

ヨルダン国における水質監視・政策支援 システムの整備について

原 崇志¹・鶴巻 峰夫²・清水 清³・武内 正博³

¹非会員 理修 八千代エンジニアリング株式会社 環境計画部
(〒161-8575 東京都新宿区西落合 2-18-12)

²正会員 工博 八千代エンジニアリング株式会社 環境計画部
(〒161-8575 東京都新宿区西落合 2-18-12)

³非会員 八千代エンジニアリング株式会社 国際事業部 (〒161-8575 東京都新宿区西落合 2-18-12)

近年水資源が極めて乏しいヨルダン国では、水質汚染が深刻なものとなっている。迅速かつ効果的な水質汚染対策を実施するためには、水資源において汚水の混入を監視する必要がある。我が国に水質監視および政策支援システムの整備に関する援助を要請してきた。本プロジェクトでは、13のモニタリングステーションの構築と21種類の分析機器の供与、およびテレメトリーシステムの整備が実施された。この結果、ヨルダン国北部の主要河川の連続的な水質監視システムが整備され、また非常時に迅速に対応する体制が確立された。

Keywords: Water Pollution, Water Quality Monitoring, Telemetry System, Jordan

1 プロジェクトの背景と目的

開発途上国では、下水道の未整備に起因する水資源環境の劣化が著しい。特に水資源が極めて限られた中近東の開発途上諸国における水資源環境の劣化は、経済発展の妨げになるだけでなく、人々の生活基盤をも脅かすものである。近年、これらの国々では国内の経済発展等に伴い人口の増加および都市部への人口集中が見られ、水資源の不足および汚染問題がますます顕著な問題となっている。

ヨルダン・ハシェミット王国（以下、「ヨルダン」とする）は、中近東の中央部に位置している（図-1）。人口は約5,600,000人（2004年現在）、面積は890,000km²と日本の約1/4であり、国土の90%以上は砂漠もしくは荒地に覆われている。首都アンマンを含む同国北部の水供給は、ヨルダン川、ヤルムク川、ザルカ川、キングアブドラ運河といった数本の河川に依存している。

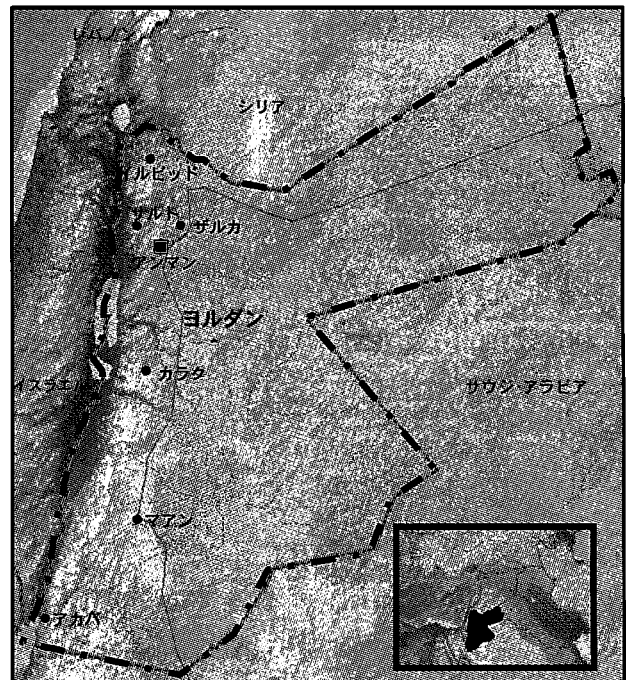


図-1 ヨルダン国の位置図

ヨルダンにおける水需要は、1991年の湾岸戦争後の帰還民による人口の急激な増加に伴って、近年大幅に増加している。その一方、農業排水及び工業排水の水系への流入量は年々増加しており、また下水処理設備能力が大幅に不足しているため、十分に浄化されない下水が水系に流入している。このため、ヨルダン北部の主要水源（ヨルダン川、ヤルムク川、ザルカ川、キングアブドラ運河）の水質汚染が問題となっている。特に、1998年夏期にアンマン首都圏の主要水源であるキングアブドラ運河において、富栄養化の現象が生じ藻類が大量に発生したこと

から、水質が極度に悪化し2ヶ月にわたって首都圏への給水がストップするという事態となった。

表-1に基本設計調査時における主要河川の水質を示す。この表よりアッサムラ下水処理場からの排水は、BOD、COD、TSS、全りん等の項目でヨルダン国排水基準を超過しており、処理が効果的に行われていないことが伺える。また、ヨルダン国主要河川の水質は、pHがやや高くアルカリ性であり、EC（電気伝導率）が比較的高い。これは、中近東における土壌の特性に起因するものであると考えられる。

表-1 基本設計調査時におけるヨルダン国主要河川の水質と排水基準

項目	単位	サンプリング地点				排出基準
		ヨルダン川 キングフセイン橋	アッサムラ下水 処理場出口	ヤルムク川 トンネル出口	運河との合流部	川・浅瀬・貯水池
pH	-	8.15	7.87	8.13	8.04	6.5-9.0
DO	mg/L	-	5.2	8.23	8.50	>1
水温	℃	-	20.5	23.20	21.9	
EC	μS/cm	6,270	2,539	1,007	1,691	
TDS	mg/L	-	1,232	597	991	3,000
TSS	mg/L	-	109	44	43	50
BOD ₅	mg/L	2.9	118	3	11	50
COD	mg/L	48.5	310	10	27	100
全りん	mg/L	-	19.4	0.70	4.3	15
全窒素	mg/L	-	89	4.24	15.39	-
Cl	mg/L	-	374	126	282	-

（出典：ヨルダン渓谷開発公社試験所及びヨルダン環境研究センター試験所）

ヨルダン国政府は、主要河川の水質測定・モニタリングの強化に意欲的に取り組むものの、全国的な主要水源における連続水質モニタリング施設が整備されていない。また、水質試験機関の保有する化学分析機器の老朽化や、必要な分析検体数に対する機器台数の不足及び精度の高い微量化学分析機器の不整備のため、水質分析能力及び分析データの精度が不十分な状態であった。さらにこれまでに関連機関がそれぞれ独自に測定した水質データの一元管理が行われていなかったことから、結果として水資源の統合的な保全が図られる状況は困難であった。こうした背景からヨルダン国政府は我が国に水質汚染監視・政策支援システムの整備に関する援助を要請し、平成13年度に本プロジェクトは無償資金協力によって実施し、平成16年3月に終了した。本プロジェクトの目的は、ヨルダン北部地域の水質モニタリング体制を整備し、測定結果を速やかに環境行政に反映させる体制を確立することであり、以下の3つのコンポーネントで構成される。

- (i) モニタリングステーションを構築し、主要河川の水質を連続的に観測する。
- (ii) 分析機器を供与し、ヨルダン国主要研究所の分析能力を向上させる。
- (iii) 各モニタリングステーションおよび試験所の分析データを一元管理するためのモニタリングセ

ンターを首都アンマン市内に設置する。このため、各モニタリングステーションからのデータを専用回線によって送信するテレメトリーシステムを構築する。

2 実施内容

2.1 モニタリングステーション

モニタリングステーション設置の目的は、水質一般項目を連続的に自動無人で観測しリアルタイムで測定データを送信することによって、水質汚染を早期に発見することである。

(1) モニタリングステーションの設置位置

モニタリングステーションの設置場所は、以下に挙げる要素および現地調査による地形的な特徴を考慮して、13ヶ所が選定された（図-2）。

- 河川の流入地点
- 河川の合流地点
- ダム等貯水池の流入・放流地点
- 下水処理場排水口地点等
- 浄水場・ポンプ場の取水地点
- 死海流入地点（ヨルダン川出口）

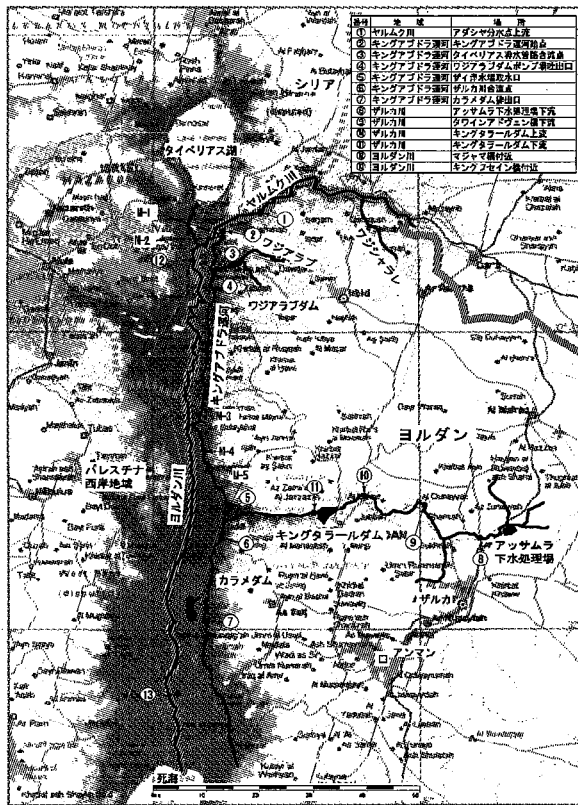


図-2 モニタリングステーションの設置位置

(2) 水質監視項目

モニタリングステーションにおける水質監視項目は、以下の8項目である。

基本項目： 水温、pH、溶存酸素、電気伝導率、濁度、COD

追加項目： 全窒素、全りん

このうち、水温、pH、溶存酸素、電気伝導率および濁度は容易に測定ができ、また水質の変化に対して敏感に反応することから我が国におけるモニタリングステーションでも通常測定されている。CODは有機汚染の程度を決定する重要な要素であり、下水処理場や工業地帯からの排水の流入による水質の変化が予想されることから監視項目に選定された。なお、CODの測定には維持管理の容易なUV法が採用されている。以上で挙げた6項目については、すべてのモニタリングステーションで測定されている。

また、一部タイベリアス湖から水を引いているキングアブドラ運河のモニタリングステーションでは、全りんおよび全窒素が監視項目に追加されている。上水としての利用されているキングアブドラ運河は、運河の数箇所では堰が設けられているため、閉鎖性水域とほぼ同様の状態となり、富栄養化が発生する可能性がある。この富栄養化の兆候を観測するために、我が国で湖沼において監視項目となっている全りんおよび全窒素を監視項目として追加することとなった。

2.2 化学分析機器

ヨルダン国では水質汚染の問題が認識されているものの、化学分析機器の老朽化や分析機材台数の不足のため、十分な水質分析の実施することができなかった。また精度の高い微量化学分析機器の未整備のため水質分析能力および分析データの精度が不十分であり、効果的な水質汚染防止対策を図ることが困難であった。

このような背景から、ヨルダン国水質分析機関の分析能力を向上させることを目的として、21種類の化学分析機器が供与された。供与先は、ヨルダン国を代表する3つの試験所である。

- ヨルダン水公社 (Water Authority of Jordan: WAJ)
- 環境研究センター (Environmental Research Centre: ERC)
- ヨルダン渓谷開発公社 (Jordan Valley Authority: WAJ)¹

供与機材は、必要な分析項目に対して妥当な分析機器であるか、妥当な分析精度を確保しているか、必要な検体に対して妥当な処理能力（機器台数）が確保できているか、維持管理に必要なスタッフおよび予算が確保されているか、を検討して選定された。以下に供与された分析機器の代表例を示す。

- ICP-MS
- ICP-AES
- HPLC
- GC-MS
- イオンクロマトグラフィー
- 蒸留・イオン交換水製造装置
- 水銀分析器

ICP-MSは本プロジェクトで導入されたものが、ヨルダン国初のものである。

また、これまでのODAにおいて、供与された分析機器が数年後には放置されるという問題が多々あったが、特にICP-MS等の高度な技術を要する分析機器についてはプロジェクト実施中に技術指導を、また終了後にも我が国に招待して研修を実施するなど、フォローアップも行われている。

2.3 テレメトリーシステム

13のモニタリングステーションで測定されたリアルタイムの水質データおよび化学分析機器を供与した3つの試験所のデータは、定期的にテレメトリーシステムを通じて王立科学院内に新設されたモニタリングセンター (Environmental Monitoring And Research Central Unit: EMARCU) に送られる。

¹ JVAの試験所は2003年1月にWAJの試験所に組織統合された。

図-3 にテレメトリーシステムとモニタリングセンターの全体概念図を示す。

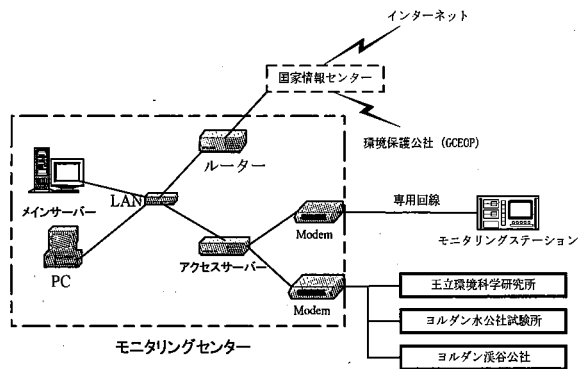


図-3 テレメトリーシステムの全体概要

収集されたデータは、モニタリングセンター内のネットワークで接続されたコンピューターシステムの中で管理・保存され、蓄積されたデータの解析が行われる。また、モニタリングセンターは、専用回線によって国家情報システム (NIS) に接続されており、NIS からはインターネット上で情報は公開される² (図-4)。このホームページを通じて、モニタリングセンターに蓄積される情報の潜在的な利用者は、以下が見込まれている。

- 行政組織 (王立科学院、環境省、水灌漑省、農業省等の水質汚染対策に係る機関)
- 灌漑組合等、水利用機関
- 長期計画等を策定する行政機関および各国援助機関
- 環境・開発等に係るコンサルタント
- 農業経営者

また、今後大学関係者や学生にもデータは公開される予定であり、研究目的に利用されることも検討されている。

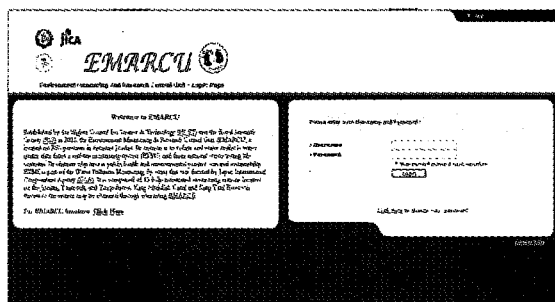


図-4 EMARCU ウェブサイトのトップページ

3 水質汚染対策への対応

プロジェクト実施以前のヨルダン国における水質汚染への対応は、図-5に見られるように各個別の水質汚染関連機関が傘下の試験機関からの水質分析結果を受けて独立して策定されていた。このために、同一地点で異なった水質汚染対策が採られることもある等、非効率的であり迅速な対応をとることが困難な状況にあった。

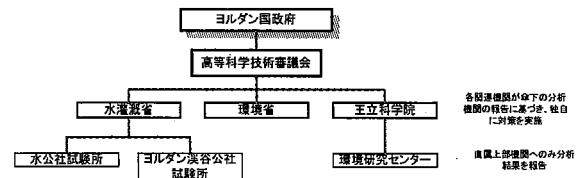


図-5 プロジェクト実施以前の水質汚染対策網

図-6 に本プロジェクト実施後に改定された水質汚染への対応体制を示す。図-5 では各個別の機関が独立して水質汚染へ対応していたのに対して、図-6 ではモニタリングステーションおよび3つの環境分析試験所において測定されたデータが一元的にモニタリングセンターに集約され分析された後に、各省庁の上部機関である高等科学技術審議会へ報告されることとなっている。このモニタリングセンターの運営委員は、環境省や自治省などの関連機関より構成されている。したがって、本プロジェクトによって構築された水質汚染防止体制によって、統合的かつ効率的な対策を策定することが可能となり、またその実施も迅速に行える体制が整ったこととなる。

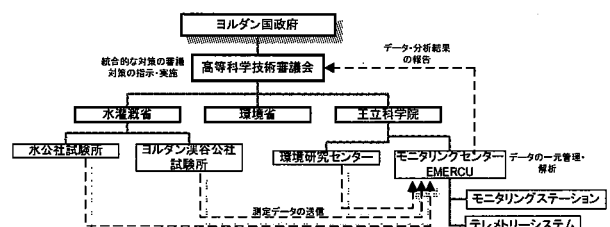


図-6 プロジェクト実施以降の水質汚染対策網

4 おわりに

本報文では、ヨルダン国に新規に構築されたモニタリングステーション、分析機器およびテレメトリーシステムを紹介した。水資源が極めて限られているヨルダン国北部において、連続的に水質を監視する意義は非常に高いものである。また、これまで各担当機関が独自に水質を計測し、その結果に基づいて独自に対策を打ち出していたが、本プロジェクトによって構築されたテレメトリーシステムは、ヨルダン国北部主要河川・運河のデータ

² <http://www.emarcu.gov.jo> ただし、ユーザーネーム & パスワードの取得が必要。

を一元的に管理することによって、省庁間を越えた統合的な水質汚染対策の実施が可能となった。さらに、3つの研究施設に必要な分析機器を供与したことにより、モニタリングステーションでの定期分析に加えて、重金属・有機物等の特定項目の分析能力も飛躍的に高まった。

本プロジェクトは2004年3月に終了し、同年5月にローマクラブ会長でもあるヨルダン国のハッサン王子を迎えてオープニングセレモニーが開催され、正式にその本格運用が始まったばかりである。現在の課題は、収集されたデータの運用管理者の育成であるが、データの蓄積とともに経験が積まれることによって、達成されるものと考えられる。

また、近年ヨルダン川の流出先である死海の環境汚染が顕著なものとなっている。今後、本プロジェクトによって構築されたシステムが適切に運用され、ヨルダン国

北部および死海の水質汚染防止に繋がることを切に願う。

謝 辞

本無償資金協力は我が国の無償資金協力により実施されました。無償資金協力で多大なご指導・ご鞭撻をいただきました在ヨルダン日本大使館、独立行政法人国際協力機構（JICA）、本プロジェクトにおけるカウンターパートであるヨルダン国高等科学審議会（Higher Council for Science and Technology）、および実行部門のモニタリングセンター（Environmental Monitoring and Research Central Unit: EMARCU）ならびに多大なご協力を賜りました関係企業の皆様に深く感謝の意を表します。

The Project of Water Monitoring System in the Hashemite Kingdom of Jordan

Takashi HARA, Mineo TSURUMAKI, Kiyoshi SHIMIZU and Masahiro TAKEUCHI

The water resources are significantly limited in the northern part of the Hashemite Kingdom of Jordan due to scarce of precipitation. Meanwhile, water pollution originated from domestic, agricultural and industrial effluents seriously threatens not only the country's economic development but also human life. For the objectives of preventing the entrance of pollutants and early checking, "the Project for Water Pollution Monitoring in the Hashemite Kingdom of Jordan" was conducted under the Japan's Grant Aid Scheme between 2001 and 2004.

The project consists of establishment of 13 Monitoring Stations, Telemetry System and Introduction of Analytical Instruments for 3 laboratories. The monitored data at the monitoring stations and analysed data at the laboratories are integrally stored and analysed at newly established Monitoring Centre (Environmental Monitoring and Research Central Unit: EMARCU). The enables for decision makers to establish effective and immediate countermeasures against water pollutions when found. The collected data is expected to contribute to water pollution prevention administration in Jordan.