

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H00261

研究課題名（和文）生物活性炭高度浄水処理における薬剤耐性遺伝子の伝播機構とその抑制

研究課題名（英文）Transmission of antibiotics resistance genes in biological activated carbon advanced water treatment and its control

研究代表者

李 富生（LI, FUSHENG）

岐阜大学・流域圏科学研究センター・教授

研究者番号：10332686

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,600,000円

研究成果の概要（和文）：薬剤耐性菌による水道水の安全リスクの軽減による安全な水供給を確保することを目的に、生物活性炭処理における薬剤耐性遺伝子の伝播機構とその抑制に関する研究を室内実験、現地調査を通して行った。薬剤耐性遺伝子の吸着に対する活性炭性状の影響を明らかにするとともに、凝集・沈殿・ろ過、塩素処理、オゾン処理のプロセスにおける薬剤耐性遺伝子の消長、薬剤耐性遺伝子の伝播に対する細胞外ポリマー・細胞内ポリマーの影響を明らかにした。その上で、銀担持活性炭の作成条件を検討するとともに、薬剤耐性遺伝子をコードしたプラスミドとの接触実験、受容体となる大腸菌による培養実験を通して、薬剤耐性遺伝子の伝播の抑制効果を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究を通して、浄水処理工程における薬剤耐性菌の消長、それに関わる影響因子、影響機構が明らかになり、薬剤耐性遺伝子の抑制を含めた視点から原水の水質特徴に応じた浄水処理プロセスの操作運転条件の最適化手法と高度浄水処理システム全般の運転管理のあり方が示された。水源水質が複雑になりつつある状況下において、安全安心な水道水をどのように確保できるかが大きな課題である。本研究の成果はこの課題の解決に寄与するものである。

研究成果の概要（英文）：For safe drinking water supply through lowering the risk from antibiotic resistance genes, research was conducted through laboratory experiment and field study to clarify the mechanisms related to the transfer of genes in biological activated carbon treatment process, to evaluate the impacts of coagulation, sedimentation, sand filtration, chlorination and ozone-oxidation and to propose metal-modified activated carbon to inhibit the transfer of genes; and some findings of reference value were obtained.

研究分野：土木環境工学

キーワード：水道水安全 高度浄水処理 薬剤耐性遺伝子 活性炭処理 金属担持活性炭 薬剤耐性菌伝播抑制

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

薬剤耐性菌の出現と蔓延が世界的な問題として注目されている。一方、安全・安心な水道水の供給のために、高度な浄水処理の実現に生物活性炭処理を導入する水道事業者が増えている。このプロセスは活性炭本来の物理化学的吸着機能以外に、活性炭表面に形成される微生物による分解をも期待できるが、生物膜の形成状況や熟成状況、又は充填層の流下方向における溶存酸素の濃度低下に伴って、微生物の漏出や特殊微生物種の増殖による水質の悪化を招くことが考えられる。特に、様々な経路で拡散伝播すると報告されている薬剤耐性遺伝子については、生物活性炭処理施設内において、どのように拡散伝播するかを明らかにし、その出現と拡散の抑制に有効な処理システム全体の操作運転条件を提案することが高度浄水処理の水質安全を確保する上で重要である。

2. 研究の目的

薬剤耐性遺伝子の伝播機構を活性炭に吸着された細胞外プラスミドと薬剤感受性細菌との共存培養を組み合わせた実験、浄水処理場を対象とした現地調査研究を通じて解明する。また、薬剤耐性遺伝子の生物膜の細菌群集構造や細胞外ポリマーとの関連、ならびに活性炭の細孔分布やオゾン酸化、塩素酸化などの前処理による影響を明らかにする。これらの上で、薬剤耐性菌の付着と増殖を排除する効果をもつ機能性活性炭の検討も合わせて、薬剤耐性菌の抑制も含めた視点から原水の水質に応じた高度浄水処理システムの構成や運転管理のあり方について考案する。

3. 研究の方法

実稼働中の浄水処理場に対する現場調査、室内水質分析、細菌構造解析、回分式吸着実験、固定層活性炭吸着カラム実験、金属担持実験を実施するとともに、得られた実験結果に対する統計解析、吸着モデル解析を実施し、関連性の解析と評価を行った。

4. 研究成果

・薬剤耐性遺伝子の浄水処理プロセスにおける消長

一例として、浄水処理プロセスにおける薬剤耐性遺伝子の濃度変化を図1に示す。薬剤耐性遺伝子はスルホンアミド系の *sul1* とテトロサイクリン系の *tetG* を対象とした。また、細菌と一般水質項目との関連性を評価するため、全細菌としては16S rDNA、溶解性有機物としてはDOCとUV260、濁質としては濁度の測定も行った。なお、*sul1*、*tetG*、16S rDNAの測定はそれぞれ選定したプライマーを用いてリアルタイムPCR法に従った。薬剤耐性遺伝子の伝播に関わる遺伝子の一種である *int1* もPCR法によって測定した。

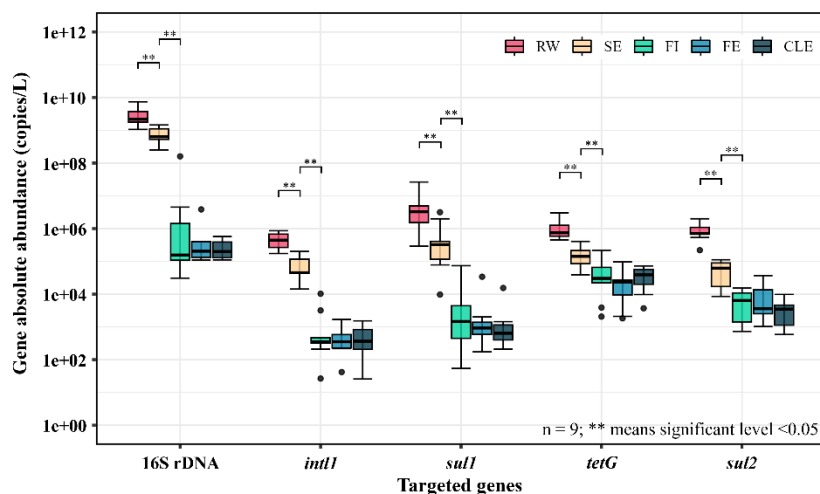


図1 薬剤耐性遺伝子と全細菌の濃度変化(8, 9, 10, 11, 12月の調査結果; RW:原水, SE:凝集沈殿処理水, FI:中塩素注入後のろ過池流入水, FE:ろ過処理水, 後塩素処理後の浄水)

平均除去率によると、*sul1*と*tetG*はそれぞれ凝集沈殿では約30%と35%、中塩素では95%と609%、その後のろ過工程では70%と30%、後塩素では50%と55%であり、中塩素が大きな役割を果たしていることが分かった。また、急速ろ過と後塩素においては処理後の薬剤耐性遺伝子の濃度が高くなったときもあり、これら両プロセス内で薬剤耐性遺伝子が伝播する可能性があることも示唆された。全細菌については、処理プロセスに沿って濃度が

表 1 水質項目間のピアソン相関係数

	Turbidity	UV ₂₆₀	DOC	16s rDNA	<i>int11</i>	<i>sul1</i>	<i>tetG</i>
Turbidity	1						
UV ₂₆₀	0.725	1					
DOC	0.599	0.953	1				
16s rDNA	0.785	0.991	0.923	1			
<i>int11</i>	0.842	0.603	0.387	0.652	1		
<i>sul1</i>	0.848	0.608	0.395	0.657	1.000	1	
<i>tetG</i>	0.856	0.967	0.875	0.983	0.771	0.776	1

低下する傾向であった。全処理プロセスにおける濁度、UV260、DOC、16S rDNA、*int11*、*sul1*、*tetG* の測定結果に基づいたピアソン相関分析の結果をみると、表 1 から *sul1* と *tetG* の耐性遺伝子は溶解性有機物（DOC と UV260 による）よりは全細菌（16S rDNA）および濁質との関連が強いことが分かった。

・薬剤耐性遺伝子の活性炭層内での出現と 16S rDNA との関係

水道水源として河川水を長期通水した生物活性炭カラムを解体し、生物膜内における薬剤耐性遺伝子の定量を行うとともに、16S rDNA による全細菌との関係を調べた。

長期通水した生物活性炭カラムは性状が異なる 5 種類の活性炭をそれぞれ充填し、長良川の河川水を約 550 日間空塔接触時間 20 分の条件で連続通水したものである。通水を打ち切った後に、活性炭を鉛直方向に攪乱させないように上、中、下の 3 層に分割し、それぞれ分割し得た活性炭に純水を一定量加えてから攪拌し、活性炭に付着した生物膜を剥離した。剥離した生物膜から DNA を抽出し、薬剤耐性遺伝子と一般細菌（16S rDNA）をそれぞれ選定したプライマーを用いてリアルタイム PCR 法により定量した。薬剤耐性遺伝子は水環境に存在が確認されているテトロサイクリン系の *tet G*、*tet M*、*tet X*、スルホンアミド系の *sul 1* を対象とした。併せて、薬剤耐性遺伝子の伝播に関わる遺伝子 *int1 1* も定量した。

通水実験終了直前の活性炭充填層深さ方向（表面から 5cm、10cm、15cm の 3 つのレベル）における処理水中の有機物濃度を図 2 に示す。いずれの活性炭の場合も、原水中の UV260 と DOC の値と比べると、深さ 15cm のレベルでの処理水中の UV260 と DOC の値が小さくなっていくことから、処理能力を依然残していることが示された。

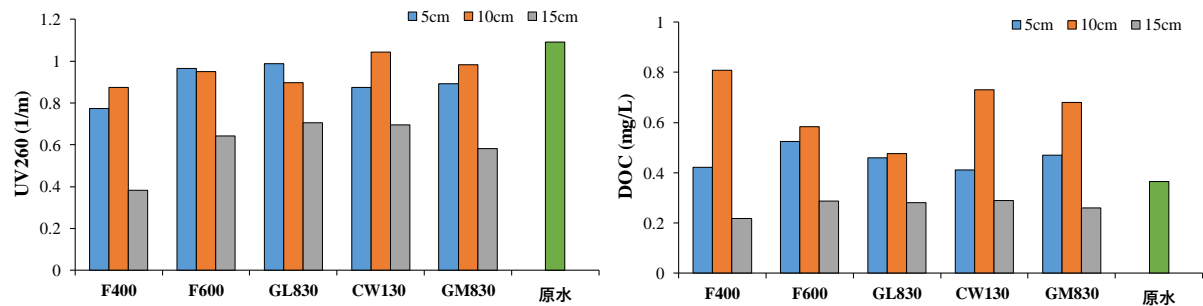


図 2 通水実験終了直前の生物活性炭深さ方向における処理水中の有機物濃度 (UV260 と DOC の指標による)

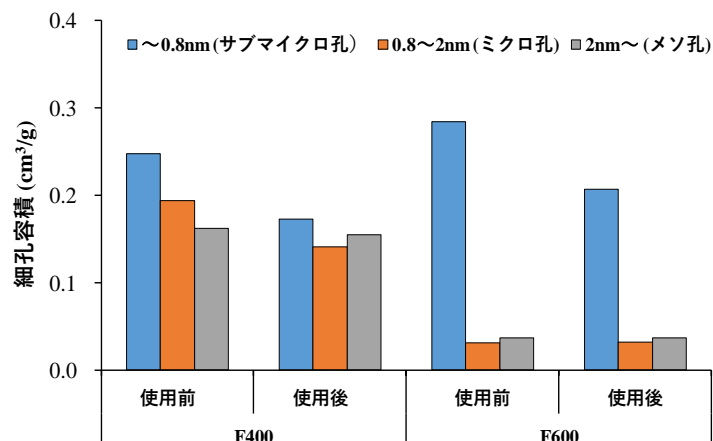


図 3 使用前後 (通水実験前後) における活性炭細孔容積の変化

有機物の累積吸着量に大差を示している F400 と F600 の使用前後における細孔容積の変化を図 3 に、活性炭充填層深さ方向における薬剤耐性遺伝子の相対量変化を図 4 に示す。F400 は F600 と比べてマイクロ孔、メソ孔を多く持っていること、有機物の吸着によってこの領域の細孔が減少していることが分かった。図 4 よりテトロサイクリン系の *tet G*, *tet M*, *tet X* の存在が確認され、かつ充填層深さ方向に対応して相対量が増加する傾向にあることが示された。また、F600 は F400 に比べて *tet G* の相対濃度が高く、図 5 に示す細菌群集構造の違いや細孔に吸着された有機物の違いがどこまで関わっているかを究明する必要があると考えられる。

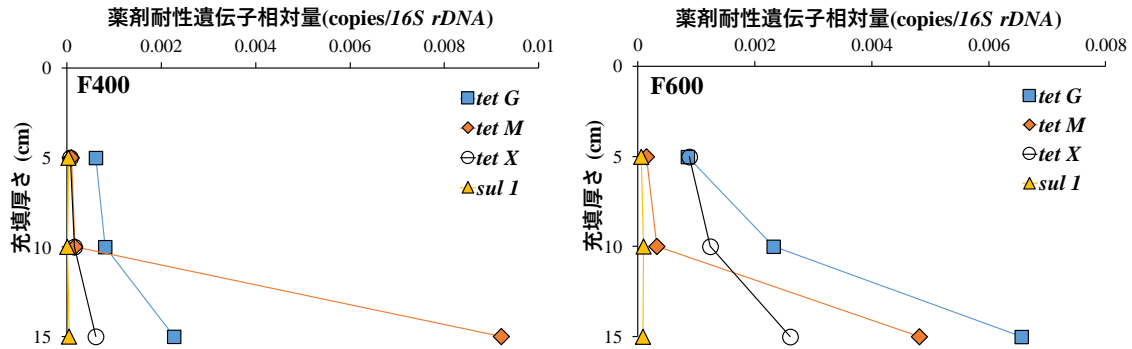


図 4 活性炭充填層深さ方向における薬剤耐性遺伝子の相対量の分布

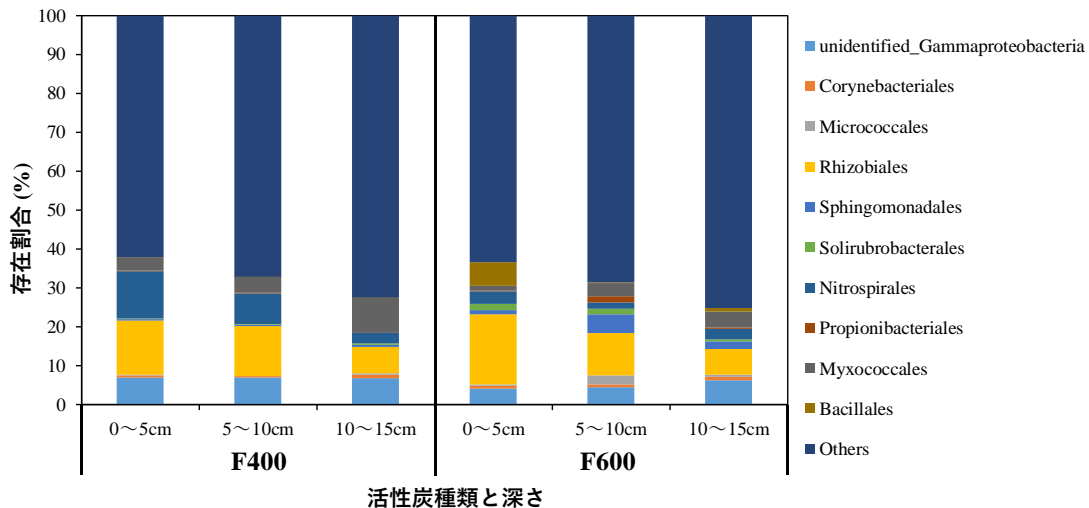


図 5 次世代シーケンサーによる活性炭充填層深さ方向での微生物の同定結果

・細菌群集構造と形態変化時における薬剤耐性遺伝子の消長

細菌密度の高い試料として、下水処理場からの返送汚泥を採取し、それを対象にした好気と嫌気の攪拌処理実験を固形物濃度 3.0, 4.6, 7.2g/L の条件下でそれぞれ行った。図 6 に一例として脱水素酵素による微生物の活性の変化を、図 7 に固形物濃度 7.2g/L の場合における薬剤耐性遺伝子の濃度の変化をそれぞれ示す。

微生物の活性について、図 6 に示されているように、好気攪拌の場合には最初の 2 日内で顕著に低下し、以降は狭い範囲内で変動しているのに対し、嫌気攪拌の場合には最初の 6 日以内では増加し、以降は徐々に低下した。薬剤耐性遺伝子の濃度については、図 7 に示されているように、好気の場合、実験開始 6 日目に最小値を示し、以降一旦増加したが減少傾向に転じた。4 種類の耐性遺伝子の中、*qnr S* の低下が最も顕著であった。嫌気

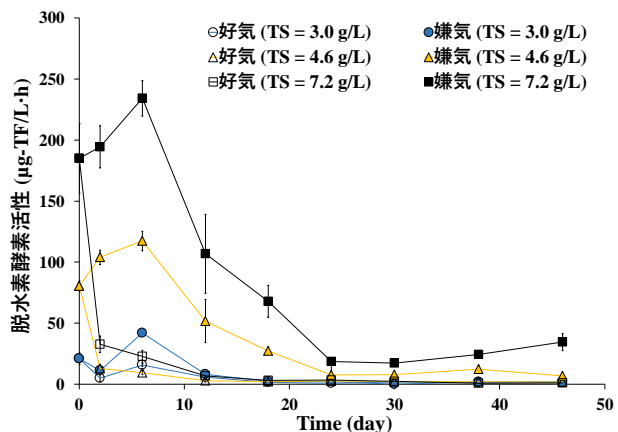


図 6 微生物の活性変化

の場合、実験開始 38 日目には大きな濃度の増減は認められないものの、終了時の 46 日目には著しく増加した。この傾向は 16S rDNA で示す全細菌の濃度変化傾向と類似している。走査型電子顕微鏡と蛍光顕微鏡による観察結果、攪拌の進行に伴って、好気の場合には細菌の自己分解が進み、30 日目には形完全な細菌が殆ど存在しなくなったのに対し、嫌気の場合には酸生成菌などの出現や優先種の増減の変化により形態完全な細菌が依然多く存在し、この相違が耐性遺伝子の消長に係わっていることが窺える。

・塩素やオゾンの薬剤耐性遺伝子の消長に与える影響

細胞外プラスミドと薬剤感受性細菌との共存培養を組み合わせた実験、長さの異なる耐性遺伝子との接触実験を行った。一例として、次亜塩素酸ナトリウムを添加した (4mg/L) 場合における薬剤耐性遺伝子の実験結果を図 8 に示す。tetA と blaTEM-1 遺伝子の濃度が接触時間の増加に伴って減少し、減少の割合は、長い tetA に比べて短い blaTEM-1 の方が大きく、塩素などの酸化処理の効果は耐性遺伝子の構造と配列の長さに関係することが示唆された。

・薬剤耐性遺伝子及び耐性菌の伝播を抑制する金属担持活性炭

浸漬 pH、加熱温度を変化させた条件下で担持実験を行い、Ag の活性炭表面での分布状況から最適な条件を定めた。また担持活性炭による不活化の効果を比較検討した。

・活性炭の細孔径分布の影響

銘柄が異なる 10 種類の活性炭による薬剤耐性遺伝子の吸着実験を行い、活性炭細孔径分布の影響を明らかにした。

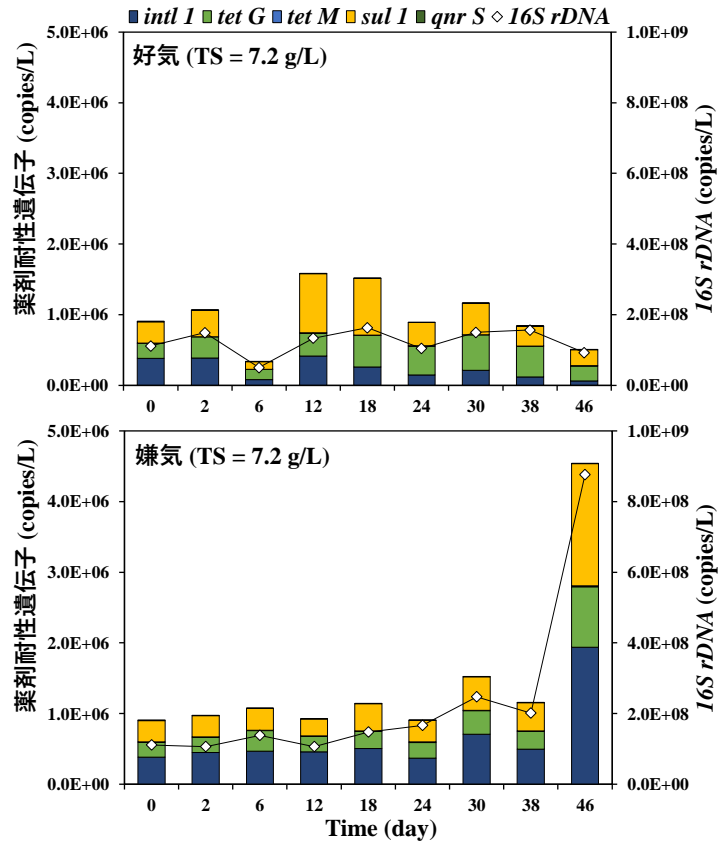


図 7 余剰汚泥の好気および嫌気消化における薬剤耐性遺伝子 ARGs、インテグラーゼ遺伝子 *intl 1*、全細菌 16S rDNA の挙動

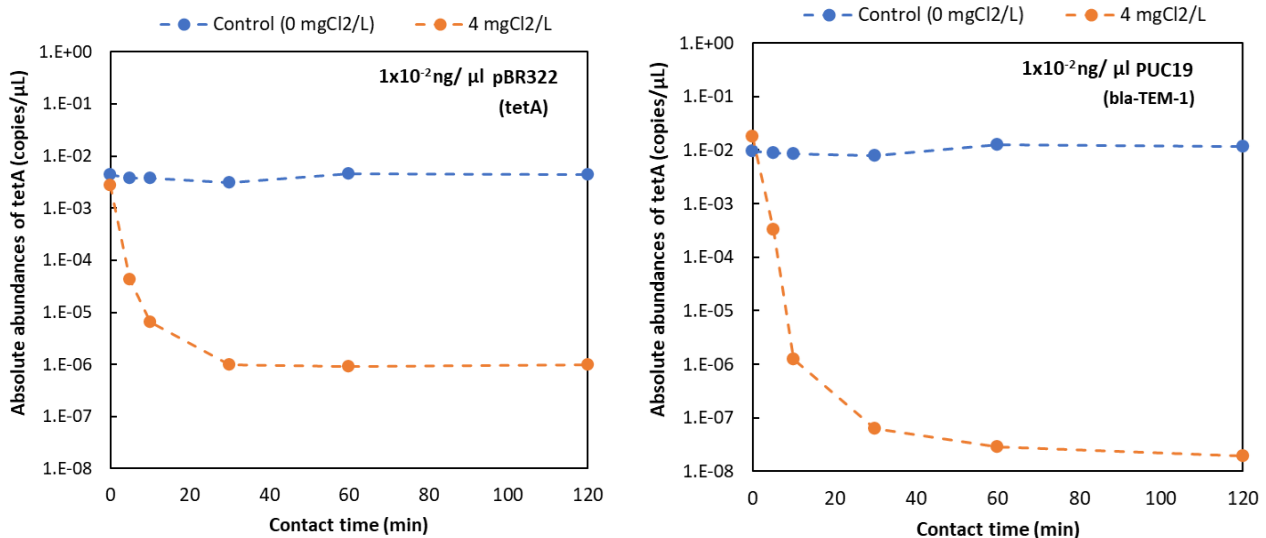


図 8 塩素処理に伴う細胞外薬剤耐性遺伝子の濃度変化(a: 全長 4,361 bp のテトラサイクリン耐性遺伝子 TetA を保有する pBR322 プラスミド, b: 全長 2,686 bp のアンピシリン耐性遺伝子 (blaTEM-1) を保有する pUC19 プラスミド)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sarkar Kanika, Wei Gengrui, Rosadi Maulana Yusup, Murata Naoki, Li Fusheng	4. 巻 44
2. 論文標題 Characterization of DOM released from bacteria in response to chlorine in water based on indicator bacteria	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Technology	6. 最初と最後の頁 1~15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09593330.2022.2102939	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 該当する
1. 著者名 Wang Yajie, Li Jiefeng, Li Wenjiao, Wei Yongfen, Deng Zhiyi, Li Fusheng	4. 巻 30
2. 論文標題 Relation analysis of bacterial community in soils of coal mines with potential ecological risk from heavy metals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Environmental Technology & Innovation	6. 最初と最後の頁 103125 ~ 103125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.eti.2023.103125	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 Li Wenjiao, Su Haoning, Li Jiefeng, Bhat Sartaj Ahmad, Cui Guangyu, Han Zaw Min, Nadya Diva Sagita, Wei Yongfen, Li Fusheng	4. 巻 760
2. 論文標題 Distribution of extracellular and intracellular antibiotic resistance genes in sludge fractionated in terms of settleability	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 143317 ~ 143317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2020.143317	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 該当する
1. 著者名 Li Wenjiao, Li Jiefeng, Ahmad Bhat Sartaj, Wei Yongfen, Deng Zhiyi, Li Fusheng	4. 巻 325
2. 論文標題 Elimination of antibiotic resistance genes from excess activated sludge added for effective treatment of fruit and vegetable waste in a novel vermireactor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioresource Technology	6. 最初と最後の頁 124695 ~ 124695
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biortech.2021.124695	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 該当する

1. 著者名 Rosadi Maulana Yusup, Maysaroh Sutra, Hudori Hudori, Sarkar Kanika, Yamada Toshiro, Li Fusheng	4. 巻 43
2. 論文標題 The storage temperature and oxygen concentration greatly affect organic matter released from drinking water treatment sludge: Evaluation based on the consumption rate for chlorine	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Water Process Engineering	6. 最初と最後の頁 102312 ~ 102312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jwpe.2021.102312	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 Hudori Hudori, Rosadi Maulana Yusup, Yamada Toshiro, Bhat Sartaj Ahmad, Li Fusheng	4. 巻 13
2. 論文標題 Effect of the Recycling Process on Drinking Water Treatment: Evaluation Based on Fluorescence EEM Analysis Using the Peak-Picking Technique and Self-Organizing Map	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 3456 ~ 3456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w13233456	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 Li Jiefeng, Wang Yajie, Li Wenjiao, Bhat Sartaj Ahmad, Wei Yongfen, Deng Zhiyi, Hao Xiaodi, Li Fusheng	4. 巻 292
2. 論文標題 Accumulation capability for cesium differs among bacterial species: A comprehensive study using bacteria isolated from freshwater and coastal sediment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Pollution	6. 最初と最後の頁 118431 ~ 118431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envpol.2021.118431	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 該当する

1. 著者名 Cui Guangyu, Fu Xiaoyong, Bhat Sartaj Ahmad, Tian Weiping, Lei Xuyang, Wei Yongfen, Li Fusheng	4. 巻 207
2. 論文標題 Temperature impacts fate of antibiotic resistance genes during vermicomposting of domestic excess activated sludge	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Research	6. 最初と最後の頁 112654 ~ 112654
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envres.2021.112654	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 該当する

1. 著者名 Rosadi Maulana Yusup, Yamada Toshiro, Hudori Hudori, Tamaoki Hiroto, Li Fusheng	4. 巻 20
2. 論文標題 Characterization of dissolved organic matter extracted from water treatment sludge	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Water Supply	6. 最初と最後の頁 2194 ~ 2205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2166/ws.2020.120	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 Hudori Hudori, Yamada Toshiro, Suzuki Yukitaka, Rosadi Maulana Yusup, Tamaoki Hiroto, Li Fusheng	4. 巻 20
2. 論文標題 Characterization of dissolved organic matter at a water treatment plant with closed systems in different seasons	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Water Supply	6. 最初と最後の頁 2013 ~ 2020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2166/ws.2020.117	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 Li Wenjiao, Bhat Sartaj Ahmad, Li Jiefeng, Cui Guangyu, Wei Yongfen, Yamada Toshiro, Li Fusheng	4. 巻 302
2. 論文標題 Effect of excess activated sludge on vermicomposting of fruit and vegetable waste by using novel vermireactor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bioresource Technology	6. 最初と最後の頁 122816 ~ 122816
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biortech.2020.122816	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 Huang Kui, Xia Hui, Zhang Yingying, Li Jianhui, Cui Guangyu, Li Fusheng, Bai Wei, Jiang Yufeng, Wu Nan	4. 巻 297
2. 論文標題 Elimination of antibiotic resistance genes and human pathogenic bacteria by earthworms during vermicomposting of dewatered sludge by metagenomic analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bioresource Technology	6. 最初と最後の頁 122451 ~ 122451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biortech.2019.122451	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 Bhat Sartaj Ahmad, Cui Guangyu, Li Wenjiao, Wei Yongfen, Li Fusheng	4. 巻 241
2. 論文標題 Effect of heavy metals on the performance and bacterial profiles of activated sludge in a semi-continuous reactor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 125035 ~ 125035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2019.125035	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 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Nadya Diva Sagita, Sutra Maysaroh, Maulana Yusup Rosadi, Fusheng Li
2. 発表標題 Potential impact of chlorination on the fate of antibiotic resistance genes in drinking water treatment
3. 学会等名 令和3年度(2021)日本水環境学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Maulana Yusup Rosadi, Nadya Diva Sagita, Sutra Maysaroh, Li Fusheng
2. 発表標題 Changes of dissolved organic matter from source to treated water in drinking water treatment plant: Evaluation based on fluorescence excitation-emission matrix analysis
3. 学会等名 令和3年度(2021)日本水環境学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wenqing Li, Haoning Su, Showa Wakamiya, Fusheng Li
2. 発表標題 Seasonal changes of algal species in Nagara River
3. 学会等名 令和3年度(2021)日本水環境学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wenqing Li, Haoning Su, Shoma Wakamiya and Fusheng Li
2. 発表標題 Coexisting and competing algal species with moldy odor-causing blue algal in Nagara River
3. 学会等名 Proceedings of UGSAS-GU & BWEL Joint Poster Session on Agricultural and Basin Water Environmental Sciences (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nadya Diva Sagita, Sutra Maysaroh, Maulana Yusup Rosadi and Fusheng Li
2. 発表標題 Changes of 16S rDNA and antibiotic resistance genes in drinking water treatment process
3. 学会等名 Proceedings of UGSAS-GU & BWEL Joint Poster Session on Agricultural and Basin Water Environmental Sciences (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Maulana Yusup Rosadi, Nadya Diva Sagita, Sutra Maysaroh and Li Fusheng
2. 発表標題 Changes of dissolved organic matter from source to treated water in drinking water treatment plant: Evaluation based on fluorescence excitation-emission matrix analysis
3. 学会等名 Proceedings of UGSAS-GU & BWEL Joint Poster Session on Agricultural and Basin Water Environmental Sciences (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wenjiao Li, Fusheng Li,
2. 発表標題 Distribution of extracellular and intracellular antibiotic resistance genes in sludge fractionated in terms of settleability
3. 学会等名 The 4th Symposium of River Basin Studies - Towards the Interdisciplinary Study of the Sustainable Utilization and Management of River Basin Systems -
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroki Maruyama, Fusheng Li
2. 発表標題 Advanced drinking water treatment by activated carbon: Evaluation based on organic matter removal and bacterial community in biofilm
3. 学会等名 The 4th Symposium of River Basin Studies - Towards the Interdisciplinary Study of the Sustainable Utilization and Management of River Basin Systems -
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wenjiao Li, Fusheng Li
2. 発表標題 Elimination of antibiotic resistance genes introduced from excess activated sludge in a novel vermireactor for treatment of fruit and vegetable waste
3. 学会等名 Proceedings of UGSAS-GU & BWEL Joint Poster Session on Agricultural and Basin Water Environmental Sciences
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nadya Diva Sagita, Wenjiao Li, Fusheng Li
2. 発表標題 Occurrence and behavior of antibiotic resistance genes during drinking water treatment process
3. 学会等名 Joint International Seminar of Xiangtan University and Gifu University on Environmental Science and Engineering
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Li, F., Awaya, Y., Kageyama, K., Wei, Y. (eds)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 356
3. 書名 River Basin Environment: Evaluation, Management and Conservation	

〔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	魏 永芬 (WEI YONGFEN) (00467218)	岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授 (13701)	
研究分担者	山田 俊郎 (YAMADA TOSHIRO) (30335103)	北海学園大学・工学部・教授 (30107)	
研究分担者	石黒 泰 (ISHIGURO YASUSHI) (10743891)	岐阜大学・流域圏科学研究センター・助教 (13701)	

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