

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04668

研究課題名(和文)パルス電界法を応用した新規消毒技術の確立とその消毒メカニズムの解明に関する研究

研究課題名(英文) Research on the establishment of a new disinfection technique applying the pulsed electric field and the determination of its disinfection mechanism

研究代表者

古川 隼士 (Furukawa, Takashi)

北里大学・医療衛生学部・講師

研究者番号：90632729

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：我々は、インパルス電界(PEF)印加消毒を応用して薬剤耐性菌(ARB)および耐性遺伝子(ARGs)の不活化も可能とする消毒技術の確立を目指し、本研究では、PEF印加消毒によるARBおよびARGsの不活化効果を明らかにすることを目的とした。PEF印加消毒は、バンコマイシン耐性腸球菌(VRE)だけでなくvanA遺伝子も不活化できることが明らかにした。VREは検出下限値以下まで削減された(5log以上)一方で、vanA遺伝子も4log以上の削減率を示したが、処理水中には105 copies/mLオーダーで残存したことから、PEF印加消毒においてARGsはARBよりも不活化されにくいことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、インパルス電界(PEF)印加技術が薬剤耐性菌(ARB)だけでなく耐性遺伝子(ARGs)にまで不活化効果を示すことを明らかにした。ARBおよびARGsの水環境への主要な汚染源は、下水処理場であるといわれており、これまでも塩素、UV、オゾン等の消毒法による不活化効果を検証した報告がある。それらの消毒法と比較しても、PEF印加消毒はARBについては遜色ない、ARGsについてはより高い削減効果を示すことがわかった。このことから、本研究における成果は、水環境におけるARBおよびARGsによる汚染拡大を抑制できる新たな消毒技術になる可能性があり、社会的意義も高いものと思われる。

研究成果の概要(英文)：We evaluated the suitability of pulsed electric field (PEF) technology as a new disinfection option in the sewage treatment plants (STPs) that can inactivate antibiotic resistant bacteria (ARB) and antibiotic resistance genes (ARGs). It was shown that PEF applied disinfection could inactivate not only vancomycin-resistant enterococci (VRE), but also vanA resistance gene. Cultivable VRE could be effectively inactivated by PEF applied disinfection, and were reduced to below the detection limit (log reduction value of VRE > 5 log). Although the vanA also showed a reduction of more than 4 log, it remained in the order of 105 copies/mL, suggesting that ARGs are more difficult to be inactivated than ARB in PEF applied disinfection. Among parameters in each applying condition verified in this study, the initial voltage was found to be the most important for inactivation of ARB and ARGs.

研究分野：水環境工学、衛生工学

キーワード：インパルス電界 薬剤耐性菌 薬剤耐性遺伝子 下水処理場 消毒

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我が国では、各水処理技術・施設の整備等によって、水環境の病原性微生物による汚染は劇的に軽減・改善されている。しかしながら、水処理施設において病原性微生物を完全に除去・不活化することは困難とされており、依然として病原性微生物が水環境中から検出されている。さらに、近年では薬剤耐性菌 (ARB) の水環境中における検出・感染事例も報告されており、ARB の水環境圏への汚染拡大について、世界的にも関心が高まっている。

一方で、下水処理場における消毒は病原性微生物による健康リスクを最小にするための最終プロセスである。我が国では塩素系薬剤による消毒を導入している処理場がほとんどであるが、近年、残留塩素や副生成物による放流生態系へ及ぼす悪影響等から、代替技術として UV やオゾン消毒を導入している処理場もある。しかしながら、導入・維持管理コストが塩素系薬剤と比べて大きいことがネックとなり、両技術の導入事例は増加していない (塩素系消毒剤：約 1,900 施設、UV：約 150 施設、オゾン：約 30 施設、H24 下水道統計より)。申請者らが着目したのがインパルス電圧印加 (PEF) 技術の消毒法としての応用である。電圧印加方法の 1 つであるインパルス方式は、直流や交流と比較してエネルギー投入量を容易に制御できるという特徴がある。インパルス方式は、現状、殺菌・滅菌技術としては研究段階にある技術ではあるものの、他分野への技術展開が大いに期待されている新しい技術である。

2. 研究の目的

上述の背景より、PEF 技術を応用した下水処理場の新たな消毒法の確立と導入を目指し、本研究では、【1】ARB と ARGs の不活化効果、【2】下水二次処理水中のふん便指標細菌の不活化効果と最適消毒条件、および【3】細菌の不活化機序を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

3.1 細菌懸濁液の調製

パルス電界印加技術による消毒実験には、ARB のモデル微生物としてバンコマイシン耐性腸球菌 (VRE、*Enterococcus faecium* ATCC51559、*vanA* 遺伝子保有株) を用いた。*E. faecium* 株を 128 µg/mL のバンコマイシンを添加した Todd Hewitt 液体培地 (Difco) に植菌し、 $37 \pm 1.0^\circ\text{C}$ で 12~14 時間の振とう培養 (120 rpm) を行った。5.0 mL の細菌培養液を遠沈管に入れ、遠心分離 (4,000×g, 5 分) して、上澄みを除去した。その後、10 mL の滅菌済 Milli-Q 水を添加してボルテックスにて細菌ペレットを洗浄した。この洗浄作業を 2 回行った後、40 mL の滅菌済 Milli-Q 水に細菌ペレットを再懸濁した。この試料の吸光度 (OD_{600}) を測定し、最終的に約 5.0×10^5 CFU/mL となるように調製したものを薬剤耐性菌懸濁模擬排水として使用した。この模擬排水は、初期水温の変動を抑えるために、消毒実験に用いるまで $25 \pm 1.0^\circ\text{C}$ で保存した。

3.2 PEF 消毒実験

PEF 消毒実験直前に、 $25 \pm 1.0^\circ\text{C}$ で保存していた模擬排水の水温をデジタル水温計 (WT-300、AS ONE) で測定した。消毒実験用リアクタに 22 mL の模擬排水を添加し、PEF 発生装置に接続した。PEF 消毒実験は、固定パラメータとして、パルス幅 (半値全幅) を 6.9 µs、ならびに変動パラメータとして、周波数 (100、200、400 Hz)、初期電圧値 (0、2、6、10 kV)、および印加時間 (0~15 分) を変えて実施した。印加後、直ちに模擬排水の水温をデジタル水温計で測定した。その後、細菌数の計数および ARGs の定量に供した。

3.3 細菌数の計数および対数削減率 (LRV) の算出

PEF 消毒処理前後における模擬排水中の VRE 細菌数の計数は、平板塗抹法に従い、クロモカルト腸球菌寒天培地を用いて行った。細菌濃度が高いと予測される試料は、滅菌済みリン酸緩衝生理食塩水で希釈し、希釈試料を寒天培地に塗布した。試料を塗布した寒天培地は、 $37 \pm 1.0^\circ\text{C}$ で一晚培養し、培地上の赤色のコロニーを VRE として計数した。VRE の LRV は、模擬排水の処理前の細菌数 ($C_{\text{VRE}0}$) と処理後の細菌数 (C_{VRE}) から、以下の式で算出した。

$$\text{LRV}_{\text{VRE}} = \log (C_{\text{VRE}0}/C_{\text{VRE}})$$

3.4 薬剤耐性遺伝子の定量および対数削減率の算出

細菌懸濁液からの DNA 抽出は、DNeasy PowerWater Kit を用いて付属の取扱説明書に従って実施した。DNA 抽出液は、遺伝子の定量実験に使用するまで -20°C で保存した。リアルタイム定量 PCR による *vanA* 遺伝子の定量は、THUNDERBIRD® Probe qPCR Mix (TOYOBO) を用いて、付属のプロトコルに従って、一部改変して実施した。PCR 反応液は、5.0 µL の THUNDERBIRD Probe qPCR Mix、各 0.3 µL の *vanA*fw (5'-TCAGGCTGCAGTACGGAATCT-3') および *vanArv* (5'-GTCCTCGCTCTCTGCTGAA-3') プライマー (それぞれ終濃度：0.3 µM)、1.0 µL のプローブ

(vanApr, 終濃度: 0.25 μM、5'-FAM-AAAACGCAGTTATAACCGTTCCCGCAGA-TAMRA-3');) および 2.0 μL のテンプレート DNA に水を加え 10 μL とした。定量 PCR は PikoReal を用いて、反応条件として、95 °C で 60 秒の初期熱変性処理後、95 °C で 15 秒および 60 °C で 45 秒のサイクルを 45 回繰り返した。すべての反応液は、4 連で実施した。

vanA の LRV は、VRE の細菌数と同様に模擬排水の処理前の細菌数 (C_{vanA0}) と処理後の細菌数 (C_{vanA}) から、以下の式で算出した。

$$LRV_{vanA} = \log(N C_{vanA0} / N C_{vanA})$$

3.5 水温上昇による VRE の不活化効果の検証

PEF によって、処理対象の水試料の水温は上昇する。水温上昇のみによる VRE の不活化効果を明らかにするために、作成した模擬排水をブロックヒーター上で定温放置して、VRE の細菌数の変動を分析した。はじめに、21,775 μL の滅菌済 Milli-Q 水の入った 50-mL 遠沈管を各温度に設定したブロックヒーターに設置し、設定温度で安定するまでインキュベートした。設定温度付近で水温が安定した後、225 μL の細菌懸濁液 (約 5.0×10⁷ CFU/mL) を添加し、ボルテックスにてよく混合して、直ちにブロックヒーター上に戻した。なお、模擬排水の VRE の終濃度は、約 5.0×10⁵ CFU/mL とした。所定時間インキュベートした遠沈管は、氷上に移動させ、直ちに VRE の細菌数を分析した。ブロックヒーターの設定温度は、25.0、40.0、50.0、55.0、および 60.0 °C とした。処理時間は、1、3、および 5 分とした。PEF 消毒実験と同様の方法で処理前後における VRE の細菌数を計数し、LRV を算出して、その効果を評価した。

4. 研究成果

4.1 PEF 印加による VRE および vanA 遺伝子の削減効果

図 1 に各処理条件における PEF 印加消毒による VRE 細菌数および vanA の削減率 (LRV_{VRE}、LRV_{vanA}) を示す。初期電圧値 2 kV を除いて、6 kV および 10 kV の各消毒条件では、処理時間の経過とともに LRV_{VRE} は上昇したことから、PEF 印加は ARB を不活化可能であることが明らかとなった (図 1(a), (b), (c))。特筆すべきは、周波数 200 Hz、初期電圧値 10 kV、および処理時間 8 分と周波数 400 Hz、初期電圧値 10 kV、および処理時間 4 分の条件において、VRE を検出下限値以下 (10 CFU/mL) まで削減することができたことである。

vanA 遺伝子の不活化についてしてみると、VRE の細菌数と同様に 6 kV および 10 kV におい

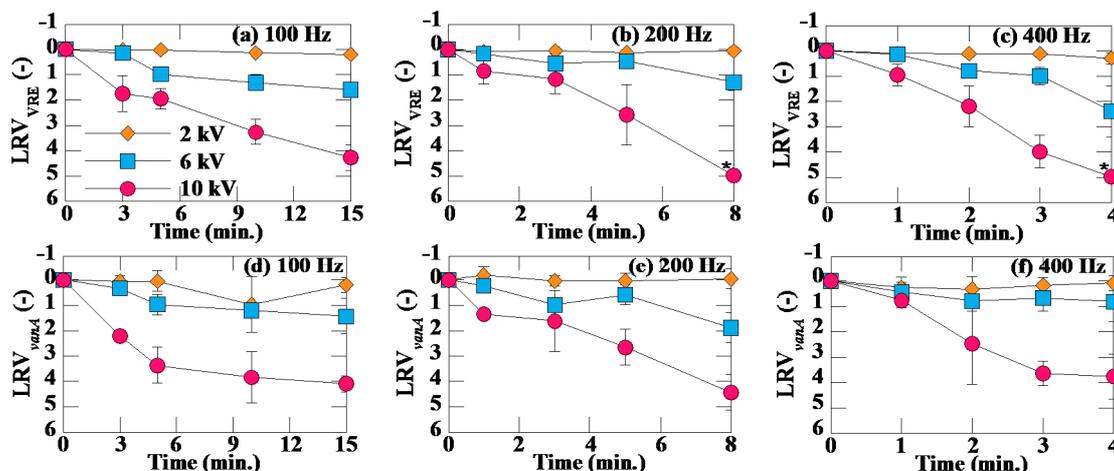


図 1 PEF 印加消毒による VRE および vanA 遺伝子の削減率
(a)~(c): VRE、(d)~(f): vanA、*: 検出下限値以下

て vanA 遺伝子コピー数が減少したことから、PEF 印加消毒は、細菌細胞だけでなく、ARGs の不活化にも効果を示すことが強く示唆された (図 1(d), (e), (f))。なお、最大 LRV_{vanA} は、周波数 200 Hz、初期電圧値 10 kV、および印加時間 8 分の消毒条件における 4.4±0.7 であった。

4.2 水温上昇による VRE の不活化効果

水温上昇のみによる VRE の不活化効果を検証した結果 (図 2) 水温 25.4 ~ 54.4 °C で 1~5 分間暴露した場合、VRE 細菌数は全く減少しなかった。一方で、水温 59.8 °C の条件では、暴露時間の増加に伴って、模擬排水中の VRE 濃度は減少した。水温 59.8 °C および処理時間 5 分において最大削減率 (3.70) を示した。しかしながら、PEF

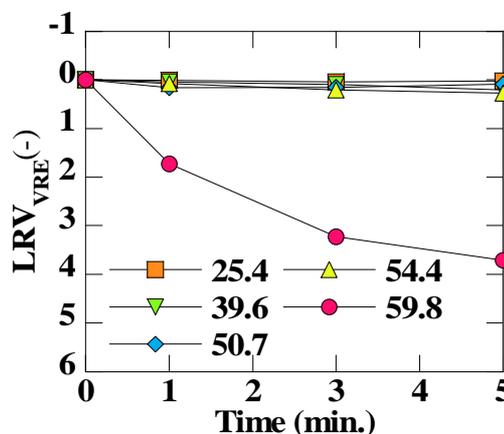


図 2 水温上昇による VRE の不活化効果

印加による水温上昇において、水温が 60 °C 付近まで上昇して維持される時間はせいぜい 1 分以下であることが推察されるため、水温上昇による VRE の不活化効果は極めて限定的であり、やはり PEF 印加による細菌細胞に及ぼす物理的な作用が不活化に大きく寄与していることが明らかとなった。

4.3 VRE および *vanA* 遺伝子の不活化効果と電気的パラメータとの関連性

VRE 細菌数および *vanA* コピー数の削減率と各電気的パラメータの関連性を解析した(表 1)。VRE および *vanA* の重回帰式の決定係数 (R^2 値) は、それぞれ 0.60 および 0.36 であった。初期電圧値および印加時間は有意な負の回帰係数を示したことから ($p < 0.05$)、VRE および *vanA* の削減率には、これらの電気的パラメータが寄与していることが示唆された。一方で、PEF 印加消毒において、ある程度以上の電圧を印加しなければ、周波数や印加時間を増加させても VRE の消毒あるいは *vanA* の不活化はできなかった。したがって、消毒および不活化に最も重要な電気的パラメータは電圧であり、今回検討した範囲では、6 kV 以上の初期電圧値が要求されることが明らかとなった。これに対して、周波数は、各削減率に有意に関連性を示さなかった ($p > 0.05$)。しかしながら、初期電圧値 6 kV および 10 kV において、周波数を増加させることによって、より短い時間で高い LRV 値を達成できることが示された。この傾向は特に初期電圧値 10 kV の印加条件において顕著にみられた。100 Hz では LRV_{VRE} が 4 以上を示すまでに 15 分を要したが、400 Hz では同程度の削減率を示すのにわずか 3 分程度であった。したがって、周波数を大きくすることで処理時間が短縮されると考えられ、周波数は、処理時間に影響するパラメータであることが示唆された。すなわち、不活化に適切な初期電圧値の下で周波数を増加させることで、処理時間の短縮を図ることができるため、下水処理場の消毒槽の設置面積をより小規模にできることにつながる。PEF 印加消毒の下水処理場への実装ためには、周波数も考慮すべきパラメータである。

表1 各処理パラメータとVRE細菌数および*vanA* 遺伝子コピー数との関連性

	VRE counts			Copy numbers of <i>vanA</i> gene		
	Coefficient (β_{VRE})	t-statistic	P-value	Coefficient (β_{vanA})	t-statistic	P-value
Intercept	1.28×10^6	9.61	4.63×10^{-12}	1.67×10^{10}	5.09	8.39×10^{-6}
Initial Voltage	-1.28×10^4	-6.19	2.33×10^{-7}	-9.25×10^8	-3.16	2.95×10^{-3}
Frequency	-4.76×10^2	-1.38	0.18	4.60×10^6	0.54	0.59
Duration time	-5.68×10^4	-5.36	3.49×10^{-6}	-9.17×10^8	-3.51	1.09×10^{-3}

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Furukawa Takashi, Ueno Takahisa, Matsumura Mina, Amarasiri Mohan, Sei Kazunari	4. 巻 424
2. 論文標題 Inactivation of antibiotic resistant bacteria and their resistance genes in sewage by applying pulsed electric fields	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Hazardous Materials	6. 最初と最後の頁 127382 ~ 127382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jhazmat.2021.127382	査読の有無 無
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 FURUKAWA TAKASHI, AMARASIRI MOHAN, UENO TAKAHISA, SEI KAZUNARI	4. 巻 58
2. 論文標題 Summary and Perspectives on Current Disinfection Technologies in Reducing Antibiotic Resistant Bacteria and Their Resistance Genes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Water Treatment Biology	6. 最初と最後の頁 9 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2521/jswtb.58.9	査読の有無 無
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 Maehana Shotaro, Eda Ryotaro, Hirabayashi Aki, Niida Nagi, Nakamura Masaki, Furukawa Takashi, Ikeda Shinsuke, Kojima Fumiaki, Sakai Kouji, Sei Kazunari, Kitasato Hidero, Suzuki Masato	4. 巻 in press
2. 論文標題 Natural factories that manufacture antimicrobial resistance genes: quadruple blaGES?carrying plasmids in Aeromonas and Pseudomonas species	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Antimicrobial Agents	6. 最初と最後の頁 106327
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijantimicag.2021.106327	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Eda Ryotaro, Maehana Shotaro, Hirabayashi Aki, Nakamura Masaki, Furukawa Takashi, Ikeda Shinsuke, Sakai Kouji, Kojima Fumiaki, Sei Kazunari, Suzuki Masato, Kitasato Hidero	4. 巻 24
2. 論文標題 Complete genome sequencing and comparative plasmid analysis of KPC-2-producing Klebsiella pneumoniae isolated from hospital sewage water in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Global Antimicrobial Resistance	6. 最初と最後の頁 180 ~ 182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jgar.2020.12.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Takahisa Ueno, Asami Kyohei, Ninomiya Junko, Furukawa Takashi, Sakugawa Takashi, Katsuki Sunao	4. 巻 7
2. 論文標題 Inactivation of <i>Vibrio fischeri</i> by the Application of a Pulsed Electric Field	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transactions on GIGAKU	6. 最初と最後の頁 07002-1-07002-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34468/gigaku.7.1_07002-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 古川隼士
2. 発表標題 病院排水と薬剤耐性
3. 学会等名 日本水処理生物学会第57回大会 (神奈川大会) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新井田 凪, 江田 諒太郎, 鈴木 仁人, 古川 隼士, 清和 成, 北里 英郎, 前花 祥太郎
2. 発表標題 病院排水より分離されたカルバペネマーゼ産生菌の存在実態と耐性遺伝子解析
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林 大起, AMARASIRI Mohan, 古川 隼士, 佐野 大輔, 清和 成
2. 発表標題 簡易消毒による環境中の細胞外薬剤耐性遺伝子への物理的な消毒効果及び形質転換効率への影響の比較評価
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江田諒太郎, 新井田凧, 鈴木仁人, 石村菜穂子, 古川隼士, 清和成, 北里英郎, 前花祥太郎
2. 発表標題 病院排水中に存在する広域スペクトラムセファロスポリン耐性菌の耐性遺伝子解析 (2018-2020年度)
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹澤翼, Amarasiri Mohan, 古川隼士, 原本英司, 清和成
2. 発表標題 ネパール・カトマンズ盆地の河川水・生活用水の薬剤耐性遺伝子汚染の実態調査
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江田諒太郎, 前花祥太郎, 古川隼士, 清和成, 鈴木仁人, 北里英郎
2. 発表標題 本邦の病院排水より分離されたKPC-2 産生 <i>Klebsiella pneumoniae</i> が保有する耐性プラスミドの分子遺伝学的解析
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新井田凧, 江田諒太郎, 前花祥太郎, 中村正樹, 古川隼士, 清和成, 北里英郎
2. 発表標題 病院排水から分離された薬剤耐性 <i>Aeromonas</i> 属の遺伝子解析
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清和成, 大知鼓太郎, 飯塚洸平, 前田倅, Mohan Amarasiri, 古川隼士, 須江渚, 中島典之
2. 発表標題 環境DNA/環境RNA解析による衛生動物検出の時間的感度評価
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林大起, Amarasiri Mohan, 古川隼士, 清和成, 佐野大輔
2. 発表標題 環境DNAとして存在する薬剤耐性遺伝子への簡易消毒による不活化効果の評価
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荻野瑞葵, 米本謙, 小林由紀子, Amarasiri Mohan, 古川隼士, 清和成, 亀井樹
2. 発表標題 相模川における薬剤耐性菌の存在実態と耐性プロファイルの調査
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 米本謙, 荻野瑞葵, 小林由紀子, 新井田凧, 江田諒太郎, 前花祥太郎, Amarasiri Mohan, 古川隼士, 北里英郎, 清和成
2. 発表標題 病院排水中の薬剤耐性菌の存在実態と耐性プロファイルの調査
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松村美那, 古川隼士, アマラシリモハン, 清和成, 上野崇寿
2. 発表標題 パルス電界印加技術を用いた薬剤耐性菌および耐性遺伝子の不活化効果の検証
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 須江渚, 古川隼士, 中島典之, Amarasiri Mohan, 清和成
2. 発表標題 環境RNA解析による衛生動物の高感度検出手法の開発および時間的感度の評価
3. 学会等名 第57回環境工学研究フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松村美那, 古川隼士, 上野崇寿, Amarasiri Mohan, 清和成
2. 発表標題 パルス電界印加技術を応用した薬剤耐性菌および耐性遺伝子の削減効果
3. 学会等名 第57回環境工学研究フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松村美那, 古川隼士, 亀井樹, 上野崇寿, 清和成
2. 発表標題 パルス電圧印加技術による薬剤耐性菌の不活化効果の検討
3. 学会等名 第54回日本水環境学会年会 (2019年度)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柴山信之介, 上野崇寿, 古川隼士, 勝木淳
2. 発表標題 インパルス高電圧を用いたエアロゾル中の微生物の凝集および滅菌に関する研究
3. 学会等名 2019年度(第72回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤兼蔵, 上野崇寿, 古川隼士, 佐久川貴志
2. 発表標題 低インピーダンス負荷への印加を目的とした大容量インパルス電源の開発
3. 学会等名 2019年度(第72回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古川隼士, 上野崇寿, 亀井樹, 清和成
2. 発表標題 塩素消毒およびパルス電界印加技術による薬剤耐性菌とその耐性遺伝子の不活化効果の比較
3. 学会等名 第22回日本水環境学会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahisa Ueno, Takashi Furukawa, Takashi Sakugawa, and Sunao Katsuki
2. 発表標題 Using High Electric Field to Measure Aerosol-based Bacterial Inactivation
3. 学会等名 2019 The 11th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-11) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Furukawa, Mina Matsumura, Takahisa Ueno, and Kazunari Sei
2. 発表標題 A study on inactivation of antibiotic-resistant bacteria and their resistance genes by applying pulsed electric field
3. 学会等名 8th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2019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
研究分担者	上野 崇寿 (Ueno Takahisa) (30508867)	大分工業高等専門学校・電気電子工学科・准教授 (57501)	
研究分担者	清 和成 (Sei Kazunari) (80324177)	北里大学・医療衛生学部・教授 (32607)	
研究分担者	亀井 樹 (Kamei Tatsuru) (80792168)	山梨大学・大学院総合研究部・助教 (13501)	
研究分担者	A m a r a s i r i M o h a n (Amarasiri Mohan) (50815537)	北里大学・医療衛生学部・講師 (32607)	

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
---------	---------