

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04315

研究課題名（和文）カルバペネム耐性腸内細菌の水環境中での動態とその制御方法の検討

研究課題名（英文）Occurrence of carbapenem-resistant Enterobacteriaceae in water environment and examination of control processes for the resistant Enterobacteriaceae

研究代表者

山下 尚之（Yamashita, Naoyuki）

愛媛大学・農学研究科・教授

研究者番号：90391614

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、河川流域におけるカルバペネム耐性腸内細菌（CRE）の存在実態について調査するとともに、下水処理場におけるCREの動態を明らかにし、水処理プロセスにおけるCREの除去特性について考察を加えた。また、人間への健康リスクを考える上で、水環境中に存在するCREの各種抗菌薬に対する薬剤耐性を明らかにすることは重要であることから、水環境中からCREの単離を行い、各種抗菌薬に対する薬剤耐性プロファイルを明らかにするとともに、CREが保有する耐性遺伝子を調べた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、水環境中におけるカルバペネム耐性腸内細菌（CRE）の存在実態を明らかにするとともに、水中のCREを低減する水処理プロセスについて考察を加えている。本研究は、水環境中におけるCREの存在実態や水域に存在するCREを制御するために有用な知見を提供しており、社会的意義のある成果が得られている。また、水環境中に存在するCREの各種抗菌薬に対する薬剤耐性を明らかにすることにより、CREによる感染症に対する経験的治療（empiric therapy）を行う上で有用なデータを提供しており、学術的意義のある成果が得られている。

研究成果の概要（英文）：The occurrence of carbapenem-resistant Enterobacteriaceae (CRE) in the water environment was studied in this research. The removal of the CRE in the wastewater treatment plant (WWTP) was also determined to evaluate effective water treatment processes for the control of the CRE present in water. Since the resistant patterns of the CRE against various antibiotics used in medical field provide the important information to treat infectious diseases, the resistant profiles of the CRE isolated from the water environment and the antibiotic resistant genes of the CRE were determined in this research.

研究分野：衛生工学

キーワード：薬剤耐性菌 カルバペネム耐性腸内細菌 水環境 大腸菌 大腸菌群

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

抗生物質の発見と医療への適用は、感染症対策に多大な貢献をもたらしたが、一方で薬剤耐性菌の出現という重大な問題に直面した。医療現場ではメチシリン耐性黄色ブドウ球菌 (MRSA) やバンコマイシン耐性腸球菌 (VRE) 等といった薬剤耐性菌の蔓延例が多く報告されている。特に、医療現場においては、1990年代頃から基質特異性拡張型ラクタマーゼ (ESBL) 産生耐性菌の検出が報告され、2000年代からはその増加傾向が見られ、感染症対策において問題となっている。また、1990年代後半からは、カルバペネム系抗菌薬に耐性を示すカルバペネム耐性腸内細菌 (Carbapenem-Resistant Enterobacteriaceae, CRE) の増加が見られ、感染症対策において深刻な問題となっている。この薬剤耐性菌は、抗菌薬の最後の砦と言われているカルバペネム系抗菌薬に対する耐性を持つとともに、ペニシリンやセフェム系等の他種類の抗菌薬に対する高度多剤耐性を持つために、医療分野では特に重要視される薬剤耐性菌である。

水環境中における CRE の存在は、環境水と人間との接触を通して、CRE が人間に感染する可能性があるため、人間の健康に対するリスク因子となり得る。そのため、河川流域などの水環境中における CRE の存在実態や下水処理場における CRE の除去特性、処理特性を明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

上記のような背景から、河川流域などの水域における CRE の存在実態を知ることは重要であると考えられる。また、CRE の重要な発生源として都市下水が考えられるが、下水処理場における CRE の動態や除去特性を明らかにすることは、水環境中の CRE を制御していく上で重要な知見となる。

そこで、本研究では、河川流域における CRE の存在実態について調査するとともに、下水処理場における CRE の動態を明らかにし、CRE 制御に重要となる水処理プロセスでの除去特性を調査した。また、人間への健康リスクを考える上で、水環境中に存在する CRE の各種抗菌薬に対する薬剤耐性を明らかにすることは重要であると考えられることから、水環境中から CRE の単離菌株を取得し、各種抗菌薬に対する薬剤耐性プロファイルを明らかにするとともに、保有する CRE の耐性遺伝子を調べることを研究目的とした。

3. 研究の方法

(1) 河川流域および下水処理場における CRE の調査

河川流域における調査は、愛媛県松山市の市街部を流れる宮前川と、愛媛県内を東西に横断的に流下しており、愛媛県内の水利用において重要河川となっている重信川水系において実施した。宮前川における調査では、宮前川上流部 (M1)、宮前川に放流される下水処理場放流水 (M2) および宮前川下流部 (M3) において試料採取を行った。重信川水系における調査では重信川上流 (S1)、石手川ダム (S2)、石手川湯渡橋 (S3)、小野川 (S4)、内川 (S5)、重信川下流 (S6) の 6ヶ所において試料採取を行った。また、下水処理場における調査では、標準活性汚泥法により下水処理を実施している A 下水処理場において、流入下水、最初沈殿池流出水 (初沈越流水)、最終沈殿池流出水 (終沈越流水) および塩素消毒後の下水放流水の 4箇所において、スポット試料として下水の試料採取を行った。

(2) 水環境中の腸内細菌と CRE の計数

研究対象の細菌類としては、腸内細菌の大腸菌および大腸菌群とした。大腸菌および大腸菌群の分離培養には XM-G 寒天培地 (ニッスイ) を用いた。河川水および塩素消毒後の下水放流水試料についてはメンブレンフィルター法を、その他の試料については混釈培養法を用いた。培養温度は 35 とし、培養庫で 18~22 時間の培養を行った。大腸菌の計数は培地の上に発育した青色のコロニーを、大腸菌群については赤色コロニーを計数した。

本研究では、CRE としてカルバペネム系抗菌薬であるイミペネム (IMP) に対して耐性を示す IMP 耐性大腸菌および大腸菌類を計数した。すなわち、イミペネムを添加した XM-G 培地と環境試料を混釈して培養庫内で培養し、イミペネムに耐性を有する大腸菌および大腸菌群を CRE として計数した。河川水および下水処理場の終沈越流水、下水放流水試料についてはメンブレンフィルター法を、その他の試料については、混釈培養法を用いた。培養温度は 35 とし、18~22 時間の培養を行い、IMP 耐性の大腸菌および大腸菌群のコロニーを計数した。

(3) CRE に関する薬剤感受性試験

CRE の薬剤感受性試験は、市販の感受性試験用ディスクを用いて実施した。すなわち、IMP 耐性の単離菌株について、リン酸緩衝生理食塩水 (PBS) によって McFarland 標準濁度 0.5 に調整し、ミュラー-ヒントン S 寒天培地に均一に塗抹した後、感受性試験用ディスクを置いて、培養温度 35、16~18 時間の培養を行った後、阻止円の直径を測定した。供試薬剤は、アンピシリン (ABPC)、セフポドキシム (CPDX)、セファゾリン (CEZ)、セフォタキシム (CTX)、セフトジジム (CAZ)、フロモキシム (FMOX)、セフメタゾール (CMZ)、セフェピム (CFPM)、ファロペ

ネム (FRPM), アズトレオナム (AZT), イミペナム (IMP), メロペナム (MEPM), ドリペナム (DRPM), ピアペナム (BIPM) とした。また, 2 種類以上の薬剤に対して中程度耐性以上を示す菌株を多剤耐性菌と定義し, 次の式によって, 多剤耐性度 (MAR index: Multi-Antibiotic Resistance index) を算出した。

$$\text{MAR index} = a / (b \cdot c)$$

a: 被験菌が耐性を示した薬剤の数の総和

b: 試験で使用した薬剤の数

c: 被験菌の数

(4) CRE の保有する耐性遺伝子の分析

画線培養によって, 下水から CRE の単離菌株を取得し, その単離菌株について PCR 法により CRE の保有するカルバペネマーゼの遺伝子型を調べた。カルバペネマーゼ遺伝子としては, KPC, IMP, NDM, VIM, XA-48-like, GES を対象として, PCR 法で各遺伝子の増幅を行った後, PCR 増幅産物は 3% アガロースゲルを用いたゲル電気泳動によって, 各遺伝子の存在の有無を確認した。

(5) 塩素による CRE の消毒実験

下水から取得したカルバペネム耐性の大腸菌単離菌株とカルバペネム感受性の大腸菌単離菌株を用いて, 塩素による消毒実験を行い, 塩素消毒耐性の比較を行った。培養した単離菌株について, PBS で洗浄して培地成分を除去した後, PBS に再度懸濁させて塩素消毒実験に供した。下水処理場における消毒プロセスでは, 遊離塩素がアンモニアと反応して, クロラミンが生成されることから, クロラミンによる消毒実験を実施した。アルカリ性条件下で, 次亜塩素酸ナトリウム溶液と塩化アンモニウム溶液を混合して反応させ, クロラミンを生成させて消毒実験に供した。クロラミンの有効塩素濃度は 1mg/L, 大腸菌株とクロラミンとの接触時間を 15 分と設定して実験を行った。

4. 研究成果

(1) 河川流域における CRE の存在実態

河川流域 (宮前川) における大腸菌群の存在実態に関して, 河川上流部 (M1) では 89 CFU/mL, 下水処理場放流水 (M2) では 116 CFU/mL となった。河川上流部 (M1) と比較して, 下水処理場放流水 (M2) では, 若干高い値が示されたが, 河川下流部 (M3) では 22 CFU/mL まで低下しており, 河川流下に伴って大腸菌群数が低下していた (図 1)。IMP 耐性大腸菌群数について, 宮前川流域では, 検出限界付近もしくは不検出の場合が多く, 下水処理場放流水 (M2) においても, $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1}$ CFU/mL 程度の低い濃度レベルであった。また, 河川下流部 (M3) では常に不検出であり, 下水処理場から IMP 耐性大腸菌群が河川へ流入した場合でも, 河川流下に伴って IMP 耐性大腸菌群数は低下していた。

重信川水系における実態調査については, 重信川水系の 6 箇所から河川試料を採取して, 大腸菌群数および IMP 耐性大腸菌群数を調べた。重信川流域の大腸菌群の存在実態について, 重信川上流 (S1), 石手川ダム (S2), 石手川湯渡橋 (S3), 重信川下流 (S6) では, $1 \times 10^1 \sim 1 \times 10^2$ CFU/mL 程度の値が示されたが, 小野川 (S4) および内川 (S5) については, 他の地点よりも高い値となる傾向が見られ, $5 \times 10^2 \sim 6 \times 10^2$ CFU/mL となった。一方, IMP 耐性大腸菌群数の存在実態については, 重信川上流 (S1), 石手川ダム (S2), 石手川湯渡橋 (S3), 内川 (S5), 重信川下流 (S6) の 5 ヶ所については, 検出限界近くもしくは不検出の場合が多かったが, 小野川 (S4) については, 6×10^{-1} CFU/mL 程度の値が示され, 重信川水系の他の地点より高い値となっていた。前述の通り, 小野川では大腸菌群数についても他の地点より高い 6×10^2 CFU/mL という値が示されており, 大腸菌群数に対する IMP 耐性大腸菌群数の割合は, 0.1% 程度となっていた。小野川流域は, 河川流域に市街部が多いが, 下水道の未整備地域も存在しており, 流域から生活排水が流入しており, そのため, 大腸菌群数および IMP 耐性大腸菌群数について高い値が示されているものと考えられる。

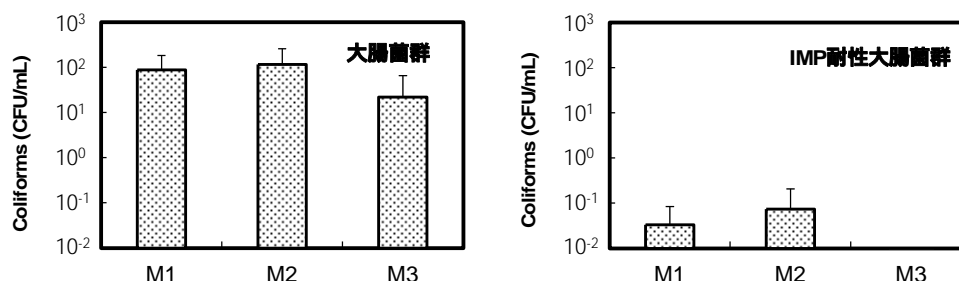


図 1 河川(宮前川)における大腸菌群および IMP 耐性大腸菌群の存在実態

(2) 下水処理場における CRE の存在実態

下水処理場における大腸菌数について, 流入下水および初沈越流水では, 1×10^5 CFU/mL 程度の値であり, 最初沈殿池前後では, ほとんど変化は見られなかったが, 終沈越流水では 1×10^2

CFU/mL まで値が低下した。また、塩素処理後の下水放流水では、 2×10^{-1} CFU/mL まで大腸菌数の低下が見られた。一方、大腸菌群数について、流入下水および初沈越流水では、 1×10^6 CFU/mL 程度であり、大腸菌数の 10 倍程度の値が示された。大腸菌数の場合と同様、最初沈殿池前後では濃度変化は見られなかったが、終沈越流水では 2×10^3 CFU/mL 程度まで低下し、また塩素処理後の下水放流水では、 1×10^0 CFU/mL 程度まで大腸菌群数が低下した。

下水処理場における調査では、カルバペナム系抗菌薬である IMP を用いて、IMP 耐性大腸菌および大腸菌群について存在実態を調べた。IMP 耐性大腸菌数について、流入下水および初沈越流水では、 1×10^0 CFU/mL 程度の値であり、低い濃度レベルであった。最初沈殿池前後では、ほとんど変化は見られなかったが、活性汚泥処理後の終沈越流水および塩素処理後の下水放流水では大きな濃度低下が見られ、IMP 耐性大腸菌は検出されなかった。一方、IMP 耐性大腸菌群数について、流入下水および初沈越流水では、 1×10^2 CFU/mL 程度の値であり、IMP 耐性大腸菌の 100 倍程度の値が示された。また、IMP 耐性大腸菌数の場合と同様、最初沈殿池前後では変化は見られなかったが、終沈越流水では大きな低下が観察されて 1×10^0 CFU/mL まで低下し、また塩素処理後の下水放流水では 1×10^{-2} CFU/mL 程度にまで値が低下した。

下水処理場における IMP 耐性大腸菌数の調査結果から、下水処理場の流入下水には、 1×10^0 CFU/mL 程度の濃度で IMP 耐性大腸菌が存在していることが明らかとなった。また、IMP 耐性大腸菌群数の測定結果から、流入下水には、 1×10^2 CFU/mL 程度の濃度で IMP 耐性大腸菌群が存在しており、IMP 耐性大腸菌の 100 倍程度の濃度で、IMP 耐性大腸菌群が存在していることが分かった。大腸菌群の中には、*Klebsiella pneumoniae* や *Enterobacter cloacae*, *Proteus mirabilis* などが含まれており、これらの菌種は医療分野において、呼吸器感染症、尿路感染症、軟部組織感染症、敗血症、髄膜炎など深刻な感染症を引き起こすことがある。従って、これらカルバペナム耐性大腸菌群が下水中に存在することは、人間への健康リスクを高める可能性があり、その制御には十分に注意を払う必要があるものと考えられる。

(3) 下水処理場における CRE の除去特性

下水処理場における IMP 耐性大腸菌および IMP 耐性大腸菌群の除去率を図 2 に示す。IMP 耐性大腸菌について、最初沈殿池では 0.3-log 程度の除去率であり除去されなかったが、活性汚泥による生物処理では 2.3-log の除去率となった。また、下水処理場における一般的な消毒方法である塩素処理について、終沈越流水および放流水では IMP 耐性大腸菌は検出されなかったため、除去率は評価できなかった。一方、IMP 耐性大腸菌群について、最初沈殿池では 0.1-log 程度の除去率でほぼ除去されなかったが、活性汚泥による生物処理では 2.5-log の除去率、塩素処理においては 1.2-log の除去率となった。ただし、IMP 耐性大腸菌群について、塩素処理後の放流水では、IMP 耐性大腸菌群が検出できない場合が多いため、実際の除去率は 1.2-log 以上の除去率であると推察される。

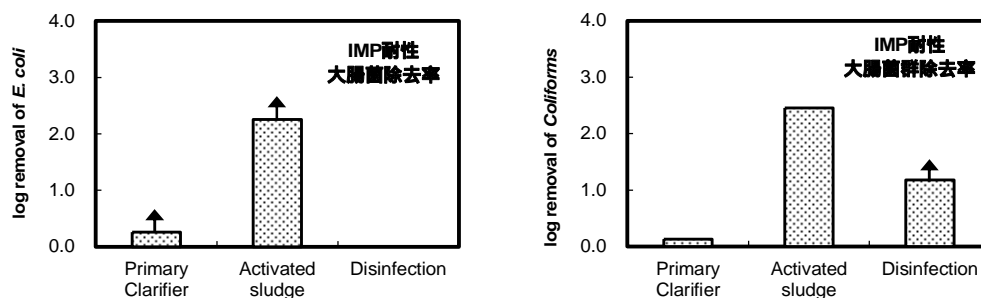


図 2 下水処理場における CRE の除去率

上記の結果から、下水処理場においては、IMP 耐性大腸菌や IMP 耐性大腸菌群の除去に関して、最初沈殿池ではほぼ除去されなかったが、活性汚泥による生物処理では 2.3~2.5-log 程度の除去率となり、下水の有機物質の処理が主目的である活性汚泥においても、IMP 耐性大腸菌や大腸菌群が低減されるために、活性汚泥処理は有効な水処理プロセスであることが分かった。一方、塩素処理については、終沈越流水および放流水では IMP 耐性大腸菌や IMP 耐性大腸菌群が検出されないことが多いため、正確な除去率評価はできなかったが、薬剤耐性を持たない感受性菌と同等な除去率が得られたことから、CRE の塩素処理でも 2.5-log 程度の除去率が得られると推察される。前述したように、流入下水中には CRE が 1×10^2 CFU/mL 程度の濃度で含まれており、下水が十分に処理されずに水環境中へ放流された場合には、水域での人間と水との接触によって、人間への健康リスクを高める危険性がある。従って、下水処理場においては、細菌類を含有した下水と活性汚泥との十分な接触時間を確保した上で、塩素処理等の消毒プロセスを実施することは、水域における衛生学的安全性を確保する上で重要である。一方、合流式下水道区域を有する下水処理場においては、雨天時における流入下水の増加によって、下水は、沈殿処理等の簡易処理と塩素消毒のみが行われて水域に放流されており、比較的高い濃度で CRE が水域に放流されてしまうことになる。従って、水域の衛生学的安全性を確保するためには、合流式下水道の分流化といった根本的な解決策の実施を進めることも必要であろう。

(4) 塩素による CRE の消毒実験

カルバペネム耐性大腸菌と薬剤耐性を持たない感受性大腸菌について、クロラミンによる消毒実験の結果を図3に示す。図中の横軸は接触時間とし、縦軸は塩素消毒後の大腸菌の不活化率を示しており、塩素注入率は 1mg/L としている。図3より、クロラミン接触後、すぐに不活化が進行する菌株 (CRE2) が見られる一方で、クロラミン接触開始後、不活化までに遅滞期が示され、5 分後まで不活化があまり見られない菌株 (SE1) があるなど、大腸菌の菌株によってクロラミンに対する感受性に差異が見られた。カルバペネム耐性大腸菌と感受性大腸菌について比較したところ、菌株間の差が大きく、カルバペネム耐性大腸菌が特にクロラミンに対して耐性を有するという傾向は見られなかった。この結果から、下水処理水中の CRE を不活化するためには、一般の大腸菌や大腸菌群と同様な塩素注入率による不活化によって、消毒効果が期待できるものと推察された。

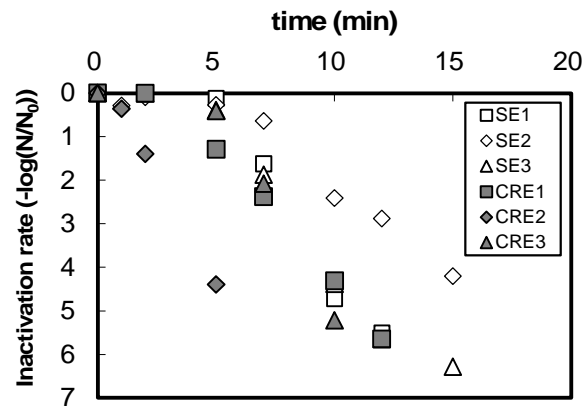


図3 クロラミン消毒によるカルバペネム耐性大腸菌および感受性大腸菌の不活化 (SE1~SE3:感受性大腸菌, CRE1~CRE3:カルバペネム耐性大腸菌)

(5) CRE の薬剤耐性プロファイルと耐性遺伝子

流入下水から IMP 耐性腸内細菌を単離して薬剤感受性試験を実施し、その薬剤耐性プロファイルを調べた。その結果を図4に示す。IMP 耐性腸内細菌の各種抗菌剤に対する中程度以上耐性の割合は、ABPC が 100%、CEZ が 100%、CPDX が 98% となり、特に高い耐性率が示された。一方、セファロスポリン系抗菌薬について、CTX は 71%、CAZ は 81%、CFPM が 21% となり、CFPM については、ある程度感受性が維持されていることが分かった。また、ペネム系抗菌薬である FRPM については高い耐性率が示されたが、モノバクタム系抗菌薬の AZT に対する耐性率は 21% となり、AZT についても感受性が維持されていた。一方、カルバペネム系抗菌薬に対する中程度以上耐性の割合は、IMP が 100%、MEPM が 87%、DRPM が 96%、BIPM が 21% となっており、カルバペネム系抗菌薬でも抗菌薬の種類によって耐性率が異なっていた。特に、IMP 耐性菌であっても、BIPM に対しては 80% 程度の菌株が感受性を持つことが示されたことは興味深い。

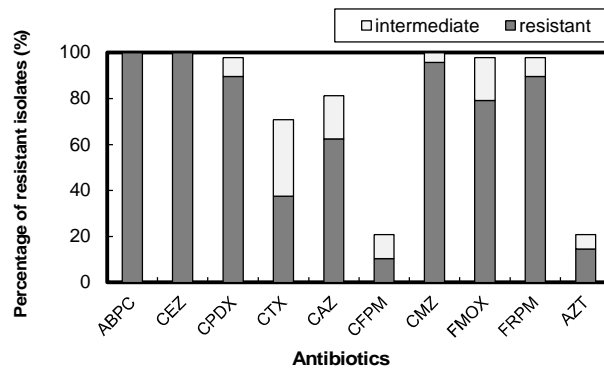


図4 カルバペネム耐性腸内細菌の薬剤感受性パターン(-ラクタム系抗菌薬)

CRE の単離株について、PCR 法によって CRE の保有するカルバペネマーゼの遺伝子型を調べた。その結果、NDM 型が 6.3%、GES 型が 71%、その他が 23% となった。その他については、今回対象とした遺伝子の保有は確認できなかった株であるが、AmpC 阻害剤で阻止円の拡大が観察された菌株が散見されたことから、AmpC 生産および外膜透過性変異株が含まれていると推察される。前述の結果から、下水から単離した CRE については、GES 型の割合が 71% となり、カルバペネマーゼ遺伝子型の大半を占めているという結果になった。この結果は、医療分野における傾向と異なっている。医療分野では、我が国のカルバペネマーゼの遺伝子型として IMP 型が最も多く検出され、NDM 型がそれに続き、GES 型、KPC 型および OXA-48 型が若干検出されるという傾向が見られる (国立感染症研究所, 2023)。人間由来の CRE は下水として水環境中に排出されることから、下水には一般の人間に保有される CRE の状況が反映されているものと推察される。下水と医療分野でのカルバペネマーゼ遺伝子の違いについては、健康人の腸内に定着する CRE が医療現場の CRE と異なる可能性や CRE の種類による水環境中で生残性の差異など、種々の要因が関係してくると考えられるが、詳細は不明な部分が多く、今後さらに CRE の遺伝子型に関するデータを蓄積していく必要がある。

<引用文献>

国立感染症研究所：カルバペネム耐性腸内細菌目細菌 (carbapenem-resistant Enterobacterales, CRE) 病原体サーベイランス 2021 年, IASR, Vol.44, 130-131, 2023

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 山下尚之, 姫野光生, 泉智揮	4. 巻 29(2)
2. 論文標題 重信川水系における水質の長期変動とその変動要因の考察	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本雨水資源化システム学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 山口武志, 山下尚之, 田中宏明	4. 巻 79(25)
2. 論文標題 琵琶湖流出河川水中の溶存態有機物を用いた雨天時の分流式下水処理場簡易処理放流発生を検出法の混同行列に基づいた比較	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 土木学会論文集	6. 最初と最後の頁 23-25012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscej.23-25012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 山口武志, 田中宏明, 井原賢, 山下尚之	4. 巻 36(3)
2. 論文標題 合流式下水処理場における溶存態有機物を用いた雨天時簡易処理放流発生を検出法の比較	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 環境衛生工学研究	6. 最初と最後の頁 108-113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 山口武志, 山下尚之, 田中宏明	4. 巻 78(7)
2. 論文標題 混同行列に基づいた河川水中の溶存態有機物による雨天時下水処理場簡易処理放流発生を検出法の比較	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 111_195-111_203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscej.78.7_111_195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山下 尚之, 黒瀬 由花子, 田中 宏明, 小林 憲太郎, 高島 寛生	4. 巻 77(4)
2. 論文標題 下水再利用施設における医薬品類の存在実態とNF膜およびRO膜処理による阻止特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 _112- _121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscej.77.4_112	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山口武志, 井原賢, 山下尚之, 林東範, 田村太一, 牧野樹生, 田中宏明	4. 巻 77(7)
2. 論文標題 雨天時の桂川の衛生微生物指標に与える合流式下水道の下水処理場の影響に関する実態調査	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 _11- _20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscej.77.7_111_11	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 山下尚之, 泉智揮
2. 発表標題 下水処理場での第3世代セファロスポリン耐性大腸菌の動態と薬剤感受性パターン
3. 学会等名 土木学会全国大会第78回年次学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山口武志, 山下尚之, 田中宏明
2. 発表標題 琵琶湖流出河川水中の溶存態有機物を用いた雨天時の分流式下水処理場簡易処理放流発生の検出法の混同行列に基づいた比較
3. 学会等名 第60回環境工学研究フォーラム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山口武志, 井原賢, 山下尚之, 田中宏明
2. 発表標題 分流式下水処理場放流水中の溶存態有機物を用いた雨天時簡易処理放流発生の検出法の比較
3. 学会等名 第45回京都大学環境衛生工学研究会シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山下尚之, 泉智揮
2. 発表標題 下水処理場の各処理過程における第3世代セファロsporin耐性大腸菌の存在実態
3. 学会等名 第57回日本水環境学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 姫野光生, 山下尚之, 泉智揮
2. 発表標題 重信川水系における無機態および有機態栄養塩類の存在実態
3. 学会等名 第57回日本水環境学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山口武志, 田中宏明, 井原賢, 山下尚之
2. 発表標題 合流式下水処理場における溶存態有機物を用いた雨天時簡易処理放流発生の検出法の比較
3. 学会等名 第44回京都大学環境衛生工学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口武志, 山下尚之, 田中宏明
2. 発表標題 混同行列に基づいた河川水中の溶存態有機物による雨天時下水処理場簡易処理放流発生を検出法の比較
3. 学会等名 第59回環境工学研究フォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 姫野光生, 山下尚之, 泉智揮
2. 発表標題 重信川水系における水質の長期変動とその変動要因の考察
3. 学会等名 第76回農業農村工学会中国四国支部講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口武志, 井原賢, 山下尚之, 林東範, 田村太一, 牧野樹生, 田中宏明
2. 発表標題 雨天時の桂川の衛生微生物指標に与える合流式下水道の下水処理場の影響に関する実態調査
3. 学会等名 第58回環境工学研究フォーラム
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------