

令和元年6月20日現在

機関番号：52501

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H05339

研究課題名(和文) 下水資源の循環灌漑利用システム開発をめざした国際水質基準と健康影響シナリオの確立

研究課題名(英文) Establishment of international water quality standard and health effects scenarios in wastewater irrigation system

研究代表者

大久保 努 (Okubo, Tsutomu)

木更津工業高等専門学校・環境都市工学科・准教授

研究者番号：60581519

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,600,000円

研究成果の概要(和文)：淡水資源の枯渇が著しい開発途上国の乾燥地域では未処理下水を含む排水路の水を農業利用している現状があり、農業従事者は下水に直接的に接触するため健康へのリスクが増加する。定期的にエジプトの西ナイルデルタで採水した灌漑水のウイルス9種をリアルタイムPCRにより定量し汚染状況を把握したところ、調査対象のうちDishody排水路は汚染が著しく、灌漑への利用は水系感染リスク及び障害調整生命年より高いリスクを伴うことが示された。今後も持続的な灌漑利用をするには周辺都市から排出される下水を適切に処理することでリスクを低減する必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界人口の増加により一人当たりが使用可能な淡水資源量が減少する中、下水の灌漑利用が今後も世界的に増えていくと予想される。しかしながら下水には病原性微生物やウイルスなど、人の健康に直結する危険因子が含まれており、安全を担保した上での利用が求められる。本研究では、下水灌漑を行っている諸外国において汚染の実態調査を行い、現地で栽培されている農作物から農業従事者が農作業中に汚水を誤飲する量と頻度を設定し、人に対する健康影響を評価した。また、健康リスクを低減するにはそれら危険因子を減らす必要があり、現地に適用可能な下水処理方式を、消費電力とウイルス除去性能の両方を加味した上で比較評価し提言した。

研究成果の概要(英文)：The use of untreated sewage in agriculture is gaining attention as a result of rapid urbanization and increased global water scarcity. However, the incidence of waterborne infections among farmers in such areas is increasing due to the exposure of contaminated sewage. The aim of this study was to estimate the risk and health impact related to waterborne infections in farmers using agricultural drainage wastewater (ADW) for irrigation in the West Nile Delta. A total of nine viruses were detected by quantitative PCR and quantitative real-time PCR in ADW samples. The results of quantitative microbial risk assessment and disability-adjusted life year evaluation indicated that ADW of the Dishody drain is not acceptable for irrigation reuse. A water recirculation system including appropriate sewage treatment technology must be quickly installed to reduce microbial risks for farmers in the West Nile Delta.

研究分野：衛生工学

キーワード：下水処理水の灌漑利用 水系感染リスク 社会工学的評価

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

世界における淡水資源の最大の利用用途は灌漑であり、特にアフリカやアジアでは全淡水使用量の 85%~90% が灌漑に利用されている。世界人口の爆発的増加と食糧生産量の増大に伴い、今後、ますます灌漑用水の必要量は増加すると見込まれている。

そこで、淡水に頼らない灌漑用水として注目されるのが、貴重な資源としての下水である。安全性を確保した下水の利用は、安定的に水量を確保できる灌漑用水として、そして地球上の持続的水循環の一助を担う可能性を秘めている。下水処理水の灌漑利用の長所として、淡水資源に乏しい地域の貴重な水資源として有効利用が可能、下水の適正な処理による表層水の汚染防止、下水処理水の含有栄養塩類(窒素やリン等)が化学肥料の代替となるなどが挙げられる。一方で、下水処理水を利用するには、適切な水質管理を行い衛生的観点からの安全性を確保することが必要である。WHO によると、アジアやアフリカを中心に汚染された水利用による下痢性疾患は全障害調整生命年(DALY)世界疾病負担の 4.1% を占め毎年 180 万人の死因となっているが、それらへの対策は遅々と進んでいないのが現状である。

### 2. 研究の目的

淡水資源の枯渇が著しい開発途上国の乾燥地域を対象に、下水処理水を灌漑利用した際の農業従事者に対する水系感染リスクを評価する。併せて下水処理場設置による衛生指標細菌やウイルス除去効果を整理し、健康リスク低減効果を含めた社会工学的評価基準を確立し、国際標準を視野に入れた健康への影響シナリオを確立する。

### 3. 研究の方法

国内外で実施する研究項目を 5 つに細分化し、既に構築された国内外の研究者ネットワークを活用し遂行した。主目的が乾燥地域に属する開発途上国での汚水灌漑利用の調査であるため、本研究ではエジプトとインドの二カ国を調査対象国とした。研究期間は 4 年間とし、国内においては下水処理行程における衛生指標細菌やウイルスの低減効果、それら細菌(主に大腸菌)やウイルス(主にノロウイルス)による健康リスク(感染リスクおよび障害調整生命年(DALY))の評価手法を確立し、海外では流域住民へのヒアリング調査や水質調査を実施した。現地調査で得られたデータを元に汚水灌漑を利用している農業従事者の健康リスクを算出し評価した。また、安全を担保した汚水灌漑の利用を促進するため、現地の貧弱な電力事情を鑑みて各下水処理システムの電気消費量とノロウイルスの除去率の関係をまとめ、リスク低減と途上国に適用可能な下水処理システム導入の両観点から検討した。

### 4. 研究成果

#### ・ エジプトで農業利用されている汚水灌漑の水質調査

人口が集中するエジプト北部のナイル川河口は、ナイル川の 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。水質分析の拠点をアレクサンドリア(Alexandria)に設置したため、灌漑調査の対象は、西デルタを流れる Eduk ドレインと Umoum ドレイン、Umoum ドレインの支流である Dishody ドレイン(図 1(左))を選択した。ドレイン周辺には広大な農地が広がり、ドレインの水が取水され灌漑に利用されていることを確認の上、調査を実施した(図 1(右))。水質調査項目は、現地の水質基準項目に照らし pH、水温、溶存酸素、塩分、ORP、電気伝導率、大腸菌、大腸菌群、COD<sub>Cr</sub>、BOD、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、TKN、濁度、SS、VSS、色度、また Dishody ドレインは未処理下水の混入により特に水質汚濁が著しいことが明らかとなったため、追加的に 9 種のウイルス(アデノウイルス(ADV)、アイチウイルス(AIV)、エンテロウイルス(EV)、A 型肝炎ウイルス(HAV)、E 型肝炎ウイルス(HEV)、ノロウイルス GI(Noro GI)、ノロウイルス GII(Noro GII)、ノロウイルス GIV(Noro GIV)、ロタウイルス(RV))を対象に定量分析を実施した。

Eduk ドレインは流域 4 箇所を調査対象とした。水質は、支流が合流する中流地点において、大腸菌と大腸菌群、COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N が最高値を示し、それぞれ  $1.4 \times 10^5$  CFU/100mL、 $1.1 \times 10^7$

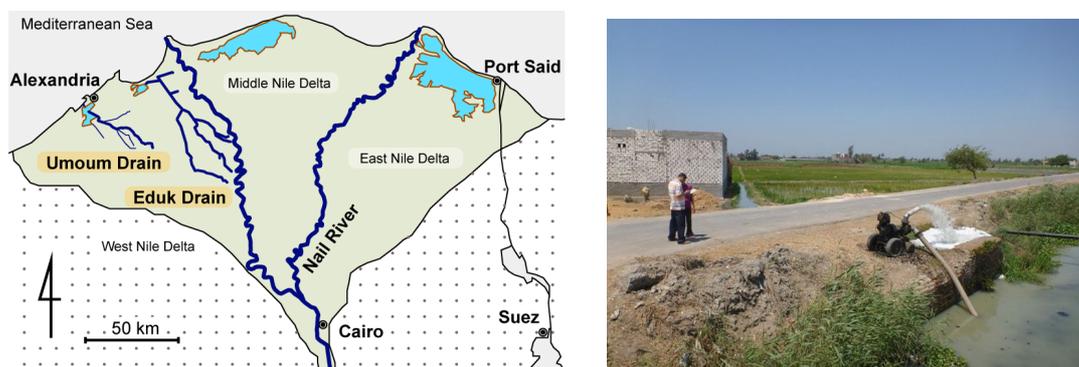


図 1 ナイルデルタの調査対象ドレイン(左)と Dishody ドレインからの取水の様子(右)

CFU/100mL, 20 mg/L, 4 mg/L であった。同時期に測定したナイル川本流の水質は大腸菌  $4.3 \times 10^4$  CFU/100mL, 大腸菌群  $4.9 \times 10^6$  CFU/100mL となりドレインの水質は本流よりもワンオーダー程度高い濃度が確認された。これにより Eduk ドレインでは流域からの生活排水等の混入により水質が悪化していることが示唆された。実際, Eduk ドレインの上流には人口 25 万人規模の Damanhour 市の他, 多くの集落が点在していることから, 未処理下水が放流されているものと推測された。エジプトにおける農業用水と農業排水を混合して灌漑利用する際の水質基準は大腸菌群  $5.0 \times 10^3$  CFU/100mL,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  15mg/L,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  0.5mg/L であることから, 現在利用している灌漑水質は, 大腸菌群,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  が基準を大きく上回っている。安全な利用のために水質改善の対応が必要であるが, 法整備や下水処理施設の設置が十分でないのが実情である。

Umoum ドレインは流域 16 箇所を調査対象とした (図 2, Okubo *et al.*, 2019)。全ての測定点で基準を満たしていなかった項目は, 塩分 (500mg/L 以下, 0.05% を 500mg/L として換算), 大腸菌群,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ , 色度 (100 以下) であった。DO についても基準値 (5.0mg/L 以上) を満たしたのは 3 箇所のみであった。Umoum ドレインの本流よりも支流のドレインにて高い汚染度が確認され, 特に Dishody ドレインは DO が低く (0.57~1.28mg/L), 大腸菌 ( $4.0 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^6$  CFU/100mL), 大腸菌群 ( $3.5 \times 10^5 \sim 5.5 \times 10^6$  CFU/100mL) と  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  (36~76mg/L) はそれぞれ最高値を示した。Dishody ドレイン 4 箇所 (D-1~D-4) については, 3 ヶ月毎のウイルス測定を加えるなど重点対象として水質調査を実施した。Dishody ドレインのウイルス定量結果を表 1 に示す。日本で比較的高濃度で検出されるアイチウイルスが検出限界以下であったものの, エンテロウイルスとノロウイルス GI, ノロウイルス GII が, それぞれ  $10^3$  copies/mL,  $10^1$  copies/mL,  $10^2$  copies/mL オーダーで検出され, 日本の下水とほぼ同程度であった。その後の調査で Dishody ドレインの上流には Kafr El-Dawar 市 (人口 26 万人) が存在し, そこからの下水は未処理のまま Dishody ドレインに放流されていることが確認された。ドレインは生活排水の排水路と化し汚染も深刻であるが, 現状, このドレインの水が未処理のまま周辺の農地で使われている。下水の再利用を促進する上で, 汚染度を低減する適正な下水処理の普及が必要である。

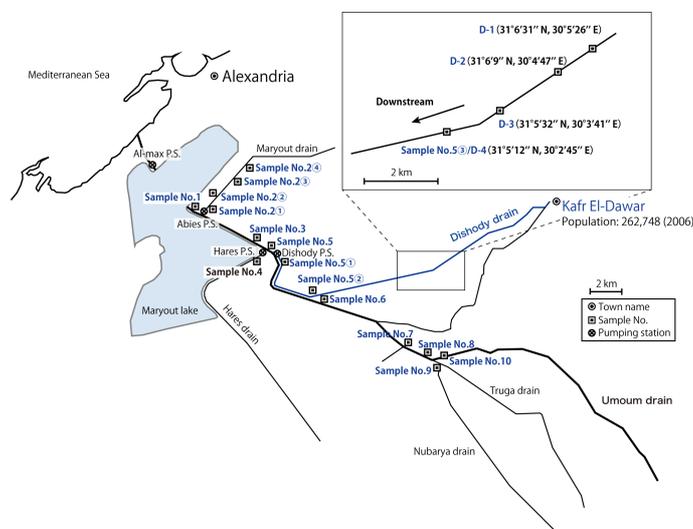


図 2 Umoum および Dishody ドレインの調査地点

表 1 Dishody ドレインのウイルス濃度

	D-1	D-2	D-3	D-4	Ave.	STD
Virus	[copies/mL]	[copies/mL]	[copies/mL]	[copies/mL]		
ADV	4.29	$1.15 \times 10^1$	5.68	1.99	5.87	4.05
AIV	ND	ND	ND	ND	-	-
EV	$1.57 \times 10^3$	$1.91 \times 10^3$	$1.45 \times 10^3$	$1.94 \times 10^3$	$1.72 \times 10^3$	$2.45 \times 10^2$
HAV	ND	ND	ND	ND	-	-
HEV	ND	ND	ND	ND	-	-
Noro GI	$6.30 \times 10^1$	$4.18 \times 10^1$	$2.63 \times 10^1$	$3.00 \times 10^1$	$4.03 \times 10^1$	$1.65 \times 10^1$
Noro GII	$1.63 \times 10^2$	$1.83 \times 10^2$	$6.42 \times 10^1$	$1.02 \times 10^2$	$1.28 \times 10^2$	$5.48 \times 10^1$
Noro GIV	$3.33 \times 10^1$	$3.24 \times 10^1$	$1.49 \times 10^1$	$2.18 \times 10^1$	$2.56 \times 10^1$	8.84
RV	5.41	5.47	3.55	ND	4.81	1.09

・ 汚水灌漑利用時の水系感染リスクの評価

下水やその処理水は、安定供給可能な水資源として注目が寄せられているが、それらの利用は水系感染症の感染リスク増大や健康への影響も懸念される。そこでエジプトの水質調査を元に、それらの水を灌漑に利用したと想定し、農業従事者に対する健康リスクとして感染リスク (USEPA 基準  $10^{-4}$ /年) と障害調整生命年 (DALY, WHO 基準  $10^{-6}$  DALYpppy) を算出した。さらに、安全に利用できる水質基準を算定し、その水質を達成するための最適な下水処理システムを評価した。

ウイルス測定はサンプル濃縮 (PEG 沈殿法)、ウイルス濃縮、RNA 抽出、逆転写反応を行った後、リアルタイム Microfluidic dynamic array で定量分析した。ウイルス定量に必要なプローブとプライマーは既報 (Ishii *et al.*, 2014) に準じた。本研究では、算出パラメーターとして多数報告があるノロウイルス GI とノロウイルス GII の濃度 (copies/mL) を合算し、下記計算式 (Yasui *et al.*, 2017) より健康リスクを算出し、各基準値と比較して判定した。

$$DALY_{pppy} = \left\{ 1 - \left( 1 - P_{inf}(D) \right)^n \right\} \times R_{inf} \times DB \quad (\text{式 1})$$

$$P_{inf}(D) = 1 - \exp\left(\frac{\ln 0.5}{ID_{50}} \times D\right) \quad (\text{式 2})$$

DALY<sub>pppy</sub>: 1 人 1 日当りの疫病負荷 [DALY/人・年],  $P_{inf}(D)$ : 1 日 (または 1 回) の暴露イベントにおける感染確率,  $D$ : 摂取病原体数 (Real-time PCR 法による定量結果 (Copy 数) をそのまま感染性を有するウイルス粒子数と仮定),  $n$ : 年間の暴露回数,  $R_{inf}$ : 感染症発症確率 (0.8),  $DB$ : 疫病負荷 ( $9.0 \times 10^{-4}$ /年),  $ID_{50}$ : 50% の確率で発症する際の摂取ウイルス量 (100)

対象とする農作物によって栽培に必要な水量や栽培日数が異なるため、本研究ではエジプトで栽培されているトウモロコシ (maize), 大麦 (barley), 水稲 (paddy rice) を対象作物とした。現地の気候条件、土壌条件等から栽培に必要な正味の灌漑水量を CROPWAT8.0 (FAO) より算出した。算出の結果、農作業する日数 (すなわち汚水に触れる日数 (式 1 の  $n$ )) は、トウモロコシ栽培で 43 日、大麦栽培で 36 日、水稲栽培で 16 日に設定し、農業従事者が農作業時に汚水を誤飲する量をトウモロコシ栽培と大麦栽培で 0.1mL/日、水稲栽培で 0.3mL/日に設定した。

表 1 に示した各地点のノロウイルス濃度より健康リスクを算定した結果を図 3 に示す。まず感染リスク (図 3a) は、トウモロコシ栽培で平均  $1.10 \times 10^{-1}$ /年 (最大  $1.45 \times 10^{-1}$ /年, 最小  $6.08 \times 10^{-2}$ /年), 大麦栽培で平均  $1.10 \times 10^{-1}$ /年 (最大  $1.45 \times 10^{-1}$ /年, 最小  $6.08 \times 10^{-2}$ /年) と示され、栽培日数が若干異なるが、感染リスクとしては同レベルとなった。一方、誤飲量を高く設定した水稲栽培では、平均  $2.95 \times 10^{-1}$ /年 (最大  $3.75 \times 10^{-1}$ /年, 最小  $1.72 \times 10^{-1}$ /年) と高いリスクが示された。DALY (図 3b) は、トウモロコシ栽培で平均  $7.15 \times 10^{-4}$  DALY (最大  $7.19 \times 10^{-4}$  DALY, 最小  $6.72 \times 10^{-4}$  DALY), 大麦栽培で平均  $7.09 \times 10^{-4}$  DALY (最大  $7.17 \times 10^{-4}$  DALY, 最小  $6.45 \times 10^{-4}$  DALY), 水稲栽培で平均  $7.17 \times 10^{-4}$  DALY (最大  $7.20 \times 10^{-4}$  DALY, 最小  $6.85 \times 10^{-4}$  DALY) となった。全ての作物栽培で感染リスクは  $10^{-1}$ /年、DALY は  $10^{-4}$  DALY オーダーとなり、それぞれの USEPA と WHO の基準を大きく上回るリスク下で現地の農作業が行われている可能性が示唆された。

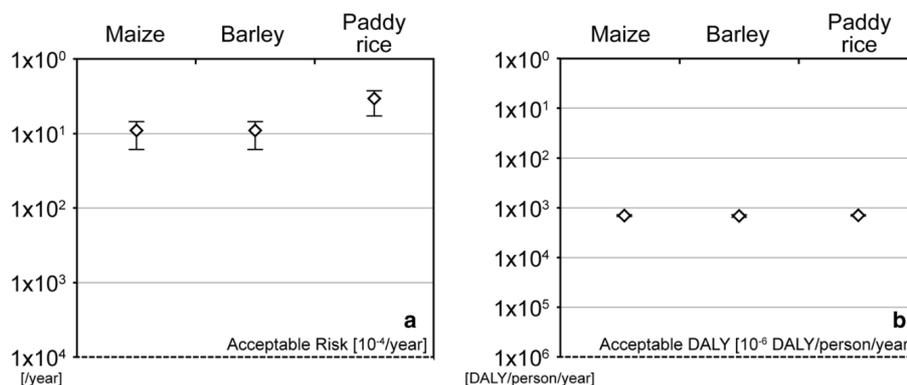


図 3 対象作物栽培時の感染リスク (a) と DALY (b) (Okubo *et al.*, 2019)

健康リスクは活化または不活化ウイルスを判別せずに計算したが、リスクの計算精度を向上するには不活化ウイルスを除いた活化ウイルスのみで計算することが望ましい。判別する手法は幾つか提案されており、PMA-qPCR 法を下水に適用した際の活化ノロウイルスはノロウイルス GI で 44.7%, ノロウイルス GII で 79.4% であったと報告している (Randazzo *et al.*, 2018)。このパーセンテージを本研究で得られた定量濃度に当てはめると、活化ウイルス濃度 (推定値) はノロウイルス GI で  $1.80 \times 10^1 (\pm 7.39 \times 10^0)$  copies/mL, ノロウイルス GII で  $1.02 \times 10^2 (\pm 4.34 \times 10^1)$  copies/mL となる。この濃度を基に再度健康リスクを計算したところ、感染リスクは  $10^{-2}$ /年と

なり  $10^{-1}$ /年から若干のリスク低下が確認された。DALY については、再計算後においても  $10^{-4}$  DALY オーダーと変わらない結果となった。

現地の実情を勘案しながらリスクを下げる方策を考えると、Umoum ドレイン本流は水量も豊富で汚染の程度も Dishody ドレインと比べると低いことから本流の水を灌漑に利用する。また、汚染は流域の集落や街から排出された未処理下水が原因と考えられることから、ある程度の人口規模の街では下水道の整備、一方点在する集落においては分散型処理として浄化槽などの設置により、ドレインの水質も改善し、農業従事者の健康リスク低減につながると考えられた。またインドでは下水処理水を灌漑利用している実態が確認されたため、現地で採水した下水処理水のウイルス定量結果より同様の手順で解析を行ったところ、エジプトと同様に高いリスクが確認された。例え下水処理を行ったとしても適切に運転が行われ、病原性微生物/ウイルスの除去が確実に低減される必要がある。エジプト Dishody ドレインの D-4 試料とインド下水処理場の未処理下水のノロウイルス濃度より、WHO 基準の  $10^{-6}$  DALY を達成するのに必要なノロウイルス濃度を逆算により算出したところ、各試料で必要な除去率はエジプトの D-4 試料で 4.3 log、インドの下水で 4.8 log となった。この除去率（目標値）が達成される下水処理システムの選定を行った。

・ 下水処理方式別のウイルス低減効果と適正下水処理技術

現地調査の結果、下水処理水または下水が含まれた灌漑用水の農業利用は、水系感染リスクと DALY から判断し基準を大きく上回る結果となり、現在の利用方法には高いリスクを伴うことが示された。そこでリスク低減を目的に、現地の電力事情が貧弱な現状を鑑みて各下水処理システムの電気消費量とノロウイルスの除去率の関係をまとめ、リスク低減と途上国に適用可能な下水処理システム導入の両観点から検討した。本研究で得られた成果と既往研究（板倉ら、2016；国交省、2010；Kobayashi *et al.*, 2016）の情報から図 4 を作成した。想定した下水処理システムは、先進国で主流な標準活性汚泥法とエネルギー消費量を抑えた途上国向け下水処理技術として設置事例が増えている UASB（上昇流嫌気性スラッジブランケット）+DHS（下降流懸垂スポンジ）システムの 2 つを中核技術とし、それらの後段にノロウイルスの除去を目的とした付加処理技術を設置することを想定した。付加処理技術は 5 種類（活性汚泥法、膜ろ過法、塩素処理、オゾン処理、急速ろ過）を選定し、中核技術との組み合わせを 13 通り想定した。

WHO 基準の  $10^{-6}$  DALY pppy を達成するのに必要なノロウイルス除去率を算出したところ、エジプトの D4 試料で 4.3 log、インドの下水で 4.8 log と計算された。ノロウイルス除去率は標準活性汚泥法のみで 2.4log、UASB+DHS システムで 1.4log 程度であり、それらの処理だけでは基準は達成されない。基準を満たす除去率を得る下水処理方法として、エジプトでは膜ろ過法、インドでは UASB+DHS+膜ろ過法を設置することで消費電力量が抑えられリスク基準を満たす除去効果が得られる組合せとなった。ここに示した除去性能は代表的な数値であり、運転条件により最適な組合せが変化する可能性はある。例えば DHS は HRT（水理学的滞留時間）を 3.2 時間にするとノロウイルス GII の除去率が 3 log まで向上（Iguchi *et al.*, 2016）できる。そのため、図に示した UASB+DHS システムのノロウイルス除去率を運転条件によっては 1~2 log 程度上昇させることも可能と考えられる。必要除去率に達しないシステムであっても最適な運転条件を探索することでリスク基準を満たす可能性が示唆された。ただし本提案はあくまでノロウイルスを対象としたものであり、他のウイルス種も含めた適正下水処理技術の提案と総合的なリスク算出は今後も検討を重ねる必要がある。

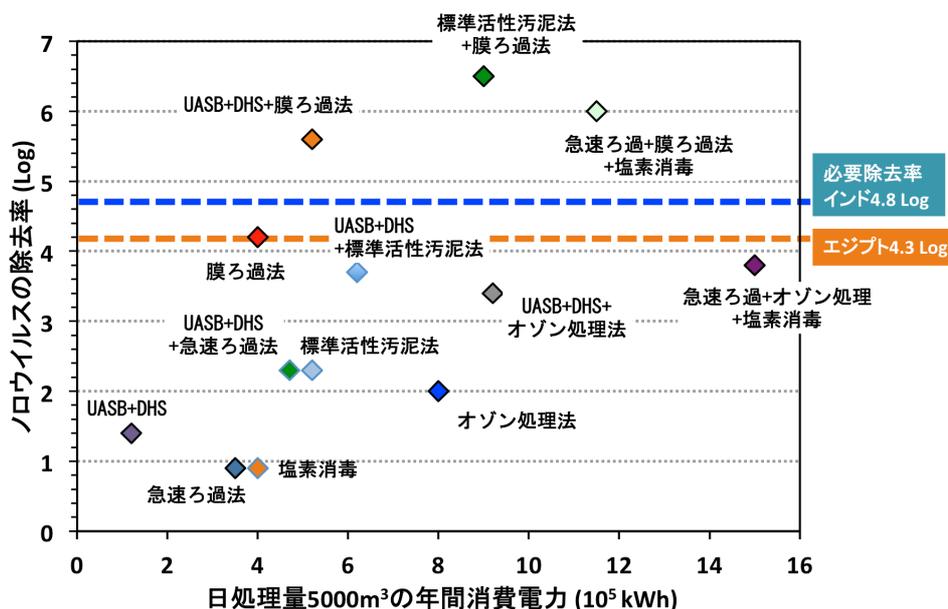


図 4 下水処理におけるノロウイルス除去率と消費電力の関係

## 5 . 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計17件)

Tsutomu Okubo, Akinori Iguchi, Shuya Tanaka, Shota Uchida, Tadashi Tagawa, Mamoru Oshiki, Nobuo Araki, Ahmed Tawfik, Masanobu Takahashi, Kengo Kubota, Hideki Harada, and Shigeki Uemura, Health impact of agricultural drainage water for farmers in the West Nile Delta, *Int. J. Environ. Res.*, 13(2), 319-325, 2019.

Masashi HATAMOTO, Tsutomu OKUBO, Kengo KUBOTA, Takashi YAMAGUCHI, Characterization of down-flow hanging sponge reactors with regard to structure, process function, and microbial community compositions, *Appl. Microbiol. Biotech.*, 102, 10345-10352, 2018.

景政柊蘭, 長町晃宏, 井口晃徳, 久保田健吾, 高橋優信, 原田秀樹, 押木守, 荒木信夫, 大久保努, 上村繁樹, 多川正, 最初沈殿池+DHS システムに付加する下水処理水の灌漑利用のための消毒システムの開発, *土木学会論文集 G (環境)*, 74(7), III\_333-III\_340, 2018.

Oshiki, M., Miura, T., Kazama, S., Segawa, T., Ishii, S., Hatamoto, M., Yamaguchi, T., Kubota, K., Iguchi, A., Tagawa, T., Okubo, T., Uemura, S., Harada, H., Kobayashi, N., Araki, N., Sano, D.: Microfluidic PCR amplification and MiSeq amplicon sequencing techniques for high-throughput detection and genotyping of human pathogenic RNA viruses in human feces, sewage, and oysters, *Front. Microbiol.*, 9(830), 1-10, 2018.

Kobayashi, N., Oshiki, M., Ito, T., Segawa, T., Hatamoto, M., Kato, T., Yamaguchi, T., Kubota, K., Takahashi, M., Iguchi, A., Tagawa, T., Okubo, T., Uemura, S., Harada, H., Motoyama, T., Araki, N., Sano, D.: Removal of human pathogenic viruses in a down-flow hanging sponge (DHS) reactor treating municipal wastewater and health risk of the use of effluent for agricultural irrigation. *Water Res.*, 110, 389-398, 2017.

長町晃宏, 井口晃徳, 瀬戸雄太, 久保田健吾, 押木守, 荒木信夫, 大久保努, 上村繁樹, 高橋優信, 原田秀樹, 多川正, 一次沈殿+DHS システムによる衛生指標微生物の処理性能評価, *土木学会論文集 G (環境)*, 72(7), III\_187-III\_195, 2016.

### 〔学会発表〕(計34件)

田中周弥, 丸山涼介, 大久保努, 上村繁樹, 途上国農業のウイルス汚染状況とリスク低減に向けた処理システム, 第45回土木学会関東支部技術研究発表会, VII-18, 2018.

Tsutomu Okubo, Akinori Iguchi, Shuya Tanaka, Shota Uchida, Tadashi Tagawa, Mamoru Oshiki, Nobuo Araki, Ahmed Tawfik, Masanobu Takahashi, Kengo Kubota, Hideki Harada and Shigeki Uemura, Evaluation of disability-adjusted life year and microbial risk for farmers using agricultural drainage water for irrigation in the West Nile Delta, 7<sup>th</sup> IWA-ASPIRE, PP-053, Kuala Lumpur, Malaysia, 2017. (優秀ポスター発表賞受賞)

Tsutomu Okubo, Akinori Iguchi, Shuya Tanaka, Shota Uchida, Ahmed Tawfik, Shigeki Uemura, Actual conditions on agricultural drainage water for irrigation in West Nile Delta, The 2<sup>nd</sup> International Symposium on Convention and Management of Tropical Lakes, Siem Reap, Cambodia, 2017.

田中周弥, 丸山涼介, 大久保努, 上村繁樹, 下水灌漑の2毛作栽培を想定したウイルス対象の健康影響評価, 土木学会第44回関東支部技術研究発表会, VII-43, 2017.

内田翔太, 上村繁樹, 大久保努, 荒木信夫, 押木守, 多川正, 井口晃徳, 高橋優信, 久保田健吾, 原田秀樹, 気候条件を考慮した下水の灌漑利用に対する健康影響評価, 第50回日本水環境学会年会, 2-I-11-1, 2016.

### 〔図書〕(計0件)

### 〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

### 〔その他〕

ホームページ等

Researchmap : <https://researchmap.jp/read0150357>

Researchgate : [https://www.researchgate.net/profile/Tsutomu\\_Okubo](https://www.researchgate.net/profile/Tsutomu_Okubo)

## 6 . 研究組織

(1)研究分担者 無し

(2)研究協力者

研究協力者氏名 : 上村繁樹, 安井宣仁, 井口晃教, Ahmed Tawfik, Vinay Kumar Tyagi

ローマ字氏名 : Shigeki Uemura, Nobuhito Yasui, Akinori Iguchi, Ahmed Tawfik, Vinay Kumar Tyagi