辺に限定される。ゆえに、煤塵発生を避けるために乾季は往来道路への散水を実施し、空中飛散を防止する対策を行う。また、工事用重機や車輛については速度規制を行うとともに、定期的な点検を実施し、排出ガスの低減に努める。

(2) 騒音・振動

ヨルダンの騒音基準を表2.46に示す。なお、振動基準に関する規定は確認されなかった。

表 2.46 ヨルダンにおける騒音基準

地域	騒音基準	
	6:00～20:00	20:00～6:00
住居地域（都市部）	60 dB(A)	50 dB(A)
住居地域（郊外）	55 dB(A)	45 dB(A)
住居地域（農村）	50 dB(A)	40 dB(A)
住居地域（商業施設、オフィス、公共機関所在地）	65 dB(A)	55 dB(A)
重工業地域	75 dB(A)	65 dB(A)
教育施設、宗教施設、病院等	45 dB(A)	35 dB(A)

(出典：Jordan Standards and Metrology Organization)

本事業の実施によって発生する騒音と振動は一時的なものであり、既存の施設にはほぼ限定されるが、工事期間中における軽減策として、低騒音機能を備えた建設重機や資材運搬車輛の導入を検討する。なお、一般に工事用車両等の速度を40km/時に規制することにより、50dB以下の減音効果が期待できるとされる。

(3) 廃棄物

前述の通り、プロジェクトサイトにおける廃棄物の回収は、行政から許可を得た業者によって適切に行われている。ゆえに、本事業においても廃棄物の分別化、資源のリサイクル、再利用等の推進が励行され、作業中に生じる一般廃棄物（生活ごみ）の削減に努めることで、廃棄物に起因する水質汚濁や衛生上の問題は未然に防止することができる。

(3) 事故の防止

すでにザイ給水システムの各施設では写真-19に示すよう、作業中の事故の防止と安全管理対策が徹底されている。これは浄水場、ポンプ場ならびに水質試験室に共通しており、安全対策指導も定期的に講習会形式で実施され、新たな雇用者に対しては研修の一項目として取り入れられている。ゆえに、本事業の実施に当たって新たな安全対策を策定する必要はなく、現状の指導の継続が望まれる。



a) IPS における安全標識



b) IPS における屋外集合地点標識



c) 施設内の避難経路図



d) 化学物質の特性と管理担当者表



e) 二酸化塩素注入施設の安全標識



f) ラボに掲示された MSDS

写真- 19 ザイ上水システムにおける作業安全管理の状況

(出典：JICA 調査団，2019 年 8 月撮影)

2.2.3.2.7 影響評価

現地調査の結果を踏まえ、本事業の環境影響評価を表 2.47 に示す。同表に掲げられた各影響項目は JICA ガイドラインに基づくものであり、評価結果は環境社会影響の回避や緩和策が何ら講じられない場合を想定したものである。

表 2.47 環境影響評価結果

Item	Impact		Assessment based				Results
			Scoping		Survey result		
			Pre- / constructi on Phase	Operation phase	Pre- / constructi on Phase	Operation phase	
Pollution Control	1	Air Quality	B-	D	B-	D	Pre-/Construction phase: Air pollutants (SOx, NOx, etc.) and dust will be generated through the operation of heavy machinery and trucks, but the impact will be limited to the surrounding area.
	2	Water Quality	D	D	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: No specific impacts to natural water quality are anticipated both in construction period and operation period.
	3	Soil Quality	D	D	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: Sediment pollution and adverse impacts on aquatic life could not be caused by the Project.
	4	Sediment	D	D	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: Sediment pollution and adverse impacts on aquatic life could not be caused by the Project.
	5	Noise and Vibration	B-	D	B-	D	Pre-/Construction phase: The operation of heavy machinery and trucks will cause noise and vibration, but it will be limited to the surrounding area.
	6	Odor	D	D	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: No odor is predicted in particular by the Project implementation.
	7	Waste	B-	B-	B-	B-	Pre-/Construction phase and Operation phase: General

Item	Impact		Assessment based				Results
			Scoping		Survey result		
			Pre- / constructi on Phase	Operation phase	Pre- / constructi on Phase	Operation phase	
							(domestic), industrial and hazardous wastes would be generated during the construction work. But all wastes will be treated properly.
	8	Subsidence	D	D	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: There is no possibility of land subsidence due to renovating/updating of the facilities in the Project.
Natural Environment	9	Protected areas	D	D	D	D	There is no specific negative impact expected.
	10	Ecosystem	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: Zai National Park is located near the water treatment plant. However, there is no specific negative impact expected because the Project renovate/update the facilities only in the existing properties.
	11	Hydrosphere	D	D	D	D	Pre-/Construction phase and Operation phase: No major impact to local/regional ecosystem is anticipated due to renovating/updating facilities in the existing properties.
	12	Topography and Geology	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: Renovating/ updating of the facilities will be conducted in the existing properties, and will not involve any changes in topography or geology.
Social Environment	13	Land acquisition	D	D	D	D	Pre-construction/Construction and Operation phase: The final disposal site for sludge generated at the Zai Water Treatment Plant will be secured by the Jordanian Government before the project is implemented. Renovating/updating of the facilities in the Project requires no land acquisition resettlement.
	14	Disturbance to Poor People	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: There is no possibility of adversely affecting people's livelihood. Conversely, positive impacts may be predicted due to stable water supply by the Project implementation.
	15	Disturbance to Ethnic Minority Groups and Indigenous People	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: There is no specific negative impact anticipated.
	16	Deterioration of Local Economy such as Losses of Employment and Livelihood Means	D	D	D	D	Construction and Operation phase: Renovating/updating of the facilities in the project will not affect the local economy.
	17	Land Use and Utilization of Local Resources	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: There is no specific negative impact anticipated.
	18	Disturbance to Water Usage, Water Rights, etc.	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: The Project would not affect existing water usage and water rights because there are no changes to the water intake volume from the water source and water supply plan to the distribution area.
	19	Disturbance to the Existing Social Infrastructure and Services	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No major impact is anticipated.
	20	Social Institutions such as Social Infrastructure and Local Decision-making Institutions	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No specific impacts to the local communities are anticipated both in construction period and operation period.
	21	Misdistribution of Benefits and Losses	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: There is no specific negative impact anticipated misdistribution of benefits/losses.
	22	Local Conflicts of Interest	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: Any local conflicts of interest may not arise due to the implementation of the project.
	23	Cultural Heritage	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: There is no cultural heritages around the Project site according to Department of Land and Survey.
	24	Landscape	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: The project will not affect local landscape because it is implemented in the existing propeties.
	25	Gender	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No specific impacts to gender issues.
	26	Children’s Rights	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No specific impacts on children’s rights
	27	Infectious Diseases	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: The Project does not

Item	Impact		Assessment based				Results
			Scoping		Survey result		
			Pre- / constructi on Phase	Operation phase	Pre- / constructi on Phase	Operation phase	
							need massive influx of construction workers and may not trigger infectious disease epidemics. Conversely, positive impacts for disease prevention may be predicted due to stable water supply by the Project implementation in the future
	28	Work Environment	B-	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No major impact is anticipated.
Other	29	Accidents	B-	B-	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No major impact is anticipated.
	30	Cross-boundary Impact and Climate Change	D	D	D	D	Pre-/Construction and Operation phase: No impact on climate change is predicted although CO ₂ will be produced in the construction work at relatively limited scale.

Note:

A+/-: Significant positive/negative impact is expected,

B+/-: Positive/negative impact is expected to some extent,

C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown (further examination is needed, and the impact may be clarified as the study progresses)

D: No impact is expected.

(出典：JICA 調査団)

2.2.4 代替案の比較検討（事業を実施しない場合）

現地調査の結果に基づき、更新効果、機能不全により給水能力が低下するリスク、コスト削減、エネルギー消費の削減、および経済効率の諸点から優先順位付けを行い、事業コンポーネントを最終決定した¹⁷。

本事業では上記コンポーネントの取捨選択は行うものの、既存施設における設備更新に対する代替案はない。ゆえに事業が実施されない場合（ゼロオプション）の潜在的な環境・社会的影響について表 2.48 に整理する。

表 2.48 事業を実施しない場合の環境・社会への影響

項目	正の影響	負の影響
水の需要と安定した水の供給	事業の非実施によって水の需要と安定した水の供給に対する正の影響は予見されない。	アンマンへの給水量が減少し、また、水質が悪化する可能性がある。これに伴い、水の需要に対する安定的な対応が困難となる。
環境汚染	大気環境への影響やプロジェクトサイト周辺の騒音レベルの増加が懸念されない。	本事業が実施されない場合、負の影響は想定されない。
自然環境	正の影響は予見されない。	本事業が実施されない場合、負の影響は想定されない。
社会環境	正の影響は予見されない。	本事業が実施されない場合、負の影響は想定されない。
その他	正の影響は予見されない。	本事業が実施されない場合、GHG 生成と給水コストは削減されない。

(出典：JICA調査団)

¹⁷ 詳細は第 3 章を参照。

2.2.4.1 環境管理計画およびモニタリング

2.2.4.1.1 環境管理計画 (EMP)

主な環境社会影響、かかる影響への緩和策、責任機関を表 2.49 に示す。

表 2.49 環境管理計画

(1) Pre-/Construction phase

1) Air Quality

Sources of Potential Impact	Standard of Impact	Objectives	Management Effort	Management Institution
- Dust generated from construction activities - Pollutant emissions from heavy machinery and trucks (e.g. Sox, Nox etc.)	National Ambient Air Quality Standards (Jordanian Standard 1140/2006)	- Protection of social and biological environment from adverse impacts of dust and emissions. - Ensuring compliance with emission limit values.	- Water spraying will be applied in work sites for dust suppression. - Speed limits will be applied for vehicles. - Well maintained vehicles will be used.	- Supervision: Miyahuna - Implementation: Contractor

2) Noise and Vibration

Sources of Potential Impact	Standard of Impact	Objectives	Management Effort	Management Institution
- Heavy machinery and trucks - Work personnel transportation vehicles	Noise Level Control Regulation for the year 2003.	- Elimination of anxiety and inconvenience to the local population. - Ensuring occupational health and safety - Protection of environment	- Works undertake during the daytime. - Noise control measures will be implemented. - Health and safety management for workers will be implemented as necessary	- Supervision: Miyahuna - Implementation: Contractor

3) Waste

Sources of Potential Impact	Standard of Impact	Objectives	Management Effort	Management Institution
- Domestic waste - Industrial and hazardous waste	- Regulation concerning Solid Waste Management, No. 27 of 2005 - Regulation of Harmful and Hazardous Waste Management, Transfer and Handling, No. 54 of 2002 and No.47 of 2008	Protection of environment from adverse impacts of solid and hazardous waste	- Different types of waste (e.g. hazardous waste, domestic waste) will be collected and disposed of separately - Efforts will be kept to contract with waste disposers licensed by MOE to collect and treat household wastes	- Supervision: Miyahuna - Implementation: Contractor

(2) Operation phase

1) Waste

Sources of Potential Impact	Standard of Impact	Objectives	Management Effort	Management Institution
- Domestic waste - Industrial and hazardous waste	- Regulation concerning Solid Waste Management, No. 27 of 2005 - Regulation of Harmful and Hazardous Waste Management, Transfer and Handling, No. 54 of 2002 and No.47 of 2008	Protection of environment from adverse impacts of solid and hazardous waste	- Different types of waste (e.g. hazardous waste, domestic waste) will be collected and disposed of separately - Efforts will be kept to contract with waste disposers licensed by MOE to collect and treat household wastes	- Supervision: Miyahuna - Implementation: Contractor

(出典：JICA 調査団)

2.2.4.1.2 環境モニタリング計画 (EMoP)

モニタリングが必要とされる主な環境影響と指標、方法、実施主体、責任機関と建設工事期間中・操業期間中の各々のモニタリングに係る諸費用を表 2.50に示す。なお、本事業の実施による自然環境および社会環境への影響は軽微であることが予想され、施工業者による緩和策によって影響を最小化できると判断されるため、モニタリング費用は原則的に建設費用に含むこととする。

表 2.50 環境モニタリング計画

(1) Pre-/Construction phase

Impact to be Monitored		Air Quality	Noise and Vibration
Monitored Parameter		(1) PM10/2.5, (2) SO ₂ , (3) NO ₂	Noise level
Monitoring Method	Method of Collecting and Analyzing Data	(1) Gravimetric method (2) UV-Flourescence method (3) Colorimetric method	On site by Sound-level meter (on-site measurement)
	Location	Deir Allah IPS, 4 Pump Stations and the Zai WTP (total 6 sites)	
	Duration and Frequency	Upon complaint	
Implementing Organization		Contractor	
Responsible Organization		Miyahuna	
Approx. Cost (included in the construction fee)		USD1,200/time (USD200×6 sites)	USD1,200/time (USD200×6 sites)

Impact to be Monitored		Waste	Odor
Monitored Parameter		Discharge amount	Offensive odor
Monitoring Method	Method of Collecting and Analyzing Data	(1) Recording of discharge amount (2) Visual investigation	On-site confirmation
	Location	Deir Allah IPS, 4 Pump Stations and the Zai WTP (total 6 sites)	
	Duration and Frequency	Monthly	

Implementing Organization	Contractor
Responsible Organization	Miyahuna
Approx. Cost (included in the construction fee)	USD600/time (USD100×6 sites, waste and odor package deal)

Impact to be Monitored		Machinery Maintenance	Work Environment
Monitored Parameter		Content of maintenance	Workers' health and safety
Monitoring Method	Method of Collecting and Analyzing Data	Recording of the maintenance	Observation and inspection
	Location	Contractor's office	All work places
	Duration and Frequency	Continuous records (Monthly/Daily)	
Implementing Organization		Contractor	
Responsible Organization		Miyahuna	
Approx. Cost (included in the construction fee)		(Expenses included in contact cost by Contractor.)	

Impact to be Monitored		Traffic Volume	Accidents
Monitored Parameter		Vehicles and others used for the transportation and construction work	(1) Number of traffic accidents (2) Number of accidents (human and fire cases)
Monitoring Method	Method of Collecting and Analyzing Data	Record of numbers of cars being used	Record of accidents
	Location	Principal roads around Project site	Contractor's office
	Duration and Frequency	Continuous records (Monthly/Daily)	
Implementing Organization		Contractor	
Responsible Organization		Miyahuna	
Approx. Cost (included in the construction fee)		(Expenses included in contact cost by Contractor.)	

(2) Operation phase

Impact to be Monitored		Waste
Monitored Parameter		(1) Sludge generation amount, (2) Sludge collection amount
Monitoring Method	Method of Collecting and Analyzing Data	(1) Recording of sludge generation amount from the Zai WTP (2) Recording of sludge collection amount by the licensed waste disposers
	Location	The Zai WTP
	Duration and Frequency	Continuous records (Monthly/Daily)
Implementing Organization		Miyahuna
Responsible Organization		Miyahuna
Approx. Cost		(Expenses is included in the cost of personnel in charge of Miyahuna.)

(出典：JICA 調査団)

2.2.4.2 モニタリングフォーム案および環境チェックリスト

2.2.4.2.1 モニタリングフォーム案

添付資料 14 にモニタリングフォーム案を示す。

2.2.4.2.2 環境チェックリスト

添付資料 15 に環境チェックリストを示す。

2.2.5 現在のアンマン県の水需要量の把握と今後 10 年の水需要予測

(1) 現在のアンマン県の水需要量について

2018 年アンマン県の年間給水量は 198.21 百万 m³ (Million Cubic Metre、以下 MCM という)である。

水需要量の算出については、Water Reallocation Policy 2016 における将来の水需要の前提 (Future Water Needs Assumptions) に規定された数値を表 2.51 に、都市部・地方部の人口を表 2.52 に示す。

表 2.51 アンマン県水需要の前提条件 (2018 年)

項目	アンマン都市部	アンマン地方部
生活用水量 (Lpcd)	120	80
業務・営業・工場等用水量 (Lpcd)	生活用水量の 13.8%	生活用水量の 13.8%
日平均水量 (Lpcd)	137	91
漏水率 (%、2018 年) 注	19.1	19.1
一人当たり一日平均計画給水量 (Lpcd)	169	112

注) 2018 年 NRW 実測値 (Miyahuna) 38.1%の 50%の値

(出典: WAJ 提供資料をもとに調査団作表)

表 2.52 アンマン県都市・地方人口 (2018 年)

地域	アンマン都市部	アンマン地方部
2018 年アンマン県人口 (人)	4,213,100	114,700

(出典: DOS 提供資料をもとに調査団作表)

2018 年のアンマン県の水需要量について、アンマン県の人口及びヨルダンが規定した水需要量算出のための数値より計算すると、264.57MCM であった。

$$(4,213,100 \times 169 + 114,700 \times 112) \times 365 / 1,000 / 1,000 = 264.57 \text{MCM}$$

このようにヨルダンでは、水需要量は水源水量 (各県に分配される給水量) を常に上回っており、需要量を満たすことができていない。従ってヨルダンでの水需要量は、限定された水源水量を各県へ公平に配分するための目安量に過ぎないのが現状である。

(2) 今後 10 年の水需要予測について

今後 10 年の水需要予測ということで、2030 年の水需要予測を行った。2030 年の予測人口は 5,450,078 人で、2018 年の人口比から 2030 年のアンマン都市部と地方部の人口を決定したものを表 2.53 に示す。

表 2.53 アンマン県都市・地方人口 (2030 年)

地域	アンマン都市部	アンマン地方部
2030 年アンマン県人口 (人)	5,305,634	144,444

(出典：DOS 提供資料をもとに調査団作表)

Water Reallocation Policy 2016 における将来の水需要の前提 (Future Water Needs Assumptions) に規定された 2030 年の数値は表 2.54 に示す。

表 2.54 アンマン県水需要の前提条件 (2030 年)

項目	アンマン都市部	アンマン地方部
生活用水量 (Lpcd)	120	80
業務・営業・工場等用水量 (Lpcd)	生活用水量の 13.8%	生活用水量の 13.8%
日平均水量 (Lpcd)	137	91
漏水率 (%、2030 年予測値)	13.1	13.1
一人当たり一日平均計画給水量 (Lpcd)	155	103

(出典：WAJ 提供資料をもとに調査団作表)

2030 年のアンマン県の水需要量について、アンマン県の人口及びヨルダンが規定した水需要量算出のための数値より計算すると、305.59MCM であった。

$$(5,305,634 \times 155 + 144,444 \times 103) \times 365 / 1,000 / 1,000,000 = 305.59 \text{MCM}$$

ザイ給水システムだけではこの需要量全てを満たすことはできない。しかし現在、ザイ給水システムはアンマンが必要とする水量のうち 111.4MCM に関与しており、劣化した現状の各種機材を更新し、給水量の低下を未然に防止することは非常に重要である。

2.3 当該国における無償資金協力事業実施上の留意点

ヨルダンにおける無償資金協力事業実施上の留意点については以下の通りである。

(1) 環境社会配慮

2019 年 7 月 15 日付の Minutes of Discussion に記載の通り、浄水場にて発生した汚泥はヨルダン側によって 10 月末までに処理計画が作成され、これに基づいて 2020 年 3 月までに処理の実施が開始される。なお、環境省は 2019 年 7 月 30 日付で当該汚泥の適正処理を促進する旨のレターを発出した。2020 年 3 月 Miyahuna から JICA 事務所に届いたレターによれば、

1. Miyahuna は 2020 年 7 月初旬までに乾燥汚泥の処理を始めるよう、環境省のライセンスを持つ処理業者と解決法を探っている

2. また Miyahuna は 2020 年夏までに汚泥の産業用・農業用の利用を行うことについても別の部門と協議しているとのことである。

(2) 免税およびその他の費用に対する免除の手続きに関する相手国の負担事項

無償プロジェクトを実施する上で、免税あるいは免除の対象となる税金、その他費用には下記のもの該当する。免税、免除を受けるには、Cabinet Letter に対象となる税金あるいはその他費用の名称を具体的に書くことが必要だが、本請負業者から提出される Cabinet Letter の発行依頼レターが施主から内閣府に送られる過程で、一部項目が削除されることが多い。

- ① 法人税
- ② 所得税
- ③ 社会保険料
- ④ 売上税 (VAT)
- ⑤ 関税及び通関の諸費用 (売上税、スタンプ費、サービス費、基準・度量衡費、免税手続き費)
- ⑥ その他費用 (労働許可証取得費、滞在許可証取得費、MPWH に支払う銀行補償費)

上記項目の内、過去のプロジェクトでいつも問題となるのは限られており、⑥その他の費用が該当する。従って WAJ には、本邦請負業者が提出する Cabinet Letter 発行依頼レターの内容をできるだけ尊重し、内閣府への Cabinet Letter 発行依頼レターを作成することが求められる。

2.4 その他 (グローバルイシュー等)

(1) 気候変動適応

JICA 気候変動対策支援ツール／適応策 (2011 年 6 月) によって脆弱性の評価を行った (表 2.55)。その結果、本事業は気候変動対策 (適応) に資する案件と判断された。

表 2.55 気候変動に対する脆弱性の評価と本事業の実施による効果

評価項目	脆弱性	本事業の実施による効果
将来の気候変動に対する感受性	中	アンマンでは過去 50 年に年間平均気温が約 1.5℃上昇し、降水量は約 50mm 減少している。水不足は深刻な状況であるが、事業の実施によって給水の安定性が向上する。
水道事業体の運営状況	中	Miyahuna の営業収支は運転経費の増加に起因して赤字であるが、政府の補助金によって補填されている。本事業の実施によって給水にかかる電力量が削減され、必要経費の軽減が見込まれる。
代替水源の利用可能性および水質の状況	高	ザイ給水システムはアンマン県の主要な給水源の一つであり、これを代替できる水源を確保することは現実的に極めて困難と言える。ゆえに、本事業の実施によって給水量および水質の低下を未然に防ぐことが非常に重要となる。
節水意識	低	国連「世界水の日」(World Water Day) に UNICEF が節水意識の啓発を促すプロモーションをアンマンで実施している。また、ヨルダン水灌漑省は昨年 2 月に節水ゲームのスマートフォン向けアプリを公開していることから、今後も節水意識の向上

		が期待できる。
対象居住区の社会経済状況	低	対象地域のアンマンにおける住民所得は、ヨルダン国内において平均所得よりも相対的に高い。本事業の実施によって継続的な水の公平分配が期待される。
上水道の気候変動影響対策予算	高	2019 年 8 月現在で、ヨルダン国内における緑の気候基金（GCF）によるプロジェクトは 3 案件あり、総予算は 7.4 億 US ドルである。しかし、上水道に限定される気候変動対策予算は確認されていない。

（出典：調査団作表）

（2）温室効果ガス（GHG）排出削減効果の検討

NEPCO による年次報告 2017（Annual Report 2017）より発電方式別の発電量を抽出し、国連気候変動に関する政府間パネル 2006 年ガイドライン第 2 巻エネルギー（IPCC 2006 Guideline: Volume 2 Energy）から必要な数値データを参照し、JICA による定量化手法シートを活用して電力 CO₂ 排出係数（CEF）を計算した（0.5771 t-CO₂/MWh）。これに、本事業の実施によって減じられる各 PS の年間 CO₂ 排出量を乗じた結果、合計で 7.06 Mt-CO₂ の削減効果が期待でき、本事業の完工 3 年後には 2019 年の実績値である 191.97 Mt-CO₂/年から 185 Mt-CO₂/年以下に減少することが示された。なお、添付資料 16 に試算詳細を示す。

（3）持続可能な開発のための 2030 アジェンダ（SDGs）への貢献

2015 年第 70 回国連総会において「我々の世界を変革する：持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」が採択された。これは 17 の目標と 169 のターゲットからなる持続可能な開発目標（SDGs）である。

本プロジェクトは SDGs の目標 6 「安全な水とトイレを世界中に」、目標 11 「包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する」に貢献する。貢献内容を以下に示す。

1) 目標 6 ターゲット 6.1

「2030 年までにすべての人々の、安全で安価な飲料水の普遍的かつ平等なアクセスを達成する。」では、本プロジェクトの実施により給水システムが改善されるため、安全な水を供給する能力が強化される。

2) 目標 6 ターゲット 6.4

「2030 年までに全セクターにおいて水の利用効率を大幅に改善し、淡水の持続可能な採取及び供給を確保し水不足に対処するとともに、水不足に悩む人々の数を大幅に減少させる。」では、本プロジェクトの実施により給水システムが改善されるため、淡水の持続可能な供給の確保が強化され水不足に悩む人々の数を減少させる。

3) 目標 11 ターゲット 11.1

「2030 年までに、全ての人々の、適切、安全かつ安価な住宅及び基本的サービスへのアクセスを確保し、スラムを改善する。」では、本プロジェクトの実施により給水システムが改善されるた

め、基本的サービスへのアクセスが強化される。

第3章 プロジェクトの内容

3.1 プロジェクトの概要

3.1.1 上位目標とプロジェクト目標

ヨルダンはい包括的な国家戦略である「ヨルダン 2025 年国家ビジョンと戦略」を策定し、ヨルダン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一人当たり水量の不足、水セクターの財務効率の改善、水セクターの構造改革、送配水ネットワークの再構築等が挙げられている。

また国家水戦略（2016 年～2025 年）では以下の 5 分野を重要な戦略分野としている。

- ①総合的な水源計画
- ②上下水道サービス
- ③灌漑、エネルギー等にむけた水利用
- ④組織改革
- ⑤セクター情報のマネジメントおよびモニタリング

以上の上位計画に基づき、本プロジェクトは、ヨルダンアンマン県においてザイ給水システムの設備・機材の更新をすることにより、給水量及び水質の低下を防ぎ、加えて、機材の運転効率の改善や運転費用の削減に貢献するものである。

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

現在のザイ給水システムが建設されてから 30 年以上が経過し、施設や機材、特にポンプの劣化が著しい状況にあり、システムを停止させないためにも早急な対策が必要である。またザイ給水システムは、高低差約 1,260m を揚水するため大量の電力を必要とし、Miyahuna の営業支出に占める電力費の割合は約 33%と非常に高い値を示している。したがって、ポンプ等の老朽設備・機材の更新による運転効率の改善や運転費用の削減、エネルギー効率化が必須である。本計画では、予算の制約上、重要度等を考慮して、優先順にコンポーネントを実施する方針とする。スペックは各機材ごとにスペックグレードは異なるが、基本は最低限既存の物と同グレードとし、扱う原水の性状により、それに応じたスペックのアップグレードを行う。

1) ザイ給水システムの更新／改修ニーズの把握・分析（機材・施設）

現地調査の結果、更新を実施することにより、ザイ給水システムの改善効果がある機材・施設について、以下表 3.1 に示す。

表 3.1 ザイ給水システムの更新／改修ニーズの把握と分析（機材・施設）

	機材・施設名	必要な更新
取水施設	取水ポンプ場	取水ポンプ3台の更新
		モータ3台の更新
		トラベリングスクリーン4台の更新
		吐出ヘッダー管エンドパイプ鏡板更新
導水施設	導水ポンプ場	導水ポンプ12台の更新
		モータ9台の更新
		吐出ヘッダー管エンドパイプ鏡板更新
	沈砂池	現在の2池を取り壊し新たに同じ場所に2池増設、または取水ポンプ直前の地点に土地を確保し、2池増設 沈砂池—PS1吸込水槽間の配管追加
浄水施設 (浄水場)	沈殿池排泥設備（1985年）	予備ポンプ4台更新
	空気洗浄用ブロワ	空洗ブロワ2基（1基予備）更新
	急速ろ過設備（1985年）	バルブ予備12台及びろ材更新
	洗浄排水移送ポンプ	洗浄排水ポンプ2台（1台予備）更新
	逆洗用水槽	鉄筋コンクリート製水槽1基更新
	天日乾燥床	濃縮槽+天日乾燥床を増設、または濃縮槽+加圧脱水機を増設
	電気設備	プログラマブルコントローラ（PLC）システム全体更新 テレメーター設備を無線通信網を利用したシステムへ更新
	水質検査機材	要請機材供与
配水施設	配水ポンプ場	送水ポンプ3台の更新
		モータ3台の更新
		電動ボール弁3台、チェック弁4台の更新
		吐出ヘッダー管エンドパイプ鏡板更新
薬注施設	二酸化塩素発生設備	二酸化塩素発生設備3台の更新
	亜塩素酸ソーダ溶解装置	液体亜塩素酸ナトリウムを使用した貯留槽、コンテナ架台、配管等の更新
	粉末活性炭注入設備	粉末活性炭注入設備3台更新・建屋新設
	塩素注入設備（1985年）	塩素注入機3台（1台予備）及び気化器1台更新
	塩素注入設備（1999年）	塩素ガスヘッダー管及び気化器2台更新
	硫酸第二鉄注入設備	ポンプ2台更新
	過マンガン酸カリウム設備	注入ポンプ2台（1台予備）、溶解槽3槽更新
	硫酸第一鉄注入設備	注入ポンプ1台更新

（出典：現地調査をもとに調査団作表）

2) ザイ給水システムの現状の把握・分析と優先順位の確認

現在のザイ給水システムで生じている老朽化等による影響（故障、補修のための運転停止、維持管理の負担、故障のリスク等）を現地調査で把握・分析し、コンポーネントの優先順位を決定した。

分析に当たっては、以下の観点から分析を行い、まとめとして更新効果（機器・施設を新しいものに改めることで、得られる効果）を記述、更新優先順位を決定した。

1. 機能不全による給水能力低下の防止
2. コスト（更新による維持管理費）削減
3. エネルギー消費量削減効果

優先順位決定にあたっては、給水が機能不全に陥らず継続されることが最優先であるとの観点から、「1. 機能不全による給水能力低下」を10段階評価として重みづけして点数付けを行い、「2.

コスト(更新による維持管理費)削減」「3. エネルギー消費量削減効果」については5段階評価で点数付けし、1～3の合計値をもって優先順位を決定した。

優先順位第一位は取水・導水・送水ポンプ、モーター、バルブ更新、第二位はトラベリングスクリーン更新、第三位は吐出ヘッダー管エンドパイプ鏡板更新であった。

優先順位決定にあたっては、Miyahuna にヨルダン側の優先順位も確認した。ヨルダン側の優先順位は、日本側で14位と順位付けしたテレメーター設備更新が10位であった以外は、日本側で順位付けした順位と変わらなかった。ヨルダン側の優先順位についても、優先順位表に記載している。

優先順位表を表3.2に示す。

表 3.2 優先順位表

優先順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ヨルダン側優先順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12
コンポーネント名	取水・導水・送水ポンプ、モーター、バルブ更新	トラベリングスクリーン更新	吐出ヘッダー管エンドパイプ鏡板更新	二酸化塩素発生設備更新	塩素系硫酸ソーダ溶解装置更新	粉末活性炭注入設備更新・建屋新設	塩素注入設備(1985年)更新	塩素注入設備(1999年)更新	硫酸第二鉄注入設備更新	プログラマブルコントローラー(PLC)更新※データローガ含む	沈砂池増設
現状	本給水システムでは取水・導水・送水合計24台のポンプが稼働しており、ポンプ24台の内6台はヨルダン側で交換しているが、残り18台は老朽化が進んでいる。モータ24台の内8台はヨルダン側で交換しているが、残り16台は老朽化したものを使用している。原水に塩化物イオンが含まれている他、取水ポンプ以降で二酸化塩素、過マンガン酸カリウムを投入するため、ポンプに使用する金属について対策が必要である。電動ボール弁3台、チェック弁4台が腐食している。	現在トラベリングスクリーンは4台あるが、1台は故障で運転不可能となっており、残り3台も老朽化し故障が頻発している。	PSI-5の5機庫の内、3機庫で過去3度、吐出ヘッダー管のエンドパイプの鏡板が水圧で外れる事故があった。現在吐出ヘッダー管のエンドパイプの鏡板はヨルダン側で補修されている。	選別対策のため、1999年の増設時に追加された設備である。老朽化しており、部品の欠損や自動調節弁の故障により手動調節にて注入している。3台中1台は故障し運転不可能で、水質悪化(高濃度)時は2台連続で対応し、予備機がない。原水の悪化により、注入量が最大注入量に達している。	1999年二酸化塩素発生装置の原料供給装置として設けられた。老朽化している。現在80%濃度の粉末塩素系硫酸ソーダを水に溶解し25%溶液として使用しているが、粉末は還元剤や有で、水質悪化(高濃度)時は2台連続で対応し、予備機がない。原水の悪化により、注入量が最大注入量に達している。	稼働中の設備は1998年に設置された。老朽化している。現在2か所の注入点に老朽化1台、計2台の装置が運転されており予備がない。原水水質の悪化に伴い、注入率は現行装置の上機庫に達している。建屋から約30m離れた原水調整池入口口水と共に搬送され注入しているが、注入配管を詰まらせてしまうため、配管を2〜3週間で交換することを余儀なくされている。	既設は1985年に設置され、34年経過しており、設備の老朽化が目立つ。現在、塩素注入機2台は壊れ、予備機1台のみで運転している。2000年に設置された気化器1台が故障しており、最近更新された気化器2台が稼働している。	1999年より20年稼働しており、老朽化が見られ、2系統ある塩素ガスヘッダー管が1系統壊れ使用されていない。2000年に設置された気化器2台が故障している。	1985年設置の設備は、一階用1組が硫酸第一鉄注入設備(計量溶解装置・ポンプ1台)として汎用され、1組が硫酸第二鉄注入設備(計量溶解装置・ポンプ2台)として使用されている。予備機がなくなくなったため2000年に1組の硫酸第一鉄注入設備(計量溶解装置・ポンプ2台)が増設され稼働中である。硫酸第二鉄は、常時注入するのでポンプの稼働率は高く、更新周期が短い。(1台/1〜2年)	PLCは部分更新ができないため、システム全体を更新する必要がある。ソフトも古いので一新する。機械の自動運転、遠隔操作はザイ給水システムにとって重要で、更新効果は高い。	現在の沈砂池はもとも4池あり3池が鉄筋コンクリート構造体の状態に悪く現在使用中止しており、2池のみ稼働している。現在の2池で、年間1,760m ³ の砂・シルトを除去しており、砂・シルト除去効果は発揮している。
更新効果	送水ポンプ3台については既存スペックと同等のポンプに更新。取水ポンプ3台はインペラのみステンレス鋼製(SCS13) (塩化物イオン対応)にて更新。導水ポンプ12台は全て2軸ステンレスにて更新する。モータは15台を電動ボール弁3台、チェック弁4台は全て現状スペックのものに更新する。処理には必須の設備であり、更新効果は高い。	老朽化している4台をフレームの耐食性を考慮したものに更新する。取水ポンプの前段でゴミを取り除くこと(SSS13) (塩化物イオン対応)にて更新。導水ポンプ、導水ポンプの運用、品質にとって極めて重要であり、更新効果は高い。	現在の補修は、水圧に対し不十分可能性があると思われるので、現在の鏡板を更新する。鏡板を更新する事により、導水・送水ポンプの運用、品質にとって極めて重要であり、更新効果は高い。	老朽化している3台全てを更新する。予備機も注入量が最大域に達しており、これ以上原水が悪化した時に対応ができなくなるため、注入量に余裕のある容量のものに更新する。処理には必須の設備である。更新効果は高い。	31.5%濃度の液体塩素系硫酸ナトリウムを使用する。既設計量溶解装置は撤去し新たに貯留槽、コンテナ架台、配管等の更新となる。更新効果は高い。	老朽化した2台と新たに予備1台を既存と同等以上の装置に更新する。調整池入口付近に建屋を新設、設備を設置し配管の詰まりが起らない物で注入する。更新により確実な注入ができ、更新効果は高い。	塩素注入機3台(1台予備)及び気化器1台を既存仕様と同等の装置に更新する。浄水場での設備はザイ給水システムにとって重要で、更新効果は高い。	塩素ガスヘッダー管及び気化器2台を既存仕様と同等の装置に更新し、スパートを始める。浄水場での設備はザイ給水システムにとって重要で、更新効果は高い。	各注入点用にポンプ各1台計2台を更新する。計量溶解装置は保守点検を行い問題なく使用されている。浄水場での設備はザイ給水システムにとって重要で、更新効果は高い。	PLCは部分更新ができないため、システム全体を更新する必要がある。ソフトも古いので一新する。機械の自動運転、遠隔操作はザイ給水システムにとって重要で、更新効果は高い。	現在の2池を取り壊し新たに同じ場所にて2池増設するケースと、土地を確保し、2池増設するケースが考えられる。サイズはW22mm・59mm・H5m(2池分)である。増設によって更新するシルト除去効果は見込めない。砂・シルト除去効果は本給水システムの命題であり、更新効果は中程度。
評価合計	20	20	12	11	11	10	10	9	9	9	8
機能不全による給水能力低下に対するリスク	現在全ポンプ場で予備機が無く、1台のポンプが停止すると全送水システムの送水量が3/4に低下するため、全ポンプが運転可能状態であるが必須である。モータについても老朽化に伴う巻線の熱損事故等による停止が防げる。機能不全による給水能力低下に対するリスクは高い。弁はポンプの起動停止時に開閉される重要な弁であるが、腐食により弁の開閉がスムーズに行えず、また止水性能も低下し、弁としての機能を果たしておらず、更新の必要がある。20年以上前に設置されたポンプ、モータを含め、既に更新時期が過ぎている。	トラベリングスクリーンが機能不全になると、取水ポンプにダメージを与え、導水ポンプの内部にゴミが詰まり導水不能に陥る他、導水ポンプの分解修理に時間がかかり、長期間取水システムが停止する。機能不全による給水能力低下に対するリスクは高い。4台中2台は設置後34年以上経過しており、既に更新時期を過ぎている。	吐出ヘッダー管の鏡板が水圧で外れると導水・送水システムが停止するため、吐出ヘッダー管の信頼性向上は重要課題である。現在のエンドキャップの修理は応急処置であるため早急に更新すべきである。予備機もなく、すくでも更新する必要がある。	原水中の線虫及びクリプトスポリジウムの不活化、藻類、有機物、臭気、原因物質等の低減等ができなくなる。機能不全による給水能力低下に対するリスクは高い。数年以内には更新が必要である。二酸化塩素発生装置と同時に更新することが望まれる。	二酸化塩素の発生ができなくなる。機能不全による給水能力低下に対するリスクは高い。数年以内には更新が必要である。二酸化塩素発生装置と同時に更新することが望まれる。	原水中のトリハロメタン前駆物質、アミンモニア性窒素、臭気、臭気物質の吸着・除去を行うことができなくなる。代用設備がないので浄水処理を停止しなければならなくなる。機能不全による給水能力低下に対するリスクは高い。老朽化しており予備機もなく、すくでも更新する必要がある。	殺菌設備として塩素が注入されている。機能不全により運転を停止せざるを得ない場合、給水能力低下のリスクは高い。老朽化しており予備機もなく、すくでも更新する必要がある。	殺菌設備として塩素が注入されている。機能不全により運転を停止せざるを得ない場合、給水能力低下のリスクは高い。老朽化しており予備機もなく、すくでも更新する必要がある。	凝集剤として注入されているので、機能不全による給水能力低下に対するリスクは高い。予備機がないのですくでも更新する必要がある。	機械の自動運転、遠隔運転ができなくなる。中央統合監視盤の操作、監視機能は停止する。給水能力低下のリスクは高い。数年以内に更新が必要になる。	現在の沈砂池が完全に機能不全になった場合、砂・シルト分の高い原水を浄水場で処理する日が増える。但し、現在の2池は問題なく稼働しており、鉄筋コンクリート構造の2池は十分な効果はないため、給水能力低下のリスクは中程度。
コスト(更新による維持管理費削減)	老朽化したポンプ・モータを新規更新する事により、年間約5億円の電力費の削減が見込まれる。前導機、新導機を考慮した材質のポンプにする事で耐久性がアップし、維持管理の費用が大幅に低減できる。	現状と同等のスクリーンとするため、コスト削減効果はないが、ポンプ故障を防止する効果が見込まれる。	現在吐出ヘッダー管のエンドパイプ鏡板はヨルダン側で補修されているが、更新を施す事により外れたときに生じる維持管理が不要になる。	原水濃度及び浄水場での残留二酸化塩素濃度による注入率調整により、適切な注入率が設定でき、維持費の削減が見込まれる。	粉末の塩素系硫酸ナトリウム(有効80%)の場合、コスト削減効果はない。液体の塩素系硫酸ナトリウム(有効31.5%)に2変換することにより薬品費用が2割増えが増えるが、液体使用により安全性が上がり輸送及び取扱いが容易となり、人件費コストの削減が見込まれる。	現在、水質試験結果から注入量の手動設定を行っている。注入点近傍に設置すれば配管の閉塞を防ぐことができ、運転管理が容易になる。維持管理費削減は中程度である。	維持管理費の経費削減は見込めるが、コストの削減効果は低い。	更新による維持管理費削減効果は低い。	更新による維持管理費削減効果は低い。	現在PLC故障によりマニュアル運転を行っている施設について、機械の自動運転化に伴う人件費の削減が見込める。	増設に伴い、人件費や溜まった汚泥処理に関する維持管理費が増大する。
評価	5	5	2	2	2	2	2	1	1	2	1
エネルギー消費量削減効果	老朽化したポンプ・モータを新規更新する事により、年間約5億円に相当するエネルギー消費削減効果が見込まれる。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はないが、全体システムに及ぼす影響を勘案する。	補強することによるエネルギーの削減効果はない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	自動運転化に伴う電力使用に相当するエネルギー消費量が増加する。	電力を使うものではないので該当しない。
評価	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ソフトコンポーネント	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
他ドナーとの連携の可能性	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
グループニング	ザイ給水システムの継続的かつ安定した供給、電力消費量・エネルギー消費削減効果のため、最優先で実施が必要					重要水質の安定化のために緊急性も高く、優先順位2番目(予算がゆるせば、ここまで実施)					ザイ給水システムの継続的かつ安定した供給、重要水質の安定化のため、優先順位3番目

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
13	14	10	15	16	17	18	19	20	21	22	23
通マングラン酸カリウム設備更新	濃縮槽増設・天日乾燥床 濃縮槽増設・加圧脱水機	チレメーター設備更新	沈殿池排泥設備(1985年)更新	空気洗浄用プロフ更新	急速ろ過設備(1985年)更新	硫酸第一鉄注入設備更新	逆洗用水槽更新	水質検査機材更新	急速ろ過設備(1999年)更新	洗浄排水移送ポンプ更新	沈砂池—PS1吸込水槽間の配管追加
1999年に二酸化塩素発生設備とともに設置された、トリハロメタンの生成を抑制し、臭気味の低減機能を持ち、二酸化塩素による過大な亜塩素酸の生成を抑えるため、二酸化塩素注入を補完する設備である。20年を経過し設備は老朽化している。使用するのは冬季4～5回である。	現在天日乾燥床(ラグーン)は12床あり、冬季は汚泥の乾燥が不十分のため、夏期しか使用されていない。天日乾燥床数が足りないことから、汚泥を含んだ水は場外に排出されている。環境に優しい給水システムを構築する観点から、汚泥を場内で処理することが望まれる。	ザイ浄水場の統合監視操作盤と、各ポンプ場の監視操作盤の遠隔監視操作を司るチレメーター設備が、両側に構築に停止している。現在はチレメーター設備として埋設ケーブルを使用している。遠隔監視操作ができなくなることによる、運転管理への影響が大きい。改善を必要としている。現在停止した理由は係員が携帯電話でやりとりしている。	1985年設置、34年経過の移動式吸泥ポンプは、減速機部の分解点検、必要部品の交換を現地で行なっている。付随する吸泥ポンプはケーシング内部を含め劣化が激しい。排泥操作がうまく行けないと沈殿池の運用に支障がある。設備は老朽化しているが、現状問題なく運転されている。	1985年設置で34年経過しているが、装置は点検され稼働している。機械的には更新時期である。	1985年設置で34年経過しており、多量のバルブのゴム製シートが劣化し漏水がある。空気は部分的にされていない流があり、ろ材の点検は1回/8年行われているが、集水装置の点検がこれまで行われていないので点検が必要がある。PLOが壊れ、洗浄が自動で行われていない。	1985年設置の硫酸第二鉄注入設備を転用し、硫酸第一鉄の注入設備として使っている。原水水質悪化時に二酸化塩素注入率の増加に伴い発生する亜塩素酸を還元し、塩化物として無害化し低減させる設備。長期保管すると酸化され硫酸第二鉄となるため、使用期間は限定される。計量溶解装置は長守点検を行って問題なく使用されているが、予備品がない。注入ポンプも老朽化している。	1985年設置の鋼製の水槽で、34年経過しているが、きちんと点検され稼働している。年代的には更新時期である。	ザイ給水システムに含まれる浄水プロセスろ材、化学ろ材および微生物ろ材がある。洗浄は概ね良好に行われ、ろ材の点検は1回/年行われている。集水装置点検がこれまで行われていないので点検の必要がある。	1999年設置で20年経過しており、バルブのゴム製シートが劣化し漏水がある。洗浄は概ね良好に行われ、ろ材の点検は1回/年行われている。集水装置点検がこれまで行われていないので点検の必要がある。	全ての洗浄排水は、1999年に築造した共用の排水回収池に流入し、濃質汚濁を沈降分離した後、本ポンプで流入池の沈砂池に返送されている。1985年設置2台と1999年設置2台(1台予備)があるが1985年設置2台は稼働していない。	現在取水ポンプからPS1への送水で沈砂池を経由すると定流量(175.2m ³ /min)が流れる。沈砂池の夏季使用ができない。但し沈砂池が2池しかない現状では、夏季は2池とも汚泥の乾燥、搬出期間に充てる必要があるため、配管を追加して夏季沈砂池を有効に動かせることはできない。
注入ポンプ2台(1台予備)、溶解槽と濃縮槽・加圧脱水機を増設する案がある。前者は天日乾燥床を現在生成する二酸化塩素注入設備を補完するもので二酸化塩素の過剰注入を抑える役目を持ち、副生成物の処理を抑えて臭気味の低減、有機物の酸化を行う役割は大きく、安定した処理を行う意味で更新効果は高い。	濃縮槽・天日乾燥床を増設する案と、濃縮槽・加圧脱水機を増設する案がある。前者は天日乾燥床を現在設置されているサイズで約130床増設する。この場合浄水場の土地とし、場外の土地を購入することが必要となる。後者は場内に加圧脱水機を設置する。更新効果は中程度。	無線通信網を利用したシステムへ更新する。遠隔制御、遠隔監視はシステムにとって重要で、更新効果は高い。	予備ポンプを4台既存スベックと同等のポンプに更新する。設備は10台のポンプで構成されており、予備ポンプの更新のみ行う。更新効果は中程度。	空洗プロフ2基(1基予備)を、既存スベックと同等の装置に更新する。設備は老朽化しているが、現状予備機を含め問題なく運転されている。更新効果は中程度。	バルブ予備12台及びろ材を、既存スベックと同等のものに更新する。集水装置の点検を1池毎毎次行い、その時にろ材の更新が必要となる。現状ろ過水質に異常はなく運用されているので、更新効果は中程度。	注入ポンプを既存スベックと同等の装置に更新し、スベアバルブを納める。更新効果は中程度。	鉄筋コンクリート製の水槽を1基更新する。更新効果は中程度。	要請機材は定量機器と汎用機器である。前者がスクロマ・グロファマー1台で、更新によってトリハロメタンの監視能力が強化される。後者純水製造装置(1台、更新)、精密化学天秤(1台、新規導入)、冷蔵庫(1台、更新)、自動酸素装置(1台、新規導入)、真空ポンプ(2台、更新)、デジタル温度計(4台、更新)、更新/新規導入することによって分析精度の向上が期待できる。更新効果中程度。	バルブ予備12台及びろ材を既存スベックと同等のものに更新する。集水装置の点検を1池毎毎次行い、その時にろ材の更新が必要となる。現状ろ過水質に異常はなく運用されているので、更新効果は中程度。	1985年設置の洗浄排水ポンプ2台(1台予備)を既存スベックと同等のポンプに更新する。1999年輸入のポンプはグラント部からの漏水はあるが予備機とも運転されており、更新効果は中程度。	沈砂池—PS1吸込水槽間の配管を追加する。更新効果は低い。
7	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	3
二酸化塩素注入は副生成物の亜塩素酸(基準:0.7mg/L)を生じさせるので多量の注入に制限がある。これを、補完する通マングラン酸カリウム設備の機能不全は、冬期の水質悪化時に問題となり、給水能力低下のリスクは高い。数年以内に更新が必要になる。	汚泥を含んだ水について、処理を行わず場外に排出して環境的には問題はないことから、給水能力低下に対するリスクは低い。	通隔制御、遠隔監視が不能になる。機能不全による給水能力低下に対するリスクは中程度。数年以内に更新が必要になる。	排泥できないと沈殿池機能が低下するので、定期的に池を空にして人力排泥することが必要になる。排泥作業時は4池中1池の運転の停止が必要で、全体の処理水量が減少する。濃度が高くなり、所定の処理水量が得られなくなる。機能不全による給水能力低下に対するリスクは低い。数年以内に更新が必要となる。	空気洗浄を行えないと、洗浄を逆洗のみに委ねることになり、洗浄効果は落ち、洗浄排水量が増える。給水能力低下のリスクは低い。数年以内に更新が必要となる。	ろ過池は6池あるが、処理水量が多くなる夏期に予備池はない。1池能力不全になると、処理水量を減らす必要がある。給水能力低下のリスクは低い。数年以内には更新(点検)が必要となる。	現在予備を含め2台が運転している。給水能力低下に対するリスクは低い。	鋼製であり、もし破壊事故が起きた場合逆洗機能がストップするが、今までそのような問題は起きておらず、鋼板厚み検査でも所定の厚みがあったことから、給水能力低下に対するリスクは低い。	水質検査機材の機能不全は、質的な給水能力の低下に直結する。さらには水因性疾患の増加も懸念される。また、検査のあった機材については、深たことから、給水能力低下に対するリスクは低い。	ろ過池は6池あるが、処理水量が多くなる夏期に予備池はない。1池能力不全になると処理水量を減らす必要があるが、現状異常なく運用されており給水能力低下のリスクは低い。	現在予備を含め2台が運転している。給水能力低下に対するリスクは低い。	沈砂池は基本9月から6月まで使用し、その他の月は使用していないため、沈砂池以降の導水ポンプの摩耗や浄水場の負荷上昇が懸念される。但し現在の沈砂池2池は7～9月は汚泥の乾燥、搬出を行う必要があり、配管を追加しても使用できる状態ではない。給水能力低下に対するリスクは低い。
更新による維持管理経費の削減は低い。	増設に伴い人件費や溜まった汚泥の処理に関する維持管理費が増大する。	更新による維持管理費削減効果は低い。	沈殿池の清掃作業に係る、維持管理員の人件費が削減される。	更新による維持管理費削減効果は低い。	更新による維持管理費削減効果は低い。	更新による維持管理費削減効果は低い。	更新による維持管理費削減効果は低い。	更新による維持管理費削減効果は低い。	更新による維持管理費削減効果は低い。	更新による維持管理費削減効果は低い。	現状2池では追加配管が使用される見込みがないため、更新による維持管理費削減効果は低い。
必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	どちらのケースも濃縮槽は動力を必要にしないことから、エネルギー消費量は増大する。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	特に該当しない。	機材の更新を行っても、エネルギー消費量の削減効果は期待できない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	必要動力は変わらないため、エネルギーの削減効果はない。	特に該当しない。
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
給水システム運営管理能力の強化(水質管理技術:原水濁度による二酸化塩素注入率変更結果に基づく効果的運用方法)	給水システム運営管理能力の強化(運転管理技術:天日乾燥床の運用強化:塩素注入率変更結果に基づく効果的運用方法)	給水システム運営管理能力の強化(運転管理技術:無線方式チレメーターに更新を実施した場合:無線通信・ラジアルシュテイング等の実証的なメンテナンス方法)	給水システム運営管理能力の強化(運転管理技術:沈殿池排泥サイクル)	該当なし	給水システム運営管理能力の強化(水質管理技術:洗浄方法、ろ材構成)	給水システム運営管理能力の強化(水質管理技術:効率的運用方法)	該当なし	該当なし	給水システム運営管理能力の強化(運転管理技術:洗浄方法、ろ材構成)	該当なし	該当なし
該当なし	該当なし	USADが8月末に調査報告書ドラフトをWAJに提出。PLO、チレメーター、SCADAを一括で交換する提案を作成している。今後WAJがUSAD案を検討することとなる。	USADが8月末に調査報告書ドラフトをWAJに提出。ポンプ9台と速度制御装置を交換する提案を作成している。今後WAJがUSAD案を検討することとなる。	該当なし	該当なし	該当なし	USADが8月末に調査報告書ドラフトをWAJに提出。鋼製の水槽を増設する提案を作成している。今後WAJがUSAD案を検討することとなる。	USADが8月末に調査報告書ドラフトをWAJに提出。水質検査機材を調達する提案を作成している。今後WAJがUSAD案を検討することとなる。	該当なし	該当なし	該当なし
ザイ給水システムの継続的かつ安定した供給、重要水質の安定化のため、優先順位3番目					効果、緊急性が低いため、本プロジェクトでの優先順位は低い						

3) ヨルダン開発計画や他開発パートナーの事業内容との重複の検討

過去ザイ給水システムの建設・更新は、ヨルダンあるいは開発パートナーが関与しており、近年では、USAID が ZAI WATER TREATMENT PLANT PROJECT (2019 年 8 月、DRAFT) の作成で計画に関与している。2019 年 8 月に USAID より上記ドラフトレポートを入手したが、本プロジェクトにおいて本調査団が調査し作成した優先順位の上位項目と、USAID が検討するコンポーネントに重複するものはなかった。

また沈砂池の現状について、建設を行った KfW に状況を説明したが、KfW は修繕・更新の予算はないとの連絡があった。

4) 優先順位と事業規模を勘案した更新対象機材の選定

以上の検討に基づき、本調査で更新が必要と判断された機材（表 3.1）の中から、優先順位を勘案し、事業規模の観点から優先順位の高い機材を本事業の対象として選定した結果、優先順位 3 位までの機材、すなわち、①取水・導水・送水ポンプ、モーター、バルブ、②トラベリングスクリーン、③吐出ヘッダー管エンドパイプ鏡板更新を更新対象とする。

2018 年時点で WAJ が更新が必要と考えていた資機材の内容及び本準備調査の結果更新対象となった機材を表 3.3 に示す。

表 3.3 本事業の更新対象機材

施設名	既設主要設備		2018 年時点の要請内容	本事業の更新対象機材
沈砂池	W25mxL125mxD4mx4 池	1 式	1 式（建替え）	—
取水ポンプ場 (IPS)	スクリーン	4 台	4 台	4 台
	縦軸斜流ポンプ	4 台	3 台	3 台
	同上用モータ	4 台	3 台	3 台
導水ポンプ場 4 か所 (PS1-4)	横軸渦巻ポンプ	16 台	12 台	12 台
	同上用モータ	16 台	8 台	9 台
	場内吐出配管	4 式	吐出ヘッダー管 4 式	鏡板 4 枚
送水ポンプ場 (PS5)	横軸渦巻ポンプ	4 台	3 台	3 台
	同上用モータ	4 台	2 台	3 台
	電動ボール弁	3 台	—	3 台
	チェッキ弁	4 台	—	4 台
	場内吐出配管	1 式	—	鏡板 1 枚

（出典：WAJ 提供資料・現地調査をもとに調査団作表）

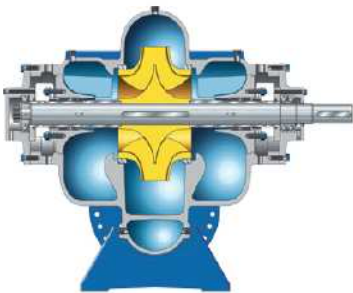
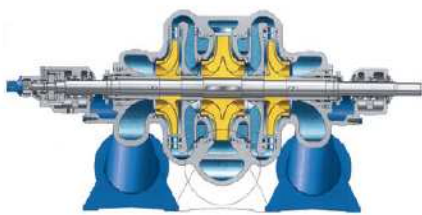
(2) 自然条件に対する方針

対象地域は、標高が海拔－227m～＋875m、外気温が－5～50℃、取扱液（原水及び浄水）の水温が 4～38℃、湿度が 4～100%、取扱液にシルトなどの異物及び腐食性の塩化物イオンを含むなど、ポンプ及び付帯機器にとっては過酷な環境であるため、それらに耐えうる仕様を採用する。さら

に、高温、多湿でシルトを含む飛沫が浮遊するポンプ室に設置されるモータの保護構造には十分配慮が必要である。

(3) 建設事情、現地業者、現地資機材活用に対する方針

本プロジェクトの主目的はポンプ・モータの更新である。但し、ポンプ全揚程が約 300m と非常に高揚程であることから、通常であれば以下のドイツ国最大手ポンプメーカーの KSB 社のカタログ（図 3.1）に示す様に単段渦巻ポンプの適用可能な最大全揚程（H）が 240m のため多段渦巻ポンプが採用されるところであるが、多段渦巻ポンプの軸方向の寸法は単段渦巻ポンプと比べて大きくなるため、既設ポンプ室の制約から既設と同様の単段渦巻ポンプを採用せざるを得ない。一方、日本のポンプメーカーは既設ポンプの様に特注で単段渦巻ポンプを設計して納入可能であるため、ポンプについては既設と同じ日本製を採用する方針とする。ポンプ設備の据付に関しては日本人の据付指導者の管理のもとで現地業者や現地資機材を有効利用することとする。

RDLO DN 350-700 	Description: Single-stage, axially split volute casing pump for horizontal or vertical installation with double-entry radial impeller, mating flanges to DIN, ISO, BS or ANSI. Applications: Pumping raw, clean and service water as well as seawater in water treatment plants, irrigation and drainage pumping stations, power stations, fire-fighting systems and shipbuilding. Higher flow rates and heads on request.	Technical data: <table><tr><td>DN</td><td>350 – 700 (14 – 28 in)</td></tr><tr><td>Q [m³/h]</td><td>10000 max. (44030 gpm)</td></tr><tr><td>H [m]</td><td>240 (787 ft) max.</td></tr><tr><td>p [bar]</td><td>25 (363 psi) max.</td></tr><tr><td>T [°C]</td><td>140 (284 °F) max.</td></tr><tr><td>f [Hz]</td><td>50 (4-pole max.) 60 (4-pole max.)</td></tr></table>	DN	350 – 700 (14 – 28 in)	Q [m³/h]	10000 max. (44030 gpm)	H [m]	240 (787 ft) max.	p [bar]	25 (363 psi) max.	T [°C]	140 (284 °F) max.	f [Hz]	50 (4-pole max.) 60 (4-pole max.)
DN	350 – 700 (14 – 28 in)													
Q [m³/h]	10000 max. (44030 gpm)													
H [m]	240 (787 ft) max.													
p [bar]	25 (363 psi) max.													
T [°C]	140 (284 °F) max.													
f [Hz]	50 (4-pole max.) 60 (4-pole max.)													
RDLP DN 350-1200 	Description: Axially split volute casing pump for horizontal installation, with one, two or three stages and double-entry radial impeller, mating flanges to DIN, ISO, BS or ANSI. Materials to DIN or ASTM in all required material combinations. Applications: Pumping raw, clean and service water as well as seawater. Higher flow rates and heads on request.	Technical data: <table><tr><td>DN</td><td>350 – 1200 (14 – 48 in)</td></tr><tr><td>Q [m³/h]</td><td>18000 max. (79260 gpm)</td></tr><tr><td>H [m]</td><td>550 (1804 ft) max.</td></tr><tr><td>p [bar]</td><td>70 (1015 psi) max.</td></tr><tr><td>T [°C]</td><td>80 (176 °F) max.</td></tr><tr><td>f [Hz]</td><td>50 (4-pole max.) 60 (4-pole max.)</td></tr></table>	DN	350 – 1200 (14 – 48 in)	Q [m³/h]	18000 max. (79260 gpm)	H [m]	550 (1804 ft) max.	p [bar]	70 (1015 psi) max.	T [°C]	80 (176 °F) max.	f [Hz]	50 (4-pole max.) 60 (4-pole max.)
DN	350 – 1200 (14 – 48 in)													
Q [m³/h]	18000 max. (79260 gpm)													
H [m]	550 (1804 ft) max.													
p [bar]	70 (1015 psi) max.													
T [°C]	80 (176 °F) max.													
f [Hz]	50 (4-pole max.) 60 (4-pole max.)													

（出典：KSB 社カタログ、Axially Split Volute Casing Pumps）

図 3.1 単段渦巻ポンプと多段渦巻ポンプの比較

(4) 実施機関の運営・維持管理能力に対する方針

ポンプ、モータに関しては、Miyahuna はこれらの機器の修理やオーバーホールの実施経験からメンテナンスの技術力を十分有しており、維持管理能力には問題無い。特に、ポンプ、モータそれぞれを専門とする現地の工場に継続的に修理を依頼しており、その工場の技術レベルの向上も伴って Miyahuna の維持管理能力は高いと判断できる。

(5) 工法/調達方法、工期に関する方針

ポンプ及びモータの据付工事は水需要が低下する期間（9月1日から5月31日）に実施する。この期間中も交換のため停止できるのは各ポンプ場とも1台のみで残りの3台は運転を継続する。

鏡板の交換工事はポンプ及びモータの据え付け工事との同時期を避ける。交換工事中は送水を全面停止する必要がある、送水停止期間を極力短縮する必要がある。また、取水ポンプ場のトラベリングスクリーンの交換工事についても取水ポンプの運転を全台停止する必要がある、運転停止期間の短縮を図る。

3.2.2 基本計画（機材計画）

(1) ポンプ・モータの更新計画

ポンプ・モータの劣化状況の調査を行うにあたって、ポンプとモータそれぞれの効率を測定出来ないため、現状のポンプとモータの効率を掛け合わせた総合効率を測定した。その結果に基づき性能が劣化している古いポンプ・モータを更新した場合に削減される年間電力費を表3.4の様に試算した。尚、更新後のポンプとモータの効率は更新後規定するポンプとモータの効率になるものとした。

表 3.4 ポンプとモータ更新後規定する効率に基づく年間電力費の削減

ポンプ 機場	ポンプ 号機	ポンプ 容量 m ³ /m	ポンプ 全揚程 m	対象 機器	オリ ジナル 機器 効率 %	オリ ジナル 総合 効率 %	今 回測 定した 総合 効率 %	更 新後 の機 器想 定効 率 %	更 新後 の機 器想 定効 率 %	現 状の モータ 入力 kW	更 新後 のモータ 入力 kW	モータ 入力 の改 善 kW	年 間電 力量 の改 善 kWh	号 機毎 年 間電 力費 の改 善 JOD	機 場毎 年 間電 力費 の改 善 JOD
IPS	1	43.8	30	ポンプ モータ	85.0 96.4	81.9	54.3	83.0 96.4	80.0	394	268	127	763,060	96,146	168,318
	2	43.8	30	ポンプ モータ	85.0 96.4	81.9	63.1	83.0 96.4	80.0	339	268	72	432,725	54,523	
	3	43.8	30	ポンプ モータ	85.0 96.4	81.9	73.6	83.0 96.4	80.0	291	268	23	140,075	17,649	
	4	43.8	30	ポンプ モータ	85.0 96.4	81.9	65.9	- 96.4	65.9	325	325	0	0	0	
PS1	1	43.5	300	ポンプ モータ	83.0 96.3	79.9	74.7	83.0 96.3	79.9	2,849	2,661	188	1,131,948	142,625	376,113
	2	43.5	300	ポンプ モータ	83.0 96.3	79.9	77.6	80.6 96.3	77.6	2,741	2,741	0	0	0	
	3	43.5	300	ポンプ モータ	83.0 96.3	79.9	74.7	83.0 96.3	79.9	2,849	2,661	188	1,131,948	142,625	
	4	43.5	300	ポンプ モータ	83.0 96.3	79.9	76.5	83.0 96.3	79.9	2,781	2,661	120	721,130	90,862	
PS2	1	43.5	300	ポンプ モータ	83.5 96.3	80.4	77.8	83.0 96.3	79.9	2,735	2,661	74	445,273	56,104	140,361
	2	43.5	300	ポンプ モータ	83.5 96.3	80.4	78.9	- 96.3	78.9	2,696	2,696	0	0	0	
	3	43.5	300	ポンプ モータ	83.5 96.3	80.4	76.8	- 96.3	76.8	2,771	2,771	0	0	0	
	4	43.5	300	ポンプ モータ	83.5 96.3	80.4	76.7	83.0 96.3	79.9	2,772	2,661	111	668,706	84,257	
PS3	1	43.5	308	ポンプ モータ	84.0 96.6	81.1	75.9	83.0 96.6	80.2	2,876	2,724	152	916,126	115,432	604,291
	2	43.5	308	ポンプ モータ	84.0 96.6	81.1	72.8	83.0 96.6	80.2	2,999	2,724	275	1,656,242	208,686	
	3	43.5	308	ポンプ モータ	84.0 96.6	81.1	74.6	83.0 96.6	80.2	2,926	2,724	202	1,217,997	153,468	
	4	43.5	308	ポンプ モータ	84.0 96.6	81.1	75.6	83.0 96.6	80.2	2,891	2,724	167	1,005,597	126,705	
PS4	1	43.5	314	ポンプ モータ	84.0 96.5	81.1	73.4	83.0 96.5	80.1	3,032	2,780	252	1,520,619	191,598	729,801
	2	43.5	314	ポンプ モータ	84.0 96.5	81.1	70.8	- 96.5	70.8	3,143	3,143	0	0	0	
	3	43.5	314	ポンプ モータ	84.0 96.5	81.1	67.9	83.0 96.5	80.1	3,281	2,780	501	3,020,534	380,587	
	4	43.5	314	ポンプ モータ	84.0 96.5	81.1	74.5	83.0 96.5	80.1	2,987	2,780	208	1,250,915	157,615	
PS5	1	42.9	195	ポンプ モータ	85.7 96.5	82.7	78.8	84.0 96.5	81.1	1,730	1,682	48	288,122	36,303	616,007
	2	42.9	195	ポンプ モータ	85.7 96.5	82.7	60.7	84.0 96.5	81.1	2,248	1,682	566	3,411,754	429,881	
	3	42.9	195	ポンプ モータ	85.7 96.5	82.7	77.1	84.0 96.5	81.1	1,770	1,682	88	527,639	66,483	
	4	42.9	195	ポンプ モータ	85.7 96.5	82.7	77.2	85.3 96.5	82.3	1,766	1,657	110	661,426	83,340	
6機場合計														2,634,891	

注記

1. 新規更新予定機器を黄色で着色した。
2. PS5 の 4 号機のモータは Miyahuna が所有している倉庫予備機を充当する。
(出典：Miyahuna 提供資料、現地調査をもとに調査団作表)

表 3.4 より、“今回測定した総合効率”と“オリジナル総合効率”の平均総合効率を比較すると約 8.3%低下している事が判明した。そこで建設当初より更新されていない黄色に着色したポンプ&モータを更新する事によりそれぞれの効率が改善され、IPS から PS5 までの 6 機場で年間 2.63 百万 JOD (=約 4.1 億円)の電力費の削減が期待できる事が分かった。尚、ポンプ稼働率を 0.688、電力費単価を 0.126 JOD/kWh 交換レートを 153.36 円/JOD と仮定した。

更新にあたっては、更新後規定する効率に「ポンプ工場試験時における適用規格は、ISO 9906 (1B)、JIS¹⁸ B 8301 (Gr. 1) 又はコンサルタントによって承認された国際規格とする。」との注釈をつける。つまり、ポンプの工場試験時にポンプの合否を判定するための規格を明記し、更に判定基準としてグレード 1 を採用する事を意味している。尚、そのグレード 1 のポンプ効率の裕度は-3%になっている。従って、更新後のポンプ効率は規定したポンプ効率より 3%下回る事も起こりうる事から、最悪の場合を想定して、その場合に削減される年間電力費を表 3.8 の様に試算した。

¹⁸ Japan Industrial Standards (日本産業規格)

表 3.5 ポンプ更新後規定する効率より 3%下回る効率に基づく年間電力費の削減

ポンプ 機場	ポンプ 号機	ポンプ 容量 m ³ /m	ポンプ 全揚程 m	対象 機器 -	オリ ジナル 機器 効率 %	オリ ジナル 総合 効率 %	今 回測 定した 総合 効率 %	更新 後の 機器 想定 効率 %	更新 後の 想定 総合 効率 %	現 状の モータ 入力 kW	更新 後の モータ 入力 kW	モータ 入力 の改善 kW	年間 電力量 の改善 kWh	号機 毎年 年間 電力費 の改善 JOD	機場 毎年 年間 電力費 の改善 JOD
IPS	1	43.8	30	ポンプ モータ	85.0 96.4	81.9	54.3	80.0 96.4	77.1	394	278	117	702,560	88,523	145,449
	2	43.8	30	ポンプ モータ	85.0 96.4	81.9	63.1	80.0 96.4	77.1	339	278	62	372,225	46,900	
	3	43.8	30	ポンプ モータ	85.0 96.4	81.9	73.6	80.0 96.4	77.1	291	278	13	79,576	10,027	
	4	43.8	30	ポンプ モータ	85.0 96.4	81.9	65.9	- 96.4	65.9	325	325	0	0	0	
PS1	1	43.5	300	ポンプ モータ	83.0 96.3	79.9	74.7	80.0 96.3	77.0	2,849	2,761	88	530,473	66,840	148,756
	2	43.5	300	ポンプ モータ	83.0 96.3	79.9	77.6	80.6 96.3	77.6	2,741	2,741	0	0	0	
	3	43.5	300	ポンプ モータ	83.0 96.3	79.9	74.7	80.0 96.3	77.0	2,849	2,761	88	530,473	66,840	
	4	43.5	300	ポンプ モータ	83.0 96.3	79.9	76.5	80.0 96.3	77.0	2,781	2,761	20	119,655	15,077	
PS2	1	43.5	300	ポンプ モータ	83.5 96.3	80.4	77.8	80.0 96.3	77.0	2,735	2,761	-26	-156,201	-19,681	-11,210
	2	43.5	300	ポンプ モータ	83.5 96.3	80.4	78.9	- 96.3	78.9	2,696	2,696	0	0	0	
	3	43.5	300	ポンプ モータ	83.5 96.3	80.4	76.8	- 96.3	76.8	2,771	2,771	0	0	0	
	4	43.5	300	ポンプ モータ	83.5 96.3	80.4	76.7	80.0 96.3	77.0	2,772	2,761	11	67,231	8,471	
PS3	1	43.5	308	ポンプ モータ	84.0 96.6	81.1	75.9	80.0 96.6	77.3	2,876	2,826	50	300,530	37,867	294,030
	2	43.5	308	ポンプ モータ	84.0 96.6	81.1	72.8	80.0 96.6	77.3	2,999	2,826	173	1,040,645	131,121	
	3	43.5	308	ポンプ モータ	84.0 96.6	81.1	74.6	80.0 96.6	77.3	2,926	2,826	100	602,400	75,902	
	4	43.5	308	ポンプ モータ	84.0 96.6	81.1	75.6	80.0 96.6	77.3	2,891	2,826	65	390,000	49,140	
PS4	1	43.5	314	ポンプ モータ	84.0 96.5	81.1	73.4	80.0 96.5	77.2	3,032	2,884	148	892,379	112,440	492,326
	2	43.5	314	ポンプ モータ	84.0 96.5	81.1	70.8	- 96.5	70.8	3,143	3,143	0	0	0	
	3	43.5	314	ポンプ モータ	84.0 96.5	81.1	67.9	80.0 96.5	77.2	3,281	2,884	397	2,392,295	301,429	
	4	43.5	314	ポンプ モータ	84.0 96.5	81.1	74.5	80.0 96.5	77.2	2,987	2,884	103	622,676	78,457	
PS5	1	42.9	195	ポンプ モータ	85.7 96.5	82.7	78.8	81.0 96.5	78.2	1,730	1,744	-14	-87,370	-11,009	474,070
	2	42.9	195	ポンプ モータ	85.7 96.5	82.7	60.7	81.0 96.5	78.2	2,248	1,744	504	3,036,261	382,569	
	3	42.9	195	ポンプ モータ	85.7 96.5	82.7	77.1	81.0 96.5	78.2	1,770	1,744	25	152,146	19,170	
	4	42.9	195	ポンプ モータ	85.7 96.5	82.7	77.2	85.3 96.5	82.3	1,766	1,657	110	661,426	83,340	
6機場合計														1,543,422	

注記

1. 新規更新予定機器を黄色で着色した。
2. PS5 の 4 号機のモータは Miyahuna が所有している倉庫予備機を充当する。
(出典：Miyahuna 提供資料、現地調査をもとに調査団作表)

更新後のポンプの効率が、更新後規定するポンプ効率より 3% 下回るものとなった場合、IPS から PS5 までの 6 機場で削減できる電力費は年間 1.54 百万 JOD (= 約 2.4 億円) となる。尚、ポンプ稼働率を 0.688、電力費単価を 0.126 JOD/kWh、交換レートを 153.36 円/JOD と仮定した。

ポンプ・モータの更新内容を機場及び機器別に整理したのが表 3.6 である。しかし、この更新内容は既設機器と新規機器との組み合わせがあり、競争入札を担保し瑕疵責任を明確にするために、ポンプとモータの組み合わせは、基本的に新しいポンプと新しいモータの組み合わせにした。そこで、既設モータを表 3.7 に示す様に組み換え、出来るだけ交換機器を一对とする組み合わせが多くなる A' 案 (表 3.8) と完全に交換機器を一对とする B 案 (表 3.9) を含めた三者の比較検討 (表 3.10) を行った。

その結果、日本側の負担が最も小さく、機器の不具合及び瑕疵責任の問題の発生の可能性も低く、かつ競争性が担保出来る A' 案を採用する。

表 3.6 A 案：調査現況のまま対応する案

PS	IPS				PS1				PS2				PS3				PS4				PS5				交換機器 合計台数
No	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
ポンプ	○	○	○		○		○	○	○			○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	18
モータ	○	○		○	○	○	○	○	○	○		○	○	○							○	○	○	○	16

○：交換予定機器、ブランク：交換しない機器

(出典：現地調査をもとに調査団作表)

表 3.7 既設モータの組み換え

PS	IPS				PS1				PS2				PS3				PS4				PS5				入れ替え 機器台数
No	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
ポンプ	○	○	○		○		○	○	○			○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	
モータ	○	○		○	○	○	○	○	○	○		○	○	○							○	○	○	○	4

① IPS No. 3 モータを IPS No. 4 モータと入れ替える。
 ② PS3 No. 3 モータを PS1 No. 2 と入れ替える。
 ③ PS3 No. 4 モータを PS2 No. 2 と入れ替える。
 ④ PS5 No. 4 モータを Miyahuna 所有の予備モータと入れ替える。

① IPS No. 3 モータを IPS No. 4 モータと入れ替える。 (出典：現地調査をもとに調査団作表)

② PS3 No. 3 モータを PS1 No. 2 と入れ替える。

③ PS3 No. 4 モータを PS2 No. 2 と入れ替える。

④ PS5 No. 4 モータを Miyahuna 所有の予備モータと入れ替える。

表 3.8 A' 案：事前にモータ移動する案

PS	IPS				PS1				PS2				PS3				PS4				PS5				交換機器 合計台数
No	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
ポンプ	○	○	○		○		○	○	○			○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	18
モータ	○	○	○		○		○	○	○			○	○	○	○	○					○	○	○		15

(出典：現地調査をもとに調査団作表)

表 3.9 B 案：事前にモータ移動して交換機器を一对とする案

PS	IPS				PS1				PS2				PS3				PS4				PS5				交換機器 合計台数
No	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
ポンプ	○	○	○		○		○	○	○			○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	18
モータ	○	○	○		○		○	○	○			○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	18

(出典：現地調査をもとに調査団作表)

表 3.10 更新機器の組み合わせ案の比較検討

検討案		A 案	A' 案	B 案
検討案の概要		現況の組み合わせのまま対応する案(モータ移動なし)		ヨルダン側負担により事前にモータ移動を前提とする案
機器台数	ポンプ	18 台		
	モータ	16 台	15 台	18 台
	ペア形成	12 組	15 組	18 組
入札関連	応札条件	商社、エンジニアリング、メーカのいずれかまたは JV (但し、応札者は同規模のポンプ設置経験を持つこととする)		
	機場仕様	技術諸元・仕様によるものとし、銘柄、メーカ指定は行わない。		
評価結果	日本側負担	・A' 案より大きい (△)	・3 案では最も小さい (○)	・3 案では最も大きい (×)
	ヨルダン側負担	・事前モータ移動不要 (○)	・事前モータ移動あり (△)	・事前モータ移動あり (△)
	瑕疵責任	・異なるメーカ、経年状態の組合せとなることによる不具合発生の可能性有り (△) ・瑕疵責任問題事案を生じる可能性有り (△)	・交換台数ポンプ 3 台以外は全て新規ポンプ・モータペアであるため、不具合発生の可能性は少ない (○) ・瑕疵責任問題の発生の可能性は非常に小さい (○)	・交換台数が最大かつ全て新規ポンプ・モータペアであるため、不具合発生の可能性は少ない (○) ・瑕疵責任問題の発生の可能性は非常に小さい (○)
	競争性	・上記瑕疵責任問題を恐れ、現況機器のメーカのみに限定される可能性が大きく、競争性のない入札となる見込み (×)	・ポンプ 3 台以外はペア交換ゆえに新規メーカ参入が可能であり、競争性が担保される (○)	・ペア交換ゆえに新規メーカ参入が可能であり、競争性が担保される (○)
採択		×	○	×

(出典：現地調査をもとに調査団作表)

従ってポンプ及びモータに関わるヨルダン側及び日本側それぞれの負担事項は以下の通りである。

a) ヨルダン側負担事項（いずれも、対象機材の設置前に行う）

- 取水ポンプ用モータ 1 台の移設交換
- 導水ポンプ用モータ 2 台の移設交換
- 送水ポンプ用モータ 1 台の予備モータとの交換

b) 日本側負担事項

- 取水ポンプ&モータ 3 台の新規更新
- 導水ポンプ&モータ 9 台の新規更新
- 導水ポンプ（PS4）3 台のみの新規更新
- 送水ポンプ&モータ 3 台の新規更新

(2) 機材計画

1) トラベリングスクリーン

4 台のトラベリングスクリーンの更新を行う。特に原水の性状が原因で既存のスクリーン設備の腐食が激しいことから、トラベリングスクリーンの延命化を考慮して塗装など十分防食を考慮した仕様とする。

2) 取水ポンプ

今回トラベリングスクリーンの更新により異物の影響が軽減されるが、取水ポンプの耐久性向上を目的に羽根車とケーシングリングを高強度と耐摩耗性を兼ね備えたステンレス鋳鋼に変更する。

3) 導水ポンプ

ポンプの摩耗と腐食に関する検討を公益社団法人 腐食防食学会（腐食センター）に依頼し、以下の 2 項目が結論として得られた。

- ① 鋳鋼製ケーシング舌部の損傷は、スラリーが何らかの影響を与えている可能性が高い。スラリーとは液体に粒子（砂、シルト）が混ざり込んだ懸濁液を指す。
- ② 13Cr ステンレス鋼部品の局部腐食、鋳鋼製部品の腐食、鋳鋼製ケーシング舌部の損傷は、原水の塩化物イオン濃度が高いため腐食の進行速度が増し、また二酸化塩素および過マンガン酸カリウムの添加の影響を受けている可能性がある。

上記①については、導水ポンプの鋳鋼製ケーシングの材質を変更する事を推奨している。また、②については、腐食しているケーシングなどの部品の材質を二相ステンレス鋼に変更する事を推奨している。

導水ポンプは全揚程が約 300m と非常に高揚程のポンプであることと原水の性状の問題から、ポンプ内部部品の摩耗と腐食が激しいため性能低下が著しい。ポンプケーシングについては現在鋳鋼（JIS SCW480）の材料が採用されているが、本材料は高強度の反面、腐食しやすいため腐食性

流体には不向きである。従って二相系(オーステナイト・フェライト系)ステンレス鋼に変更する。この材料は優れた強度と塩化物環境下での耐食性を有していることから、化学プラントや海水機器等の幅広い用途で使用されており、既存製品で実施してきたケーシング内面のライニングは不要になり維持管理費の低減と耐久性の向上が期待できる。

一方、羽根車については、現在ステンレス鋳鋼(JIS SCS5)の材料が採用されており、マルテンサイト系ステンレスのため耐食性は劣るが高強度である特徴を有しており、インペラが損傷した場合に溶接補修が可能であるメリットもある。しかし、キャビテーションによる壊食が発生していることから、ケーシングと同様に耐キャビテーション性能が高い材質の二相ステンレスに変更する。ウェアリングについては、現在インペラと同様にマルテンサイト系ステンレス鋳鋼(JIS SCS1)の材料が採用されているが、やはり耐食性に劣るので二相ステンレスに変更する。

4) 送水ポンプ

PS5の4台の送水ポンプの内3台が2003年に新規更新され、2018年に4号機が初めて更新された。本ポンプの取扱液が浄水であることから、摩耗の影響も少なく腐食に関しても正常劣化の範囲と判断する。従って、特に現状のままの送水ポンプで問題無く、次期更新される送水ポンプは既存品と同一仕様とする。

5) モータ

モータの保護方式は現在開放防滴タイプ(IP¹⁹22)が採用されているが、ポンプからの飛沫の侵入を保護する方式(IP24)に改善する。理由として、現在のポンプ場の環境が高温・多湿に加え、導水ポンプのグランド部から漏れる飛沫にシルトが多く含まれており、シルトがモータ内部に侵入・付着していることが分解した結果判明したことによる。尚、今までMiyahuna自身で更新したモータは既にIP24に変更されている。

6) 吐出ヘッダー管

吐出ヘッダー管の管厚の測定結果から管全体の更新は不要との結果となった。しかし、吐出ヘッダー管末端部は破損事故に対する応急復旧であり、補強後にもかかわらず破損した事例があることから、PS1～5の5か所の吐出ヘッダー管の末端部を当初の設計通りの鏡板に新規更新する。

7) 電動ボール弁、チェッキ弁

PS5の電動ボール弁は2018年に1台新規更新されたが、他の弁は納入当初から交換されておらず、設置から年月が経っており送水ポンプ場としての送水能力の低下の原因になるリスクも高く、チェッキ弁4台と電動ボール弁3台を現状と同等仕様の弁に更新する。

以上の内容を整理し更新機材の仕様と数量をまとめたのが表3.11である。

表 3.11 更新機材の仕様と数量

施設名	機器名	主要スペック	数量
取水ポンプ場	トラベリング	W 1.4～1.9m x L 3.55m x D 7.15m	4

¹⁹ International Protection (電気製品の防水・防塵性能を表す国際規格)

(IPS)	スクリーン		
	縦軸斜流ポンプ	43.8 m ³ /min x 30m x 990 min ⁻¹ x 280 kW (羽根車：SCS13) ポンプ効率：83%(注)	3
	同上用モータ	280kW x 6P x 0.4kV x 50Hz	3
導水ポンプ場 4 か所 (PS1～4)	横軸渦巻ポンプ	43.5 m ³ /min x 300～314m x 1,490 min ⁻¹ x 3,200～3,500 kW (主要部材：二相ステンレス) ポンプ効率：83%(注)	12
	同上用モータ	3,200～3,500kW x 4P x 6.6kV x 50Hz (保護形式：IP24)	9
	吐出ヘッダー 管鏡板	φ1,000	4
送水ポンプ場 (PS5)	横軸渦巻ポンプ	42.9 m ³ /min x 195 m x 1,490 min ⁻¹ x 1,800 kW (既存品と同仕様) ポンプ効率：84%(注)	3
	同上用モータ	1,800kW x 4P x 6.6kV x 50Hz (保護形式：IP24)	3
	電動ボール弁	φ450	3
	チェッキ弁	φ450	4
	吐出ヘッダー 管鏡板	φ1,000	1

注記：ポンプ工場試験時における適用規格は、ISO 9906 (1B)、JIS B 8301 (Gr. 1) 又は承認された国際規格とする。(規定ポンプ効率より 3% 下回っても可とする。)(出典：調査団作表)

3.2.3 概略設計図

本計画の概略設計図面リストを表 3.12 に示す。概略設計図は別紙添付資料 17 に示す。

表 3.12 概略設計図面リスト

図面番号	図面タイトル	図面枚数
図-1	取水ポンプ場平面図	1
図-2	取水ポンプ場断面図	1
図-3	取水ポンプ外形図	1
図-4	送水・配水ポンプ・モータ据付図 (PS1-5)	1
図-5	トラベリングスクリーン外形図	1
図-6	鏡板取付位置図 (PS1-5)	1
図-7	鏡板概略図	1
合計		7

(出典：調査団作表)

3.2.4 施工計画／調達計画

3.2.4.1 施工方針／調達方針

(1) 事業実施主体

本プロジェクトに係わるヨルダンの監督・責任機関は MWI であり、同省の下で、WAJ が実施機関の役割を担うこととなる。施設完成後の運営・維持管理は、Miyahuna が実施することとなる。

(2) コンサルタント

本プロジェクトに係る機材調達のため、日本法人コンサルタントがヨルダンの実施機関と契約を結び、実施設計および調達監理業務を行う。コンサルタントは、公開入札により請負業者を選定するため、入札図書を作成するとともに事業実施機関が行う入札業務を支援する。機材調達着手後は、客観的な立場での調達監理及び無償資金の適切な運用の監視等を実施する。

(3) 機材調達請負業者

我が国の無償資金協力制度の枠組により、公開入札で選定された日本法人調達業者が本プロジェクトに係る機材調達を実施する。機材据付工事は日本と異なる社会的背景と環境を有する遠隔地で実施されることとなるため、請負業者は、十分に海外で工事を完了させる能力を有する必要がある。調達する機材は大容量、高揚程のポンプ場に設置された特殊機器である。既設機器撤去、新設機器据付、調整、試運転の実施に際しては、各機器のメーカーから据付指導員を現地に派遣し、現地作業員を指揮、指導、監督し実施する。請負業者の現地調達管理要員およびメーカーの指導員は、ポンプ場運転管理者とポンプ場の運転と機器据付作業との業務調整をしながら据付工事を進める必要がある。据付工事では現地雇用の労働者及び現地調達の資機材および建機を使用するため、請負業者は現地の市場、労働法、土地勘および風習慣例等の状況について十分な認識が必要である。

本プロジェクト完了後も維持管理に伴う交換部品の調達、故障時の対応等のアフターケアが必要と考えられるため、機材引渡し後も十分な連絡体制を整え、求められた要請に答えることのできる請負業者を選ぶ必要がある。

3.2.4.2 施工上／調達上の留意事項

(1) 機器据付工事

交換する機器はすべて日本もしくは第三国で製作し、現地の 6 か所のポンプ場に搬入する。搬入する機器の仮置き場所については Miyahuna のポンプ場運転管理者と事前に打合せの上了解を得る必要がある。

機器の据え付け場所はすべてポンプ場室内なので天候に左右されずに交換作業を進めることができるが、揚水量の低下による極端な供給量の不足が生じないよう以下の対応が求められる。

- 1) 各ポンプ場の 2018 年中の稼働実績は表 3.13 のとおりであるが、ポンプとモータの全数交換には 1.5 ヶ月/回 x (18 台/ (3 台/回)) =9 ヶ月を要する。交換工事を 1 年で終えるため水需要が低下し始める 9 月 1 日より工事を開始し、水需要がピークを迎える前の 5 月 31 日に工事を完了する。

表 3.13 各ポンプ場のポンプ稼働台数実績

月(2018 年)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
各ポンプ場のポンプ稼働台数実績	2.7	2.9	2.9	2.6	3.4	3.6	3.7	3.8	3.6	3.3	3.3	3.2

- 2) ポンプとモータの据付作業のため停止できるのは各ポンプ場で稼働している 4 台の内 1 台のみである。残りの 3 台は水需要に対応するため揚水を継続しなければならない。
- 3) 鏡板の交換可能時期は、10 月 1 日から 4 月 30 日までの期間に限定される。
- 4) 各交換機器の製作、輸送は上記の限定された据付期間を考慮して計画しなければならない。

(2) 労務、資機材の調達

現場は首都アンマン郊外にあり、セメント、骨材、生コン、鉄筋等の建設基礎資材は容易に調達可能である。国内各所で実施されている上下水施設の建設に参画している現地建設業者は上下水工事の経験のある技術者および技能労働者を雇用しており、建設機械も保有しているので据付工事で活用することが可能である。

3.2.4.3 施工区分／調達・据付区分

機材調達に係わる両国間の施工区分は表 3.14 の通りである。

表 3.14 機材調達に係わる両国間の施工区分

調達業務区分	日本	ヨルダン
1. 機器据付工事		
(1) 機材製作・輸送	●	
(2) 機材据付	●	
(3) 調整・試運転	●	
(4) 試運転時の電力無償提供		●
(5) 機材据付時、ポンプ場の天井クレーン無償使用		●
(6) 機材据付前の準備（既存モータ 4 台の移設交換）		●
2. 共通事項		
(1) 資材置き場の無償提供		●
(2) 調達業者の現地管理用およびコンサルタントの現地監理用事務所の無償提供		●
(3) コンクリートがら（70m ³ ）処分地の確保		●

（出典：現地調査をもとに調査団作表）

3.2.4.4 施工監理計画／調達監理計画

(1) コンサルタントの施工監理体制

コンサルタントは、「機材調達を所定工期内に完了」、「機材仕様書に示された機材の調達」及び「安全な業務実施」を達成するために請負業者を監理・指導する。又機材調達が無償資金協力の枠組みの中で適正に実施されていることを中立的な立場で確認・監理する役割を有する。

1) コンサルタントの主要監理内容

コンサルタントに要求される主要監理内容は以下のとおりである。

a) 工程監理

請負業者が提出する工程表の妥当性確認、工程表と実際の進捗とを比較し、作業項目、月、週ごとに進捗状況の確認を行う。遅延が懸念される場合には請負業者に警告を発し、もし遅延が生じた場合には請負業者と共に原因の究明、解決策の立案・検討を行い有効な挽回策をとるよう請負業者を指導する。なお、工程監理の中には以下を含むものとする。

- ① 機材調達出来高の確認
- ② 機材の製作・輸送実績
- ③ 機材の据付・調整・試運転実績
- ④ ポンプ運転管理者、調達業者とともに機材の据付作業とポンプ運転作業の調整を行う。

b) 品質監理

契約図書で規定された機材の品質が確保されていることを確認する。品質確保が危ぶまれる場合は、請負業者への警告を発するとともに必要な修正・対策等を要求する。品質管理は以下の手段を用いて実施する。

- ① 機材の仕様書及び製作図の照査、承認
- ② 機材の試験結果の照査、承認
- ③ 機材の工場試験への立会い、承認
- ④ 機材据付要領等の照査、承認
- ⑤ 機械基礎コンクリートの配筋・コンクリート強度等の現場検査、承認
- ⑥ 試運転立会いとパフォーマンス検査、承認

c) 安全監理

請負業者の安全管理計画の妥当性確認及び計画の実行状況の確認を行い、業務実施中の労働災害・第三者への災害・事故等を未然に防ぐよう、現地での作業を以下の方法で監理する。

- ① 請負業者による安全管理計画の策定と管理者選任の有無の確認
- ② 策定/選任された安全管理計画/安全管理者の妥当性の確認
- ③ 安全管理計画の実行状況の確認
- ④ 作業員の労働安全衛生福利厚生制度内容と休日・休憩確保の励行確認
- ⑤ 機材の搬入経路及び仮置き場所の安全性確認

(2) コンサルタントの調達監理体制

コンサルタントは、上述の工程・品質・安全監理を中心とした調達監理を実施するための体制を構築し、本プロジェクトの円滑な実施を図る。調達監理は本概略設計の主旨を踏まえて作成される実施設計・調達監理計画にもとづき実施されるのでこれら一連の業務に対応した体制とする

必要がある。また監理は現地、第三国及び日本国内において実施されるので、以下のような体制とする。

a) 現地の調達監理

無償資金協力の枠組みの中で、適正に機材調達が行われていることを確認しなければならないので、現場における調達監理は、無償資金協力制度を十分に理解した日本常駐監理者を配置する。調達する機材は大容量、高揚程のポンプおよびモータを主とした特殊な機器であり検査にはそれらの機器に精通した技術者の立ち合いが必要となる。又、機材据付工事は揚水を継続しながらの実施となるためポンプ場運転管理者との業務調整も重要である。

機器据付工事は同時に 3～4 ポンプ場で実施することになるので、常駐監理者一人では監理業務をこなすきれないため、現地傭人 1 名を配置する。以上の方針にもとづき現地の日本人監理体制を表 3. 15 に示す。

表 3. 15 現地におけるコンサルタントの日本人調達監理体制

要員	現地 (人・月)	渡航 回数	派遣目的
業務主任	0. 33	1	機材検収、引き渡し
常駐施工監理技術者	10. 9	2	工事期間内の常駐監理統括
機械技師	0. 33	1	機材搬入、据付工事の事前確認
	0. 73	1	機材検収、引き渡し
	0. 23	1	瑕疵検査
電気技師	0. 53	1	機材検収、引き渡し
合計	13. 05	7	

(出典：調査団作表)

b) 日本国内での調達監理

日本国内においては、以下に述べるプロジェクト総合監理に必要な体制を整え、現地・国内作業の全般を監理する。

- ① 工程進捗、品質保証、安全確保の確認
- ② 設計変更事項の内容検討、対処方針決定
- ③ コンサルタント現場事務所に対する技術的・資金的な支援
- ④ JICA 実施監理課、調達業者間の連絡調整

(3) 調達業者の調達管理体制

a) 現地の調達管理

現地調達管理要員は機材搬入、据付工事のため各メーカーから派遣される据付指導員を統括し、据付工事を円滑に進めることを求められる。据付工事の工程、品質、安全、原価の管理を行いながらポンプ場運転管理者とコンサルタント常駐監理者との間での打合せ、報告業務も実施する必要があるため当該業務に習熟した現地調達管理要員を配置する必要がある、表 3. 16 に示す。現地調達管理要員の負担の軽減を図るため現地雇用の調達管理補助要員を配置する。

表 3.16 現地における請負業者の管理体制

要員	現地 (人・月)	渡航 回数	派遣目的
現地調達管理要員	11.00	3	工事期間内の常駐管理統括
検査要員	0.23	1	瑕疵検査
合計	11.23	4	

(出典：調査団作表)

3.2.4.5 品質管理計画

調達機材の品質については機材仕様書で要求されている品質、性能について製品（工場）検査時および検収、引き渡し時に確認する。機械基礎コンクリート工の品質管理は表 3.17 の試験にて実施する。

表 3.17 品質管理計画

工種	管理項目	方法	基準
コンクリート工	コンクリート品質	練り混ぜ試験 スランブ試験 打ち込み温度測定 圧縮強度試験 空気量試験 骨材試験	JIS A 1138 JIS A 1101 JSCE ²⁰ （暑中・寒中 打設） JIS A1108 JIS A1118 JIS A1102 JIS A1103 JIS A1137
ノンシュリンク モルタルグラウト工	モルタル品質	圧縮強度試験 コンシステンシー試験	JIS A1108 JSCE-F541
鉄筋工	強度 配筋	引張試験、曲げ試験 配筋試験	JIS G3112 JSCE（曲げ、ピッチ、 帯筋、継ぎ手）

(出典：調査団作表)

3.2.4.6 資機材等調達計画

(1) 資機材の調達先

1) 労務

機材据付工事に携わる技術者、技能労働者（機械工、電工、溶接工等）および普通労働者は現地で調達するが、大型で特殊な機材据付となるので機器メーカーの据付指導員を派遣して現地作業員を指導、監督する。

2) 資機材

調達機材は日本もしくは第三国で調達する。調達機材の交換部品は必要と考えられ、更新機器に内蔵されている部品と同数量を供与する。完成・引き渡し時点で消耗品の取替時期を正確に予測するのは難しく、不測の事態に備えるため消耗品は2年分を供与する。

²⁰ Japan Society of Civil Engineers（公益社団法人土木学会）

3) 建設機械

現地に建設機械のリース専門会社は無いが、機材運搬・据え付けに必要な建設機械は現地の建設業者からリースできる。

上記現地状況を考慮し、本プロジェクトで使用する主要資機材の調達区分を表 3.18 に示す。

表 3.18 主要資機材の調達計画

	ヨルダン	日本	第三国
資機材名			
ポンプ（調達機材）		○	
モータ（調達機材）		○	○*
バルブ（調達機材）		○	○*
トラベリングスクリーン（調達機材）		○	○*
鏡板（調達機材）		○	
コンクリート（機械基礎用）	○		
ノンシュリンクモルタル（機械基礎用）		○	
鉄筋（機械基礎用）	○		
型枠材（合板、栈木）	○		
建設機械			
コンクリートブレーカ	○		
トラッククレーン	○		
クレーン装置付トラック	○		
トラック	○		
発動発電機	○		
空気圧縮機	○		

（出典：現地調査をもとに調査団作表）

*これら機材については、現在ザイ給水システムで日本製もしくは第三国製品が使われている。第三国製品の原産地国については十分検討を行う（OECD 加盟国、EU もしくは USA 等）。第三国製品調達可とするのは、本邦製品を排除する目的ではなく、競争入札を確保するための側面が大きい。

(2) 輸送計画

日本および第3国からの機材輸送は、長期間の海上輸送、港での荷揚げ、現場までの陸上輸送を考慮し、輸送中の品質劣化が懸念される機械・電気部品はケース梱包とする。ヨルダンにおける荷揚げ港は、アカバ港のみであり、輸入資機材はアカバ港で陸揚げ後、現場まで陸上輸送（約 400 km）することになる。

3.2.4.7 初期操作指導・運用指導等計画

ポンプ場における正しい運転操作及び維持管理は、安定した運転を確保する上で欠かせない重要なテーマである。日常の正しい操作と点検を励行すると共に、定期点検及び分解点検を行い、事故の防止を図らねばならない。そこで、表 3.19 に今回更新する機器の正しい操作方法について試運転を通して運転員に指導する内容を示し、表 3.20 に維持管理を含めた運用方法を示す。

表 3.19 更新機器の初期操作指導内容

施設名	機器名	初期操作指導
IPS	トラベリングスクリーン	手動操作にて起動停止が正しく行える事を確認する。また、その場合洗浄ポンプが連動して運転され、スクリーンによって掻き揚げられたゴミが洗い落とされ排出される事を確認する。また、スクリーン前後の水位差によって自動運転が行われる事を確認する。但し、試運転では疑似的に水位差を設定して行う事になる。以上の試運転作業を通じて運転員に正しい操作を指導する。
	縦軸斜流ポンプ、モータ	据付後試運転を実施し、所定の圧力及び流量が出ている事を確認し、振動、騒音、電流値などを測定して問題無い事を確認する。また、グランドパッキンからの漏れ量、中間軸受への注水なども確認する。軸受温度が一定になるまで連続運転を実施して軸受温度が許容値以内に収まる事も確認する。
PS1-4	横軸渦巻ポンプ、モータ	据付後試運転を実施し、所定の圧力及び流量が出ている事を確認し、振動、騒音、電流値などを測定して問題無い事を確認する。また、グランドパッキンからの漏れ量なども確認する。軸受温度が一定になるまで連続運転を実施して軸受温度が許容値以内に収まる事も確認する。
	吐出ヘッダー管	吐出ヘッダー管の末端部の鏡板については、新規交換後特に初期操作を指導することは無いので省略する。
PS5	横軸渦巻ポンプ、モータ	据付後試運転を実施し、所定の圧力及び流量が出ている事を確認し、振動、騒音、電流値などを測定して問題無い事を確認する。また、グランドパッキンからの漏れ量なども確認する。そして、軸受温度が一定になるまで連続運転を実施して軸受温度が許容値以内に収まる事も確認する。
	電動ボール弁	手動ハンドル及び手動スイッチにて全開全閉操作が正しく行える事を確認し、その際にリミットスイッチも正しく動作する事を確認する。また、ポンプの動作と連動して電動ボール弁も全開全閉動作が行われる事も確認する。
	チェッキ弁	チェッキ弁は新規交換後特に初期操作を指導する事は無いが、ポンプの運転及び停止によって弁体が正しく開閉する事を確認する。
	吐出ヘッダー管	吐出ヘッダー管の末端部の鏡板については、新規交換後特に初期操作を指導することは無いので省略する。

(出典：調査団作表)

表 3.20 更新機器の維持管理も含めた運用指導

施設名	機器名	運用指導
IPS	トラベリングスクリーン	1) 毎日点検する項目 ● 外観、振動、異常音の有無 2) 毎月点検する項目 ● 潤滑油の量及び質、メッシュスクリーンの状態、洗浄ポンプの状態、水位計の指示確認、自動運転システムの動作確認、警報など保護装置の動作確認 3) 毎年点検する項目 ● 必要に応じて潤滑油の交換、分解点検の実施 4) 運用に関わる注意事項 ● トラベリングスクリーンの設計容量は取水ポンプ 2 台分の取水量で計画されているため、取水ポンプ 4 台運転時にトラベリングスクリーン 2 台が運転される。従って、トラベリングスクリーンは 4 台中 2 台が常時運転されることから、号機によって運転時間が偏らない様に 4 台の均等運転を行う。
	縦軸斜流ポンプ、モータ	1) 毎日点検する項目 ● 外観、振動、異常音の有無、軸受温度、グランドパッキンからの漏れ

		量、中間軸受への注水、送水量、圧力計、電流計などの指針 2) 毎月点検する項目 - 軸受オイルの量及び質、グランドパッキンの摩耗、フローリレー、圧力スイッチ、温度スイッチなど保護装置の動作確認 3) 毎年点検する項目 - モータの絶縁抵抗、必要に応じて軸受オイルの交換、グランドパッキンの交換、分解点検の実施 4) 運用に関わる注意事項 - 中間軸受はゴム軸受のため吸水位が低い時に取水ポンプを始動するとドライ運転になり軸受が焼き付けを起こす可能性がある。従って、取水ポンプ始動時には吸水位と中間軸受への注水を確認して起動する必要がある。
PS1～4	横軸渦巻ポンプ、モータ	1) 毎日点検する項目 - 外観、振動、異常音の有無、軸受温度、グランドパッキンからの漏れ量、送水量、圧力計、電流計などの指針 2) 毎月点検する項目 - 軸受オイルの量及び質、グランドパッキンの摩耗、軸受冷却水の注水状態、温度スイッチなど保護装置の動作確認 3) 毎年点検する項目 - モータの絶縁抵抗、必要に応じて軸受オイルの交換、グランドパッキンの交換、分解点検の実施 4) 運用に関わる注意事項 - 導水ポンプの容量に対し送水先の調整槽の容量が小さいため調整槽の水位を維持すると導水ポンプの起動停止頻度が多くなりモータの寿命に影響を及ぼす。そこで、出来るだけ調整槽の水位幅を有効に使ってポンプの起動停止頻度を下げる必要がある。
PS5	横軸渦巻ポンプ、モータ	PS1～4の導水ポンプと同様
	電動ボール弁	1) 毎日点検する項目 - 外観点検 2) 毎月点検する項目 - 弁の開閉動作確認（手動又は連動） 3) 毎年点検する項目 - 開閉機構部の潤滑油の量及び質、リミットスイッチ、トルクスイッチなど保護装置の動作確認 4) 数年毎に点検する項目 - 必要に応じて潤滑油の交換、開閉機構部及び弁本体の分解点検の実施 5) 運用に関わる注意事項 - 基本的にポンプ吐出弁は全開か全閉状態で使用される。しかし、ポンプの送水量を調節する目的で弁開度を絞って運転するとキャビテーションが発生して弁体に壊食が発生する場合があるので注意が必要である。
	チェッキ弁	1) 毎月点検する項目 - 弁体の開閉動作確認 2) 毎年点検する項目 - リミットスイッチなどの保護装置の動作確認

（出典：調査団作表）

3.2.4.8 ソフトコンポーネント計画

ソフトコンポーネントは、無償資金協力にて調達された機材（ハードコンポーネント）を活用し相手国政府によって行われるプロジェクトを対象として、初期的に行うソフト面での協力であるが、今回調達される機材は既存機材の更新であることから、使用にあたって相手国側に十分な技術力があるため、検討の結果投入しない。O/M マニュアルは作成する。

表 3.21 实施工程表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
実施設計・契約工程	▼ コンサルタント契約																							
	実施設計																							
	入札図書 承認																							
	入札期間																							
	入札評価・契約																							

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
機材調達工程	ポンプ・モータ製作図作成・承認																							
	ポンプ・モータ製作																							
	ポンプ・モータ輸送																							
	ポンプ・モータ据付・試運転																							
	電動ボール弁、チェッキ弁製作図作成・承認・製作																							
	電動ボール弁、チェッキ弁輸送																							
	トラベリングスクリーン製作図作成・承認・製作																							
	トラベリングスクリーン輸送																							
	トラベリングスクリーン据付																							
	鏡板製作図作成・承認・製作																							
鏡板輸送																								
鏡板据付																								
機材検収・引渡																								

3.2.5 安全対策計画

3.3 相手国側分担事業の概要

3-26

表 3.22 相手国負担事業の概要

施工区分	
1. ポンプ据付工事	
(1) 試運転時の電力無償提供	
(2) 機材据付時、ポンプ場の天井クレーン無償使用	
(3) 機材据付前の準備（既存モータ 4 台の移設交換）	
2. 共通事項	
(1) 資材置き場の無償提供	
(2) 調達業者の現地管理用およびコンサルタントの現地監理用事務所の無償提供	
(3) コンクリートがら（70m ³ ）処分地の確保	
3. その他一般事項	
(1) 本プロジェクト（詳細設計と本体工事）実施に必要な許認可取得	
(2) 稼働中の沈砂池 2 池に鉄筋膨張が生じた場合、コンクリートの補修	
(3) 周辺住民の協力取得と交通規制についての必要な対策と処置	
(4) 日本側コンサルタント・請負業者への支払いに必要な銀行取極め（B/A）及び支払授權書（A/P）に伴う手数料の支払い	
(5) ヨルダンへ輸入する資機材のヨルダン港における迅速な荷下しに必要な措置と通関作業の実施	
(6) 本プロジェクトに必要な資機材調達及び役務に関連し、業務遂行のためにヨルダンへの入国及び滞在する日本人への便宜供与	
(7) 本プロジェクトに必要な資機材調達及び役務に対して、日本国法人及び日本人へのヨルダンで課せられる関税・国内税等の免税及び免税措置の実施	
(8) 無償資金協力で建設／調達された施設／機材の適切な使用・維持管理	
(9) 無償資金協力に含まれていない費用で、本プロジェクトの実施に必要な全ての費用の負担	

（出典：調査団作表）

3.4 プロジェクトの運営・維持管理計画

(1) 運営・維持管理体制

本プロジェクトは既存機材の更新である。機材数の増加はなく、Miyahuna も機材の取り扱いに習熟しているため、運営・維持管理要員の増員は必要ないと判断する。

(2) 主要な維持管理施設及び監視項目

本プロジェクトに関係する主要な機材を表 3.23 に示す。これらの管理項目は、既に Miyahuna が日常レベルで実施している内容であり、更新機材の維持管理は十分実施可能である。

表 3.23 主要な機材

機材名	数量		監理体制
ポンプ	更新	18 台	定期点検
モータ	更新	15 台	定期点検
トラベリングスクリーン	更新	4 箇所	定期点検
電動ボール弁	更新	3 台	定期点検
チェッキ弁	更新	4 台	定期点検

（出典：調査団作表）

(3) 定期点検項目

本プロジェクトで更新する機材の定期点検項目および点検時期を表 3.24 に示す。

表 3.24 機材の定期点検項目

機材名	点検項目	点検周期		
		毎日	毎月	毎年
ポンプ、モータ	・外観、振動、異常音の有無、軸受温度、グランドパッキンからの漏れ量、送水量、圧力計、電流計などの指針 ・軸受オイルの量及び質、グランドパッキンの摩耗、温度スイッチなど保護装置の動作確認 ・モータの絶縁抵抗、必要に応じて軸受オイルの交換、グランドパッキンの交換、分解点検の実施	○	○	○
トラベリングスクリーン	・外観、振動、異常音の有無 ・潤滑油の量及び質、メッシュスクリーンの状態、洗浄ポンプの状態、水位計の指示確認、自動運転システムの動作確認、警報など保護装置の動作確認 ・必要に応じて潤滑油の交換、分解点検の実施	○	○	○
電動ボール弁	・外観点検 ・弁の開閉動作確認（手動又は連動） ・開閉機構部の潤滑油の量及び質、リミットスイッチ、トルクスイッチなど保護装置の動作確認	○	○	○
チェッキ弁	・弁体の開閉動作確認 ・リミットスイッチなどの保護装置の動作確認		○	○

(出典：調査団作表)

3.5 プロジェクトの概略事業費

3.5.1 協力対象事業の概略事業費

(1) ヨルダン側負担経費

ヨルダン負担経費 JOD16 万（約 24 百万円）

① ポンプ試運転時電力費 JOD10 万（約 15 百万円）

② モータ交換費 JOD6 万（約 9 百万円）

(2) 積算条件

① 積算時点 : 令和元年 9 月

② 為替交換レート : 1US\$ = 108.57 円、1JOD=153.34 円

③ 施工調達期間 : 詳細設計、工事の期間は施工工程に示したとおり。

④ その他 : 積算は、日本国政府の無償資金協力の制度を踏まえて行うこととする。
 なお、本事業は予備的経費を想定した案件となっている。但し、予備的経費の適用及び経費率については外務省によって別途決定される。

3.5.2 運営・維持管理費

(1) 更新機器の維持管理費

更新機器の主要な維持管理項目はポンプ・モータの補修である。巡回監視、ポンプ・モータの補修は既に人員が配置されており、現行の人員体制で実施可能であるため人件費の増加はない。

また、その他支出にあたる材料費・消耗品費は、事業実施後であるため発生しないことから、増加はない。

Miyahuna の財務諸表を見ると、2017 年度までは黒字経営を続けてきたが、2018 年度は赤字になり、営業費も賄うことができなかった。これは電気料金の値上がりによるものであったが、この先も同じ傾向が続くと考えられる。本事業の実施により、完成後は 1,543,422JOD の電力費の減少が見込まれるが、現在及びこの先も続くと思われる赤字を埋めるほどの効果はない。つまり事業実施後も赤字の状況は続くと考えられる（「(2) 次回更新費用のための方策」の ii) 本事業あり、料金値上げなしの損益収支将来予測を参照）。Miyahuna が赤字になった場合の負担は WAJ が行っている。この先も、Miyahuna の収入増加、支出削減努力にも関わらず電気料金といった外部要因により赤字が続く場合は、WAJ の負担により運営維持管理費が引き続き捻出される。

一方、Miyahuna は本来であれば独立採算の会社であり、赤字を続け政府から補助を受けることは好ましくないとした場合、「(2) 次回更新費用のための方策」にある料金値上げを実施し、この先数年は赤字を続けたとしても 2022 年頃からは黒字化し、維持管理費が捻出できる体制を整える必要がある。経営の健全性を考慮し、こちらを強く提言する。

(2) 次回更新費用のための方策

今回のポンプ・モータ等の更新は日本政府による無償資金協力により実施するが、次回以降の更新はヨルダン側で実施すべきことである。次回更新を 20 年後とすると、それまでにポンプとモータの更新だけであるならば***億円、スクリーン・鏡板等を含む本事業全体とするならば***億円を確保する必要がある。年間ベースでは**億円～**億円（**万 JOD～**万 JOD）の積み立てが必要となる。次回更新費用は WAJ もしくは Miyahuna が負担するであろうことから、それぞれの損益収支の将来予測を行い、更新費用の積み立てが可能か、不可能であれば料金の値上げについて、値上げ幅、値上げ時期の検討を行った。

1) Miyahuna 損益収支将来予測

計画目標年次 2023 年から次回更新となる 2043 年までの Miyahuna の損益収支の将来予測を、(1) 本事業なし、料金値上げなし、(2) 本事業あり、料金値上げなし、(3) 本事業あり、料金値上げありの 3 パターンで行った。予測の前提根拠は以下である。

- 営業収益
 - 上下水道料金は無収水率の削減により平均年 1.1%増加
 - その他収益は過去平均増加率から過去平均インフレ率を考慮
- 人件費、薬品費
 - 過去平均増加率から過去平均インフレ率を考慮
- 電気代

過去平均の電力消費量を使用（本事業ありの場合は本事業実施による電力消費量削減効果を考慮）

i) 本事業なし、料金値上げなし

表 3.26 の通り、現在の料金設定のままでは営業費用ですらまかなうことができず、毎年赤字額が増えていくことになる。2043 年において、次回更新費の積み立ては不可能である。

ii) 本事業あり、料金値上げなし

本事業のみを実施した場合の将来予測を表 3.27 に示す。2023 年以降は電力費が削減（年間 1.54 百万 JOD（約 2.4 億円相当））される。ザイシステムの年間電力量は本事業の実施により、6 ポンプ場で 7.1% の削減が可能になる。年間 1.54 百万 JOD の効果はかなり大きいと考えるが、Miyahuna の電力消費の内、ザイシステムが占めるのは約 57% であるため、Miyahuna の収支から考えると影響が限定的になっている。さらに Miyahuna の電力使用量は年平均 3% 増加する（都市水施設のための戦略的マスタープラン 2016（Strategic Master Plan for Municipal Water Infrastructure 2016））と予測されており、本事業による電力費削減の効果を相殺している。2020 年～2027 年の累積は 2.48 億 JOD の赤字となる。本事業なしと比較すると 0.09 億 JOD の削減効果があり、14 億円に相当する。しかし料金を改定しない限り、常に収支は赤字となり、2043 年において次回更新費の積み立ては不可能である。

iii) 本事業あり、料金値上げあり

次回更新費用に必要な***億円が 2043 年（プロジェクト完了後 20 年後を想定）までに積み立てられるよう、料金値上げ率を検討した。2043 年に***億円を積み立てるには、2020 年の料金収入を***倍に増やす必要がある。料金は収支の赤字が予想される年に段階的に値上げをすることとし、使用水量クラスごとの値上げ率を表 3.25 に示す。値上げ後の水道料金が所得の 4% に収まるか、顧客にとって支払い可能額の範囲内に収まっているかもあわせて検証した。

表 3.25 使用水量クラスごとの値上げ率案

クラス (m ³ /四半期)	2021	2023	2025	2033
0-18	0%	0%	0%	0%
19-36	7%	5%	5%	5%
37-54	15%	11%	9%	8%
55-72	15%	17%	13%	10%
73-90	20%	20%	17%	10%
91-126	22%	20%	20%	12%
>127	25%	25%	20%	12%

（出典：調査団作表）

明文化されたものではないが、WAJ は最小消費クラス（4 半期で 18m³ まで）を低所得層向けとし、固定金額かつ低料金とする方針であることから、それを尊重し最小消費クラスの値上げを避ける方向とした。なお、全顧客の約 30% がこの最小消費クラスに入っている。続く 19m³～36m³

のクラスは約 30%が該当し、年平均 85.6JOD を支払っている。2043 年には 140JOD ほどになる想定だが、このクラスの年収は年収分布の割合から推測すると 7,500JOD 以上と考えられ、水道料金の負担は約 1.9%であり、一般的支払い可能額（所得の 4%）を考えると十分支払い可能と考えられる。

37m³以上については毎回 10%以上の値上げを想定した。アンマン県の平均家族数は 4.5 人であり、4 半期で 37m³以上を使用する家庭は一人あたり一日 90L を消費している。ヨルダンの平均水使用料一人あたり一日 61L（NWS 2016-2025）より 1.5 倍を消費し、さらに所得分布を考えると年平均 10,000JOD 以上と考えられる。平均 146JOD から 2043 年には 290JOD に水料金が增加するが、支払い可能額を考えると十分支払い可能と考えられる。それ以上の消費クラスでも同様である。

2020 年～2043 年の累積は***JOD の黒字となり、これは***億円に相当し、次回の更新費用を賄うに十分である。Miyahuna は黒字の際には財政黒字法により財務省に納め、赤字の際には WAJ により補填されており、Miyahuna 内で赤字・黒字を累積することができない。しかし赤字・黒字とも Miyahuna 内で累積できるようになれば、4 回に渡る料金値上げにより次回更新費を積み立てることが可能である。

赤字は WAJ に補填してもらい黒字になった際に剰余金を積み立てる場合は、表 3.25 の 2021～2025 年の 3 回に渡る値上げによる収入増加で更新費用を確保することが可能となる。

表 3.26 Miyahuna将来予測表
(本事業なし、料金値上げなし)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
収入	145,435,202	146,594,084	147,764,831	148,947,574	150,142,441	151,349,564	152,569,077	153,801,114	155,045,811	156,303,305
上下水道料金収入	96,445,699	97,506,602	98,579,174	99,663,545	100,759,844	101,868,203	102,988,753	104,121,629	105,266,967	106,424,904
その他収入	48,989,503	49,087,482	49,185,657	49,284,028	49,382,596	49,481,362	49,580,324	49,679,485	49,778,844	49,878,402
支出										
給与・賃金	12,909,440	13,322,542	13,748,863	14,188,827	14,642,870	15,111,441	15,595,007	16,094,048	16,609,057	17,140,547
薬品費	4,096,421	4,227,506	4,362,787	4,502,396	4,646,473	4,795,160	4,948,605	5,106,960	5,270,383	5,439,035
電気・燃料費	85,674,040	92,723,507	94,948,871	97,227,644	99,561,108	101,950,574	104,397,388	106,902,925	109,468,596	112,095,842
その他支出	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443
営業費合計	145,868,344	153,461,999	156,248,964	159,107,310	162,038,893	165,045,618	168,129,443	171,292,376	174,536,479	177,863,867
営業利益/損失	-433,142	-6,867,915	-8,484,133	-10,159,737	-11,896,452	-13,696,054	-15,560,366	-17,491,262	-19,490,668	-21,560,562
減価償却費	6,013,238	6,374,032	6,756,474	7,161,863	7,591,574	8,047,069	8,529,893	9,041,687	9,584,188	10,159,239
返済利息	17,833	17,782	17,779	17,737	17,337	16,169	14,307	12,332	10,356	8,280
ローン支払い	0	0	61,412	562,608	2,296,387	4,367,407	4,798,308	4,798,283	4,798,283	4,798,283
その他支出	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714
税引き前利益	-12,143,927	-18,939,443	-20,999,512	-23,581,658	-27,481,465	-31,806,413	-34,582,589	-37,023,278	-39,563,209	-42,206,079

(出典：調査団作表)

表 3.27 Miyahuna将来予測表
(本事業あり、料金値上げなし)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
収入	145,435,202	146,594,084	147,764,831	148,947,574	150,142,441	151,349,564	152,569,077	153,801,114	155,045,811	156,303,305
上下水道料金収入	96,445,699	97,506,602	98,579,174	99,663,545	100,759,844	101,868,203	102,988,753	104,121,629	105,266,967	106,424,904
その他収入	48,989,503	49,087,482	49,185,657	49,284,028	49,382,596	49,481,362	49,580,324	49,679,485	49,778,844	49,878,402
支出										
給与・賃金	12,909,440	13,322,542	13,748,863	14,188,827	14,642,870	15,111,441	15,595,007	16,094,048	16,609,057	17,140,547
薬品費	4,096,421	4,227,506	4,362,787	4,502,396	4,646,473	4,795,160	4,948,605	5,106,960	5,270,383	5,439,035
電気・燃料費	85,674,040	92,723,507	94,948,871	97,227,644	99,561,108	101,950,574	104,397,388	106,902,925	109,468,596	112,095,842
その他支出	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443
営業費合計	145,868,344	153,461,999	156,248,964	159,107,310	162,038,893	165,045,618	168,129,443	171,292,376	174,536,479	177,863,867
営業利益/損失	-433,142	-6,867,915	-8,484,133	-10,159,737	-11,896,452	-13,696,054	-15,560,366	-17,491,262	-19,490,668	-21,560,562
減価償却費	6,013,238	6,374,032	6,756,474	7,161,863	7,591,574	8,047,069	8,529,893	9,041,687	9,584,188	10,159,239
返済利息	17,833	17,782	17,779	17,737	17,337	16,169	14,307	12,332	10,356	8,280
ローン支払い	0	0	61,412	562,608	2,296,387	4,367,407	4,798,308	4,798,283	4,798,283	4,798,283
その他支出	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714
税引き前利益	-12,143,927	-18,939,443	-20,999,512	-23,581,658	-27,481,465	-31,806,413	-34,582,589	-37,023,278	-39,563,209	-42,206,079

(出典：調査団作表)

表 3.28 Miyahuna 将来予測表（本事業あり、料金値上げあり）

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
収入	145,435,202	146,594,084	147,764,831	163,897,105	165,256,417	184,202,059	185,782,950	205,281,450	207,092,431	208,922,438	210,771,679	212,640,364	214,528,705
上下水道料金収入	96,445,699	97,506,602	98,579,174	114,613,077	115,873,821	134,720,698	136,202,625	155,601,965	157,313,587	159,044,037	160,793,521	162,562,250	164,350,434
その他収入	48,989,503	49,087,482	49,185,657	49,284,028	49,382,596	49,481,362	49,580,324	49,679,485	49,778,844	49,878,402	49,978,158	50,078,115	50,178,271
支出													
給与・賃金	12,909,440	13,322,542	13,748,863	14,188,827	14,642,870	15,111,441	15,595,007	16,094,048	16,609,057	17,140,547	17,689,045	18,255,094	18,839,257
薬品費	4,096,421	4,227,506	4,362,787	4,502,396	4,646,473	4,795,160	4,948,605	5,106,960	5,270,383	5,439,035	5,613,084	5,792,703	5,978,069
電気・燃料費	85,674,040	92,723,507	94,948,871	97,227,644	99,561,108	100,407,152	102,853,966	105,359,503	107,925,174	110,552,420	113,242,720	115,997,588	118,818,572
その他支出	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443
営業費合計	145,868,344	153,461,999	156,248,964	159,107,310	162,038,893	163,502,196	166,586,021	169,748,954	172,993,057	176,320,445	179,733,292	183,233,827	186,824,341
営業利益/損失	-433,142	-6,867,915	-8,484,133	4,789,795	3,217,524	20,699,863	19,196,928	35,532,496	34,099,374	32,601,993	31,038,387	29,406,537	27,704,364
減価償却費	6,013,238	6,374,032	6,756,474	7,161,863	7,591,574	8,047,069	8,529,893	9,041,687	9,584,188	10,159,239	10,768,793	11,414,921	12,099,816
返済利息	17,833	17,782	17,779	17,737	17,337	16,169	14,307	12,332	10,356	8,280	5,969	2,733	508
ローン支払い	0	0	61,412	562,608	2,296,387	4,367,407	4,798,308	4,798,283	4,798,283	4,798,283	4,798,283	4,798,283	4,318,044
その他支出	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714
税引き前利益	-12,143,927	-18,939,443	-20,999,512	-8,632,126	-12,367,488	2,589,505	174,706	16,000,481	14,026,833	11,956,476	9,785,628	7,572,271	5,606,282
2020年以降の累積			-20,999,512	-29,631,638	-41,999,126	-39,409,622	-39,234,916	-23,234,435	-9,207,601	2,748,875	12,534,502	20,106,773	25,713,055

	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
収入	216,436,917	218,365,215	236,787,706	238,938,051	241,111,142	243,307,225	245,526,554	247,769,381	250,035,984	252,326,560	254,641,434	256,980,851	259,345,077
上下水道料金収入	166,158,289	167,986,030	186,307,763	188,357,148	190,429,077	192,523,797	194,641,558	196,782,615	198,947,224	201,135,644	203,348,136	205,584,965	207,846,400
その他収入	50,278,627	50,379,185	50,479,943	50,580,903	50,682,065	50,783,429	50,884,996	50,986,766	51,088,739	51,190,917	51,293,299	51,395,885	51,498,677
支出													
給与・賃金	19,442,113	20,064,261	20,706,317	21,368,919	22,052,725	22,758,412	23,486,681	24,238,255	25,013,879	25,814,323	26,640,382	27,492,874	28,372,646
薬品費	6,169,368	6,366,787	6,570,525	6,780,781	6,997,766	7,221,695	7,452,789	7,691,278	7,937,399	8,191,396	8,453,521	8,724,033	9,003,202
電気・燃料費	121,707,260	124,665,276	127,694,285	130,795,990	133,935,093	137,149,536	140,441,125	143,811,712	147,263,193	150,797,509	154,416,649	158,122,649	161,917,593
その他支出	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443	43,188,443
営業費合計	190,507,183	194,284,767	198,159,570	202,134,133	206,174,028	210,318,086	214,569,038	218,929,688	223,402,914	227,991,672	232,698,995	237,527,999	242,481,884
営業利益/損失	25,929,733	24,080,448	38,628,136	36,803,918	34,937,114	32,989,140	30,957,516	28,839,693	26,633,050	24,334,889	21,942,440	19,452,851	16,863,193
減価償却費	12,825,805	13,595,354	14,411,075	15,275,739	16,192,284	17,163,821	18,193,650	19,285,269	20,442,385	21,668,928	22,969,064	24,347,208	25,808,040
返済利息	508	508	508	508	508	508	508	508	508	508	508	508	508
ローン支払い	4,318,044	4,318,044	4,318,044	4,318,044	4,318,044	4,318,044	4,318,044	4,318,044	4,318,044	4,318,044	4,318,044	4,318,044	4,318,044
その他支出	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714	5,679,714
税引き前利益	3,105,662	486,829	14,218,796	11,529,913	8,745,565	5,827,054	2,765,601	-443,841	-3,807,601	-7,332,305	-11,024,890	-14,892,622	-18,943,113
2020年以降の累積	28,818,718	29,305,546	43,524,342	55,054,255	63,800,819	69,627,873	72,393,474	71,949,633	68,142,032	60,809,727	49,784,837	34,892,215	15,949,102

（出典：調査団作表）

2) WAJ 損益収支将来予測

i) 前提条件

a) NRW 率の削減

MWS 2016-2025 において、2025 年までに NRW 率を 25%とする目標を掲げており、都市水施設のための戦略的マスタープラン 2015 (Strategic Master Plan for Municipal Water Infrastructure 2015) においても同様としている。以下のシミュレーションにおいても 25%を目標とし、段階的（毎年 2%の削減、30%以降は毎年 1%の削減）に引き下げていく計画とした。

b) 徴収率の改善

徴収率が 90%に達していない 5 県（マダバ県、バルカ県、カラック県、タフィーラ県、マーン県）の徴収率を 90%に改善する。

c) 料金値上げ

WAJ の収入増加のための方策として、①商業的損失（盗水、水道メータ誤差等）の削減、②徴収率の増加、③上下水道料金の値上げを挙げており料金の値上げは避けられないとの考えである。値上げ率については、水道料金の一般的な支払い可能額（所得の 4%）以下となるよう、さらに段階値上げの期間を 5 年おきとし、2021 年 19%、2026 年 15%、2031 年 15%とした。ただし最小消費クラス（4 半期で 18m³まで）は低所得層向けとし、値上げは行わない。

d) 予算確保済みのアクションプランの実施

水セクター損失を減少するための構造的ベンチマークアクションプラン 2016 (Structural Benchmark Action Plan to Reduce Water Sector Losses, 2016) 記載のアクションプランの内、予算が確保されているものについては実施されると想定し、その効果を予測に組み入れた。

ii) 将来予測結果

次回更新は 20 年後であるが、表 3.29 の通り更新が予定される 2043 年においても、WAJ の収支は改善されず赤字のままである。しかしながら、営業収支については、料金値上げの効果から、2026 年から 2035 年頃までは黒字となるが、それ以降は赤字となる。将来電気代が値上げされることがあれば、状況はさらに悪化する。

WAJ は 2009 年までは営業費用をカバーすることができていたが、2010 年の電気料金の値上げとシリア難民の流入によりそれ以降はカバーできていない。NWS 2016-2025 において、2020 年までに WAJ の営業費用を回収できるようアクションプランを立てていることから、営業収支の黒字化は可能であるが、全体収支の黒字化は遠い道のりである。

WAJ の努力だけでは水道事業を継続することはできず、ましてや将来の投資費用を捻出することは不可能であり、従来通り政府の補助金及び外国からの支援に依存せざるを得ない。

表 3.29 WAJ 将来予測

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
収入															
上下水道料金収入	212,552,833	257,922,547	258,155,307	265,949,794	265,949,794	271,686,462	330,133,524	336,960,158	343,786,793	350,613,427	357,440,062	418,183,526	421,747,253	425,310,980	428,874,707
その他収入	20,338,762	24,803,756	36,219,533	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163
収入合計	232,891,595	282,726,303	294,374,840	311,558,957	311,558,957	317,295,625	375,742,687	382,569,321	389,395,956	396,222,590	403,049,225	463,792,689	467,356,416	470,920,143	474,483,870
支出															
給与・賃金	73,054,433	75,787,134	78,420,111	78,194,251	79,758,136	81,353,299	82,980,365	84,639,972	86,332,771	88,059,427	89,820,615	91,617,028	93,449,368	95,318,356	97,224,723
電気・燃料費	120,698,286	124,033,304	130,610,481	166,744,277	171,746,605	176,899,003	182,205,974	187,672,153	190,331,595	196,041,543	201,922,790	207,980,473	214,219,887	220,646,484	227,265,879
その他支出	63,565,408	118,541,665	122,092,185	111,315,003	113,541,303	115,812,129	118,128,372	120,490,939	122,900,758	125,358,773	127,865,949	130,423,268	133,031,733	135,692,368	138,406,215
支出合計	257,318,127	318,362,103	331,122,777	356,253,531	364,046,044	368,064,431	371,911,666	375,224,064	378,565,125	381,899,950	385,229,264	388,568,769	391,908,191	395,247,213	398,586,816
営業利益/損失	-24,426,532	-35,635,800	-36,747,937	-44,694,574	-16,907,068	-22,859,012	5,908,977	-2,641,743	-10,169,169	-13,237,153	-16,560,129	33,771,920	26,655,427	19,262,936	11,587,054
減価償却	171,627,963	137,014,014	133,877,103	118,729,487	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557
返済利息	41,369,917	49,030,293	60,116,678	69,590,787	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748
その他支出	-33,250,606	8,689,044	37,331,923	9,366,020	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984
支出合計	437,065,401	513,095,454	562,448,481	553,939,825	553,679,314	562,704,925	591,299,999	605,714,353	612,476,414	622,371,032	632,520,642	642,932,057	653,612,278	664,568,496	675,808,105
税引き前利益	-204,173,806	-230,369,151	-268,073,641	-242,380,868	-229,818,357	-235,770,301	-207,002,312	-215,553,032	-223,080,458	-226,148,442	-229,471,418	-179,139,369	-186,255,862	-193,648,353	-201,324,235

	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
収入														
上下水道料金収入	432,438,435	501,266,852	503,926,350	503,926,350	503,926,350	503,926,350	503,926,350	503,926,350	503,926,350	503,926,350	503,926,350	503,926,350	503,926,350	503,926,350
その他収入	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163	45,609,163
収入合計	478,047,598	546,876,015	549,535,513	549,535,513	549,535,513	549,535,513	549,535,513	549,535,513	549,535,513	549,535,513	549,535,513	549,535,513	549,535,513	549,535,513
支出														
給与・賃金	99,169,217	101,152,602	103,175,654	105,239,167	107,343,950	109,490,829	111,680,646	113,914,258	116,192,544	118,516,395	120,886,722	123,304,457	125,770,546	128,285,957
電気・燃料費	234,083,855	241,106,371	248,339,562	255,789,749	263,463,441	271,367,344	279,508,365	287,893,615	296,530,424	305,426,337	314,589,127	324,026,801	333,747,605	343,760,033
その他支出	141,174,339	143,997,826	146,877,782	149,815,338	152,811,645	155,867,878	158,985,235	162,164,940	165,406,239	168,716,404	172,090,732	175,532,546	179,043,197	182,624,061
支出合計	474,427,411	486,256,798	498,392,998	510,844,253	523,619,036	536,726,051	550,174,245	563,972,814	578,131,206	592,659,135	607,866,581	622,863,804	638,561,348	654,670,051
税引き前利益	3,620,186	60,619,217	51,142,515	38,691,259	25,916,477	12,809,462	-638,733	-14,437,301	-28,595,694	-43,123,622	-58,031,068	-73,328,291	-89,025,835	-106,134,538
営業利益/損失	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557	103,897,557
減価償却	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748	67,623,748
返済利息	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984	41,389,984
その他支出	687,338,700	699,168,087	711,304,287	723,755,542	736,530,325	749,637,340	763,085,534	776,884,103	791,042,495	805,570,424	820,477,870	835,775,093	851,472,637	867,581,340
支出合計	-209,291,103	-152,292,072	-161,768,774	-174,220,030	-186,994,812	-200,101,827	-213,550,022	-227,348,590	-241,506,983	-256,034,911	-270,942,357	-286,239,580	-301,937,124	-318,045,827

(出典：調査団作表)

3) 次回更新のための方策

水道施設の主要な投資については WAJ が担当であることから、WAJ が将来のポンプ場更新費用を捻出することとなるが、上述の無収水率の削減、徴収率の改善、料金の値上げ等を実施したとしても、収支は赤字であり更新費用の担保は不可能な状況である。Miyahuna は本事業の実施による電気代の削減及び料金値上げにより黒字化する見込みではあるが、その黒字は財政黒字法 (Surplus Law) により財務省に納めるよう義務付けられており、剰余金を積立てし将来の投資へ回すことができない。

次回更新の財源の確保のためには、以下のような方策が考えられる。

- Miyahuna の収支が黒字になった際には、その剰余金を将来の設備投資のために積み立てられるようにする。将来予測では 4 回の料金値上げで累積剰余金を確保できれば次回更新費用は捻出可能となる。赤字は従来通り WAJ により補填し、黒字になった際にその剰余金を積み立てることが可能であれば 3 回の料金値上げでも捻出可能である。
 - ✓ ただしこのためには財政黒字法 (Surplus Law) により剰余金を財務省に納めずにすむよう、法律の改正及び関係機関との合意形成が必要。
 - ✓ 料金の段階的な引き上げが必須。
 - ✓ 将来さらに電気料金が上がる場合には水道料金の調整が必要。
- WAJ の営業収支が黒字になった際に、毎年一定の金額を将来の設備投資のために積み立てられるようにする。黒字の際に毎年 100 万 JOD ほど積み立てていければ確保が可能。
 - ✓ 収支が赤字の中、営業黒字を積立目的で確保することができるよう、法整備及び合意形成が必要。
 - ✓ 料金の段階的な引き上げが必須。
 - ✓ 将来さらに電気料金が上がる場合には水道料金の調整が必要。

第4章 プロジェクトの評価

4.1 事業実施のための前提条件

(1) 相手側負担工事实施のための予算措置

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

(2) 免税措置

プロジェクト活動に関連して課される売上税（VAT）、関税、および他のいかなる税や財政課徴金などの免除は、ヨルダン側が保証する。WAJ は非課税のために必要な手続きを取るが、もし、免税が確保されない場合には、税金のコストは WAJ が負担する必要がある。

4.2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項

(1) 相手国負担工事の確実な実施

相手国負担工事である、ポンプ据付工事における試運転時の電力無償提供、機材据付時ポンプ場の天井クレーン無償使用、機材据付前の準備（既存モータ 4 台の交換）や資材置き場の無償提供は、WAJ の脆弱な財務基盤を考慮に入れても、充分に対応可能な負担と考えられる。プロジェクトが問題なく完了するためには相手国の負担が確実に実施されることが必要である。

4.3 外部条件

本プロジェクト全体計画の達成のための外部条件を以下に示す。

(1) ヨルダン国内の政治・治安情勢

ヨルダン周辺の中東情勢は不安定な要素も多く、今後周辺国の戦乱、それに伴う難民の流入、ヨルダン国内の治安情勢について不明瞭な点も多い。プロジェクトを完了するためには、ヨルダン国内の治安情勢が極度に悪化しないことが必要である。

(2) 給電の継続実施

現在 JEPCO により行われているザイ給水システムへの給電が継続して行われる必要がある。

4.4 プロジェクトの評価

4.4.1 妥当性

(1) 裨益対象および人口

裨益対象はアンマン県であり、アンマン県人口 504.6 万人 (2026 年推定値) が裨益人口となる。

(2) プロジェクトの目標と BHN、民生の安定や住民の生活改善

本プロジェクトは、ザイ給水システムの設備・機材を更新する計画とし、給水量の減少及び水質の低下を防ぎ、さらに機材の運転効率の改善や運転費用の削減を図ることを目標とし、これによりベーシック・ヒューマン・ニーズ (BHN) の充足に貢献するものである。

(3) 中長期開発計画の目標達成に資する

ヨルダン国の中長期計画である「国家水戦略」では、全てのヨルダン人へ安全で豊富な水を供給していく方針であり、本プロジェクトは、機材を更新してアンマンへの水供給が停止しないことにより、中長期計画の目標達成に資する。

(4) 我が国の援助政策・方針との整合性

対ヨルダンの国別開発協力方針 (2016 年 9 月) の重点課題として「自立的・持続的な経済成長の後押し」が掲げられ、対ヨルダン JICA 国別分析ペーパー (2015 年 3 月) では「気候変動対策と資源の持続的な活用・管理」を重点課題として分析しており、本事業はこれら方針、重点課題に合致する。また本プロジェクトは、水道サービスの改善や持続的な管理、安全かつ強靱で持続可能な都市の実現に資するものであり、SDGs ゴール 6 及びゴール 11 に貢献するため、事業の実施を支援する必要性は高い。かつ、シリア難民流入による急激な人口増加のため、アンマン都市圏への給水を含む公共サービスにかかる財政負担が増加しており、人道的観点からも、本事業を迅速に実施する意義は大きい。

4.4.2 有効性

(1) 定量的効果

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 4.1 のとおりである。現況及び 2026 年におけるプロジェクトの有無により期待される効果を示す。

表 4.1 プロジェクトの定量的効果

指標名	基準値 (2019 年)	目標値 (2026 年)
ザイ給水システムにより供給される水量 1m ³ あたりの電力消費量(kWh/m ³) ²¹	5.10	4.91
年間あたりの温室効果ガス (GHG) 排出量 (Mt-CO ₂ /year) ²²	191.97	185 以下

(出典：調査団作表)

²¹ 添付資料 18 「ザイ給水システムにより供給される水量 1m³あたりの電力消費量」に詳細記載

²² 添付資料 16 「年間あたりの温室効果ガス排出量 基準値・目標値」に詳細記載

(2) 定性的効果

ザイ水道システムのポンプの故障や修理に伴う揚水量低下の防止により、同システムから将来にわたり安定した給水が確保できることから、将来の市民の生活環境の保全に寄与する。

4-4-3 結論

本プロジェクトは、広く住民の BHN の向上及び民生の安定に寄与し、シリア難民支援、当国水セクターの開発政策に合致しており、妥当性は高い。更に効果として、機材の運転効率の改善や運転費用の削減が見込まれている。以上の内容により、本案件の妥当性は高く、また有効性が見込まれると判断される。

