

ヨルダン

2019 年度 外部事後評価報告書

無償資金協力「上水道エネルギー効率改善計画」

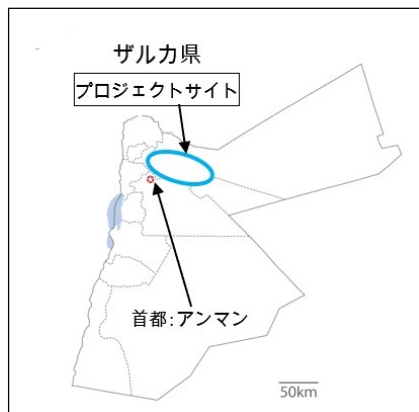
外部評価者：オクタヴィアジャパン株式会社 稲澤 健一

0. 要旨

本事業は、ヨルダン首都アンマン北東に位置するザルカ県のアズラック、ハラバット、ザルカの 3 ポンプ場において、ポンプ施設の運転効率の改善及び送配水に係る消費エネルギー節減による対象地域における送配水の安定化及び給水状況の改善を図るために、ポンプ設備及び送配水管機材の調達・据付・敷設、ポンプ設備の運転・維持管理指導及び送水システムの運営指導にかかる技術支援を行った。開発政策に関して、ヨルダン政府が策定した「国家アジェンダ 2006-2015」、「生活のための水（Water for Life）：ヨルダンの水戦略 2008-2022」等では、水セクター及び気候変動対策や安全な飲料水供給、持続的な水資源利用等が重要な課題として位置づけられている。また、ザルカ県を含むヨルダン全体において、一人あたりの給水量/日は制限されており、水資源の開発、配水網の拡張、ポンプ場の設備更新に対するニーズが確認されている。加えて、日本の援助政策との整合性も確認されることから、妥当性は高い。効率性に関して、アウトプットと事業費はおおむね計画どおりであったが、事業期間は主にヨルダン側負担の施工業者の選定・決定に時間を要したこと、残余金の活用による送水管敷設工事、貯水池の砂対策及び改良等が実施されたことにより当初計画を超過したため、効率性は中程度である。定量的効果指標である「ポンプの効率」「電力使用量の削減」に関して、本事業実施により目標どおりの実績を達成している。「電気料金削減額」は目標値以上を達成しているが、背景には国内の電気料金の上昇が大きく作用している。また、定性インタビュー調査を通じて、消費エネルギー（電気料金）の節減、ポンプ施設・設備の運営・維持管理を担う職員の技術力向上、安定した給水及び配水の改善に寄与していること、環境負荷の低減に寄与していることが確認できた。以上を踏まえると、有効性・インパクトは高いと考えられる。本事業で整備されたポンプ場設備等の運営・維持管理を担うミヤフナ社の体制面・技術面・財務面に特に懸念はない。その他の施設・機材の運営・維持管理状況にも特に問題は生じていない。したがって、本事業の実施によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図



本事業により整備されたポンプ施設
(ザルカポンプ場)

1. 1 事業の背景

ヨルダンの国土は砂漠地帯に属し、全国的に蒸発散量が著しい。本事業開始前、飲料水の確保が困難になることが将来予測されていた。国民の生活用水も少なく、水資源の有効・公平な利用は重要課題とされていた。ザルカ県では、一人当たり給水量は約 140ℓ/日と非常に少なく、同県の上水道施設ではポンプの老朽化や不適切な維持管理等により、故障の頻発や送配水能力が低下していた。また、同国では電力のほぼ全量を火力発電に依存しているため、老朽化した非効率なポンプの運転は電力消費を増大させるだけでなく、温室効果ガスの排出量増加も懸念されていた。そのため、既存ポンプ設備の交換、維持管理の改善を通じて、効率的なポンプ運転の実現が急務であった。

1. 2 事業の概要

アズラック、ハラバット、ザルカの 3 ポンプ場において、ポンプ設備及び送配水管機材の調達・据付・敷設、ポンプ設備の運転・維持管理指導及び送水システムの運営指導にかかる技術支援を行うことにより、ポンプ場の運転効率の改善及び送配水に係る消費エネルギー節減による対象地域における送配水の安定化及び給水状況の改善を図り、もって二酸化炭素の排出量の削減（気候変動緩和策）に寄与する。

供与限度額/実績額	1,132 百万円 / 1,109 百万円
交換公文締結/贈与契約締結	2010 年 2 月 / 2010 年 2 月（当初）2013 年 10 月（修正 ¹ ）

¹ 残余金発生によるロット 3（送水管敷設工事、貯水池の砂対策及び改良等）が実施されることになったため、贈与契約に修正が生じた時期を示す。

実施機関		ヨルダン水道庁 (Water Authority of Jordan; 以下「WAJ」という)
事業完成		2014 年 2 月
案件従事者	本体	株式会社クボタ（日本）、Emar Jordan Building Materials（ヨルダン）、大日本土木株式会社（日本）
	コンサルタント	株式会社協和コンサルタンツ
	調達代理機関	一般財団法人日本国際協力システム
協力準備調査		2009 年 2 月～11 月（協力準備調査）
関連事業		[無償資金協力] ・「ザルカ地域上水道施設改善計画」（交換公文締結年は 2003 年（第 1 期）、2004 年（第 2 期）） ・「第 2 次ザルカ地区上水道施設改善計画」（交換公文締結年は 2006 年、2007 年、2008 年）

2. 調査の概要

2. 1 外部評価者

稲澤 健一（オクタヴィアジャパン株式会社）

2. 2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2019 年 9 月～2020 年 11 月

現地調査：2020 年 1 月 3 日～18 日

3. 評価結果（レーティング：A²）

3. 1 妥当性（レーティング：③³）

3. 1. 1 開発政策との整合性

本事業計画時、ヨルダン政府は包括的な国家戦略である「国家アジェンダ 2006-2015」を策定し、その中で水セクター及び気候変動対策を国家における重要な課題と位置付けていた。また、同政府は水道関連事業体の事業戦略計画である「戦略計画 2007-2012」を策定し、水需要と供給のギャップや無収水率の改善など諸施策や気候変動対策を喫緊の課題として

² A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

³ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

掲げ、温室効果ガスの排出削減と経済成長の両立を目指していた。

事後評価時、ヨルダン政府は「国家水戦略 2016-2025」を策定し、その中で上下水道サービス提供分野において水道組織の役割を高め、民間セクターの活用等により上水供給体制の効率的な運営を目指している。また、同政府は「水セクター資本投資計画 2016-2025」を策定し、不足している水を効率的、効果的かつ持続的に管理することを目指している。さらに同政府は、「生活のための水（Water for Life）：ヨルダンの水戦略 2008-2022」を策定し、安全な飲料水供給、持続的な水資源利用、気候変動への対応・適応等を目標に掲げ、取り組むべき課題として、回復可能な水資源能力を超えた取水、淡水資源量が枯渇傾向にあること⁴、被災者・難民・帰還民を含む急激な人口増加、配水管網の老朽化等を挙げている。その対処方針として、適切かつ安全な飲料水の供給、無収水対策の推進、既存の水資源の有効活用、財務体質改善のための民間企業のノウハウ導入、新技術による給水能力拡大等を掲げている。

以上より、事後評価時においてもヨルダンでは飲料水の安定的な供給や水源の開発、気候変動への対応等が引き続き重要視されており、計画時・事後評価時ともに開発施策との整合性が認められる。

3. 1. 2 開発ニーズとの整合性

本事業開始前のザルカ県では、一人当たり給水量は約140ℓ/日と非常に少ないものであった。同県の上水道施設は、ポンプの老朽化や不適切な維持管理などにより、故障の頻発や送配水能力が低下していた。老朽化した非効率なポンプの運転は電力消費を増大させるだけでなく、温室効果ガスの排出量増加への懸念もあった。その中で、本事業対象のアズラックポンプ場では、ポンプ計7台のいずれも老朽化が進み、運転可能なものは2台、残りは電源盤や電動機に不具合があり、故障あるいは廃棄に近い状態であった。ハラバットポンプ場では、4台のポンプは老朽化が進んでいた。オーバーホールの痕跡、基礎部分の劣化が確認され、仕切弁や逆止弁などの操作がほとんど不可能な状態であり、早急な改修が必要であった。ザルカポンプ場でもポンプ設備の老朽化が著しく、対処療法的に間に合わせて交換・設置されたものもあり、運営・維持管理上の問題も大きかった。

事後評価時のヨルダンでは、一人当たり給水量はアンマン首都圏及びザルカ県は120ℓ/日、その他地方市部は100ℓ/日、地方村落部は80ℓ/日である⁵。ザルカ県に関しては、事業開始前と比較しても限られている。その背景には、限られた水資源に対し、人口増加、2011年以降、

⁴ この背景には、ヨルダンでは水資源賦存量（水資源として、理論上人間が最大限利用可能な水の量を指す。水資源量ともいう）が国連の定義で「絶対的水不足」とされる 500 m³/年の 30%にも満たない 129 m³/年（出所：ヨルダン政府データ、2014 年）に過ぎず、水資源が世界で最も少ない国の一つとされる。

⁵ 出所は WAJ。2019 年データ。

隣国シリアからの難民流入等の要因により深刻な水需給の不均衡が生じていることが挙げられる。本事業の実施機関であるWAJは全国で給水サービスの拡大、配水網の整備、無収水対策等を推進し給水量は増加しているものの、ヨルダン全人口約1,066万人（出所はヨルダン政府統計局（DOS）、2020年データ）のうち、シリア難民は約66万人⁶（出所は国連難民高等弁務官事務所（UNHCR）2018年データ）を占め、給水ニーズ増加の一因となっていると考えられる⁷。また、20年前の2000年におけるヨルダンの人口は約486万人（出所：ヨルダン政府統計局（DOS））であり、事後評価時までに2倍以上増加している。すなわち、シリア難民の流入に加え、人口増加が高い給水需要を生み出している状況にある。そのため、ポンプ設備の整備・改修を含む水道インフラ整備へのニーズは慢性的に高い。WAJは、上記の戦略に基づき、水資源開発と管理、配水網や送水管の拡張・改善、民間セクターの参加促進等を重点政策とし、塩水の淡水化事業（アカバ地域）を含む新たな水資源開発や事業実施を検討している。

以上より、事後評価時においてもザルカ県を含むヨルダン全国では一人あたりの給水量/日は制限されており、引き続き水資源開発や配水網の拡張等が必要とされている。したがって、計画時・事後評価時ともに開発ニーズとの整合性が認められるといえる。

3. 1. 3 日本の援助政策との整合性

2003年8月に閣議決定された政府開発援助大綱（ODA大綱）では、4つの重点課題（①貧困削減、②持続的成長、③地球的規模の問題への取組、④平和の構築）への支援に重点的に取り組む方針が示されていた。このうち③について、「地球温暖化をはじめとする環境問題、感染症、人口、食料、エネルギー、災害、テロ、麻薬、国際組織犯罪といった地球的規模の問題は、国際社会が直ちに協調して対応を強化しなければならない問題」との方針を示している。本事業は、送配水に係る消費エネルギー消費節減を通じた二酸化炭素の排出量の削減を図り、送配水の安定化及び給水状況の改善等を行うヨルダンに対して支援を行うものであり、当該原則と整合があると判断できる。以上より、日本の援助政策としての整合性も認められる

以上より、本事業の実施はヨルダンの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

⁶ 出所：<https://www.unhcr.org/news/latest/2018/2/5a81bd504/unhcrs-grandi-hails-jordans-job-scheme-syrian-refugees.html>（2020年8月5日アクセス）

⁷ シリア難民数の正確な経年データは確認できないものの、UNHCRの情報により確認した。ヨルダンへの流入が始まって以来、年々減少傾向にあると考えられるが、事後評価時において引き続き割合として大きいといえる。

3. 2 効率性（レーティング：②）

3. 2. 1 アウトプット

本事業では主にポンプ場の運転効率の改善を目的として、アズラック、ハラバッド、ザルカの3ポンプ場において、ポンプ設備及び送配水管機材の調達・据付・敷設、ポンプ設備の運転・維持管理指導及び送水システムの運営指導にかかる技術支援が実施された。事業開始後に詳細設計が行われ、計画変更後において表1の機材の調達・据付をはじめとするアウトプット計画が立案され、予定どおり実施された。

表1：本事業のアウトプット計画及び実績

計画時（2009年）	事後評価時実績（2019-2020年）
【日本側投入予定】 1) 土木工事、調達機器等の内容 ・アズラック、ハラバッド、ザルカポンプ場のポンプ設備の調達・据付（12台） ・ハウポンプ場バルブ類の調達（4式） ・流水計の調達・据付（8式） ・送水管の調達（4.1km） ・仕切弁・空気弁の調達等（220個、15個） 2) コンサルティング・サービス/ソフトコンポーネント ・詳細設計・施工監理 ・ポンプ場の運転管理要員に対するポンプ運転・維持管理技術の指導 ・送水システム管理者に対する送水システム運用管理技術の指導	【日本側実績】 1) 土木工事、調達機器等の内容：<u>計画どおり</u> 2) コンサルティング・サービス/ソフトコンポーネント：<u>計画どおり</u>
【ヨルダン側投入予定】 ・その他資機材の据付及び施設建設	【ヨルダン側実績】 ・その他資機材の据付及び施設建設：<u>計画どおり（具体的内容として、アズラック、ハラバッド、ザルカポンプ場における変圧器及び送水管整備・改修、送水管の敷設、流水計室及び仕切弁室の設置、配水網のバルブ及び空気弁の設置）</u>

出所：JICA 提供資料、質問票回答



写真1：ハラバットポンプ場の
ポンプ設備



写真2：アズラックポンプ場の
管理制御システム

3. 2. 2 インプット

3. 2. 2. 1 事業費

本事業の総事業費について、当初計画では約 1,278 百万円（日本側負担は約 1,132 百万円、ヨルダン側負担分は約 146 百万円）であったのに対し、実績額では約 1,240 百万円（日本側実績は 1,109 百万円、ヨルダン側実績は約 131 百万円）と、ほぼ当初計画どおりであった（計画比約 97%）。

3. 2. 2. 2 事業期間

本事業は 2010 年 2 月～2012 年 11 月（34 ヶ月間）で完了と計画されていた。実績期間は、2010 年 2 月～2015 年 11 月（70 ヶ月間）と計画より遅延した（計画比約 206%）⁸。表 2 に本事業期間の当初計画と実績を示す。遅延の理由は次のとおりである：1）本事業では、当初、ロット 1「送水ポンプに係る資機材」とロット 2「配水ネットワークに係る資機材」が計画され、2014 年 1 月に完成した。当初計画は 2012 年 11 月までに完成することが見込まれていたところ、実際には 1 年強の遅れであったが、その理由には主にヨルダン側負担の施工業者の選定・決定に時間・手間を要したことが背景にある。その結果、日本側の事業期間（機材の調達等）にも影響を及ぼした。2）上述のとおり、本事業ではロット 1 と 2 が当初計画されていたが、事業実施中に残余金が生じることが見込まれた。残余金の活用が検討された結果、送水管敷設工事、貯水池の砂対策及び改良等が実施された。残余金活用による事業をロット 3 とされ、ロット 2 実施中の 2013 年 6 月から工事が始まり、2015 年 11 月に完了した⁹。

⁸ JICA 外部事後評価レファレンスに基づき、本事業の完成の定義は「引き渡し時」とされていた。事業開始時期は G/A 締結年月、完成時期はロット 3 の完了時期（引き渡し時期）である。

⁹ 追加工事が行われた理由として、アズラックポンプ場は運営を開始したものの、施工業者が点検を行った際にポンプ軸端部に異常を発見した。ポンプ内部の部品が摩耗を引き起こしており、摩耗の原因は送水に含まれる砂が内部でつまりを起こしていると考えられた。コンサルタントと施工業者が現地現況調査を

表 2：本事業期間の当初計画及び実績

	当初計画	実績
事業全体	2010 年 2 月～2012 年 11 月 (34 ヶ月)	2010 年 2 月～2015 年 11 月 (70 ヶ月)
ロット 1：送水ポンプにかかる資機材		
詳細設計～入札～業者契約	5.5 カ月	3.0 カ月（詳細設計） 5.0 カ月（入札～業者契約）
機材の調達～引き渡し	26.5 カ月	35.0 カ月
ロット 2：配水ネットワークにかかる資機材		
詳細設計～入札～業者契約	3.5 カ月	2.0 カ月（詳細設計） 5.0 カ月（入札～業者契約）
機材の調達～引き渡し	2.0 カ月	5.0 カ月
ロット 3：送水管敷設工事、貯水池の砂対策及び改良等		
実施調査	—	9.0 カ月
入札～業者契約	—	5.0 カ月
着工～引き渡し	—	11.0 カ月
（ヨルダン側の事業実施期間）	—	（2011 年 2 月～2014 年 2 月）

出所：JICA 資料（当初計画）、事業完成報告書及び質問票回答及び WAJ へのインタビュー（実績）

以上のとおり、本事業のアウトプット及び事業費はおおむね計画どおりであった。一方、事業期間は、主にヨルダン側負担の施工業者の選定・決定に時間を要したこと、残余金の活用による送水管敷設工事、貯水池の砂対策及び改良等が実施されたことにより当初の計画を超過した。したがって、本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3. 3 有効性・インパクト¹⁰（レーティング：③）

3. 3. 1 有効性

3. 3. 1. 1 定量的効果（運用・効果指標）

1) 運用指標

アズラック、ハラバット、ザルカの各ポンプ場の運転効率に関する定量的効果指標（基準値・目標値・実績値）を表 3 に示す。おおむね当初計画どおり実施された。アズラックポンプ場では目標値 1.58→実績値 1.48kWh/ポンプ吐出 m^3 と消費電力は改善し、目標値を上回っ

行ったところ、貯水池に砂が堆積し、微量の砂が送水ポンプに流入していることが確認された。この結果、WAJ は JICA に対して砂問題の対処を要請し、日本側は要請を受けてロット 3 として実施することを決めた。

¹⁰ 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

ている。これは、本事業完成後に 2016 年に WAJ の自己資金により井戸設備の電力系統の改修工事が行われ、既存の 11kV から 33kV に更新されたことが主な要因である。

表 3：各ポンプ場の運転効率に関する定量的効果指標（基準値・目標値・実績値）

指標 (ポンプ運転効率)	基準値 (2009 年度)		目標値 (2015 年度) 【事業完成 3 年後】		実績値 【完成 3 年目：2018 年】	
	運転効率 (単位：%)	電力原単位 (単位： 消費電力 kWh/ ポン プ吐出 m ³)	運転効率 (単位：%)	電力原単位 (単位： 消費電力 kWh/ ポン プ吐出 m ³)	運転効率 (単位：%)	電力原単位 (単位： 消費電力 kWh/ ポン プ吐出 m ³)
アズラックポンプ場	57	1.88	68	1.58	68	1.48
ハラバットポンプ場 (ハウ配水池向けの送水)	57	0.62	68	0.52	68	0.50
ハラバットポンプ場 (ハラバット村向けの送水)	34	1.20	65	0.63	65	0.63
ザルカポンプ場	50	0.78	68	0.40	68	0.40

出所：JICA 資料（基準値・目標値）、質問票回答（実績値）

表 4 は本事業と電力使用量及び電気料金との関連性を測る成果指標である。「電力使用量の削減」の実績値は目標値どおりである。本事業のポンプ設備導入により運転効率が計画どおり実現していることを踏まえると、年間電力使用量の削減量は 8,687,000kWh/年以上を達成していると判断される。なお、目標値以上である理由は、表 3 におけるアズラックとハラバットポンプ場の消費電力量の改善 (1.58→1.48、0.52→0.50kWh/ポンプ吐出 m³) が実現していることを根拠とする。

「電気料金の削減額」は目標値を上回っていると判断される。その理由として、本事業開始前 (2009 年) の電気料金水準と事後評価時 (2019 年末) のそれとの間に差があるためである。3. 4. 3 持続性「運営・維持管理の財務」にて説明するとおり、直近 10 年間 (本事業開始～事後評価時) において、電気料金水準は複数回改訂されて上昇している。事後評価時現在 (2019 年末)、1kWh あたりの単価は 0.115JD である一方、本事業開始前 (2009 年) の単価は 0.043JD であった。本事業開始前は 8,687 千 kWh × 0.043JD = 374 千 JD として削減額が見込まれていた。一方、事後評価時は 8,687 千 kWh 以上¹¹ × 0.115JD = 年間 999 千 JD 以上の削減が実現している。つまり、電気料金水準の変化という外部要因により削減額は目標値を上回っている。なお、本事業が実施されなかった／された場合の電気料金の削減

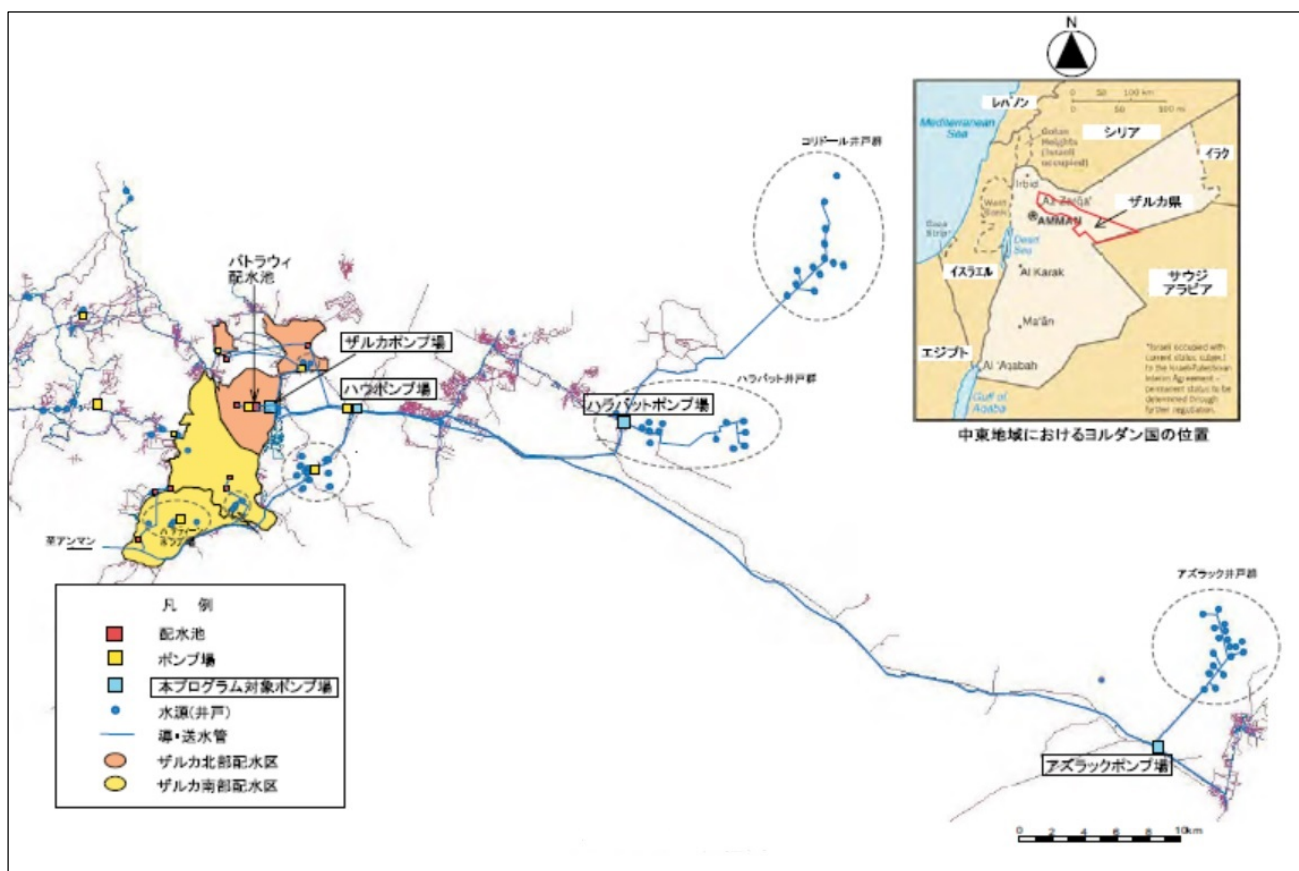
¹¹ 8,687千kWh「以上」となる根拠は、表3が示すとおりアズラック及びハラバットポンプ場の消費電力が改善していることを踏まえたためである（アズラック：1.58→1.48kWh/ポンプ吐出 m³、ハラバット：0.52→0.50kWh/ポンプ吐出 m³）。ただし、具体的な数値として得ることは難しいので『以上』と表記することにした。

との比較事例に関して、3. 4. 3 持続性「運営・維持管理の財務」において上水供給量と電気料金水準の推移を踏まえて検証・分析を行っている。

表 4：電力使用量及び電気料金にかかる成果指標

指標	基準値 (2009 年)	目標値/年 【事業完成 3 年後】	実績値/年 (事後評価時：2019 年)
電力使用量の削減 (単位：千 kWh/年)	—	8,687	8,687 以上
電気料金の削減額 (単位：千 JD)	—	374	999 以上

出所：JICA 資料（基準値及び目標値）、質問票回答（実績値）



3. 3. 1. 2 定性的効果

送配水に係る消費エネルギーの節減、送配水の安定化実現による WAJ 運営・維持管理スタッフの技術力向上、送配水の安定化及び給水状況の改善

¹² 施工監理コンサルタント作成の地図を引用した。

今次現地調査では、本事業で整備されたポンプ場施設・設備等の運営・維持管理を担うミヤフナ社職員、事業監督者である WAJ 本部職員に対してインタビュー調査¹³を行った。以下はインタビューを通じて得られたコメントである。

・「ポンプ設備の運転に際して電力消費量は大きい。年々、電気料金は上がっており、使用電力を抑えてポンプ運転の効率化を行うことが望ましい。仮に本事業が実施されず、既存の古いポンプ設備による運転を続けていたならば、電気料金は高額となっていたことは間違いない。とりわけ、全国で給水需要が上昇する中、ポンプ場からの安定的な送水は至上命題であると同時に、電気料金の支払いは組織運営のボトルネックである。昨今、全運営・維持管理費の約 60～70%が電気使用料を占めている。本事業で導入されたポンプ設備は（以前に比べて）少ない電力量での運転が実現しており、消費エネルギーの節減に結びついていると思う」（WAJ 本部、ミヤフナ社職員のコメント）

・「ポンプ設備の交換後、安定した運営が実現している。故障・不具合は発生しておらず稼働状況は良好である。日本製の設備は信頼に値する。ポンプ場からの送水は安定しており、送水先から市街地等への配水、各戸への給水も安定している。（シリア難民流入増加による）人口増加による給水需要が上昇傾向にあるが、安定供給の基盤のひとつと考える」（ミヤフナ社職員のコメント）

・「ミヤフナ社は水道事業に携わっている歴史が長い。職員の多くは勤続年数が長い。本事業実施中に日本の施工業者より（ソフトコンポーネント研修を通じて）効率的なポンプ設備運用や定期的な維持管理業務の遵守について学んだ。一例であるが、ポンプ稼働のモーター音を聞き分けて、オイル交換やグリス塗布の適切なタイミングで判断できるようになった。本事業を通じてポンプの運転と維持管理の知識・技能は向上していると思う」（ミヤフナ社職員のコメント）

以上の得られたコメントをも踏まえると、本事業は、消費エネルギーの節減、運営・維持管理職員の技術力向上、安定した給水及び配水の改善に貢献していると推察できる。

¹³ アズラック、ハラバット、ザルカの各ポンプ場×3名+WAJ本部2名、職員合計11名を対象とし、グループインタビュー及びキー・インフォーマント・インタビューを実施した。対象者は本事業実施前・後におけるポンプ場施設・設備の状況を知り得ている職員を選定した。

3. 3. 2 インパクト

3. 3. 2. 1 インパクトの発現状況

二酸化炭素の排出量の削減（気候変動緩和策）への貢献

表 5 は二酸化炭素排出量の削減に関する目標値及び実績値を示す。

表 5：二酸化炭素排出削減による効果指標

基準値（2009 年）	目標値	実績値（2019 年）
—	5,386 トン・CO ₂ /年	5,386 トン以上・CO ₂ /年

出所：JICA 資料（目標値）、質問票回答、WAJ 及びミヤフナ社へのインタビュー結果（実績値）

注：本事業開始前、目標値は達成年が示されていないかった。

事後評価時、実績値は目標値を達成していると考えられる。3. 3. 1. 1 有効性・定量的効果（運用・効果指標）の説明のとおり、「電力使用量の削減」は計画どおりであり、本事業開始前の算出根拠（8,687 千 kWh/年×0.62kg-CO₂/kWh）を基に、事後評価時の実績を算出すると、8,687 千 kWh 以上/年×0.62kg-CO₂/kWh=5,386 トン以上・CO₂/年を達成しているといえる。なお、WAJ 本部及びミヤフナ社職員に対して、消費エネルギー削減及び気候変動対策に関するインタビュー¹⁴を行ったところ、「二酸化炭素排出量や気候変動への影響と本事業の関連性はわからないが、少なくとも本事業により電気料金が削減していることを考えれば、消費エネルギーの削減に貢献していえるかもしれない（WAJ 本部職員）」、「日本製のポンプ設備への信頼性は高い。運転効率がよく、総じて事業を取り巻く環境負荷は低下していると思う（ミヤフナ社職員）」といったコメントが得られた。本事業と二酸化炭素の排出量削減と気候変動の影響に関して多くの外部要因も介在するため直接的な相関関係について言及できないものの、かかるコメントも踏まえると、消費電力の削減による環境負荷の低減に寄与していると推察される。

3. 3. 2. 2 その他、正負のインパクト

1) 自然環境へのインパクト

本事業はポンプ設備の交換が主たる事業コンポーネントであったため、環境社会配慮に係る各種手続きは必要なく、環境影響評価（EIA）も実施されなかった。

事業実施中及び事業完成後において自然環境に対する負の影響（例：大気汚染、振動、騒音、生態系等）は発生していないことを質問票、現地視察、WAJ 及びミヤフナ社へのインタビューにより確認した。今次現地調査では各ポンプ場周辺の自然環境へのインパクトを目

¹⁴ 3. 3. 1. 2 定性的効果に関するインタビュー調査と同様、アズラック、ハラバット、ザルカの各ポンプ場×3 名+WAJ 本部 2 名、合計 11 名を対象とし、グループインタビュー及びキー・インフォーマント・インタビューを実施した。対象者は本事業実施前・後におけるポンプ場施設・設備の状況を知り得ている職員を選定した。

視にて確認したところ、負の影響は特に見受けられなかった。

本事業設備に係る環境モニタリングは WAJ が責任を有している。ただし、これまで環境への大きな負の影響が発生していないため、定期的なモニタリング活動は実施されていない。仮に各ポンプ場周辺で環境問題が確認される場合、WAJ はザルカ県庁担当部局や環境省と協議の上で対処する体制になっている。

2) 住民移転・用地取得

本事業はポンプ設備における既存ポンプ設備及び送水管交換が主たる事業コンポーネントであったため、住民移転や用地取得を伴うものではなかったことを質問票、WAJ 及びミヤフナ社へのインタビューにより確認した。

<有効性・インパクトの判断>

定量的効果指標である「ポンプの効率」「電力使用量の削減」に関して、本事業実施による実績値は目標値どおりである。「電気料金の削減額」は目標値以上を達成しているが、背景には電気料金の上昇が大きな要因である。また、定性インタビュー調査を通じて、消費エネルギー（電気料金）の節減、ポンプ施設・設備の運営・維持管理を担う職員の技術力向上、安定した給水及び配水の改善に寄与していること、環境負荷の低減に寄与していることを踏まえると、有効性・インパクトは高いと考えられる。

3. 4 持続性（レーティング：③）

3. 4. 1 運営・維持管理の制度・体制

本事業の実施機関は WAJ である。その一方、ザルカ、アズラック、ハラバット、ザルカポンプ場ではミヤフナ社の現地職員が WAJ より委託されてポンプ設備や送水管等の運営・維持管理を担い、責任を有している。ミヤフナ社は WAJ の上級官庁である水・灌漑省傘下の半官半民組織であり、WAJ の関連組織でもある。2015 年以降、同社は本事業の各ポンプ場が位置するザルカ県で運営・維持管理を担っている。実態として 2014 年まで同県で水道事業の運営・維持管理を担っていた WAJ ザルカ支所が組織改変を経て同社に移管され、多くの職員が転属した。なお、WAJ 本部及びミヤフナ社によると、組織移管や引き継ぎは円滑に行われたとのことである。

各ポンプ場、送配水管、井戸設備を担当する同社の運営・維持管理職員数は 205 名である（2019 年 12 月現在）。各ポンプ場の現場責任者によれば、いずれも十分な職員数であり、不足による業務への懸念などは特にない。また、同社は定期的に WAJ 本部に業務報告を行

っている¹⁵。加えて、同本部も定期的に同社を訪問し、運営・維持管理の実施状況を確認している。監督体制に特に問題はないと見受けられる。

以上より、事後評価時における運営・維持管理の体制面について、特段大きな問題はないものと考えられる。

3. 4. 2 運営・維持管理の技術

ミヤフナ社によれば、アズラック、ハラバット、ザルカの各ポンプ場で勤務する職員の勤続年数は10～20年である。既出のとおり、2014年まで運営・維持管理を担っていたWAJザルカ支所の職員が同社に転属となり、それまでの業務が引き継がれたこともあり、特に技術・能力面での不備はないことを現地調査時の視察、職員へのインタビューにより確認した。経験豊富な職員が適材適所に配置されていることも確認できた。

ミヤフナ社では職員向けの研修が定期的に行われている。配水管の漏水点検機材の使用方法に関する技術研修、財務計画策定、管理職向け研修、PCスキル向上、ポンプ設備の運用方法といったテーマの研修が同社の本社（首都アンマン）にて行われている。加えて、新規採用職員向けのOJTも適時実施されている。

有効性・「3. 3. 1. 2 定性的効果」で述べているとおり、各ポンプ場の職員は、本事業で実施されたソフトコンポーネント研修を通じて、定期的維持管理業務の実施を遵守できるようになった。ポンプ・モーターの稼働音を聞き分けて、オイル交換やグリス塗布の適切なタイミングも判断できるようになっている。ポンプの運転と維持管理の知識・技能を高めていると推察される。

以上より、本事業の運営・維持管理に係る技術面で特段問題は見られないと判断される。

3. 4. 3 運営・維持管理の財務

本事業で整備された施設・機材の運営・維持管理費はミヤフナ社により配賦されている。表6は、アズラック、ハラバット、ザルカポンプ場の運営・維持管理費を含むザルカ県全体におけるミヤフナ社の運営・維持管理費である。

¹⁵ 頻度は、業務の内容に応じて、毎月もしくは四半期毎である。

表 6：ミヤフナ社（ザルカ県）の運営・維持管理費（直近 3 カ年）*注 1
（単位：千 JD）

	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年*注 2
1) 一般的な維持管理費	179	93	78	データ未整備
2) 車両維持管理費	166	133	200	データ未整備
3) 配水網・ポンプ場の維持管理費	1,417 注 3	1,097	1,069	データ未整備
4) 電力使用料	N/A	9,358	12,149	11,113
5) 下水施設の維持管理費*注 4	8,682	10,556	11,167	11,254

出所：ミヤフナ社

注 1：本データはアズラック、ハラバット、ザルカポンプ場の運営・維持管理費を含む。

注 2：2019 年 11 月末迄のデータ（暫定実績額）

注 3：2016 年の配水網・ポンプ場の維持管理費は、数年毎に実施される定期的維持管理（機器の交換、オーバーホールなど大がかりな内容）のため多くの予算が投じられた。そのため、2017 年と 2018 年に比べて多い支出となっている。仮に大きな予算が必要となる場合、適時予算が充当される。

注 4：本事業と関連はないが、ミヤフナ社では電力使用量同様、下水施設の維持管理費は大きな支出であるため記載している。

WAJ 及びミヤフナ社によれば、一般的な維持管理費、車両維持管理費、配水網・ポンプ場の維持管理等は必要な予算が投入され、実際の業務内容に照らし合わせると十分な水準と見解を示している。各ポンプ場の運営・維持管理職員へのインタビューでも、過不足なく予算が投じられ、設備・機材が使用されていることを確認できた。本事業のポンプ設備に限っては、事業完成後の稼働状況は良好であり、これまで修理や交換等へ大きな予算は投じられていないとのことである。仮に故障や不具合が生じる場合、ミヤフナ社は十分な予算を投じる方針を示している。また同社によれば、「シリア難民の流入という要素は大きく、ポンプ場稼働に必要な電気料金の負担は大きいものの配水量が年々増加し収益は増えている。運営・維持管理予算の配賦は問題ない。ポンプ設備の運転はヨルダンでは生命線である。そのための予算は絶やすことはできない」といったコメントも得られた¹⁶。

また、表 7 は参考としてヨルダン全国で水道事業を担う主要組織の直近における総収入・総支出の状況（2017 年）を示す。ミヤフナ社は国内最大規模の水道事業を担っており、営業利益（総収入－総支出）は国内で最も多い。その点も鑑みると、運営・維持管理に係る財務面での問題は特に見られないといえる¹⁷。

¹⁶ WAJ はミヤフナ社の分社後、補助金や交付金をミヤフナ社には提供していない。WAJ も本事業の設備・機材の重要性を理解しており、仮にミヤフナ社が運営及び資金の充当ができない事態に陥った場合でも、何らかの支援を行うと考えられる。このため、運営・維持管理予算投入への理解や重要度は高いと考えられる。

¹⁷ なお、仮にミヤフナ社が電気料金を支払えない、維持管理予算が充当されない場合は、財務面に課題や懸念があると判断されるが、事後評価時において遅延なく支払えているため、本判断に至る根拠の一つである。

(参考) 表 7 : 国内で水道事業を担う主要組織の総収入・総支出の状況 (2017 年¹⁸⁾)

(単位 : 千 JD)

	WAJ 本部	ミヤフナ社	YWC	AWC	4 GWAs	合計
総収入	57,988	174,293	38,705	18,486	20,221	309,693
総支出	54,488	167,300	62,917	14,993	36,259	335,957
差	3,500	6,993	-24,212	3,493	-16,038	-26,264

出所 : WAJ 資料

注 : YWC はヤルムーク水道公社、AWC はアカバ水道公社、4GWAs は主要 4 県の水道事業体を表す。

他方、電力使用料が大きな割合、かつ増加傾向にあり、大前提として電気料金の負担増は課題と考えられる。WAJ 及びミヤフナ社によれば、2020 年現在、全水道事業の運営・維持管理費の約 6~7 割が電力使用量を占めている。本事業のポンプ設備・機材の電気料金の支払いに関して滞納は発生しておらず、また電力供給状況にも問題はないが、水道事業の運営を圧迫する要素であるため、今後も引き続き注視される点といえる。

Box. 本事業とポンプ場の電力消費量、電気料金水準、電気料金支払額に関する考察

ここで、本事業とポンプ場の電力消費量、電気料金水準、電気料金支払額との関連について考察してみたい。表 8 はアズラックポンプ場の電力消費量、電気料金水準、ミヤフナ社による電気料金支払額の推移である。まず、①電力消費量は月によって変動するが、本事業のポンプ設備交換は 2012 年に実施され、その結果、運転効率が高まり、電力消費量は減少している (2011 年 7 月の 3,505,915kWh → 2013 年 7 月の 2,390,805kWh)。他方、2012 年以降はシリア難民の流入増加を主な要因となり給水需要が急増し、アズラックポンプ場においてポンプ設備の稼働時間が増えた結果、水の生産量も増えた。同社によれば、2012 年~2017 年頃の間はどのポンプ設備でも 10~20%の生産量増加に直面していた。ポンプ設備の稼働時間増加により、電力消費量も増えた (2013 年 7 月の 2,390,805kWh → 2017 年 6 月の 2,827,750kWh)。次に、②電気料金水準に関して、事後評価時現在 (2019 年末)、kWh あたりの単価は 0.115JD である。すなわち、直近 10 年において電気料金は改定を繰り返し、3 倍程度に上がっていることがうかがえる¹⁹。

上記の①②を踏まえ、仮に本事業が実施されなかった場合との比較・検証になるが、本事業のポンプ設備導入直前の 2011 年 7 月に、事後評価時の電気料金水準 (0.115JD/kWh) を単純に当てはめると、403,180 JD (= 3,505,915kWh × 0.115JD) となる。③ミヤフナ社による 2011 年 7 月の電気料金支払額 (実績額) は 150,754.35JD であるところ、403,180 JD

¹⁸ 本調査では 2017 年データのみ入手できた。

¹⁹ 電気料金水準の改訂の背景には複合的な要因がある。一例として、火力発電に使用する液化天然ガス (LNG) の調達問題、石油価格の上昇 (事後評価時の価格は事業開始前の 3~4 倍程度) 等が背景にある。

との差額は約 250,000JD (= 403,180－150,754JD) となる。遡及的な視点であるものの、この差額は小さくない。したがって、仮に本事業が実施されなかったならば、電気料金水準が上昇傾向にある中、同社の経営をさらに圧迫していたと考えられる。本事業のポンプ設備（最新の機材導入）により、高い運転効率と安定的な運転が実現し、運営・維持管理組織による電気料金支払、すなわち、エネルギー関連支出が抑えられていることから、3. 3. 1. 2 有効性・定性的効果の項目で述べる「消費エネルギーの節減」に寄与しているといえる。

(参考) 表 8：アズラックポンプ場の電力消費量、国内電気料金水準、ミヤフナ社による電気料金支払額の推移

	2009 年 9 月	2011 年 7 月	2013 年 7 月	2017 年 6 月	2018 年 3 月
① 電力消費量 (単位：kWh)	2,639,747	3,505,915	2,390,805	2,827,750	2,759,400
② 国内電気料金水準 (単位：JD/kWh)	0.041	0.043	0.066	0.094	0.094 (2019 年末現在、0.115JD)
③ ミヤフナ社による電気料金支払額 (単位：JD) *①×②	108,229.63	150,754.35	157,793.13	265,808.50	259,383.60

出所：ミヤフナ社

備考：アズラックポンプ場のみデータを手に入れた。ハラバット及びザルカポンプ場では、本事業完成前のデータ記録が揃っていなかった²⁰。

3. 4. 4 運営・維持管理の状況

事後評価時、本事業で整備されたアズラック、ハラバッド、ザルカポンプ場のポンプ設備や送水管の稼働状況に問題はない。事後評価時までには不具合や修理の実績はない。ミヤフナ社によると、仮に故障や破損が生じる場合は直ちに対応する体制が敷かれているとしている。設備・機材の内容に応じて日常点検・月例点検・年間点検が実施されている。

スペアパーツの保管・調達状況には問題は生じていない。保管状況・数量は事後評価時において十分であることを各ポンプ場の現地視察・インタビューにより確認できた。特にポンプ設備に関しては、仮に故障しパーツが必要となる場合でも、日本から調達する仕組みを敷いているとのことである。なお、各ポンプ場で勤務する職員の勤務体系は、24 時間体制・3 交代制である。緊急トラブル発生時にはいつでも出動できる体制が敷かれている。

以上より、本事業の運営・維持管理は体制、技術、財務面ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

²⁰ 2015 年に組織移管時に記録の引き継ぎが円滑に行われなかったことが背景にあると考えられる。



写真 3：ザルカポンプ場のポンプ設備



写真 4：安全対策掲示板（各ポンプ場）

4. 結論及び教訓・提言

4. 1 結論

本事業は、ヨルダン首都アンマン北東に位置するザルカ県のアズラック、ハラバット、ザルカの 3 ポンプ場において、ポンプ施設の運転効率の改善及び送配水に係る消費エネルギー節減による対象地域における送配水の安定化及び給水状況の改善を図るために、ポンプ設備及び送配水管機材の調達・据付・敷設、ポンプ設備の運転・維持管理指導及び送水システムの運営指導にかかる技術支援を行った。開発政策に関して、ヨルダン政府が策定した「国家アジェンダ 2006-2015」、「生活のための水（Water for Life）：ヨルダンの水戦略 2008-2022」等では、水セクター及び気候変動対策や安全な飲料水供給、持続的な水資源利用等が重要な課題として位置づけられている。また、ザルカ県を含むヨルダン全体において、一人あたりの給水量/日は制限されており、水資源の開発、配水網の拡張、ポンプ場の設備更新に対するニーズが確認されている。加えて、日本の援助政策との整合性も確認されることから、妥当性は高い。効率性に関して、アウトプットと事業費はおおむね計画どおりであったが、事業期間は主にヨルダン側負担の施工業者の選定・決定に時間を要したこと、残余金の活用による送水管敷設工事、貯水池の砂対策及び改良等が実施されたことにより当初計画を超過したため、効率性は中程度である。定量的効果指標である「ポンプの効率」「電力使用量の削減」に関して、本事業実施により目標どおりの実績を達成している。「電気料金削減額」は目標値以上を達成しているが、背景には国内の電気料金の上昇が大きく作用している。また、定性インタビュー調査を通じて、消費エネルギー（電気料金）の節減、ポンプ施設・設備の運営・維持管理を担う職員の技術力向上、安定した給水及び配水の改善に寄与していること、環境負荷の低減に寄与していることが確認できた。以上を踏まえると、有効性・インパクトは高いと考えられる。本事業で整備されたポンプ場設備等の運営・維持管理を担うミヤフナ社の体制面・技術面・財務面に特に懸念はない。その他の施設・機材の運営・維

持管理状況にも特に問題は生じていない。したがって、本事業の実施によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4. 2 提言

4. 2. 1 実施機関への提言

ヨルダンでは電力料金水準の上昇が著しい。事後評価時、WAJ 全体の支出の約 60～70% が電気代金の支払いを占めるなど、本事業対象設備の運営を含め、水道事業の運営にとっては大きな支出となっている。今後、電力料金水準がさらに上昇することも排除できないため、WAJ は関係省庁との協調・連携を深め、支出負担に対する備えを盤石にすることが望ましい。

4. 2. 2 JICA への提言

なし。

4. 3 教訓

設備・機材更新と同時に研修・トレーニングを着実に実施することの必要性

本事業実施中、導入される設備・機材の運用に関する研修・トレーニングが手厚く実施された。ポンプ設備の効率的な運転手法のみならず、維持管理実施のタイミングを適切に見極めること、とりわけ、予防メンテナンスの研修を運営・維持管理を担う職員は漏れなく受講した。これにより、前もって維持管理に備えができるようになったことに加え、資機材・計器のモニタリングを正確に行う習慣が身につき、運営・維持管理を適正に行えるようになった。ポンプ施設導入時までには運営・維持管理職員の能力強化が実現し、24 時間体制での配水管理も実施可能となっていると考えられる。今後の類似事業の形成において、JICA 及び実施機関は、設備・機材の導入に合わせて研修・トレーニングを検討し、適切なタイミングで実施する対策を講じるなど、将来にわたり維持管理が継続していく方策を最大限検討・具現化することが望ましい。

以 上