調査報告

ナイルデルタ流域における集落排水処理施設の構築とその運転状況

小木曾 凡芳^{***}, 大石 貴行^{**}, 鈴木 祥広^{***}

要 旨

本調査報告では、新興国共通の課題として挙げられる農村部に適した低コスト型、維持管理簡易型の下水道処理施設の開発を目的とし、ナイルデルタ地域において集落排水処理施設を設置し、その運転状況を調査した。流入水と放流水の各水質項目で評価した結果、BOD_{88%}、COD_{82%}、濁度81%、大腸菌群数99%の除去率が得られた。建設費は、500人の計画人口に対し、総工事費\$76,000、\$152/人となった。

キーワード：集落排水処理施設、ナイルデルタ、新興国、低コスト型、維持管理簡易型

1. はじめに

エジプト国では、急激な人口増加（年2%、約150万人/年）に伴い、水の消費量が増大している。さらに、食料増産のための農地開発及び経済成長も加わり、農業・工業・生活用水の水需要が大幅に増加している。エジプト国は、この水使用の80%以上をナイル川に依存している。また、使用後の水も全て最終的にナイル川へ排水されており、ナイル川下流域の水質汚染は深刻な状態となっている¹⁻⁴⁾。水質汚濁の原因は、農地開発、経済成長にも起因しているが⁵⁾、下水道整備率の低さが大きな要因となっている。エジプト国内の下水道整備率は、2011年において、都市部90%、農村部12%、全体の平均として50%との報告がある⁶⁾。実際に現地でも調査したところ、維持管理が十分に成されておらず、運転を停止している施設、十分に処理されていない施設が数多く見受けられ、下水道整備率に含まれる処理施設も完全に機能を発揮している状態ではない。また、農村部の下水道整備率は、12%とされているが、実際には腐敗槽などの簡易処理も含まれており、適切に2次処理まで行われている施設は数カ所

である。

エジプト国の1人当たり名目GDPは、2004年に\$1,137であったものが、2014年には、\$3,303となり、10年間で2.9倍に上昇している。人口も、年間約2.0%の増加率となっており、近年急成長している国である。エジプト国のように経済成長が著しい新興国においては、人口の増加や産業の発展により、水質汚染、土壌汚染、大気汚染など多くの共通課題を有している。また、多くの新興国では、エジプト国と同様に下水道整備率が低く、技術レベルも高くなく、技術者も不足している。このような背景において、新興国への低コストで容易な維持管理を実現可能な下水処理施設の導入が急務となっており、エジプト国内でも他型式での施設建設及び研究が行われている。上村ら⁷⁾は、「初沈+DHS（下降流スポンジ懸垂リアクター）」を設置、進藤ら⁸⁾は、「嫌気槽、ばっ気槽、植生浄化槽を組み合わせた方式」による施設を建設した。ナイルデルタにある農村部の水不足と水質汚濁を解消し、農業排水の灌漑利用を促進することを目的として、現地においてパイロット式の集落排水処理施設を設置した。このプロジェクトの主要な目的は集落排水の処理であり、日本で多く実績

2016年2月16日受付、2016年6月3日受理

Construction and Operating Conditions of Rural Sewage Treatment Facility in Nile Delta

* 宮崎大学大学院農学工学総合研究科 OGISO Tsuneyoshi

** (株)三祐コンサルタント OISHI Takayuki

*** 宮崎大学工学部社会環境システム工学科 SUZUKI Yoshihiro

のある集落排水処理施設をさらに簡易化し、現地に実験施設を建設した。その運転状況及び今後の展開について報告する。

2. 集落排水処理施設の概要

2.1 プロジェクトの概要

図1に、パイロットプロジェクトの概念図を示す。パイロットプロジェクトは、農業排水を再利用するため、下記の施策を総合的に実施した。

- ①環境教育
- ②集落排水処理施設建設
- ③水路内浄化施設建設
- ④コンポスト施設建設
- ⑤再利用ポンプ建設
- ⑥組織強化

パイロットプロジェクトは、集落排水処理施設とコンポスト施設によって、汚濁負荷を軽減し、すでに汚濁の進んだ排水路の直接浄化施設により排水路水質を

向上し、再利用ポンプにより排水路から、灌漑水路への揚水を行うという一連のパッケージである。さらに環境教育と組織強化のソフト施策により、プロジェクトの継続性を図ったものである。そのパッケージのコアとなる施設が集落排水処理施設である。

2.2 集落排水処理施設の概要

集落排水処理施設は、図2に示すエジプト国北部のサンデラ村に設置した。サンデラ村は、北緯31.16°、東経30.81°、地中海まで約40 kmの地点に位置する。現況人口は286人、全家屋69軒の小さな農村である。施設の概要をとりまとめれば、以下のとおりである。

- ①計画年次：2033年（20年後）
 - ②計画人口：500人
 - ③日平均汚水量原単位：70 L/人・日
 - ④日平均汚水量：35 m³/日
 - ⑤計画流入水質：BOD 360 mg/L
 - ⑥計画放流水質：BOD 60 mg/L
- 処理方式は、(一社)地域環境資源センター (JARUS)

図1 プロジェクト概念図

図2 施設位置図

図3 施設フローシート

I型と称される「沈殿分離及び接触ばっ気を組み合わせた方式」を基本とした。図3に集落排水処理施設の処理フロー、図4に施設構造図を示す。また、写真1に施設の全景を示す。

施設は全長22.35 m、幅3.00 m、深さ3.95 mであり、施設用地の確保を考慮し、排水路の維持管理用道路下に設置した。写真1に全景を示すが、建屋は、排水路内への張り出し構造とし、処理水槽は、管理用道路下とした。処理水槽は覆蓋することにより、臭気対策とした。表1に、各放流水槽の寸法及び滞留時間を示す。施設全体の計画滞留時間は、54.1時間である。施設構造は、日本農業集落排水協会—I96型設計指針に準拠して計画した。

日平均汚水量原単位は、給水量より決定した。エジプト国の平均的な給水量として、カイロ（人口800万

人）等の大都市で300 L/人・日、シャルキア（人口30万人）等中都市で143 L/人・日、ミニア（人口25万人）等の地方都市で70 L/人・日としている。このことから、サンデラ村は、農村部であり、給水状況も良くないため地方都市の70 L/人・日として計画した。

ばっ気槽は、BOD 負荷 $0.3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ 以下となる容量を確保し、ブロー能力を $2.0 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{時}$ 以上となるように設定した。その結果、2.2 kwのブローを常用1台、予備1台として設置した。

2.3 コスト縮減対策

対象となるサンデラ村は、ほとんどの住民が農畜産業にて生計を立てており、経済的にも裕福ではなく、集落排水処理施設を管理できる技術者もない。したがって、維持管理が容易で安価となる施設とする必要がある。また、これをモデル地区として、エジプト全国及び他の新興国に展開するために建設費も縮減する必要がある。

2.3.1 建設費の縮減

建設費の縮減対策としては、以下の施策を図った。
①ばっ気槽に投入する担体として、現地で安価に入手可能な電線管を利用した。担体は、写真2に示すビニル製電線管 $\phi 25 \text{ mm}$ を5 cm程度に切断してばっ気槽へ投入した。比重は1.0以下であり、ばっ気によって槽内の循環流とともに流動する。電線管は、地方でも容易に入手でき、 $\$0.05/\text{m}$ であることから、担体 1 m^3 当たりのコストは $\$100$ 程度である。また、担体流動式にすることにより、生物膜法で重要となる生物膜の管理

平面図

断面図

図4 施設構造図

写真1 集落排水処理施設全景

写真2 ばっ気槽内担体

表1 処理水槽寸法及び滞留時間

槽名称	幅 (m)	長さ (m)	有効 水深 (m)	有効 容量 (m ³)	滞留 時間 (hr)
沈殿分離槽第1室	2.3	3.7	2.3	19.5	13.4
沈殿分離槽第2室	2.3	1.9	2.3	10.0	6.8
ばっ気槽第1室	2.3	5.0	2.2	25.3	17.3
ばっ気槽第2室	2.3	3.4	2.2	17.2	11.7
沈殿槽	2.3	2.3	2.2	5.8	4.0
消毒槽	1.2	1.2	1.0	1.4	0.9
合 計	—	—	—	79.2	54.1

が不要となり、逆洗などの操作を省略できるように配慮した。ただし、担体が劣化及び流出により減少した場合には、追加投入が必要となる。

②ブロー（イタリアROBUSCHI社製）、スクラムスキマー（エジプト製）、消毒器（イタリアEtatron社製）、配管設備（エジプトMISR ELHEGAS社製）等現地で調達可能な資材は、エジプト国での普及品とした。ただし、処理性能に大きな影響を与える散気装置（マルチフューザー）と空気流量計（日本フローセルFLT型）は、日本製品を現地へ持ち込んだ。

③沈殿槽の越流堰を1辺のみのコンクリート製とした。

以上の施策を含め、現地の施工業者による施工としたことによって、処理施設建設費は、太陽光発電設備を含め、\$76,000となった。また、管路は、φ150 mmの塩ビ管を530 m敷設し、\$19,500の工事費となり、総工事費は、\$95,500となった。用地取得費用は、施主である排水庁の土地を利用したことから、工事費には含まない。

2.3.2 維持管理費の縮減

維持管理費の縮減及び容易性の実現のために以下の施策を図った。

①太陽光発電によって、電気代の節約を検討した。集落排水処理施設運転に必要な電力は、ブロワー2.2 kwと塩素注入装置0.05 kwのみである。日中8時間を太陽光発電によって、1.5 kwを賄う計画とした。

②日本国内では、機器精度及び維持管理技術も高度であることから、タイマー制御等により維持管理を行うことが可能であるが、維持管理の確実性、容易性を考慮して、全て手動バルブ操作のみで運転することとした。

③汚水は全て自然流下とし、沈殿槽から沈殿分離槽または汚泥濃縮貯留槽への汚泥移送と沈殿槽からのスカム移送は、エアリフトポンプによって行った。原水ポンプが必要な場合でも、1.5 kwのポンプを2台設置する程度であることから、維持管理費は年間\$50程度増加するのみである。

2.4 放流水質の調査

本施設は、2015年7月に運転を開始し、機器の調整を繰り返しながら、2015年10月に本格運転を始めた。運転後、10月27日と11月3日の2回にわたって、水質試験を実施した。試料水は、各層の水面下20 cmの水を洗浄済みポリエチレン瓶に採取し、直ちに現地の実験室(Egyptian Public Authority for Drainage Project Central Department for East Delta Drainage project Central Department for Quality Assurance and control Soil and Water Laboratory)に持ち帰り、各項目の水質分析を行った。表2に、分析項目と分析方法を示す。

表2 分析項目と分析方法

測定項目	測定法
水温	ポータブル多項目水質計 WQC24
pH	ポータブル多項目水質計 WQC24 ガラス電極法
濁度 (TURB)	ポータブル多項目水質計 WQC24 90度散乱光測定方式 (赤外光)
溶存酸素 (DO)	ポータブル多項目水質計 WQC24 ガルバニ式隔膜電極法
残留塩素	デジタル残留塩素テスター HI711 DPD 法
亜硝酸態窒素 (NO ₂ -N)	ポータブル簡易全窒素・全りん計 TNP-10 ナフチルエチレンジアミン吸光光度法
硝酸態窒素 (NO ₃ -N)	ポータブル簡易全窒素・全りん計 TNP-10 亜鉛還元ーナフチルエチレンジアミン吸光光度法
アンモニア態窒素 (NH ₄ -N)	ポータブル簡易全窒素・全りん計 TNP-10 インドフェノール青吸光光度法
全窒素 (T-N)	ポータブル簡易全窒素・全りん計 TNP-10 ベルオキシニ硫酸加熱分解ー亜鉛還元ナフチルエチレンジアミン吸光光度法
全リン (T-P)	ポータブル簡易全窒素・全りん計 TNP-10 ベルオキシニ硫酸加熱分解ーモリブデン青吸光光度法
化学的酸素要求量(COD _{Cr})	重クロム酸カリウム法 HACK, DR-2010
生物学的酸素要求量(BOD)	ウィンクラアジ化ナトリウム変法
大腸菌群数	Colilert-18/Quanti-Tray 法
糞便性大腸菌群数	Colilert-18/Quanti-Tray 法

3. 結果と考察

3.1 集落排水処理施設の水質調査結果の概要

表3と表4に、集落排水処理施設の水質試験結果を示す。エジプト国における排水基準⁹⁾も付記した。

(1)水温, pH

水温は25.4℃～26.2℃となっており、安定している。排水基準となる35℃以下は、十分に満足している。

図5に、pHの各槽水質試験結果を示す。着色部は、文献¹⁰⁾に示される日本での維持管理上の目安値(例)とされている範囲である。2回の測定時において若干の違いはあるものの、沈殿分離槽ではやや低い値を示し、ばっ気槽において流入水よりも高くなる傾向は類似していた。本施設のpHは、文献¹⁰⁾に示される日本の集落排水処理施設の傾向と概ね一致する。また、2回ともエジプト国の排水基準となるpH6～9の範囲となっている。

表3 水質試験結果 (2015年10月27日)

項 目	単 位	原 水	沈分1	沈分2	ばっ気1	ばっ気2	沈 殿	消 毒	排水基準
採水時間	時 分	12 : 25	12 : 35	12 : 42	12 : 50	12 : 59	1 : 20	1 : 35	—
色	—	黒褐色	濁灰色	濁灰色	濁灰色	濁灰色	薄灰色	薄灰色	—
水温	℃	26.0	25.8	26.0	26.2	25.9	26.0	26.3	35℃以下
pH	—	6.82	6.52	6.56	6.83	7.32	7.24	—	6~9
濁度	NTU	623.0	241.5	204.0	445.1	624.0	140.9	119.4	—
DO	mg/L	0.93	0.25	0.41	1.02	5.28	3.21	2.52	—
残留塩素	mg/L	—	—	—	—	—	—	3.5	—
NO ₂	mg/L	—	—	0.50	0.56	0.49	—	0.06	—
NO ₃	mg/L	—	—	0.64	0.80	0.85	—	0.64	—
NH ₄	mg/L	5.34	4.00	4.65	5.30	5.92	—	5.11	—
T-N	mg/L	7.60	—	—	—	—	—	6.51	—
T-P	mg/L	5.57	—	—	—	—	—	3.20	—
COD _{Cr}	mg/L	408	—	242	—	38	—	60	80
BOD	mg/L	380	322	306	176	60	—	5	60
大腸菌群数	MPN /100 mL	18.9×10 ⁶	—	—	—	—	—	100以下	≤5000 CFU /100mL
糞便性 大腸菌群数	MPN /100 mL	17.5×10 ⁴	—	—	—	—	—	100以下	—

表4 水質試験結果 (2015年11月3日)

項 目	単 位	原 水	沈分1	沈分2	ばっ気1	ばっ気2	沈 殿	消 毒	排水基準
採水時間	時分	13 : 45	13 : 52	14 : 02	14 : 11	14 : 19	14 : 25	14 : 45	—
色	—	黒褐色	濁灰色	濁灰色	濁灰色	濁灰色	薄灰色	薄灰色	—
水温	℃	25.9	25.8	26.1	25.8	25.6	25.0	25.4	35℃以下
pH	—	7.53	7.00	6.95	7.38	7.68	7.44	—	6~9
濁度	NTU	764.7	384.6	116.2	340.1	383.1	151.8	131.6	—
DO	mg/L	1.99	1.61	1.25	1.29	4.12	2.24	3.40	—
残留塩素	mg/L	—	—	—	—	—	—	1.56	—
NO ₂	mg/L	—	—	0.28	0.24	0.55	—	0.05	—
NO ₃	mg/L	—	—	2.15	1.64	3.30	—	1.21	—
NH ₄	mg/L	2.31	2.54	3.79	5.67	5.75	—	5.04	—
T-N	mg/L	7.30	—	—	—	—	—	7.10	—
T-P	mg/L	6.02	—	—	—	—	—	4.36	—
COD _{Cr}	mg/L	388	—	220	—	58	—	70	80
BOD	mg/L	360	309	266	128	80	—	43	60
大腸菌群数	MPN /100 mL	11.0×10 ⁶	—	—	—	—	—	4,130	≤5000 CFU /100mL
糞便性 大腸菌群数	MPN /100 mL	7.5×10 ⁵	—	—	—	—	—	730	—

図5 水質試験結果 (pH)

図6 水質試験結果 (DO)

(2)DO

図6に, DOの水質試験結果及び日本における目安値¹⁰⁾を示す. 流入水のDOは日本の流入水水質と比較すれば, 0.93 mg/L, 1.99 mg/Lと低い数値となっている. しかしながら, DOの挙動は日本の目安値に類似した傾向を示した. すなわち, 沈殿分離槽で嫌気化され, 0.25 mg/L~1.6 mg/Lまで減少し, その後, ばっ気によりDOが上昇し, 沈殿槽, 放流水にて若干小さくなる傾向は, 本施設と日本の一般的施設と同一である. また, ばっ気槽第1室におけるDOが1.02 mg/L, 1.29 mg/Lと低いものの, 第2室においては5.28

図7 水質試験結果 (BOD)

mg/L, 4.12 mg/Lと高くなっており, 4.0 mg/L以上が確保されていることから, 良好なばっ気が行われていると判断できる.

(3)BOD

図7に, BODの水質試験結果及び日本の目安値を示した. 日本の流入BODは, 115~200 mg/Lとなっており, 本報告における処理施設の流入水質 (360 mg/L, 380 mg/L) と大きく異なる. 本施設のBOD負荷の方が高いものの施設構造は, BOD負荷にて決定していることから, 処理性能を確保できたと判断している. また, BODの除去プロセスは類似し, 各槽において段階的に除去され, 各処理段階におけるBOD除去率は, 日本の目安値と同等の結果を得ることができた. 10月27日の試験結果において, 流入水380 mg/L, 放流水5 mg/L, 11月3日の試験結果において, 流入水360 mg/L, 放流水43 mg/Lとなっており, それぞれの除去率, 99%, 88%と高い数値が得られた. いずれの放流水のBODもエジプト国の排水基準となる60 mg/Lを下回った. BODが11月3日の除去率となった場合には, 計画放流量35 m³/日であることから, (360 mg/L-43 mg/L) × 35,000 × 10⁻⁶ = 11 kg/日のBODの汚濁負荷が軽減された結果となる. 放流する排水路の流量は, 1.0 m³/sであるため, パイロット施設である本

施設による排水路のBOD改善効果は、0.1 mg/L程度である。別途実施した排水路の水質試験結果から、排水路のBODは、12~30 mg/Lとなっており、集落排水処理施設設置による改善率は、1%以下となり、低い。同様な施設がエジプト国内に広く普及すれば、その水質改善効果は大きいと期待される。

(4)COD_{Cr}

COD_{Cr}は、10月27日の試験結果において、流入水の408 mg/Lから放流水では60 mg/Lに大幅に低下した。また、11月3日の試験結果においても流入水の388 mg/Lから放流水は70 mg/Lとなっており、10月と11月のCOD_{Cr}除去率は、それぞれ85%と82%の良好な処理能力が確認された。本施設の放流水のCOD_{Cr}は、いずれもエジプト国の排水基準となる80 mg/Lを達成している。

(5)T-N, T-P

本施設では、T-NとT-Pの処理性能は期待していない。しかしながら、10月27日と11月3日の試験結果において、流入水と放流水のT-Nを比較したところ、それぞれの除去率は14%と3%となった。また、それぞれのT-Pの除去率は、10月27日と11月3日の試験結果において、それぞれ43%と28%となり、約30%の除去が期待できることがわかった。

(6)濁度

濁度は、10月27日の試験結果において、流入水623.0 NTU、放流水119.4 NTUであった。11月3日の結果では、流入水764.7 NTU、放流水131.6 NTUとなった。10月と11月における除去率は、それぞれ81%と83%であり、良好な結果が得られた。

(7)残留塩素

残留塩素は、それぞれ3.5 mg/L、1.56 mg/Lとなっている。第1回目の水質試験結果を受けて、注入量が多いと判断されたため、調整を行ったが、日本において残留塩素濃度の目安とされている0.2~1.0 mg/Lより高い数値となっている。消毒薬剤費の節減のためにも再度の調整が必要である。

(8)大腸菌群数

10月27日時点において、大腸菌群数と糞便性大腸菌群数は、いずれも100 MPN/100 mL以下となった。十分な消毒効果が得られている。また、11月3日においても、大腸菌群数は、流入水の11,000,000 MPN/100 mLから放流水では4,130 MPN/100 mLとなり、99.9%の除去率と高い消毒効果が得られた。また、糞

便性大腸菌群数も750,000 MPN/100 mLが730 MPN/100 mLまで減少し、99.4%の除去率が得られた。

エジプト国の大腸菌群数の排水基準は、5,000 CFU/100 mLである。日本の合併浄化槽の大腸菌群数(MPN/100 mL)と糞便性大腸菌群数(CFU/100 mL)の比率は、約8~40倍である¹¹⁾ことから、本施設の放流水は、91 CFU/100 mL(730 MPN/100 mL)であり、この基準を満たしていると推察される。

3.2 維持管理コスト

日常管理は、スクリーンの清掃、バルブ操作及び停電復帰時のプロワー電源のスイッチ操作である。バルブ操作によって、沈殿汚泥の汚泥濃縮貯留槽への移送及びスカムの沈殿分離槽への移送が行われる。日常管理は、農民により組織された維持管理組合により実施されている。日常管理の方法は、アラビア語で写真の解説と共に作成し、維持管理担当者に指導した。煩雑な操作はないため、現在平常に運転されている。

定期点検は、エジプト国政府住宅省の下部組織となる上下水道公社(Holding company of water and wastewater)により実施されており、汚泥引抜きと搬出、主要機器の維持管理、重大故障時の対応が行われる。

水質試験は、2.4項に示した排水局の水質試験室により1回/月行われ、継続的に良好な放流水質の確認を行う計画となっている。

維持管理費の内訳は、表5に示すように、年間\$1,488であり、これを全世帯の69軒から下水道料金として徴収すれば、年間\$21/世帯(\$1.8/月世帯)となる。この村の1世帯当たりの平均収入は、\$1,950であり、下水道料金は収入の1%程度となり、十分に支払い可能な金額である。電気代は、全動力2.25 kwのうち、日中8時間は、1.5 kwを太陽光発電によって賄えることができるため、買電量を22%縮減できる。また、エジプト国は、施策によって自然エネルギーの売電単価

表5 年間維持管理費内訳

項目	維持管理費(\$)
電気代	883
消毒薬剤費	50
人件費	305
消耗品費	250
汚泥処理費	0
合計	1,488

を買電単価の約2倍にしている。したがって、太陽光を売電とした場合には、約50%の電気代が縮減可能である。人件費は、農民の代表に日常点検の対価として支払われるもので、1ヵ月約\$25である。消耗品費は、プロワーフィルター交換、オイル代、維持補修費を含んでおり、年間約\$250と見積もられる。なお、污泥処理費は上下水道公社が1m³当たり約\$2で買い取ることとなっているが、污泥の収集は、国の施策で確実であるものの単価については、変動すること考えられることから、表5では無償引き取りとして維持管理費を見積もった。また、施設の更新費は、集落排水処理施設の平均耐用年数を30年とすれば、年間\$2,533となり、1世帯当たり年間\$36の負担である。これを加算しても支払い可能な維持管理費となる。

今回の実験施設の設置によって、建設費と維持管理費の安価な農村向けの集落排水処理施設の効果が確認できた。本施設の日常管理は容易であり、高度な維持管理知識も必要としないことから、農民の自主管理としても短時間の指導にて対応可能であることも実証された。今後、農村部での下水道整備率を高めるために、安価で維持管理の容易な同型式の施設がエジプト国の全国各地の農村部に設置されることが望まれる。本施設は、水質汚染が課題となっているその他新興国へ展開も十分可能であると判断される。

4. ま と め

エジプト国デルタに集落排水処理施設を初めて設置し、運転を行った。2回の調査結果の概要を以下にまとめる。

- (1)濁度は、流入水の623.0 NTUと764.7 NTUが、施設の放流水では、それぞれ119.4 NTUと131.6 NTUに大幅に低減され、その除去率は80%に達した。
- (2)ばっ気槽のDO値は5.28 mg/L、4.12 mg/Lまで上昇して日本国内における運転管理の目安としている4.0 mg/L以上に確保され、好気条件が良好に維持されていると判断できる。
- (3)BODは、流入水の380 mg/Lと360 mg/Lから放流水では5 mg/Lと43 mg/Lとなっており、それぞれの除去率は99%と88%と極めて高かった。いずれもエジプト国の排水基準となる60 mg/Lを下回った。

(4)COD_{Cr}は、流入水の408 mg/Lと388 mg/Lから放流水では60 mg/Lと70 mg/Lまで大幅に減少し、除去率はそれぞれ85%と82%となった。これらの放流水のCOD_{Cr}は、エジプト国の排水基準となる80 mg/Lを満足している。

(5)大腸菌群数と糞便性大腸菌群数は、それぞれ除去率99.9%と99.4%の除去率が得られた。本施設は、下水道が未整備となっている農村部流域において、公衆衛生の著しい向上に寄与できる。

(6)建設費、維持管理費共に大幅なコスト縮減を達成し、農村向け集落排水処理施設として全国展開可能と判断できる。

参 考 文 献

- 1) National Water Resources Plan 2017; Ministry of Water Resources and Irrigation, p.2-34, 2005.
- 2) (独)国際協力機構 (JICA) ; エジプト・アラブ共和国 ナイルデルタ地域農業用水水質改善・再利用計画プロジェクト準備調査報告書, p.9-21, 2011.
- 3) 小木曾凡芳, 大石貴行, 鈴木祥広; マイクロバブルによるナイルデルタの農業用水の浄化, 環境技術, **44**, (4), p.36-43, 2015.
- 4) Ministry of Water Resource and Irrigation National Water Research Center Drainage Research Institute; Drainage Water Status in the Nile Delta Year Book 2008-2009 Technical Report No. 79, June 2010.
- 5) 北村浩二; エジプトにおける灌漑のための排水再利用の現状と課題, 水土の知, **80**, (2), p.115-118, 2012.
- 6) The Center for Environment and Development for the Arab Region and Europe (CEDARE); Egypt Water Sector M&E Rapid Assessment Report, 2014.
- 7) 上村繁樹, 大久保努, 多川正, 荒木信夫, 原田秀樹; エジプトにおける下水放流水の灌漑利用の実態とその改善に向けての今後の展望, 用水と廃水, **57**, (3), p.219-229, 2015.
- 8) 進藤惣治, 山本公一; 地域の合意形成に基づく水質保全・排水再利用の取組み, 水土の知, **83**, (7), p. 557-560, 2015.
- 9) Set of Laws and Decrees on Protection of the river Nile against pollution & drainage of liquid wastes, The middle east library for economic services, p.51-56, 2009.
- 10) (社)地域資源循環技術センター; 農業集落排水処理施設維持管理マニュアル 日本農業集落排水協会—I型編 (JARUS I型), p.92-95, 2010.
- 11) 増田純雄, 山内正仁, 渡邊創太, 倉山信博, 土手裕, 丸山俊朗; 都市排水路の大腸菌群汚染に関する調査・研究, 環境工学研究論文集, **40**, p.523-530, 2003.