

エジプト乾燥地における汚水灌漑の実態調査

木更津工業高等専門学校 正会員 ○大久保努, 上村繁樹, 長岡工業高等専門学校 荒木信夫
香川高等専門学校 多川正, 新潟薬科大学 井口晃徳, 東北大学 高橋優信, 久保田健吾, 原田秀樹

1. はじめに

我々は、JST 先導的創造科学技術開発費補助金において、乾燥地の人々の健康に重大な脅威を与えている劣悪な水環境汚染の修復と汚水灌漑におけるリスク低減のために、途上国自国の国情や社会経済的条件に合致した適用可能な下水処理技術の創成を目指している。本プロジェクトは大きく3つのサブテーマから構成され、1.途上国が適用可能な“self-sustainable”な新規下水処理システムの開発、2.開発技術(DHS)の処理メカニズムの解明と健康関連微生物低減効果の把握、3.灌漑水の利用実態と病原性微生物による汚染実態調査、を柱とした研究開発を実施している。本発表では、サブテーマ3に対する現在までの調査結果について報告する。

2. 汚水灌漑の現況

現在、世界の乾燥地は、乾性半湿潤、半乾燥、乾燥、極乾燥を合わせると全陸地面積の47%にも上り、その多くが開発途上国にまたがっている。乾燥地では、下・廃水を灌漑に利用するいわゆる「汚水灌漑」が行われているが、未処理もしくは不十分な処理のまま使用されることが多く、そのため汚水灌漑を行う多くの農民や農作物の消費者に対して深刻な衛生学的なリスクを与えている。プロジェクトの拠点国であるエジプトは、国土面積の僅かに5%にすぎないナイル川周辺に総人口8200万人の95%がひしめいており、国家予算の5倍に相当する10兆円という巨額を投じて、砂漠地を農業・工業地帯に改革して人口分散を図るべく「国土改造20カ年計画(1997~2017年)」を実施している。この国家プロジェクトでは、下水処理水の再利用促進が最重要項目となっている。エジプトでは年間35億 m^3 の下水が発生し、その46%に当たる16億 m^3 が何らかの処理を施されている¹⁾。さらに未処理・処理済みは不明であるが、発生した下水のうち7億 m^3 が灌漑等に再利用されている。今後、人口や汚水量の増加により、生下水や処理の不十分な下水によるリスクは増加する恐れがある。しかしこれまでの調査では、下水灌漑の農地面積、水量、水質(とくに病原性微生物に関連する指標)など、リスク評価のためのデータが、少なくとも政府の主要な統計には表れていない。そのため現在、下水および下水処理水の灌漑利用の統計的データの収集(水量、水質、灌漑、農業従事者数、水系感染者数、病原微生物の特定など)を行い、データベースの構築を進めている。

3. 調査概要

エジプト北部のナイル川河口には、世界最大級のデルタ地帯が形成されており、2つの主流を境に東デルタ、中央デルタ、西デルタに分ける事ができる。今回の水質調査は、西デルタを流れる3つの主なドレインの内、EdukとUmoumを対象に行った(図1)。残りのEl-Qalaaドレインは、都市排水路と化し灌漑用水として利用されていないため調査対象外とした。調査項目は、pH、水温、ORP、塩分、大腸菌(*E. coli*)とし、*E. coli*の測定は既報に従った²⁾。得られた*E. coli*と利用用途より、用量-反応モデルを用いて*E. coli*により引き起こされる下痢症の感染リスクを算出した²⁾。

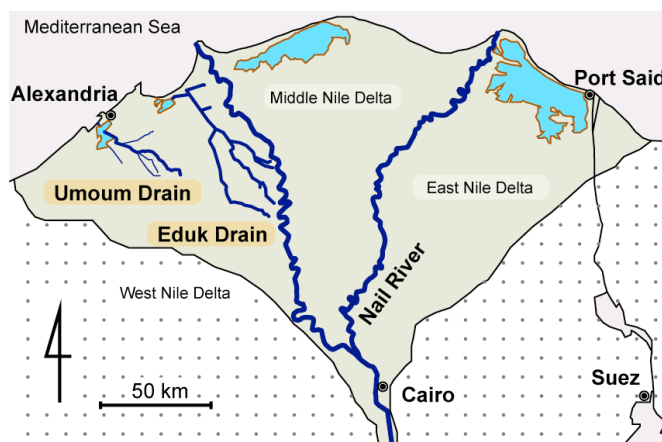


図1 ナイルデルタと調査対象ドレイン

キーワード 汚水灌漑, 大腸菌汚染, 水系感染症リスク, 下水処理

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東2-11-1 木更津高専 TEL0438-30-4165 (大久保)

表1 調査対象ドレインの水質結果

試料名	採水地点 (緯度経度)	pH (-)	Temp (°C)	ORP (mV)	塩分 (NaCl%)	E. coli (CFU/ml)	年間感染リスク(/年)	
							水稻栽培	散水
ED1	N 31°15'55, E 30°18'23	7.4	26.3	177	0.08	1.8×10^1	1.5×10^{-5}	3.6×10^{-6}
ED2	N 31°13'3, E 30°22'28	7.4	26	180	0.06	7.0×10^1	5.7×10^{-5}	1.4×10^{-5}
ED3	N 31°10'23, E 30°24'46	7.59	27.2	168	0.06	6.7×10^2	5.5×10^{-4}	1.3×10^{-4}
ED4	N 31°6'45, E 30°29'50	7.44	25.9	176	0.07	1.4×10^3	1.1×10^{-3}	2.8×10^{-4}
UD1	N 31°7'29, E 29°53'45	7.52	17.4	177	-	3.4×10^1	2.8×10^{-5}	6.8×10^{-6}
UD2	N 31°7'23, E 29°54'16	7.48	19.5	181	-	1.5×10^3	1.2×10^{-3}	3.0×10^{-4}
UD3	N 31°6'15, E 29°56'20	7.48	17.0	181	-	2.3×10^1	1.9×10^{-5}	4.6×10^{-6}
UD4	N 31°6'7, E 29°56'36	8.10	17.0	148	-	4.0×10^0	3.3×10^{-6}	8.0×10^{-7}
UD5	N 31°5'52, E 29°57'11	7.56	17.0	177	-	6.7×10^3	5.4×10^{-3}	1.3×10^{-3}
UD6	N 31°4'20, E 29°58'36	7.51	16.3	182	-	1.7×10^1	1.4×10^{-5}	3.4×10^{-6}
UD8	N 31°2'19, E 30°3'16	7.64	16.6	173	-	6.2×10^1	5.1×10^{-5}	1.2×10^{-5}
NR1	N 31°6'45, E 30°29'50	7.59	28.6	164	0.03	4.4×10^2	3.6×10^{-4}	8.8×10^{-5}

ED: Eduk Drain, UD: Umoum Drain, NR: Nile River

4. 結果と考察

調査対象とした Eduk (2012 年 9 月 27 日採水) と Umoum (2012 年 12 月 25 日採水) ドレインおよびナイル川 (2012 年 9 月 27 日採水) の水質結果を表 1 に示す. 全ての試料において pH は 7.5 程度, ORP についても 180mV 程度を示しており, 有機物流入による腐敗等の状態には無いことが伺えた. *E. coli* については, 試料名 ED4, UD2, UD5 において 10^3 CFU/ml を超える値が検出された. これら採水地点付近には, 生活排水の放流口とおもわれる配管が確認出来たこと, また家畜の飼育小屋等も見受けられたことから, それら排水の流入による局地的な汚染が懸念された. さらにドレインに流れ込むブランチドレインが *E. coli* に汚染されているとも考えられ, 追加的な調査が必要となった. その他の地点は 10^1 CFU/ml オーダーであり, ドレインの流量が比較的豊富であったところから希釈等の効果が考えられた.

これら調査から得た *E. coli* より, 用量-反応モデルを用いて農業従事者が使用したと想定して水系感染症の年間感染リスクを算出した. 農業従事者の利用用途として, 現地でのヒアリングより夏期 (5 月~10 月) には稲作 (水稻), 綿花, とうもろこし, 冬期 (11 月~4 月) には小麦, アルファルファ, 豆類の栽培が確認できたため, 水稻栽培 (暴露形態: 間接経口摂取, 誤摂取量: $0.3\text{ml}/\text{日}$, 頻度: $27.1\text{日}/\text{年}$) と散水 (暴露形態: 間接経口摂取, 誤摂取量: $0.1\text{ml}/\text{日}$, 頻度: $20\text{回}/\text{年}$) ²⁾ を想定した. その結果, EPA の定める年間の微生物許容感染リスク $10^{-4}/\text{年}$ を一つの基準とすると, *E. coli* が 10^3 CFU/ml を超えた場所では年間感染リスクが $10^{-3}/\text{年}$ となり, 灌漑利用には十分な注意が必要であった.

5. まとめ

調査結果より, ドレインの *E. coli* 汚染状況が明らかとなり, 安全に灌漑利用するには 10^2 CFU/ml オーダーに抑える必要がある. そのためには, 小規模集落に対応する下水処理施設を設置しドレインの汚染低減を図るなど, 現地の実情に合致した下水処理の普及が必要と考えられた. 今後は, 野菜等に付着した *E. coli* からのリスク算出を目指し, 消費者側の感染リスクについても追求する予定である.

謝辞: 本研究は, JST 先導的創造科学技術開発費補助金「乾燥地域における灌漑再利用のための革新的下水処理技術開発の国際研究拠点形成」(代表: 東北大学 原田秀樹) の補助を受けて遂行されました. ここに記して深謝致します.

参考文献

- 1) (社) 海外環境協力センター, 21 世紀初頭における環境・開発総合支援戦略エジプト・アラブ共和国, 環境省, 2005
- 2) 小原ら, 下水処理方式別の大腸菌低減効果と下水利用性評価, 土木学会関東支部技術研究発表会, VII-55, 2013