

パレスチナ自治区
ジェリコ市役所

パレスチナ ジェリコ市
下水事業の持続的経営能力強化
業務完了報告書

2023 年 7 月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社 N J S
株式会社 TEC インターナショナル

環境
JR
23-076

要 約

1. 本事業の経緯

日本政府はジェリコ市及び周辺地域の主要な水源である地下水の汚染を防ぐとともに、地域住民の生活・衛生環境の改善に寄与することを目的とした無償資金協力事業を実施し、2014年にジェリコ下水処理施設及び汚水管渠施設が完成した。また、同施設を適切に運営するため、国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency: JICA)は技術協力プロジェクト「ジェリコ下水道運営管理能力強化プロジェクト」(通称 TeCSOM*-I) (2012年～2018年)を通じ、ジェリコ市の下水道事業の実施体制の整備と施設の運転維持管理にかかる能力向上を支援した。

本事業「ジェリコ市下水道事業の持続的経営能力強化」(通称 TeCSOM-II) (2021年7月～2023年7月)では、下水管網拡大及び周辺施設・家屋で発生する汚水受入(接続)による流入下量の拡大とその水質管理、下水汚泥の有効活用の検討、ジェリコ市役所の経営分析ならびに下水管網拡張にかかる公共予算及び外部資金導入のための能力強化を通じ、ジェリコ市役所における下水道事業経営体制の構築を図り、持続可能な下水道事業サービスの提供に寄与することを目的として実施した。

*事業名：Technical assistance for Capacity building Sewerage system Operation Management の略称。

2. 本事業の活動及び成果

本事業の目標

ジェリコ市役所において持続可能な下水道事業経営体制が構築される。

本事業の上位目標

ジェリコ市において持続可能な下水道サービスが提供される。

(1) 成果1：「下水管網拡大に係る計画策定能力向上」に係る活動及び成果

活動1-1：下水道事業経営状況の分析

1) 事業運営指標(Key Performance Indicator: KPI)を用いた評価

9つのKPIを用いてジェリコ市下水道事業を評価した。各KPIの計算方法を表-1に示し、ジェリコ市下水道事業運営のKPI(2015～2023年)を表-2に示す。

特に下水道普及率、下水処理場稼働率、下水道料金徴収率は、2015年から2023年までの経年変化をグラフ化することで、改善状況や問題点の抽出ができるようになった。図-1にKPI(一部)の経年変化を示す。

表-1 KPI 計算方法

	KPI	Unit	Formula
1	Sewer Network Coverage Ratio	%	$\frac{\text{Constructed Sewer Length}}{\text{Target Sewer Length}}$
2	House Connection Coverage Ratio	%	$\frac{\text{Connected Household Number with Access to Sewerage Services}}{\text{Total Household Number within Service Area}}$
3	Wastewater Quality Compliance	%	$\frac{\text{Total Number of Samples Passed}}{\text{Total Number of Samples Tested}}$
4	Sewage Sludge Quality Compliance	%	$\frac{\text{Total Number of Samples Passed}}{\text{Total Number of Samples Tested}}$
5	Facility Operating Ratio	%	$\frac{\text{Daily Average Inflow}}{\text{Design Daily Average Inflow}}$
6	Reuse Ratio of Treated Wastewater	%	$\frac{\text{Amount of Supplied Treated Wastewater to Farmers}}{\text{Amount of Treated Wastewater}}$
7	Unit Treatment Cost	NIS/ m ³	$\frac{\text{Operating Expense in a Year}}{\text{Amount of Inflow Wastewater per Year}}$
8	Operation Ratio		$\frac{\text{Operating Expense in a Year}}{\text{Operating Income from Sewerage Tariff in a Year}}$
9	Collection Ratio	%	$\frac{\text{Income from Sewerage Tariff in a Year}}{\text{Billed Amount of Sewerage Tariff in a Year}}$

Source: TeCSOM-II Survey Results, 2023

表-2 ジェリコ下水道事業に係る KPI

	KPI	Unit	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Sewer Network Coverage Ratio	%	33.9	33.9	33.9	47.3	47.3	47.3	47.3	47.3	47.3
2	House Connection Coverage Ratio	%	10.4	9.9	13.6	13.2	13.1	18.2	17.1	24.5	36.0
3	Wastewater Quality Compliance	%	89	92	-	-	-	-	97.3	94.6	100
4	Sewage Sludge Quality Compliance	%	100	-	-	-	-	-	100	100	100
5	Facility Operating Ratio	%	3.8	7.5	11.9	16.2	17.2	20.1	28.9	38.7	35.8
6	Reuse Ratio of Treated Wastewater	%	0	0	84	73	79	86	75	49	51
7	Unit Treatment Cost	NIS/ m ³	1.14	1.03	1.05	1.04	1.06	1.06	1.05	0.96	-
8	Operation Ratio		24.57	11.74	13.98	4.45	11.35	3.25	4.22	2.77	-
9	Collection Ratio	%	22.5	52.9	30.9	65.5	30.6	62.4	45.6	59.1	-

Source: TeCSOM-II Survey Results, 2023

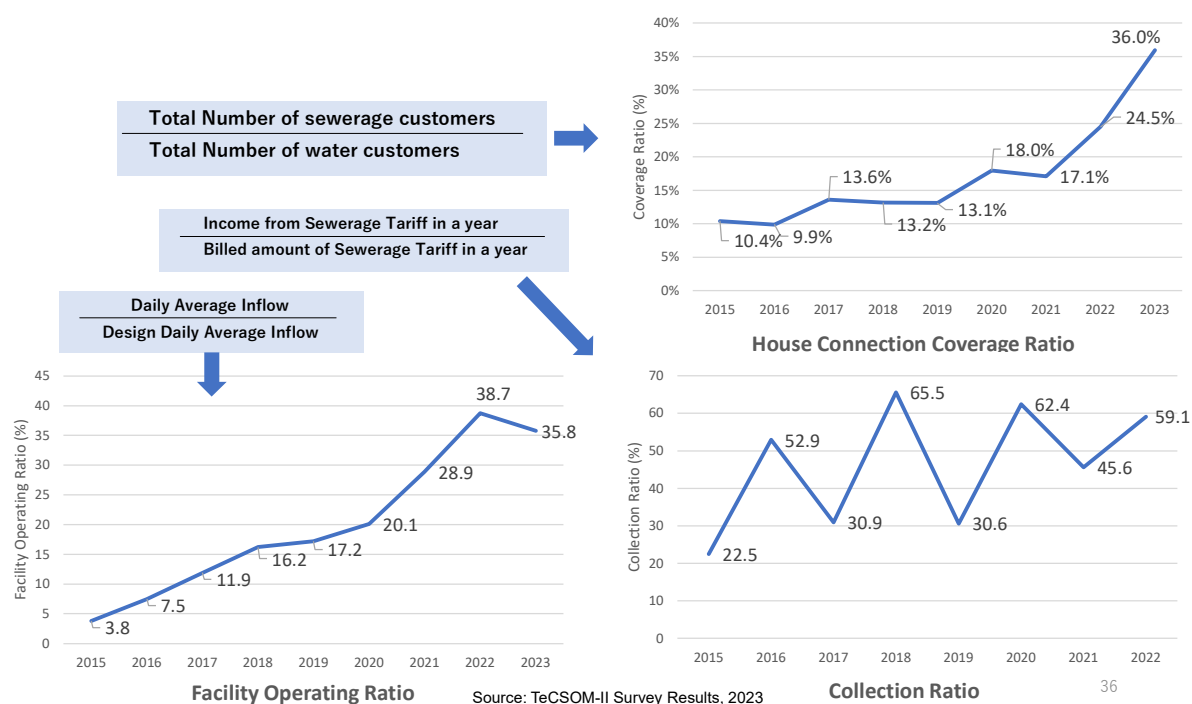


図-1 KPI（一部）の推移

2) 上下水道料金収入向上の方策の検討及び実効性強化

ジェリコ市役所では、水道料金の未払い額の回収、上下水道料金の徴収率の向上、料金未請求の排除及び収入源の増加など、2021年頃から順次下記の対策を講じており、本事業を通じてこれら対策の実効性を強化した。

表-3 ジェリコ市役所の対策

	項目	対策
1	未払い料金回収	[個人] ・給水停止措置の実施 ・プリペイド式水道メータの導入 [政府系施設] ・財務省へのレター発出 ・財務省と直接協議
2	上下水道料金徴収率の向上	・プリペイド式水道メータの導入 ・ドナー支援によるプリペイド式水道メータの調達 ・上下水道料金一元徴収の徹底 ・料金未払い者に対する罰則の規定
3	料金未請求の排除	・宅内下水管接続を整備した家屋に対する接続費の徴収、下水道料金の徴収開始 ・ゼロリーディングの廃止（故障水道メータの交換、水道メータの移設）
4	収入源の増加	・下水道料金ディスカウントキャンペーンの終了 (0.5 NIS*/m ³ →1.0 NIS/m ³) ・商業用、新規建物に対する水道料金値上げ ・水道の接続費値上げ
5	市民への広報活動	・上下水道料金一元徴収の依頼 ・徴収した金額の一部を上下水道事業へ投資していることの周知

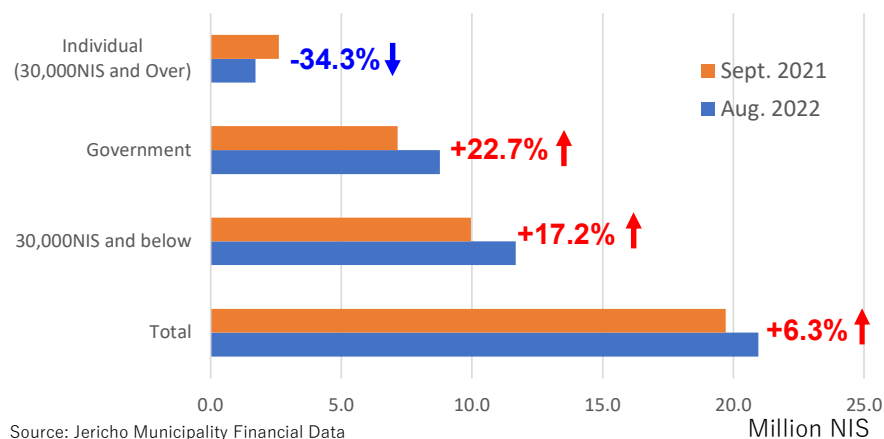
*NIS (New Israeli Shekel) : 新シケル（通貨単位） 出典：TeCSOM-II Survey Results, 2023

3) 水道料金未払い額の推移の分析

上水道料金の累積未払い額を、1)個人で3万NIS以上、2)政府系施設で3万NIS以上、3)3万NIS以下（個人及び政府系施設）に分類し、2021年9月から2022年8月との累積未払い額の比較を図-2に示す。なお、3万NIS（約100万円）を超える未払い者は、未払い者全体のうち約0.28%（23名）でありながら、未払い総額の約13.2%を占めており影響が大きいことから、3万NISを基準として分析を行った。

表-3に示すジェリコ市役所の対策により、個人の上水道料金3万NIS以上の累積未払い額は、約34.3%減少した。一方、政府系施設の累積未払い額は約22.7%増加し、かつ3万NIS以下の累積未払い額も約17.2%増加していることから、全体の累積未払い額が約6.3%増加した。

この結果を受けて、ジェリコ市役所は財務省に料金未払い額の支払いを依頼し、累積水道料金未払い額の一部1.09百万NIS（政府系施設の累積未払い額の約12.4%に相当）が支払われた。



TeCSOM-II Survey Results, 2023.

図-2 水道料金未払い額の推移

活動 1-2 : ジェリコ下水処理場への流入下水水量予測

1) 下水処理場への流入下水水量の推移の分析

ジェリコ下水処理場の供用開始（2014年6月）から2023年6月で9年が経過し、流入下水量は当初約250 m³/日から2,437 m³/日（2022年8月）へと約10倍増加した。また、本事業の開始時（2021年7月）と終了時（2023年7月）の流入下水量を比較しても、増加傾向にあった。

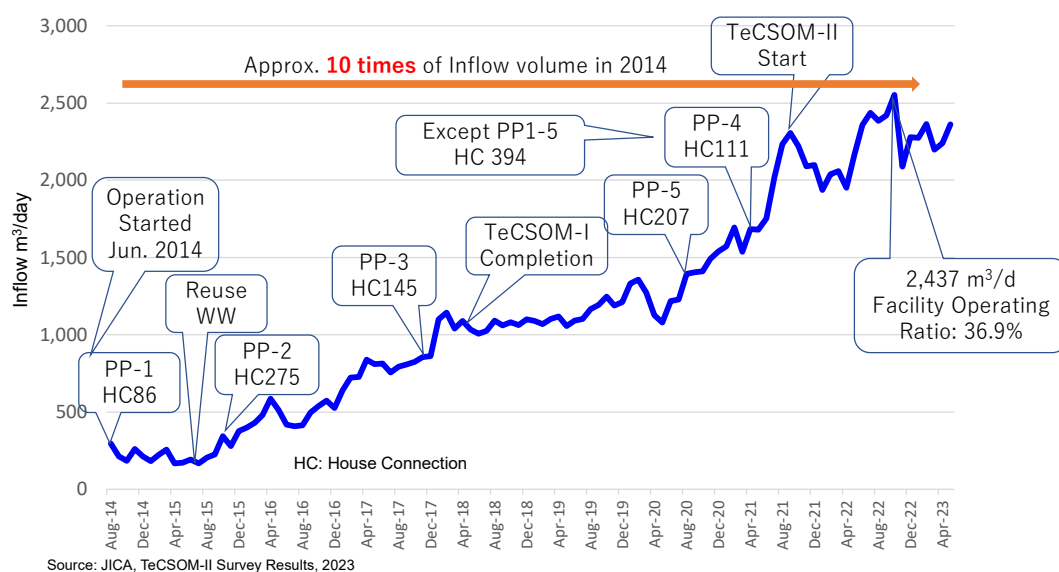


図-3 ジェリコ下水処理場への流入下水量の推移

2) 下水処理場への流入下水量予測

下水処理場への流入水量を予測することは、施設の運転維持管理だけでなく、施設運転の消費電力及び試薬（消毒）消費を予測し、下水道事業の経営の立案にも役立つ。また、ジェリコ市では下水処理水を農業用水として農家に販売しており、下水処理水量の推移は再生水販売の収益にも影響する。

ジェリコ下水処理場への流入下水量は、人口増加（定住人口、観光人口など）、水需給計画及び土地利用計画（周辺地域の開発であるジェリコ農産加工団地（Jericho Agro-Industrial Park: JAIP）、開発団地であるジェリコゲート及び難民キャンプの下水受け入れ）、下水道への接続、などの要因を考慮して2026年までを予測した。図-4に流入下水量の予測に関する要因とその計画策定を示す。ジェリコ市役所は、今後も図-4の策定手順に基づき、流入下水量を予測することが可能となった。なお、この予測の前提条件として、他ドナーによる下水管網拡張などの支援は考慮していない。

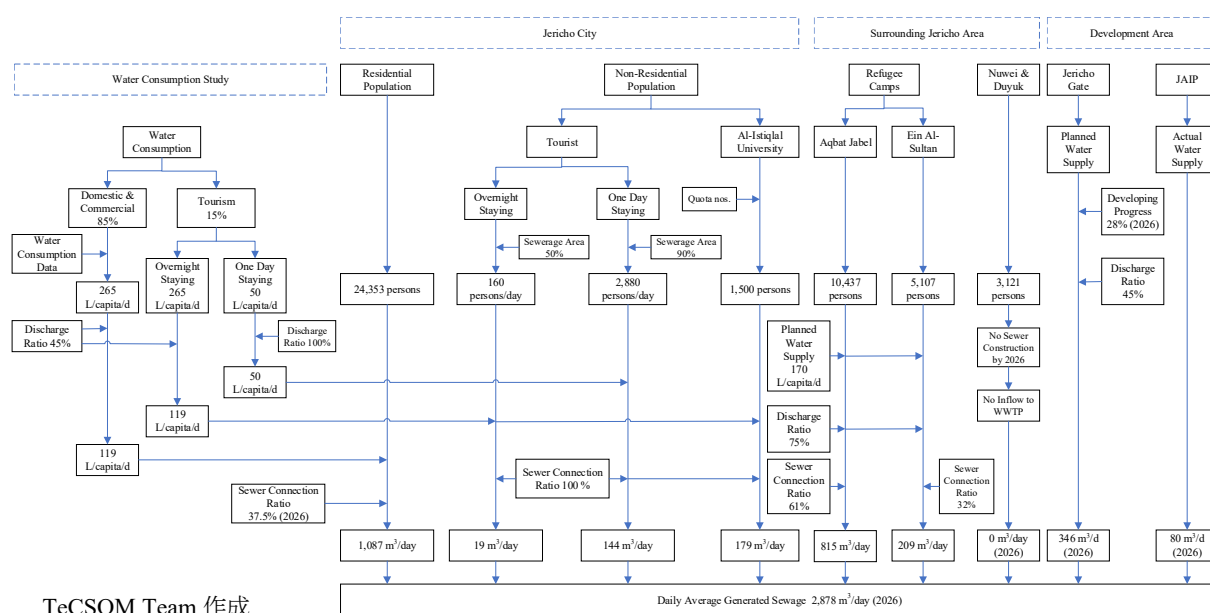


図-4 流入下水量予測の計画策定

下水処理場への流入下水量を予測した結果、反応槽の 2 池目は、2024 年に使用する必要があることが判明した。

表-4 計画流入汚水量

Year	2022	2023	2024	2025	2026
Planned Daily Average Inflow (m ³ /day)	2,053	2,294	2,618	2,744	2,878
Planned Daily Maximum Inflow (m ³ /day)	2,690	3,005	3,430	3,595	3,771
Reactor No.1	On	On	On	On	On
Reactor No.2	-	-	On	On	On

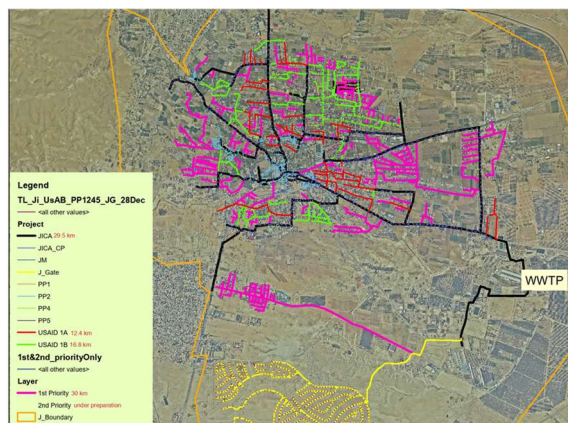
TeCSOM-II Survey Results, 2023.

活動 1-3：下水管網擴張計画

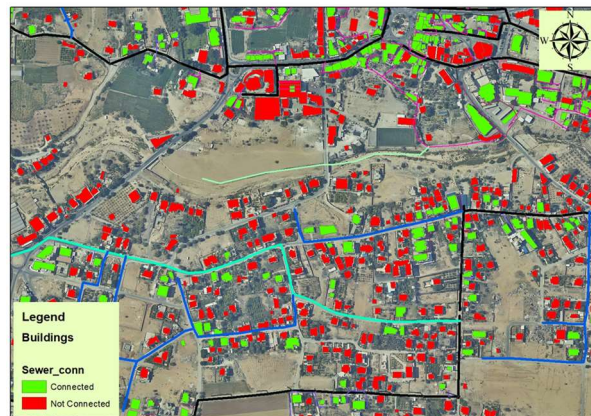
既設污水管渠の情報（JICA 無償資金協力事業、アメリカ合衆国国際開発庁（United States Agency for International Development: USAID）、宅内下水接続管整備）を地理情報システム（Geographic Information System: GIS）に入力し、一元管理体制を構築した。様々な開発パートナーとの事業情報も含めて、フェーズ別に污水管渠情報（位置、延長、口径などの把握）を分類することで、最新の污水管渠情報をジェリコ市役所の関連部課で共有化できるようになった。

加えて、データの一元管理により、下水道へ接続もしくは未接続の家屋の判別と、整備重点地区の抽出ができるようになったことで、対外的な説明が容易となり、さらなる投資の呼び込みのツールとしても活用できるようになった。実際、USAID コンサルタントとの協議時には、污水管渠拡張計画で、GIS を用いて優先度の高い地区/ルートを容易に選定することに貢献した。

既設污水管渠の路線及び下水道への接続済み家屋情報(一部)を図-5 及び図-6 にそれぞれ示す。



TeCSOM-II Survey Results,
図-5 既設污水管網図



TeCSOM-II Survey Results,
図-6 下水道接続家屋

活動 1-4：下水道事業の財源確保

本事業を通じて、ジェリコ市役所上下水道部に下水道整備用特別会計 (Special Account)の新たな開設が実現し、下水管網整備費用（特に公共部の下水接続管の建設費用）及びジェリコ下水処理場の維持管理費用の持続的な財源確保のためのシステムが構築された。具体的な運用は、下水管接続費収入の 20%を下水管網整備費用として、また、下水処理水の販売益の 100%を下水処理場の維持管理費用として Special Account に貯蓄することとした。図-7 に Special Account の位置づけを示す。

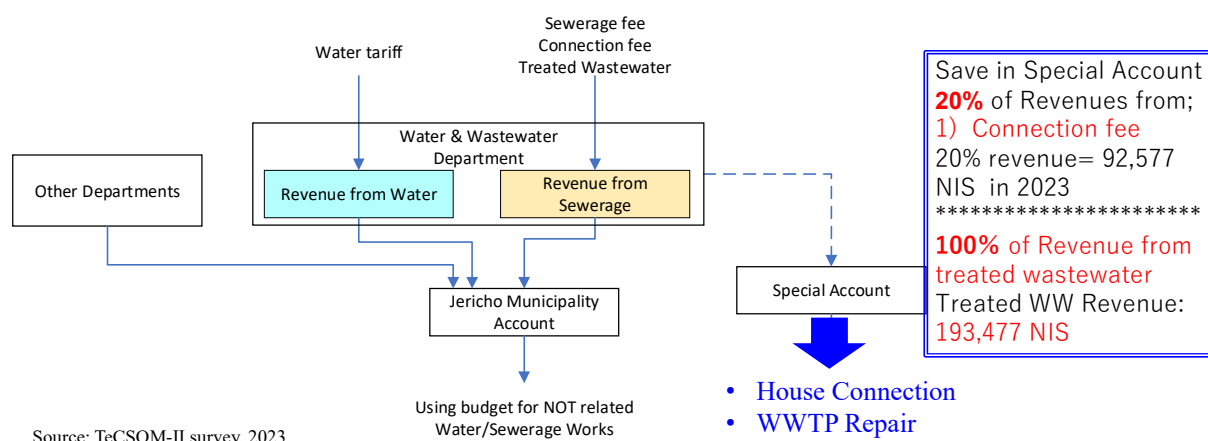


図-7 下水道整備用特別会計 (Special Account)

その他、下水道整備費用の財源確保のため、本事業においてジェリコ市役所は下記の対策を講じた。

- i) 宅内下水接続管を整備した家屋に対する接続費の徴収と下水道料金徴収を開始
- ii) 下水道料金徴収率向上のために上下水道料金一元徴収の徹底
- iii) 個人の上下水道料金未払いに対する給水停止措置の罰則規定

活動 1-5 : PWA による下水管路拡大に向けた関係機関との意見交換の推進

パレスチナ水利庁 (Palestinian Water Authority: PWA)は、2023 年にジェリコ市役所に対して約 1 百万 NIS の予算を計上した。使用目的は、汚水管渠整備（特に Kitf Alwad 地区 & Ein Sultan spring 周辺の管渠整備）である。予算執行は 2023 年 8 月以降の見込みである。

本事業において、ジェリコ市役所上下水道部は、PWA にジェリコ下水道事業運営の向上の活動とその成果を報告してきた。加えて、PWA は本事業の合同調整委員会 (Joint Coordinating Committee: JCC)に参加し、ジェリコ市役所の下水道事業に対するコミットメントを高く評価した。これにより、PWA は、欧州連合 (European Union: EU)など他ドナーへ、ジェリコ市役所には追加投資の価値があることを周知し、EU からの支援でジェリコ下水道事業は、投資優先度の高いランクに位置づけられた。

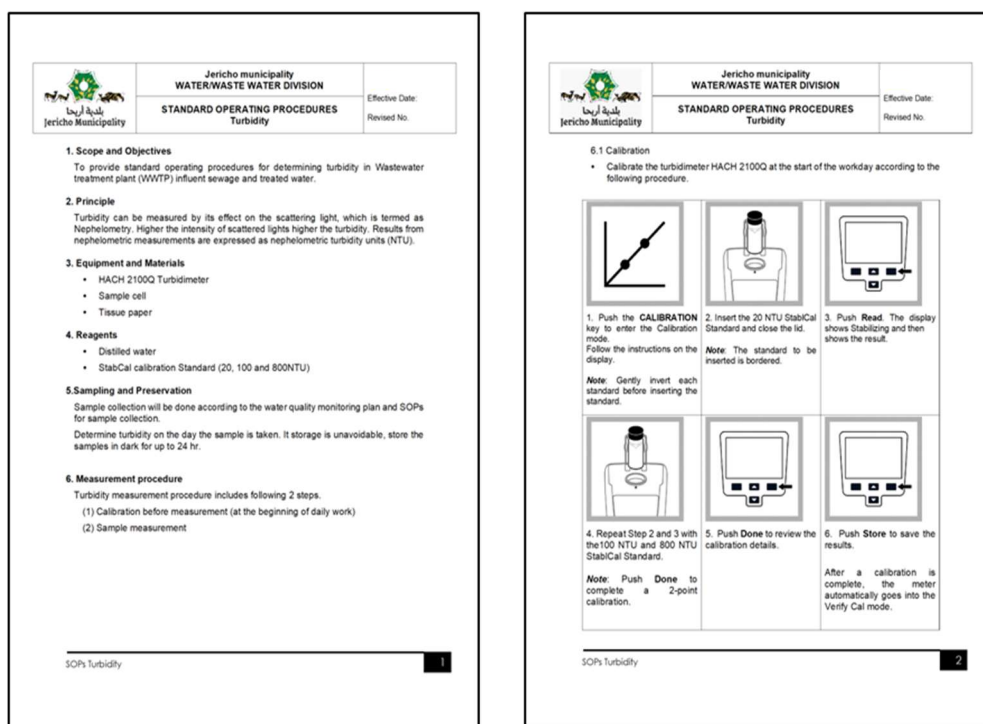
また、成果の一つとして、2023 年 3 月に USAID の支援で汚水管渠の計画設計が行われたことが挙げられる。USAID は、2022 年 9 月にジェリコ下水処理場を訪問しており、下水道事業への支援が検討され、2023 年 1 月に本格的な調査が行われた。検討された支援内容は、次のとおりである。i)汚水管渠建設、ii)太陽光発電施設、iii)ジェリコ市内の道路舗装の改善（USAID 下水管渠建設事業での道路沈下箇所）。2023 年 7 月、USAID コンサルタントによる汚水管渠の計画設計は終了した。

(2) 成果 2 : 「水質検査能力向上」に係る活動及び成果

活動 2-1 : 水質検査マニュアル/SOP の作成・改定

本事業の開始以前は、ジェリコ市役所の水質検査技師は上下水道事業を兼務していた。しかし、ジェリコ市役所は水質検査者 1 名を新たに雇用し、下水処理場専任の水質担当者を配置した。本活動の成果は以下のとおりである。

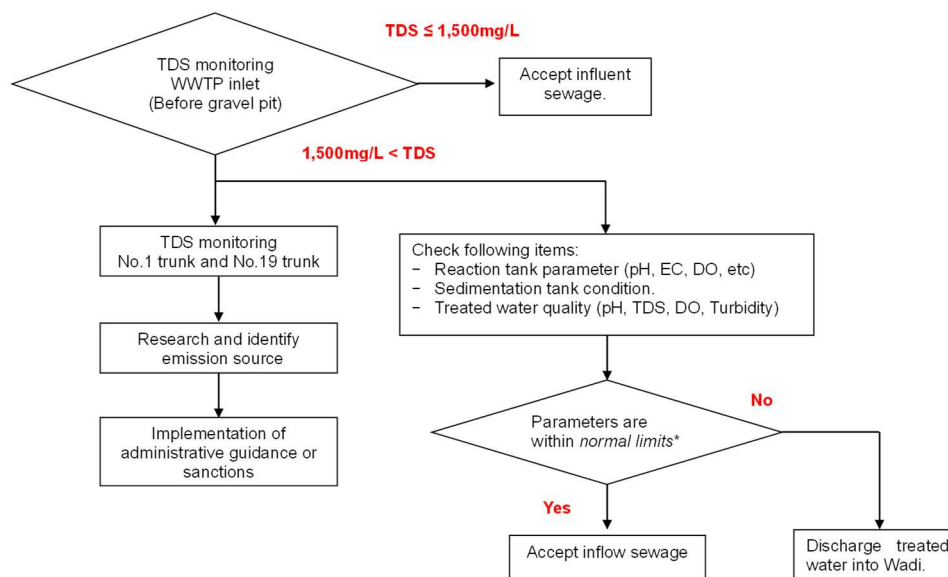
- i) 水質モニタリング計画の策定：水質項目毎に測定頻度を定め、下水処理場の流入下水及び下水処理水の水質を測定した。
- ii) 水質測定用試薬の調達計画策定及びジェリコ市役所内での同予算確保：水質モニタリング計画に準じて試薬購入の必要予算を計上した。ジェリコ市役所は、必要な予算を確保し、試薬を調達した。
- iii) 12 種類（9 分析項目含む）の SOPs の作成・改定：既存の標準作業手順書 (Standard Operating Procedure: SOP) を改定し、水質試験室で測定できる SOP を新たに作成した。SOP には、内容が分かりやすいように図を組み込み、A4 サイズの両面でラミネート加工し、いつでも確認できるようにした。



TeCSOM Team 作成

図-8 SOP サンプル

- iv) 異常水質流入時の対応手順の策定：総溶解固形物 (Total Dissolved Solids: TDS)及び pH の指標を用いて、流入下水の異常値の検出及びその対応手順を策定した。



TeCSOM Team 作成

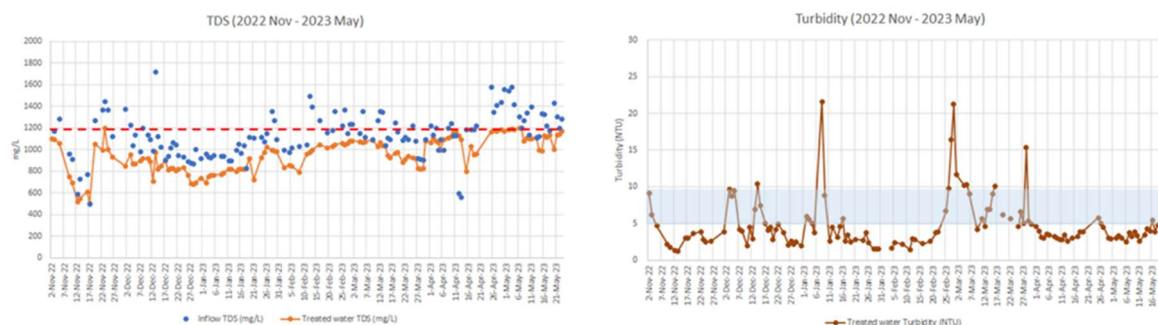
図-9 異常水質流入時の対応手順 (TDS)

活動 2-2：水質検査の研修

水質検査の研修では、以下のメニューを実施した。

- i) 水質測定機器の適切な使用方法に関する研修
- ii) 作成したモニタリング計画及び SOP に準拠した水質測定 of 研修
- iii) 測定機器の定期的なキャリブレーションによるデータ精度管理の研修

成果として、水質検査技師の水質測定能力（知識、技術）の向上、水質分析に関するデータの蓄積とその管理及びデータの活用（水質挙動の把握と異常値検出）などが挙げられる。



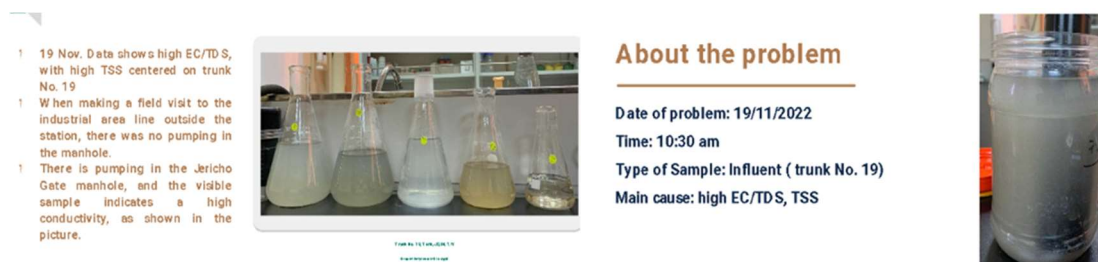
Source: TeCSOM-II Survey Results, 2023.

図-10 下水処理場の水質挙動と適正値の把握

活動 2-3：水質検査の結果と非常時対応に関するセミナー

カウンターパートは、蓄積した水質測定データ及び OJT (On-the-Job Training)での成果を週例会議、ワークショップ及び JCC にて発表した。

- i) 水質測定結果の説明と下水処理水の再利用基準への適合性
- ii) ジェリコ下水処理場 (Wastewater Treatment Plant: WWTP)のオペレータと水質検査技師との水質データ共有による適切な WWTP 運転管理
- iii) 水質異常値の検出と対応
- iv) 水質データの公表による下水処理水の安全性への理解



TeCSOM Team 作成

写真-1 流入下水の異常

なお、本事業の期間中に下水処理水の水質 37 項目を 3 回計測したが、再利用基準^{*1}への水質適合率は約 97.3%と良好であった。基準値に適合しなかった水質項目も 1 割程度の超過に留まり、再利用に影響はなかった。

*1: Palestine Standard (PS) 742-2015, Treated Wastewater Effluent for Agriculture Purpose

(3) 成果 3 : 「下水汚泥の再利用の検討」に係る活動及び成果

活動 3-1 : 下水汚泥処理方法の評価

ジェリコ下水処理場では、発生した余剰汚泥は濃縮し、乾燥汚泥床で天日乾燥処理している。そこで以下の事項について検討した。

- i) 乾燥下水汚泥の発生量把握、乾燥床での汚泥乾燥サイクルの計画
- ii) 乾燥汚泥の成分分析結果と、含水率約 10%の確認、及び糞便性大腸菌 (Total Fecal Coliform)の未検出より、下水汚泥の処理が適切であることの検証

乾燥汚泥処理は、最大 5 週間サイクルで乾燥処理すれば、既存の施設（6 床）で処理できる。また、パレスチナの “Technical Instructions, 59 for year 2015, -Treated Sludge for Agricultural Reuse-”（添付資料 2.3.4 参照）では、適切な汚泥処理として生物処理、化学的処理及び熱による処理を挙げている。ジェリコ下水処理場では天日による乾燥処理しており、この Technical Instructions に合致している。

農業省は、ジェリコ市役所との協議で、ジェリコ下水処理場での天日乾燥による汚泥は質が良い（PS 898-2010 の分類 Class I に相当、添付資料 2.3.5 参照）としており、土壌改良材としての利用を検討することを助言した。農業省は、口頭にて汚泥の乾燥汚泥処理は適切であると言及した。

成分分析結果からも、ジェリコ下水処理場での汚泥処理である天日乾燥処理は適切であると考えられる。

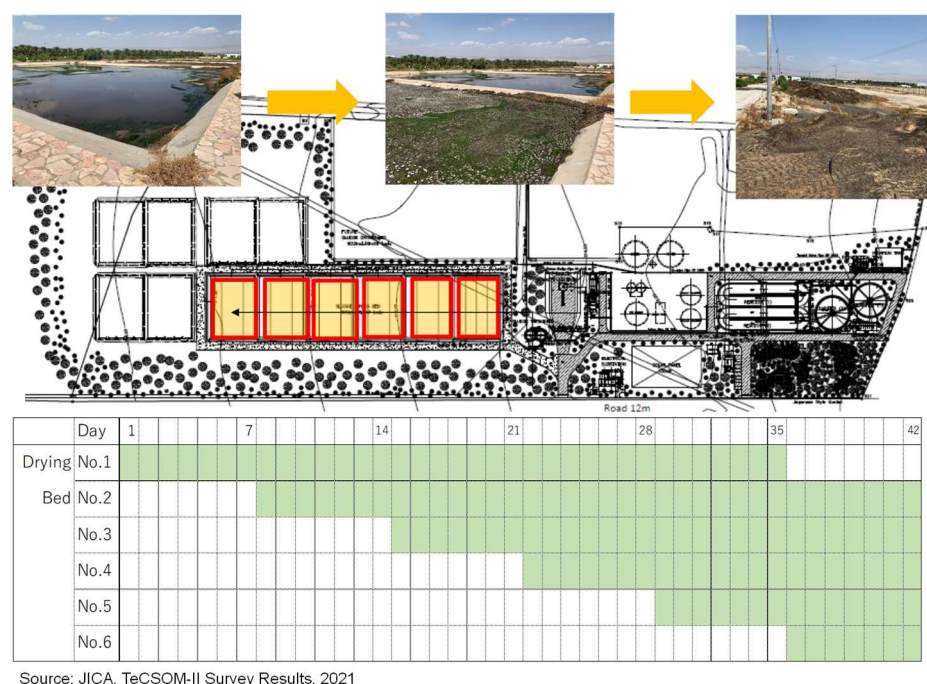


図-11 ジェリコ下水処理場での汚泥処理サイクル

活動 3-2：下水汚泥の再利用の検討

1) 下水汚泥の安全性評価と再利用の推進

下水汚泥中の重金属含有量を測定し、その結果、全項目で再利用基準値*2 を順守しており、下水汚泥の安全性を確認した。パレスチナの基準だけでなく、参考までにアメリカ合衆国環境保護庁の「Land Application of Sewage Sludge」に示す重金属含有量とも比較し、基準値内であることを確認した。

一方、土壌改良材としての利用では、汚泥成分分析結果より窒素、りん、カリウムの含有量は、一般土壌（ジェリコ市保有の Samed Land）よりも 10 倍から 40 倍程度高いことが判明し、乾燥汚泥の土壌改良材としての有効性が認められた。

*2: Technical Instructions (TI) 59-2015, Use of Sewage Sludge in Agriculture

2) 下水汚泥の再利用

i) 農業省との協議、ジェリコ農場主（デーツ農家）へのワークショップ開催

本事業において、下水処理水及び下水汚泥の再利用に関して、農業省及びデーツ農業協同組合（Palm Farmers Cooperation Association: PFCA）と協議し、下水処理水の灌漑用水としての再利用、汚泥処理の適切さ、乾燥汚泥の安全性及び土壌改良材としての有効性について理解が得られた。

農業省からは、1)重金属含有量及び適切な含水率など基準値を満たしている、2)乾燥汚泥を土壌改良材として利用することは合意する、3)現在、WWTP 内のパイロットプラント及び市所有の Samed Land（試験圃場として）における試験的な利用は評価する、との意見があった。一方で、以下のような理由により一般農家への配布については難色を示した。

- 下水汚泥は当面、モニタリング・管理可能な状況下で使用する。管理できない場所での乾燥汚泥の使用は認められない。
- 有償無償にかかわらず乾燥汚泥を配布する場合は、経済省による汚泥成分の確認が必要である。
- 汚泥を土壌改良材として再利用する場合、少なくとも 3 年間はパイロットプラントで、土壌成分や植物育成をモニタリングする。

今後、ジェリコ市役所は、これらの課題解決に向けて引き続き関係機関との調整を行っていく必要がある。

表-5 に乾燥汚泥の重金属含有量を、表-6 に乾燥汚泥の成分をそれぞれ示す。

表-5 乾燥汚泥の重金属含有量

Parameters	Palestine ¹⁾	EPA ²⁾	Soil (2014)	Sludge (2014)	Sludge (2015)	Sludge (2021)	Sludge (2022)	Sludge (2023)
Cadmium	20	85	ND ³⁾	3.2	1.94	ND	ND	1.2
Copper	1,000	4,300	33.6	279.5	153.3	0.179	1.81	230.7
Nickel	300	420	39.5	30.2	31.9	0.026	0.15	24.8
Lead	750	840	ND	29.7	15.7	0.018	0.15	22.99
Zinc	2,500	7,500	100.4	1,258	1,029	0.55	3.59	518.9
Mercury	16	57	0.0133	2.969	1.67	ND	ND	ND
Chromium	400	3,000	42.4	ND	43.45	0.039	0.28	31.36

Unit: mg/kg of dry matter

- 1) Certification of Obligatory Technical Instructions, Treated Sludge for Agricultural Reuse, 59 for year 2015
 2) United States Environmental Protection Agency, Land Application of Sewage Sludge, A Guide for Land Appliers on the Requirements of the Federal Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 503
 3) ND: Not Detected

Data Source: JICA, TeCSOM Project Completion Report, 2018, TeCSOM-II Survey Results, 2023

表-6 乾燥汚泥成分

Parameters	unit	Sludge ¹⁾ (2021)	Sludge ¹⁾ (2022)	Sludge ¹⁾ (2023)	Samed ¹⁾ Soil (2022)	Soil Conditioner Standard ²⁾	Improvement of Soil ⁴⁾
Nitrogen (N)	%	2.855	4.0	4.4	0.085	>1.5	
Phosphate (P ₂ O ₅)	mg/kg	219	215	205	22.6		
Kalium (K ₂ O)	mg/kg	323	326	320	32.5		
pH		6.8	6.9	6.9	7.26	<7.5	5.0-8.5
EC	dS/m	7.7	7.5	8.7	1.32	<15	
Moisture Content	%	9.9	8.9	14.4	9.4	<20	25-40
Total Fecal Coliform ³⁾	CFU/100mL	Nil	Nil	Nil	Nil	<10	
Total Organic Matter	%	62.83	63.76	59.9	8.43	>50	>25
Carbon-Nitrogen ratio (C:N)		11:1	8:1	13:1	99.2	<15:1	<25:1

1) TeCSOM-II, Sewage analysis by An-Najah National University, TeCSOM-II Survey Results, 2023

2) Palestine Standard PS609-2014, Organic fertilizers and soil conditioners

3) U.S. EPA, 1999, Environmental Regulations and Technology, EPA stipulates Class A less than 1,000 MNP per 1 gram

4) Palestine Standard PS 2652-2011, Organic Fertilizer (Humus) Compost

ii) パイロットプラント（試験圃場）及び市保有地での汚泥活用試験

ジェリコ市役所は、これまで下水処理場内で実施していたパイロットプラント（試験圃場）に加え、市保有地である Samed Land で乾燥汚泥を土壌改良材として再利用を始めており、デーツ、レモンなどの生育を進めている。

さらに、ジェリコ市役所が掲げているグリーンシティビジョン（市内緑化）の一環として、プランテーションプロジェクトの予算が確保されており、2023年5月下旬より活動が開始された。これにより、下水処理水及び下水汚泥を活用して、デーツ、オリーブ、桐の生育が開始されており、今後、これら植生が豊かになった際には、下水処理水・汚泥の有効性を占める好事例となることが期待される。



写真-2 プランテーションプロジェクト

目 次

要約

目次

略語表

対象地域図

第1章 業務の概要等	1
1.1 業務の背景・経緯	1
1.2 業務の概要	1
1.3 日本人専門家の配置	2
1.4 ジェリコ市下水道事業の課題の分析	4
1.4.1 下水道事業運営面の課題と対策	5
1.4.2 下水道整備面の課題と対策	5
1.4.3 水質管理の課題と対策	5
1.4.4 汚泥処理・利用の課題と対策	6
第2章 本事業の活動及び成果	8
2.1 成果1：ジェリコ市における水収支も含めた下水処理の現状及び将来予測に基づき、下水処理場の流入量増加のための污水管網拡大にかかる計画作成能力が向上する	8
2.1.1 ジェリコ市役所における下水道事業経営状況の分析（活動1-1）	8
（1）ジェリコ市組織	8
（2）ジェリコ下水処理場	14
（3）下水処理水の再利用	17
（4）ジェリコ農産加工団地及びジェリコ難民キャンプからの上下水道料金徴収	24
（5）ナブルス下水処理場訪問	25
（6）ジェリコ市財務状況の分析	26
（7）重要経営指標を用いた事業の見える化	36
（8）日本人専門家不在時の本事業の実施体制の確保	40
（9）対パレスチナ日本政府代表事務所への活動・成果報告	41
2.1.2 ジェリコ下水処理場の下水流入水量を把握するとともに今後の流入量の試算（処理区域の水収支の把握、污水处理人口推計及び排水量原単位の見直しを含む）（活動1-2）	43

(1) ジェリコ下水処理場の下水流量流入予測	43
(2) ジェリコ農産加工団地からの排水	48
2.1.3 ジェリコ市内の下水管網拡大にかかる計画の作成支援（活動 1-3）	52
(1) 汚水管渠情報の一元管理	52
(2) Jericho Hills Village からの下水道接続の検討	54
2.1.4 下水管網拡大事業財源確保のための検討と支援	56
(1) 下水道接続	56
(2) 下水道料金徴収	63
(3) 上水道料金徴収	64
(4) ジェリコ下水道事業運営改善	69
2.1.5 PWA による管路拡大に向けた関係機関との意見交換の推進を支援	70
(1) ドナー支援への活動	70
(2) 下水道事業の広報活動	74
2.2 成果 2：ジェリコ下水処理場の流入水質検査能力が強化される	78
2.2.1 ジェリコ市役所上下水道部による水質検査マニュアルの作成の支援（活動 2-1）	78
2.2.2 下水処理場作業員を対象とした流入汚水の水質検査にかかる研修の実施（活動 2-2）	97
2.2.3 ジェリコ市役所上下水道部に対し、水質検査結果の評価と対処方法にかかるセミナーの実施（活動 2-3）	105
2.3 成果 3：ジェリコ下水処理場から排出される汚泥の活用方法について検討される	108
2.3.1 ジェリコ下水処理場から排出される汚泥の処理方法の評価（活動 3-1）	108
2.3.2 汚泥の活用方法について研修し、実施機関が行う農業省との意見交換の支援（活動 3-2）	114
第 3 章 本事業終了時の自己評価及び提言	127
3.1 本事業の自己評価	127
(1) 妥当性（Relevance）	127
(2) 整合性（Coherence）	128
(3) 有効性（Effectiveness）	128
(4) 効率性（Efficiency）	129
(5) インパクト（Impact）	131
(6) 持続可能性（Sustainability）	131
(7) 結論	132

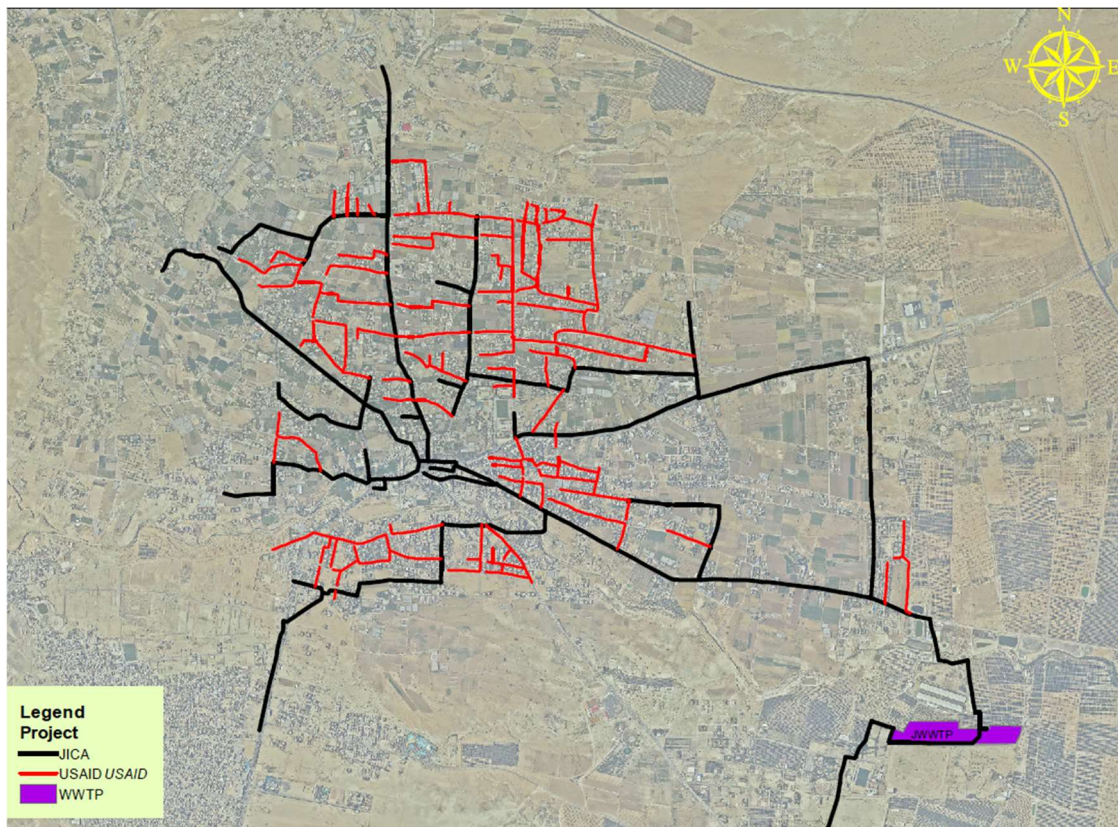
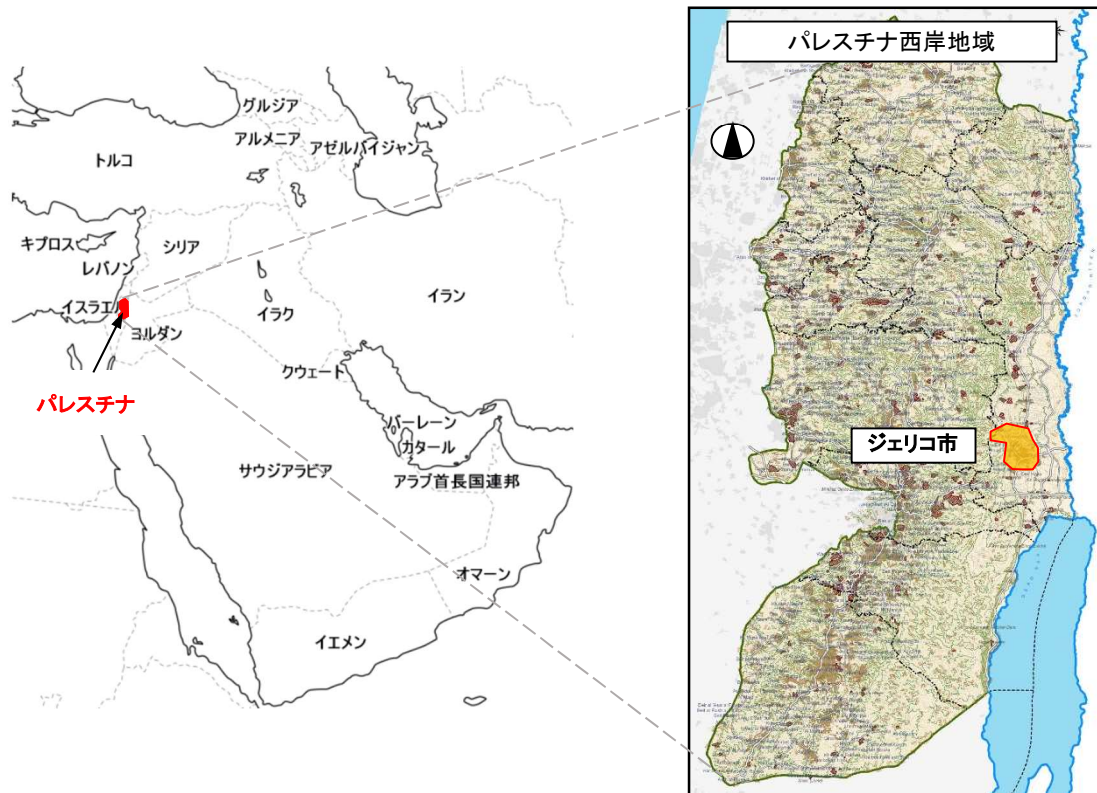
3.2 提言.....	133
合同調整委員会の概要.....	134
添付資料（Appendices；英文のみ）：別冊	

【略語集】

AFD	French Agency for Development	フランス開発庁
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
CAD	Computer-Aided Design	コンピュータ支援設計
CO ₂	Carbon dioxide	二酸化炭素
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
COSTEA	Scientific and Technical Committee of Agricultural Water	農業用水科学技術委員会
C/P	Counterpart	カウンターパート
DAF	Dissolved Air Flotation	加圧浮上法
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素量
EC	Electricity Conductivity	電気伝導率
ECU	Environment Control Unit	環境管理ユニット
EPA	United States Environmental Protection Agency	アメリカ合衆国環境保護庁
EQA	Environment Quality Authority	環境品質局
EU	European Union	欧州連合
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
HWE	House of Water & Environment	水と環境の家（団体名）
IPIEA	Investment Promotion and Industrial Estates Agency	投資促進産業不動産庁
JAIP	Jericho Agro-Industrial Park	ジェリコ農産加工団地
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JDECo	Jerusalem District Electricity Company	エルサレム地区電力会社
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
KPI	Key Performance Indicator	事業運営指標
MDLF	Municipal Development and Lending Fund	自治体開発貸付基金
MEDISS	Mediterranean Integrated System for Water Supply	給水のための地中海統合システム
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids	活性汚泥浮遊物質
MoA	Ministry of Agriculture	農業省
MoFA	Ministry of Foreign Affairs of Japan	外務省（日本）
MoLG	Ministry of Local Government	地方自治省
NIS	New Israeli Shekel	新シェケル（通貨単位）
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	（濁度の単位）
O&M	Operation and Maintenance	運営・維持管理
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On-the-Job Training	オンザジョブ・トレーニング

PP	Pilot Project	パイロット・プロジェクト
PPWM	Prepaid Water Meter	プリペイド式水道メータ
PR	Public Relations	広報
PWA	Palestinian Water Authority	パレスチナ水利庁
RO	Reverse Osmosis Membrane	逆浸透膜
ROJ	Representative Office of Japan to Palestine	対パレスチナ日本政府代表事務所
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	監視制御システム
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
SOP	Standard Operating Procedure	標準作業手順書
TeCSOM	Technical assistance for Capacity building Sewerage system Operation Management	(プロジェクトニックネーム*1)
TDS	Total Dissolved Solids	総溶解固形物
TSS	Total Suspended Solids	総懸濁物質
UNOPS	United Nations Office for Project Services	国際連合プロジェクトサービス機関
USAID	United States Agency for International Development	アメリカ合衆国国際開発庁
WBWD	West Bank Water Department	西岸地区上水道部
WSRS	Water Sector Regulatory Council	水セクター調整協議会
WWD	Water and Wastewater Department	上下水道部
WWTP	Wastewater Treatment Plant	下水処理場

*1) 2012 年～2018 年に実施された技術協力プロジェクトを指す場合は、TeCSOM-I、本事業を指す場合は、TeCSOM-II と記載する。単に TeCSOM と記載する場合は、本事業に係る C/P の総称を示す。



対象地域 位置図

第1章 業務の概要等

1.1 業務の背景・経緯

パレスチナ自治区ヨルダン川西岸地区、死海の北 10 km の海拔マイナス 260 m に位置するジェリコ市は、ヨルダン渓谷において中心的な都市である。年間降水量は約 166 mm と非常に少なく、生活用水は市内にあるアインスルタン湧水に頼っており、農業用水は同湧水と地下水を使用している。一方、ジェリコ市で発生する汚水は各家庭や施設の浸透槽から未処理のまま地下浸透しており、地下水の汚染につながっている。

こうした状況を改善するため、日本政府はジェリコ市及び周辺地域の主要な水源である地下水の汚染を防ぐとともに、地域住民の生活・衛生環境の改善に寄与することを目的とした無償資金協力事業を実施し、2014 年にジェリコ下水処理施設及び汚水管渠施設が完成した。また、同施設を適切に運営するため、国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency: JICA) は技術協力プロジェクト「ジェリコ下水道運営管理能力強化プロジェクト(通称 TeCSOM*-I)」(2012 年～2018 年)を通じ、下水道事業の実施体制の整備と施設の運転維持管理 (Operation and Maintenance: O&M) にかかる能力向上を支援した。

また、ジェリコ下水処理場 (Wastewater Treatment Plant: WWTP) は、ジェリコ市内及び周辺地域では、下水管網の整備を目的とした事業がパレスチナ自治区及び USAID の支援により実施されていたが、USAID の支援中断 (2019 年 1 月) に加え、パレスチナ側の実施主体であるパレスチナ水利庁 (Palestinian Water Authority: PWA) 及びジェリコ市役所の慢性的な財政不足と事業経営能力の低さに起因し、その進捗が滞っており、下水管網の整備不足から、同下水処理場の汚水流入量も設計容量を下回る状況が続いていた。

ジェリコ市周辺地域 (アインスルタン難民キャンプ、ジェリコゲート開発団地、ジェリコ農産加工団地) からの汚水受け入れも期待されており、下水処理場の適切な稼働や、再利用可能な下水処理水及び下水汚泥の確保のためにも、下水処理場に流入する下水の水質検査能力の強化が喫緊の課題であった。

こうした背景を踏まえ、パレスチナ自治区から我が国に対し、持続的な下水道事業運営体制の構築を目的として、下水管網拡張による流入下水量の拡大とその水質管理、下水汚泥の有効活用の促進、ジェリコ市役所の経営分析ならびに下水管網拡張の公共予算及び外部資金導入のための能力強化を支援する専門家の派遣が要請された。この要請を受け、JICA は「ジェリコ市下水道事業の持続的経営能力強化」(通称 TeCSOM-II と呼ぶ) (2021 年 7 月～2023 年 7 月)を開始し、専門家を派遣した。

*事業名：Technical assistance for Capacity building Sewerage system Operation Management の略称。

1.2 業務の概要

業務の概要と各成果の活動を表 1.1 に示す。

表 1.1 業務の概要

項目	概要
本事業名	パレスチナ ジェリコ市下水事業の持続的経営能力強化
上位目標	ジェリコ市において持続可能な下水道サービスが提供される。
本事業の目標	<u>ジェリコ市役所において持続可能な下水道事業経営体制が構築される。</u>
本事業の目的	パレスチナ側カウンターパートの下水道事業運営能力向上を図ることにより、事業の目標を達成する。
対象地域	ジェリコ市及び周辺地域の下水処理区域
期待される成果	成果 1：ジェリコ市における水収支も含めた下水処理の現状及び将来予測に基づき、下水処理場の流入量増加のための水管網拡大にかかる計画作成能力が向上する。 成果 2：ジェリコ下水処理場の流入水質検査能力が強化される。 成果 3：ジェリコ下水処理場から排出される汚泥の活用方法について検討される。
活動の概要	活動 1-1：ジェリコ市役所における下水道事業経営状況を分析する。 活動 1-2：ジェリコ下水処理場の下水流入量を把握するとともに今後の流入量を試算する。（処理区域の水収支の把握、汚水処理人口推計及び排水量原単位の見直しを含む） 活動 1-3：ジェリコ市内の水管網拡大にかかる計画の作成を支援する。 活動 1-4：水管網拡大事業財源確保のための手法の検討と実施を支援する。 活動 1-5：PWA による管路拡大に向けた関係機関との意見交換の推進を支援する。 活動 2-1：ジェリコ市役所上下水道部による水質検査マニュアルの作成を支援する。 活動 2-2：下水処理場作業員を対象とした、流入汚水の水質検査にかかる研修を行う。 活動 2-3：ジェリコ市役所上下水道部に対し、水質検査結果の評価と対処方法にかかるセミナーを実施する。 活動 3-1：ジェリコ下水処理場から排出される汚泥の処理方法について評価する。 活動 3-2：汚泥の利用方法について研修し、実施機関が行う農業省との意見交換を支援する。
関係官庁・機関	パレスチナ水利庁 (Palestinian Water Authority: PWA) 下水道事業部 ジェリコ市役所 上下水道部
実施期間	2021 年 7 月～2023 年 7 月

1.3 日本人専門家の配置

JICA 専門家チームは3人で構成され、メンバーと担当役割は表1.2に示すとおりである。

表 1.2 JICA 専門家

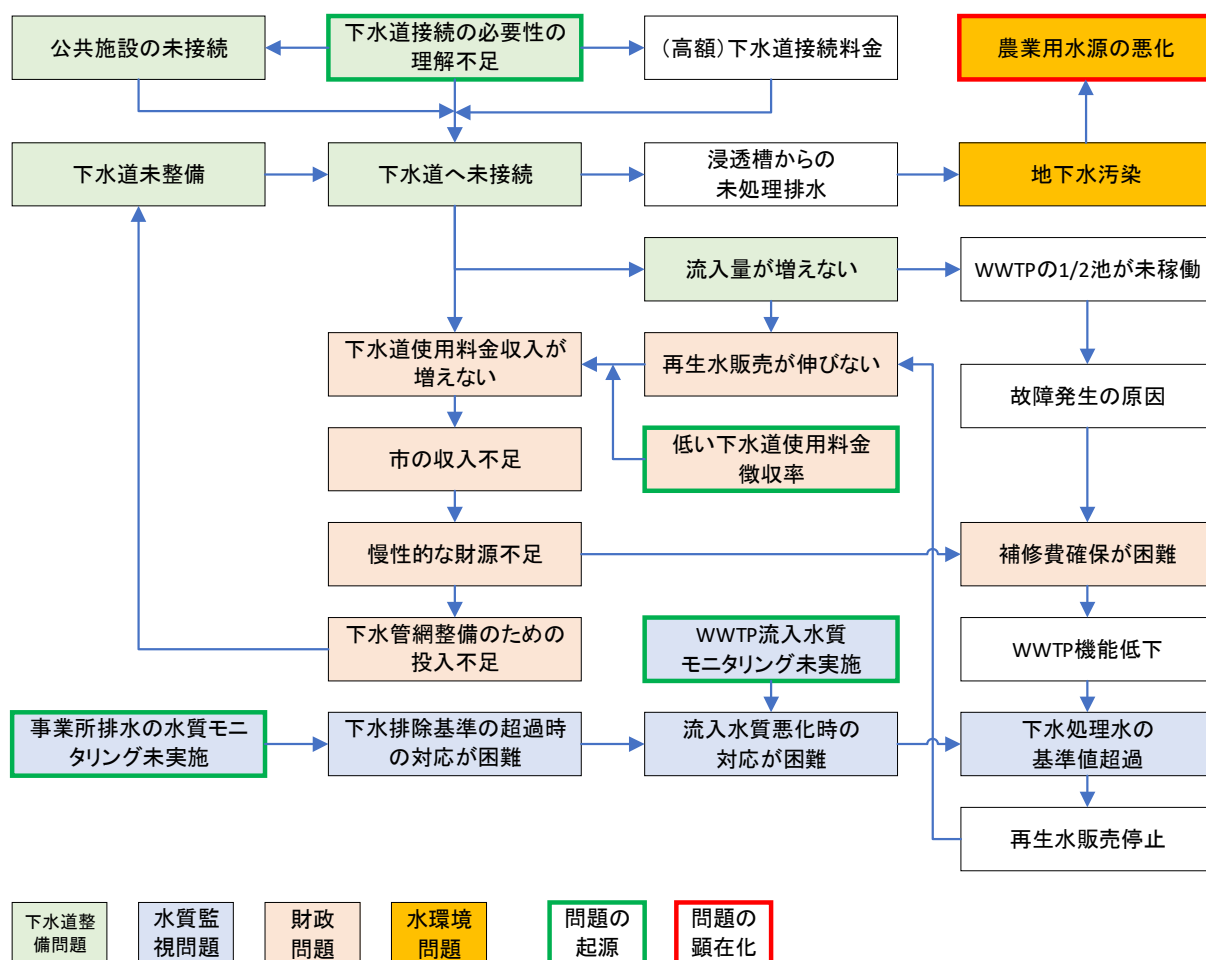
No.	担当	氏名
1	業務主任者/下水道事業運営	鬼木 哲
2	水質管理	守田 康彦
3	汚泥管理	佐野 博文

下図に示す専門家の投入/派遣は、本事業の効率的な遂行及び現地スケジュールを考慮した。

1.4 ジェリコ市下水道事業の課題の分析

ジェリコ市下水道事業の現状と抱える課題を整理し、課題相関図を図 1.2 に示す。課題のカテゴリーを下水道整備、財政及び水質監視に分類した。

図 1.2 より顕在化する問題は、地下水汚染による水源の悪化といえる。一方、この原因である問題の上流をみると、下水道整備の初期においては「下水道接続の必要性の理解不足」、財政問題では「下水道料金収入が増えない」と「低い下水道料金徴収率」、水質監視では「事業所排水の水質モニタリング未実施」及び「WWTP 流入水質モニタリング未実施」が問題の根源といえる。よって本事業ではこれらの課題に対して重点的に取り組んだ。



出典：TeCSOM Team 作成

図 1.2 ジェリコ市下水道事業の課題相関図

ジェリコ市の下水道事業の課題と対策を運営面、下水道整備面、水質管理面、汚泥管理面の4つの観点から以下にそれぞれ示す。

1.4.1 下水道事業運営面の課題と対策

無償資金協力事業（2014 年完工）において、ジェリコ WWTP の建設とともに、主要な污水管渠（管渠延長計 29.66 km, 口径 150-700 mm）も建設された。WWTP への流入下水量は 2018 年 1 月で 1,100 m³/日、2021 年 6 月で 1,700 m³/日である。污水枝線管渠、下水接続管（ジェリコ市は公道の污水ますまで建設）の大半をパレスチナ・ジェリコ市側負担としており、ジェリコ市負担部分の実施が流入下水量の増加に影響する。

ジェリコ市役所の下水道事業運営面での問題は慢性的な財政不足であり、この問題に取り組むために最も重要な点は下水道使用料金の収入増加であり、これを実現するため、本事業では以下の方策を提案した。

- 1) 下水道使用者数の増加、2) 下水道使用料金の値上げ（ディスカウントキャンペーンの終了）、3) 下水道料金徴収率の向上

1.4.2 下水道整備面の課題と対策

(1) 下水道への接続促進

下水道への新規各戸接続を増やすためには、1) 公共部での污水管渠整備の拡充、2) 公共部での污水ますの延伸、3) 下水道接続申請手続きの迅速化、などがある。1) 及び 2) に関しては、污水管渠整備のための財源確保及びドナー支援が重要である。

(2) 他ドナー支援

2019 年 1 月に USAID の支援中断により、污水枝線管渠建設（通称、1-B プロジェクト）の一部が中断した。以降、ジェリコ市へのドナー支援が不在となり、ジェリコ市役所は下水管渠拡大に向けた PWA との戦略的な協議が必要であった。

1.4.3 水質管理の課題と対策

水質管理面での具体的な課題と対策は、以下のとおりである。

(1) 下水道施設への流入下水及び下水処理水質のモニタリング実施

これまで WWTP への流入水質は監視されておらず、高濃度水質の流入の場合、再生水利用基準の超過など下水処理に悪影響を及ぼす可能性がある。そこで、定期的に下水処理水質を監視し、農業用利用への影響がないことを確認する必要がある。また、水質測定のための試薬購入費の予算確保も重要であった。

(2) ジェリコ農産加工団地等からの高濃度水質の監視

事業所排水であるジェリコ農産加工団地 (Jericho Agri-Industrial Park: JAIP) からの下水は、一般家庭の下水と異なり高濃度の水質となる。以前、JAIP から高濃度の下水が流入したことから、現在、ジェリコ市は WWTP への受け入れを止めている。受け入れ開始の条件は、下水排除基準

の順守である。JAIP では、下水排除基準を満たすべく除害施設を建設したが、2023 年 7 月時点で稼働には至っていない。

ジェリコ市役所も下水の受け入れ後には、排水水質の監視が求められる。そのほか下水道計画区域に精肉工場（建設中）や病院（未接続）などの事業所が立地しており、下水道への接続には下水排除基準の順守が条件となり、ジェリコ市側の監視体制を整備する必要があった。

(3) 流入水質の検査体制の確立

ジェリコ市役所では、WWTP へ流入する水質の監視体制及び水質検査体制（水質検査能力向上、マニュアル策定、試薬確保など）を確立した。また、WWTP 水質試験室で測定できない水質項目については、外部委託とし予算確保に努めた。

1.4.4 汚泥処理・利用の課題と対策

現在のジェリコ WWTP の下水汚泥の最終形状は、天日乾燥による乾燥汚泥である。乾燥汚泥の利用分野、加工工程、生成物、利用用途は表 1.3 に示す。エネルギー使用では、乾燥汚泥は熱源として潜在能力が高く、汚泥燃料化として焼却施設で利用可能である。しかし、パレスチナ西岸地区では、焼却施設の立地は確認できなかった。建築資材利用では、セメントの原料として利用することが出来る。セメント工場の受け入れが可能であれば有効な利用用途となるが、焼却施設と同様にパレスチナ西岸地区で工場は確認できなかった。先行プロジェクト (TeCSOM-I) においては、乾燥汚泥として肥料/土壌改良材による利用を検討した。



写真 1.1 乾燥汚泥床の乾燥汚泥

表 1.3 乾燥汚泥の利用

利用分野	加工工程	生成物	利用用途	評価
1) 緑農地利用	無加工/乾燥	脱水汚泥/乾燥汚泥	肥料/土壌改良材	潜在需要量大
2) エネルギー利用	乾燥	乾燥汚泥	燃料	焼却施設の有無
3) 建築資材利用	無加工/乾燥	脱水汚泥/乾燥	セメント原料	セメント工場の有無

出典：下水道施設計画・設計指針と解説 後編 2009 年版、(社)日本下水道協会、p461

「ジェリコ下水道運営管理能力強化プロジェクト(TeCSOM-I)」(2012 年～2018 年)では、下水汚泥の安全性の確認として重金属の含有量と、肥料として有効な成分の含有量を分析し、施用することの安全性、有効性を示した。しかし、近隣農家への肥料利用を進める方策は、次の 3 つと考えられる。

(1) 乾燥汚泥の安全性の周知

下水汚泥の肥料もしくは土壌改良材として使用する場合、安全性（重金属含有量が基準値以内）を確保し、定期的な測定と周知（情報公開）が求められた。

(2) 土壌改良材としての有効利用の周知

下水汚泥（乾燥汚泥）はその成分から土壌改良材として十分有効利用可能である。定期的な測定と周知（情報公開）が求められた。また、TeCSOM-I から継続しているパイロットプラントに加え、ジェリコ市管理下の試験圃場を整備し、視覚的に下水汚泥の有効性を訴える必要があった。

(3) 農業省とのコミュニケーション

下水汚泥の再利用について、農業省に汚泥の成分分析結果を提示し、利用用途（肥料もしくは土壌改良材）の可能性について協議した。また、再利用に向けた段階的汚泥の施用について協議した。

第2章 本事業の活動及び成果

2.1 成果-1: ジェリコ市における水収支も含めた下水処理の現状及び将来予測に基づき、WWTPの流入量増加のための下水管網拡大にかかる計画作成能力が向上する

2.1.1 ジェリコ市役所における下水道事業経営状況の分析（活動 1-1）

活動 1-1 では、ジェリコ市の下水道事業経営に影響のある要素を抽出し、分析した。ジェリコ市役所では上下水道部が中心となるが、上下水道料金の徴収については財務部との協力が不可欠である。ジェリコ市周辺では、JAIP や難民キャンプからの下水受け入れがあり、上下水道料金の徴収について調査した。また、適切な WWTP の O&M 及び下水処理水質の維持は、デーツ農家に下水処理水を販売していることから収益にも直結しており、重要である。そのほか、ジェリコ市役所は、近隣都市であるナブルス WWTP の O&M も参考とした。

下水道事業の経営状況については、重要経営指標（KPI）を用いて見える化した。また、本事業では日本人専門家不在時にもカウンターパートが自主的に活動するよう定期的に会議を開催した。

ここでは、本活動の対象組織及び取り組んだ課題ごとに、具体的な活動とその成果を報告する。(1)ジェリコ市役所、(2)ジェリコ WWTP、(3)下水処理水の再利用、(4)JAIP 及びジェリコの難民キャンプからの上下水道料金徴収、(5)ナブルス WWTP 訪問、(6)ジェリコ市の下水道事業に関する財務状況の分析、(7)重要経営指標を用いた事業の見える化、(8)日本人専門家不在時の本事業実施、及び(9) 対パレスチナ日本政府代表事務所(Representative Office of Japan to Palestine: ROJ)への活動・成果報告

(1) ジェリコ市組織

a) 本事業の活動

- ・ 本事業の期間中、ジェリコ下水道事業が抱えている問題及び課題は、週例会議にて関係者と協議された。各課題の対応状況は記録され、責任者、期限が示されており、各課題の進捗状況は一覧表に整理され簡易版として管理された。
- ・ ジェリコ市役所の各部署の業務内容を明確にした。TeCSOM チームが、ジェリコ市役所の職務内容（アラビア語）を入手し、業務内容を確認した。各活動は、問題や責任が発生した場合に都度、確認した。以後、業務内容を参考にしながら本事業の活動を記述した。
- ・ 経済開発・投資部門 (Economic Development & Investment unit)は、ジェリコ市におけるドナーコーディネートの窓口となっている。各ドナーに対しての技術提案書は、主に計画プロジェクト部が作成し、窓口となる部署を通じて提出される。
- ・ ジェリコ市役所における TeCSOM-II 関連の部署と責任者を特定した。図 2.1.1 に組織図と責任者を示す。また、TeCSOM-II の主管部である上下水道部の組織を図 2.1.2 に示す。なお、

ジェリコ市役所の職員数は、2021 年現在で 322 人である。

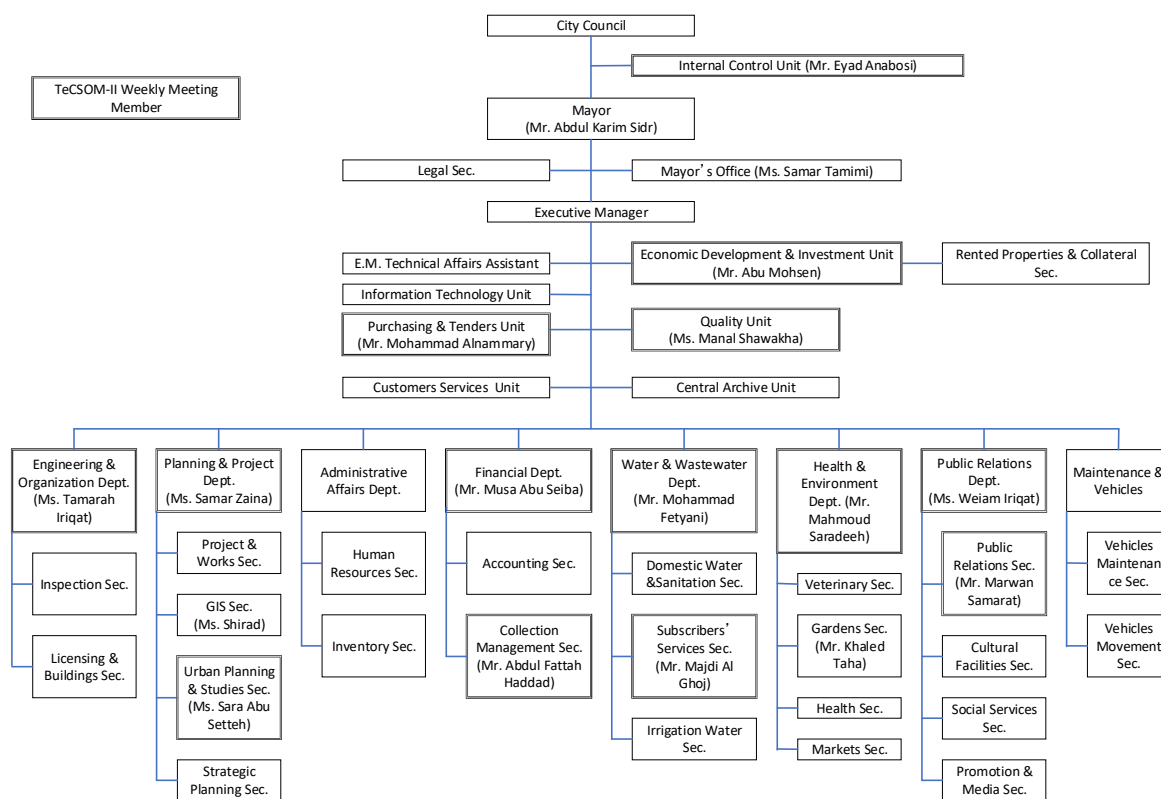


図 2. 1. 1 ジェリコ市役所の TeCSOM 関係部署

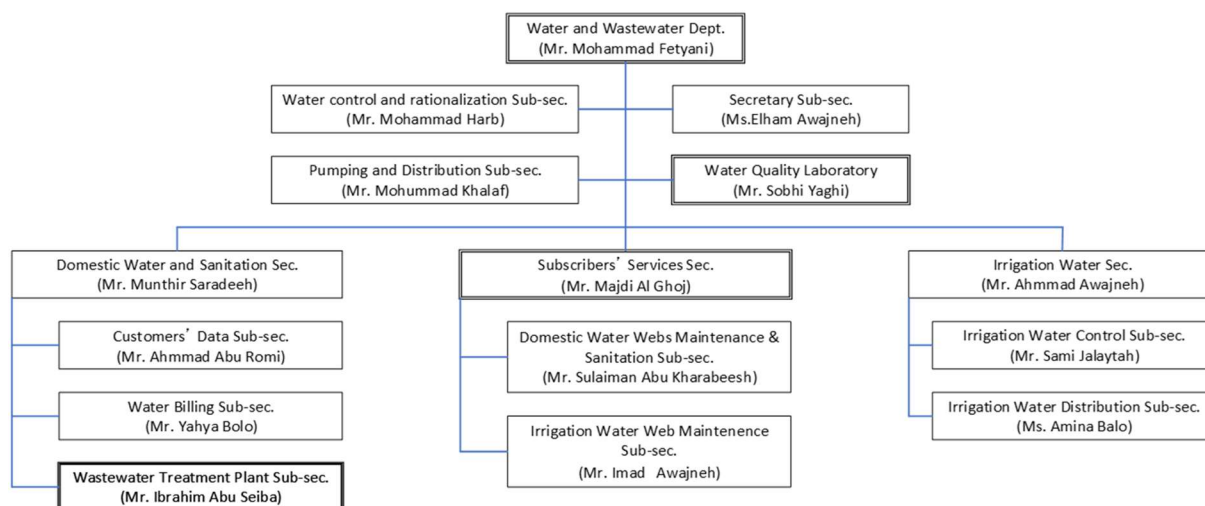


図 2. 1. 2 ジェリコ市上下水道部

- ・ 本事業の主要部署の人員は以下のとおりである。
 - 下水処理場 (Wastewater Treatment Plant Sub-sec.) : 7 名
 - 上下水道部顧客サービス課 (Subscriber's Services Sec.) : 5 名
 - 財政部料金徴収管理課 (Collection Management Sec.) : 4 名
- ・ カウンターパート (C/Ps) との週例会議及び上下水道部長との協議から、2021 年 11 月に以下の 3 事項が喫緊の課題となり、これらを市長に説明したところ、理解を得て承認された。

1) 水質検査技師の増員

本事業開始当時のジェリコ市の水質検査体制を調査した結果、水質検査業務は 1 名で実施されていたが、上水道施設と下水道施設のそれぞれに専任の水質検査技師を配置する必要があった。その他の理由は以下のとおりである。

- 水質検査室を有する浄水場と下水処理場の位置は約 7 km 離れており、1 名で水質検査業務を行うことは、業務量に対して時間的に困難である。
- JAIP にある前処理施設は 2022 年 9 月までに稼働開始予定であったが、2023 年 7 月時点で未稼働である。今後、前処理施設が稼働し、JAIP からの排水が排出基準を満たした場合、ジェリコ市は JAIP からの下水を受け入れることになり、WWTP への流入量は増加することが予想される。これにより、JAIP からの排水だけでなく WWTP への流入水質の監視は、WWTP プロセス保護に直接影響する重要な活動となる。
- 現在、ジェリコ市による WWTP の適切な O&M により、下水処理水の水質は再利用基準を満たしており、下水処理水は農家に販売されている。また、この販売益は、ジェリコ市にとって重要な収入源でもある。今後、下水流入量の増加により、下水処理水を多くの農家に配水・販売することになるため、商品として水質を監視することは非常に重要である。

本事業の期間中に水質検査技師を新規雇用することは、日本人専門家による水質検査にかかる技術移転の実施とその成果の持続的な活用に不可欠であったことから、この必要性についてジェリコ市長に説明し、理解を得ることができた。

2) ジェリコ WWTP の機械電気技術者（ポンプ技師）の新規配属

ジェリコ WWTP は 2014 年 6 月に供用開始し、2023 年 7 月まで 9 年間稼働している。これまでのところ下水処理は順調で、下水処理水は再利用基準を満たしており、農家に販売されている。しかし、すべての機器には寿命がありいずれ機能停止することから、機器の長寿命化のため定期的に適切な保守・維持管理を行うことで、より長く稼働させることができる。

しかしながら、本事業開始当時、ジェリコ WWTP には、保守点検の専任技術者は配置され

ていなかった。施設内には多くの機器があるため、機器の管理・点検ができる技術者の配置は、施設の寿命を延ばすために必要不可欠であった。

この状況に対してジェリコ市役所が機械電気技術者を募集したものの、機械電気技師の応募者はいなかった。これは機械と電気の両分野を扱える技師の確保が困難であることを示している。

その後、ジェリコ市役所は、再度、WWTP 専任の技師を募集したものの、応募はなかった。さらに応募の資格要件を見直し（緩和し）、再募集したが、応募者はなかった。そこでジェリコ市役所は、技師の募集を断念し、WWTP のメンテナンスを外部委託する方針となった。（一方、WWTP の運転は、ジェリコ市役所職員が常時行っている。）これら一連の活動に対して本事業の日本人専門家が技術的な支援を行った。

3) 日本庭園及びパイロットプラント（試験圃場）の清掃・維持

- ジェリコ WWTP には、日本庭園や下水処理水の再利用のためのパイロットプラント（試験圃場）がある。TeCSOM-II では、ジェリコ市の理解と協力のもと、パイロットプラントで下水汚泥の肥料としての有効性を実証しており、パイロット的に下水汚泥の肥料もしくは土壤改良材としての試験利用を行った。ただし、本格的な販売/配布を実施するに至っていない。



写真 2.1.1 汚泥乾燥床



写真 2.1.2 乾燥汚泥

- 下水汚泥の活用を促進するため、日本庭園及びパイロットプラントを適切かつ定期的に整備し、ジェリコ市を訪れる人に自信を持って紹介できる場所とした。



写真 2.1.3 場内の日本庭園（清掃中）



写真 2.1.4 場内の日本庭園

- ・市長は、上記の要望を受けて、ジェリコ WWTP の清掃・修繕を指示した（2021 年 11 月 16 日に市長説明、2021 年 11 月 21 日に市長から指示）。また、市長は 2021 年 11 月 29 日に WWTP を訪れ、現場と改善状況を確認した。下水処理場長及びオペレータから WWTP 内を案内され、人員増強やメンテナンス用設備追加の必要性の説明を受けた。



写真 2.1.5 WWTP 訪問



写真 2.1.6 市長視察

- ・下水処理水は灌漑タンクからポンプでデーツ畑へ送水されるが、動力ケーブルの容量の問題から、同時に稼働できるポンプは 2 台のみであった。2023 年 7 月現在、ポンプは 9 台設置されており、送電容量を増やすために動力ケーブルの増設工事を行い、2023 年 1 月に完成した。



写真 2.1.7 灌漑用タンク



写真 2.1.8 動力ケーブル増設工事

4) 新市長への本事業の方針説明

- ・ 2022 年 3 月にジェリコ市で市長選挙が行われ、新市長が誕生した。同年 5 月 16 日にジェリコ新市長 Mr. Abdulkarim Sidr と面談し、これまでの下水道施設建設や TeCSOM-I の経緯・成果、そして TeCSOM-II での目標及び現在までの取り組みを説明した。
- ・ 特にジェリコ市役所がゼロから下水道事業を立ち上げ、いかに軌道に乗せてきたかを説明した。その上で、より持続的な下水道事業運営を行うため、水質管理、予防的管理の重要性を説明し、そのために水質検査者、機械電気技師、庭園維持管理者の増員の必要性を説いた。
- ・ 市役所の財源の一部である上下水道料金徴収にも、本事業では注力していることを説明した。
- ・ 新市長とは、TeCSOM チームとの信頼関係の構築が第一歩であり、最も重要なことであるため、今後とも情報共有していくことを約束した。また、TeCSOM-II の週例会議に市長が参加し、下水処理水販売促進、下水道への接続及び広報活動(Public Relations: PR)の重要性を説いた。

b) 本事業の成果

1) 水質分析員の増員

- ・ 水質検査技師、機械電気技師の採用手順は、まず自治省 (Ministry of Local Government: MoLG) で市の予算 (新規雇用のため) を承認し、続いてジェリコ市議会で採用の承認がされる。これを受けて、上下水道部長は市長に採用手続き開始を要請し、2022 年 6 月より採用手続きを開始した。
- ・ 水質検査技師の公募に対して、19 名の応募があり、この中から 1 名が採用された (2022 年 8 月 30 日付採用)。(活動 2-2 に関連)

2) 日本庭園及びパイロットプラントの清掃・整備

- WWTP 内清掃は、次のプロセスを経て実施された。①上下水道部長が市長及び市議員に直接要請、②議員がこの要請に同意し、庭園課に清掃を指示、③庭園課が清掃開始。上下水道部長は副市長と協議し、庭園課への作業を依頼した。
- 市長と上下水道部長の方針で、WWTP の庭師（庭園課職員、市役所の作業員）は日本庭園だけでなく、WWTP 内のパイロットプラント（試験圃場）の管理も行うこととした。
- WWTP の庭園及びパイロットプラントの管理は、健康環境部庭園課の職員（計画プロジェクト部より異動）が行っている。
- ジェリコ市役所は、庭園課の職員 1 名の定年退職に伴い、2023 年 1 月より WWTP の日本庭園及び試験圃場（場内及び場外とも）の専任者を雇用し、これらの維持管理を行っている。

(2) ジェリコ下水処理場（WWTP）

a) 本事業の活動

1) WWTP の 2 池目の稼働準備

- 週例会議にて、2022 年 4 月、5 月の流入水量、処理水量、下水処理水販売量及び消費電力量が報告された。専門家からは、数値の報告だけでなく、分析も必要であり、たとえば前年同月との比較、再生水販売率、太陽光発電のカバー率、増減の要因など分析を求めた。この指摘を受けて、以降の週例会議では、比較した数値や割合が示されるようになった。
- 流入下水量は、污水管網整備に伴い年々増加しており、2022 年 10 月には約 2,552 m³/日（処理能力の 39%）まで増加してきた。今後は、下水管整備、JAIP からの排水、難民キャンプからの排水、新規住宅開発の排水等の受け入れによる流入下水の増加が予想されるため、現在の 1 系列運転に加えて 2 系列目の運転の準備が必要である。
- ジェリコ WWTP の場長は、現在使われていない 1/2 池（Reactor-Clarifier）を稼働させ、稼働中の施設の点検・メンテナンスしたい考えである。また、最終沈殿池（Clarifier）を 2 池使用することも検討する。最終沈殿池を 2 池使うには、図 2.1.3 に示すように、連絡管のバルブを開けることで、汚水が流入する。その際、運転時で考慮すべきは、両池からの汚泥の返送率である。適切な MLSS 濃度を保つために、2 つ最終沈殿池から 1 池の反応槽へ汚泥を返送する運転を検討する必要がある。2023 年 7 月現在、最終沈殿池は 1 池のみ使用している。

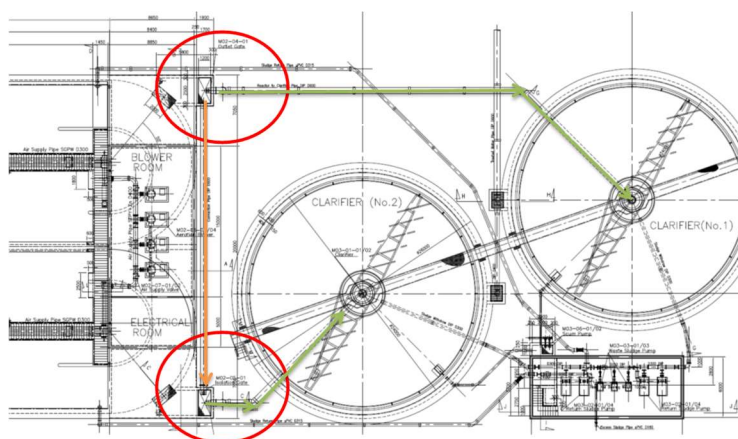


図 2.1.3 最終沈殿池の連絡管

2) WWTP メンテナンス

- ・ 反応槽内のミキサーの故障とその修理状況が報告された。これらについては、カウンターパートが修理工場の情報（連絡先、修理の可否、費用、修理期間）などを収集し、修理工場にて修理した。
- ・ ジェリコ WWTP で反応槽内のミキサーなどの機器のメンテナンス（修理）が必要としている。スペアパーツや予備機器を保有しておく必要があるが、なかにはパレスチナ国内で調達できず、輸入の必要がある。また、スペアパーツの確保や修理費の予算を確保する必要がある。
- ・ 現在までのところ、小規模の修理でパレスチナ国内の修理工場で対応できている。今後、修理費用の増大も考えられることから、機器の故障に対する保険の加入も検討した。そこで既に故障の保険に入っているナブルス WWTP を訪問し、保険についてヒアリングした。
- ・ ジェリコ WWTP は稼働開始から 9 年が経過した。これまで機器の不具合が発生し、ラマラの修理工場に依頼していた。しかし、依頼から 2 ヶ月経過しても仕上がりの報告がなく、WWTP 現場では対応に不安を覚えている。そこで、機電のサブコントラクター（WWTP 建設時に参画）に機器修理の委託を相談することとした。サブコントラクターは、ナブルス及びトゥバス WWTP の維持管理を行っている。
- ・ これまでジェリコ市役所は、WWTP 用に機械電気技師、ポンプ技師を募集していたが、幾度の公募にもかかわらず、応募はなかった。そこで、上下水道部は新規雇用を断念し、外部委託へと方針を変えた。外部委託の候補として、WWTP 建設時のサブコントラクターを挙げている。
- ・ 2023 年 3 月 13 日、ラマラにてジェリコ市役所職員及び TeCSOM チームとサブコントラクターで WWTP の機器補修について協議した。サブコントラクターは、スペアパーツは現地及びインターナショナル（EU、日本など）からも調達可能と説明した。後日、TeCSOM チームは、WWTP 機器の現状及び維持管理の見積を得るため、サブコントラクターをジェリコ WWTP

に招いた。

- ・ TeCSOM チームは、メンテナンスの外部委託を進めるためにコントラクターの招聘、委託見積項目の確認等を支援した。
- ・ 2023 年 5 月 22 日にコントラクターが WWTP を訪問し、現状の機器稼働状況、機器点数、維持管理項目の確認を行った。管理項目は次の 3 点に分類される。1)定期点検、2)緊急時(故障、機能低下) 対応、3)スペアパーツ・機器調達。

3) 太陽光発電

- ・ WWTP 内には太陽光発電施設が設置されており、週例会議及び第 2 回合同調整委員会(Joint Coordinating Committee: JCC)にて WWTP の消費電力と太陽光発電電力の数値が示された。消費電力は 2021 年 12 月と 2022 年 5 月で高くなったが、流入水汚濁負荷が高くなり、ブローの運転により消費が高まったことが要因であると説明された。また、発電電力量が 12 月から 5 月にかけて少しずつ上昇しているのは、日照時間が長くなったためである。なお、6 か月平均の消費電力量は 2,232 kWh/日で、太陽光発電によるカバー率は 18.6%であった。
- ・ WWTP 場内での太陽光発電の設置位置は、将来の下水道施設の増設に影響がない場所であることを条件にしている。電力会社であるエルサレム地区電力会社(Jerusalem District Electricity Company: JDECo)とジェリコ市役所との協議で、既設太陽光発電施設の隣(場内西側)に建設することで合意した。
- ・ ジェリコ市役所は、2023 年に運用開始予定の太陽光発電は、ジェリコ市の電気料金単価が高い施設(街灯など)に使用することとし、WWTP には直接配電しないこととした。(ジェリコ市役所による決定)

b) 本事業の成果

1) WWTP の 2 池目の稼働準備

- ・ WWTP は供用開始から 10 年目を迎えており、流入水量増加に伴い 2024 年に 2 池目を使用開始する予定である。
- ・ 2 系列目運転は、メンテナンスのコントラクターとの契約成立後に、本格的に試運転することを確認した。

2) WWTP メンテナンス

- ・ ジェリコ市長は、WWTP のメンテナンスを外部委託することを認めているが、この外部委託費の確保が条件となる。そこで市長は下水処理水販売による収益を外部委託費用に充てることを提案した。この事案は市議会で議論される。
- ・ これまで下水処理水の販売益は、市の一般財源に回されていた。しかし、この収益を特定財

源化し、WWTP のメンテナンス費用に充てる方針とした。

3) 太陽光発電

- 2022 年 6 月 27 日、WWTP 内への太陽光発電施設の建設計画が、パレスチナ水利庁 (Palestinian Water Authority: PWA) より承認された。建設は、JDECo によって行われる。ジェリコ市は、発電施設の土地を供与し、代わりに発電量の 40% を受電する計画となっている。

(3) 下水処理水の再利用

a) 本事業の活動

1) 下水処理水再利用

- 下水処理水の再利用を検討するに当たり、TeCSOM-I で実施した検討着手から下水処理水再利用に至るまでの全 20 工程を図 2.1.4 に示す。各工程とも欠かせないが、なかでも最も重要であったのが、16) ステークホルダーとの合意形成であった。このため、TeCSOM チームとジェリコ市役所は試験圃場を設置し、実証実験とデータ蓄積、ワークショップでの結果の説明など行ってきた。
- TeCSOM-II では、下水汚泥の再利用を推進すべく、下水処理水の再利用で得られた知見を生かして、同様のアプローチで取り組んだ。活動 3 にて詳述する。

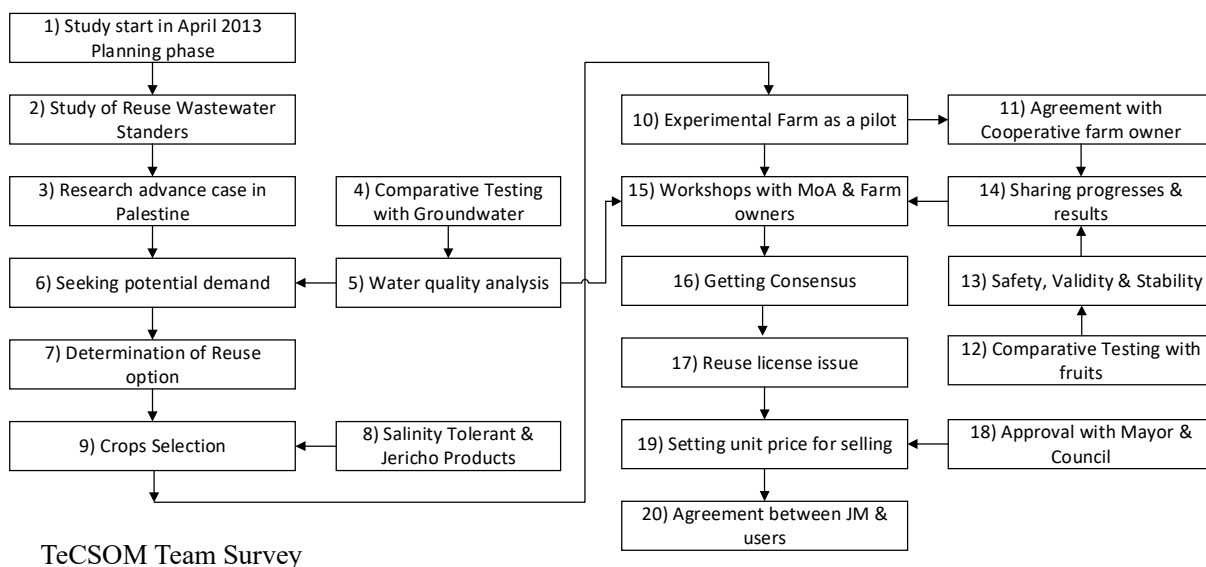


図 2.1.4 下水処理水の再利用検討工程

- ジェリコ市では、水道水源と水量が限られており、既存の水道水源は貴重である。また、パレスチナ西岸地区では、新たに水源（井戸）を開発する際には "Israel and Palestinian Joint Water Committee" の承認を必要としている。

- ・特に C 地区での井戸建設は、A 及び B 地区に比べて厳しい開発制限があるため、承認に時間を要する。ジェリコ WWTP の周辺には広大なデーツ畑があるものの、大半が C 地区に位置している。農場主は灌漑用水の需要は高いが、新規に水を確保することが困難な状況にある。仮に既存の地下水を用いるとしても、塩分濃度は下水処理水よりも比較的高い。(表 2.1.2 参照)
- ・このような条件の下、デーツ畑近傍に WWTP が立地しており、下水処理水の再利用促進の環境は整っていた。よって、TeCSOM-I では、下水処理水の再利用は、図 2.1.4 の工程を経て、実用化された。WWTP 近傍のデーツ畑と地区 C 境界を図 2.1.5 に示す。

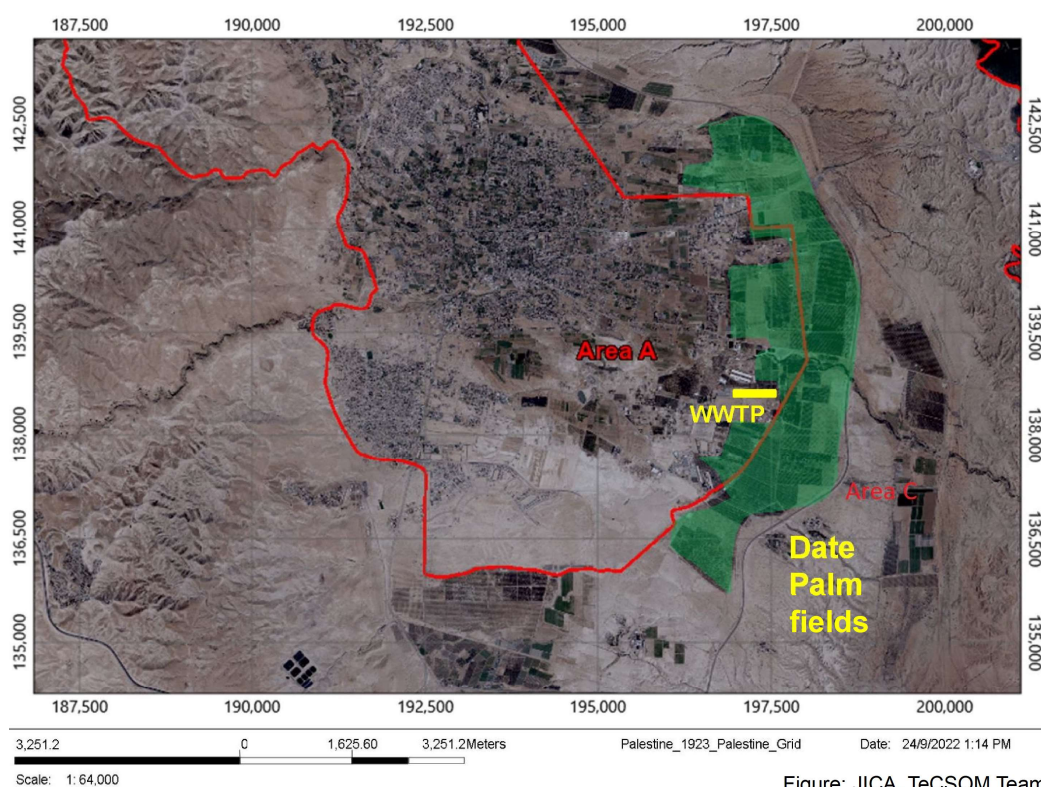


Figure: JICA, TeCSOM Team

図 2.1.5 ジェリコ市の地区境界とデーツ畑

下水処理水を再利用する際、利用者側と供給側で留意すべき点があり、その内容を表 2.1.1 に示す。

表 2.1.1 下水処理水の再利用時の留意点

	留意点
農場主側 (利用者)	i) 下水処理水利用の申請とライセンス取得 ii) 上水道料金（家庭用：1.0 NIS/m ³ ）の半額(0.5 NIS/m ³)で廉価である。なお、灌漑用水料金もあり、一定量（個別契約）までは 0.36 NIS/m ³ 、契約使用量を超えると 3.0 NIS/m ³ になる仕組みである。 iii) メンテナンスや水質悪化時の供給停止に備え、灌漑用水のバックアップが必要
供給側	i) リスクマネジメントとして、常時、下水処理水質を監視する。 ii) 利用者とのリスクコミュニケーションを図る。下水処理水の水質異常時だけでなく、通常時の下水処理水の水質情報を開示する。

TeCSOM Team Survey

2) 下水処理水の再利用に関する COSTEA のワークショップ

- ・ 2021 年 12 月 30 日に COSTEA (The Scientific and Technical Committee of Agricultural Water)により「パレスチナの灌漑における下水処理水再利用状況」に関するワークショップが、ジェリコ WWTP にて開催された。
- ・ COSTEA は、フランス開発庁 (French Agency for Development: AFD)の活動国における灌漑政策やプロジェクトの改善を支援し、生産の必要性和経済・社会・環境のあらゆる側面を考慮した持続可能な灌漑システムを実現することを目的としている。(COSTEA の website より)
- ・ ジェリコ市のデーツ農場で下水処理水を利用している農業者がこのワークショップに参加しており、下水処理水の利用は非常に有効で、デーツの品質向上によい影響があるとの意見が出された。
- ・ ジェリコ市役所は下水処理水の水質は定期的に検査しており、水質測定結果は、再利用基準を順守していることから安全性に問題はないと説明した。一部の農業者も下水処理水を外部の水質検査所に委託し、下水処理水の安全性が確保されていることを説明した。

3) 灌漑用水タンクの清掃

- ・ 下水処理水の利用者から、濁度の上昇による水質悪化が報告されている。WWTP では 2014 年に供用開始後、一度も灌漑用水タンクの清掃は実施されず、底部に多くの沈殿物が堆積していることが考えられるため、上下水道部と協働で清掃を実施した。準備から終了までは、利用者への影響を最小限にするため、24 時間内とした。
 - i) 事前準備として、下水処理水の利用者に配水制限の案内を通知。
 - ii) 準備工として、タンク内に生息する魚を一時的に修景用池に移動。
 - iii) 清掃期間中の下水処理水は、塩素滅菌池の手前にある既設マンホールから既設のバイパス管、放流管を経由して一時的にワジに放流。
 - iv) 底部の沈殿物は、ジェリコ市役所所有の水中ポンプ、バキューム車、高圧洗浄車により除去し、汚泥乾燥床にて処理する。
 - v) 高圧洗浄車及び人力により、タンクの側面と底版の清掃を行い、完了後に既存マンホ

ールから水流を変更して通常の流れに戻し、魚を灌漑用水タンクに放流する。

4) 余剰下水処理水の利用検討

- ・ 下水処理水の再利用率に注目し、利用率の向上を検討した。過去 3 か年（2019 年-2021 年）の処理水利用率を確認すると、水需要が高い時期は概ね 4 月～8 月となり、100%に近い利用率である。一方で、9 月～3 月では比較的水需要が低くなり、利用率は平均約 67%である。なお、2022 年の利用率は平均 49%と低下している。
- ・ この期間、約 33%の下水処理水が余剰となり、余剰下水処理水は、灌漑用水池から越流し、ワジに放流されている。そこでこの余剰下水処理水の利用先を検討した。
- ・ ジェリコ下水道事業の一環として、MEDISS (Mediterranean Integrated System for Water Supply) プロジェクトが実施された。プロジェクトの概要は次のとおり。
 - プロジェクトパートナー：1) Palestine (Palestinian Wastewater Engineers Group, Jericho Governorate, Al Aghwar Association), 2) Jordan, 3) Tunisia, 4) Italy
 - プロジェクト目的：農業用水の確保（地下水、雨水、下水処理水を混合する）
 - プロジェクト期間：2019 年 8 月～2022 年 10 月
- ・ 下水処理水の配水は既契約農家が優先であることが前提である。余剰下水処理水を全量販売した場合を試算したところ、年間 56,900 NIS の収入になる。
- ・ MEDISS に着目し、高水需要期間以外（9 月～3 月）でも下水処理水の需要はあると考え、PFCA に供給することを検討した。しかし、2023 年現在、ジェリコ市役所と PFCA (Palm Farmers' Cooperative Association in Jericho and Jordan Valley) との間では下水処理水の利用に関する合意書は交わされていない。両社の協議は進んでいない。

5) 下水処理水配水用の電気室完成

- ・ 下水処理水の配水用のポンプ電気室が 2023 年 2 月上旬に完成した。これにより電気供給能力が増加し、既設 9 台のポンプが同時運転可能となった。これまでは 3 台同時運転が限界であったため、利用者からの配水要請に時間調整をしていた。

6) MEDISS ワークショップ

- ・ 2023 年 2 月 15 日に Palestinian Wastewater Engineers Group 主催による下水処理水再利用に関するワークショップが開催された。イタリアの専門家がワークショップのメインプレゼンターであり、主に次のことを説明した。①ジェリコのデーツ畑の土壌性状（塩分濃度）、②デーツの塩分耐性、③下水処理水の灌漑利用による塩分濃度低減。

- MEDISS プロジェクトは、ジェリコ WWTP の下水処理水を、地下水、雨季の雨水と混合し、デーツ畑に灌漑用水として利用する計画である。現在（2023 年 7 月時点）までにジェリコ市役所と MEDISS 側は再利用の合意に至っておらず、MEDISS 側は井戸水と雨水を使っている。
- 両者が合意できない主な原因は、下水処理水販売の価格である。MEDISS 側は農場主に 1.2 NIS/m³ で混合水を販売している。一方で、ジェリコ市役所は 0.5 NIS/m³+電気代で下水処理水を販売している。MEDISS 側との合意の条件は、①ジェリコ市役所が提示している 0.5 NIS/m³+電気代、②MEDISS 提示の電気代込みで 1.0 NIS/m³ である。
- 現契約のポンプの電気代は、1,371.6 NIS (購入水量:13,654 m³)であり、1 m³ 当たり 0.1 NIS となる（2023 年 1 月実績、一農場主データより）。よって、農場主は、電気代込みで約 0.6 NIS/m³ となるジェリコ下水処理水の購入している。
- TeCSOM-I で 2014 年から場内にて下水処理水、下水汚泥を用いたパイロットプラント（試験圃場）を実施しており、下水汚泥分析においてネガティブな結果は出ていないことを説明した。現在、下水処理水、汚泥の分析及びこれらの助言は An-Najah National 大学から協力を得ている。

b) 本事業の成果

1) 下水処理水の再利用

- 2023 年 6 月時点で 9 人の農場主が下水処理水を購入し、灌漑用水として利用している。2022 年に利用者にインタビューを行い、うち 5 名が回答した。その結果を表 2.1.2 に示す。
- 全員がデーツ畑への灌漑用水に利用しており、下水処理水の供給が可能であれば、より多くを購入し、デーツ畑を拡張したいとの考えを示した。よって、下水処理水の需要は高いといえる。一方、現在使用している肥料は、牛糞や化学肥料であった。

表 2.1.2 下水処理水の利用者インタビュー結果

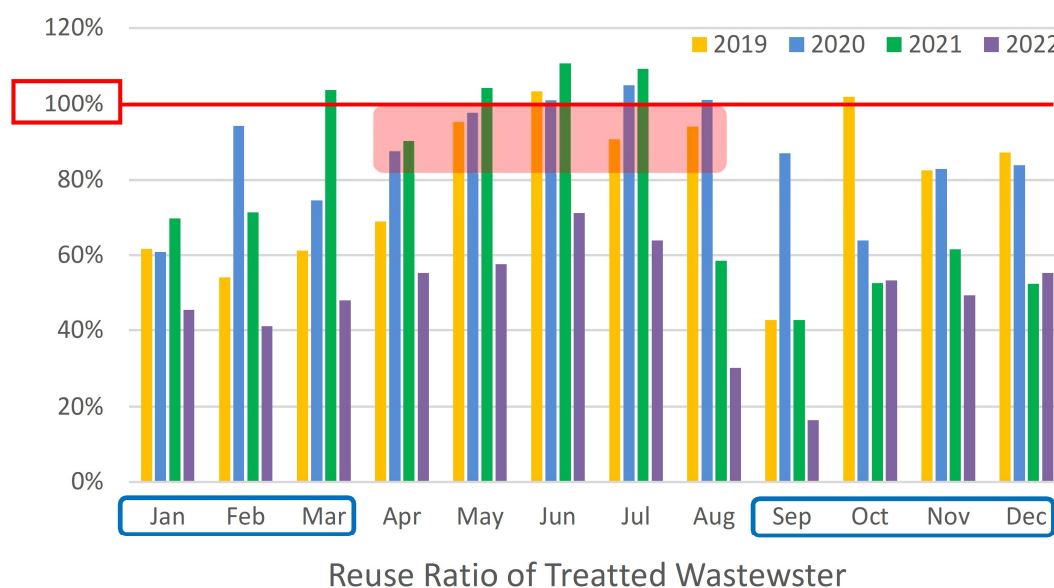
		Farmer-1	Farmer-2	Farmer-3	Farmer-4	Farmer-5
1	Reuse amount (m³/year)	55,092	32,080	56,907	168,613	59,821
2	Need more water	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
3	Crop Type	Date Palm	Date Palm	Date Palm	Date Palm	Date Palm
4	Irrigated area (dunam)	90 (1,000trees)	70	60	150 (2,000trees)	300
5	Mixing with groundwater	NO	Yes	NO	Yes	Yes, 90% GW
6	Expansion plan	Yes, if treated water available, by 70% increase	Yes, if treated water available by 33% increase	Yes, if treated water available for 550 dunam	NO	Yes, if treated water available
7	Current Fertilizer	Natural manure from cow dung, chemical fertilizer (potassium, ammonia)				-

Source: JICA, TeCSOM-II Survey Results, 2023

- 2019 年から 2022 年の過去 4 か年の下水処理水の利用率を図 2.1.6 に示す。利用率は、月によ

って若干のばらつきはあるものの 4 月～8 月に水需要が高く、デーツの収穫時である 9 月～10 月には利用率が落ち、雨季（12 月～1 月）後に水需要が高くなる。この傾向は、デーツ農場主にヒアリングした際の水使用量の傾向と同じである。

- 2022 年の下水処理水の再利用率は年間平均で 49% となり他年と比較して大きく落ち込んでいる。下水処理水の配水量を調べたところ、2 つの農場主が配水を停止していた。その理由は、下水処理水に濁り混入していたためである。このような情報を受けてジェリコ市役所は、灌漑用水タンクの清掃を行った。
- 下水処理水の再利用において、水需要が落ち込む 9 月から 1 月の期間、供給先を確保することも有効利用や財源確保の観点から重要となる。今後、農場主または PFCA と協議を進め、水低需要期への販売など検討することが求められる。



Source: JICA, TeCSOM-II Survey Results, 2021

図 2.1.6 下水処理水の再利用率

2) 下水処理水の再利用基準（A 基準）の適合率

- TeCSOM-II では年 1 回、下水処理水の水質測定 37 項目を An-Najah National 大学に外部委託した。再利用基準には最も厳しい A 基準を順守することを目標にしている。表 2.1.3 に TeCSOM-I に実施した下水処理水の水質結果及びジェリコ WWTP 近傍の井戸水（地下水位約 GL-130m）の水質測定結果を示す。表中の黄色のハッチングが基準 A を超過している項目である。添付資料 2.2.2 に測定結果を示す。

i) 水質適合率（2021～2023 年）

- 基準 A に対する直近 3 か年の水質適合率は約 97.3% ($=108/111 \times 100$) である。また、2014 年～2016 年の下水処理水質の適合率は約 89.9% ($=133/148 \times 100$) であり、直近のデータ

と比較しても下水流入量が約 10 倍増加したにもかかわらず水質適合率は改善している。

- ・ TeCSOM-I の当初から下水流入量は約 10 倍増加しており、かつ超過した値も約 10%と小さいため、良好な下水処理水の水質を維持していること、WWTP の処理プロセスが良好であること、O&M が適切に機能していることがいえる。

ii) 地下水水質との比較

- ・ 地下水水質と下水処理水質の基準 A への適合率を比較すると、下水処理水が約 97.3% に対し、地下水は約 77.5%(=134/173 x100)であり、下水処理水の方が灌漑用水に適しているといえる。地下水の超過項目をみると、主に総溶解固形物 (Total Dissolved Solids: TDS), 塩化物(Chloride: Cl), ナトリウム(Sodium: Na), ホウ素(Boron: B)である。これらの項目は主に塩分に由来することから、地下水には塩分濃度が比較的高く、灌漑用水として利用する際には、塩分耐性の高い樹木 (デーツなど) に適用するなど注意が必要である。

表 2.1.3 ジェリコ WWTP 下水処理水水質及び地下水水質

Items	Standard Quality A Sampling Date	Treated Wastewater							Well-1 (No.10)					Well-2 (No.12)				
		1-Dec-14	20-May-15	11-Nov-15	1-Jun-16	24-Nov-21	2-Nov-22	28-Apr-23	Survey-1 Jun 22-13	Survey-2 Sept26-13	Survey-3 Dec21-13	Survey-4 Mar 1-14	Survey-5 Jun 17-14	Survey-1 Jun 22-13	Survey-2 Sept26-13	Survey-4 Mar 1-14	Survey-5 Jun 17-14	Survey-5 Jun 17-14
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	mg/L	20	<5	<5	24	19.7	21	22	14	ND	5	ND	ND	ND	4.2	-	ND	-
Total Suspended Solids (TSS)	mg/L	30	1	6.7	7	7	9.5	13.6	22	1.5	8.7	8	3	7.25	1	ND	-	10.75
Fecal coliform bacteria	colony/100mL	200	600-800	192	22	1000	60	22	7	0	6	3	0	0	0	0	-	5
Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/L	50	<10	<10	54	38.8	39	56	22	ND	16.9	2.3	ND	ND	ND	-	ND	ND
Dissolved Oxygen (DO)	mg/L	1<	2.1	3	2.6	4.96	2.3	2.2	2.5	3.6	6.26	3.55	2.8	-	3.95	6.53	-	-
Total Dissolved Solids (TDS)	mg/L	1,200	867	885	910	367	1,129	1,135	1,140	2,413	2,410	2,247	1,947	2,510	2,860	2,685	-	2,933
Potential of Hydrogen (pH)		6 - 9	7.85	7.68	7.58	7.52	7.6	7.5	7.4	7.98	8.094	7.65	7.372	7.797	7.7	8	-	7.361
Fat, Oil and Grease	mg/L	5	10.2	<1	18.4	11.4	<5	<5	<5	ND	9.85	23.6	ND	ND	ND	19.3	-	ND
Phenol	mg/L	0.002	0.00581	0.018	<0.001	<0.001	0.002	<0.002	<0.002	0.00267	ND	-	0.033	-	0.00418	ND	-	0.037
Detergents (MBAS)	mg/L	15	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1	0.1	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND
Nitrate Nitrogen (NO3-N)	mg/L	20	1.23	0.35	0.42	<0.05	5.6	8.7	10.3	0.97	ND	ND	ND	0.79	8.39	-	9.2	6.89
Ammonium Nitrogen (NH4-N)	mg/L	5	<0.05	<0.05	0.36	0.4	0	<1.0	0	ND	ND	0.07	ND	ND	ND	ND	-	ND
Total Nitrogen (T-N)	mg/L	30	22.3	10.7	35.62	8.94	8.9	<10	<10	0.97	17.3	17.2	8.52	10.86	8.38	27.53	-	14.34
Chloride (Cl)	mg/L	400	237.9	232.9	223.36	215.92	350	355	310	1024.6	947.3	844	803.7	838.7	1007.9	869.82	-	1003.3
Sulfate (SO4)	mg/L	300	85.7	73.5	58.84	76.72	135	123.9	138.3	157.5	158.97	137.1	95.5	135.3	305.2	370.83	-	375.1
Sodium (Na)	mg/L	200	145	107.1	153.3	160.1	196	199	190	491	349.6	558	579.7	645	343	428.5	-	487
Magnesium (Mg)	mg/L	60	30.4	34.67	37.24	35.18	4.9	57.7	19.4	96.3	-	-	-	-	162	-	-	-
Calcium (Ca)	mg/L	300	86.6	83.59	94.84	92.39	126.5	80.8	160	54.4	-	-	-	-	130	-	-	-
Sodium Adsorption Ratio (SAR)		5.83	ND	2.47	1.36	3.59	4.7	4.13	3.77	9.26	-	-	-	-	4.74	-	-	-
Phosphate Phosphorus (PO4-P)	mg/L	20	13.2	24.5	3.69	<0.05	9.3	8.3	5.1	20.3	-	-	-	-	ND	-	-	-
Aluminum (Al)	mg/L	5	0.04	0.224	0.008	0.031	0.01382	0.0109	0.0188	0.239	-	-	-	-	0.212	-	-	-
Arsenic (As)	mg/L	0.1	ND	ND	ND	ND	0.00128	0.003	0.0046	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-
Copper (Cu)	mg/L	0.2	0.035	0.011	0.015	ND	0.00325	0.0042	0.0038	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-
Iron (Fe)	mg/L	5	0.07	0.143	0.041	0.03	0.1822	0.2404	0.3041	0.087	-	-	-	-	0.4	-	-	-
Manganese (Mn)	mg/L	0.2	ND	0.041	0.04	0.032	0.0117	0.0119	0.0272	0.011	-	-	-	-	ND	-	-	-
Nickel (Ni)	mg/L	0.2	ND	ND	ND	ND	0.0047	0.0041	0.0051	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-
Lead (Pb)	mg/L	0.2	ND	ND	ND	ND	0.0002	0.0002	0.0003	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-
Selenium (Se)	mg/L	0.02	0.04	ND	ND	ND	0.00509	0.0119	0.0127	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-
Cadmium (Cd)	mg/L	0.01	ND	ND	ND	ND	0	0	0	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	2	0.1	0.046	0.073	0.071	0.0125	0.0216	0.0254	0.029	-	-	-	-	0.042	-	-	-
Cyanide (CN)	mg/L	0.05	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0	0	0	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-
Chromium (Cr)	mg/L	0.1	ND	ND	ND	ND	0.00113	0.0035	0.0059	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-
Mercury (Hg)	mg/L	0.001	ND	0.00015	0.000564	0.0001	0	0	0	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-
Cobalt (Co)	mg/L	0.05	ND	ND	ND	ND	0.00033	0.0004	0.0004	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-
Boron (B)	mg/L	0.7	0.4	ND	0.11	0.11	0.111	0.1445	0.1214	2.75	-	-	-	-	2.16	-	-	-
Bacteria E. Coli	(colony/100mL)	100	TMTG	187	22	767	20	8	6	0	-	-	-	0	0	-	-	5
Nematodes	(Eggs/L)	<1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-	-	ND	-	-	-

Maximum limits for chemical and biological properties (mg/L)

ND: Not detected - : Not sampling

TeCSOM-II Survey Results, 2023.

3) 灌漑用水タンクの清掃

- ・ ジェリコ WWTP の灌漑用水タンクの清掃作業で、得られた知見を以下に述べる。
 - 灌漑用水タンク内下水処理水を排水したことで、タンク内の壁面及び底版の汚れ状況を目視で確認できた。予想したほどの堆積物はなく、数 cm 程度の堆積であったため、タンクの清掃頻度は数年に一度で十分といえる。
 - 今回の清掃は供用開始後初めてであり、カウンターパートは将来の清掃作業手順、必要資器材の準備内容を習得した。

- 処理水再利用農家が清掃作業を見学する機会があり、WWTP の維持活動の一環として紹介できた。
- 清掃中に、タンク内及び周辺からの臭気は確認されなかった。
- WWTP の施設清掃に必要な排水用水中ポンプは、今回ジェリコ市役所独自予算で購入されたため、今後の活用が期待できる。



写真 2.1.9 灌漑用水タンクの清掃

(4) ジェリコ農産加工団地（JAIP）及びジェリコの難民キャンプからの上下水道料金徴収

a) 本事業の活動

- ・ 2021 年 9 月 28 日の カウンターパート との週例会議で、アクバットジャベル（Aqbat Jabr）難民キャンプが下水道使用料を支払っていないことが報告された。難民キャンプにおいては、政治的観点から複雑な事情が絡んでいることから、水道代、電気代の支払いも含め、政治的な介入なしには解決が難しい問題となっている。
- ・ JICA パレスチナ事務所に確認したところ、未払い問題は本事業やジェリコ市長が解決するレベルではないとの指摘があった。そのため、下水道整備と流入量増加の要因としてのみ、アクバットジャベル（Aqbat Jabr）と アインスルタン（Ein Sultan）の 2 つのキャンプを本事業で検討することとした。
- ・ 難民キャンプの支払い免除には法的根拠がなく、明文化された法律もない。アラファト大統領（当時）が「全キャンプの水道・電気料金を免除する」と発表したのが始まりである。発表のタイミングは不明である。当時は下水道料金もなかったが、現在はこの料金も免除対象に含まれていると推測される。



写真 2.1.10 アクバットジャベル
(Aqbat Jabr) キャンプ入り口



写真 2.1.11 アインスルタン (Ein
Sultan) キャンプ

b) 本事業の成果

- ・ JAIP への請求額は、2019 年 3 月～2021 年 8 月の期間で上水道料金 98,957.5 NIS, 下水道料金 41,447 NIS, 下水管渠清掃費用 1,917 NIS である。JAIP には支払の意思があるが、ジェリコ市側の下水道使用料金に受け入れ停止期間での料金が含まれているため、JAIP は市に見直しを要求している（2021 年 11 月 9 日時点）。これを受けて 2021 年 11 月中旬に上下水道部が水量の見直しを行い、減額することとした。
- ・ これまで JAIP の上下水道料金の未払いがあり、請求額に齟齬があったことから JAIP からの支払いが実行されていなかった。再度、上下水道料金の請求状況を確認した（2022 年 5 月）。上下水道料金の請求額について JAIP 側が合意し、支払われたことにより未払い額は消滅した。なお、以降、ジェリコ市役所は上水道料金のみを請求している。

(5) ナブルス下水処理場訪問

a) 本事業の活動

- ・ 2022 年 6 月 1 日にカウンターパートと TeCSOM チームがナブルス WWTP を訪問した。訪問の目的は、ナブルス WWTP が機器に保険を掛けており、故障時に交換費用をカバーしている事例をヒアリングすることであった。
- ・ ジェリコ WWTP は、供用開始（2014 年 6 月供用開始）からすでに 9 年が経過しており、機器の小さな部品交換、故障も発生している。近い将来の機器修理費用の確保のために、ナブルス市の例を参考にする。しかし、ナブルス WWTP の保険料は、年間約 6 万ドルと高額なため、保険対象範囲も含めて検討した。
- ・ ジェリコ WWTP の現在の保険は、職員の負傷などを対象にしている。しかし、現行の保険は、火災、地震などの災害、訪問者には対象としておらず、これらを対象とした保険の加入を含める方針とした。

- ・ このほかナブルス市には多くの工場が立地しており、工場からの排水水質と排水量を環境管理ユニット (Environment Control Unit: ECU)が監視している。この仕組みは、ジェリコ市役所ではなく、近い将来、WWTP への流入水量が増加すると共に事業所排水も増えてくると予想されるため、水質モニタリング体制の参考となった。

b) 本事業の成果

- ・ ジェリコ市役所職員がナブルス WWTP を訪問したことで、次のことを参考とした。i)WWTP 機器、訪問者及び災害時の保険適用の検討、ii)ECU の役割、iii)O&M 記録の方法（ジェリコ WWTP でも実施しているが、項目、運用を参考）。

(6) ジェリコ市財務状況の分析

a) 本事業の活動

1) 上下水道事業収支の分析

- ・ 第 1 回 JCC に続いて第 2 回 JCC にて 2021 年の財務データを追加して、上下水道に係る収支及び料金徴収状況を報告した。
- ・ 上下水道事業運営について、料金収入及び支出（主に O&M 費）より収支を計算した。結果、2017 年から 2021 年の 5 か年で上水道、下水道の両事業で約 3.93 百万 NIS (2017), 3.97 百万 NIS (2018), 3.61 百万 NIS (2019), 1.65 百万 NIS (2020)及び 2.68 百万 NIS (2021)の黒字であった。
- ・ ただし、これは施設の減価償却費を考慮しない場合の結果であり、これを考慮した場合は、- 2.63 百万 NIS (2019), -4.64 百万 NIS (2020)及び -3.66 百万 NIS (2021)と、赤字になる。

表 2.1.4 にジェリコ市上下水道の収支を示す。

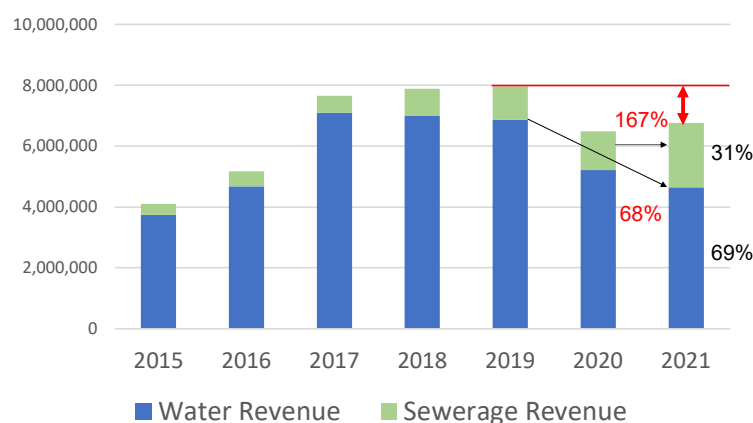
- ・ 上下水道料金の収入は 2019 年から 2021 年では、約 85%まで落ち込んでおり、その多くは水道料金の収入減である。特に政府系施設が未払いとなっていることが大きな要因となっている。上下水道部の部長は COVID-19 の影響も受けているとの見解を示した。政府に対しての料金請求プロセスを、市役所財務部より入手し分析した。

表 2.1.4 上下水道事業の収支

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Water Revenue	3,747,135	4,680,108	7,097,085	6,985,426	6,868,163	5,207,694	4,643,810
Sewerage Revenue	344,186	492,432	559,385	908,755	1,095,658	1,269,960	2,115,002
Total Revenue	4,091,321	5,172,540	7,656,470	7,894,181	7,963,821	6,477,654	6,758,812
O&M Cost (without Admin Costs)							
Water	2,684,009	3,468,091	3,209,631	3,280,580	3,575,011	4,240,928	3,389,968
Sewerage	444,008	706,451	517,110	643,600	780,891	585,319	684,533
Total	3,128,017	4,174,542	3,726,741	3,924,180	4,355,902	4,826,247	4,074,501
Profit							
Water	1,063,126	1,212,017	3,887,454	3,704,846	3,293,152	966,766	1,253,842
Sewerage	-99,822	-214,019	42,275	265,155	314,767	684,641	1,430,469
Total	963,304	997,998	3,929,729	3,970,001	3,607,919	1,651,407	2,684,311
Depreciation							
Water	1,971,421	1,971,421	1,971,421	1,971,421	1,971,421	2,024,345	2,077,420
Sewerage	4,270,474	4,270,474	4,270,474	4,270,474	4,270,497	4,270,497	4,270,050
Total	6,241,895	6,241,895	6,241,895	6,241,895	6,241,918	6,294,842	6,347,470
Total Profit	-5,278,591	-5,243,897	-2,312,167	-2,271,895	-2,633,999	-4,643,436	-3,663,159

出典：ジェリコ市役所財務部資料

- ・料金収入について、2021 年は 2020 年と比較して下水道は 167%増加、一方で水道は 68%に減少した。なお、料金収入の割合は上水道 69%で下水道 31%（合わせて 100%）である。上下水道料金の収入は、2021 年は 2020 年と比較して 4%増加した。図 2.1.7 に収入の推移を示す。



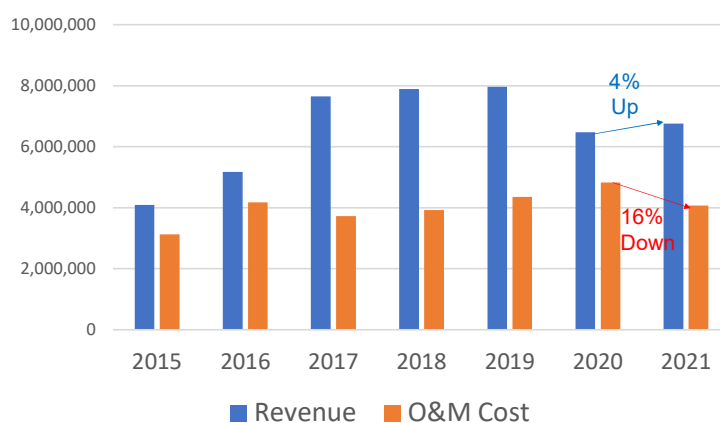
TeCSOM-II Survey Results, 2023.

図 2.1.7 上下水道料金収入

- ・一方で O&M 費は、2021 年において 2020 年から約 16%減少しており、黒字幅は大きくなった。O&M 費減少の主な要因は、上下水道とも人件費が大幅に減っており、約 1.3 百万 NIS 減 (-45%)であった。一方で修理費は増加している。
- ・O&M 費に減価償却費を見込んだ場合、支出はそれぞれ収入の約 1.3 倍 (2019), 1.7 倍 (2020), 1.5 倍(2021)となり、施設更新費の積み立てを始める必要があることを示している。元財務部

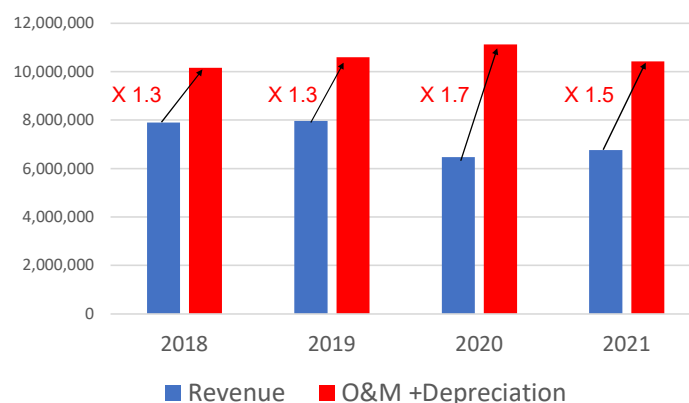
長（現 Economic Development & Investment 長）は、第一段階では現在の料金収入で O&M 費を全てカバーすること（達成済み）、第二段階として、減価償却費を考慮して資金を積み立てることを市役所の方針としている、と説明した。

上下水道の収入と O&M 費の推移を図 2.1.8 に、これに減価償却費を考慮したものを図 2.1.9 に示す。



TeCSOM-II Survey Results, 2023.

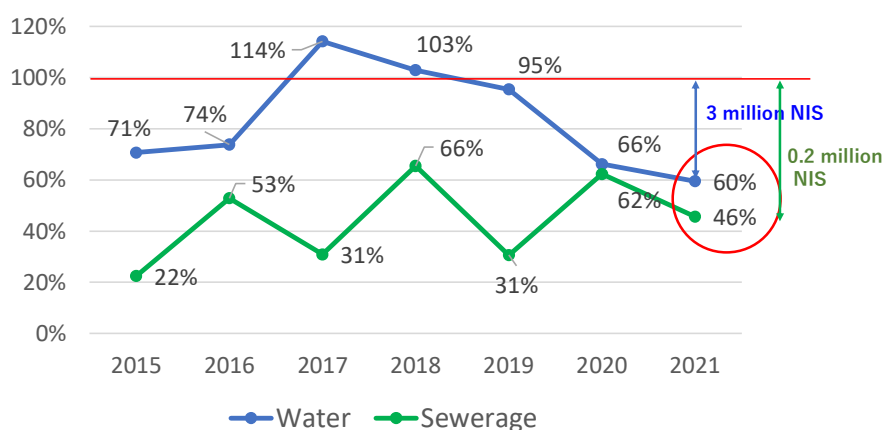
図 2.1.8 上下水道料金収入と O&M 費



TeCSOM-II Survey Results, 2023.

図 2.1.9 収入対 O&M 費+減価償却費

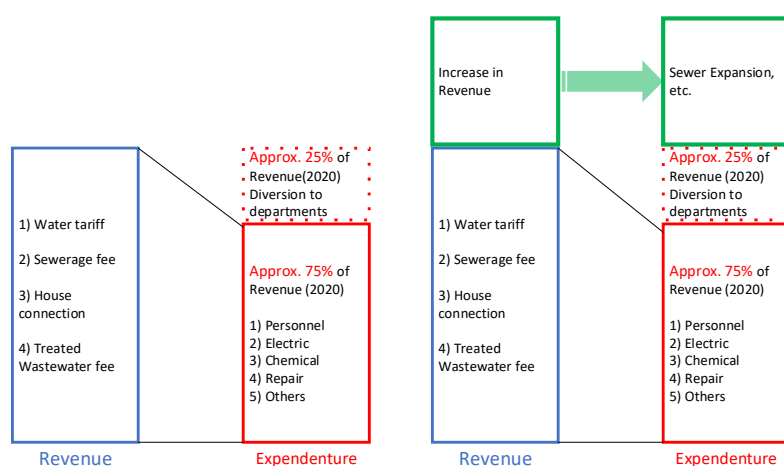
- ・ 料金徴収率（金額ベース）では、上水道が 95% (2019) → 66% (2020) → 60% (2021)へ、下水道が 31% (2019) → 62% (2020) → 46% (2021)となり、上水道の徴収率の落ち込みが大きい。下水道は徴収率に変動があることから、必ずしも右肩上がりではない。
- ・ 2021 年の料金徴収率は、上水道 60%、下水道 46%と傾向として減少している。徴収率 100%と想定した場合、上下水道の未徴収額は約 3.2 百万 NIS になる。上下水道の料金徴収率を図 2.1.10 に示す。



TeCSOM-II Survey Results, 2023.

図 2.1.10 上下水道料金徴収率

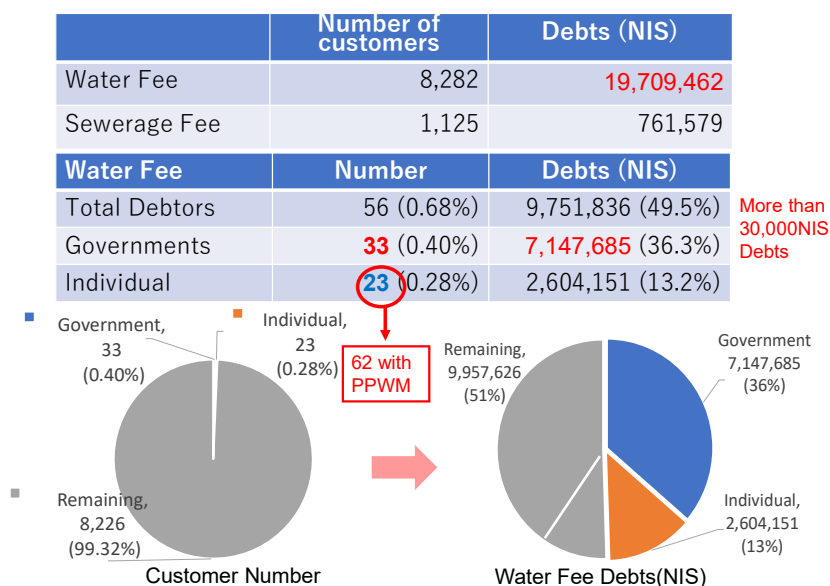
- ジェリコ市役所内での他部署への資金流用について、減価償却費を除くと、上下水道事業の収支は黒字となっている。しかし、収入は市の共有口座に入り、そこから他部署へ配分/流用されている。上下水道部は自身の口座を有しているものの、料金収入はそこに振り込まれない。上下水道部の O&M 費（電気代、薬品代、修理代、人件費）は、収入の約 75%に相当し、残り 25%は他部署へ流用(Administration costs)されていることになる（2020 実績）。
- なお、収入を当該部が独占することは出来ず、他部署へ流用することを政府が”Procedure and Policies Manual for accounting in the Big Palestinian Municipalities” (MoLG & MDLF)で定めている。* MDLF：自治体開発貸付基金 (Municipal. Development Lending Fund)
- また、下水道事業のみに着目すると、O&M 費は収入の約 32%になり、残り 68%が黒字となる（2021 実績）。活動 1-4 で記載するが、下水道部長は、下水道整備の促進には黒字分の貯蓄及びドナーを頼る必要があると指摘している。
- 将来の機器補修や下水管の拡大（建設）のための貯蓄（積立）において、ジェリコ市役所ができることは収入増が唯一の手段である。収入増のためには、1) 料金単価の値上げ、2) 徴収率の向上、の 2 つが主となる。資金積み立ての概念を図 2.1.11 に示す。



TeCSOM Team 作成

図 2.1.11 上下水道部の資金積み立ての概念図

- 上下水道料金の未払いは累計約 20.5 百万 NIS (2021 年 9 月現在) で、上水道料金が約 19.7 百万 NIS、下水道料金が約 0.8 百万 NIS である。図 2.1.12 に未払い総額を示す。
- 水道料金で一人当たり 3 万 NIS 以上の未払い者を抽出すると、56 の未払い者が確認され、全体の未払い額 (19.7 百万 NIS) の約 50% を占めている。さらに政府系施設の未払い者は 56 のうちの 33 であり、全体利用者 8,282 のわずか 0.4% しかないものの、未払い額は 7.1 百万 NIS (全体未払い額の約 36.3%) となる。

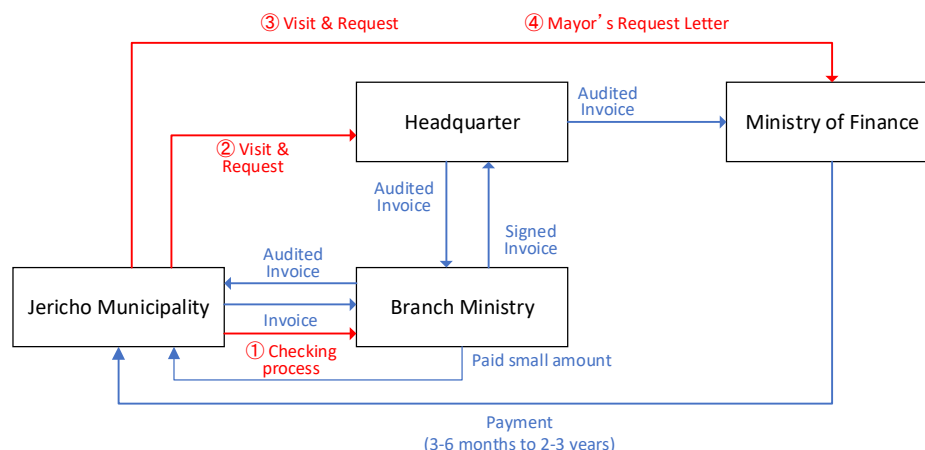


TeCSOM-II Survey Results, 2023.

図 2.1.12 上下水道料金未払い額 (2021 年 9 月時点)

- ジェリコ市役所が行っている政府系施設からの上下水道料金の徴収方法を確認した。その上

水道料金徴収のプロセスを図 2.1.13 に示す。



TeCSOM Team 作成

図 2.1.13 政府系施設からの料金徴収プロセス

- i) ジェリコ市役所は上下水道料金の請求書を各省庁ジェリコ支部に提出
 - ii) 各省庁ジェリコ支部は請求額を確認し、署名して本省へ提出
 - iii) 本省は請求書を監査し、財務省に提出
 - iv) 財務省は請求書の内容を確認し、ジェリコ市役所へ支払手続きをする。支払に早くて 3 か月、長くて 3 年かかる場合もあり、その間にも料金は累積していく。
- ・ 支払が滞る理由として、政府の財政難が第一に挙げられるが、そのほかに他都市は上水を購入しており、上下水道料金を支払う立場にあり、かつ財務省は水道料金を徴収する立場にある。このため財務省は、ジェリコ市役所に上下水道料金を支払うのに時間を要している（ジェリコ市職員の意見）。なお、他都市は PWA の West Bank Water Development より水を購入している。
 - ・ 下水道使用料金未払いに対する罰則は、下水道条例に規定されていない。上水道条例においてもこれまで罰則は規定されていなかったが、2021 年より規定された。
 - ・ Tariff Law (Instruction No.2 of 2021 on the unified tariff system for water and wastewater)によると、水道供給者は上水道及び下水道料金未払い者に対して、給水停止の措置を執ることができる。
 - ・ これまでの一般的な料金未払い者への対応は、ジェリコ市役所が裁判に訴えるというものであった。実際には、2020 年末までジェリコ市役所は、料金未払い者に対して給水停止で対応していた。しかし、この措置は、法的な根拠がなかったため、給水停止を受けた利用者が裁判に持ち込み争っていた。結果は、裁判所の指示により給水停止は違法のため再接続となり、再給水を受けていた。
 - ・ そこで給水停止という罰則が Tariff Law に規定されたため、ジェリコ市役所は利用者に対して、法的根拠に基づき給水停止の罰則を示す、または給水停止が可能となった。

- ・ジェリコ市役所は、この罰則規定に加えプリペイド式水道メータの設置により、料金支払の促進を狙っている。
- ・一方、下水道への排水についても罰則が規定されている。House Connection Law (Cabinet resolution No.16 for the year 2013)では、下水排除基準を超過した排水については、汚染者負担の原則を用いて、排出者に追徴金を課することとしている。なお、追徴金の具体的な額は示されていない。
- ・下水排除基準での水質監視は 27 項目定められているが、House Connection Law ではニクロム酸カリウムによる化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand: CODcr) (上限値 2,000mg/L) を監視指標としている。
- ・House Connection Law では、下水道への接続を義務として定めているが、罰則規定はない。

2) 上下水道料金の改定

- ・ジェリコ市役所は、「Tariff Law」に基づき、2022 年 11 月より別荘、商業・政府系の水道料金を値上げした。一方、一般家庭の水道料金は据え置きである。
- ・同時にジェリコ市役所は上水道の申請料も徴収することとした。一方、下水道の申請料は接続費と合わせると高額料金となり、建物オーナーからの苦情が予想されることから、徴収しないことを決定した。支払いの費目は以下のとおりである。

表 2.1.5 上下水道支払い費目

上水道	下水道	支払者
1)上水道使用料金	1)下水道使用料金	1)使用者
2)上水道接続費	2)下水道接続費	2)建物オーナー
3)上水道申請費	3) (申請料は徴収しない)	3)建物オーナー

TeCSOM Team 作成

3) 不法投棄の罰則規定

- ・Cabinet Resolution No. (4) of 2022 “Health Hazards Prevention System and Waste Collection Fees for Jericho Municipality (ジェリコ市の条例)”が 2022 年 12 月 26 日に地方自治省(MoLG)より承認された。
- ・この Cabinet Resolution は、ジェリコ市に適用する条例である。下水道セクターでは、汚泥のマンホールへの不法投棄に対して罰則 (1,500 NIS/回) が規定された。このほか、公道への下水の廃棄 (家庭からの廃棄 : 500 NIS/回)、公道への下水流出(家庭からの流出 : 100 NIS/回)も罰則対象となる。
- ・下水汚泥の不法投棄に対して、罰則規定が設けられたのは初である。これまでは、禁止事項は記載されていたが、罰則は規定されてなかった。

b) 本事業の成果**1) 上下水道料金未払い対応**

- ・ジェリコ市役所は、個人の未払い者 62 人に対して、プリペイド式水道メータを設置し、強制的に料金を徴収する措置を講じている。未払い者リストは作成済みであり、対象者は特定されている。また、プリペイド式水道メータは市役所が購入している。
- ・政府系施設に対しては、ジェリコ市役所の対応は次の 4 つがある。1)各省庁ジェリコ支部に支払状況を確認、2)本省を訪問し支払を請求する、3)財務省を訪問し支払を請求する、4)市長名で支払い請求レターを財務省に提出する。(図 2.1.13 に示す政府系施設からの料金支払い工程を参照のこと)
- ・なお、2021 年 10 月時点で財務省に市長名レターは、今年 4 回、発出されている。また、支部・本省への訪問は、1 回/月程度の頻度で行われていることから、ジェリコ市役所としては支払請求の努力をしていると言える。これらの手続きから判断して、政府系施設へのプリペイド式水道メータの設置は、不適であると言える。
- ・政府からの料金徴収は労力と時間がかかり、またその間に未払い額が増加することから、ジェリコ市長と財務省との直接対話が求められる。
- ・2022 年のデータを用いて上下水道料金未払い上位 62 名の顧客のリスト(政府系除く)を作成した。未払い者ワースト 3 は、①48,351 NIS(約 174 万円、以下累積額)、②40,542 NIS(約 144 万円)、③39,521 NIS (約 142 万円)、62 位 5,852 NIS (約 21 万円)。
- ・上下水道料金の累積未払い額は、2021 年 9 月の時点で 20,471,041 NIS, 同年 12 月では 18,773,353 NIS となり、1,697,688 NIS 減 (8.3%減) となった。上水道料金の累積未払い額を、1)個人で 3 万 NIS 以上、2)政府系施設で 3 万 NIS 以上、3)3 万 NIS 以下に分類した。なお、3 万 NIS (約 100 万円) を超える未払い者は、未払い者全体のうち約 0.28% (23 名) でありながら、未払い総額の約 13.2%を占めており影響が大きいことから、3 万 NIS を基準として分析を行った。
- ・未払い額が大きい上水道料金において、一人当たり 3 万 NIS 以上を対象とした個人未払い額では、573,678 NIS 減 (22%減) となった。ジェリコ市役所料金徴収課の説明によると、未払い額減の主な原因は、罰則の規定と実施である。水道料金未払い者に対して、給水管の切断(断水措置)が 2021 年 1 月より合法化され、200 件の切断が行われた。結果、水道料金が納付され、個人の未払い額が減少した。

図 2.1.14 (a)及び(b)に 2021 年 9 月と 2021 年 12 月との上下水道料金の未払い額及びその増減を示す。

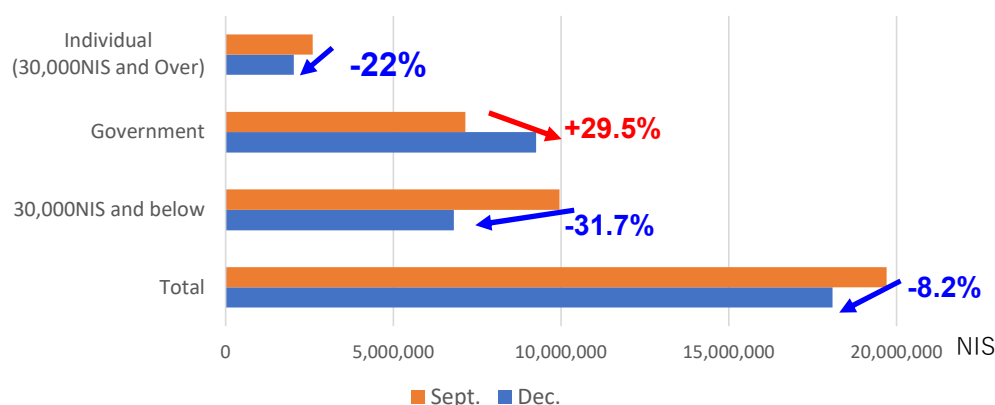
	Number of customers	Debts (NIS) Sept. 2021 A	Debts (NIS) Dec. 2021 B	Difference (NIS) C=B-A
Water Fee	8,282	19,709,462	18,091,941	-1,617,521 (-8.2%)
Sewerage Fee (Excluded PP4 &5)	1,125	761,579	681,412	-80,167 (-10.5%)

30,000 NIS and Over Debts

Water Fee	September 2021		December 2021	
	Number	Debts (NIS)	Number	Debts (NIS)
Total Debtors	56 (0.68%)	9,751,836 (49.5%)	62 (0.75%)	11,289,729 (62.4%) (+1,537,893)
Governments	33 (0.40%)	7,147,685 (36.3%)	47 (0.57%)	9,259,256 (51.2%) (+2,111,571)
Individual	23 (0.28%)	2,604,151 (13.2%)	15 (0.18%)	2,030,473 (11.2%) (-573,678)

TeCSOM-II Survey Results, 2023.

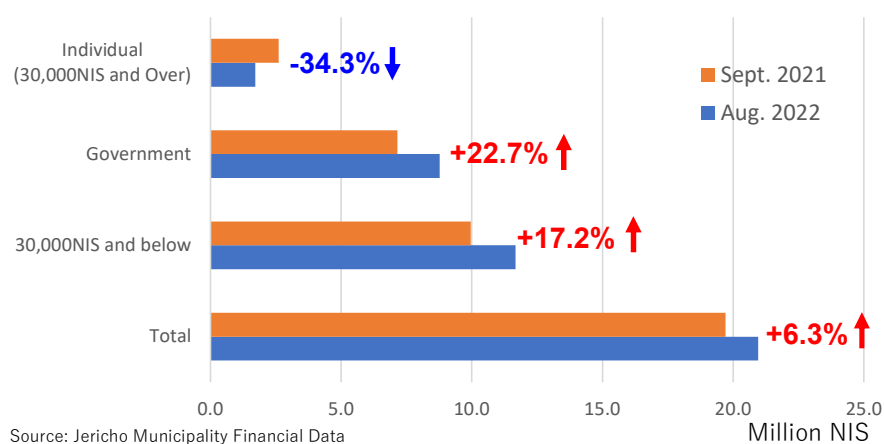
図 2.1.14 (a) 上水道料金未払い額 (2021 年 9 月と 12 月)



TeCSOM-II Survey Results, 2023.

図 2.1.14 (b) 上水道料金未払い額比較 (2021 年 9 月と 12 月)

- 政府系施設では、未払い額が 2,111,571 NIS 増加 (30%増) しており、政府からの支払いをより一層、催促する必要がある。実績として政府からの料金支払いは早くて 3 か月、今のところ最長で 3 年の時間を要している。
- 2021 年 9 月から 2022 年 8 月との累積未払い額の比較を図 2.1.14 (c)に示す。ジェリコ市役所の料金回収の方策により、個人の上水道料金 3 万 NIS 以上の累積未払い額は、約 34.3%減少した。一方、政府系施設の累積未払い額は約 22.7%増加し、かつ 3 万 NIS 以下の累積未払い額も約 17.2%増加していることから、全体の累積未払い額が約 6.3%増加した。
- この結果を受けて、ジェリコ市役所は財務省に未払い額の支払いを依頼し、累積水道料金未払い額の一部 1.09 百万 NIS (政府系施設の累積未払い額の約 12.4%に相当) が支払われた。



TeCSOM-II Survey Results, 2023.

図 2.1.14 (c) 上水道料金未払い額比較 (2021 年 9 月と 2022 年 8 月)

2) 上水道料金未払い額の回収

i) 個人

- ・ 一個人の水道料金未払い額（累計 1.2 百万 NIS）の最も大きい顧客に対して、ジェリコ市役所と当人との協議で、未払い額を 0.7 百万 NIS とし、毎月 18 千 NIS（39 回払い）で合意した。0.5 百万 NIS (=1.2-0.7)の減額理由は、水道メータに不具合があったことが認められたことである。また、支払い遅延に対する罰金や利子も請求しないことで合意した。

ii) 政府

- ・ 財務省より水道料金未払い額の一部が 2 回支払われた。1 回目は 0.509 百万 NIS（2022 年末）、2 回目は約 0.5 百万 NIS（2023 年 1 月）である。この支払い 1.09 百万 NIS は、8.77 百万 NIS（2022 年 8 月時点）の未払い額に対して、約 12.4%に相当する。引き続き、ジェリコ市役所は財務省に対して支払いを依頼する。

3) 下水道料金未払い額の回収

- ・ ジェリコ市役所料金徴収課は、上下水道料金を一元徴収しているが、以前は、約 30%の利用者が下水道料金をオプションとして支払っていなかった。しかし、同課は、窓口にて利用者に両料金の支払い義務を説明し続け、いまではほとんどの利用者が下水道料金を支払っている。

(7) 重要経営指標を用いた事業の見える化

a) 本事業の活動

- ・ ジェリコ市下水道事業を定量的に評価するために、9 つの重要経営指標（Key Performance Indicators: KPIs）を設定し、週例会議（2022 年 6 月 28 日開催）にて説明した。
- ・ KPIs の算定には、①計測可能な数値を用いること、②ジェリコ市の下水道事業を容易かつ客観的に評価できること、③データの入手が可能で公的（正式なデータ）であること、④同じ目的でもデータが異なれば、結果も異なること、⑤KPIs は前年比較や他都市との比較に用いると理解しやすいこと、などを説明した。

※なお、以降 1) 2) 8) 9) の KPI 算出において難民キャンプ（アインスルタン難民キャンプ、アクバットジャブル難民キャンプ）のデータは含まない。

- ・ 設定した KPIs は以下のとおり。各 KPI の計算方法を表 2.1.6 に示す。
 - 1) 下水管渠整備率 (Sewer Network Coverage Ratio)
 - 2) 下水道接続率 (House Connection Coverage Ratio)
 - 3) 下水処理水の再利用水質適合率 (Wastewater Quality Compliance)
 - 4) 下水汚泥の重金属含有量の基準適合率 (Sewage Sludge Quality Compliance)
 - 5) 計画日平均流入水量に対する流入水量の割合 (Facility Operating Ratio)
 - 6) 下水処理水の再利用率 (Reuse Ratio of Treated Wastewater)
 - 7) 汚水量 1m³ 当たりの処理費用 (Unit Treatment Cost)
 - 8) 下水道料金収入に対する O&M 費の割合 (Operation Ratio)
 - 9) 下水道料金徴収率 (Collection Ratio)
- ・ 上記以外に、(i) 作業員一人当たりの生産性を示す Staff Productivity Ratio, (ii) 作業員一人当たりの仕事量を示す Staff Workload Ratio が提案された。(i)は市役所としても生産性を把握し、自前での作業か外部委託かを判断するのに用いる意向である。KPI に関する説明資料を添付資料 2.1.1 に示す。

表 2.1.6 KPI 計算方法

	KPI	Unit	Formula
1	Sewer Network Coverage Ratio	%	$\frac{\text{Constructed Sewer Length}}{\text{Target Sewer Length}}$
2	House Connection Coverage Ratio	%	$\frac{\text{Connected Household Number with Access to Sewerage Services}}{\text{Total Household Number within Service Area}}$
3	Wastewater Quality Compliance	%	$\frac{\text{Total Number of Samples Passed}}{\text{Total Number of Samples Tested}}$
4	Sewage Sludge Quality Compliance	%	$\frac{\text{Total Number of Samples Passed}}{\text{Total Number of Samples Tested}}$
5	Facility Operating Ratio	%	$\frac{\text{Daily Average Inflow}}{\text{Design Daily Average Inflow}}$
6	Reuse Ratio of Treated Wastewater	%	$\frac{\text{Amount of Supplied Treated Wastewater to Farmers}}{\text{Amount of Treated Wastewater}}$
7	Unit Treatment Cost	NIS/ m ³	$\frac{\text{Operating Expense in a Year}}{\text{Amount of Inflow Wastewater per Year}}$
8	Operation Ratio		$\frac{\text{Operating Expense in Year}}{\text{Operating Income from Sewerage Tariff in a Year}}$
9	Collection Ratio	%	$\frac{\text{Income from Sewerage Tariff in a Year}}{\text{Billed Amount of Sewerage Tariff in a Year}}$

Source: TeCSOM-II Survey Results, 2023

b) 本事業の成果

1) KPI の推移

- ジェリコ下水道事業の KPI 値の推移を表 2.1.7 及び図 2.1.15（一部）に示す。KPI 値は、1) データの収集・算定、2) KPI の評価とフィードバックに利用し、下水道事業の自己評価に用いて、次年に強化すべき点を把握する。

表 2.1.7 ジェリコ下水道事業に係る KPI 値

	KPI	Unit	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Sewer Network Coverage Ratio	%	33.9	33.9	33.9	47.3	47.3	47.3	47.3	47.3	47.3
2	House Connection Coverage Ratio	%	10.4	9.9	13.6	13.2	13.1	18.2	17.1	24.5	36.0
3	Wastewater Quality Compliance	%	89	92	-	-	-	-	97.3	94.6	100
4	Sewage Sludge Quality Compliance	%	100	-	-	-	-	-	100	100	100
5	Facility Operating Ratio	%	3.8	7.5	11.9	16.2	17.2	20.1	28.9	38.7	35.8
6	Reuse Ratio of Treated Wastewater	%	0	0	84	73	79	86	75	49	51
7	Unit Treatment Cost	NIS/ m ³	1.14	1.03	1.05	1.04	1.06	1.06	1.05	0.96	-
8	Operation Ratio		24.57	11.74	13.98	4.45	11.35	3.25	4.22	2.77	-
9	Collection Ratio	%	22.5	52.9	30.9	65.5	30.6	62.4	45.6	59.1	-

Source: TeCSOM-II Survey Results, 2023

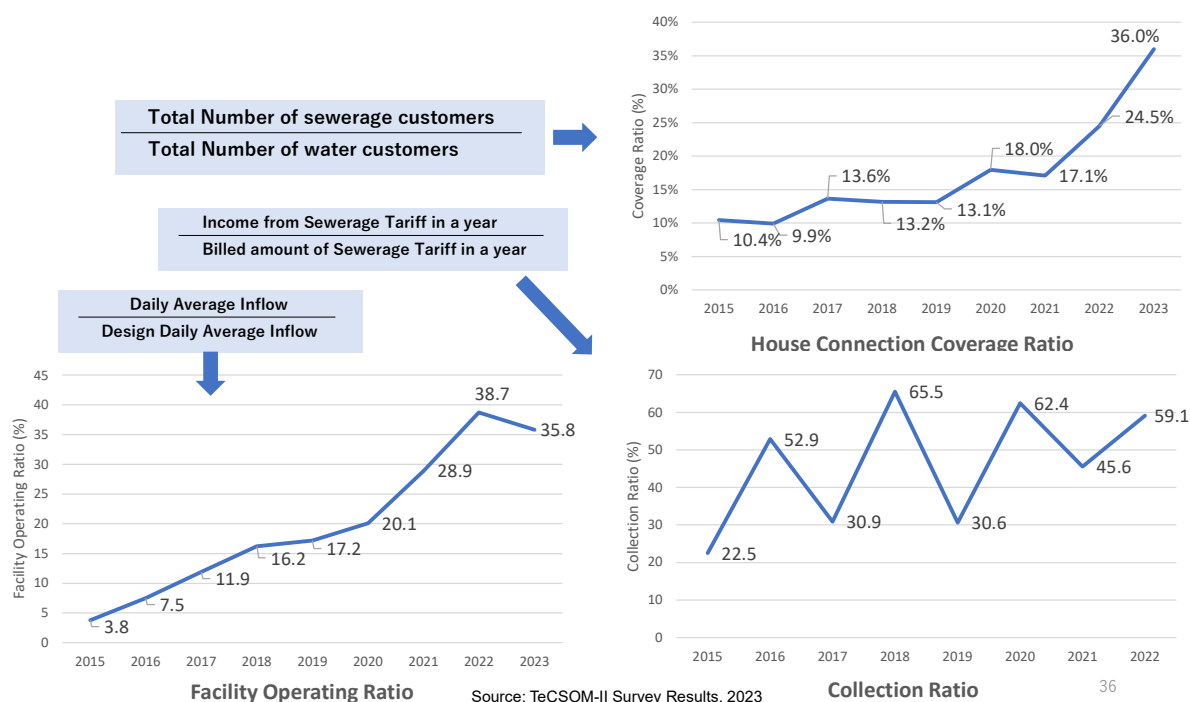


図 2.1.15 KPI（一部）の推移

2) KPI からみる改善点

i) 下水道接続率 (House Connection Coverage Ratio)

下水道接続率が 24.5%（2022 年）から 36.0%（速報値、2023 年）に増加した。この要因として次の 2 つがある。1) 污水管渠情報を GIS で集計、2) 宅内下水管接続（パイロットプロジェクト：Pilot Project：PP）4&5 の家屋調査結果を接続数に反映。詳細情報は表 2.1.12 参照のこと。

ii) 下水処理水の再利用率 (Reuse Ratio of Treated Wastewater)

- 再利用率は 49%（2022 年）と 2021 年と比べ 26% 落ち込んだ。その一つの要因として、2 農場主が 2022 年 9 月より再生水中に懸濁物が確認され、使用を中止したことが挙げられる。2023 年 5 月現在、農場主は利用を再開している。懸濁物の混入は、他の利用者からも報告があり、これを受けてジェリコ市役所は灌漑用水タンクの清掃を実施した（活動 1-1 (3) 下水処理水の再利用、3) 灌漑用水タンクの清掃を参照）。
- 下水処理水量は利用量に対して余裕があり、かつ潜在的な需要は高いため、農場主に周知することで供給量（販売量）を増加させることができる。（表 2.1.1 下水処理水の利用者インタビュー参照）

iii) 汚水量 1m³ 当たりの処理費用 (Unit Treatment Cost)

この KPI は、1m³ の汚水を処理するのにかかっている費用 (NIS/m³) を示す。2022 年で

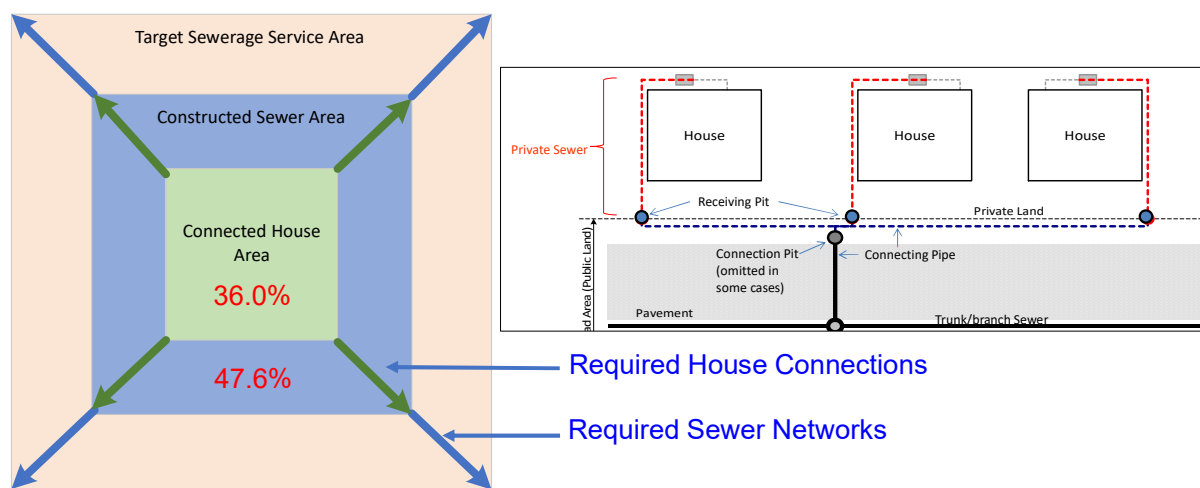
0.96 NIS/m³ と初めて 1 を下回る値を示した。今後、太陽光発電の導入が期待される反面、流入汚水量増加に伴い 2 池目の反応槽を使用開始する予定であり、この KPI に注目する必要がある。

iv) 下水道料金収入に対する O&M 費の割合 (Operation Ratio)

Operation Ratio は、O&M 費を下水道料金収入で割った値である。2022 年に過去最低値を示し、改善傾向にある。この KPI は、1)下水道料金収入（接続数、利用者数）、2)下水道料金徴収率に影響する。O&M 費、料金徴収率、下水道料金収入の推移に注目し、要因を特定することが重要である。

3) 下水道普及率

- 下水道普及率は、2つの考え方に基づいている。1)必要污水管渠整備延長に対する既設污水管渠延長 (KPI-1)、2)下水道計画区域内の全戸数に対する下水道への接続個数の割合 (KPI-2)、がある。この概念を図 2.1.16 に示す。
- 下水道普及率を示す KPI (2つの難民キャンプは除外) において、污水管渠延長の KPI と接続戸数を用いた KPI は、それぞれ対象が異なるため、KPI 値に差が生じる。污水管渠を整備した地区では、公共部の接続管を延伸し、各戸接続 (Privat sewer connection)を推進することで下水道普及率を向上させることができる。一方、污水管渠未整備地区では、污水枝線管渠 (Branch sewer)の整備が必要であり、現状のジェリコ市役所では他ドナーに頼るところが大きい。USAID コンサルタントにより、污水枝線管渠のルート選定、計画設計が実施された (2023 年 7 月完了)。



TeCSOM Team 作成

図 2.1.16 下水道普及率の概念図

(8) 日本人専門家不在時の本事業の実施体制の確保

a) 本事業の活動

- ・ 上下水道部部長と協議し、日本人専門家不在時でも週例会議を継続することで合意した。これまで日本人専門家が各テーマで作業内容、進捗状況、成果及び課題を説明してきたが、オーナーシップをカウンターパートに移し、活動を進めた。
- ・ そのために作業内容を挙げるとともにカウンターパートの担当者が任命され、週例会議のスケジュールが決められた。これらを 2021 年 12 月 5 日の週例会議にて上下水道部長より関係者に説明した。
- ・ 作業項目、グループ構成及び監督者は次のとおりである。なお、作業項目は、第 1 回 JCC で取り上げた活動及び課題を解消すべく設定された。

表 2.1.8 週例会議での課題と担当者

Group	Subject	In Charge	Supervisor
1	Sewer network updating by GIS	Eng. Majdi & Eng. Sirad	Eng. Fityani
2	Sewer connection & PPWM	Eng. Majdi & Eng. Sulaiman	Eng. Fityani
3	Water & Sewerage fees	Mr. Abdulfattah	Mr. Musa
4	Jericho WWTP O&M +Water Quality	Eng. Omran & Eng. Yaghi	Eng. Ibrahim
5	Public Relations	Mr. Marwan & Mr. Ali	Ms. Weam & Eng. Fityani
6	Donor Info & strategic plan	Mr. Abu Mohsen (Plan), Eng. Sulaiman (PPWM & SCADA)	Eng. Fityani

- ・ 週例会議は 2 週間に一度、基本的に月曜日の 09:00（約 1 時間）より、ジェリコ市役所会議室で開催し、会議を定着化させた。
- ・ TeCSOM-I の前半では、カウンターパートへの自主性の移管は決してズムーズとは言えず、日本人専門家が主導する場面が多々あった。カウンターパートにとっては、下水道事業を立ち上げたばかりでかつ短期間に多くのかつ、初めての課題に直面したことを考えれば、やむを得なかった。しかし、今回は、TeCSOM-I 終了から 3 年半が経過したこと、強力なリーダーシップ（上下水道部長）が就任したことから、日本人専門家不在でも活動は失速することなく継続できた。

(9) 対パレスチナ日本政府代表事務所 (Representative Office of Japan to Palestine: ROJ)への活

動・成果報告

1) ROJ へのジェリコ市下水道事業の現状説明 (2021 年 12 月 7 日)

i) ジェリコ WWTP (流入水量、処理水販売)

- ・これまでジェリコ WWTP への流入量の評価は、下水処理能力 (9,800 m³/日) に対しての割合で見られていた。しかし、下水処理能力とは計画日最大汚水量に相当し、受け入れることが出来る最大の汚水量を示す。ジェリコ市役所から提示されている流入汚水量は各月の日平均汚水量であることから、評価する対象は計画している日平均汚水量 (6,600 m³/日) が適切である。
- ・そこで、2021 年 10 月の日平均流入水量 2,221 m³/日の評価する際は、計画日平均汚水量を用いる。実流入水量/計画日平均流入水量 = $2,221/6,600 \times 100 = 33.7\%$ となり、計画に対して約 1/3 の流入量を占めていることになる。
- ・今後の流水量の増加要因は、人口増に加えてジェリコ市の開発計画 (アインスルタンキャンプ、JAIP, ジェリコゲート) が挙げられる。
- ・また、ジェリコ市の下水道事業は、太陽光発電、下水処理水の灌漑用水利用 (パレスチナ国内初の処理水販売) など、リサイクル型循環社会を形成する起因がある。そして、TeCSOM-II では、ジェリコ市役所が下水汚泥の土壌改良材としての利用とその普及を目指している。
- ・特に下水処理水の販売は、需要が高い時期は、ほぼ全量が販売されていることを説明し、ROJ からは高い関心を寄せられた。ジェリコ市下水道事業でアピールすべき点として強調された。

ii) 下水道事業運営

- ・上水道及び下水道事業の O&M 費は、主に料金の収益で賄われている。ただし、減価償却分の積立をするまでは至っていない (減価償却費を加味すると赤字となる)。
- ・上下水道料金の未払い金 (総額約 7.2 億円、2021 年 9 月現在) が回収されれば、下水管渠延伸、減価償却費へ回すことが出来る。特に政府系施設の未払いが 2020 年から顕著となっており、ジェリコ市役所は上下水道料金徴収に努力し続けている。

2) ROJ へのジェリコ市下水道事業の現状説明 (2023 年 7 月 5 日)

- ・ROJ の懸念は、JAIP の前処理施設の O&M 体制、難民キャンプの下水道整備の促進であった。
- ・前処理施設について、ジェリコ市役所は WWTP の運転や水質検査の経験と知識を有していることから、JAIP に施設 O&M に協力できるが、人員を出すことはできないと明言した。ジェリコ市役所も WWTP メンテナンス用の人員が確保できず、現行の体制では前処理施設の O&M を引き取ることはできないとしている。

- ・ アクバットジャベル難民キャンプの下水道整備において、全戸数に対して下水道への接続は完了していない。全戸数の下水道への接続には、ドナーによる支援を必要としている。一方、アインスルタン難民キャンプでは、現在、下水道整備フェーズ 1 が実施されている。ジェリコ市役所は、キャンプに対して下水を受け入れるのみで、宅内接続管整備は実施できない。

2.1.2 ジェリコ WWTP の下水流入水量を把握するとともに今後の流入量の試算（処理区域の水収支の把握、汚水処理人口推計及び排水量原単位の見直しを含む）（活動 1-2）

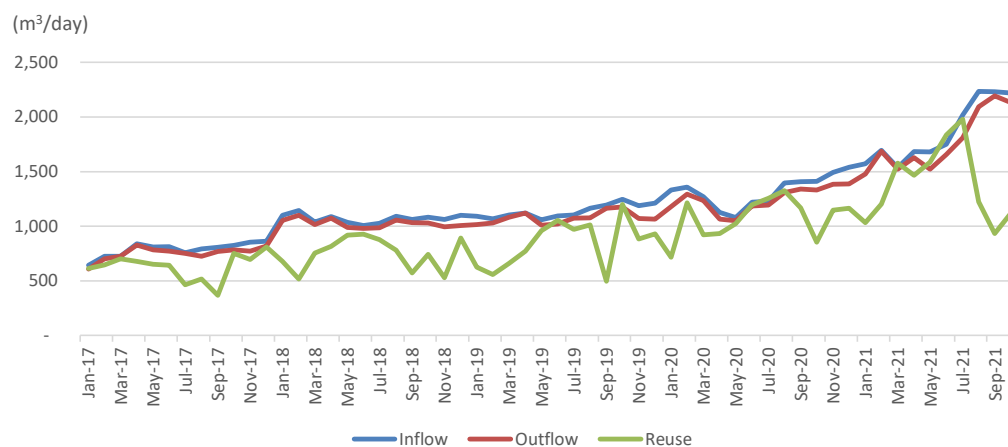
活動 1-2 ではジェリコ WWTP へ流入する下水量の推移を把握し、2026 年までの流入下水量を予測した。また、WWTP 近傍に JAIP が立地しており、そこから発生する排水を WWTP で受け入れていた。しかし、事業所排水の悪化（高濃度排水）に伴い、排水の受け入れを中断している状況にあったことから、JAIP 側では、日本政府の支援を受けて、前処理施設処理を建設し、排水の準備を整えている状況であった。

そこで、活動 1-2 では、(1)ジェリコ WWTP の下水流入予測、(2)JAIP からの排水についての分析を行ったことから、それぞれの活動と成果を報告する。

(1) ジェリコ WWTP の下水流入予測

a) 本事業の活動

- ジェリコ WWTP への流入量、下水処理水量及び下水処理水販売量を毎月計測している。2021 年 12 月の平均流入水量は、2,098 m³/日であり、計画平均流入水量（6,600 m³/日）に対して約 31.8%である。



TeCSOM-II Survey Results, 2023.

図 2.1.17 ジェリコ WWTP の流入出量及び再利用量の推移

- アインスルタンキャンプでは下水道未整備であるが、下水道管渠設計の詳細設計は終了している。2021 年 11 月 20 日現在、国際連合プロジェクトサービス機関 (United Nations Office for Project Services: UNOPS) にフェーズ 1 の入札図書が提出された。入札図書の評価には約 2 か月を要し、建設開始は 2022 年 2 月に開始した。
- アインスルタンキャンプの下水道整備は全部で 3 フェーズあるが、計画諸元を定めているのはフェーズ 2 までである。フェーズ 1&2 の計画は次のとおり。

表 2.1.9 アインスルタン下水道整備計画

Ph	Area	Location	Household (2020)	Population (2020)
1	A3	South	271	1,431
2	A2	Middle	364	1,922
2	A1	North	273	1,441
Total			908	4,794

Source: Final Design Report, UNOPS, 2020

- フェーズ 1 のスコープは、下水管渠延長 5 km, House connection 4.6 km, storm water 1.5 km である。
- ジェリコ市に近接するジェリコゲート（開発住宅区域）が開発中であり、ジェリコ市の水道及び下水道に接続している。ジェリコゲートのマスタープランの概要を以下に示す。

表 2.1.10 ジェリコゲート住宅開発計画

Stage	Year	Area (ha)	No. of Household	Water Consumed (m ³ /d)
1	2020	74.9	261	821
2	2021	15.3	119	137
3	2022	18.1	171	175
4	2023	73.2	0	981
5	2024	23.7	210	215
6	2025	18.7	187	191
7	2026	22.2	218	223
8	2027	22.2	217	221
9	2028	17.6	176	191
10	2029	15.7	148	190
Total		303.4	1,707	3,345

Source: Master Plan, Jericho Gate Real Estate Investment Company

- 週例会議において、ジェリコ WWTP の過去 6 か月間（2021 年 12 月-2022 年 5 月）の O&M 状況についても報告された。流入下水量、下水処理水量、下水処理水販売量（再利用量）及び発生汚泥量の数値が示され、季節変動があるものの、6 か月平均の流入水量は 2,042 m³/日であった。なお、2022 年 5 月の日平均流入水量は 2,165 m³/日である。
- カウンターパートは、流入下水量が伸び悩んでいる要因の一つとして、下水道への接続が大幅に増加していないことが影響していると説明した。今後の下水量増加要因として、①アインスルタン難民キャンプの下水道整備（ただし、下水道料金の徴収は期待できない）、②ジェリコゲートの住宅開発、③JAIP からの事業所排水の受け入れ再開、が挙げられる。
- 専門家がジェリコ WWTP への流入下水予測計画（案）を策定し、上下水道部顧客サービス課課長に説明した。課長は本邦研修 1 か月の経験もあり、下水管渠計画を担当していることから、下水道計画の内容を理解した。
- 流入下水量の予測は、ジェリコ市役所の実績値（人口、給水量、汚水量など）に基づいて算定されているが、上下水道部長へ計画を説明した際、定住人口と移動人口（宿泊客、日帰り客）について認識が異なった。そこで計画のコンセプト、構成（汚水量算定のフロー）が分かるように汚水量算定手順の一部を改定した。

- ・ 専門家は、汚水量算定で一部説明を補強する必要があり、また、汚水量算定のフローが分かるよう修正した。特に定住人口と移動人口（宿泊客、日帰り客）について違いを明確にし、計画書を再構成した。
- ・ 下水流入量の予測は、算定方法が複雑で理解するには算定フロー全体を把握する必要がある。そこで、汚水原単位算定、人口別汚水量算定をフローチャートで示した。
- ・ 下水流入量の計画では、今後、下水が発生するアインスルタン難民キャンプの下水管網の整備状況、ジェリコゲートでの住宅立地及び JAIP の前処理施設の整備状況を反映している。また、ジェリコ市の新規住宅開発(Moon city)の位置と進捗状況を確認したが、当面、下水への接続はないことから、計画では考慮しないこととした。

b) 本事業の成果

- ・ ジェリコ市下水道事業の計画日最大汚水量は 9,800 m³/日であり、この値は WWTP の処理能力である。流入汚水量の評価は、施設能力に対してではなく、計画日平均汚水量で評価される。現状では計画の約 1/3 の汚水が流入している。

ジェリコ WWTP への流入下水量の推移とパイロットプロジェクト (PP)の時期を図 2.1.18 に示す。PP の詳細情報は表 2.1.12 に示す。

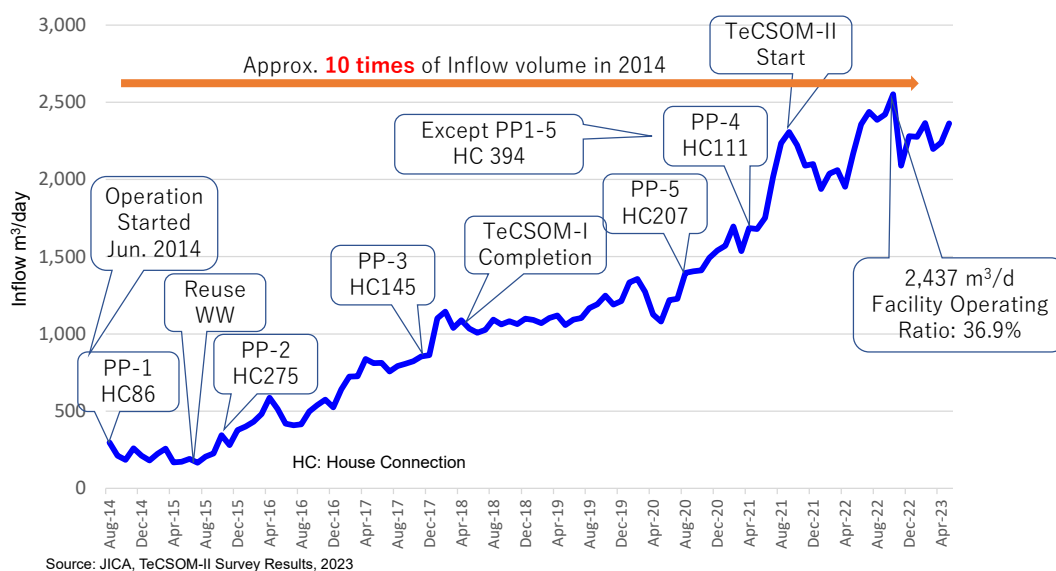


図 2.1.18 ジェリコ WWTP への流入水量の推移と PP の実施

- ・ 下水流入量を予測するために次のデータを収集した。採用したデータは次のとおり。①下水道計画区域の人口：「Palestinian Central Bureau of Statistics」、②ジェリコ市の観光人口：観光省データ（過去3年）。

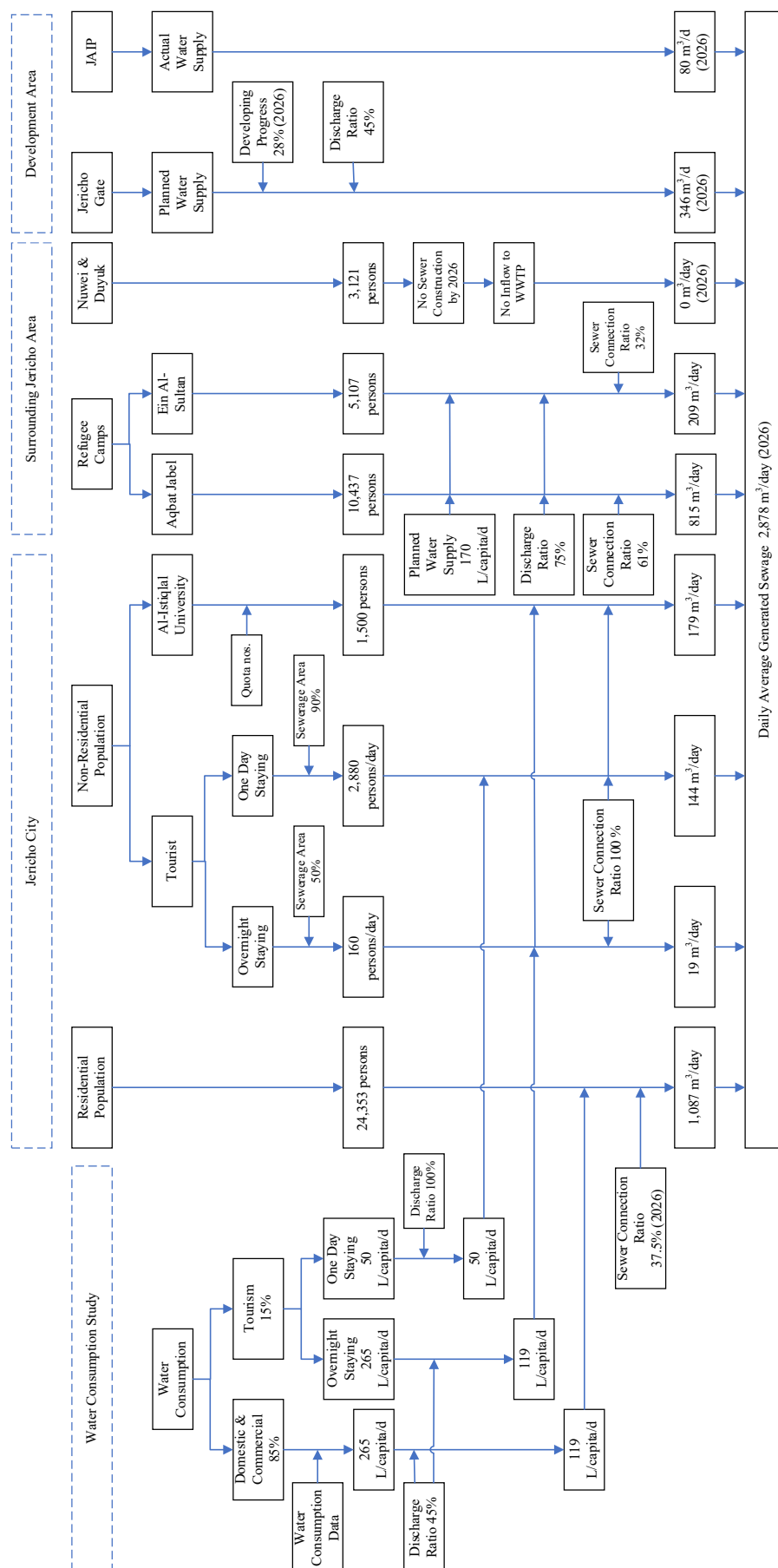
- ・ ジェリコ市役所に下水流入量の将来予測の手法について説明し、理解の上、検討に必要な基礎データ（過去 3 か年）である給水量実績データを入手した。データの必要性とその活用は、今後、流入水量を予測する上で、重要な知識である。
- ・ ジェリコ市の下水量原単位算定の考え方、特に使用水量の内訳を確認し、下水へ流入する割合を把握するために「Water Master Plan for Jericho City 2011」を参照した。本資料は詳細に根拠が示されており、かつ承認されていることから、基礎データとして参照した。
- ・ WWTP への流入水量予測を計画した。下水流入量の予測は、将来人口、給水量原単位、汚水量原単位、JAIP, 2 つの難民キャンプ及びジェリコゲートなど主要な要因を考慮した。この予測値はドラフトであるが、コンセプト、方法をカウンターパートに細部まで説明した。
- ・ 下水流入量の予測にあたり、設定している人口、給水量、汚水量などはジェリコ市役所の実績値に基づいて算定している。しかし、市が想定している将来計画と齟齬が生じないように確認した。
- ・ 2022 年 9 月にジェリコ WWTP への下水流入計画を上下水道部顧客サービス課課長に説明した。その際、汚水量算定で一部補足説明が必要であった。今回、専門家が上下水道部長と同課長に説明し、推定汚水量の算定方法とその手順が理解された。計算に用いたデータを含めて計画内容は、上下水道部内でレビューされた。WWTP への流入汚水量予測は毎年更新するため、カウンターパート側で各種基礎データの確認及びアップデートを定期的に行う。
- ・ 計画日平均流入汚水量及び日最大流入汚水量を表 2.1.11 に示す。反応槽 2 池目の稼働は 2024 年の見込みである。

表 2.1.11 計画流入汚水量

Year	2022	2023	2024	2025	2026
Planned Daily Average Inflow (m ³ /day)	2,053	2,294	2,618	2,744	2,878
Planned Daily Maximum Inflow (m ³ /day)	2,690	3,005	3,430	3,595	3,771
Reactor No.1	On	On	On	On	On
Reactor No.2	-	-	On	On	On

TeCSOM-II Survey Results, 2023.

- ・ 下水流入量の将来予測の立案手順を図 2.1.19 に示す。また、下水流入予測計画書案を添付資料 2.1.2 に示す。



TeCSOM Team 作成

図 2.1.19 下水流量予測の計画策定

(2) ジェリコ農産加工団地 (Jericho Agro-Industrial Park: JAIP) からの排水

a) 本事業の活動

1) 前処理施設

- ・ JAIP でのテナント立地状況、前処理施設の建設状況を視察した。テナントについては、JICA パレスチナ事務所より詳細なデータ（産業、使用水量）を入手した。前処理施設は 2022 年 6 月に完成した。
- ・ 上下水道料金について、各テナントではなく、JAIP がジェリコ市役所に料金を支払う仕組みである。上水道料金は 2.5 NIS/m³、下水道使用料金は 1.0 NIS/m³ である。各テナントは JAIP に上下水道料金に加えて O&M 費 1.0 NIS/m³ を加算して、計 4.5 NIS/m³ に基づいて料金を支払う。
- ・ 2023 年 7 月現在、ジェリコ市役所は JAIP からの排水の受け入れを停止している。以前、JAIP が、下水排除基準 (House connection law, the cabinet resolution decision No.16 (2013)) を超える水質を下水道へ排出したことから、ジェリコ市役所は排水受け入れを停止している。その実際の手順は次のとおりである。(活動 2.2 と関連)

i) 排水受け入れ停止の場合

①ジェリコ市役所が JAIP からの排水水質を測定、②排水が下水排除基準超過の場合、上下水道部長、WWTP 場長及び市長で協議し、受け入れ停止を口頭で JAIP に伝達、③市長名で JAIP に受け入れ停止のレターを発出。

ii) 排水受け入れ再開の場合

①JAIP が排水水質測定結果と排水再開依頼のレターを市長宛に発出、②市長から上下水道部の部長に指示し、ジェリコ市役所も排水水質測定、③水質測定の結果、基準値を順守していることを上下水道部の部長が市長に報告、④市長名で排水受け入れ再開のレターを JAIP に発出。

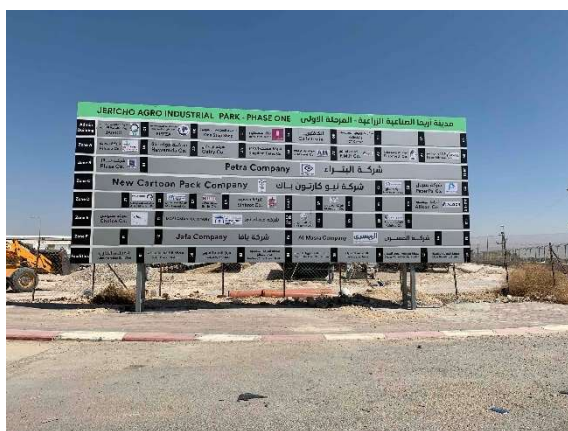


写真 2.1.12 JAIP 入口



写真 2.1.13 JAIP 敷地内

- ・ JAIP での日平均給水量は約 53 m³ (2021 年 6-9 月データ) である。前処理施設での設計流入水質は、CODcr 3,900 mg/L, 総懸濁物質 (Total Suspended Solid: TSS) 1,600 mg/L で、JAIP の前処理施設の処理能力は、フェーズ 1 で 400 m³/日 (全体計画で 1,200 m³/日) である。パレスチナの下水排除基準は、CODcr 2,000 mg/L, TSS 600 mg/L である。なお、下水排除基準は 27 水質項目が規定されている。
- ・ JAIP からの排水受け入れ問題は、TeCSOM-I の終盤 (2017 年) から生じている。ジェリコ市役所及び JAIP との下水排水受け入れ協定は 2016 年 8 月 11 日に結ばれており、その後、幾度と受け入れ拒否と再開を繰り返している。
- ・ JAIP の前処理施設 O&M 費は、最初の 3 年間は ROJ が負担することとしている。その後は、パレスチナ自治区と投資促進産業不動産庁 (Investment Promotion and Industrial Estates Agency: IPIEA, Ministry of National Economic の管轄) で協議して決定する予定である。



写真 2.1.14 前処理施設建設中 (2021 年 9 月) 写真 2.1.15 前処理施設建設中 (2021 年 11 月)

- ・ JAIP での罰則規定について、本来は JAIP 監督官庁である IPIEA に罰則規定があるべきだが、IPIEA に罰則規定がないため、環境品質局 (Environment Quality Authority: EQA) を通じて改善されるまで操業停止を求める勧告を出すように協議している。ただし EQA からは法的に適切なプロセスを提示することが求められており、ディベロッパーからドラフトが IPIEA に提出されたものの、IPIEA の法務部の確認に数か月要しており、手続きが遅れている。(2021 年 10 月、JAIP/コンサルタントより)
- ・ 2022 年 5 月 11 日及び 21 日に JAIP の前処理施設を視察し、工事進捗状況を確認した。プレコミッショニングが 2022 年 21-26 日まで行われ、電力の引込工事が残っていたが、その後、完了した。



写真 2.1.16 前処理施設(2022 年 5 月)



写真 2.1.17 前処理施設(2022 年 6 月)

- ・ジェリコ市役所は、JAIP 前処理施設の性能検証委員会(Commissioning Committee)には加わらないが、JAIP 排水の監視に係る合意には参画する。そのメンバーは、IPIEA, JAIP 及びジェリコ市役所である。
- ・2022 年 9 月中旬に IPIEA からジェリコ市上下水道部に JAIP 前処理施設の O&M 委託の打診（正式ではなく、相談レベル）があった。この時点で前処理施設の O&M の委託先は決まっていなかった。
- ・ジェリコ市役所より意見を求められ、専門家は次の留意点と利点をそれぞれ挙げた。留意点 1)ジェリコ市役所に O&M の人員がいないこと、2) 前処理施設は加圧浮上法 (Dissolved Air Flotation: DAF)を採用しており、ジェリコ市役所はこの処理方式に関する知識と技術を有していないこと、3)3 年後 O&M に関する費用が確保できないという懸念。一方、利点は、1)WWTP 及び JAIP の水質を一元管理できる、2)O&M と水質管理の技術力が向上する、3)JAIP に対してテナントからの排水に対して発言力が増すことである。
- ・UNOPS によると前処理施設の O&M は以下の条件となっている。1) O&M はパレスチナ側が行い、当初 3 年間は見返り資金を使用する、2) UNOPS が JDECo に電力引込工事費を支払い、JDECo が工事を請け負う。工事費は契約に含まれている。3) マニュアル作成と O&M トレーニングは施工業者が実施する。
- ・上下水道部長は、ジェリコ市役所が前処理施設の O&M を行う場合、追加でオペレータ、水質検査技師及び作業員の 3 名が必要であることを市長に指摘した。また、水質管理の責任も増すことも言及した。ジェリコ市長はこれを受けて、現在のジェリコ市役所では財政的に厳しい状況にあるため、職員を増員して O&M を引き受ける準備はできていないとし、IPIEA からの申し出を断る意向を示した。
- ・2023 年 5 月 10 日に TeCSOM チームは IPIEA と JAIP の前処理施設の稼働予定について協議した。残る作業は JDECo による通電試験であり、その後、引き渡しとなる。現在のところ、IPIEA は、O&M の入札準備を進めているが、関心を示している業者はいまのところなく、前処理施設の供用開始時期は不明である。
- ・2023 年 5 月、IPIEA よりジェリコ市役所に、再度、前処理施設の O&M の委託の打診があっ

た。ジェリコ市役所上下水道部は前処理施設の現場を訪問し、IPIEA と O&M 及び排水水質に関して協議した。上下水道部は、IPIEA に O&M の指導はできるものの、人員が不足している現状では、前処理施設の O&M 委託を受けることはできないと言及した。しかし、上下水道部は、WWTP の運転や水質検査の経験と知識を有していることから、JAIP に O&M 及び水質監視の指導は協力できることを提案した。2023 年 7 月現在、前処理施設の委託業者は決まっていない。引き続き IPIEA は、前処理施設の委託先を探すべく、ジェリコ市役所と協議している。そのなかで、ジェリコ市役所は、ジェリコ WWTP のメンテナンスの委託先候補を IPIEA に紹介した。

- ・ JAIP への給水量は、現在の上限は 150 m³/日（ジェリコ市役所から 50, イスラエル水道公社（通称：MEKOROT）から 100 m³/日）である。

2) JAIP ワークショップ

- ・ JAIP にある排水前処理施設に関するワークショップが 2022 年 6 月 9 日に JAIP で開催された。IPIEA 主催であるワークショップの目的は、①JAIP からの事業所排水の水質、②前処理施設の概要説明、である。ワークショップでは、ジェリコ市役所が、ジェリコ WWTP の概要と排水受け入れ停止の経緯を説明した。
- ・ 前処理施設建設の施工監理を担っている UNOPS よりプロジェクトの概要が説明された。なお、プロジェクト資金は ROJ である。
- ・ この施設の目的は、事業所排水を前処理施設で処理することで、下水排除基準を満たすよう処理し、ジェリコ市の下水道へ排水することである。施設の引き渡しは 3 か月後の 2022 年 9 月頃を予定していた。なお、当時、JDECo との電力契約及び配線工事は未着手であった。
- ・ JAIP での常時監視する水質項目は、pH, TSS 及び COD_{Cr} である。他の水質項目は外部委託する。JAIP の監督機関である IPIEA より事業所排水の水質項目について説明された。JAIP のテナントからの排水基準が示された。テナントとの契約にもこの基準は示されており、この排水基準を超過した場合、テナントからの排水は受け入れ中止としている。
- ・ 前処理施設の稼働前に、ジェリコ市役所が施設 O&M に関する同意書に対して意見する権利があることを確認した。

2.1.3 ジェリコ市内の下水管網拡大にかかる計画の作成支援（活動 1-3）

下水管網計画を立案する際、ジェリコ市役所が保有する污水管渠情報を整理する必要があった。JICA 無償資金協力事業、USAID プロジェクト、宅内下水接続管整備の情報を GIS を用いて一元管理することにより、污水管渠拡張計画が容易に立案可能となった。一方、ジェリコ市内に所在する別荘団地から下水道への接続の要望があった。下水道への接続には、工事費などの費用分担を解決する必要があった。そこでケーススタディとして、Jericho Hills Village を対象に下水道接続を検討した。

活動 1-3 では、(1)污水管渠情報の一元管理、(2) Jericho Hills Village からの下水道接続を検討について活動とその成果を報告する。

(1) 污水管渠情報の一元管理

a) 本事業の活動

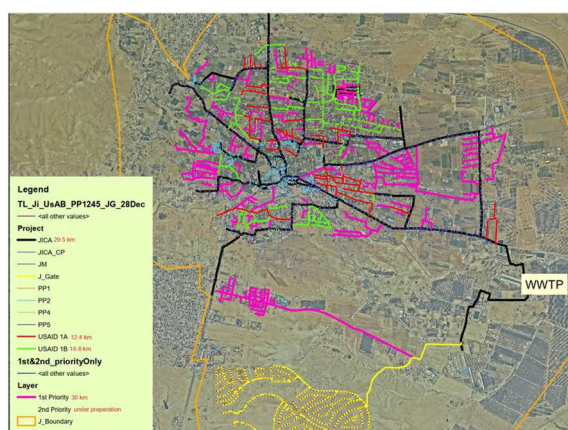
- ・ 本事業の開始当初、ジェリコ市の既設管渠のデータを確認したところ、ドナー（JICA, USAID 及び PWA）毎に污水管渠情報を管理しており、データベースとして統合していないことが判明した。そこでジェリコ市上下水道部とエンジニアリング部はこれらデータを統合する必要性を協議し、協力していくことで合意した。
- ・ 下水道管網図の下図となる航空写真をジェリコ市役所計画プロジェクト部より入手した。既設下水道管及び接続管(House connection)の位置、属性情報（延長、口径、管種など）を管理し、下水管渠計画のベースとした。作業には、次の 2 つの課題があった。
 - i) GIS エンジニアの雇用：エンジニアリング部に GIS 課が設けられているが、これまでのところ、既設管渠データを一元管理していない。竣工図、CAD データ、属性データはあるものの、データベース化されていない。上下水道部部長も GIS によるデータの一元管理を指摘しており、重要課題の一つに掲げている。ジェリコ市役所は、GIS による情報管理の整備を行うべく 2022 年 10 月 31 日よりエンジニアを雇用した。
 - ii) PP1-3 での問題点：竣工図と CAD データはあるが座標情報がないため、どのように地図に取り込むか検討した。各接続管の座標を調査することは時間と労力を要する割には効果が低いため、竣工図を元にした目視による入力現実的であった。一方、PP4-5 は CAD データを PAW から入手した。
- ・ GIS への污水管渠データ入力作業は、JICA 無償資金協力事業、PP 2&4 については完了している。PP1, 3, 5 の完成図面は入手しており、入力作業を行った。ただし、マンホール位置の座標が数十メートル単位でずれている可能性があるため、カウンターパートが現場で GPS により座標を計測し、補正した。一方、USAID の污水管渠図面は、施工図か完成図か不明であるため、最終的に図面を基に GIS へ入力した。
- ・ ジェリコ市の污水管渠情報について、GIS を用いてデータベース化を進めた。データベース化の主な目的は次のとおりである。①污水管渠完成図書の管理（対象事業 JICA 無償資金協力

事業, USAID, PP 1-5)、②污水管渠情報の管理及び更新の容易性の向上、③污水管渠情報の他部署との共有化、④家屋に対する下水管渠接続の可能性の判断、⑤未接続区域の抽出、⑥污水管渠延長及び計画策定の支援。

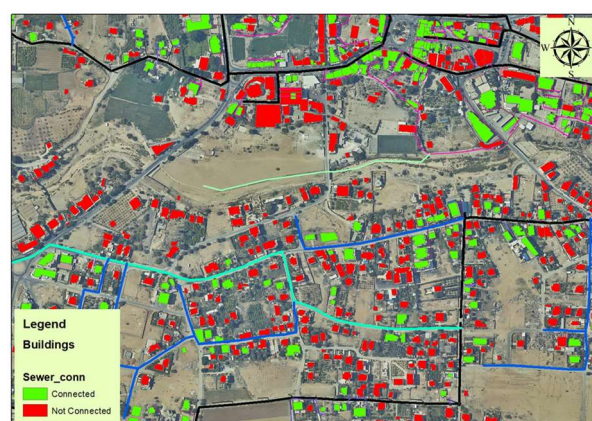
- マンホールの座標が各プロジェクトによって差異が生じているため、顧客サービス課長が自ら現場で GPS を用いて座標を確認した。現場で位置を測定した。

b) 本事業の成果

- GIS を用いて污水管渠データを入力し、平面での情報（污水管渠ルート）入力は概ね完了した。これまで散り散りであった污水管渠情報が一元管理できるようになり、未整備地区の抽出、接続可能な家屋の抽出が可能となった。污水管渠の建設計画を立案するため、口径別管渠延長を地域ごとに算定し、段階的整備計画の策定（必要管渠の数量及び概算工事費算出含む）に用いることが可能となった。
- JICA の無償資金協力事業、USAID プロジェクト及び PP1-5 の污水管渠データの入力作業が完了した。この成果により既設管渠の位置情報が把握でき、優先整備地区/路線の抽出と整備方針を立てることが可能となった。上下水道部は、このデータに基づき USAID と路線選定を協議した。なお、マンホールの位置情報（座標）は、GPS による測定を必要とし、上下水道部の作業とした。
- 既設污水管渠のルート及び下水道への接続済み家屋情報（一部）を図 2.1.20 及び 2.1.21 にそれぞれ示す。



TeCSOM Team 作成
図 2.1.20 既設と計画污水管網図



TeCSOM Team 作成
図 2.1.21 下水道接続家屋

- 污水管渠データの GIS への統合での残作業（ジェリコ市役所の作業）は、次のとおりである。
1) 污水管渠の属性データ（口径、勾配、インバートレベルなど）の入力、2) マンホール位置の計測と入力がある。

(2) Jericho Hills Village からの下水道接続の検討

a) 本事業の活動

- ジェリコ WWTP 近傍に位置する Jericho Hills Village のディベロッパーより、現在使用しているセスピットタンク（汚水貯留槽）を廃止し、下水道へ接続したいとの相談が、ジェリコ市役所上下水道部へあった。専門家が、Village 側とジェリコ市役所側相互の費用負担や経済性を考慮し、接続の経済的利点を検討した。対象を図 2.1.22 に示す。

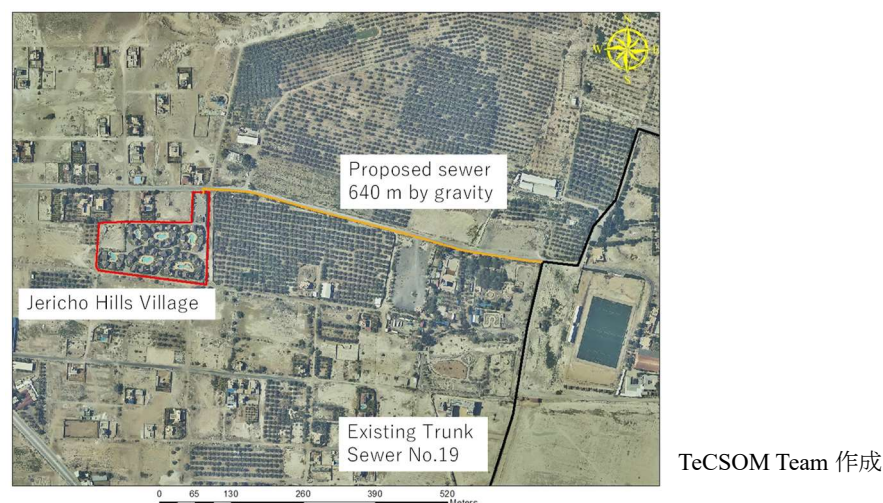


図 2.1.22 検討対象位置図

- 検討結果、ジェリコ市役所が全額污水管渠（接続管）建設費を負担しても、双方に経済的に有利な結果となった。ただし、Village 側は、建設費の最大 5 割まで負担し、代わりに下水管接続費(sewer connection fee)の免除を申し出ている。ジェリコ市役所も污水管渠を建設できる十分な財源がなく、建設分担金やドナー支援が必要な状況であった。

b) 本事業の成果

- 本事案の問題点は、検討を要する内容でも双方が、資料（位置情報、Village 概要、現在の維持管理費用など）を提示せずに議論を始めているところである。従前の対応では、双方の意見を述べるだけで具体的な協議に進まないケースが多かった。そこで、問題解決に向けて適切なアプローチを学ぶため、週例会議において、専門家がケーススタディと共に解決方法を説明した。説明資料を添付資料 2.1.3 に示す。
- ジェリコ市役所は、Village から既設管渠までの接続管渠のより正確な建設費を算出し、専門家はこの建設費に基づいて再検討し結果を出した。この結果は、ジェリコ市役所が建設費を全額負担(ジェリコ市役所 : Village=100 : 0)しても利益があることを示す。検討結果を図 2.1.23 に示す。上下水道部長は、この結果を市長に報告し、費用分担を Village 側と協議した。

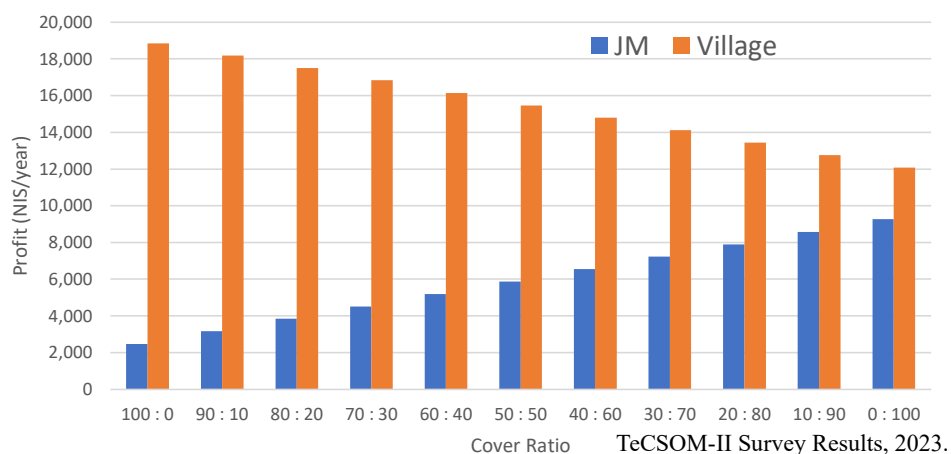


図 2.1.23 ジェリコ市役所と Village 側の建設費負担

- 2022 年 11 月に、Village 側が接続に係る全ての費用（接続費、設計、入札、建設、施工監理など）の 50%を負担することで、ジェリコ市役所と協議が開始された。しかし、最終的に建設費が高額となることから、両者は USAID の污水管渠建設支援開始後に当該管渠を含めることで、合意した。

2.1.4 下水管網拡大事業財源確保のための検討と支援（活動 1-4）

ジェリコ市の下水道事業では污水管渠の建設と下水道施設の適切な O&M が求められる。そのためには建設費用及び O&M 費の確保のため、適切な財源が確保されるべきである。下水道事業での主な収入源は、1)下水道接続費、2)下水道料金、3)下水処理水の販売、である。これに加えて、ジェリコ市の重要な収入源となっている上水道料金の徴収状況についても分析した。

活動 1-4 では、(1)下水道接続、(2)下水道料金徴収、(3)上水道料金徴収について、活動とその成果を報告する。また、第 1 章で提示したジェリコ下水道事業運営の課題に対して、その運営改善について好循環となる要素を説明する。

(1) 下水道接続

a) 本事業の活動

ジェリコ下水道事業の主な収入源は以下の 3 つである。1) 下水道料金 (1.0 NIS/m³)、2) 污水管渠接続料金、3) 下水処理水販売料金 (0.5 NIS/m³) である。また、上下水道事業では、上水道使用料金の徴収も重要であり、4)プリペイド式水道メータの導入、により財源を確保している。

1) 下水道接続費

ジェリコ市が下水管網を整備する際、2 つのケースで課題を整理した。

i) 下水道整備区域内（下水管渠が敷設されている区域）

- 建物オーナーが、下水道への接続と支払意思がある場合：市の作業員と資機材が不足している状況で、時間はかかるが工事は出来る。ただし、予算が充当（作業員と資機材補充）されれば、この作業効率は上がる。
- 建物オーナーが、下水道への接続意思はあるが資金がない場合：市役所では分割支払方式を設けており、最長 1 年間の分割で無利子での支払ができる。
- 建物オーナーが、下水道への接続意思がない場合：住民啓発、広報 (Public Relations: PR)活動が必要である。しかし、下水道供用開始当初（2014 年）は、住民の理解を得るために PR 活動が重視されたが、近年は上記 a), b)の問題が多くなり、PR 不足が原因で接続しないという事案は少なくなってきた（上下水道部長より）。

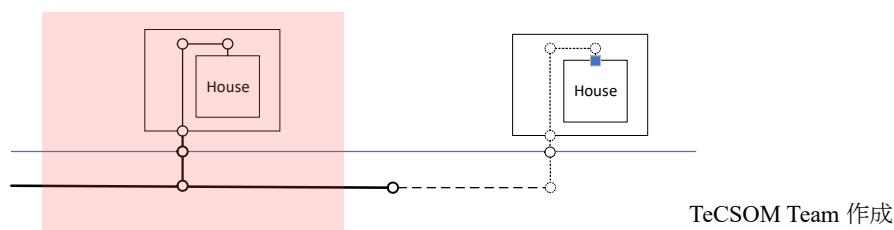
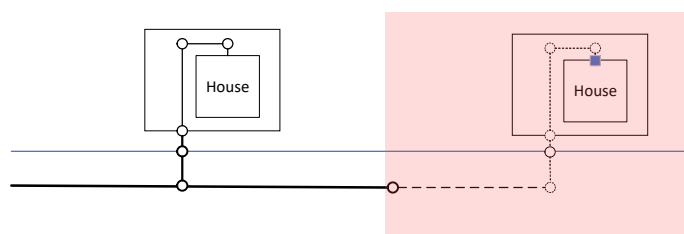


図 2.1.24 下水道整備区域内（下水管渠が敷設されている区域）

ii) 下水道整備区域外（下水管渠が敷設されていない区域）

- 建物オーナーは、下水道への接続意思があるが下水道が整備されていない場合：資金不足により現状では污水管渠の延伸が困難である。いままでのところドナー頼りである。
- 新築でセスピット（汚水貯留槽）を建設した場合：後日、下水道が整備されてもセスピットが新しいため下水道接続に応じない。ただし、セスピット建設費も安くはなく、個別住宅で約 2,500 NIS, ビルなど集合建物では 10,000～15,000 NIS 費用がかかる。これまで 3, 4 件の事例ではあるが、セスピット建設費よりも安価であると判断されたため、建物オーナーがセスピット建設の代わりに自費で下水道を建設し（公道含む）接続したケースがあった。



TeCSOM Team 作成

図 2. 1. 25 下水道整備区域外（下水管渠が敷設されていない区域）

- ・ 以上のように、a), b) 及び d) のケースが主要課題となっており、これらを解消するためには下水道整備の予算の確保、増額が条件となる（ドナー支援除く）。
- ・ 上記問題の解消のため、資金調達には、①料金徴収率の向上、②料金値上げの 2 つが基本となる。①に関しては、i) 上水道料金、ii) 上水道接続費、iii) 下水道使用料金、iv) 下水道接続費、v) 再生水販売費、の手段がある。i) と iii) は徴収率向上、v) は徴収率 100% となっており、iv) は家屋調査が第一歩となる。②については 2021 年 10 月より下水道使用料金のディスカウントキャンペーンを終了し 0.5→1.0 NIS/m³ に戻した。
- ・ 2022 年 1 月 13 日に行われたジェリコ市と水セクター調整協議会 (Water Sector Regulatory Council: WSRC) の話し合いでは、接続料については WSRC の新法 Tariff law (Instruction No.2 of 2021 on the unified tariff system for water and wastewater) に対してジェリコ市役所は受け入れない方針である。
- ・ 現在、ジェリコ市で採用している下水道接続費は、建築床面積当たりの単価 13 NIS/m² である。一方、WSRC は、「宅内接続延長費＋接続申請時の固定額」に基づき計算、徴収しており、ジェリコ市役所に対して同様の計算で徴収することを指示している。しかし、ジェリコ市役所は、WSRC に従来計算方法を続ける意見書を出しており、いまのところ下水道接続費の算定方法は変更しない。
- ・ 上下水道部長の説明によると、接続料の徴収は、建物の所有者が市役所に建設申請をする際に、接続料を支払うことが義務づけられているため料金徴収に問題はない。しかし、既存の建物（接続料徴収開始の 2014 年以前）については、建物の床面積に関するデータがなく、測量士が床面積を測定する必要があるため、接続料の徴収は容易でない。

- ・建物床面積台帳については、ジェリコ市エンジニア・組織部検査課で情報収集・管理されている。新築の建物については図面から床面積を測定し、既存の建物については調査員が現地で個別に測定し、データを蓄積している。
- ・ただし、ジェリコ市は全ての建物データを保有しているわけではなく、既存の建物については実測に頼っている。現在、パイロットプロジェクト No.1-5 が実施されており、PP1-3 の建物の床面積が測定され、接続料（新築建物：13 NIS/m²、既存建物：7 NIS/m²）を徴収するための請求書が建物所有者に順次発行されている。

パイロットプロジェクト (Pilot Project: PP)とは、宅地内と公共部の污水管渠を接続するべく、宅地内のセスピットから公共部の污水ますまでを下水管で接続するプロジェクトである。PP は、2014 年から現在まで計 5 回の実施されている。PP で実施した工事費は、建物オーナーの負担とはならず、その出資者は、JICA, PWA 及びジェリコ市役所であった。なお、PP1-5 の課題は、活動 1-3 に記述した。PP1-5 の概要は次のとおり。

表 2.1.12 パイロットプロジェクトの概要 (宅地内下水管接続)

PP	Funder	Implementation	No. of House Connection	CAD Data	Completion Year
1	JICA	JICA	86	Existing	July 2014
2	JICA	JICA	275	Existing	October 2015
3	JM*	JM	145	Existing	2017
4	PWA	PWA	111	Existing	August 2021
5	JICA	PWA	207	Existing	July 2020
-	JM	JM	394	-	From 2015

出典：ジェリコ市役所上下水道部

*JM: Jericho Municipality

- ・下水道接続費の徴収方法は以下のとおりである。(1)検査課が建物面積を調査・測量する。(2)床面積のデータは、上下水道部の接続サービス課に渡され、接続料が計算される。(3) 請求額は、財政部の徴収管理課に渡され、建物の所有者に請求する。
- ・2022 年 1 月から 5 月までの 5 か月間に下水道への接続申請数は 393 件になる。うち 153 件は下水管渠が未整備の区域のため、申請は受け付けられなかった。残り 240 件は、下水道への接続が可能かどうか調査中である。2022 年 1 月以前にジェリコゲート（住宅開発区域）から 95 件の申請があり、承認後に下水道へ接続しており、住民からの下水道接続の要望は高まっている。
- ・2022 年 6 月 28 日、帰国前に市長と面談し、引き続き TeCSOM-II への協力を依頼した。その中で、新たに PR 用のリーフレットを作成したこと、上下水道部長が多忙なため要望・苦情は顧客サービスセンターへの案内すること、PP4&5 の家屋調査が第一歩であること、財務省からの上下水道料金支払い継続的に依頼すること、などを説明した。
- ・これを受けて市長は、家屋調査の人員確保のため、時間外労働で調査を実施することを担当者(Purchasing & Tender Unit)に指示した。顧客からの情報はサービスセンターに回すよう手配

した。また、財務省に対しては協議を継続し、少しでも未払い額を回収すると、明言があった。

2) 上下水道部の下水道整備用特別会計(Special Account)設立

- 上下水道部の独自予算の確保：上下水道部長は、第2回 JCC で上下水道部の下水道整備用特別会計(Special Account)に下水道接続費を収入として積み立て、WWTP の補修費・減価償却費及び接続費用に充てる方針であることを説明した。基本的に市長の承認は得ているものの、積み立て口座としてまだ機能していないため、下水道への接続を促進し、費用の回収を始める。まず、ジェリコ市役所は未回収である PP4&5 の接続費用を徴収する。
- 上下水道部の Special Account に、入金し予算を確保するために次の2つのオプションを検討した。

オプション 1：上下水道サービスへ特化した財源を得るために上水道接続費と下水道接続費の両方を上下水道事業のみに使用する。

オプション 2：上下水道の収入（上下水接続費、上下水道料金）の一定割合（例えば 20%）を上下水道事業に使用する。

- 今後、上下水道部はオプション 2 を検討した。なお、承認は市長からのレターとする。

ジェリコ市役所内の資金流用の仕組みを図 2.1.26 に示す。

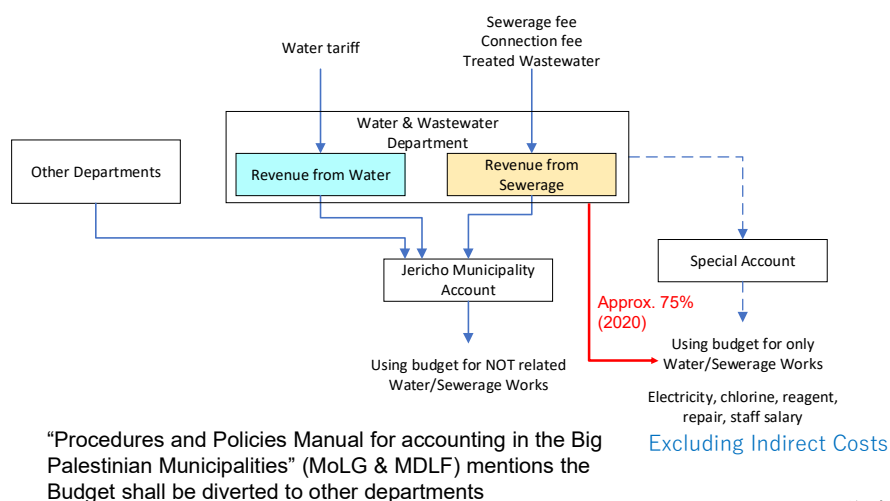


図 2.1.26 ジェリコ市役所内部の資金流用

3) 汚水管渠建設の監理

- 住民からの下水道への接続申請承認後、これまで汚水管渠枝線建設（公道部）はジェリコ市役所が行ってきた。しかし、人員不足が主な原因で接続工事の進捗が滞っている。そこで、上下水道部長と市長の協議により、ジェリコ市役所は汚水管渠工事を外部委託する方針とした。

- これまでジェリコ市役所では、下水道接続を促進するため汚水枝線管渠建設費の一部を、建物オーナー1が負担することを勧めていた。しかし、近接の別の建物オーナー2がこの枝線管渠に接続しようとした場合、既接続のオーナー1から接続拒否を受けるケースがある。このようなトラブルを避けるため、ジェリコ市役所が建設するよう手順書を策定中である。この効果として①近隣住民とのトラブル回避、②十分な管渠口径に維持、③建設基準の順守、④申請受諾期間の短縮、がある。このケースの模式図を図 2.1.27 に示す。

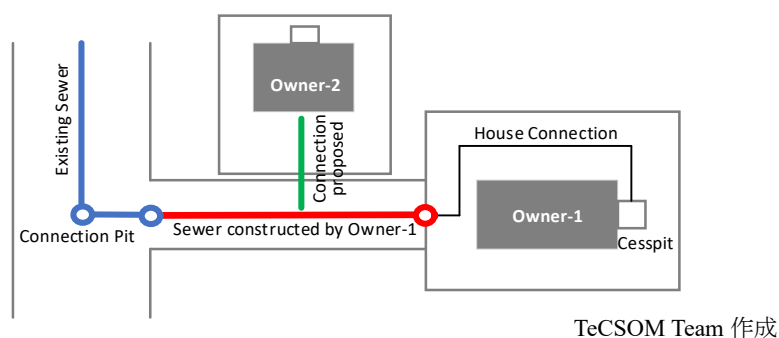
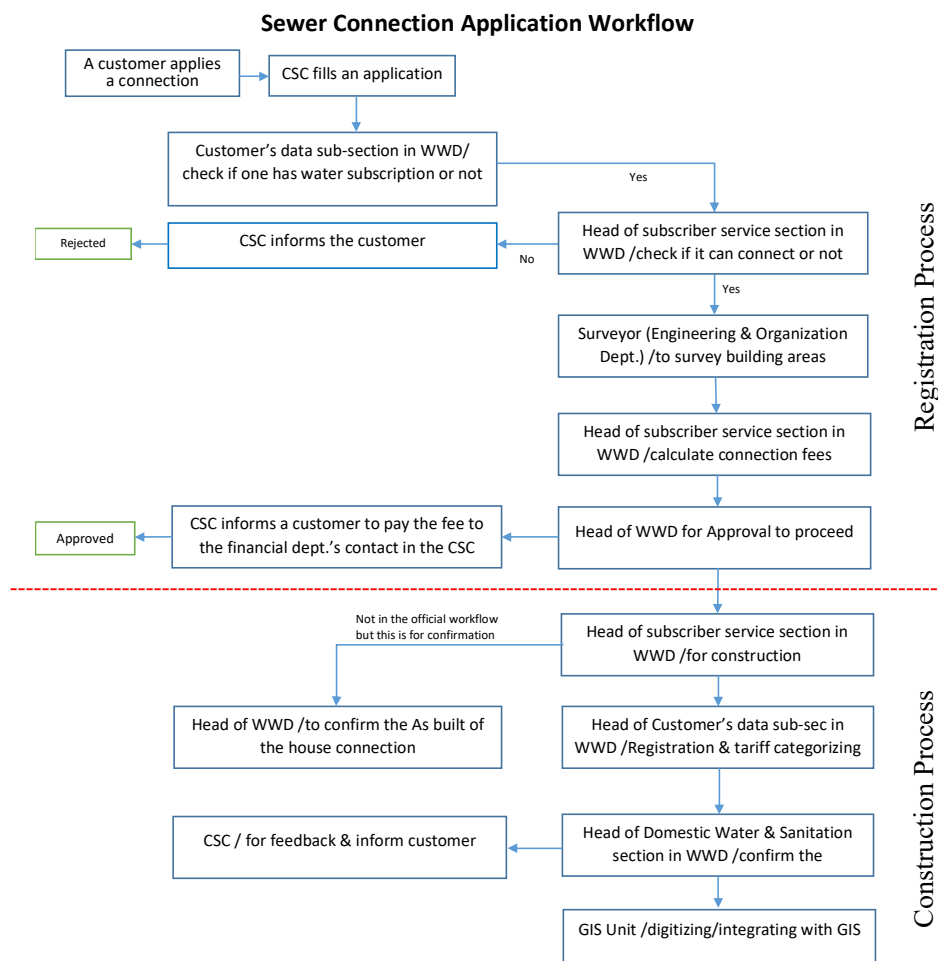


図 2.1.27 下水道接続のトラブル事例

4) 下水道接続申請

- 2023 年 3 月 9 日時点で 875 件の接続申請がある。昨年来、この申請の手続きが滞っていると報告があり、ジェリコ市役所からはマンパワー不足と指摘されていた。そこで下水道への接続申請から建設・データ入力までのフローを確認し、どの工程で手続きの停滞が乗じているのか確認した。これまでジェリコ市役所は、申請を受けて下水道への接続場所の確認と自然流下での接続が可能か一つ一つ現場に赴き確認しており、人手不足もあり時間が掛かっていた。汚水管渠データの統合化で GIS より接続地点の確認が円滑に進み、現場での確認作業が軽減された。作業工程で停滞している箇所を分析した。工程と理由が判明すれば、対策も講じやすい。

図 2.1.28 に接続申請から GIS データ入力までのフローを示す。



TeCSOM Team 作成

図 2.1.28 下水道申請及びデータ入力までのフロー

b) 本事業の成果

1) 下水道接続費用の徴収

- ジェリコ市役所は、PP4&5 の家屋調査を行い、接続費を算定が終了し、全ての家屋から接続費の徴収を開始した。一方、2021 年 12 月以前の下水道料金の算定は不確かであることから、市議会は、下水道料金は 2022 年 1 月分から徴収することを決定した。
- PP4 は 2021 年、PP5 は 2020 年にそれぞれ工事を終えているが、家屋調査が行われず、接続費及び下水道料金は未徴収であった。2021 年 12 月以前の下水道料金は算定が困難なため、徴収対象外とした。一方、接続費は全建物から徴収する。
- PP4 と PP5 の家屋調査が終了し、その結果が上下水道部より報告された。結果は次のとおり。

表 2.1.13 PP4&5 の概要

	PP4	PP5
世帯数（下水道料金徴収対象）	137	412
建物数（接続費徴収対象）	111	207

出典：Jericho 市役所

2) 上下水道部の下水道整備用特別会計(Special Account)開設

- ジェリコ市財務状況で課題を前述したが、これまで上下水道に係る収入はすべて市役所の共通口座に入金されていた。しかし、上下水道部は、WWTP の機器修理費、下水道への接続工事費及び減価償却費の積み立てを必要としていた。そこで上下水道部長は、上下水道部の下水道整備用特別会計(Special Account)に管渠接続費（受益者負担金に相当）が入金されるよう市長と協議し、これが了承された。これは下水道事業の財政問題を解消する成果の一つといえる。図 2.1.29 に Special Account の位置づけを示す。上下水道料金は、これまでどおり共通口座に入金される。

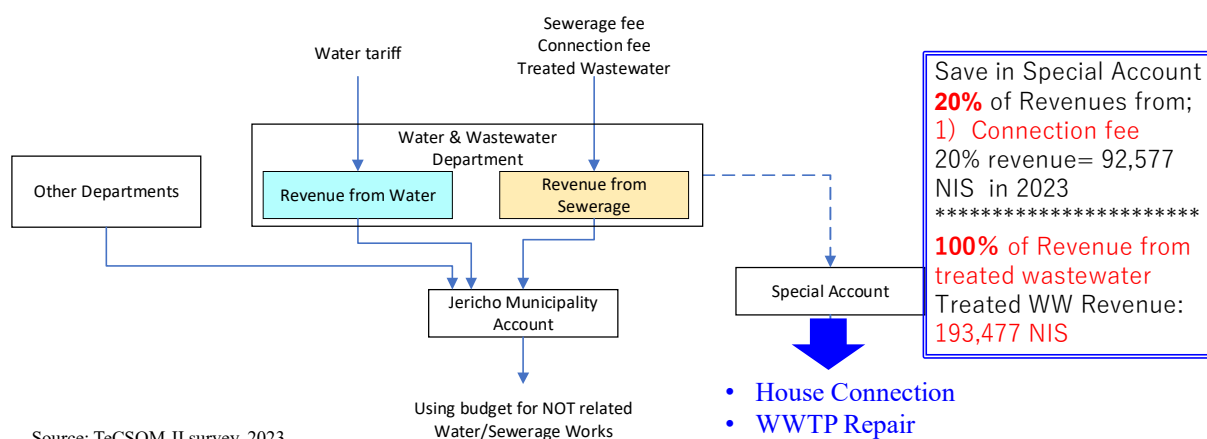


図 2.1.29 ジェリコ市役所上下水道部の資金積立

- パイロットプロジェクト 4&5（家屋の下水道接続）の家屋調査が完了した。この調査結果に基づき接続費及び下水道料金を算定中である。2023 年 1 月より下水道接続費及び下水道料金の徴収を開始する。下水道接続費の 20%が特定財源として、Special Account に割り当てられる。
- 上下水道部用の Special Account が正式に市役所により承認された。（承認文書あり）

(2) 下水道料金徴収

a) 本事業の活動

- ・ 上下水道部長より、下水道事業からの収入は、必ずしも下水道事業の必要経費（WWTP の電気代、薬品代、修理代、人件費等）だけに使われているわけではなく、ジェリコ市の他の部署に流用されているとの説明があった。
- ・ 2021 年の料金徴収率を算定した。上水道：60% (2020 年:66%), 下水道：46% (2020 年 62%)となり、共に前年を下回った。
- ・ 2022 年 8 月末現在、水道料金の未払い額は 20,950,581 NIS (19,709,462 NIS)である。*()内は 2021 年 9 月末のデータ。2021 年 9 月から総未払い額は 6.3%増加した。30,000 NIS 以上の未払い者は 66 (56)で、政府系は 8,768,069 NIS (7,147,685NIS), 個人は 1,711,766 NIS (2,604,151 NIS)である。政府の未払い額は 22.7%増加し、個人の未払い額は 34.3%減少した。個人の未払い額の回収が改善されている。
- ・ 受け付けた苦情は、関係部課に回され対応しており、対策を講じた後は、その結果をセンターへ知らせる仕組みとなっている。2022 年 1 月～5 月の上下水道に関する苦情は 13 件ある。うち 8 件は接続料金、5 件は下水道使用料金に関する問い合わせであった。上下水道部によると、苦情についてはすべて対応済であるが、一部、結果をセンターに反映していない。上下水道部は苦情処理状況を確認の上、対処する。下水道料金が 2022 年 11 月より従来の 2 倍である 1.0 NIS/m³ に値上げ（ディスカウントキャンペーンの終了）されたことについて、特に苦情は寄せられていない。
- ・ ジェリコ市長が第 3 回 JCC に参加し、下水道事業の取り組み及び運営状況を理解した。特に財政問題では徴収率、未払い額が課題であり、JCC 後に市長は以下の事項を指示した。
 - i) ジェリコ市役所は、プリペイド式水道メータ (Prepaid Water Meter: PPWM)による上水道料金の確実な徴収を進めているが、一方で PPWP 対象の世帯では下水道料金は徴収されていなかった。そこで料金徴収の関係部長及び課長を招集し、下水道料金を徴収することを指示した。当面はマニュアル（手計算）だが、システムへ移行することも指示された。
 - ii) セスピット（貯留槽）から下水道へ切り替えた際、セスピット跡を埋め戻す行政指導することを指示した。
- ・ 上記の指示は JCC の報告を受けての行動であり、下水道事業改善へ向けて速やかに動いた市長に感謝すると共に TeCSOM-II の活動の成果といえる。
- ・ また、JCC において政府系施設の未払い額増加について、市長は、今後、財務省が水道料金の支払いを遅らせ続ければ、税金（特に教育省への税金）から未払い額を差し引くことを検討すると述べた。
- ・ 補足：西岸地区上水道部(West Bank Water Department: WBWD), PWA の参下組織)は Mekorot (イスラエル国営水企業) から水を購入しており、各市（ジェリコ市は除く）は WBWD から水を購入している場合が多い。政府系施設がこの水（WBWD の供給）を使用した場合は水道料金

が発生し、水供給者に支払う必要がある。しかし、各市では政府に他の負債を抱えており、他の負債から水道料金分を控除することで支払いを行っていない場合が多い。ジェリコ市長発言はこれに倣っていると考えられる。

b) 本事業の成果

- ・ 上下水道部長が下水道料金の値上げについて言及された。ジェリコ市は、2021 年 11 月から 0.5 NIS/m³ の割引料金を 1.0 NIS/m³ に引き上げることを決定した。
- ・ 下水道使用料については、TeCSOM-I で O&M 費等を考慮し検討した結果、1.0 NIS/m³ に設定した。ジェリコ市議会はこの料金体系を承認したが、当初、市民からの徴収率が低迷していたため、徴収率を上げるために期間限定の割引率 50%（半額）が設定された。今回、この割引キャンペーンを終了し、固定料金の 1.0 NIS/m³ に戻すことになった。2021 年 10 月下旬より、すでに定額料金に基づいて請求額を算定し始めた。
- ・ ジェリコ市は下水道料金の値上げを開始し、2020 年に商業用 0.5 NIS/m³ から 1.0 NIS/m³ に、2021 年 10 月に家庭用 1.0 NIS/m³ に値上げを実施した。
- ・ ジェリコ市役所は、2022 年 2 月に 72 件の上水道料金未払い者に対して警告文を送付し、給水停止措置を行った。うち 8 件の未納者が滞納額を支払い、給水が再開された。給水停止措置には一定の効果があったといえる。
- ・ 上水道料金未払い額は、19.71 百万 NIS (2021 年 9 月末)から 18.09 百万 NIS (2021 年 12 月末)となり、3 か月間で-1.62 百万 NIS (-8.2%)となった。
- ・ 一方、下水道料金未払い額は、0.76 百万 NIS (2021 年 9 月末)から 0.68 百万 NIS (2021 年 12 月末)へと減少し、3 か月間で 0.08 百万 NIS (-10.5%)の減少となった。
- ・ 政府系施設の上下水道料金の未払い額回収について、2022 年 8 月 21 日に市長及び財務部長が財務省会計課を訪問し、支払いを催促した。これに対し、会計課が未納の一部を支払うことを約束した。

(3) 上水道料金徴収

a) 本事業の活動

1) プリペイド式水道メータ

- ・ 上下水道料金の徴収率向上の方策として、プリペイド式水道メータ (Prepaid Water Meter: PPWM)が検討され、導入の方針となっている。これに AFD の支援が合わされば効果的な方策となり得る。
- ・ ジェリコ市役所は、PPWM 444 個(2021 年 8 月時点、Elektromed 社)を導入している。これは全利用者の約 3.5%に相当する。2022 年 6 月時点で個数は増加し、505 個となっている。



写真 2.1.18 プリペイド式水道メータ(1)



写真 2.1.19 プリペイド式水道メータ(2)

- ・ジェリコ市役所では、上水道料金は次のとおり従量制を採用している。なお、下水道料金は定額レート（使用水量にかかわらず 0.5 NIS/m³）を採用していた。（2021 年 10 月より 1.0 NIS/m³ に改定）現行の家庭用及び商業用の上水道料金表を以下に示す。

表 2.1.14 上水道料金表（従量制）

Domestic		Commercial	
Consumption water (m ³)	Unit price (NIS/m ³)	Consumption water (m ³)	Unit price (NIS/m ³)
0 – 100	1.0	0 – 50	1.0
101 – 125	2.0	51 – 100	2.0
126 – 150	4.0	101 – 150	4.0
151 – 200	8.0	151 – 200	8.0
201 –	10.0	201 –	10.0

出典：ジェリコ市役所資料

- ・なお、ジェリコ市役所では、低所得者に対して水道料金の支払免除を受け付けている。2021 年 10 月現在で 25 世帯（ジェリコ市全体の 0.19%に相当）が申請し、免除対象となっている。
- ・水道メータについて市長、上下水道部長及び水道メータ検針者との協議で次のように対応した。1)故障したメータを取り替えること、2)検針者及び料金徴収担当者のモチベーションを上げること、3)検針の正確さを向上すること（見積もりを計上しないこと）
- ・PPWM の購入費用は、利用者が負担する。その費用は、メータ本体+接続費含めて約 500 NIS である。2022 年 8 月末までに 514 個の PPWM をジェリコ市役所が設置、2023 年 6 月末の時点で 572 個が設置されている。
- ・AFD による支援は 10 月に合意する予定。PPWM 供与数は約 680 個である。
- ・ジェリコ市役所は、新料金徴収システムを 2022 年 10 月から運用開始した。これにより“ゼロリーディング”の廃止に大きく動いた。なお、この新システムは PPWM ではなく、従来の水道メータに対応するものである。

2) “ゼロリーディング”の廃止

- ・ “ゼロリーディング” とは、水道メータを検針せず、水道基本料金 40 NIS のみを請求することである。
- ・ 水道メータが検針されない要因は次のとおりである。①水道メータが故障により水使用量を積算していない、②メータの表面が汚れなどで読み取りができない、③検針がしにくい場所にメータが設置されている（狭いところ、鍵の掛かったボックス内、地中など）
- ・ これまでのシステムは“ゼロリーディング”を許していたが、新料金徴収システムでは過去 3 年間の同時期の水消費量から消費量を推定し、請求することができるようになった。
- ・ ジェリコ市役所は、3 か月間（2022 年 11～2023 年 1 月）で 135 個の水道メータを交換した。市長指示の従量制による水道料金徴収が確実に実施されている。

3) 水道料金収益性の改善検討

- ・ 水道料金の増収には、未徴収額及び未請求額を極力減らすことである。
 - i) 水道料金未徴収額の低減：ジェリコ市役所は料金徴収率を上げることとし、次の対策をとっている。
 - プリペイド式水道メータの導入：料金未払い者を対象に、通常の水道メータからプリペイド式水道メータに順次切り替えており、その設置状況は全体メータ数の約 6.6% になる。
 - 給水停止措置の合法化：市の条例で給水停止措置を合法化し、実施できるようにした。料金未納者は、料金納付により給水再開を受けることができる。
 - ii) 水道料金未請求の解消：適正な水道料金を請求するために、次の対策がとられている。
 - 故障もしくは異常値を示す水道メータを順次、取り替える。
 - 水道メータの読み取りが可能な場所に再設置またはガラス表面のクリーニングにより検針を可能とする。
 - iii) 水道料金収入源の新規確保：新たに水道料金の収入源を確保し、増収を狙う。
 - 水道料金の値上げ：ジェリコ市の家庭用の水道料金は周辺他都市と比べて最も安く、かつ一般家庭用の水道料金の値上げは容易でない。
 - そこで市役所は、比較的裕福層である商業及び別荘に対して新料金体系を設定した。
 - ジェリコ市役所は、1998 年以来、一般家庭用の水道料金を値上げしてこなかった。
 - そして西岸地区の他都市の水道料金と比較すると、一般家庭使用水量の中央値で試算すると、約 3.7～8.2 倍の水道料金となる。図 2.1.30 に他都市との比較を示す。

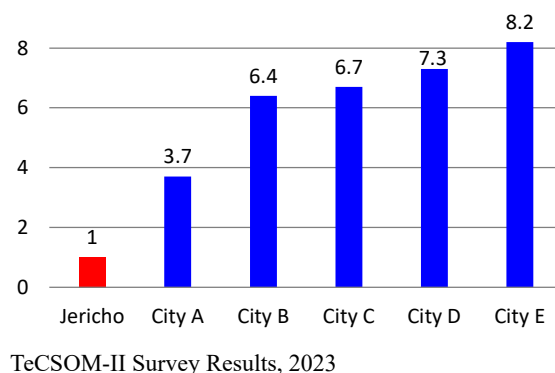


図 2.1.30 一般家庭用水道料金の比較

以上の対策 i), ii), iii)を実施した場合の収益増収率を図 2.1.31 に示す。

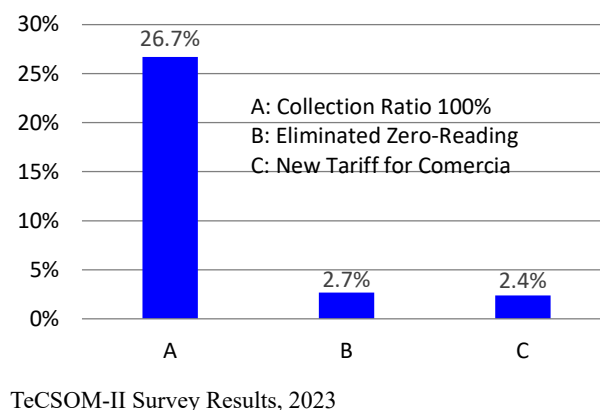


図 2.1.31 水道料金収益増収率（2022 年収入に対して）

- i) 給水停止措置及びプリペイド式水道メータの順次導入により、未払い額が解消され水道料金徴収率が 100%に達すると、約 26.7%増収となる。
- ii) ゼロリーディングを全て解消した場合、料金収入は約 2.7%増収となる。
- iii) 商業・別荘の新水道料金設定により、増収益は約 2.4%となる。

b) 本事業の成果

1) プリペイド式水道メータ

- ・ 2021 年 10 月にジェリコ市役所内部で PPWM 導入について協議し、2022 年より水道料金未払いの上位 206 世帯を対象に設置する方針とした。206 個のメータは、ジェリコ市役所が購入する予定である。
- ・ 業者によるプリペイド式水道メータの輸入が滞っていたが、輸入が再開され、2022 年 6 月末に約 200 個のメータがジェリコ市役所に納入された。

2) “ゼロリーディング” の廃止

- ・ジェリコ市役所は、並行して水道メータを交換、クリーニングなどの対応により“ゼロリーディング”を減らしている。これは市長の指示により、適切な請求を行うためである。以下に“ゼロリーディング”の数を示す。2022 年で急速に数が減少している。

表 2.1.15 ゼロリーディング数

時期 (2022 年)	3-4 月	5-6 月	7-8 月	9-10 月
ゼロリーディング箇所	1,200	962	650	171

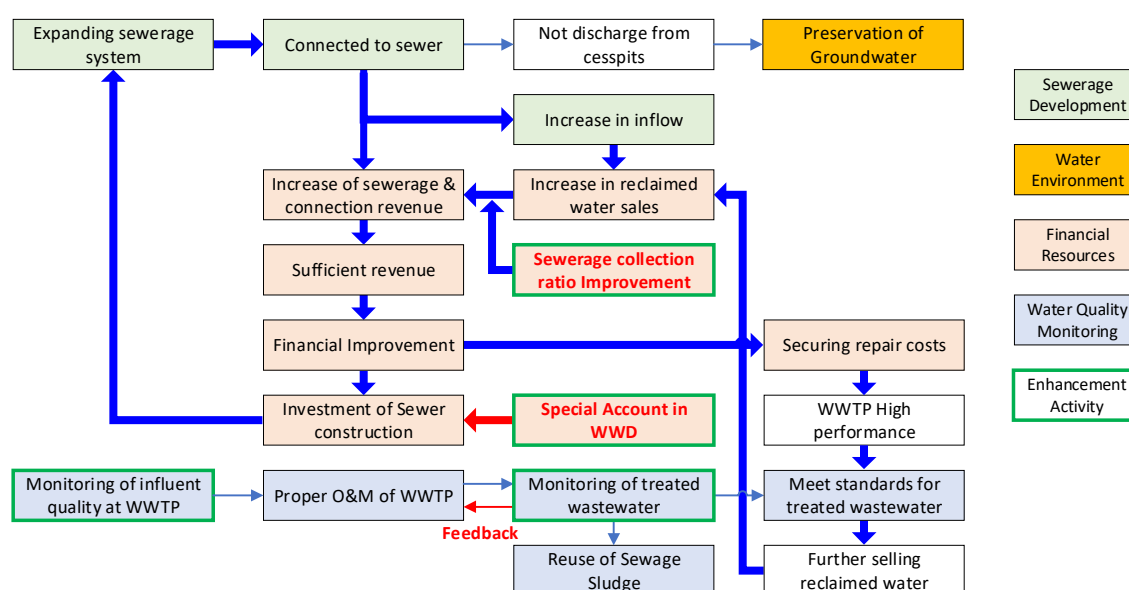
TeCSOM-II Survey Results, 2023

(4) ジェリコ下水道事業運営改善

b) 本事業の成果

1) 下水道事業の改善のスパイラルアップ

- ・第1章 1.3 ジェリコ市下水道事業の課題に対して、下水道への接続促進キャンペーン、下水道料金徴収改善（ディスカウントキャンペーンの終了、上下水道料金の一元徴収）、下水道接続費及び下水処理水販売益の特定財源化（下水道整備用特別会計（Special Account）への貯蓄）、適切な水質管理などにより下水道事業運営が改善（スパイラルアップ）してきた。その好循環を図 2.1.32 に示す。



TeCSOM Team 作成

図 2.1.32 ジェリコ下水道事業運営改善（好循環）

- i) ジェリコ市民の下水道の役割への理解が進み、下水道へ接続を希望する住民が増加した。
- ii) 下水道への接続数が増加すると、接続費及び下水道料金の収入が増加する。
- iii) 下水道整備用特別会計(Special Account)で貯蓄した資金は、汚水管渠建設に使用され、下水道整備及び下水道接続が促進する。また、WWTP のメンテナンス（外部委託）にも充てられる。
- iv) 下水道への接続数が増加すると、下水処理水の供給量も増加し収益が増加する。これは WWTP のメンテナンス費用に充てられ、施設の機能維持と長寿命化が図れる。
- v) WWTP の処理機能が健全に維持されれば、良質な下水処理水を産出でき、農場主へ供給できる。農場主による下水処理水の購入が継続すれば、その販売益はジェリコ市役所にとって安定かつ重要な財源となり、WWTP への投資へ回すことができる。

2.1.5 PWA による管路拡大に向けた関係機関との意見交換の推進を支援（活動 1-5）

ジェリコ市役所は、污水管網拡張を必要としており、そのためには他ドナーによる支援に頼るところが大きい。ジェリコ市役所と PWA が協議し、他ドナー支援を導入するため、意見交換した。また、ジェリコ下水道事業の好事例を発信するためにも広報活動は重要である。

活動 1-5 では、(1)ドナー支援獲得のための PWA との意見交換、(2)下水道事業の広報活動について、活動とその成果を報告する。

(1) ドナー支援への活動

a) 本事業の活動

1) PWA へのジェリコ下水道事業進捗の説明

- ・ 2022 年 9 月 8 日にジェリコ市役所上下水道部長と専門家が PWA を訪問し、TeCSOM-II の進捗状況及びジェリコ市下水道事業の取り組み状況を説明した。添付資料 2.1.4 に本事業の活動及び成果のプレゼン資料を示す。
- ・ 主な説明は次のとおりである。1) ジェリコ市役所が下水道事業改善に向けて自助努力をしているところ、2)KPIs を用いて下水道事業を評価していくこと、3)料金徴収を促進していること、4)PWA による太陽光発電施設建設支援への謝意など。
- ・ ジェリコ市役所は下水管渠データの統合を図っていることから、ドナー支援を受けるため、整備優先度の高い地区/ルートを抽出し、整備量と事業費の算定を急ぐ。これらデータの提示が支援側としては、事業費と事業効果が明確となり、支援対象に選定しやすくなる。
- ・ 2022 年 12 月 14 日に PWA とジェリコ市役所上下水道部及び TeCSOM チームで EU 支援について協議した。ジェリコ市役所は、本事業により下水道事業運営の改善を図っており、成果の見える化に努めている。PWA は、ドナーには上下水道事業の持続発展性を示すことが重要であると言及した。特に下水道事業経営面で持続性をアピールする必要がある。これらの成果を外部にも見えるようにする。
- ・ これを受けて PWA は次の点を評価した。1)SDGs への取り組み、2)下水処理水の高い再利用率、3)下水汚泥再利用への取り組み、4)An Najah National 大学との共同試験への取り組み、など。
- ・ ジェリコ市役所への他ドナーの呼び込みについて PWA は次のように助言した。1)料金徴収率向上のために給水停止措置の適用、2)プリペイド式水道メータ設置の促進、3)罰則及び強制徴収だけでなく住民啓発による料金支払い促進、4)徴収した資金を上下水道事業へ投資、5)KPIs による事業改善の見える化。
- ・ 今回の協議のように、ジェリコ市役所の活動とその成果を外部に発信することが、ドナー呼び込みに重要であると説明があった。

2) USAID

- ・ 2022 年 9 月 6 日、USAID がジェリコ WWTP を訪問し、ジェリコ市役所と今後の支援について協議した。ジェリコ市役所は、下水道事業の進捗状況を説明し、USAID 支援のプロジェクトフェーズ 1-B で不完全であった污水管渠建設の完成を依頼した（USAID が途中で污水管渠建設事業を撤退した経緯がある）。未完成となっている事業は、1)污水管渠約 1.5 km、2)污水枡 (Connection pit) 575 個、3)マンホールポンプ場 1 か所及び 4)圧送管 500 m である。
- ・ 2022 年 11 月 10 日にアメリカ大使館職員 1 名、ROJ 及び JICA パレスチナ事務所所員がジェリコ WWTP を訪問した。アメリカ大使館職員の目的は、ジェリコ市の環境問題への取り組みをヒアリングすることであった。
- ・ 説明には上下水道部長が当たり、ジェリコ下水道事業及び SDGs への取り組みについて説明した。また、この機会に USAID 支援の残工事（プロジェクトフェーズ 1-B）についても支援継続を要請した。質疑応答は次のとおりであった。
 - 下水汚泥の再利用はどのように取り組んでいるか（アメリカ大使館）。回答：WWTP 場内に試験圃場を設置し、肥料として乾燥汚泥を施用している。また、場外にも試験圃場を設け、土壌改良材として使用するよう準備している。これはパレスチナ西岸地区において、初の試みとなる。
 - WWTP による周辺環境への影響はあったか（アメリカ大使館）。回答：下水道整備によって水道水源である地下水を保全している。WWTP の周辺には悪影響は与えておらず、臭気問題もない。発生する下水汚泥もジェリコの気候により乾燥処理しており、乾燥汚泥からは大腸菌群数も確認されていない。

3) 欧州連合 (European Union: EU)

- ・ 第 3 回 JCC（2022 年 12 月 6 日開催）に PWA より、EU からパレスチナ自治区に対して支援されることが報告された。下水道事業では、施設建設、污水管渠建設を対象にする意向である。その要件として、1)ドナー支援を速やかに実施する。そのために、調査・計画が終了しており、直ちに施設建設が始められる状況であること、2)調査・計画に時間を要し支援額も小さな事業は、優先順位が低くなる。
- ・ EU からの支援の一部が下水道事業に充てられ、ジェリコ市も支援対象の候補に挙がっている。同日にジェリコ市役所は、支援を要望する次の資料を PWA へ提出した。1)污水管網建設、2)WWTP のスペアパーツ及び作業機器、3)水質測定機器と試薬。
- ・ 2023 年 1 月に EU よりパレスチナへ 224.8 百万ユーロの支援が決定した。その一部が上下水道事業に投資される。ジェリコ市も污水管渠の延伸の支援を受ける可能性がある。
- ・ EU による支援について、PWA によると第 3 四半期（7 月以降）には、対象リストにジェリコ市役所が挙げられる予定である。

4) フランス政府開発援助

- ・フランスの政府開発援助(Official Development Assistance: ODA)実施機関である AFD 及びパリ市より、PPWM の供与（ジェニン West Water Joint Service Council とジェリコ市）が計画されている。総額 1,325K€（約 1.7 億円）のうち AFD が 755k€（約 0.97 億円）の援助である。
- ・ジェリコ市上下水道部によれば、AFD がジェリコ市に PPWM を 500-600 個、これらを管理する監視制御システム(Supervisory Control And Data Acquisition: SCADA)システムを供与予定である（実施は、調達が遅れたため 2022 年 10 月から）。
- ・AFD の支援内容（文書はフランス語）を確認し、上記の訂正（メータ個数 500-600 個の供与）があった。PPWM の導入により料金徴収の向上を目的としている。選定含むメータの設置はジェリコ市役所が行う。プロジェクト期間は 2 年としている。
- ・スローターハウス（精肉工場）の建設が AFD 支援により実施された。場所は汚水幹線から離れているが、接続する予定である。スローターハウスでは、動物の血が排出されるが、タンクに貯留し下水道に排出しない。
- ・スローターハウスはデザインレポート(2014 年)によると、前処理施設は加圧浮上法 (Dissolved Air Flotation: DAF)を採用予定し、能力は 2-7 m³/時(約 8 時間運転/日を想定)である。
- ・AFD 及びパリ市によるプリペイド式水道メータ、SCADA の供与支援の調印式が行われた。(2022 年 10 月 17 日)

支援内容は次のとおりである。

表 2.1.16 AFD 支援

No.	Support Item
1	Water service : SCADA modernization: flow meters, pressure sensors, electrical equipment, VFD (Variable Frequency Drive) pumps, electrical meters, and turbidity sensors
2	Non-Revenue Water reduction and sectorization: monitoring development in conjunction with WSRC (Water Sector Regulatory Council)
3	Equipment of prepaid meters campaign
4	Tariff structure study for water services
5	Awareness raising of beneficiaries
6	Share the experience in wastewater project management with Jenin West Service Council (Water provider for Jenin Western Villages), and take the experience of PPWM from Jenin West Service Council.

5) ROJ の WWTP 訪問

- ・2022 年 9 月 15 日に ROJ がジェリコ WWTP を視察し、ジェリコ市下水事業の運営状況及び O&M を確認した。上下水道部長がジェリコ市役所下水事業について説明した。主な内容は、1)SDGs に向けて事業に取り組んでいること、特に太陽光発電及び下水処理水再利用、2)適切な O&M と良好な下水処理、職員のトレーニング、3)パレスチナ国内初の下水処理水の

販売、4)水質管理への取り組み、5)下水道事業改善への取り組み、6)JAIP 前処理施設建設への謝意、など。

- ・上下水道部長は、ジェリコ市はナブルス市、アルビレ市と異なり、ゼロから下水道管網を整備してきたこと、WWTP の O&M 及び下水道事業運営もゼロから始めたが、日本の支援により順調に進んでいることを説明した。部長は、TeCSOM-II の支援を受けつつ下水道事業をより改善していくことを表明した。

b) 本事業の成果

1) PWA

- ・PWA は 2023 年度の資金支援として、ジェリコ市役所に 1 百万 NIS を計上した。使用目的は、污水管渠整備、特に USAID プロジェクトの污水管渠建設 (Kitf Alwad 地区 & Ein Sultan spring 周辺の管渠整備) の完工にある。予算執行は 2023 年 8 月以降の見込み。

2) USAID

- ・上下水道部長より、USAID 支援で污水管渠建設が検討されていることが報告された。ジェリコ市からの支援要請は、以下のとおりである 1)1-B プロジェクトの残りのスコープ、2)污水管渠建設、3)太陽光発電、4)ジェリコ市内の道路舗装の改善 (USAID 污水管渠建設事業での道路沈下箇所)
- ・USAID は、ジェリコ市役所に対して污水管渠整備で優先度の高い地域/ルートの提示を要求した。TeCSOM-II では、既設污水管渠情報を GIS を用いて統合し。この位置情報及び家屋立地情報を用いて、優先度の高い地域/ルートを算出した。
- ・上下水道部は、GIS データに基づいて第一優先の污水管渠ルート延長 (約 32 km) 及び事業費 (工事、管材、マンホール及び監理) を算出し、USAID に提出した。引き続き第二優先のルートを選定した。また、USAID のコンサルタントがジェリコ WWTP を訪問し、太陽光発電の拡張に関するデータ (発電量など) を収集した。
- ・2023 年 3 月 14 日に USAID のコンサルタントがジェリコ市役所上下水道部を訪問し、污水管渠拡張に関して協議した。コンサルタントは、污水管渠建設の支援を考えており、市の優先度の高い管渠整備ルート (約 32 km) の位置、既設管渠の情報 (GIS データ、口径など) を依頼した。また、太陽光発電も支援も考えている。
- ・コンサルタントの要求に対して、ジェリコ市役所は、污水管渠データを提供し、WWTP 内の太陽光発電の増設用地案を提示した。協議後、市の担当者がコンサルタントに優先ルート現場を案内し、既設の接続地点など説明・確認した。
- ・ジェリコ市役所は、コンサルタントに未完であった 1-B プロジェクトに加えて、宅内接続も支援に含めるよう依頼した。
- ・UASAIID コンサルタントの下水道計画の報告書は 2023 年 7 月 15 日に提出された。

- ・ USAID コンサルタントにより、約 30 km のルートが選定され、調査が行われた。コンサルタントは、WWTP への流入水量を増やすために、污水管への接続を目的とした宅内接続管の建設を最優先事項とした。

(2) 下水道事業の広報活動

a) 本事業の活動

1) SDGs

- ・ ジェリコ市役所での持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals: SDGs)に関する目標について協議した。2021 年 11 月 1 日に週例会議で、SDGs 勉強会に参加した職員がその内容を説明した。ジェリコ市役所での SDGs への取り組みについて、ジェリコ市役所 Central Archive Unit がドイツ国際協力公社(Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit: GIZ)主催の SDGs 研修の一部を発表した。内容は、次のとおりである。1)SDGs の定義、2)ジェリコ市のプロジェクトと SDGs との関連、3)SDGs を促進するプロジェクト
- ・ Jericho Strategic Plan (2019)では 74 のプロジェクトが提案されており、SDGs 全 17 目標のうち 13 の目標達成を掲げている。

2) ジェリコ市戦略的 4 か年計画案

- ・ 2023 年 2 月 13 日にジェリコ市役所は、ジェリコ市戦略的計画の会議を開催し、計画策定に向けて関係者に目標及び進捗状況を説明した。上下水道事業も計画の一部に含まれており、現状評価及び目標が説明された。目標は 4 年後の 2027 年である。また、長期目標として 16 年後の 2039 年の目標も設定している。
- ・ 上水道事業の目標：4 年後の目標：①GIS による配水管のデータベース化、②配水管更新（約 7 km）、③節水キャンペーン、④O&M コストの低減（太陽光発電の導入、高効率ポンプの採用）、⑤PPWM/遠隔検針の導入、水道メータの品質向上、16 年後の目標：⑥郊外での新水源開発（井戸）
- ・ 下水道事業の目標：4 年後の目標：①污水管渠整備（最優先地域 25 km）、②污水管渠整備地区での家屋接続、③下水処理水配水ポンプ及び灌漑用配水管の整備、④下水汚泥の再利用、⑤污水管渠整備（第二優先地域 54 km）、⑥アインスルタンキャンプの污水管渠整備
- ・ 2023 年 3 月 5 日にジェリコ市役所が作成している戦略的 4 か年計画策定に関するワークショップが開催された。この計画は今後 4 年間を見据えたジェリコ市のビジョンを策定するものであり、ワークショップでは市関係者、関係機関及び市民が参加した。
- ・ ビジョンの一つに上下水道整備も含まれており、次の計画が挙げられている。1)上水道施設拡張整備、2)下水管渠拡張整備、3)ゴミ処分場管理、4)道路アスファルトの再整備。4)について、下水管渠建設後に不同沈下によるアスファルト舗装の破損が乗じている。これは管渠埋設後の埋め戻し時の転圧が不十分だったと考えられている。そこで道路補修は、下水管渠も

しくは水道管建設後とするよう提言があった。なお、アスファルト舗装の破損は、主に USAID プロジェクトのルートで生じている。

- ・ また、市役所の課題として、1)累積する上下水道料金の未払い額、2)地震などの自然災害への対応、が挙げられた。

3) WWTP 訪問

- ・ ARTE TV（仏独合併のテレビ局で、フランス語とドイツ語で放送されている）の担当者が、パレスチナを含む中東の水問題調査の一環として、ジェリコ WWTP を訪問した。目的は、パレスチナ及び中東諸国の水事情に関するデータを収集することであった。
- ・ 2022 年 5 月 9 日に、在ヨルダンのスイス大使館である開発部長並びにその一行及び EcoPeace（中東の地域環境平和構築組織）がジェリコ WWTP を訪問した。目的は、給水と衛生におけるパレスチナの役割の増進である。その活動の一環として、WWTP を訪問し、下水道事業について確認した。対応にはジェリコ市上下水道部長、WWTP 場長及びオペレータが当たった。
- ・ 下水道接続の促進への取り組み：①ジェリコ市役所は本事業と共に PR 活動を行ってきた。②新設家屋建設の承認には、下水道への接続を条件とした。
- ・ 2022 年 8 月 31 日にドイツ Speyer 市の副市長と同行者計 2 名が WWTP を訪問した。副市長はジェリコ市の各施設（アインスルタン湧水、など）を見学した。ジェリコ下水道事業の説明には、上下水道部長及び場長があたり、リーフレットを配布した。
- ・ 2022 年 12 月 3 日にパレスチナの Al-Quds 大学の教授と学生 17 名が WWTP を訪問した。主に下水処理水の再利用に関心が寄せられた。Al-Quds 大学とジェリコ市役所は、2022 年 9 月に下水処理水と下水汚泥を利用したパイロットプラントの実施に合意した。
- ・ 2022 年 12 月 5 日に Solidarity Expert Foundation in France の一団 8 名が WWTP を訪問した。目的は、持続可能な水運用の問題について情報交換をすることであった。主に下水処理水の再利用に関心が寄せられた。
- ・ 2023 年 2 月 9 日にドイツ復興開発金融公庫 (Kreditanstalt für Wiederaufbau: KfW) コンサルタントがジェリコ WWTP を訪問した。目的は、下水処理水の農業用水としての再利用方法を学ぶことであった。
- ・ KfW 支援で現在稼働中の WWTP はナブルス(Nabus), サルフィット(Salfit) (ナブルスとラマラの間)に位置) 及びアルビーレ(Al Bireh)であり、建設の入札準備をしているのが Ein Jarriot (ラマラに位置) である。なお、アルビーレ(Al Bireh)の WWTP では発生汚泥は場外で埋め立て処分している。
- ・ 2023 年 2 月 15 日に「水と環境の家」(House of Water & Environment: HWE)及び 20 農場主がジェニンからジェリコ WWTP を訪問した。HWE は、ジェニンで下水処理とその配水のための太陽光発電プロジェクトを実施している団体(非政府 Local Association)である。訪問の目的

は、ジェリコ WWTP での下水処理水の農業用水利用を好事例としてその運用を学ぶことであった。

- 2023 年 3 月 7 日に外務省国際協力局 (2 名)、ROJ (1 名) 並びに JICA 本部中東欧州部 (2 名) がジェリコ WWTP を視察した。ジェリコ市役所からは市長、上下水道部長、WWTP スタッフが応対し、部長よりジェリコ下水道事業の歩みと成果を説明した。参加者からは上下水道部長のプレゼンテーションが分かりやすく、WWTP の O&M がうまくいっているという感想を持たれた。添付資料 2.1.5 に本事業の活動及び成果のプレゼン資料を示す。

b) 本事業の成果

- WWTP への見学者に対して説明用のリーフレット案を TeCSOM チームとカウンターパートと共同で作成した。リーフレットは英語とアラビア語の 2 種類を準備し、特にアラビア語の表現については、ジェリコ市役所関係者が内容を確認し、最終化した。

Jericho-Palestine
Introduction and Challenges of Sewerage Projects in the City of Jericho
May, 2022

1. Water Environment in Jericho

Jericho City, located in the West Bank of the Jordan River in the Palestinian Authority, has a population of 40,000 (as of 2021) and is a thriving agricultural community. It is also a tourist site that attracts many tourists. The land is -260 m above sea level and is generally flat with few undulations. It is an arid region with an average annual temperature of approximately 39.6 degrees Celsius in July and August, and approximately 166 mm of precipitation. The main water sources are springs and groundwater. The city depends on the Ain Sultan spring in the city for domestic water, and on the same spring and groundwater for agricultural water. However, there is a limit to the amount of water resources available, and conservation of water resources has become an important issue. Prior to the construction of the sewer system (2014), sewage generated in Jericho was discharged untreated from cesspits in homes and institutions, infiltrating into the ground and causing groundwater contamination.

2. Outline of Sewerage Facilities in Jericho

To improve the aforementioned circumstances, the Jericho Wastewater Treatment Plant and sewers were constructed by the Japanese government, and the sewerage facilities were made operational in June 2014. After the construction of the facilities, the Japanese government implemented a technical cooperation project (2012-2018) to improve the management capacity of the Jericho Municipality in order to properly manage the sewerage project. A summary of the Jericho Wastewater Treatment Plant is shown in Table 1 and Figure 1.

The sewerage collection system is a separate sewer system, and sewage is collected by gravity flow. The length of the pipe is approximately 59 km (200-700 mm in diameter). It

was constructed with the support of the Japanese government and USAID. Figure 2 shows the main sewer lines and the wastewater treatment plant location.

Table 1 Jericho Wastewater Treatment Plant Outline

Wastewater Amount (m ³ /day)	Wastewater Amount and Quality		Effluent Quality
	Daily Average	Daily Maximum	
30,000 (mg/L)	6,000	9,000	20
BOD (mg/L)	500	500	30
TSS (mg/L)	500	500	50
T-N (mg/L)	75	75	50

Figure 1 Wastewater Treatment Process

Figure 2 Jericho Main Sewer Networks

3. Formulation of Water Recycling-Oriented Society

Jericho City's sewerage project aims to create a sustainable, recycling-oriented society. (1) The Jericho Wastewater Treatment Plant is aiming to become carbon neutral (a

Introduction and Challenges of Sewerage Projects in the City of Jericho

decarbonized society) by reducing its power consumption by approximately two-thirds through the introduction of solar power generation and by not relying entirely on fossil fuels. (2) Treated wastewater is being reused as water for agriculture. Jericho City has succeeded in selling treated wastewater for the first time in Palestine, and is using it as a new water source for agricultural use. The sale is also a valuable source of income for Jericho City.

4. Sewerage Service Fee Revenue

Revenues from the Jericho municipal sewerage service consist of (1) sewer usage fees (1.0 NIS/m³), (2) sewer connection fees (13 NIS/m²), and (3) sales of treated wastewater (0.5 NIS/m³). Users' understanding has encouraged payment of these fees, and since 2015, Jericho City's Sewerage Service has been operating with profit.

5. Environmental Studies Field Trip

Sewerage systems function to collect mainly wastewater from households and treat it at wastewater treatment plants. The sewerage systems are indispensable for the conservation of groundwater and other water resources. Jericho municipality provides opportunities for learning about sewerage purification systems at the Jericho Wastewater Treatment Plant, which is open to visitors from schools and other organizations as needed to provide a learning experience. Through proper O&M, the municipality provides adequate wastewater treatment, improves the living environment, and reuses treated wastewater. Jericho municipal office shares their experience with the sewerage services with visitors.

6. Starting a Sewerage Management from Scratch

Prior to 2012, there were no wastewater treatment plants or sewer lines, and the Jericho municipality had to start from scratch in the development of its sewerage system. In order to properly operate the sewerage system, Jericho municipality has established a department to manage the sewerage facilities, established regulations for the duties of the Sewerage Department, recruited personnel, acquired technology, connected households to the sewerage system, gained the understanding and cooperation of residents, collected sewerage fees and connection fees, and reused and sold treated wastewater.

7. Jericho Challenges

In order to achieve a recycling-oriented society, Jericho municipality will continue its efforts to reuse sewage sludge, extend the service life of facilities by implementing Preventive Maintenance of equipment, and properly manage water quality as new challenges.

Contact Us: Jericho Municipality, Customer Service Center
Tel: +972-2-2322417, Service: service@jericho-city.org

Please feel free to contact us
Director of Water & Wastewater
Eng. Mohamed Al-Fityani
E-mail: Mahamad_fetiane@yahoo.ca

図 2.1.33 ジェリコ下水道事業リーフレット

- ジェリコ市役所の HP に WWTP の月報を掲載し始めた。改善の余地はあるが、情報開示として前進した。

- ・ JICA パレスチナ事務所が作成したジェリコ下水道事業の PR ビデオ(約 9 分間)を第 3 回 JCC にて公開した。ビデオではアラビア語での説明に加えて英語のキャプションがあり、一般の方向けに汎用性は高い。ビデオの内容は、下水道の役割、WWTP の O&M、下水処理水の再利用及び社会科見学での活用など、紹介している。



写真 2.1.20 小学校授業でのジェリコ WWTP 見学シーン（JICA PR ビデオより）

2.2 成果 2 ジェリコ下水処理場の流入水質検査能力が強化される

2.2.1 ジェリコ市役所上下水道部による水質検査マニュアルの作成の支援（活動 2-1）

活動 2-1 では、ベースライン調査として、ジェリコ WWTP の水質試験室の器材・試薬の管理、水質検査技師の作業内容及び技術レベル、WWTP での流入下水水質及び下水処理水質を測定し、現状を把握した。ベースライン調査結果に基づき、水質試験室の適切な運営のため、標準作業手順書（SOPs）、水質モニタリング計画、異常水質の対応、に関する手順・計画を作成した。これら手順・計画により、水質分析は水質モニタリング計画に従い、行われるようになった。

また、異常水質の対応では、TDS を指標とし、TDS の水質データに基づき異常水質（異常流入下水）を定義した。異常水質の定義決定のプロセスは、水質分析データの解析と活用 of ケーススタディとして活用することができる。

a) 本事業の活動

1) ベースライン調査

- ・ジェリコ市役所での水質検査技師は 1 名である。TeCSOM-I 時の水質検査技師は定年退職し、その後、2018 年 4 月に新規に 1 名が採用された。なお、水質検査技師は上下水道部長の直轄管理である。
- ・ジェリコ市役所の職務内容に基づきベースライン調査として、水質検査技師にインタビュー調査が実施された。その結果概要は次のとおりである。
- ・勤務内容：ジェリコ市役所では主に水質検査に従事している。週 5 日間は上水道水質測定/管理、1 日が下水の水質測定/管理である。2022 年 8 月以前（WWTP 専属の水質検査技師 1 名を雇用するまで）の業務内容を表 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 水質検査業務

項目	上水道	下水道
採水	給水栓：10 サンプル/週 浄水施設：3 サンプル/日	週 1 日
水質項目	残留塩素、濁度、一般細菌	下表に項目を示す。 上下水道部長及び上長の指示により不定期に流入水質も測定する
採水、計測	検査技師（承認は上下水道部長）	検査技師（承認は上下水道部長）
異常値	雨期に数日、高濁度となり、残留塩素濃度が低下し、給水栓から濁度	JAIP からの排水水質が下水排除基準を超える場合がある。
異常値対応	・上下水道部長へ連絡し、ポンプオペレータに運転停止の連絡 ・塩素注入量の変更及び監視	場長及び上下水道部長に連絡し、判断を仰ぐ。 (JAIP 対応は活動 2.2 参照)
報告書	日報、週報、月報、年報	週報
改善要望	測定機器の更新、試薬の補充	大腸菌群数策定の試薬補充、人員補充

TeCSOM Team 作成

- ・ ヒアリングの結果、下水処理水質及び流入水質の採水頻度と項目は、不十分と言える。週 1 回の測定との回答であったが、記録簿では約 2 週間に 1 回となっている。また、測定機器のキャリブレーションは行われておらず、その方法からの指導が必要である。
- ・ 上水道及び下水道の水質検査の体制について上下水道部長と協議し、1 名での実施は困難と判断した。ジェリコ市長に水質検査体制の重要性を説明し、水質検査技師の補充を要請した。
(活動 1.1 参照)
- ・ 上水道の水質管理は利用者の健康に影響を及ぼすことから、1 人体制では上水道への作業が偏重してしまうのは理解できる。しかし、下水道での水質監視管理も重要であることから、個人の能力向上と組織としての対応を検討する必要がある。以下、市長説明の内容である。
- ・ 水質検査の体制は現在 1 名であるが、上水道施設に 1 名、下水道施設に 1 名とそれぞれ検査技師を配置する必要がある。これには上下水道部長も同意見であり、2021 年 11 月 16 日に市長に状況説明と人員補充を要請した。
 - i) 2022 年 4 月より JAIP の前処理施設が稼働開始し、下水排除基準を満たせば、ジェリコ市も JAIP からの下水を受け入れることとなる。その際、JAIP だけでなく排水量が増加した WWTP への流入水質の監視がより重要となる。
 - ii) 現在、ジェリコ市役所の適切な運転維持管理と努力により、ほとんどの下水処理水を農家に販売しており、重要な収入源となっている。今後、流入量の増加により、より多くの下水処理水を多くの農家に販売していくことになる。よって商品となる下水処理水質の監視は大変重要である。

2) WWTP 流入下水及び下水処理水質測定（再委託）

- ・ WWTP の流入水質、下水処理水質及び下水汚泥（乾燥汚泥）の分析を An-Najah National 大学に委託した。
- ・ 汚水の流入・処理水質は計 44 項目ある。これは下水排除基準及び下水処理水再利用基準の項目を水質測定の対象とした。一方、下水汚泥の項目は 12 項目あり、農業省の重金属含有量基準項目 7 つにヒ素及び肥料としての成分項目を加えて、汚泥の肥料としての安全性と有効性を検討した。
- ・ 試料のサンプリング回数は計 3 回であり、2021 年 11 月、2022 年 9 月及び 2023 年 4 月に採水・測定を実施した。



写真 2.2.1 下水処理水採水



写真 2.2.2 流入下水採水

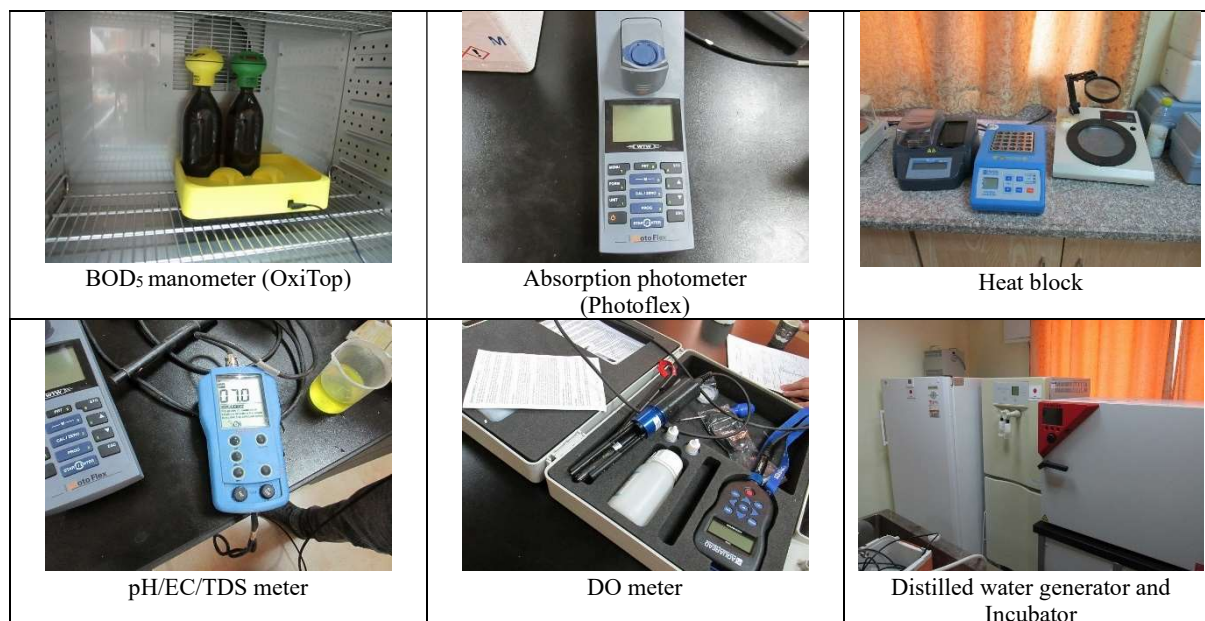
3) 水質分析室の器材の確認

WWTP の水質試験室にある器材のリストを表 2.2.2 に示す。

表 2.2.2 水質試験室の器材リスト

Equipment	Purpose of use (Measurement item)
20 °C Incubator	Biochemical oxygen demand (BOD ₅)
BOD manometer (Brand name: OxiTop)	BOD ₅
200°C Oven	Total Suspended Solid (TSS)
Vacuum manifold	TSS
Absorption photometer (Brand name: Photoflex)	Chemical oxygen demand (COD _{Cr}), Phosphate (PO ₄ -P) and Total nitrogen (T-N)
Heat block	Thermal decomposition of sample for COD _{Cr} , PO ₄ -P, T-N
pH/EC/TDS meter	pH, Electric conductivity (EC), Total dissolved solids (TDS)
Turbidity meter	Turbidity
DO meter	Dissolved oxygen (DO)
Distilled water generator	Production of distilled water

TeCSOM Team 作成



TeCSOM Team 作成

写真 2.2.3 水質試験室の器材

- ・ 水質試験室の保有器材で測定可能な項目と、パレスチナ下水放流水質項目及び下水処理水再利用のための水質項目の比較を表 2.2.3 に示す。赤枠内の水質項目は水質試験室で測定不可能である。油脂類、無機物、重金属類及び微生物（表 2.2.3 赤枠内）は水質試験室に器材がないため、実施困難である。これらの実施困難な分析項目は、An-Najah National University 等外部研究機関への委託による実施を検討する必要がある。

表 2.2.3 水質試験室で対応可能な水質分析項目

Item	Available in WWTP lab. As of June, 2023	WWTP inflow		Treated water quality			
		Wastewater discharge Cabinet resolution No.16, 2013	Jericho WWTP design value	Reuse for irrigation Palestine standard PS742-2015			
				High (A)	Good (B)	Medium (C)	Low (D)
BOD ₅	✓		500	20	20	40	60
TSS	✓	600	500	30	30	50	90
COD _{Cr}	✓	2000		50	50	100	150
DO	✓			>1	>1	>1	>1
pH	✓	5.5 ≤ pH ≤ 9.5		6-9	6-9	6-9	6-9
NO ₃ -N	✓			20	20	30	40
T-N	✓		75	30	30	45	60
Temperature	✓	65		35	35	35	35
Turbidity	✓			5-10	5-10	5-10	5-10
TDS	✓			1200	1500	1500	1500
Fat, Oil, & Grease		100		5	5	5	5
Phenol		100		0.002	0.002	0.002	0.002
MBAS		40		15	15	15	25
NH ₄ -N	✓			5	5	10	15
PO ₄ ³⁻ -P	✓			30	30	30	30
Cl ⁻				400	400	400	400

SO ₄ ²⁻				300	300	300	300
Na ⁺				200	200	200	200
Mg ²⁺				60	60	60	60
Ca ²⁺				300	300	300	300
SAR				5.83	5.83	5.83	5.83
Al		10		5	5	5	5
As		5		0.1	0.1	0.1	0.1
Cu		4.5		0.2	0.2	0.2	0.2
Fe		50		5	5	5	5
Mn				0.2	0.2	0.2	0.2
Ni		4		0.2	0.2	0.2	0.2
Pb		0.6		0.2	0.2	0.2	0.2
Se		0.05		0.02	0.02	0.02	0.02
Cd		1		0.01	0.01	0.01	0.01
Zn		15		2	2	2	2
CN				0.05	0.05	0.05	0.05
Cr		5		0.1	0.1	0.1	0.1
Hg		0.5		0.001	0.001	0.001	0.001
Co		0.05		0.05	0.05	0.05	0.05
B		5		0.7	0.7	0.7	0.7
Sn		10					
Be		5					
Ba		10					
Mg		10					
Ag		1					
Li		5					
V		0.1					
Nematodes				≤1	≤1	≤1	≤1
Coliform bacteria				100	1000	1000	1000
Faecal coliform				200	1000	1000	1000
Unit Temperature: °C, Turbidity: NTU, Coliform bacteria and Faecal coliform: Colony count / 100mL Items not listed above: mg/L							

出典：1) Cabinet Resolution 16-2013_House Connection to Sewer Network By Law（添付資料 2.2.11 参照）

2) PS 742-2015_Treated Wastewater for Agricultural Purposes（添付資料 2.2.12 参照）

TeCSOM Team 作成

4) 水質分析の SOPs 改定

- ・ジェリコ WWTP の水質試験室で使用されているマニュアル/SOPs の内容、活用状況、改善点を確認した。
- ・水質分析の SOPs は、測定方法の進歩や使用器材の更新が行われる際に改定される必要がある。水質分析に係る SOPs は TeCSOM- I で作成されたが、その内容は非常に詳細であり、かつページ数が多いため、現場の日常作業では使いにくい構成である。このため、水質試験室では日常の水質分析で SOPs は参照されておらず、測定者の記憶（測定方法に対する誤った理解を含む）のみに頼った測定操作を行っていた。
- ・そこで水質分析項目と、それらの使用器材、分析方法について、SOPs を改めて作成することとした。SOPs の再作成にあたっては、以下を原則とした。

- 1つの分析項目に対して1つのSOPを作成する。
- 測定方法と関連項目（キャリブレーション手順、試料の希釈倍率など）のみを簡潔に記述する。
- 図や表を使用し、視覚的に理解しやすい内容にする。

5) 水質モニタリング計画の策定

- ・水質モニタリング計画を策定した。概要を表2.2.4に示す。流入下水（グリッドチャンバー手前）、反応槽、下水処理水の下水処理プロセスのモニタリングに加え、流入下水の異常水質を早期に発見するために、流入下水管 No.1（市街地からの下水）及び流入下水管 No.19（JAIP 及びジェリコゲートからの下水）のモニタリングを行うこととした。モニタリング計画を添付資料 2.2.1 に示した。

表 2.2.4 水質モニタリング計画概要

Monitoring point	Monitoring item	Schedule	Remarks
Trunk No.1	Water temperature, pH, EC / TDS	Daily	Monitored daily as basic water quality items
	CODcr, T-N, PO ₄ -P	Weekly	Implemented when unusual sewage inflows are identified.
TrunkNo.19	Water temperature, pH, EC/TDS	Daily	Monitored daily as basic water quality items
	CODcr, T-N, PO ₄ -P	Weekly	Implemented when unusual sewage inflows are identified.
WWTP inlet (Before grit chamber)	Water temperature, pH, EC / TDS	Daily	Monitored daily as basic water quality items
	T-N, PO ₄ -P, CODcr	Sun / Thu	If unusual sewage inflow is observed, an unusual response schedule is implemented. This unusual response schedule is implemented within the stock of available reagent quantities.
	NO ₃ -N, NH ₄ -N	Sun	
	BOD ₅	Mon	BOD reading (readout of respirometer) is taken on Saturday
WWTP reactor tank	Water temperature, pH, EC / TDS, MLSS, SV ₃₀ , ORP, Microscopic observation.	Daily	Daily monitoring item for the process management of reactor tank.
WWTP treated water tank	Water temperature, pH, EC / TDS, DO, Turbidity	Daily	Monitor daily as basic water quality items
	T-N, PO ₄ -P, CODcr	Sun / Tue / Thu	If unusual sewage inflow is observed, an unusual response schedule is implemented. This unusual response schedule is implemented within the stock of available reagent quantities.
	NO ₃ -N, NH ₄ -N	Sun	
	BOD ₅	Mon	BOD reading (readout of respirometer) is taken on Saturday.
	TSS	Sun / Thu	TSS measurements take two days. Measurements are obtained on Monday and Wednesday.

TeCSOM Team 作成

- ・ジェリコ市役所より、JAIP からの排水のモニタリングは、下水の水質異常時に実施する意見があった。そこで常時監視は、JAIP 及び軍事施設からの排水ルート（WWTP 場内に別ルートであり）とする。また、専門家より JAIP 以外の主要な汚水発生源（アインスルタン難民キャンプ、ジェリコゲート）からの排水地点も観測地点と定め、WWTP で水質異常が検知された場合は、直ちにこれらの地点のサンプリング調査を行うことを指導した。
- ・カウンターパートと専門家が協働で年間の水質試験頻度から試薬使用量を推定し、調達計画を立案した。併せて調達の予算を確保すべく、必要見積額を提示した。

6) 異常下水流入の判定と対応

- ・異常下水水質の検知方法と、それを検知した場合の対応フローを策定した。水質指標は、毎日測定しており、かつ現場で迅速に結果を得ることができる pH と TDS を用いる。特に TDS は農業用水再利用で重視される塩分を示す項目である。
- ・pH, TDS とともに、あらかじめ定められた範囲を超える数値を流入下水（グリッドチャンバー手前）で検知した場合、異常水質の下水が流入してきたとみなす。次に流入下水管 No.1 及び No.19（いずれも WWTP 敷地内のマンホール）のモニタリングで汚染源の大まかな位置を推定し、さらに上流側に向かって調査を進め、発生源を特定する。特定された発生源に対してはジェリコ市による指導等の対策が行われる。

7) 異常水質の判定値

[pH]

- ・PS742-2015 : High quality (A)（表 2.2.3 参照）で定められている範囲 $6 \leq \text{pH} \leq 9$ から逸脱した場合を異常値とみなす。
- ・2022 年 11 月～2023 年 5 月の流入下水と下水処理水の pH 測定値を図 2.2.1 に示す。2023 年以降、流入下水及び下水処理水の pH は $6 < \text{pH} < 9$ の範囲であった。流入下水でこの範囲を超過したのは 2022 年 11 月～12 月に観察されたのみであった（アルカリ剤を使用した工場が発生源であると推定された）。高いアルカリ性を示す流入下水でも、下水処理水の pH は 7-8 に低下（中和）されている。

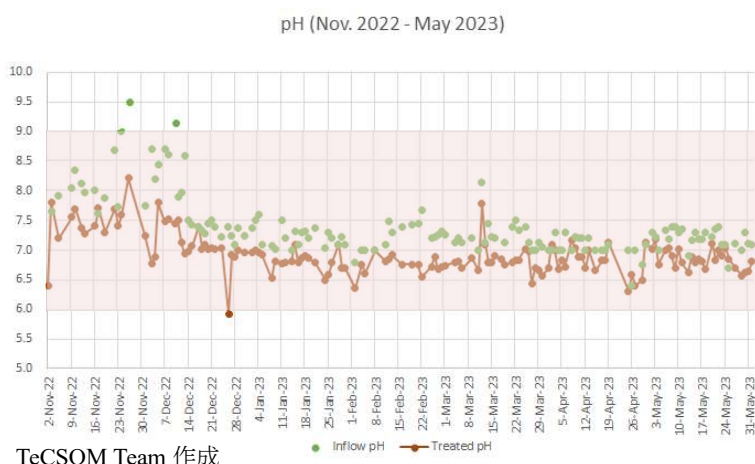


図 2.2.1 WWTP での pH の日変化

[TDS]

- ・流入下水の $1,500 \text{ mg/L} < \text{TDS}$ (1500 mg/L を超える) を異常値として判定する。その根拠を以下に述べる。
- ・2022 年 11 月～2023 年 5 月の下水流入水と下水処理水の TDS 測定値を図 2.2.2 及び表 2.2.5 に示す。流入下水の TDS は、最大 $1,725 \text{ mg/L}$ 、中央値 $1,156 \text{ mg/L}$ であった。一方、下水処理水の TDS は最大 $1,213 \text{ mg/L}$ 、中央値 $1,005 \text{ mg/L}$ であった。すなわち、生物処理により TDS は減少しており、この TDS の減少は、反応槽内の微生物による吸着あるいは消費によるものと考えられる。
- ・この期間のデータを基にした生物処理による TDS の除去率を表 2.2.6 に示し、除去率の出現頻度の分布 (ヒストグラム) を図 2.2.3 に示した。
- ・除去率は最大 55.3%、最小 0.1%、中央値 17.5% (平均値 18.1%) であった。一方、除去率の出現頻度で分析すると除去率 15～20% 及び 20～25% が共に高い出現率を示した。

この分析から、ジェリコ WWTP における TDS の除去率は 15～25% と推定された。

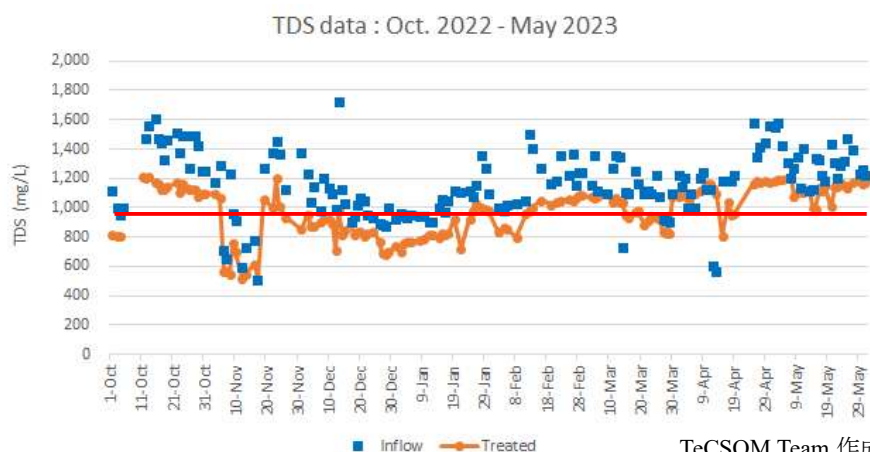


図 2.2.2 流入下水及び下水処理水の TDS

表 2.2.5 TDS 測定値サマリー

TDS measurement	Influent sewage	Treated water
Max	1,725 mg/L	1,213 mg/L
Mid	1,156 mg/L	1,005 mg/L
Min	503 mg/L	509 mg/L

TeCSOM Team 作成

表 2.2.6 TDS 除去率

TDS Removal ratio Oct 2022 – Mar 2023	
Max	55%
Mid	18%
Min	0.1%

TDS removal ratio TeCSOM Team 作成

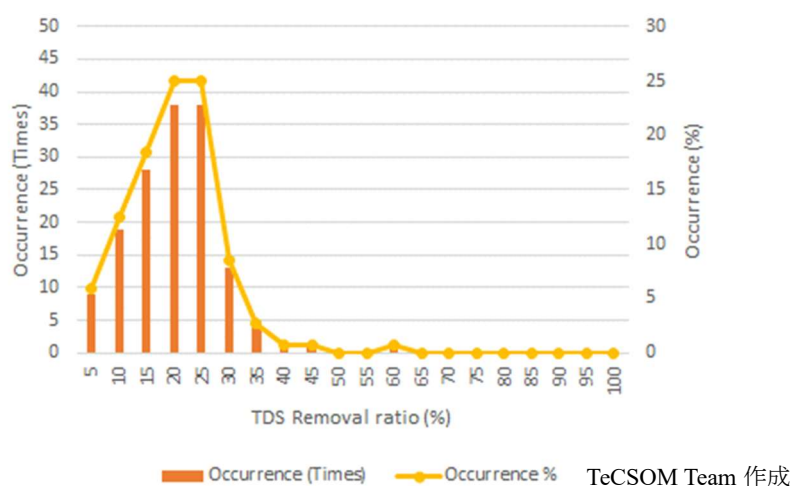


図 2.2.3 TDS 除去率の出現頻度

- ・生物処理による TDS の消費を期待したうえで、流入下水の許容 TDS 濃度を推定する。まず下水処理水の TDS に求められる条件として、PS742-2015, High quality(A) (表 2.2.3 参照) で定められている TDS : 1,200 mg/L を必ず満足することが挙げられる。
- ・ここで TDS の除去率 15%~25%と仮定して、下水処理水の TDS : 1,200 mg/L を満足するための流入下水中の TDS 許容値は表 2.2.7 のように求められる。

計算式：流入下水中 TDS 許容値 = 1,200 + 1,200 x (除去率%)

表 2.2.7 流入下水中 TDS 許容値の推定

Removal ratio (%)	Allowable TDS value in influence sewage (mg/L)
15	1,380
20	1,440
25	1,500

TeCSOM Team 作成

- ・表 2.2.7 の推定許容値の妥当性を、TDS 実測データと比較により検証する（図 2.2.4）。推定される許容値の範囲（1,400～1,500 mg/L）をオレンジ色網掛けで表した。流入下水の TDS：1,400～1,500 mg/L の範囲では、下水処理水の TDS はほぼ 1,200 mg/L であった。
- ・流入 TDS の許容値を 1,500 mg/L 以上と設定することも可能であるが、TDS 除去率で期待でき範囲（15～25%）を考慮すると、1,500 mg/L を許容値の上限とすることが妥当かつ安全と考えられる。

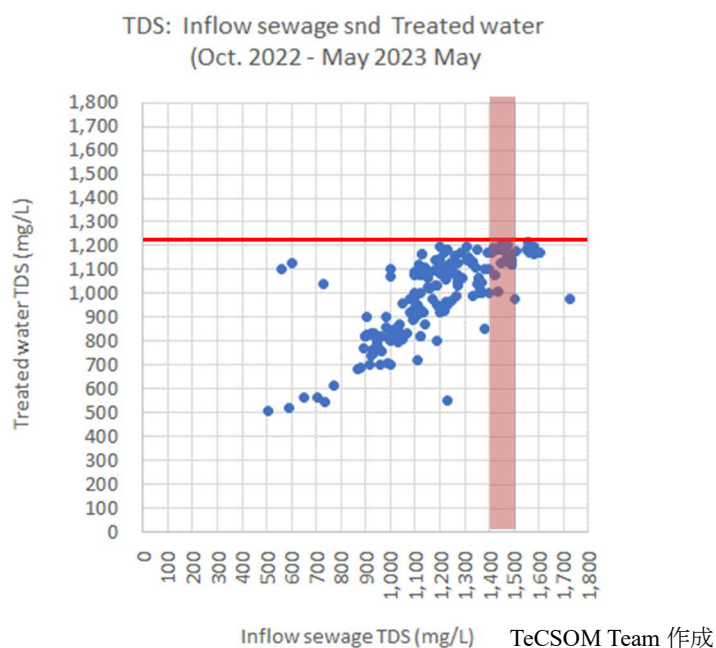


図 2.2.4 流入下水 TDS と下水処理水 TDS の濃度

- ・次に 2022 年 10 月～2023 年 5 月の流入下水の TDS 測定値の出現数とその累積比率（パレート図）を図 2.2.5 に示した。除去率から推定された流入 TDS 許容値の範囲をオレンジの網掛けで示した。
- ・流入下水 TDS が 1,400 mg/L 以下となったのは全データの 85%, 1,500 mg/L 以下となったのは 95%であった。すなわち TDS 許容値を 1,400 mg/L 前後とした場合、全測定回数（164 回）のうち、約 24 回分（15%）のデータが許容値を超過したことになる。また TDS 許容値を 1,500 mg/L とした場合は約 8 回分のデータが許容値を超過したことになる。これを 1 年（365 日）に置き換えると、許容値 1,400 mg/L では延べ 53 回/年、許容値 1,500 mg/L では延べ 18 回/年、流入下水の TDS が許容値を超過すると推定される。
- ・流入下水の TDS が許容値を超えたときは、下水処理水をワジへ放流し、農業用水としての再利用を一定期間停止することになる。したがって流入下水 TDS の許容値は、それを超過する可能性（回数）ができるだけ低くなるよう設定することが望ましい。従って、この評価において、流入下水 TDS の許容値を 1,500 mg/L とすることを提案する。

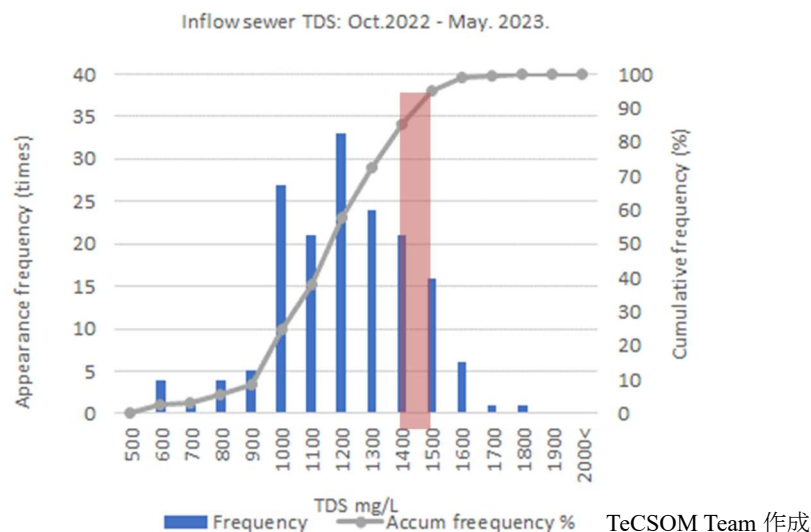


図 2.2.5 流入下水 TDS のデータ出現率（パレート図）

- ・ 今後 JAIP、スローターハウス（精肉工場）の本格操業開始に伴う工業排水の増加、また市内及び難民キャンプの下水道接続人口の増加により、流入下水の質が変化する可能性がある。その時には、この値を見直す必要がある。ジェリコ市役所には引き続き水質をモニタリングし、同様の手法による許容値の見直しする。

b) 本事業の成果

1) 水質測定

i) 第 1 回測定（2021 年 11 月採水）

- ・ 流入下水、下水処理水の第 1 回水質測定結果（2021 年 11 月採水）が得られた。流入水質において、28 項目のうち基準値を超過したのはオイル(Fat, Oil & Grease)のみで、下水排除基準 100 mg/L に対して 144 mg/L であった。下水処理水質のオイルは 5 mg/L 以下と農業省再利用基準値（Class A）である 5 mg/L を順守していた。
- ・ 下水処理水は、BOD が基準値 20mg/L に対して 21mg/L、とわずかに超過していたが、他の 36 項目は基準値内であった。下水処理水の再利用基準 Class A への適合率は、97.3% と良好である。
- ・ オイルの発生源は様々考えられるが、下水処理区域内に工場が立地していないことから、家庭排水の料理用オイル、レストランからの排水が考えられる。今回の水質測定結果で、直ちに農業用水としての使用が停止という事態ではなかった。

ii) 第 2 回測定（2022 年 11 月採水）

- ・ 下水処理場の流入汚水及び下水処理水の第 2 回水質測定結果（2022 年 11 月採水）が得

られた。流入水質において、28 項目のうち基準値を超過したのはオイル(Fat, Oil & Grease)のみで、下水排除基準 100 mg/L に対して 137.5 mg/L であった。一方、下水処理水では<5 mg/L と Class A の基準を満たしていた。

- ・ 下水処理水は、BOD が基準値 20 mg/L に対して 22 mg/L, CODcr が基準値 50 mg/L に対して 56 mg/L,とわずかに超過していたが、他の 35 項目は基準値内であった。下水処理水の再利用基準 Class A への適合率は、94.6%と良好である。

iii) 第 3 回測定 (2023 年 4 月採水)

- ・ 下水処理場の流入汚水及び下水処理水の第 3 回水質測定結果 (2024 年 4 月採水) が得られた。流入水質において、28 項目のうち基準値を超過したのはオイル(Fat, Oil & Grease)のみで、下水排除基準 100 mg/L に対して 118 mg/L であった。一方、下水処理水では<5 mg/L と Class A の基準を満たしていた。
- ・ 下水処理水は、全 37 項目は基準値内であった。下水処理水の再利用基準 Class A への適合率は、100 %と良好であった。

iv) 3 回の測定結果

- ・ 下水処理場への流入下水の水質を表 2.2.8 に、下水処理水の水質を表 2.2.9 にそれぞれ示す。詳細な測定結果報告書は添付資料 2.2.2 に示す。
- ・ 2021 年 11 月、2022 年 11 月及び 2023 年 4 月に採取したサンプルの流入下水の値を、パレスチナにおける公共下水道への接続に関する規則第 16-2013 (表 2.2.8) の要求と比較すると、流入下水のほとんどが家庭由来であることから、追加の前処理なしに WWTP で受け入れることが可能である。流入下水の測定結果は、オイル(Fat, Oil & Grease)を除き、すべての値が要求値を大きく下回っている。オイルは主に家庭用 (住宅) 及び商業用 (レストランやホテル) から発生する。レストランやホテルでグリーストラップが使用されていない場合、また、ジェリコ市が観光都市であることから、このような値のオイル (144, 137.5, 118 mg/L) が排水から検出されることが考えられる。

表 2.2.8 下水処理場への流入下水水質

No.	Parameter	Unit	Results Nov. 21	Results Nov. 22	Results Apr. 23	Limits according to 16/2013 ¹⁾
1	Total Suspended Solids (TSS)	mg/L	585	595	450	600
2	Chemical oxygen Demand (COD _{Cr})	mg/L	1,050	1002	878	2,000
3	Fat, Oil and Grease	mg/L	144	137.5	118	100
4	Phenol	mg/L	0.08	0.07	.07	10
5	Detergents (MBAS)	mg/L	6.5	6.0	4.0	40
6	Chloride (Cl ⁻)	mg/L	375	325	395	500
7	Sulphate (SO ₄)	mg/L	50	76.4	91.1	1,000
8	Sodium (Na)	mg/L	205.5	192	213	500
9	Aluminum (Al)	μg/L	2858.5	1198.7	333.9	10,000
10	Arsenic (As)	μg/L	2.46	2.8	6.7	5,000
11	Copper (Cu)	μg/L	74.8	66.6	24.2	4,500
12	Iron (Fe)	μg/L	3650.1	1348.9	903.1	50,000
13	Manganese (Mn)	μg/L	84.8	58.6	44.4	10,000
14	Nickel (Ni)	μg/L	16.4	8.4	8.4	4,000
15	Selenium (Se)	μg/L	3.94	10.7	31.9	50
16	Cadmium (Cd)	μg/L	0.53	0.3	0.1	1,000
17	Zinc (Zn)	μg/L	344.6	141.8	90.6	15,000
18	Cobalt (Co)	μg/L	1.64	0.8	0.7	50
19	Chrome (Cr)	μg/L	21.6	11.5	13.1	5,000
20	Boron (B)	μg/L	213.3	139.2	144.5	5,000
21	Cyanide (CN)	μg/L	0.0	0.0	0.0	2,000
22	Mercury (Hg)	μg/L	0.0	0.0	0.0	500
23	Tin (Sn)	μg/L	0.0	0.0	0.0	10,000
24	Beryllium (Be)	μg/L	0.13	0.04	0.06	5,000
25	Barium (Ba)	μg/L	85.0	70.0	47.5	10,000
26	Silver (Ag)	μg/L	0.1	0.3	0.2	1,000
27	Lithium (Li)	μg/L	1.3	12.9	18.3	5,000
28	Vanadium (V)	μg/L	16.54	9.2	16.3	100
29	Biochemical Oxygen Demand (BOD ₅)	mg/L	675	647	485	---
30	Dissolved Oxygen (DO)	mg/L	0.0	0.0	0.0	---
31	Total Dissolved Solids (TDS)	mg/L	1272	1218	1260	---
32	pH	---	7.9	7.8	7.28	---
33	Nitrate Nitrogen (NO ₃ -N)	mg/L	0.0	0.0	0.0	---
34	Ammonium Nitrogen (NH ₄ -N)	mg/L	70	92	82	---
35	Total Nitrogen	mg/L	101	118	107	---
36	Magnesium (Mg)	mg/L	4.7	58.99	29.2	---
37	Calcium (Ca)	mg/L	162.5	93.5	168	---

No.	Parameter	Unit	Results Nov. 21	Results Nov. 22	Results Apr. 23	Limits according to 16/2013 ¹⁾
38	Sodium Adsorption (SAR)	mg/L	4.3	3.8	3.98	---
39	Phosphate Adsorption (PO ₄ -P)	mg/L	39.1	37.5	33	---
40	Lead (Pb)	μg/L	8.9	5.3	2.2	---
41	Eggs of intestinal worms Nematodes	Egg/50ml	Detected	Detected	Detected	---
42	Fluoride (F)	μg/L	5.28	5.1	4.8	---
43	Fecal Coliform bacteria	CFU/100ml	9*10 ⁶	7*10 ⁶	TMTC	---
44	Bacteria <i>E.coli</i>	CFU/100ml	5*10 ⁶	4*10 ⁶	TMTC	---

出典：1) Cabinet Resolution 16-2013_House Connection to Sewer Network By Law (添付資料 2.2.11 参照)
TeCSOM Survey Results, 2023

表 2.2.9 下水処理水の水質

No.	Parameter	Unit	Results Nov. 21	Results Nov. 22	Results Apr. 23	Quality Criteria based on PS 742-2015 ²⁾			
						Type A	Type B	Type C	Type D
1	Biochemical Oxygen Demand (BOD ₅)	mg/L	21	22	14	20	20	40	60
2	Total Suspended Solids (TSS)	mg/L	9.5	13.6	22	30	30	50	90
3	Fecal coliform bacteria (Before Chlorination)	CFU/100ml	7.0*10 ⁴	3.6*10 ⁴	3*10 ³	200	1000	1000	1000
	Fecal coliform bacteria (After Chlorination)	CFU/100ml	60	22	7	200	1000	1000	1000
4	Chemical oxygen Demand (COD _{Cr})	mg/L	39	56	22	50	50	100	150
5	Dissolved Oxygen (DO)	mg/L	2.3	2.2	2.5	>1	>1	>1	>1
6	Total Dissolved Solids (TDS)	mg/L	1129	1135	1140	1200	1500	1500	1500
7	pH	----	7.6	7.5	7.4	6-9	6-9	6-9	6-9
8	Fat, Oil and Grease	mg/L	< 5	<5	<5	5	5	5	5
9	Phenol	mg/L	0.002	<0.002	<0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
10	Detergents (MBAS)	mg/L	0.1	0.1	0.1	15	15	15	25
11	Nitrate Nitrogen (NO ₃ -N)	mg/L	5.6	8.7	10.3	20	20	30	40
12	Ammonium Nitrogen (NH ₄ -N)	mg/L	0.0	<1.0	0.0	5	5	10	15
13	Total Nitrogen (T-N)	mg/L	8.9	<10	<10	30	30	45	60
14	Chloride (Cl ⁻)	mg/L	350	355	310	400	400	400	400
15	Sulphate (SO ₄)	mg/L	135	123.9	138.3	300	300	300	300
16	Sodium (Na)	mg/L	196	199	190	200	200	200	200
17	Magnesium (Mg)	mg/L	4.9	57.7	19.4	60	60	60	60
18	Calcium (Ca)	mg/L	126.5	80.8	160	300	300	300	300
19	Sodium Adsorption Ratio (SAR)	-	4.7	4.13	3.77	5.83	5.83	5.83	5.83
20	Phosphate Phosphorous (PO ₄ -P)	mg/L	9.3	8.3	5.1	15-20	15-20	15-20	15-20
21	Aluminum (Al)	μg/L	13.82	10.9	18.8	5000	5000	5000	5000
22	Arsenic (As)	μg/L	1.28	3.0	4.6	100	100	100	100
23	Copper (Cu)	μg/L	3.25	4.2	3.8	200	200	200	200
24	Iron (Fe)	μg/L	182.2	240.4	304.1	5000	5000	5000	5000
25	Manganese (Mn)	μg/L	11.7	11.9	27.2	200	200	200	200
26	Nickel (Ni)	μg/L	4.7	4.1	5.1	200	200	200	200
27	Lead (Pb)	μg/L	0.20	0.20	0.3	200	200	200	200
28	Selenium (Se)	μg/L	5.09	11.9	12.7	20	20	20	20
29	Cadmium (Cd)	μg/L	0.0	0.0	0.0	10	10	10	10

No.	Parameter	Unit	Results Nov. 21	Results Nov. 22	Results Apr. 23	Quality Criteria based on PS 742-2015 ²⁾			
						Type A	Type B	Type C	Type D
30	Zinc (Zn)	µg/L	12.5	21.6	25.4	2000	2000	2000	2000
31	Cobalt (Co)	µg/L	0.33	0.4	0.4	50	50	50	50
32	Chrome (Cr)	µg/L	1.13	3.5	5.9	100	100	100	100
33	Boron (B)	µg/L	111.0	144.5	121.4	700	700	700	700
34	Cyanide (CN)	µg/L	0.0	0.0	0.0	50	50	50	50
35	Mercury (Hg)	µg/L	0.0	0.0	0.0	1	1	1	1
36	Bacteria <i>E.coli</i> (Before Chlorination)	CFU/100ml	3.0*10 ⁴	6.0*10 ²	5.0*10 ²	1000	1000	1000	100
	Bacteria <i>E.coli</i> (After Chlorination)	CFU/100ml	20	8	6	1000	1000	1000	100
37	Eggs of intestinal worms Nematodes	Egg/500ml	Not Detected	Not Detected	Not Detected	<1	<1	<1	<1
38	Fluoride(F)	µg/L	0.47	0.45	0.4	---	---	---	---
39	Tin (Sn)	µg/L	0.0	0.0	0.0	---	---	---	---
40	Beryllium (Be)	µg/L	0.0	0.0	0.0	---	---	---	---
41	Barium (Ba)	µg/L	17.1	31.5	38.5	---	---	---	---
42	Silver (Ag)	µg/L	0.2	0.0	0.2	---	---	---	---
43	Lithium (Li)	µg/L	14.8	14.0	9.3	---	---	---	---
44	Vanadium (V)	µg/L	3.5	6.2	9.9	---	---	---	---

出典：2) PS 742-2015_Treated Wastewater for Agricultural Purposes（添付資料 2.2.12 参照）

TeCSOM Survey Results, 2023

2) SOP の作成・改定

作成・改定した SOPs のリストを表 2.2.10 に示す。SOPs は添付資料 2.2.3 に添付した。

表 2.2.10 水質分析 SOPs

No.	Monitoring item	Contents	Remarks
1	pH/EC/TDS	pH/EC/TDS measurement by HANNA HI9811-5	May 2022: 1 st edition
2	Turbidity	Turbidity measurement by HACH 2100Q	May 2022: 1 st edition
3	BOD ₅	BOD ₅ measurement using OxiTop respirometer	May 2022: 1 st edition
4	Photo spectrometer operation guide	Simple operation guide of pHotoFlex (Xylem) spectro photometer	March 2023: 1 st edition
5-1 5-2	NH ₄ -N (Low range) NH ₄ -N (High range)	Ammonia measurement by colorimetry using spectrometer Independent SOPs were prepared for the high and low concentration ranges respectively.	March 2023: 1 st edition
6-1 6-2	NO ₃ -N (Low range) NO ₃ -N (High range)	Nitrate measurement by colorimetry using spectrometer Independent SOPs were prepared for the high and low concentration ranges respectively.	March 2023: 1 st edition
7-1 7-2	T-N (Low range) T-N (High range)	Total nitrogen measurement by colorimetry using spectrometer Independent SOPs were prepared for the high and low concentration ranges respectively.	March 2023: 1 st edition
8-1 8-2	COD _{Cr} (Low range) COD _{Cr} (High range)	COD _{Cr} measurement by colorimetry using spectrometer Independent SOPs were prepared for the high and low concentration ranges respectively.	March 2023: 1 st edition
9-1 9-2	PO ₄ -P (Low range) PO ₄ -P (High range)	Phosphate measurement by colorimetry using spectrometer Independent SOPs were prepared for the high and low concentration ranges respectively.	March 2023: 1 st edition
10	TSS	TSS measurement by gravimetry	March 2023: 1 st edition
11	Sampling procedure	Technical instruction of sampling procedure	March 2023: 1 st edition
12	Analysis data quality management	Technical instruction of monitoring data quality control	May 2022: 1 st edition March 2023: 2 nd edition

TeCSOM Team 作成

	Jericho municipality WATER/WASTE WATER DIVISION STANDARD OPERATING PROCEDURES Total Nitrogen (LR) : 0.5 – 25mg/L as N	Effective Date: Revised No.
---	--	--------------------------------

1. Scope and Objectives
To provide standard operating procedures for determining Total Nitrogen measurement.
Measurement range: 0.5 – 25mg/L as N.

2. General notes
The method of measurement described here uses the pHotoFlex-STD measuring device manufactured by Xylem (WTW) and its genuine reagents.
Pretreat the sample in accordance with SOP 'General precautions for measurements with the pHotoFlex-STD' if the sample is in the following conditions.
i) If the concentration of the substance to be measured is determined to be outside the determination range.
ii) If it contains a large amount of turbidity.

3. Equipment and Materials
• Xylem (WTW) pHotoFlex-STD spectrometer
• Pipette: Appropriate for 2.0 mL liquid transfer
• Powder funnel for WTW reagent

4. Reagents
• WTW model No.: Ntot 1 TC (LR) reagent set

5. Sampling and Preservation
Sample collection will be done according to the water quality monitoring plan and SOPs for sample collection.
Determine the reagent blank value for Total Nitrogen (LR) measurement once a month.

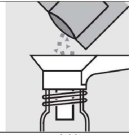
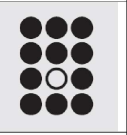
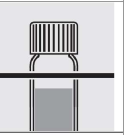
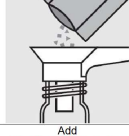
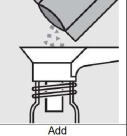
6. Measurement procedure

6.1 General
When measuring samples, the following measurement operations should be performed at least twice on one collection sample.
Two (2) sets of data should be obtained for one collection sample, and if the variation in the data is reasonable, the average of the two (2) sets of data should be used as the reported value.

	Jericho municipality WATER/WASTE WATER DIVISION STANDARD OPERATING PROCEDURES Total Nitrogen (LR) : 0.5 – 25mg/L as N	Effective Date: Revised No.
---	--	--------------------------------

If the range of variation of the data is large, a third (3rd) measurement shall be taken.
The determination of the validity of the data variation shall be in accordance with SOP: Data collection and accuracy control.

6.2 Procedure of measurement

			
5	6	7	8
			
9	10	11	12

TeCSOM Team 作成

図 2.2.6 SOP

3) 異常水質流入時の対応

- ・ pH と TDS それぞれについて、異常水質の下水が流入した場合の検知と対応の流れを図 2.2.7 及び図 2.2.8 に示した。
- ・ 異常水質の下水が流入した場合、また、下水処理水が再利用基準値を超えた場合は、下水処理水は灌漑用水には利用せず、灌漑タンクをバイパスして放流（近隣の涸川に放流）する。放流路の切り替えは、消毒施設手前のゲート（写真 2.2.4）で行う。

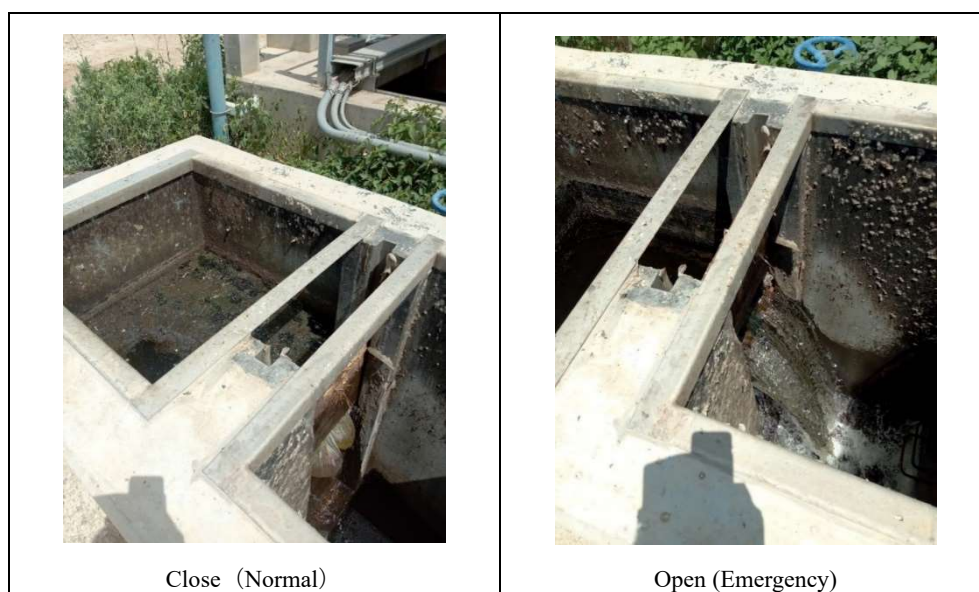


写真 2. 2. 4 放流バイパスゲート

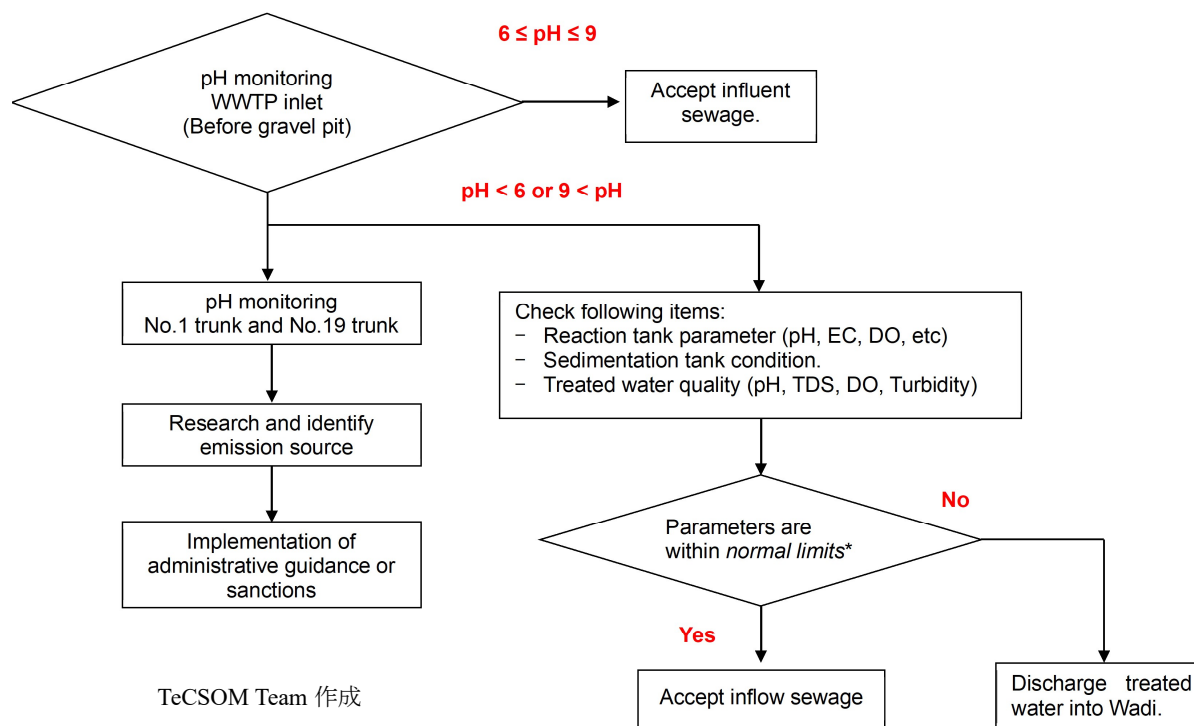


図 2. 2. 7 異常下水流入時の対応手順 (pH)

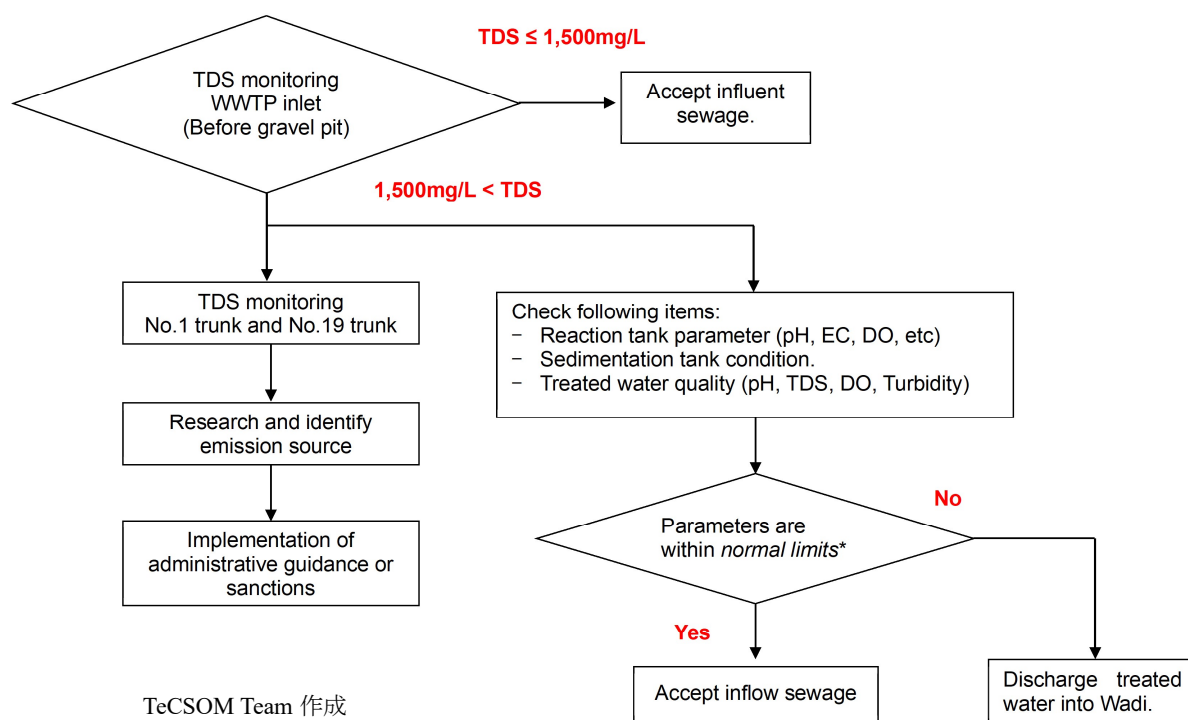


図 2.2.8 異常下水流入時の対応手順 (TDS)

4) 水質管理検査用試薬について

- 2022 年 6 月に試薬購入費は、市の予算を超過していることから、上下水道部長は予算確保のため市長と協議した。その結果、試薬購入の一部予算確保について、市長より了解を得た。
- ジェリコ市役所の発注による試薬（水質測定用及び機器キャリブレーション用）が調達された。これにより 2023 年 2 月から専門家による OJT の範囲を広げることかできる。加わる水質項目は、全窒素、硝酸窒素、アンモニア性窒素、リン酸、COD_{Cr} 及び TSS 用ろ紙である。

5) その他

- 水質分析の SOPs が改定され、水質分析モニタリング計画が策定された。これらに従った水質モニタリングが実施されることにより流入下水、下水処理プロセス及び下水処理水の水質がより確実に管理されるようになった。また、異常水質の対応方針を策定し、異常水質の下水が流入した際の判定方法と農業再利用水の水質を維持する対応方法を明確にした。

2.2.2 下水処理場作業員を対象とした流入汚水の水質検査にかかる研修の実施（活動 2-2）

活動 2-2 では、下水処理場の水質検査技師の能力を向上させるため、OJT を行った。水質分析技術の指導及び水質データ精度管理の指導を行い、水質検査技師は、正しい水質分析データを得るための基本知識として 1)水質分析機器校正の重要性、2)繰り返し分析によるデータ精度管理、を習得した。さらに、専門家は、1)反応槽の水質の日中変動調査、2)近隣の飲料水製造工場の視察、により水質検査技師の水質分析の知識向上を図った。

また、水質試験室の持続的な運営のため、水質分析における消耗品・試薬の調達計画策定を支援した。

a) 本事業の活動

1) 水質分析 OJT の実施

- 水質分析担当者は当初 1 名であったが、2022 年 8 月末より水質検査技師 1 名 が新たに採用され、下水処理場の水質試験室の専任となった。そこでこの 2 名に対して行った OJT の記録と成果をそれぞれ記す。

i) OJT の概要

- OJT 実施（2022 年 5 月-6 月及び 2022 年 8 月に実施）、水質検査技師 A は上水道施設の水質試験室と兼任であったため、下水処理場の水質試験室の勤務は週 3 日（火、木、日）であった。そこで水質検査技師 A の勤務日を考慮して採水地点とモニタリングスケジュールを定めた。
- モニタリング地点とモニタリング頻度を表 2.2.11 に示す。測定項目と頻度は、「PS742-2015 Treated wastewater effluent for agricultural purposes」を参照して決定した。

表 2.2.11 モニタリング地点及びモニタリング頻度

Monitoring item	Schedule	JAIP effluent	WWTP inflow	Reactor tank	Treated water
Water temperature, pH, EC, TDS	3 times/ week	✓	✓	✓	✓
Turbidity			✓		✓
DO			✓	✓	✓
Residual chlorine					✓
MLSS, SVI	2 times / week			✓	
BOD ₅	Weekly		✓		✓
COD _{Cr}		✓	✓		✓
TSS			✓		✓
T-N, NO ₃ -N, NH ₄ -N, PO ₄ -P					✓

TeCSOM Team 作成

- OJT では、以下の指導に重点を置いた。
- マニュアル、SOPs に従った分析操作を行う。

- 測定前に器材のキャリブレーションを行う。
- 1 試料に対し 2 回以上測定を行い、データのばらつきを確認する。

ii) オリエンテーション水質検査技師 B への OJT (2022 年 8 月から 2023 年 6 月に実施)

- ・ 水質分析業務の開始に先立ち、本事業とジェリコ WWTP についてオリエンテーションを行った。オリエンテーション資料は、添付資料 2.2.4 に示した。



写真 2.2.5 水質検査技師 B へのオリエンテーション

iii) 水質分析 OJT

- ・ 水質検査技師 B は既に水質分析の業務を経験していたため、化学分析に関する基礎知識を有していた。そこで水質検査技師 B に対する OJT では、水質モニタリング計画、異常水質対応方法といった諸計画の策定、水質分析試薬の調達計画の策定を指導した。また、モニタリング計画に沿った水質分析を実施し、そのデータのとりまとめと、データ活用方法を指導した。

2) 反応槽及び下水処理水の日中水質測定

- ・ 反応槽及び下水処理水の水質測定を行っているが、毎日午前 10 時前後のデータであり、日中の変動について明らかではなかった。このため、現在午前中のみ行われている水質測定結果が、その日の代表的な水質を示しているかどうかについても明らかではなかった。
- ・ そこで、2022 年 11 月 17 日及び 12 月 1 日の午前 9 時から午後 3 時（職員の勤務時間内）まで、30 分間隔で pH と TDS の測定を行い、反応槽及び下水処理水の水質変化を知ることとした。測定結果を図 2.2.9 から 2.2.12 に示した。
- ・ 2 回の測定で、日中（午前 9 時～午後 3 時）の水質は一定していることが分かった。このため午前中の下水処理水の測定データをその日の下水処理水水質の代表データとして扱うことが

可能であることが示された。

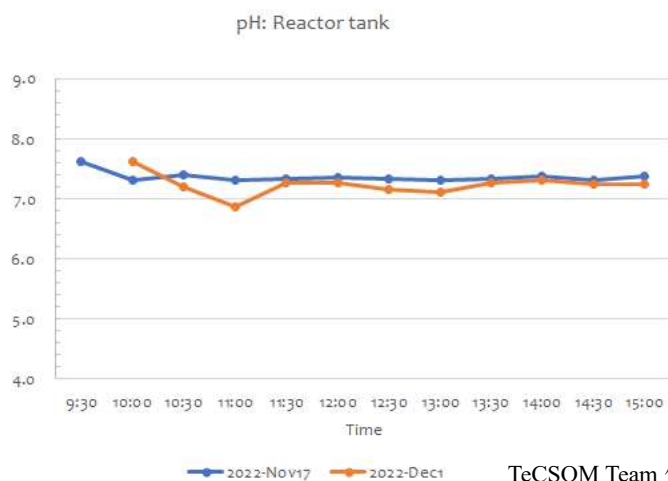


図 2. 2. 9 反応槽 pH 日変化

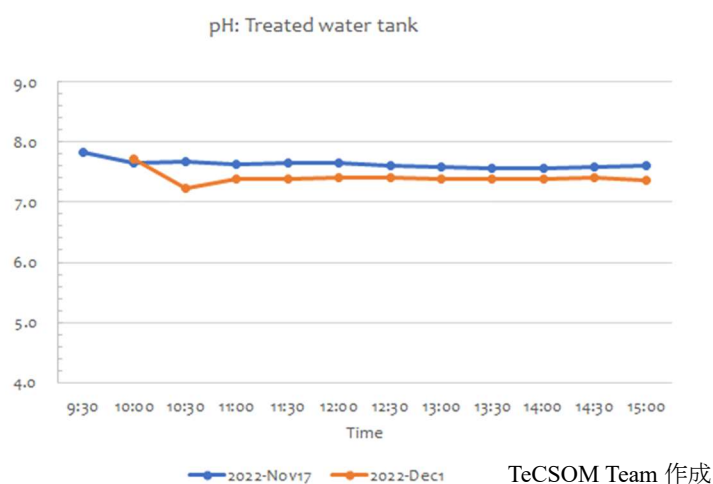


図 2. 2. 10 下水処理水 pH 変化

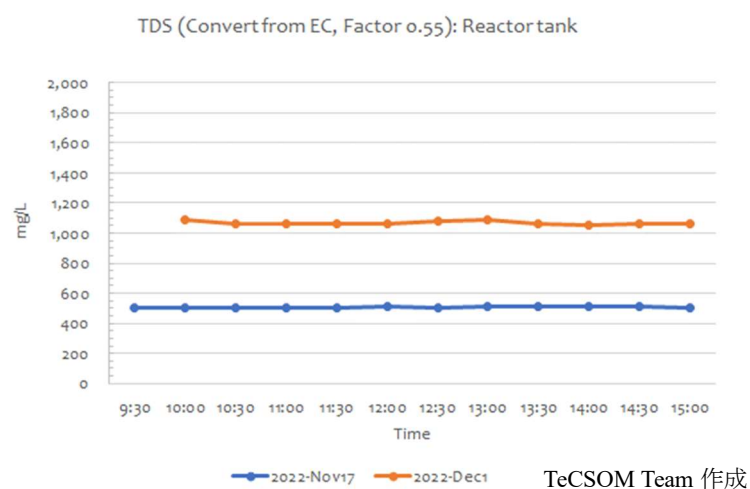


図 2. 2. 11 反応槽 TDS 変化

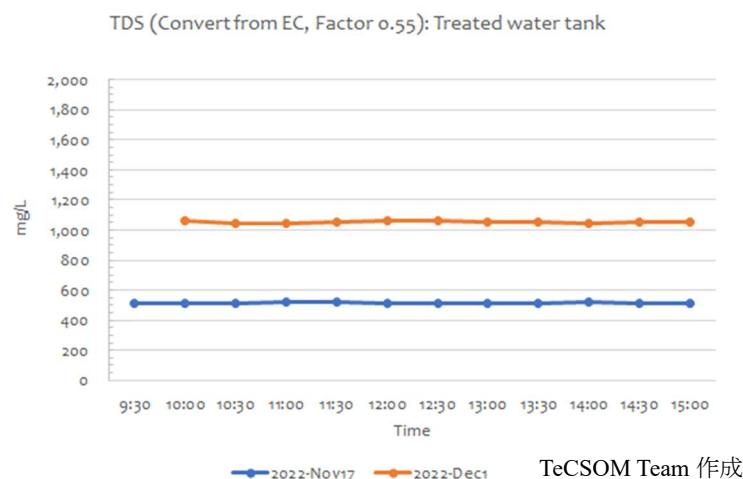


図 2.2.12 下水処理水 TDS 変化

3) 飲料水製造工場視察

- ・ 2023 年 5 月現在、下水道に汚水を排水している JAIP 近くの飲料水工場がある。2023 年 3 月 11 日に同工場を視察し、水質サンプルを採取した。視察の結果を添付資料 2.2.5 に示した。
- ・ 工場の製造工程及び発生する排水の性質の説明を受け、同工場の排水に対して理解を深めた。同工場では敷地内の井戸からの地下水を逆浸透（Reverse Osmosis Membrane: RO）処理の後に使用している。水の使用用途は飲料の調整と瓶の洗浄である。発生する排水は、RO 処理による高濃度塩水：ブラインと瓶及び瓶詰め装置の洗浄排水である。

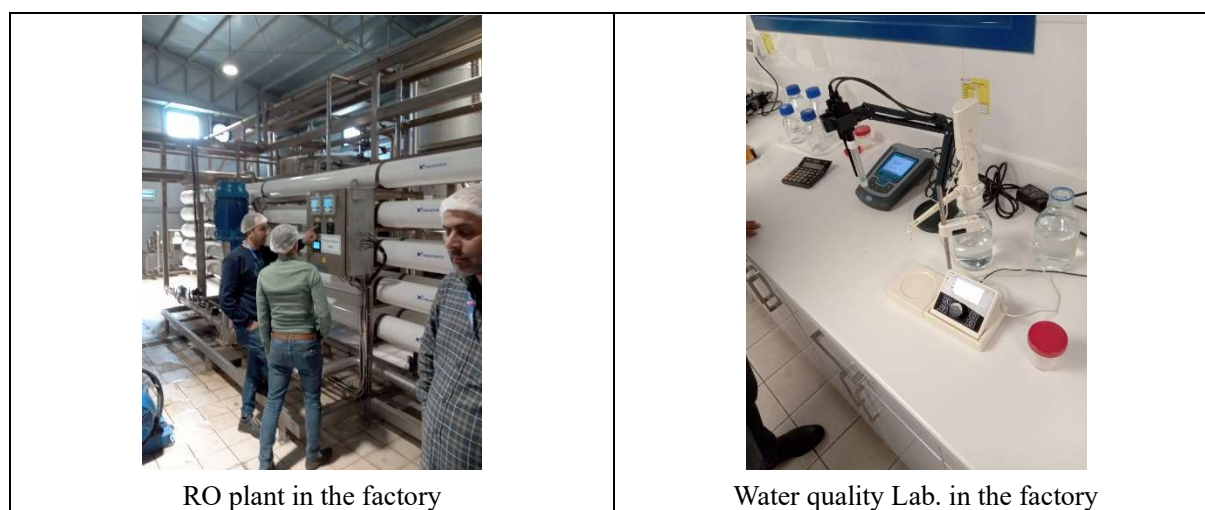


写真 2.2.6 工場視察

b) 本事業の成果

1) OJT の成果

水質検査技師 A は、OJT を通して以下を学んだ。

- マニュアル及び SOPs に従い、水質測定を正確に行う。特に定量範囲に注意する。
- 計量器具（メスフラスコ、メスシリンダー）を正しく使用する。
- 試料と測定項目の特性を理解し、適切な希釈、攪拌等の前処理を行う。
- 1 試料に対し 2 回以上測定し、データのばらつきを評価する。
- 測定器材のキャリブレーションを必ず行う。
- 使用期限内の試薬を使用する。
- 測定器材に合致した試薬（測定器材メーカー指定の試薬）を使用する。

2) OJT の成果（水質検査技師 B）

- ・ 週例会議で、新規の水質検査技師が下水処理水の測定値を発表し、再利用基準に順守していることを説明した。水質検査技師は、測定項目だけでなく、TSS や電気伝導率 (Electricity Conductivity: EC) 等の他項目との関連も検討した。データ蓄積と相関関係の検討が重要であることを理解した。たとえば、反応槽内の MLSS 濃度は余剰汚泥引き抜き（濃縮汚泥槽への汚泥移送）によって変化するため、水質データは WWTP オペレータと共有されることが重要である。

3) 水質分析試薬の調達

- ・ 水質検査技師 B が採用された 2022 年 8 月末には、水質分析に必要な試薬の在庫が不足していた。そこでパレスチナ内で化学分析器材や試薬を取り扱う業者を調査し、必要な試薬のリストを作成し、ジェリコ市の調達制度に則った調達を行った。第 1 回の調達が完了したのは 2023 年 1 月末であった。
- ・ 第 1 回調達の経験を踏まえ、次回以降の調達は十分な時間の余裕をもって行う必要がある。そこで新たに策定した水質モニタリング計画に従った測定項目と測定回数を勘案し、1 年分の試薬の調達計画を策定した。調達計画を添付資料 2.2.6 に示し、パレスチナ内で分析器材・試薬を扱う業者の調査結果を添付資料 2.2.7 に示す。策定した調達計画は、2023 年 2 月に上下水道部により承認された。

4) 水質分析データ

- ・ OJT では流入下水（WWTP 入口及び流入下水管 No.1、No.19）、反応槽及び下水処理水をモニタリング計画に従ってモニタリングした。各項目の測定結果を以下に示す（注：2023 年 2 月 2 日～5 月 30 日のデータ）。
- ・ 水質試験室で測定可能な項目について、「PS742-2015 Treated wastewater effluent for agricultural

purposes」の High quality (A)カテゴリーと下水処理水水質の比較を表 2.2.12 に示した。濁度、BOD₅、総窒素(T-N)、アンモニア性窒素 (NH₄-N) が基準値を超過したことがあった。また溶解酸素量 (Dissolved Oxygen : DO) が一時的に低下することが観察された。これら以外の項目は基準値をほぼ満足している。OJT 期間中の水質測定データは、添付資料 2.2.8 に示した。

表 2.2.12 下水処理水質

Item	PS742-2015 High quality(A)	Monitoring data			Assessment
		Max	Average	Min	
pH	6-9	8.2	6.9	5.9	Good
TDS	1,200 mg/L	1,200	959	509	Fair
DO	1 mg/L <	4.5	2.2	0.1	Good
Turbidity	5 – 10 NTU	33.0	5.0	1.2	Fair
CODcr	50 mg/L	22.0	10.7	3.0	Good
BOD ₅	20 mg/L	23.0	8.4	4.0	Fair
T-N	30 mg/L	55.0	22.9	5.7	Fair
NO ₃ -N	20 mg/L	1.2	0.7	0.4	Good
NH ₄ -N	5 mg/L	9.9	2.9	0.3	Fair
PO ₄ -P	30 mg/L	7.8	3.4	1.2	Good
TSS	30 mg/L	10.0	6.5	3.5	Good

TeCSOM Team 作成

- 毎日測定している pH, TDS, DO, 濁度の日変化を図 2.2.13～2.2.16 に示す。2022 年 11 月に非常にアルカリ性の強い (高い pH) 下水が流入したことがあった。しかし生物処理を経ることにより、pH は中性化されていることが分かる。下水処理水の pH は概ね 6.5 – 7.5 の範囲であった。
- TDS は 2022 年 10 月以降に増加傾向を示しているが、1,200 mg/L 以下を保っている。濁度は通常は 10 NTU (Nephelometric Turbidity Unit 濁度の単位) 以下であるが、時折 10 NTU を超過することがあった。これは不完全な汚泥の引き抜き、あるいは過剰なブロー運転時間による硝化・脱窒プロセスの遅延に伴う汚泥浮上 (沈殿槽内で生成された窒素ガスによる汚泥浮上) が原因と考えられる。



写真 2.2.7 オペレータと水質データ共有

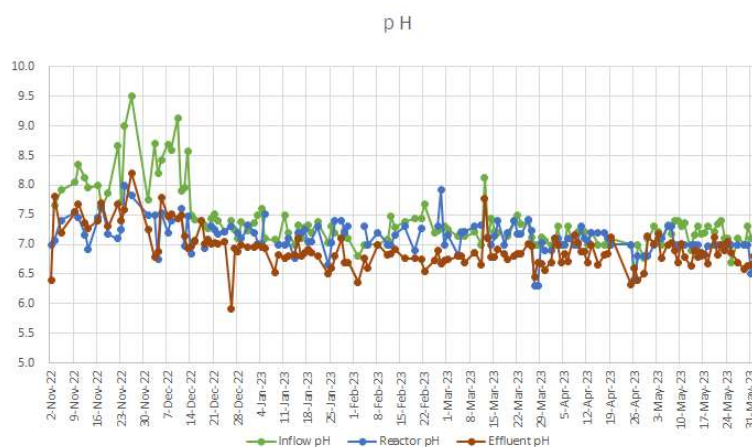


図 2. 2. 13 pH 測定データ TeCSOM Team 作成

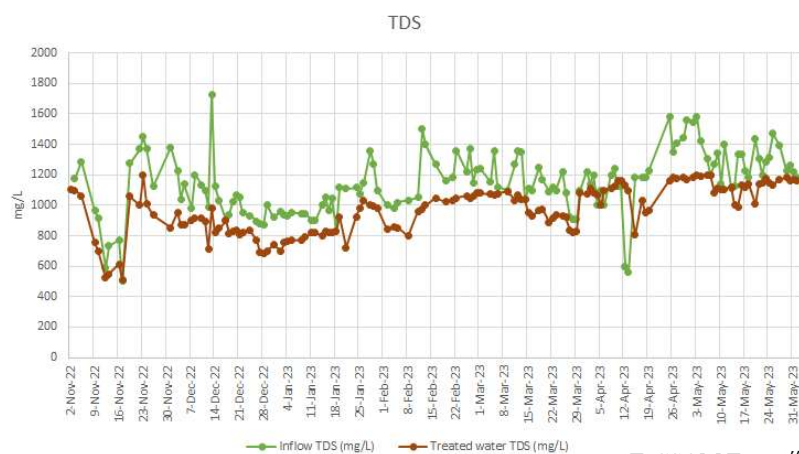


図 2. 2. 14 TDS 測定データ TeCSOM Team 作成

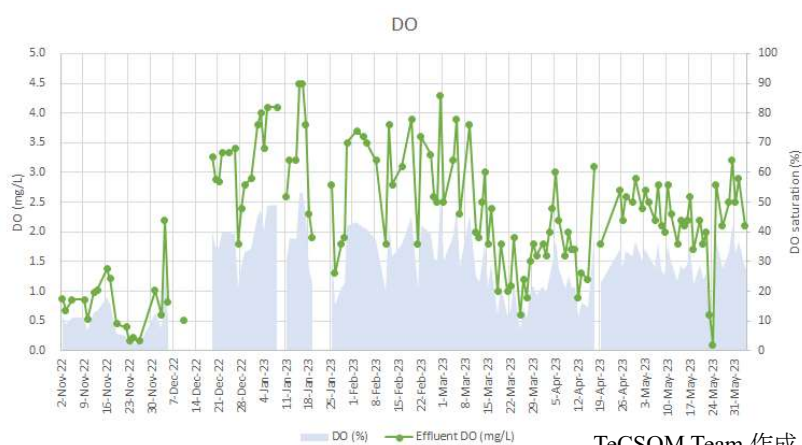
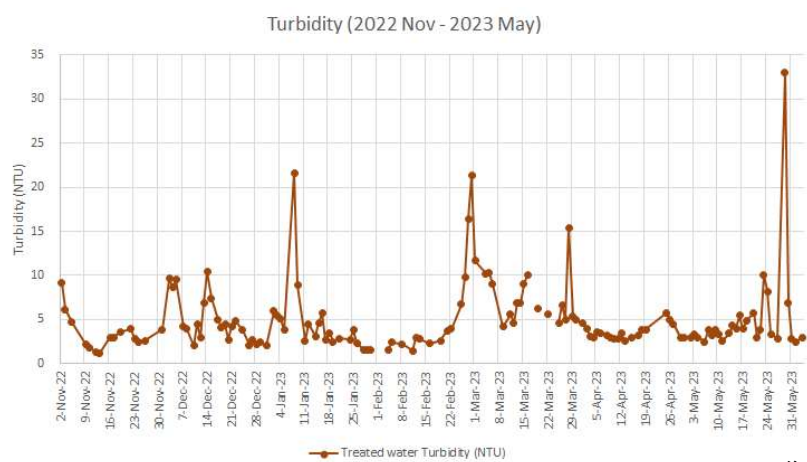


図 2. 2. 15 DO 測定データ

TeCSOM Team 作成



TeCSOM Team 作成

図 2. 2. 16 濁度測定データ

2.2.3 ジェリコ市役所上下水道部に対し、水質検査結果の評価と対処方法にかかるセミナーの実施（活動 2-3）

活動 2-3 では、水質検査技師は、以下のことを活動した。1) 週例会議にて、水質測定データの説明と情報の共有、2) 下水処理水及び下水汚泥の再利用に関するワークショップにて、農業省、デーツ農業主に水質測定データ、水質管理の説明。これらの活動により、水質検査技師の資料作成・プレゼンテーション能力が向上し、ジェリコ市役所上下水道部内、特に WWTP オペレータと水質データを共有し、水質データに基づいた下水処理を行うようになった。さらに下水処理水・乾燥汚泥の農業への再利用について、下水処理水の利用者及び農場主から理解を得られたことが成果である。

a) 本事業の活動

1) 水質測定データの共有

- ・ OJT で得た水質データを水質検査技師 B が整理し、週例会議における発表と議論を通してジェリコ市役所上下水道部内で情報を共有している。週例会議の発表資料を添付資料 2.2.9 に示す。



写真 2.2.8 週例会議での発表（2022 年 9 月）

b) 本事業の成果

1) 水質データの発表

- ・ 日常の水質モニタリングで得られたデータは、分かりやすいようにグラフ化された。また、連続で水質データを蓄積していることから、通常のデータが示す値、変動幅、などを把握することで異常値を容易に検出できるようになった。
- ・ 水質測定データの蓄積は、現状の水質を把握するだけでなく、季節変動に対する水質の変動を把握することに役立つ。また、これらデータを WWTP オペレータと共有することで適切な

下水処理が維持できる。

- 水質データを説明する際、発表内容、構成、メッセージを図表に示すなど、工夫できるようになった。発表も英語、アラビア語で時間内に収めるようプレゼン技術も向上した。

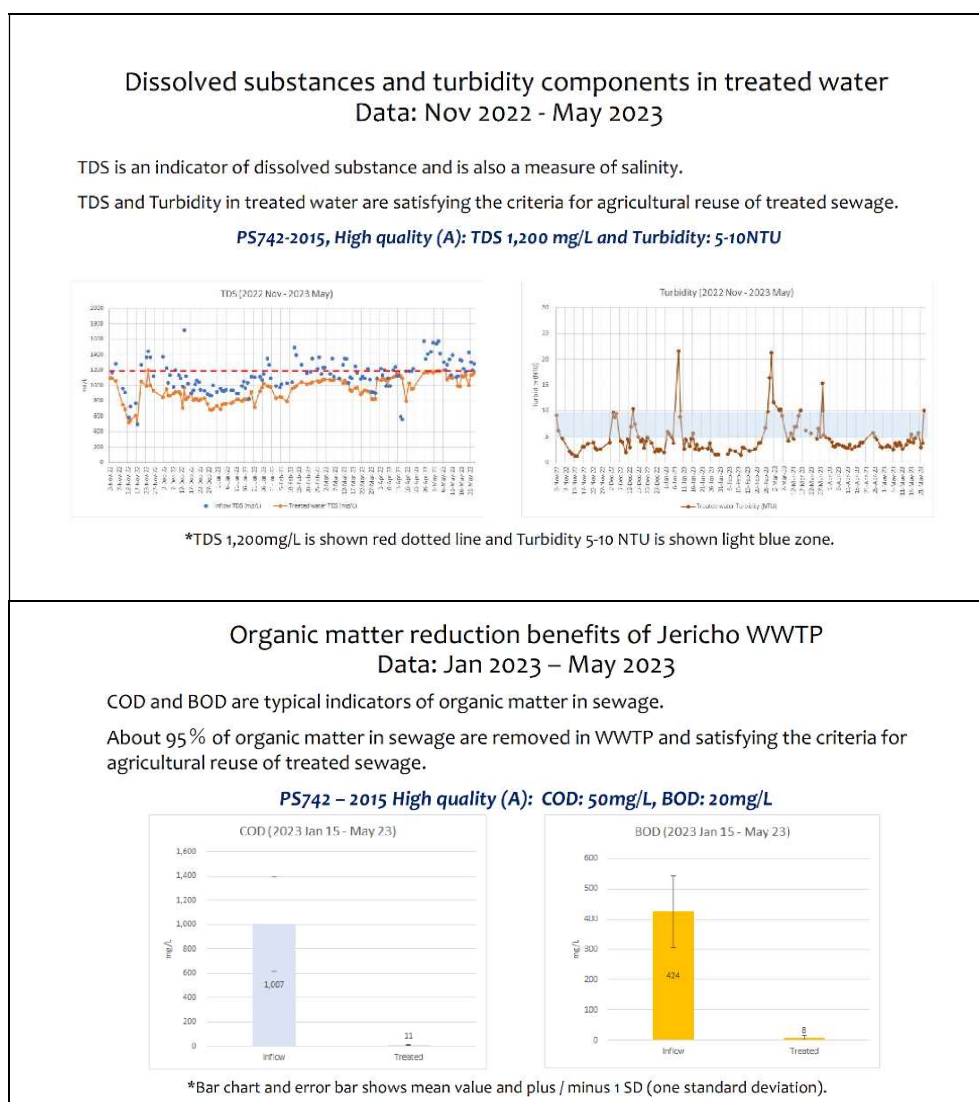


図 2. 2. 17 水質データ説明資料

TeCSOM Team 作成

2) 水質管理に関する対外発表

- 2022 年 12 月 6 日に行われた第 3 回 JCC/ワークショップにおいて、水質管理に関するテーマの発表を行った。
- 2023 年 6 月 7 日に行われた下水処理水・乾燥汚泥の農地再利用に関するワークショップ(Reuse of treated wastewater & treated sewage sludge in cooperation with Jericho municipality (PFCA)) で水質管理に関する発表を行った。
- 第 3 回 JCC/ワークショップ及び PFCA ワークショップの発表資料は添付資料 2.2.10 に示す。



3rd JCC Workshop



PFCA workshop

写真 2.2.9 ワークショップでの発表

2.3 成果 3 ジェリコ下水処理場から排出される汚泥の活用方法について検討される

2.3.1 ジェリコ下水処理場から排出される汚泥の処理方法の評価（活動 3-1）

活動 3-1 では、ジェリコ WWTP で発生している汚泥の処理（濃縮汚泥から乾燥床で天日乾燥）、乾燥床での天日乾燥処理サイクルを評価し、適切に汚泥処理が行われていることを確認した。また、汚泥の最終形態である乾燥汚泥の重金属含有量を測定した結果、重金属の含有量は基準値以下であり、安全性が確認された。乾燥汚泥の成分分析では、含水率が約 10%程度、糞便性大腸菌群数の未検出及び窒素成分が一般土壌（ジェリコ市役所保有の土地）高いことから、土壌改良材として利用できる可能性があることが判明した。

この結果を受けて、ジェリコ市役所は、市役所の所有地にて試験圃場を新たに 2 箇所設けて、乾燥汚泥の土壌改良材としての再利用を開始した。

a) 本事業の活動

- 下水乾燥汚泥は、現在、ジェリコ WWTP 内の汚泥乾燥床付近に山積みとなっており、場外搬出＋廃棄処分とはなっていない。現在の乾燥床の運用は、床が満杯になれば搬出（場内で野積み）しており、乾燥床のローテーションを考慮するほど発生汚泥量は多くない。よって、乾燥時間は特に計測されていない。
- 現場での現実的な課題として、乾燥汚泥を乾燥床から掻き上げる際、乾燥汚泥の層が厚くなれば人力による搬出も容易でなくなるため、汚泥搬出用の重機（トラクター）の導入も必要となる。現に WWTP 場長から市役所に対して重機購入の要望が出ている。
- 下水汚泥の成分分析のため、3 回サンプリングした（第 1 回：2021 年 11 月 23 日、第 2 回：2022 年 11 月 2 日、第 3 回 2023 年 4 月 3 日）。



写真 2.3.1 乾燥汚泥採取(1)



写真 2.3.2 乾燥汚泥採取(2)

- 汚泥乾燥床での滞留時間は日本の文献値で試算したが、ジェリコ市は気温が高いため、乾燥処理には有利な条件となっている。ジェリコ WWTP の乾燥汚泥の含水率は約 10%である。他都市（ナブルス市など）では、機械脱水でケーキ状態のため含水率は 82.2%程度（An-Najah

National 大学分析、2020 報告書より）と高く、そのままでは取り扱いが難しい汚泥性状である。

- 大学の協力を得て、乾燥汚泥の成分分析で含水率の計測、糞便性大腸菌の検査、EC, Na の塩分関連の含有量試験を行った。
- 2021 年 11 月 17 日に Arab Development Society を訪問し、ジェリコの土壌成分や下水汚泥の肥料としての試験について確認した。試験圃場は約 6 ha (全体約 30 ha) で飼料（イネ科キビ属 *Panicum*、塩分に耐性があるため）を栽培している。圃場全体を利用しない理由は、灌漑用水の不足及び土壌の塩分関連濃度が高いためである。また、Arab Development Society は、下水汚泥の肥料としての試験は行っていない。



写真 2.3.3 試験圃場

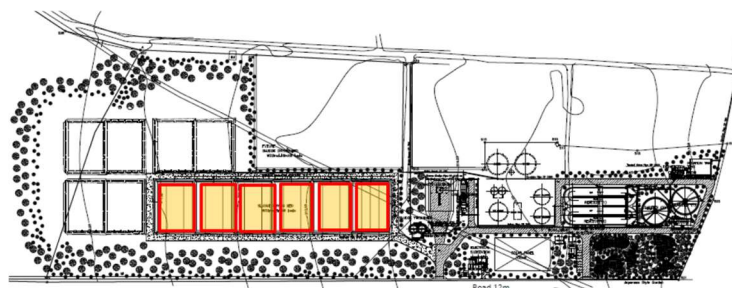


写真 2.3.4 下水汚泥（未利用）

b) 本事業の成果

1) 汚泥の乾燥処理

- ジェリコ WWTP での最終汚泥形態は乾燥汚泥である。汚泥は、ジェリコの気候を利用した汚泥乾燥床（既設 6 床）にて乾燥処理されている。今後、下水流入水量増加に伴い、乾燥処分能力及び処理サイクルを検討した。



TeCSOM チーム作成

図 2.3.1 ジェリコ WWTP の汚泥乾燥床

- ・ 現在の下水処理の運転では、リアクター（反応槽）の活性汚泥浮遊物質（Mixed Liquor Suspended Solids : MLSS）濃度を一定にするため、リアクター/クラリファイアー（最終沈殿池）から汚泥濃縮槽へ余剰汚泥を送泥している。汚泥濃縮槽から乾燥床へは、ポンプで送泥している。乾燥床への送泥量は、SCADA ではポンプの運転時間のみが記録されていることから、ポンプ能力と運転時間より試算した。なお、濃縮汚泥の濃度は計測対象となっていないため、施設構造を確認し、一般的な値を用いて 10,000 mg/L（汚泥濃度 1%）とし計算した。

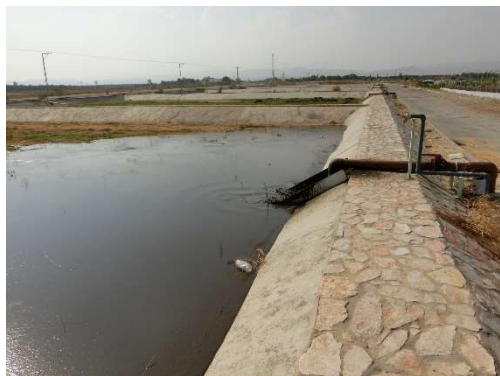


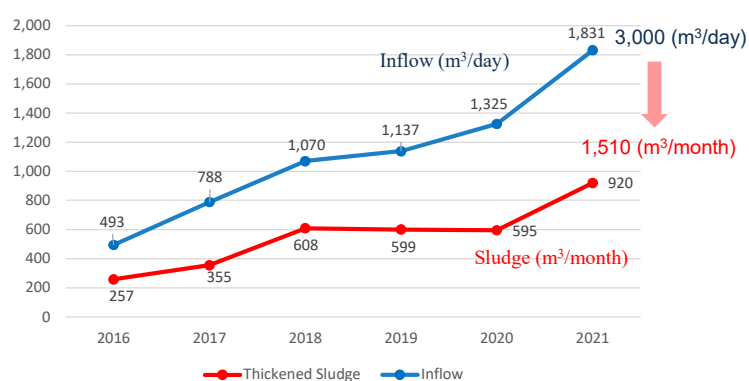
写真 2.3.5 乾燥汚泥床 (1)



写真 2.3.6 乾燥汚泥床 (2)

- ・ 検討の結果、2021 年の月平均濃縮汚泥量は約 920 m³/月（同年流入水量日平均は 1,831 m³/日）と試算した。そこで汚水流入水量が 3,000 m³/日に達すれば、約 1,510 m³/月の濃縮汚泥が発生すると試算した。これは 1 床あたりの汚泥厚さ約 26 cm に相当する。乾燥床の設計値では 30 cm としているが、理論上 40cm までは貯留可能といえる。すなわち流入下水が計画流入水量（日平均 6,600 m³/日）まで達しても週 1 回の排泥を 1 床で受け入れることができる。
- ・ 2021 年の乾燥汚泥の平均発生量は、9.2 dry-ton/月（約 300 dry-kg/日）である。

流入下水量と濃縮汚泥量の推移・予測及び乾燥床での受け入れ能力を図 2.3.2 に示す。



Thickness (cm)	20	25	30	40
Sludge Volume (m³/month)	1,728	2,160	2,592	3,456

Source: TeCSOM Survey Results, 2023

図 2.3.2 流入水量と濃縮汚泥量

- 計画流入水量（日平均 6,600 m³/日）を対象にした乾燥床のローテーションを検討した。文献調査では、詳細なデータを示しているのは日本の文献しかなく、気温、湿度が異なるがこれに基づいて試算した。ジェリコでの平均気温は、5-10 月で約 28℃、11-4 月で約 18℃である。結論として、1 床あたり 35 日の乾燥時間で運用することが出来、既存の 6 床でローテーションが出来る。

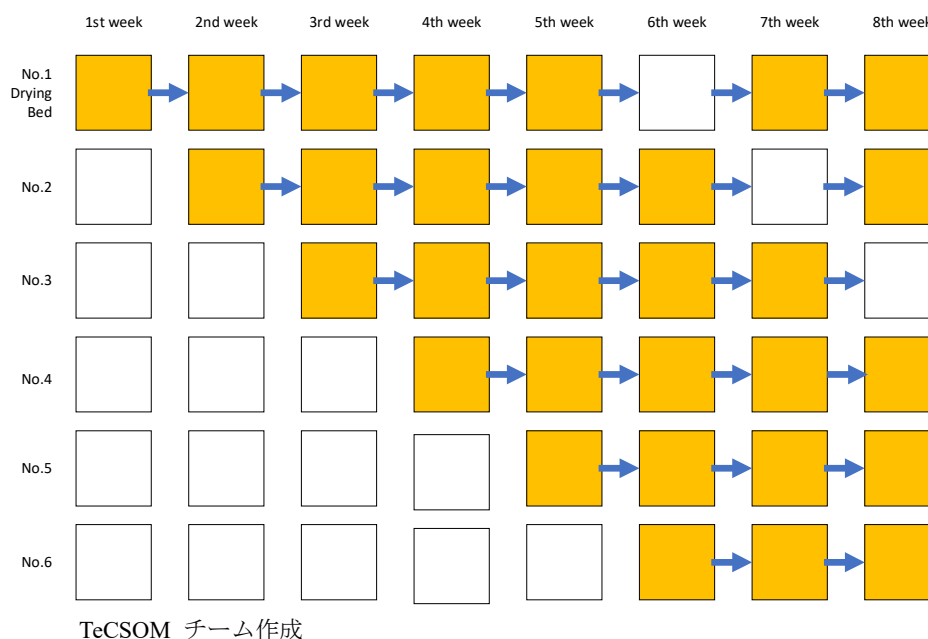


図 2.3.3 乾燥汚泥床運転ローテーション

2) 乾燥汚泥の重金属含有量及び成分分析結果

- 第 1～3 回下水汚泥の成分分析結果が得られた。結果は、重金属の含有量（7 項目）は基準値を大幅に下回り、肥料/土壌改良材として基準値を順守している。パレスチナの基準だけでなく、参考までにアメリカ合衆国環境保護庁の「Land Application of Sewage Sludge」に示す重金属含有量とも比較し、基準値内であることを確認した。
- 3 回目の測定では重金属含有量が前回の測定と比較して約 100 倍以上増加しているが、工場排水等の流入は確認されていない。今後も含有量を監視していく必要がある。重金属含有量の結果を表 2.3.1 に示す。詳細な分析結果は添付資料 2.2.2 に示す。

表 2.3.1 乾燥汚泥の重金属含有量

Parameters	Palestine ¹⁾	EPA ²⁾	Soil (2014)	Sludge (2014)	Sludge (2015)	Sludge (2021)	Sludge (2022)	Sludge (2023)
Cadmium	20	85	ND ³⁾	3.2	1.94	ND	ND	1.2
Copper	1,000	4,300	33.6	279.5	153.3	0.179	1.81	230.7
Nickel	300	420	39.5	30.2	31.9	0.026	0.15	24.8
Lead	750	840	ND	29.7	15.7	0.018	0.15	22.99
Zinc	2,500	7,500	100.4	1,258	1,029	0.55	3.59	518.9
Mercury	16	57	0.0133	2.969	1.67	ND	ND	ND
Chromium	400	3,000	42.4	ND	43.45	0.039	0.28	31.36

Unit: mg/kg of dry matter

1) Certification of Obligatory Technical Instructions, Treated Sludge for Agricultural Reuse, 59 for year 2015

2) United States Environmental Protection Agency, Land Application of Sewage Sludge, A Guide for Land Appliers on the Requirements of the Federal Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 503

3) ND: Not Detected

Data Source: JICA, TeCSOM Project Completion Report, 2018, TeCSOM-II Survey Results, 2023

1) 添付資料 2.3.4 参照

- ・天日乾燥による乾燥汚泥の含水率は 9.9%～14.4%と低く、取り扱いが容易となっている。他都市の脱水汚泥ケーキ（乾燥汚泥ではない）の含水率は 70%以上とされている。また、乾燥汚泥中の糞便性大腸菌群数(Total Fecal Coliform)は未検出(0 CFU/100mL)との結果を得ており、死滅していることを示している。
- ・米国環境保護庁では、下水汚泥の利用に関する基準を定めている。汚泥を用途の制限なしで農業利用できる安全基準として、糞便性大腸菌群数は乾燥汚泥重量 1g あたり 1,000 個以下、としている。下水汚泥の成分分析結果を表 2.3.2 に示す。

表 2.3.2 下水汚泥の成分分析結果

Parameters	unit	Sludge ¹⁾ (2021)	Sludge ¹⁾ (2022)	Sludge ¹⁾ (2023)	Samed ¹⁾ Soil (2022)	Soil Conditioner Standard ²⁾	Improvement of Soil ⁴⁾
Nitrogen (N)	%	2.855	4.0	4.4	0.085	>1.5	
Phosphate (P ₂ O ₅)	mg/kg	219	215	205	22.6		
Kalium (K ₂ O)	mg/kg	323	326	320	32.5		
pH		6.8	6.9	6.9	7.26	<7.5	5.0-8.5
EC	dS/m	7.7	7.5	8.7	1.32	<15	
Moisture Content	%	9.9	8.9	14.4	9.4	<20	25-40
Total Fecal Coliform ³⁾	CFU/100mL	Nil	Nil	Nil	Nil	<10	
Total Organic Matter	%	62.83	63.76	59.9	8.43	>50	>25
Carbon-Nitrogen ratio (C:N)		11:1	8:1	13:1	99.2	<15:1	<25:1

1) TeCSOM-II, Sewage analysis by An-Najah National University, TeCSOM-II Survey Results, 2023

2) Palestine Standard PS609-2014, Organic fertilizers and soil conditioners

3) U.S. EPA, 1999, Environmental Regulations and Technology, EPA stipulates Class A less than 1,000 MNP per 1 gram

4) Palestine Standard PS 2652-2011, Organic Fertilizer (Humus) Compost

2) 添付資料 2.3.6 参照

3) 天日乾燥による適切な汚泥処理

- パレスチナの “Technical Instructions, 59 for year 2015, -Treated Sludge for Agricultural Reuse-” (添付資料 2.3.4 参照) では、適切な汚泥処理として生物処理、化学的処理及び熱による処理を挙げている。ジェリコ WWTP では天日による乾燥処理しており、Technical Instructions に合致している。
- 農業省は、ジェリコ市役所との協議で、ジェリコ下水処理場での天日乾燥による汚泥は質が良い (PS 898-2010 の分類 Class I に相当、添付資料 2.3.5 参照) としており、土壌改良材としての利用を検討することを助言した。また、農業省は、口頭にて汚泥の乾燥汚泥処理は適切であると言及した。
- 成分分析結果から、ジェリコ下水処理場での汚泥処理である天日乾燥処理は適切であると考えられる。

2.3.2 汚泥の利用方法について研修し、実施機関が行う農業省との意見交換の支援（活動 3-2）

活動 3-2 では、ジェリコ WWTP で発生する乾燥汚泥の再利用調査、乾燥汚泥中の重金属含有量及び成分分析結果に基づき土壌改良材としての利用の可能性、ジェリコ市役所の所有地における試験圃場の計画及び実施、などを農業省に説明した。一方で、ジェリコ市役所は、下水処理水の利用者及びゲーツ農場主を対象に、下水処理水及び下水汚泥の再利用に関するワークショップを開催し、乾燥汚泥の重金属含有量基準の順守、土壌改良材としての有効性を説明し、参加者から理解を得た。

当面は、下水汚泥の土壌改良材としての再利用は、ジェリコ市役所管理下の試験圃場 3 箇所で開催していく。

a) 本事業の活動

1) 乾燥汚泥再利用の調査

- ・ 下水汚泥の利用について、利用者は水分や不潔さを気にしている。しかし、乾燥状態がよい汚泥、薬品等で処理された汚泥であれば問題ない、とのこと。これは人間に由来するし尿だけでなく、動物に由来するものにもいえる。
- ・ 農業省の下水汚泥肥料利用基準の最新版を JICA パレスチナ事務所経由で入手し、重金属の含有量基準を確認した。これら基準は TeCSOM-I 時より変更はなかった。
- ・ ジェリコ市の上水道事業において、給水先に工場用水の用途がないことを確認しており、工場排水流入の可能性は低いと考えている。しかし、安全性の確保から乾燥汚泥の重金属含有量を測定した。（活動 3-1 参照）
- ・ ジェリコ市役所上下水道部長は、下水汚泥の再利用促進には、下水処理水の再利用と同じ手順を踏むことが妥当と考えており、場内外でのパイロットプラントで実証実験を行うことを提案した。専門家チームは下水処理水の再利用販売の経験を活かし、調査手順を図 2.3.4 に示した。

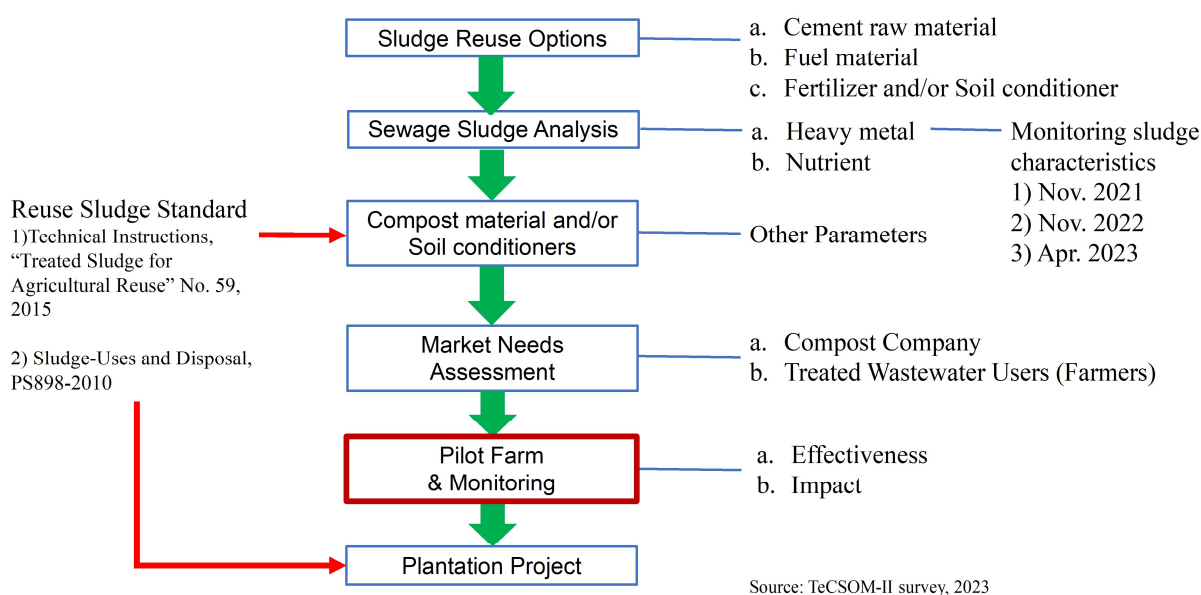


図 2.3.4 下水汚泥の再利用調査フロー

- ・ パレスチナ基準 (Palestine Standard: PS)から下水汚泥の使用用途制限を確認した。汚泥の再利用としての使用制限は以下のとおりである。

表 2.3.3 下水汚泥の再利用の制限

Palestine Standard	Reuse Conditions/Restrictions
Technical Instructions, "Treated Sludge for Agricultural Reuse" No. 59, 2015 ¹⁾	1) Prevent reuse of treated sludge a. Grassland or fodder crops b. Fruits and vegetables, but except a fruit tree c. Direct contact with soil
Sludge-Uses and Disposal, PS898-2010 ²⁾	1) Not permitted to use Treated sludge a. Vegetables b. Park, home gardens, green spaces near public sites (not less than 250 m) c. Root crops (radish, potatoes) 2) Treated sludge package for sale purpose d. Approval of the competent regulatory authorities is required.

1): 添付資料 2.3.4 参照

2): 添付資料 2.3.5 参照

- ・ 下水汚泥の有効利用について、An-Najah National 大学の助言は次の2つである。①土質改良材、②コンポストとの原材料（他肥料とのミックス）。下水汚泥そのものは、リン、カリウムが少ないため、肥料として利用することには適していないとしている。また、農業省は管理できない場所での乾燥汚泥の使用は認められないとしている。詳細は以下の「農業省との協議」に記載のとおり。

2) 農業省との協議

- TeCSOM チームは PWA 及び農業省を訪問し、ジェリコ市 WWTP から発生する下水汚泥（乾燥汚泥）の土壌改良材としての再利用計画を説明した。両者とも、ジェリコ市には基本的に工場排水がなく（JAIP は除く）、汚泥の含水率も低いことから、土壌改良材としての再利用には問題ないとの見解を示した。
 - 農業省は、今後、パレスチナ国内で下水汚泥量が多く発生することを懸念しており、その再利用や本事業の経験を共有することを望んでいる。
 - 2022 年 9 月 8 日に汚泥の再利用について農業省と協議した。乾燥汚泥の主な利用用途は、1) 肥料/土壌改良材、2)セメント原料、3)焼却用燃料、である。オプション 2 と 3 は、パレスチナ国内にセメント工場、焼却施設がないことから不採用とした。
 - パレスチナ基準 (PS)では、土壌改良材もしくはコンポストは動植物由来の有機物を利用するとしており、人間由来の汚泥を使用することを禁じている。しかし、PS59-2015 では、土壌改良材として用いるには、下水汚泥は処理される必要があるとしている。ジェリコ市での汚泥の再利用について農業省の意見は、ジェリコ WWTP では、汚泥処理は余剰汚泥を濃縮し、天日乾燥の処理工程を行っているため、再利用することができるとしている。
 - 他都市でも下水汚泥の処理処分は問題になってきている。気候的に天日乾燥による汚泥処理ができるジェリコへの持ち込みも考えられるが、次の 3 つの問題をクリアする必要がある。
①ジェリコ市役所が他都市の汚泥を受け入れること、②汚泥の保管場所を確保すること、③下水汚泥を再利用すること（未対策であれば汚泥は堆積していき、保管場所が処分場となる可能性がある）。
 - 2023 年 3 月 4 日に農業省ラマラ支所長と下水汚泥の再利用について協議した。その中で、Arab Development Society（所在地：ジェリコ市）はコンポスト用機械を有しているが、機器が古くなり今は使っていないことが判明した。ジェリコ WWTP から発生する汚泥の成分分析結果（2021 年 11 月及び 2022 年 11 月）より次のことに言及した。1)有機物、窒素及び含水率は良好、2)土壌改良材としての施用量は約 $1.1 \text{ m}^3/1000 \text{ m}^2$ が適切である。
 - 2023 年 3 月 13 日に農業省と汚泥再利用計画について協議した。プレゼン資料を用いて上下水道部長が、ジェリコ下水処理場で処理している乾燥汚泥の性状及び再利用の方針を説明した。汚泥の土壌改良材としての利用では、汚泥成分分析より窒素、りん、カリウムの含有量は、一般土壌（ジェリコ市保有の Samed Land）よりも 10 から 40 倍程高いことが判明し、乾燥汚泥の土壌改良材としての有効性を説明した。協議資料を添付資料 2.3.1 に示す。
 - これを受けて農業省は次のように意見した。1)重金属含有量及び適切な含水率など基準値を満たしている、2)乾燥汚泥を土壌改良材として利用することは合意する、3)現在、WWTP 内のパイロットプラント及び市所有の Samed Land（試験圃場として）で試験的に再利用していることは評価する、一方で、以下のような理由により一般農家への配布については難色を示した。
- 下水汚泥は当面、モニタリング・管理可能な状況下で使用する。管理できない場所での乾

乾燥汚泥の使用は認められない。

- 有償無償にかかわらず乾燥汚泥を配布する場合は、経済省による汚泥成分の確認が必要である。
- 汚泥を土壌改良材として再利用する場合、少なくとも3年間はパイロットプラントで、土壌成分や植物育成をモニタリングすること。
- ・ 上下水道部長は、今後とも試験圃場は継続していき、WWTP 内での緑化にも土壌改良材として用いるとした。

3) ジェリコ市肥料販売会社との乾燥汚泥再利用に関する協議

- ・ 汚泥の再利用方法について、2021 年 10 月にジェリコ市内にある肥料販売会社（2 社）を訪問し、インタビュー調査を行った。以下に調査結果を示す。

表 2.3.4 肥料会社調査結果

	A 社	B 社
1.価格	54 NIS/m ³	7.15 NIS/25L イスラエル製の肥料が 4.6-6.0 NIS/25L でマーケットに出ており、価格面で苦戦
2.購入方法	購入者がトラックによる搬出	ジェリコ市内は購入者が訪問、市外では配送サービスあり
3.販売のためのライセンスの有無	ライセンスなし	ライセンスあり パレスチナの大学機関で農業省規程の重金属含有量の検査を受けている。
4.肥料としての成分保証	特になし	成分分析を表示（開示）
5.販売のための宣伝	特になし	自社のウェブサイトで紹介 農業省で製品を展示
6.顧客からの苦情	特になし	価格面でイスラエル製品が安価であること（なお、社によると品質は劣るとのこと）
7.販売での留意点	特になし	品質保証を説明、肥料としての正しい使い方の説明、農家へ利点の説明

TeCSOM Team 作成

- ・ A 社は酪農（乳牛）が本業であり、副業として牛糞を堆肥として販売している。一方、B 社は、肥料販売とデーツ販売を主としている。肥料販売については、イスラエル製品の価格の安さから、撤退を検討している。両社を比較すると、肥料品質や販売に力を入れているのは、B 社である。ジェリコ市役所との協働の可能性はないか、追加のヒアリングを行った。
- ・ 2021 年 12 月 5 日に B 社を訪問し、パレスチナの肥料市場について再度、ヒアリングした。ヒアリングから得られた情報は次のとおりである。
 - イスラエル製の肥料が市場に入ってきており、1 パック (25 L) 当たり 1.1-2.5 NIS 安いことから、B 社の製品の売れ行きが落ち込んでいる。
 - イスラエル製はパレスチナ国内に流通しているが、パレスチナ製はイスラエルに売ること

は許されていない(Paris Protocol 1994 による)。

- B 社の肥料は、40%が動物の堆肥で残りは植物の葉を原材料としている。
- 現在、乾燥汚泥での重金属の含有量を調べているが、これらが基準値以下で安全性が示されれば、肥料の一部として用いることは出来るか。乾燥汚泥を混合することで、価格も下げることは出来ることを問い合わせた。これに対して B 社の回答は、次のとおりであった。①よいアイデアであるが、肥料の生産を中止している、②生産再開と汚泥の混合は会社の上層部の判断を仰ぐこととなる。
- ・ 2022 年 5 月 29 日にジェリコ下水処理場付近に位置する肥料会社 (B 社) を訪問し、下水汚泥の再利用について、会社マネージャー及びエンジニアと協議した。
- 前回 (2021 年 10 月) の会社訪問時には同社は肥料販売から撤退を考えていたが、2022 年 5 月に再訪した際に肥料販売について再確認したところ、同社は個別注文を受け付けており、注文ベースで肥料を製造、販売しているとのことであり、市場からは撤退していないことが確認できた。
- ジェリコ市のデーツ生産及び肥料製造会社と、下水汚泥の利用についてこれまで協議してきた。しかし、会社代表は、以下の理由から下水汚泥を利用しないと決定した。1)低価格のイスラエル製品の進出により、自社製品の需要が低下している、2)下水汚泥の利用が、デーツ購入者に対してマイナスのイメージを持たせ、自社デーツが避けられることを懸念している。

4) デーツ畑農場主との協議

- ・ 下水汚泥の再利用を進めるに当たり、下水処理水の再利用の実施手順をレビューした。手順の中で、ステークホルダーで水質データの蓄積と安全性及び有効性の検証結果を提示し、合意を得ることが重要であった。(図 2.1.4 参照)
- ・ 下水処理水を利用している 9 農場主のうち 5 名に利用状況の追跡調査を行った。農場主には次のことをヒアリングした。1)年間の使用水量、2)もっと多くの水を必要としているか、3)農作物の種類、4)対象面積、5)直接利用か地下水と混合か、6)畑の拡大予定、及び 7)肥料は何を使っているか、など。(表 2.1.1 参照)
- ・ すべての農場主が、下水処理水をデーツ畑への灌漑に利用しており、現在でもより多くの水を必要としている。下水処理水の供給が可能であれば、購入したいと回答している。現在使用している肥料は、牛糞による有機質肥料、化学肥料 (カリウム、アンモニア) である。
- ・ TeCSOM チームは、下水処理水を使用している 8 農場主から協力的な農場主を選定し、下水汚泥の土壌改良材としての再利用を打診した。結果、協力を得られた農場主があり、デーツ畑に利用するパイロットファームを協議した。
- ・ しかし、パイロットファームの協力農場主との実施は、ジェリコ市役所の意向により白紙撤

回となった。パイロットファームの提供予定であった協力農場主に対して、TeCSOM チームが農場主を訪問してジェリコ市の意向を伝え、理解を得た。その中で、下水汚泥を土壌改良材として利用するには、どのような問題があるか意見を伺った。仮にデーツの大きさ、形、色及び収穫量が悪くなった場合、下水汚泥の因果関係はなくとも、生産者及び購入者/消費者は下水汚泥の影響と結びつけるだろう、との見解である。これらの意見は非常に参考となり、下水汚泥の再利用の普及に向けて大きなヒントとなった。

- この懸念を払拭するには、次の対策が必要と考えられる。1) 少なくとも3年間、実証実験を継続して行う。2) 対象は、デーツの収穫となる成木ではなく苗木とする。
- また、市販の肥料の施用量は、デーツ1本につき毎年約100Lである。この情報は土壌改良材の利用として参考とする。

5) ジェリコ市役所による試験圃場

- ・パイロットファームの協力農場主との実施は、ジェリコ市役所の意向により白紙撤回となった。代わりにジェリコ市役所所有の Samed Land (約 2,000 m²) をパイロットとして使用することとした。この方針転換は、ジェリコ市長が市の責任かつ主導で試験圃場をモニタリング・管理することを主張したためである。なお、Samed Land は TeCSOM-I からの候補地であったが、パイロットとして進歩がなく、断念した矢先の決定であった。

【下水処理水及び下水汚泥の再利用に関するワークショップ（第1回）】

- ・ 2022 年 12 月 6 日に再利用に関するワークショップを第3回 JCC 後に開催した。ワークショップでの内容は、WWTP の O&M, 水質管理及び下水処理水・汚泥再利用である。主に下水処理水の利用者を対象にしたワークショップであったが、招待9農場主中2農場主のみ参加した。もう少し関心を持てるような題目にすべきであった。
 - i) 水質管理
 - ・ 水質管理の信頼性を向上させるために、下水処理水だけでなく、流入下水及び反応槽内の汚水をモニタリングしている。
 - ii) 下水処理水の再利用
 - ・ 参加した農場主からは、下水処理水について意見が出された。①閑散期/低水需要期には販売価格を低くすれば購入量が増えるのではないかと、②購入した下水処理水から一時的な発生であるものの異臭があった。
 - ・ ①については、検討する価値がある。②については、現場の意見が直に届き、大変貴重であった。供給側は、水質適合率と利用率に注目しているため、気がつかないことが多い。この意見を受けて、ジェリコ市役所は灌漑用水タンクを清掃した。(活動 1-1 参照)

iii) 下水汚泥利用

- ・ プレゼンテーションでは、パイロットプラントで収穫されたデーツを紹介した。下水汚泥の有効性を示すには、重金属含有量や栄養塩（窒素、りん、カリウム）の成分だけでなく、実際に収穫したデーツを見せることが有効だと考える。ワークショップでは、乾燥汚泥を持参し、無臭と取り扱いやすさを農場主に示した。

【下水処理水及び下水汚泥の再利用に関するワークショップ（第2回）】

- ・ 2023年6月7日にデーツ農業協同組合(Palm Farmers' Cooperation Association: PFCA)にて下水処理水及び下水汚泥の再利用に関するワークショップを開催した。参加者は計25名（PWA: 1名、農業者: 2名、PFCA: 12名、ジェリコ市役所: 6名、TeCSOM チーム: 4名）であった。前回のワークショップ（2022年12月6日開催）はジェリコ市役所会議室で開催したため、農場主（下水処理水の利用者）からの参加は2名と少なかったが、今回、PFCAを会場としたため農場主側からの参加が得られた。プレゼンテーション資料を添付資料2.3.2に示す。
- ・ ワorkshopでは次の事項についてカウンターパートが説明した。説明の言語はアラビア語。
 - 下水処理水の再利用
 - 下水汚泥の再利用
 - 下水処理水の水質管理
- ・ ワorkshop開催前、PFCAの議長は、8年以上の実績がある下水処理水の再利用にもかかわらず、その有効性には懐疑的であった。また、下水汚泥の土壌改良材としての再利用についても消極的であった。しかし、ワークショップ後は、下水処理水及び下水汚泥（乾燥汚泥）の再利用に理解を示し、下水処理水が灌漑用水の水源となることに期待を寄せた。下水汚泥は、土壌改良材として畑の表土（深さ約1.5m）と混合し、土の塩分濃度の緩和になると考えを示した。
- ・ そのほか次のような意見が出された。
 - PFCAとジェリコ市役所とで連絡網を構築し、下水処理水及び下水汚泥の情報を共有する。
 - ジェリコWWTP内で灌漑用水の配水施設を建設し、配水を容易にする。個々のポンプを廃止する。
 - PFCAでは電気代込みで0.9NIS/m³で地下水を配水している。ジェリコ市は0.6NIS/m³（下水処理水：0.5NIS/m³，電気代：約0.1NIS/m³）であるため、この価格を維持することを望む。
 - パイロットプラントは、少なくとも3年間はモニタリング期間を設ける。（農業省）

- 複数名の下水処理水利用者から、貴重な水源であるため、今後も水供給量を増やしていただきたい、などと期待を寄せられた。

6) デーツ農場主へのヒアリング

- ・ 汚泥再利用の対象植物の一つにデーツがあるため、デーツの栽培方法について農場主にヒアリングした。

①デーツの苗木は、成木から採るものと苗木畑から購買する方法がある。成木から採る場合は、採った跡の成木の手当が必要であり、苗木の生存率は約 8 割である。2 割は成長できず、枯死するが、この割合は場内のパイロットプラントと同程度（3 割が枯死）であった。

②苗木からデーツの実になるには 4 年程度かかり、受粉を必要とする。受粉は 2-3 月に行う。

③デーツ成木には、約 100 m³/本/年の水を必要としている。季節的な水需要は、収穫後 11 月 -2 月は気温が下がり降雨があることから水需要は約 50%になり、収穫直前の 8 月までは 100%、収穫時 9-10 月で 40%まで減少する。この水需要変動は、WWTP からの下水処理水の配水量とほぼ一致する。

④デーツの水需要が減少する時期（11-2 月）に下水処理水の余剰水が生じるため、土壌表面に堆積した塩分の除去（洗浄）を提案した。農場主は 2 つの問題が発生する可能性があることを示唆した。1)散水付近に大量の雑草が生えること、2)一時的に土壌表層を洗浄できても排水システムがなければ再び塩分が土壌に堆積してしまう。農場主は、デーツ畑の拡張を考えているため、ジェリコ市役所側が 1 日 500 m³の配水を担保すれば、年間を通して購入する考えを示した。

これらは貴重な情報であり、デーツの育成、余剰水の用途を検討するのに参考となった。

b) 本事業の成果

1) 乾燥汚泥の再利用

- ・ TeCSOM チームは、下水汚泥の有効利用として、建築資材利用、エネルギー利用の可能性を検討するために、ジェリコ市及び近郊でセメント工場または、焼却施設を確認したところ、両施設ともパレスチナ西岸地区には立地していないことが判明した。西岸地区での発生するゴミは全て埋め立て処分されている。一方、セメント工場はイスラエルに 3 箇所あることが確認された。
- ・ ジェリコ WWTP の乾燥汚泥をイスラエルにあるセメント工場に搬出するには、課題が多いとした上で、セメントの生産能力と乾燥汚泥の供給量から需要量を試算した。結果、ジェリコ市から発生する乾燥汚泥量の約 44 倍のセメント原料としての需要が見込まれることが分かった。なお、乾燥汚泥のセメント原料化案は、実現性が低いことから、オプションから外した。

- ・乾燥汚泥は、1)肥料としての施用で重金属含有量が基準値内であること、2)窒素成分が一般土壌 (Samed Land) よりも高いこと、3)含水率が 10%程度で取り扱い安いこと、などから土壌改良材で再利用が可能である。

2) ジェリコ市役所管理下の試験圃場実施

- ・ジェリコ WWTP 場内にあるパイロットプラント（場内試験圃場）を再整備し、下水汚泥を土壌改良材として運用を開始した(2021 年 12 月 16 日)。パイロットプラントでは、市販の肥料と下水汚泥の 2 グループに分け、植物の育成に差異が生じるか実証実験を行っている。対象植物は、TeCSOM-I と同様にナツメヤシ、レモン、オレンジとする（TeCSOM-I より育成し続けている）。



写真 2.3.7 パイロットプラント (1)



写真 2.3.8 パイロットプラント (2)

- ・An Najah National 大学と、下水汚泥を肥料としての利用について協議した。下水乾燥汚泥そのままでは肥料として使用するにはりん、窒素、カリウムの成分が少ない。よって、コンポストの材料もしくは土壌改良材として使用するのが適当である。市販の肥料との配合は、市販肥料：乾燥汚泥＝1:1～1:3 で混合するのが、適切であると考えられる。
- ・An-Najah National 大学教授の意見は、第 1 回目の下水汚泥（乾燥汚泥）の分析結果から、りん、カリウムの含有量が低い（2%未満）ことから肥料には向かないとの見解である。なお、乾燥汚泥(含水率約 10%)をコンポスト原料もしくは土壌改良材として再利用する場合、乾燥しているため加水する必要がある。
- ・この決定を受けて、上下水道部、庭園課及び TeCSOM チームの協力で、試験圃場 (Samed Land) を整備した。Samed Land は、面積約 2,000 m² であり、デーツ 2 本、レモン/シトラス 17 本を有している。
- ・ジェリコ市役所は、今後とも水質測定、乾燥汚泥の重金属含有量及び成分分析を実施すべく、An-Najah National 大学と協力していく。そのためにも分析にかかる予算確保が重要である。

(第4回 JCC にて、分析の予算確保についてジェリコ市役所は合意した。)



写真 2.3.9 Samed Land 位置図



写真 2.3.10 Samed Land 清掃前（2023 年 2 月） 写真 2.3.11 Samed Land 清掃後（2023 年 2 月）

- Samed Land には乾燥汚泥を土壌改良材として使用している。乾燥汚泥の施用前（2022 年 11 月）と施用後（2023 年 4 月）での土壌の性状を測った。その結果を表 2.3.5 に示す。
- 汚泥を土壌に施用した結果、有機物含量と水分がほぼ 2 倍になり、窒素が 10 倍増加したため、C/N 比（炭素量と窒素量の比率）が低下したことがわかる。一方、リンとカリウムのレベルは、2022 年（汚泥施用前）と 2023 年（施用後）の間で有意な変化は見られなかった。

表 2.3.5 Samed Land の土壌成分分析結果

No.	Parameter	Unit	Results Nov. 2022	Results Apr. 2023
1	Nitrogen (N)	mg/kg	850	8600
2	P as P ₂ O ₅	mg/kg	22.6	22.5
3	K as K ₂ O	mg/kg	32.5	19.6
4	pH	-	7.26	7.2
5	EC	dS/m	1.32	1.065
6	Moisture content	%	9.4	16.5
7	Total Fecal Coliform	CFU/100 ml	Nil	Nil
8	Total Organic Matter (TOM)	%	8.43	13.56
9	C/N	-	99.2	15.86

Source: TeCSOM Survey Results, 2023

3) WWTP 場内プランテーション計画

- ジェリコ市のビジョンの一つに“グリーンシティ”が掲げられている。2023 年のジェリコ市予算で WWTP 場内の植林（緑化）として、2 万 NIS が計上されている。ジェリコ市長との協議で、植林に下水処理水の再利用及び下水汚泥の土壌改良として利用し、WWTP 場内を市のアピールとすることで合意した。
- 場内に下水処理水及び下水汚泥を用いて、植物を栽培する計画を立案した。プランテーション計画には次のような背景がある。
 - ①ジェリコ戦略的 4 か年計画のビジョンの一つにグリーンシティを掲げており、ジェリコ市役所は予算 2 万 NIS を計上している。
 - ②農業省は、下水汚泥（乾燥汚泥）を土壌改良材として利用することは有効であることを認められているが、一般農家へ配布することは、現時点で承認していない。農業省は慎重な姿勢を示している。そこでジェリコ WWTP 場内に大規模なパイロットを設置し、ジェリコ市役所の予算を用いて、下水処理水及び乾燥汚泥を再利用し、ジェリコ特産植物を栽培する。
 - ③乾燥汚泥の場外への直接配布は難しいが、生産物（デーツ苗木、花）を配布することで間接的に汚泥を利用でき、安全性、有効性をより高めることができる。これはデーツ農場主とのヒアリングで得られた意見で、下水汚泥が生産物に影響を与えない（その懸念を払拭する）ために、デーツ苗木や観賞用植物へ施用することとした。
 - ④プランテーションは、管理棟横のスペースを利用し、会議室から見えやすい場所とすることで、ドナー含む WWTP の訪問者に循環型社会形成の一端をアピールすることができる。また、灌漑用水タンクに近接するため、灌漑も容易になる。
 - ⑤対象植物は、ジェリコ・ローズ、オリーブ、苗木のデーツ、桐 (Paulownia) などジェリコで人気のなる樹木とする。

- ・プランテーション計画は、ジェリコ市長に合意を得ているが、今回、より具体的な計画を 2023 年 5 月 16 日にジェリコ市議会にて説明した。協議の結果、市議員はプランテーション計画の立ち上げに合意した。市議会は計画に高い関心を示し、予算を 2 万 NIS から 5 万 NIS（約 200 万円）に増額した。説明資料を添付資料 2.3.3 に示す。
- ・市議会承認を受けて、プランテーション計画の関係者会議（市議員 2 名、健康環境部長、上下水道部長、TeCSOM チームの構成）を開催した。
- ・植生の構成は、桐（Paulownia）50 本、デーツ 15 本、オリーブ 15 本とした。ジェリコローズは苗の入手が容易でなく保留とした。
- ・プランテーションには、下水処理水と乾燥汚泥を利用することで合意した。5 月 27 日より対象エリア（約 7,000 m²）を耕し、その後、植生と灌漑用ポンプ・パイプを整備した。プランテーションプロジェクトの位置及びイメージを以下に示す。なお、写真 2.3.13 及び 2.3.14 は 2023 年 7 月 5 日時点である

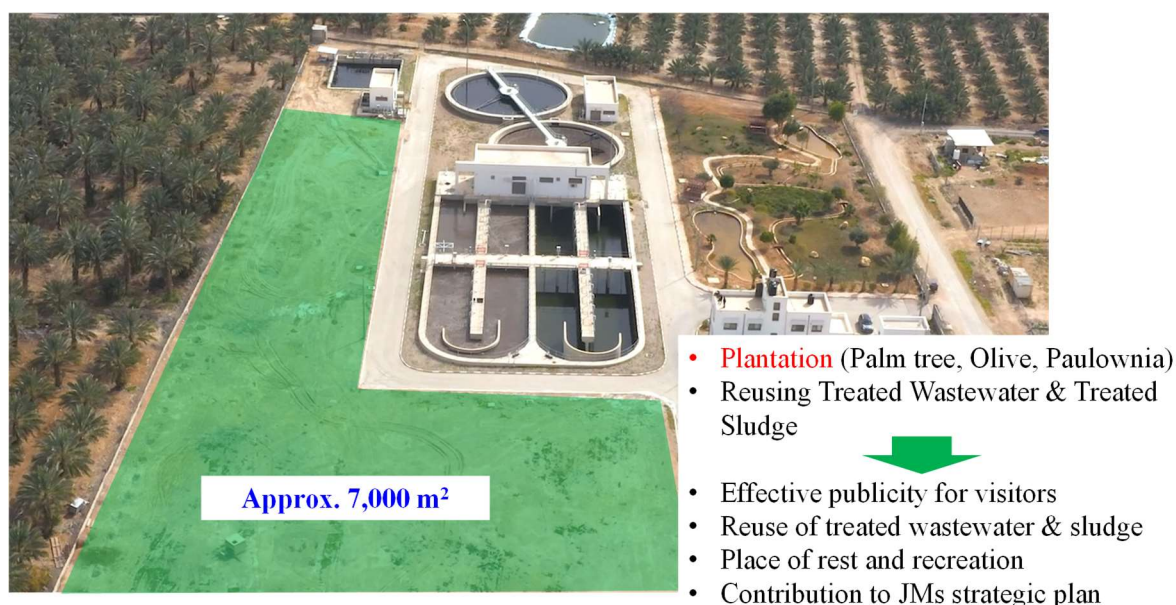


写真 2.3.12 プランテーションプロジェクト位置図

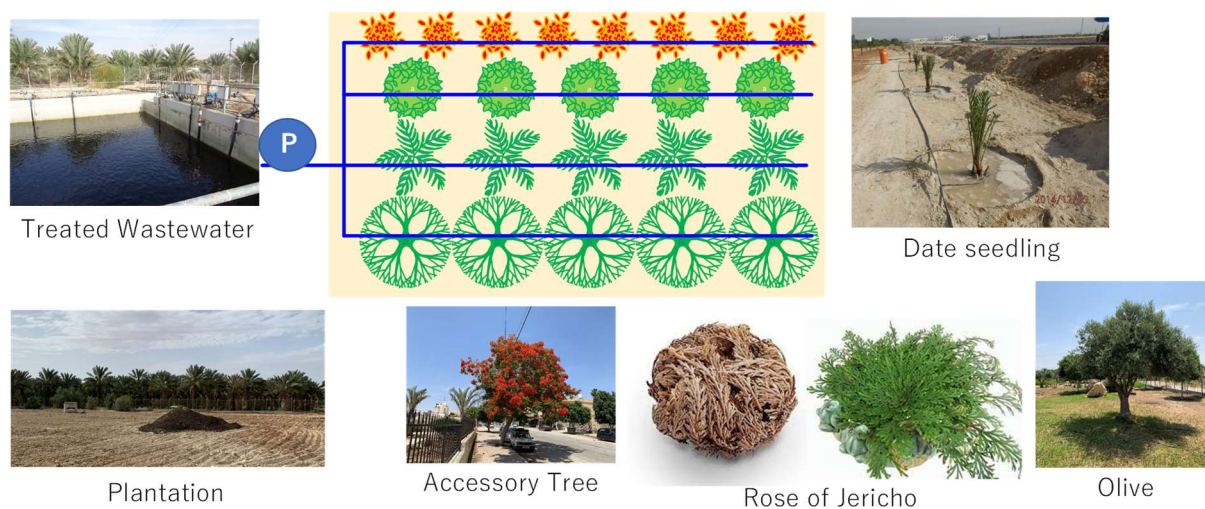


図 2.3.5 プランテーションプロジェクト イメージ図



写真 2.3.13 プランテーション整地中 (1)



写真 2.3.14 プランテーション整地中 (2)

第3章 本事業の終了時自己評価及び提言

3.1 本事業の自己評価

本項では、本事業の投入、活動、目標及び実施体制に基づき、本事業を評価6項目（妥当性、整合性、有効性、効率性、インパクト、持続可能性）の観点から評価した。

表 3.1 評価6項目の観点

評価項目	評価の観点
妥当性	・本事業の目的は、パレスチナの開発政策、ターゲットグループ・受益者のニーズ、日本の援助政策と合致しているか。
整合性	・同じ組織／政府が行う当該介入と、他者などその他の介入の相乗効果と相互関連及び組織／政府が従う国際規範と基準と当該介入との整合性があるか。
有効性	・本事業の目標は達成されたか。 ・本事業の目標達成の促進要因/阻害要因は何か。 ・アウトプットは本事業の目標達成に貢献しているか。
効率性	・アウトプットは投入を効率的に活用し、産出されたか。
インパクト	・上位目標は達成されるか。 ・本事業における（想定された/想定されなかった）正負のインパクトはあるか。
持続性	・本事業の効果の持続を担保する政策があるか。 ・必要な組織体制は整っているか。 ・カウンターパートは適切な技術・知識を有しているか。 ・本事業の効果を持続させるための活動に、十分な予算が割り当てられているか。

(1) 妥当性（Relevance）

本事業は、パレスチナの下水道事業開発政策、ジェリコ市役所の支援ニーズ及び日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。

1) パレスチナ政府の開発政策

パレスチナ自治区の国家政策アジェンダ（2017-22）では、下水の管理・処理及び再利用の拡大を優先課題として挙げている。また、PWA は、「National Water and Wastewater Policy and Strategy for Palestine (2013)」で、1)汚水による環境汚染の防止、2)下水道整備の促進、3)新規水源として下水処理水の農業利用、4)汚泥の適切な処理処分、を提唱している。

2) カウンターパートのニーズ

ジェリコ市役所は、下水道施設を良い状態に保つために下水道施設整備の促進、下水処理水の水質の管理及び下水道料金の徴収を実施し、人的・財政的な資源を管理する義務がある。また、ジェリコ市役所は戦略的4か年計画を策定中であり、ビジョンの一つに循環型社会の形成を目標に置いている。具体的には、太陽光発電施設設置による二酸化炭素 (Carbon dioxide: CO₂)排出削減 (SDGs 目標 7)、水道水源が限られるなか、新規水源としての下水処理水の再

利用（SDGs 目標 6）、そして下水汚泥を土壌改良材として再利用することによる植物育成促進（SDGs 目標 2）を目指している。

3) 日本援助政策

日本政府は、「平和と繁栄の回廊」構想においてヨルダン溪谷の経済社会基盤を強化することを謳っているが、同構想においてジェリコ WWTP が果たす役割は大きく、同地域一帯の社会経済発展に繋がる基礎インフラであることから、同施設の事業経営能力向上及び財政基盤強化の観点から貢献する本事業は、日本政府の援助政策とも合致する。

(2) 整合性（Coherence）

各政策及びドナー支援は、下水道整備事業を促進させ下水道普及率の向上を目的としており、整合性は高いといえる。

前述のパレスチナ政府の開発政策、カウンターパートのニーズ及び日本援助政策は本事業の目標と整合している。ドナー別の支援では、JICA が下水処理場及び污水管渠建設（延長 29.5 km）を実施（2014 年）し、USAID が污水管渠建設（29.2 km）を実施（2018 年）した。また、污水管渠建設に加え、JICA, PWA の支援により宅内下水管が整備され、下水道への接続が増加した。

さらに、污水管渠建設支援のため、USAID による調査・設計が実施（2023 年）された。同調査では、污水管渠建設約 30 km に加え宅内下水管の建設が含まれる予定であり、USAID プロジェクトが完成すれば、下水道普及率の更なる向上に貢献する。

(3) 有効性（Effectiveness）

本事業の有効性は高い。

1) 本事業の目標の達成の見込み

成果 1 から 3 は全て達成されており、本事業の目標である「ジェリコ市役所において持続可能な下水道事業経営体制が構築される」は達成される可能性は高い。その根拠として、成果達成に向けた 10 の活動が実施された。

2) 効果発現に貢献した要因

ジェリコ市役所は、下水道事業を直接管理監督する上下水道部だけでなく、上下水道料金徴収を実行する財政部、活動の周知や下水処理場の見学者を案内する広報部、部課の機能や法的な責任を管理する法務部、Samed Land 含むパイロットプラントの管理、プランテーション計

画を実行する健康環境部など他部課と情報を共有し、共同作業を実施していることが効果発現に寄与した。

3) ジェリコ市役所のオーナーシップと日本人専門家とのコミュニケーション

ジェリコ市側の強いコミットメントとオーナーシップが確認された。ジェリコ市役所は、1) 下水道接続管建設費の確保ため下水道整備用特別会計 (Special Account) を開設、2) 水質検査技師の新規雇用、3) 機械電気技師の募集（予算措置したが、結果、応募者なし）、4) 水質検査用の試薬購入費の確保、5) 下水処理水販売益の特定財源化（下水処理場のメンテナンス外部委託費用）6) 上下水道料金の一元徴収の促進、7) プリペイド式水道メータの設置促進、8) 水道料金未払い者に対する給水停止措置による罰則規程、9) 政府系施設から水道料金の未払い額の回収、10) 商業及び別荘に対する水道料金値上げによる財源確保、11) 下水処理水及び下水汚泥の再利用を行う試験圃場の予算措置とその実施、など実行してきた。

また、週例会議、JCC を通じて、ジェリコ市長及び市議会に報告することで、ジェリコ市役所は必要な予算を配賦・執行することの重要性を認識するようになった。

4) 本事業の目標達成の阻害要因

ジェニン市及びナブルス地区でイスラエルとの緊張が高まっており、2022 年 8 月以降、治安が不安定である。ジェリコ周辺にてイスラエル軍による検問が行われ、ジェリコへの出入り口で渋滞が生じる事態も起きた。

本事業では、An-Najah National 大学（ナブルス所在）とは水質測定分析（再委託）、汚泥成分分析（再委託）及び分析全般に関する協力関係を構築しようとしていた。しかし、治安が不安定になって以来、往来が制限され、日本人専門家と大学側が密に交流する機会が激減した。

(4) 効率性 (Efficiency)

本事業の効率性は比較的高いといえる。

a) 投入

1) 日本側投入

i) 専門家

本事業開始から 2023 年 7 月 28 日までに合計 3 名の専門家（合計 19.47 人月）が派遣された。下表に専門家の数と専門分野を示す。

表 3.2 専門家派遣

専門分野	人数	人月数
業務主任/下水道事業運営	1	10.77
水質管理	1	6.5
汚泥管理	1	2.2

なお、2021 年 11 月-2022 年 3 月頃までイスラエル国内でのコロナ感染者の急増により、外国人の入国制限が課せられ、一部専門家の渡航を延期した経緯がある。

ii) 日本側資機材

日本から提供された器材は、プリンター、水質試験試薬、空気清浄機など。

2) パレスチナ（ジェリコ）側投入

i) カウンターパート配置

ジェリコ市役所から本事業に関連する部課から 18 名が配置された。

ii) 土地建物

電気等を含む本事業の事務所スペースがジェリコ市役所より供与された。

b) 合同調整委員会 (Joint Coordinating Committee: JCC)

JCC は半年に 1 回開催された。

第 1 回：2021 年 12 月開催

第 2 回：2022 年 6 月開催

第 3 回：2022 年 12 月開催

第 4 回：2023 年 6 月開催

c) 週例会議 (Weekly Meeting)

ジェリコ市役所の関係部課と専門家チームは原則週 1 回週例会議を開催し、本事業の課題、対応、進捗などを確認した。本事業の期間中に週例会議は 49 回開催された。都度、議事録を作成し、関係者に配布することで議事内容を周知した。

d) その他会議

PWA、農業省及び関係機関との協議・ワークショップを実施した。本事業の期間中に会議は 76 回開催された。都度、議事録を作成し、関係者に配布することで議事内容を周知した。

カウンターパートと専門家チームは、JCC、週例会議及びその他会議の開催と議事録の回覧を通して、コミュニケーションや情報共有は十分に行われてきたと考えられる。

e) 本事業に対するオーナーシップ

前述したとおり、各コミットメントによりジェリコ市役所によるオーナーシップがみられた。専門家チームから週例会議、市長面談及び JCC で、本事業の課題と取り組みを定期的に報告することで、カウンターパートは必要な予算を配賦・執行することの重要性を認識することができた。

また、専門家チームとカウンターパートの間で定期的に緊密なコミュニケーションが行われたことも効果発現につながった。

(5) インパクト (Impact)

上位目標の達成見込みやその他のインパクトに鑑み、インパクトは比較的高いといえる。

1) 上位目標達成見込み

上位目標達成の見込みは中程度である。本事業では 9 つの重要業績評価指標 (KPIs: Key Performance Indicators) を設定し、下水道事業運営の評価を行った。KPIs の改善など一定の進捗はみられるものの、事業運営に対する継続的なモニタリングと KPIs に対する改善策の実施が必要となる。

また、カウンターパートが下水道事業運営の活動や改善を PWA に定期的に報告したこと、PWA の JCC 参加によりジェリコ市役所の下水道事業運営への取り組みが理解され、それが高く評価されたこと、PWA が追加投資に値すると判断したことなどが、他ドナー（特に EU）へ支援の推薦となった。

汚泥の再利用の取り組みと進捗状況を農業省、経済省及び地元農業組合に報告し、連携を強めることが、汚泥の再利用促進に寄与すると考えられる。

2) その他のインパクト

その他のインパクトとして、ジェリコ市外から見学者がジェリコ WWTP を訪問している。その目的として、1)ジェリコ WWTP への見学、2)学校の社会科見学、3)WWTP の O&M の学習、4)下水処理水放流及び下水汚泥発生による周辺環境への対応、5)下水処理水及び汚泥の再利用への取り組み、など。ジェリコ市役所広報部は、ホームページ/SNS で活動発信しており、好事例として正のインパクトがみられた。

負のインパクトは確認されていない。

(6) 持続可能性 (Sustainability)

持続可能性は比較的高い。

1) 政策面

ジェリコ市役所は、戦略的 4 か年計画を策定しているところであり、4 年後及び将来においてさらなる污水管渠の拡張を行うこととしている。また、ビジョンの一つにグリーンシティを掲げており、WWTP から発生する下水処理水は継続的に灌漑用水として有効利用していく。一方、下水汚泥は土壌改良材としての再利用を目指す。

2) 技術面

水質管理において、本事業の期間中、水質測定技能、分析・評価能力を向上することができた。WWTP の運転は、蓄積している水質データに基づき、適切に行われている。また、維持管理においては、技師の採用を試みたものの応募者がなく、外部委託へと方針を変更し、技師不足や機器修理・調達を補填することとした。

3) 財政面

下水道接続促進のため、宅内配管の工事費を確保するべく、上下水道部で新設した下水道整備用特別会計 (Special Account) に貯蓄をはじめた。また、WWTP の外部委託費の確保ため、下水処理水の販売益を充てることとした。一方、上水道事業では商業や新規建物に対して水道料金の値上げ、ゼロリーディングの廃止（水道メータの交換）、プリペイド式水道メータの設置を進め、財源確保に努めている。

ジェリコ市役所による整備及びドナー支援で下水道への接続が増加することにより、流入下水水量及び下水処理水量が増加することが期待できる。利用者及び下水処理水の増加は、下水道接続費の収入、下水道使用料金の増収、下水処理水の販売益増及び太陽光発電の新設による電気代削減などで財源が確保できることが見込まれる。

(7) 結論

本事業では、ジェリコ市役所のカウンターパートの下水道事業運営能力向上が行われており、本事業の目標の達成が見込まれるため、本事業の効果は高い。本事業の妥当性及び整合性は高く、効率性は比較的高いと評価される。インパクトは比較的高い。本事業の持続可能性は、比較的高いと評価され、財源の確保や適切な施設維持管理が継続されれば、持続性はさらに向上すると考えられる。

3.2 提言

1) 関係機関への定期的な活動報告

ジェリコ下水道事業運営の活動と成果を PWA に報告する。特に下水処理場の適切な運転維持管理及び水質管理により、下水処理水の再利用を維持していること、下水汚泥の再利用に向けた取り組みを報告する。

2) 水質管理及び汚泥成分測定の継続

水質測定用の試薬確保と定期的な水質測定を実施する。また、汚泥の成分分析（特に重金属含有量）も実施する。水質試験室で測定できない水質及び重金属の項目は外部委託とし、その予算を確保する。測定したデータは安全性を示すと共に、パイロットプラントのモニタリング（樹木の育成状況含む）に活用する。

3) 下水道事業活動の広報

下水処理場の運転状況、水質測定データ及び汚泥成分は定期的にジェリコ市役所のホームページにて開示する。また、下水道事業に係る活動内容を内外に周知するため、ホームページに掲載する。

4) ジェリコ農産加工団地(JAIP) からの下水受入れ

日本政府による「平和と繁栄の回廊」構想の中心を担う JAIP からの汚水受入れにあたり、ROJ 支援による前処理施設の O&M 含め、水質の監視など関係機関との十分な調整のもとで適切な体制が構築され、ジェリコ WWTP への汚水受入れが開始されることを期待する。

合同調整委員会 (Joint Coordinating Committee: JCC)の概要

本事業では半年に一度 JCC を開催し、カウンターパートが事業の進捗、課題と対応、などを説明した。以下、4 回開催された JCC の概要を述べる。

【1st JCC】

a) プロジェクト活動

- 2021 年 12 月 1 日に TeCSOM-II の第 1 回 JCC を開催した。発表題目と発表者は次のとおりである。

表 -1 第 1 回 JCC

	Title	Presenter
1	Outline of the Project	Eng. Mohammad Fityani, Head of Water & Wastewater Dept.
2	Outline of the Jericho Wastewater Treatment Plant (WWTP)	Eng. Omran Khalaf, Operator of Jericho WWTP
3	Current Status of Municipality Finance	Mr. Abdul Fattah Haddad, Head of Collection Management Sec.
4	Challenges & Schedule of TeCSOM-II	Satoru Oniki, Chief Advisor of the Project

- JCC の準備にあたり、各担当者は週例会議で取り扱ったテーマを十分に理解し、独自のプレゼン資料を作成し、説明を加えて JCC に臨んだ。プレゼン資料を添付資料 4.1 に示す。



写真 -1 第 1 回 JCC



写真 -2 C/P プレゼンテーション

b) プロジェクト成果

- JCC 後に、発表内容を議事録としてまとめ、主要関係者により署名を取り付けた。ミニッツを添付資料 4.2 に示す。主な内容は次のとおりである。

- 1) 水質監視体制の確立
 - i) 水質分析の人員補充の必要性
 - ii) JAIP を含む事業所からの排水水質監視の重要性
 - iii) 下水処理水を農家に販売していることから、下水処理水質の監視の重要性
 - iv) 水質管理の技術移転、水質検査技師の増員及び水質モニタリングシステムの強化
 - v) 下水汚泥の肥料施用基準への適合から再利用の可能性
- 2) 予防的保守点検の実施
 - i) 下水処理場で専属機械電気技師の配置
 - ii) 定期的な維持管理・補修
 - iii) 機器の長寿命化

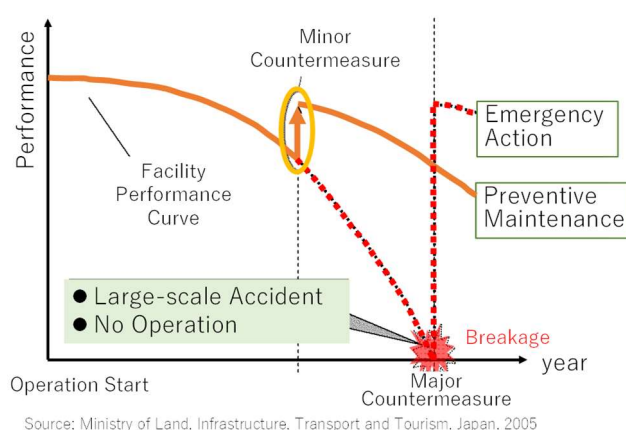


図-1 予防的保守点検の概念

- 3) 健全な下水道事業運営
 - i) 料金未払いに対するプリペイド式水道メータの導入での回収
 - ii) 政府系施設からの料金回収のため各省庁と直接対話
 - iii) 料金未払いの回収と料金徴収率の向上へ注力
 - iv) 下水管網の拡張や宅内下水管接続の促進への他ドナーによる支援
 - v) 太陽光発電設備の導入による O&M 費の低減化



写真 -3 ソーラーパネル



写真 -4 太陽光発電表示板

4) ジェリコ WWTP 見学用の PR 資料

- i) ジェリコ下水道事業の成功事例の紹介
- ii) 施設見学者への説明



写真 -5 WWTP 訪問者(1)



写真 -6 WWTP 訪問者(2)

【2nd JCC】

a) プロジェクト活動

- 2022 年 6 月 21 日(火)に第 2 回 JCC を開催した。第 1 回 JCC (2021 年 12 月 1 日開催) で協議された事項について活動及び成果が報告された。なお、ジェリコ新市長 (Mr. Abdul Karim Sidr, 2022 年 4 月就任) にとって初めての JCC となる。発表題目と発表者は次のとおりである。プレゼン資料を添付資料 4.3 に示す。

表-2 第 2 回 JCC

	Title	Presenter
1	the Project Progress	Eng. Mohammad Fityani, Head of Water & Wastewater Dept.
2	Outline of the Jericho Wastewater Treatment Plant (WWTP)	Eng. Omran Khalaf, Operator of Jericho WWTP
3	Water Quality Management	Mr. Sobhi Yaghi, Water & Wastewater Dept.
4	Buildup of Sewer Database with GIS	Eng. Sarah Abu Sittih, Planning & Project Dept.
5	Current Status of Municipality Finance	Mr. Abdul Fattah Haddad, Head of Collection Management Sec.
6	Challenges & Schedule of TeCSOM-II	Satoru Oniki, Chief Advisor of the Project

b) プロジェクト成果

- JCC 後に、発表内容を議事録としてまとめ、主要関係者により署名を取り付けた。ミニッツを添付資料 4.4 に示す。主な内容は次のとおりである。
- 第 1 回 JCC で議論された課題は次の 4 つであった。①WWTP の水質管理体制を確立する。このためにジェリコ市役所は、水質検査技師を 1 名増員する。②予防保守 (Preventive Maintenance) の実施。WWTP に保守管理の技師 1 名を増員する。③健全な下水道事業運営のために下水道料金の徴収。プリペイド式水道メータの設置促進と料金未払い者からの徴収、加えて政府系施設からの料金徴収。④下水道事業の PR 活動。

i) 水質管理体制を確立

MoLG はジェリコ市役所の 2022 年度予算を承認し、水質検査技師を採用することとした。ジェリコ市役所は、2022 年 6 月に地元新聞に人員募集を掲載し、締め切り前の 2022 年 6 月 28 日時点で 19 名の応募があった。7 月には書類審査、試験 (PWA で問題作成)、面接が行われた。

ii) 予防保守

保守管理技師は過去に募集したが、当時は応募者がいなかった。今回改めて技師を募集した。また、成果の一つとして、下水処理場の庭園の維持管理について市役所庭園課から毎日職員を派遣し、樹木の手入れを行っている。

iii) 下水道料金の徴収

料金徴収率は、上水道で 90% (2019)→66% (2020)→60% (2021)、一方、下水道で 31% (2019)→62% (2020)→46% (2021)で推移している。よって料金徴収率を向上するよう努力する。

iv) 下水道事業の PR 活動

PR 活動では、ドナーに関心を持ってもらうため、また、WWTP 訪問者がジェリコ市の下水道事業を理解してもらうために、PR 活動に注力している。ジェリコ市役所の Web サイトに下水道事業（英文、アラビア語とも）のタグを設置し、下水道事業のリーフレットを掲載している。会議などの活動は SNS を活用し、周知している。また、WWTP 場内のパイロットプラントにも試験圃場の実施を案内する看板を設置した。このほか、子供向けの案内のリーフレット案を作成し、ジェリコ市役所内で最終化した。

v) 週例会議による情報共有

ジェリコ市役所メンバーと TeCSOM チームは毎週、週例会議を開催しており、関係部署と活動、成果及び課題を共有し、プロジェクトを進めている。なお、会議後は内容を議事録にまとめ、関係者に配布し、議事内容を喚起している。

vi) TeCSOM チームからのプレゼンテーション

各担当から説明された TeCSOM-II の課題について、TeCSOM-II の業務主任者が整理し、それぞれの関係を説明した。主な課題は次の 7 項目である。①上下水道料金の徴収率向上、②料金未払い者からの回収、③パイロットプロジェクト 4&5 の下水道接続費徴収及び下水道料金の徴収開始、④污水管渠のデータベース化、⑤ドナー呼び込みのための PR 展開、⑥下水処理水水質確保のための水質管理、⑦下水汚泥の有効利用検討

第 2 回 JCC にて用いられたプレゼンテーション資料を添付資料 4.4 に示す。

2022 年 7 月 1 日から 8 月 12 日まで日本人専門家が不在となり、その間、カウンターパートは TeCSOM エンジニアと協働で作業した。また、2 週間に 1 回、週例会議を開催し、進捗・課題を確認した。日本人専門家はオンラインより参加した。

vii) 新ジェリコ市長よりコメント

市長は、①料金徴収率の向上、②下水道の接続促進及び③PR 活動に注力していくことを約束した。また、市長と PWA 総裁との協議（2022 年 6 月 20 日）で、PWA が水道管及び污水管渠の管材を提供することを約束したと、発表した。この支援は、管材が調達されることで、強力な下水道整備促進の要因となる。

viii) JCC ミニッツ

JCC のミニッツには次の 6 項目を記載し、関係者（JICA、ジェリコ市役所、PWA、TeCSOM）から署名を得た。①上下水道料金の徴収率向上、②パイロットプロジェクト 4&5 の污水管渠接続費の徴収、③污水管渠情報のデータベース化、④ドナー呼び込みのための PR 活動、⑤水質管理の実施、⑥下水汚泥の有効利用検討。

【3rd JCC】

a) プロジェクト活動

- ・ 2022 年 12 月 6 日に第 3 回 JCC を開催した。また、同日に下水処理水及び下水汚泥に関するワークショップを開催した。発表題目と発表者は次のとおりである。プレゼン資料を添付資料 4.5 に示す。

表 -3 第 3 回 JCC

	Title	Presenter
1	Project Progress	Eng. Mohammad Fityani, Head of Water & Wastewater Dept.
2	O&M of Jericho Wastewater Treatment Plant	Eng. Omran Khalaf, Operator of Jericho WWTP
3	Water Quality Management	Ms. Arwa Abusroor, Water & Wastewater Dept.
4	Buildup of Sewer Database with GIS	Ms. Shirad Alsafadi, Head of GIS Sec.
5	Current Status of Municipality Finance	Mr. Abdul Fattah Haddad, Head of Collection Management Sec.
6	Challenges & Schedule of TeCSOM-II	Satoru Oniki, Chief Advisor of the Project

b) プロジェクト成果

- ・ JCC では、残りのプロジェクト期間（6 か月間）で次のことに取り組むこととした。具体的な内容はミニッツに取りまとめた。ミニッツを添付資料 4.6 に示す。
- ・ ①上下水道料金の徴収率改善、②支払われた下水道接続費の一部が下水道事業に投資されることを住民に周知、③KPIs を用いた下水道事業改善の見える化、④污水管渠情報の一元管理、⑤下水道事業に係る適切な予算の確保と執行、⑥下水汚泥再利用の促進
 - ① ジェリコ市役所は、上下水道料金の徴収率を上げるために、罰則の適用やプリペイド式水道メータ（PPWM）の設置だけでなく、住民へ PR 活動を通じて、住民に上下水道料金の支払いを促すこと。
 - ② ジェリコ市役所は、徴収した下水道接続料が下水道事業に投資されることを住民に周知すること。
 - i) 第一段階として、上下水道部は下水道接続料の 20%を下水道接続、設備修理、減価償却などの下水道事業のために下水道整備用特別会計（Special Account）に積み立てる。
 - ii) ジェリコ市役所は、料金の一部が下水道サービスの向上につながることで、住民の理解を得るよう努める。
 - ③ ジェリコ市役所は、下水道事業運営の向上を見える化するために KPIs を用いること。
 - i) ジェリコ市役所は、関連データを蓄積し、定期的に KPIs 算出する。
 - ii) KPIs は下水道事業関係者に共有され、下水道事業の改善のために用いる。
 - ④ ジェリコ市役所は、GIS に統合された污水管渠データ（污水管渠位置情報）を用いて、下水道接続促進に活用すること。

- i) ジェリコ市役所は、污水管渠の敷設情報を用いて、各家屋の下水道への接続の可否を速やかに行い、下水道接続を促進する。污水管渠位置情報を用いることは、現場での確認を省力化し、職員の仕事を軽減することに寄与する。
 - ii) ジェリコ市役所は、下水道へ接続可能な家屋を抽出し、下水道への接続を促す。
 - iii) ジェリコ市役所は、既設污水管渠及び建物の立地情報より、優先度の高い污水管渠建設ルートを選定し、污水管渠計画を立案する。
- ⑤ ジェリコ市役所は、下水道事業に必要な予算である水質検査用試薬、機器修理などの費用を見積もり、これらの予算を確保すること。
- i) ジェリコ市役所は、下水水質の定期的な検査のため、水質測定の間計画を立案し、適切な仕様かつ必要な試薬量を見積る。そのうえで、予算の確保と遅滞のない調達により水質検査を実施する。また、水質測定結果は開示する。
 - ii) ジェリコ WWTP は供用開始から 9 年目を迎え、機器の修理が生じている。ジェリコ市役所は、適切な運転維持管理の下、機器修理・更新のための予算を確保するよう努める。
- ⑥ ジェリコ市役所は、下水汚泥の再利用のため、その安全性だけでなく有効性も示す。
- i) ジェリコ市役所は、市役所所有の **Samed Land** で下水乾燥汚泥を土壌改良材として試験を開始した。ジェリコ市役所は、土壌を分析、評価し、関係者に情報を公開する。

【4th JCC】

a) プロジェクト活動

- ・ 2023 年 6 月 22 日に第 4 回 JCC を開催した。発表題目と発表者は次のとおりである。プレゼン資料を添付資料 4.7 に示す。

表 -4 第 4 回 JCC

	Title	Presenter
1	Project Activities and Achievements	Eng. Mohammad Fityani, Head of Water & Wastewater Dept.
2	Reuse of Treated Wastewater and WWTP O&M	Eng. Omran Khalaf, Operator of Jericho WWTP
3	Water Quality Management	Ms. Arwa Abusrour, Water & Wastewater Dept.
4	Sewer Data Integration with GIS	Ms. Shirad Alsafadi, Head of GIS Sec.
5	Sewer Planning	Eng. Mohammad Fityani, Head of Water & Wastewater Dept.
6	Project Evaluation & Recommendations of TeCSOM-II	Satoru Oniki, Chief Advisor of the Project

b) プロジェクト成果

- ・ JCC では各活動とその成果について発表された。ミニッツを添付資料 4.8 に示す。

1) カウンターパートの活動及び成果発表

- ・ カウンターパートより、活動 1-1 から活動 3-2 までの 10 の活動とそれぞれの成果が発表された。JCC においては、冒頭にプロジェクト目標、上位目標が紹介された。

成果 1：下水管網拡大に係る計画策定能力向上

活動 1-1：下水道事業運営の分析

- 9 つの KPIs を用いてジェリコ市下水道事業を評価。特に下水道普及率、下水処理水の再利用率、WWTP 稼働率、下水道料金徴収率は、2015 年から 2023 年までの経年変化をグラフ化し、改善状況や問題点の抽出などの説明。
- 下水道事業の改善対策として現在取り組んでいる料金未払いの回収、上下水道徴収率の向上、料金未請求の排除（適切な料金請求）、料金収入源の確保及び PR 活動による市民の理解、などの説明。

活動 1-2：WWTP への流入下水水量予測

- WWTP の供用開始（2014 年 6 月）から 9 年が経過し、流入下水水量が当初約 250 m³/日から 2,437 m³/日（2022 年 8 月）へと約 10 倍増加。
- 人口増加、観光人口、開発計画、使用水量、下水道への接続、などの要因を考慮して 2026 年までの WWTP への流入水量を予測。この予測には他ドナーの支援を考慮していない。
- 計画によると、2024 年には WWTP の 2 池目の反応槽を使用開始する見込み。

活動 1-3：下水管網拡張計画

- 既設污水管渠の情報（JICA, USAID, パイロットプロジェクト 1-5）を GIS に入力し、一元管理体制を構築。また、各プロジェクト、フェーズ別に污水管渠情報を分類。
- GIS を用いることで污水管網データ（位置、延長、口径など）の蓄積と解析能力の向上。
- 最新の污水管渠情報を関連部課で共有化。
- 下水道へ接続もしくは未接続の家屋の判別と、整備重点地区の抽出。
- 污水管渠拡張計画で、優先度の高い地区/ルートを容易に選別。USAID コンサルタントの協議時に、GIS を用いて污水管渠情報を有効活用。

活動 1-4：下水道事業の財源確保

- Special Account を上下水道部に設置し、下水接続費の 20%を貯蓄することとし、下水道整備費用として特定財源とした。また、WWTP のメンテナンス費用確保のため下水処理水販売益 100%を Special Account に貯蓄することとした。
- パイロットプロジェクト 4&5 の家屋調査により接続費徴収と下水道料金徴収を開始
- 下水道料金徴収率向上のために上下水道料金一体徴収の徹底
- 上下水道料金未払いに対する給水停止措置の罰則規定

活動 1-5：PWA による下水管路拡大に向けた関係機関との意見交換の推進

- カウンターパートの PWA への下水道事業運営改善に対する活動とその成果報告
- PWA が JCC に参加し、ジェリコ市役所の下水道事業に対するコミットメントを高く評価
- PWA は、EU など他ドナーへジェリコ市役所への追加投資の価値があることを周知

成果 2：水質検査能力向上

活動 2-1：水質検査マニュアル/SOP の作成・改定

- 水質モニタリング計画の策定
- 12 種類（9 分析項目）の SOPs の作成・改定
- 異常水質流入時の対応手順の策定
- 水質測定用試薬の調達計画策定及びジェリコ市役所の予算確保

活動 2-2：水質検査の研修

- 水質測定機器の適切な使用方法に関する研修
- 作成したモニタリング計画及び SOP に準拠した水質測定の研修
- 測定機器の定期的なキャリブレーションによるデータ精度管理
- 成果として、水質測定能力（知識、技術）の向上、水質分析に関するデータ管理及びデータの活用

活動 2-3：水質検査の結果と非常時対応に関するセミナー

- 水質測定結果の説明と発表

- WWTP オペレータと水質検査技師との水質データ共有と WWTP 運転管理
- 水質データの公表による下水処理水の安全性への理解

成果 3：下水汚泥の再利用の検討

活動 3-1：下水汚泥処理方法の評価

- 下水乾燥汚泥の発生量把握、乾燥床での汚泥乾燥サイクルの計画
- 乾燥汚泥の成分分析結果と、含水率約 10%の確認、及び糞便性大腸菌(Total Fecal Coliform)の未検出より、下水汚泥の処理が適切であることの検証

活動 3-2：下水汚泥の再利用の協議

- 下水汚泥中の重金属含有量の基準順守による安全性の確保
- 汚泥成分分析より土壌改良材としての有効性の証明と再利用
- 農業省との協議、ジェリコ農場主（デーツ農家）へのワークショップ開催、下水汚泥の再利用への理解促進
- ジェリコ市役所のグリーンシティビジョンへ向けたプランテーションプロジェクトの予算確保と実施
- 下水汚泥の土壌改良材として、3つのパイロットプラント（Pilot Plant, Samed Land, プランテーションプロジェクト）の実施

2) JICA/TeCSOM チームからの提言

カウンターパートへの提言は次の 4 つである。

- 定期的な水質管理の実施と下水処理水及び下水乾燥汚泥の安全性確保
- WWTP への流入下水を増加（施設稼働率の増加）させるため、PWA 及び他ドナーへの継続的な下水道整備の支援依頼
- 定期的な PWA へのジェリコ市下水道事業運営の活動報告。特に下水処理水の再利用、下水汚泥を用いた試験農場の進捗報告。
- JAIP からの下水受け入れ

また、本プロジェクトの自己評価及び提言は業務主任者より発表され、その内容は第 3 章に記載した。

3) ジェリコ市長コメント

- ・ ジェリコ市長より、2 年間の活動と成果に感謝の意が示された。今後のジェリコ市の下水道事業について、以下のように言及した。
 - i) 2023 年 7 月には、下水処理水の収入 100%を Special Account に貯蓄し、ジェリコ WWTP の維持管理費用（外部委託費）に充てる。現在、外部委託の入札準備を進めている。

- ii) 2024 年末までに下水道接続率を 36%から 75%まで増加する。
 - iii) 太陽光発電が増設された場合、下水処理水の配水ポンプの電気代を低減する。
 - iv) ジェリコ市長は農業省大臣と協議の場を設け、下水汚泥の再利用促進について協議する意向である。
 - v) 下水処理水及び下水汚泥の利用において保険を掛け、農作物への被害が起きた場合の補償をすることを検討する。
- ・ 保険により農作物の被害を補償する考えは、JCC にて初めて示された。前回の市長との協議では、下水汚泥の再利用については消極的であったが、今回の再利用に向けた総合的な説明を受けて積極的な利用へと考えが転換したものと考えられる。
 - ・ 保険の適用は次のことを検討する必要がある。
 - i) 保険会社がどのような条件を課してくるか。
 - データ（項目、頻度）
 - ii) 補償対象
 - どのような状況（デーツの収穫量、味、サイズ、色、枯死）
 - 因果関係を証明する義務（利用者側）→保険会社が評価・判断
 - ジェリコ市役所：上下水道部、法務部、など
 - 3つの利用者分類 ①下水処理水と汚泥の利用、②下水処理水のみ、③汚泥のみ
 - 汚泥の利用者に対して1年間保険を掛ける。1年後、有害・悪影響が認められない場合、保険適用を解除。期間は2年も可