

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03107

研究課題名(和文) 畜産環境における耐性菌パンデミック防御のための抗菌剤磁気分離と嫌気性消化への展開

研究課題名(英文) Magnetic separation of antibiotics and application to anaerobic digestion for resistant bacteria pandemic in livestock environment

研究代表者

井原 一高 (Ihara, Ikko)

神戸大学・農学研究科・教授

研究者番号：50396256

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：畜産施設からの排出される薬剤耐性菌の制御法を確立するため、家畜糞尿含有廃水に含有する抗生物質の磁気分離による残留抗生物質除去と、嫌気性消化(メタン発酵)による家畜糞尿に残留する薬剤耐性菌の低減手法について検討した。家畜糞尿液分のような高濃度有機物が含有する溶液に残留する抗生物質への磁気シーディングにおいて、除去率に寄与する因子を見出した。さらに、実廃水を用いた耐性菌出現すなわち耐性遺伝子変異リスクについて評価し、微生物群集構造および排水処理性能に影響を与えない最小限の抗生物質濃度を求めるため、排水処理性能および微生物群集の動的変化を解析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

得られた研究成果は、ワンヘルスアプローチが期待される抗生物質耐性菌対策において畜産環境分野から直接的に貢献できる知見を含むことから、社会的な意義は大きいと考えられる。また、磁気力の環境応用を含むことから磁気科学の裾野を広げることに寄与していると考えられ、学術的な意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：In order to establish a method for controlling antibiotic-resistant bacteria discharged from livestock facilities, the removal of residual antibiotics by magnetic separation of antibiotics in wastewater containing animal manure and a method for reducing antibiotic-resistant bacteria by anaerobic digestion were investigated. Factors contributing to the removal rate were found in magnetic seeding of antibiotics in solutions containing high concentrations of organic matter, such as livestock manure solutions. Furthermore, the risk of emergence of antibiotic resistant bacteria, i.e. mutation risk of resistant genes, was assessed using actual wastewater, and dynamic changes in wastewater treatment performance and microbial communities were analyzed to find the minimum antibiotic concentration that would not affect the microbial community structure and wastewater treatment performance.

研究分野：農業環境情報工学

キーワード：家畜糞尿 動物用抗菌剤 抗生物質 嫌気性消化 薬剤耐性菌 磁気分離

1. 研究開始当初の背景

畜産業において抗生物質(動物用抗菌剤)は、感染症の予防・治療や成長促進を目的として広く用いられている。我が国における抗生物質の年間使用量は2,200 tを越え、ヒトよりも家畜に多く使用されている。家畜に投与され代謝分解されなかった抗生物質は、畜産施設から糞尿とともに環境に放出されている可能性が高い。排出源とされる畜産施設では、数十 mg/L を超える濃度で畜産廃水から排出されていると推定される。

抗生物質の環境拡散によって懸念されるのは、耐性菌の問題である。米国疾病予防センター(CDC)によれば、抗生物質耐性病原菌による死者は米国内で毎年23,000人に達し、耐性遺伝子が畜産廃棄物から環境経由でヒトへ伝播することを強く警鐘している。WHOは、抗生物質耐性は目に見えないパンデミック(世界的大流行)と声明を出した。

薬剤耐性菌に起因する社会的損失は大きいことからその対策は国際的な緊急課題となっており、2016年開催の先進国首脳会議での関係閣僚会議で議題として取り上げられた。日本国政府も2016年に薬剤耐性対策アクションプランを採択した。環境・畜産分野における残留抗菌剤の研究動向は、曝露試験による処理能変動や耐性菌の発現、耐性遺伝子の伝播が主流であり、本申請課題の様な具体的な対策技術は極めて限られる。一方、医学細菌学では耐性獲得メカニズムの詳細についての報告があるが、環境・畜産分野への波及は限定されている。このため、本研究のように三分野の学際的研究が必要であると提言されている。

抗生物質の使用量と拡散経路を踏まえると、畜産廃棄物や畜産廃水に残留する抗生物質の対策技術が求められ、環境に拡散された抗菌剤が微生物と接触し新たに耐性菌を産出することから、畜産施設から排出される薬剤耐性菌の包括的制御技術を早急に確立する必要がある。

2. 研究の目的

畜産施設からの排出される薬剤耐性菌に対し包括的な制御法を確立するため、家畜糞尿含有廃水や廃棄乳等の液相に残留する抗生物質の磁気分離による残留抗生物質除去と、嫌気性消化(メタン発酵)による家畜糞尿に残留する薬剤耐性菌の低減手法について検討した。家畜糞のような固相に形成される微生物叢は液相中に残留する抗生物質から耐性を獲得することが知られており、メタン発酵の前処理として磁気分離法を活用し、耐性遺伝子伝播の原因となる抗生物質の選択的除去を試みた。メタン発酵法は再生可能エネルギー(バイオガス)を生成可能な家畜糞尿処理法として、畜産施設への普及が進みつつある。本研究から得られる知見は、メタン発酵の衛生管理機能を拡張させるものであり、家畜糞尿資源の循環利用を通じて持続可能な畜産業の実現に資することが期待できる。すなわち、メタン発酵施設を活用して畜産現場へ応用展開できることが特徴である。

3. 研究の方法

本研究課題は、1) 畜産廃水・バイオマスからの動物用抗菌剤の磁気分離法の開発と、メタン発酵による薬剤耐性菌の制御、2) 耐性菌拡散防止のための遺伝子変異解析に基づく耐性菌出現の抗生物質濃度の解明 に2つに構成される。

1) 畜産廃水・バイオマスからの動物用抗菌剤の磁気分離法の開発と、メタン発酵による薬剤耐性菌の制御

メタン発酵の前処理法として家畜糞尿や畜産廃水等に残留する抗生物質の磁気分離法を検討した。動物用抗菌剤(抗生物質)の磁化率は小さいため、磁気力で牽引するためには磁気シーディング(磁性付与)によってみかけの磁化率を拡大させる必要がある。リガンド(配位子)の性質を持つ抗生物質に対し電気化学反応によって金属イオンと選択的にキレート結合させ、さらに強磁性物質を添加することによって、磁気力による抗菌剤の選択分離を試みた。また、磁気力によって分離した抗菌剤の無害化処理のために、磁気力制御による磁気フィルタからのリスク物質の分離と回収についても検討を行った。

さらに、家畜糞尿に出現した抗生物質耐性菌の制御法としてメタン発酵法を検討した。乳牛糞尿を対象とし、酸生成相とメタン生成相に分け、それぞれのフェーズにおける耐性菌の消長を調査し、耐性菌低減に寄与する因子について調査を行った。

2) 耐性菌拡散防止のための遺伝子変異解析に基づく耐性菌出現の抗生物質濃度の解明

メタン発酵法による薬剤耐性菌低減のためには、主たる微生物叢が存在する固形物中の残留抗菌剤濃度が大きく影響すると考えられる。すなわち、抗生物質濃度をどこまで低減させれば新たな耐性菌の出現が抑止できるかという知見は、磁気分離法の目標設定にも欠かせない重要な情報である。実際に申請者らの成果で、微生物叢全体や処理能に影響を与える残留抗菌剤濃度には閾値があることを見出した(Hao, Ihara, Maeda, Shimizu et al., *Sci. Total Environ.* 2019)。そこで、下水等の実廃水を用いた耐性菌出現すなわち耐性遺伝子変異リスクについて評価した。

4. 研究成果

1) 畜産廃水・バイオマスからの動物用抗菌剤の磁気分離法の開発と、メタン発酵による薬剤耐性菌の制御

1-1) 乳牛糞尿液分に含有するテトラサイクリン系抗生物質への磁気シーディング法の検討

乳牛糞尿液分に含有するテトラサイクリン系抗生物質への磁気シーディング法として、鉄アノードを使用した電気化学凝集について検討した。電気化学凝集において、pH が OTC 除去に与える影響を検討するために、pH を制御して実験を行った。pH 7.0, 7.5 と比較すると pH 8.0, 8.5, 9.0 の除去率は約 20% 以上改善し、pH 8.5 のとき最も高くなった。溶液 pH は生成される鉄化合物の種類に影響する。除去率の変化は生成される鉄化合物が影響したと考えられた。得られた結果から、pH を制御することで必要な投入電気を削減できることが示された。電気化学凝集による抗生物質除去において、溶出した鉄イオンの拡散が影響を与えると考えられる。そこでポンプを用いた溶液循環を行い、溶出した鉄イオンの拡散の効果を検証した。溶液循環をしない場合と比較して、ポンプによる溶液循環により OTC 除去率は最大約 20% 程度上昇した。溶液循環により電極間の凝集物の滞留が解消され、OTC 除去率が向上されたと考えられた。

高濃度有機溶液である乳牛糞尿液分からの電気化学凝集による OTC 除去において、投入電気の削減する方法を検討し、pH 制御によって生成される鉄化合物の制御が可能であり、特定の pH において OTC 除去に必要な投入電気が削減できることが示された。また電極から溶出された鉄イオンの拡散を促進させることにより、OTC 除去に必要な投入電気が削減できることを示した。

1-2) 磁気力制御による磁気フィルタを用いたリスク物質の分離と回収

対象水から抗生物質のようなリスク物質を分離・回収する技術として、磁気フィルタを用いた高勾配磁気分離に着目した。磁気フィルタへ分離した対象物質に対し、洗浄水を用いることでフィルタからの回収が実現する。しかし、磁場の解除後も残留磁化等の影響により、分離した物質の回収率が低いことが指摘されている。回収においては、洗浄液量を極力抑制し、対象廃水に対して高い濃縮率を実現することが無害化処理には望ましい。すなわち、磁気フィルタからの高回収率と高濃縮率を両立させる分離・回収プロセスの開発が必要である。本研究では、模擬リスク物質として磁性粒子を用いて、高濃縮率条件下における磁気分離・回収プロセスについて検討した。

模擬廃水として溶液量 1.8 L、磁性粒子濃度 50 mg/L の溶液を作成した。磁性粒子として、マグネタイトを用いた。キャニスタに磁気フィルタとして SUS440C 球を装填したモジュールを作成し、ネオジム磁石による磁場空間を持つ磁気分離装置（最大中心磁場 0.6 T）を実験に使用した。磁性粒子溶液を循環させ磁性粒子の分離試験を行った。印可磁場を解除し脱磁操作を行った後、濃縮倍率が 30 倍となるように回収液量を設定し磁性粒子の回収試験を行った。

磁気分離試験において、分離流量 5.4 mL/s と比較すると、21 mL/s ではマグネタイト分離率 99% までの所要時間は短縮された。分離流量の増大は磁気分離プロセスの高速化に寄与すると考えられる。しかし分離流量を過大にすると、粒子に作用する流れ由来のドラッグ力が増大し磁気分離が困難になる可能性があり、留意が必要である。

濃縮倍率を 30 倍とした回収試験において、回収流量 12 mL/s では 3.0 mL/s, 5.4 mL/s と比較してマグネタイト回収率は 84.8% と高くなったが、流量増大に伴う回収率の増加は鈍化した。また回収溶液量が回収率に与える影響はほとんど観察されなかった。後処理によるリスク物質の無害化を想定した場合、回収溶液量を抑制する必要がある。また分離流量 21 mL/s での分離後の回収において回収率は 31.5% と低くなった。分離条件も回収に影響を与えることが示唆された。

1-3) 乳牛糞尿液分からの抗生物質の磁気分離

酪農施設から動物用抗菌剤の拡散を防止する技術が求められることから、磁気分離法に着目した。動物用抗菌剤は磁化率が小さいことから磁性付与の方法として、鉄電極を用いた電気化学凝集反応による電気化学磁気シーディング法がある。電気化学磁気シーディングでは、生成する水酸化物イオンにより溶液 pH が上昇し、抗生物質に対する磁性付与や最終的な除去率に影響する。本研究では、乳牛糞尿の固液分離後の液分を対象サンプルとし、電気化学凝集反応における溶液 pH の制御を試み、抗生物質除去率への影響を検討した。

対象物質としてテトラサイクリン系抗生物質の一種であるオキシテトラサイクリン (OTC) を用いた。対象溶液として関西地区の農場から採取した乳牛糞尿液分を 10 倍希釈して用いた。OTC (100 mg/L) とマグネタイト (250 mg/L) を添加した乳牛糞尿液分に対し、板状鉄電極を用いて投入電気を変化させて電気化学凝集を行った。溶液温度はウォーターパスによって 25℃ に設定した。電気化学磁気シーディング中の溶液 pH 制御は自動問欠制御方式を採用し、設定値よりも pH が上昇すると 0.1 M H₂SO₄ を自動的に添加した。電気化学凝集を行った溶液に対し、重力分離もしくは磁気力による循環分離を行った。磁気分離は、磁気フィルタを装着した永久磁石磁気分離装置 (0.6 T) を使用した。磁気フィルタとして

SUS440C 球 (直径 2.38 mm) を用いた。

電気化学凝集後に 2 時間の重力分離を行い、OTC 除去率を調べた。電気化学凝集後の溶液 pH が重力分離による除去率に与える影響を調べた。投入電気量を大きくすると除去率は向上した。また、投入電気量 780 C/L では pH 8.5 付近にピークが存在し、投入電気量 1365 C/L の場合と同水準の除去率が得られた。Fe²⁺ は水酸化鉄コロイドを形成しやすいことが知られている。pH 8.5 付近において OTC-Fe キレート錯体と水酸化鉄の形成が適度に進行し、キレート錯体と水酸化鉄の凝集物が生成され、重力分離による高い除去率が得られたと考えられる。分離方法が OTC 除去率に与える影響を示す。pH 6.9 以降において重力分離と比較して磁気分離による除去率が低く、抗生物質に作用する磁気力が不足していたことが示唆された。乳牛糞尿液分に対して電気化学凝集後、重力分離もしくは磁気力による循環分離を行い、溶液 pH の影響について評価した。OTC 除去率が最も高い条件は、重力分離では pH 8.7、磁気分離では pH 7.0 であった。溶液 pH を制御することで、少ない投入電気量で高い除去率が得られ、生成される凝集物も少量であることから、除去プロセスとして優れていると考えられた。

1-4) メタン発酵による薬剤耐性菌の制御

セファゾリン(CEZ)は乳牛の乳房炎治療に広く使用されている。しかし、投与された抗生物質の一定割合は家畜体内で代謝分解されず、代謝物を含め糞尿と一緒に排出される。その結果、嫌気性消化(AD)の基質として乳牛糞尿を使用すると、バイオリアクタ内に CEZ が蓄積し、抗生物質耐性菌(ARB)が増殖するリスクが高まる可能性がある。中温(37℃)メタン発酵の酸生成段階およびメタン生成段階における薬剤耐性菌(ARB)の消長を調べるため、CEZ を添加した乳牛糞尿を用いた 2 段階メタン発酵における ARB の消長を調べた。

実験では、コントロールリアクタ (CEZ 無添加)、100 mg/L CEZ リアクタ、200 mg/L CEZ リアクタを用意し、それぞれ 2 段階メタン発酵を実施した。寒天平板希釈法を用いて ARB を計数し、PTYG 培地を用いて除去率を評価した。

酸生成段階において、pH は CEZ 添加量の増加とともに上昇し、コントロールリアクタの pH は 6.1 と低くなったが、100 mg/L CEZ リアクタは pH 6.22、200 mg/L CEZ リアクタは pH 6.27 であった。コントロールリアクタの総 VFA 濃度は上昇した後に低下し、4 日目に 1878.1 mg/L でピークに達した。これらの結果は、CEZ が有機物を分解して水素と VFA を生成する水素生成細菌と酸生成細菌をそれぞれ抑制した可能性を示すものである。ARB の消長については、コントロールリアクタでは AMP-r を除き、OTC-r、CEZ-r、TYL-r の菌数は減少傾向にあった。しかし、CEZ を添加すると、4 種類の ARB はいずれも増加し、CEZ を 200 mg/L 添加したリアクタでは、OTC-r、CEZ-r、AMP-r、TYL-r の増殖率は、それぞれ 4%、7%、20%、2%であった。これは、CEZ の存在が細菌に選択圧を与え、抗生物質耐性の出現を誘導したことが考えられた。VFA 濃度が高い場合、ARB の除去が促進され、CEZ の VFA 産生抑制効果により酸生成相の ARB 除去能力が低下した。この結果と比較すると、CEZ の添加は酸生成段階の VFA 産生を抑制させ、結果として ARB の消長に影響を与えた可能性がある。

メタン生成相では pH 値と VFA 濃度はいずれの実験区においても比較的同程度であった。これは、酸性相が CEZ の阻害を低下させ、CEZ がメタン生成菌や VFA の分解にほとんど影響を与えなかったためと考えられる。コントロールリアクタと CEZ 添加リアクタの両方で、OTC-r、CEZ-r、AMP-r、TYL-r の数が減少した。これは、メタン生成段階が ARB 減少の主要段階であったことを意味する。酸生成相では、CEZ の存在は酸生成細菌による VFA の生産に影響を与え、ARB の発生を誘導したことが考えられる。メタン生成段階は ARB を減少させる主要なフェーズであり、メタン生成菌に対する CEZ の効果は、酸生成細菌に対する効果よりも低かった。二段 AD の方が ARB 除去効果は高いが、酸生成段階での ARB の濃縮も顕著であった。

2) 耐性菌拡散防止のための遺伝子変異解析に基づく耐性菌出現の抗生物質濃度の解明

多くの先行研究により、抗生物質耐性は新たなリスクであり、排水処理施設 (WWTP) は抗生物質耐性菌 (ARB) や遺伝子 (ARG) を拡散するホットスポットであることが示されている。また、WWTP から水環境への排水処理水は、紫外線や塩素消毒によって殺菌された後に放流されている。しかし、抗生物質の濃度が変動する WWTP の生物処理工程に存在する特定のヒト病原性耐性菌や、消毒後の ARG の挙動についてはほとんど知られていない。本研究では、レボフロキサシン (LVX) をラボスケールのシークエンスバッチリアクタに曝露 (各リアクタに 0, 4, 16, 128 mg-LVX/L を曝露) し、それぞれのリアクタから分離した細菌に対してエリスロマイシン、テトラサイクリン、クロラムフェニコール、LVX を用いた最小阻害濃度解析により、多剤耐性に着目した抗生物質濃度変動下での ARB の出現を明らかにするとともに、ARG の自然界への拡散を防ぐために消毒による ARG の動態を把握することを目的とした。その結果 *Acinetobacter baumannii* は LVX の濃度変化 (特に低濃度 (4 および 16 mg/L) から高濃度 (128 mg/L) へ曝露された段階で、ラボスケールのシークエンスバッチリアクタに明確に出現した。大腸菌へのプラスミド DNA (pUC19) 形質転換効率は、十分な量 (0.5 mg Cl₂/L 以上) と十分な時間 (60 分) の塩素消毒により根絶できた (8.83 log₁₀ 減少以上)。この結果は、WWTP の放流水が環境中に流出する前に、十分な線量と処理時間をかけて消毒を行えば、耐性菌が拡散するリスクを低減できる可能性を示唆している。

生物処理の前処理として、排水中の抗生物質を除去することが、いくつかの報告で示されている。しかし、微生物群集構造、排水処理性能、抗生物質耐性菌の出現などを引き起こさない最小限の抗生物質濃度が明らかでないため、前処理のガイドライン値は明らかにされていない。そこで本研究では、微生物群集構造および排水処理性能に影響を与えない最小限の抗生物質濃度を求めるため、排水処理性能および微生物群集の動的変化を解析した。先行研究からラボスケールのシークエンスバッチリアクタに対するレボフロキサシン (LVX) の曝露濃度は、0, 0.5, 1, 2, 4 mg-LVX/L とした。この結果、2 mg-LVX/L および 4 mg-LVX/L の曝露下では、アンモニア態窒素酸化および亜硝酸態窒素酸化が抑制された。加えて、亜硝酸態窒素酸化は、1 mg-LVX/L の曝露下でも抑制された。しかしながら、0.5 mg-LVX/L 曝露下では、排水処理性能は抑制されなかった。以上から、前処理時の LVX のガイドライン値として 0.5 mg-LVX/L 以下に設定することが提案できると考えられた。

さらに、合成排水を供給する 4 つの連続流リアクタを設置し、塩化セチルピリジニウム (CPC) 濃度を 0 $\mu\text{g/L}$ (対照群として; R1), 50 $\mu\text{g/L}$ (R2), 100 $\mu\text{g/L}$ (R3), 500 $\mu\text{g/L}$ (R4) とした。曝露実験は 4 週間行った。排水処理工程における活性汚泥に含まれる細菌の薬剤耐性に対する洗剤汚染の影響を明らかにするための指標として、*Serratia marcescens* を用いた。水質評価項目は、溶存有機炭素、無機窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) とし、標準的な方法に従って測定した。最小発育阻止濃度 (MIC) は、levofloxacin, erythromycin, tetracycline, および chloramphenicol を用いて分析した。対照群の DOC 除去率は、それぞれ 85% から 92% の間で維持された。CPC の曝露後、他の 3 つのリアクタの DOC 除去率は 4 日目に著しく低下し、それぞれ R2 で 10.2%, R3 で 16.4%, R4 で 50.1% となった。しかし、8 日目には曝露したすべてのリアクタの DOC 除去率は約 88% まで回復した。実験の進行に伴い、高濃度曝露の R4 のみ 12 日目から DOC 除去率が低下し、最終的には約 70.2% を維持した。DOC とは対照的に、4 つのリアクタの無機窒素 (TIN) 除去率は CPC 曝露の影響を受けず、82% から 89% の間で推移した。TIN の除去については、CPC の濃度にかかわらず、排水中に検出される $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ はごくわずかであり、すべてのリアクタの $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率は 99% 以上に達した。洗剤濃度の上昇に伴い、*Serratia marcescens* の MIC も上昇し、対照群に比べ最大 37.8% の上昇を示した。この現象は、排出ポンプに起因するものと考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9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 植原優貴, 井原一高, 吉田弦, 梅津一孝	4. 巻 130
2. 論文標題 電気化学磁気シーディングを用いた畜産排水からの抗生物質の磁気分離	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 関西農業食料工学会支部報	6. 最初と最後の頁 44
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 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 Andriamanohiarisoamanana Fetra J. Ihara Ikko, Yoshida Gen, Umetsu Kazutaka	4. 巻 310
2. 論文標題 Comparative effects of ferric hydroxide and (semi) conductive iron oxides on the anaerobic digestion of oxytetracycline-contaminated dairy manure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Management	6. 最初と最後の頁 114731 ~ 114731
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jenvman.2022.114731	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 Nguyen Tan-Duc, Itayama Tomoaki, Iwami Norio, Shimizu Kazuya, Dao Thanh-Son, Pham Thanh Luu, Tran Vinh Quang, Maseda Hideaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Toxicity of ciprofloxacin and ofloxacin to <i>Moina macrocopa</i> and investigation of p-value adjustments for (eco)toxicological studies	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Drug and Chemical Toxicology	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01480545.2023.2239524	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 Nguyen Tan-Duc, Itayama Tomoaki, Ramaraj Rameshprabu, Iwami Norio, Shimizu Kazuya, Dao Thanh-Son, Pham Thanh Luu, Maseda Hideaki	4. 巻 829
2. 論文標題 Physiological response of <i>Simocephalus vetulus</i> to five antibiotics and their mixture under 48-h acute exposure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 154585 ~ 154585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2022.154585	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 Zhang Chi, Hao Liting, Miao Hanchen, Chen Jiayu, Yuan Tian, Lei Zhongfang, Zhang Zhenya, Utsumi Motoo, Itayama Tomoaki, Miura Takeshi, Ihara Ikko, Maseda Hideaki, Tabassum Salma, Shimizu Kazuya	4. 巻 173
2. 論文標題 Emergence of multidrug-resistant <i>Acinetobacter baumannii</i> under fluctuating levofloxacin concentration and its control by chlorine and UV disinfection	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Process Safety and Environmental Protection	6. 最初と最後の頁 344 ~ 353
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.psep.2023.03.010	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 Zhang Chi, Miao Hanchen, Lei Zhongfang, Yuan Tian, Zhang Zhenya, Ihara Ikko, Maseda Hideaki, Shimizu Kazuya	4. 巻 15
2. 論文標題 Decreased Efficiency of Free Naked DNA Transformation by Chlorine and UV Disinfection and Its Detection Limitations	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 1232 ~ 1232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w15061232	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 Kim Seryoung, Masai Satomi, Murakami Keiji, Azuma Momoyo, Kataoka Keiko, Sebe Mayu, Shimizu Kazuya, Itayama Tomoaki, Whangchai Niwooti, Whangchai Kanda, Ihara Ikko, Maseda Hideaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Characteristics of Antibiotic Resistance and Tolerance of Environmentally Endemic <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Antibiotics	6. 最初と最後の頁 1120 ~ 1120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/antibiotics11081120	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 Dang Bao-Trong, Gotore Obey, Ramaraj Rameshprabu, Unpaprom Yuwalee, Whangchai Niwooti, Bui Xuan-Thanh, Maseda Hideaki, Itayama Tomoaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Sustainability and application of corncob-derived biochar for removal of fluoroquinolones	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biomass Conversion and Biorefinery	6. 最初と最後の頁 913 ~ 923
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13399-020-01222-x	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 Nguyen Tan-Duc, Itayama Tomoaki, Ramaraj Rameshprabu, Iwami Norio, Shimizu Kazuya, Dao Thanh-Son, Pham Thanh-Luu, Maseda Hideaki	4. 巻 291
2. 論文標題 Chronic ecotoxicology and statistical investigation of ciprofloxacin and ofloxacin to <i>Daphnia magna</i> under extendedly long-term exposure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Pollution	6. 最初と最後の頁 118095 ~ 118095
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envpol.2021.118095	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 Okano Kunihiro, Shimizu Kazuya, Saito Takeshi, Maseda Hideaki, Utsumi Motoo, Itayama Tomoaki, Sugiura Norio	4. 巻 9
2. 論文標題 Draft Genome Sequence of the Microcystin-Degrading Bacterium <i>Novosphingobium</i> sp. Strain MD-1	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Microbiology Resource Announcements	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) 10.1128/mra.01413-19	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19件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 植原優貴, Fetra J. Andriamanohiarisoamanana, 吉田弦, 井原一高, 梅津一孝
2. 発表標題 電気化学凝集による家畜糞尿液分からの抗生物質の除去と磁気分離への応用
3. 学会等名 第24 回日本水環境学会シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 You Jingyi, Gen Yoshida, Fetra J. Andriamanohiarisoamanana, Ikko Ihara, Kazuya Shimizu, Hideaki Maseda, Kazutaka Umetsu
2. 発表標題 Survival of Antibiotic Resistant Bacteria during Mesophilic Anaerobic Digestion with Cefazolin-Spiked Dairy Cow Manure
3. 学会等名 2021年度農業施設学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 J.Y. You, I. Ihara, G. Yoshida, F. Andriamanohiarisoamanana, K. Shimizu, H. Maseda, K. Umetsu
2. 発表標題 Effect of Cefazolin on the Survival of Antibiotic Resistant Bacteria during the Batch Mesophilic Anaerobic Digestion of Dairy Cow Manure
3. 学会等名 The 13th Japan-China-Korea International Postgraduate Academic Symposium (Online Conference) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 檜原優貴, Fetra Jules Andriamanohiarisoamanana, 吉田弦, 井原一高, 梅津一孝
2. 発表標題 家畜糞尿液分に含有する抗生物質の磁気分離 - 電気化学磁気シーディングにおける溶液pH の影響 -
3. 学会等名 2022 年農業施設学会 学生・若手研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 You Jingyi, Ihara Ikko, Yoshida Gen, Fetra J Andriamanohiarisoamanana, Shimizu Kazuya, Maseda Hideaki, Umetsu Kazutaka
2. 発表標題 Effect of anaerobic digestion phase on the survival of antibioticresistant bacteria during the batch mesophilic anaerobic digestion with cefazolin-spiked dairy cow manure
3. 学会等名 2022 年農業施設学会 学生・若手研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江村寛, 吉田弦, 井原一高
2. 発表標題 リスク物質処理のための磁気フィルタによる分離・回収プロセスの検討
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第147回例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村匠, 陳海博, Fetra J. Andriamanohiarisoamanana, 吉田弦, 井原一高, 梅津一孝
2. 発表標題 不溶性アノードを用いた廃棄乳に含有する動物用抗菌剤の分解
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第147回例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木崇矢, Fetra J. Andriamanohiarisoamanana, 吉田弦, 井原一高, 梅津一孝
2. 発表標題 電気化学凝集による乳牛糞尿液分からのテトラサイクリン系抗生物質の分離除去
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第147回例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 1)Chi Zhang, Hanchen Miao, Liting Hao, Zhenya Zhang, Zhongfang Lei, Tian Yuan, Hideaki Maseda, Ikko Ihara, Kazuya Shimizu
2. 発表標題 Effectiveness of disinfection against multi-drug resistant bacteria and DA in wastewater treatment
3. 学会等名 日本水処理生物学会第57回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Rui Xiao, Chi Zhang, Tian Yuan, Zhongfang Lei, Zhenya Zhang, Tomoaki Itayama, Ikko Ihara, Hideaki Maseda, Motoo Utsumi, Kazuya Shimizu
2. 発表標題 Adaptation of microbial communities against antibiotics exposure during wastewater treatment processes
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 井原一高, 岩崎光一郎, 吉田弦, 梅津一孝
2. 発表標題 電気化学凝集を活用した酪農廃水からの抗生物質の磁気分離
3. 学会等名 第23回日本水環境学会シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田朋高, 吉田弦, Fetra Andriamanohiarisoamanana, 井原一高, 梅津一孝
2. 発表標題 磁気力制御による畜産廃水に含有する抗生物質の濃縮分離と回収に関する検討
3. 学会等名 2020年農業施設学会秋季学生・若手研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井原一高
2. 発表標題 動物用抗菌剤の環境拡散防止のための磁気分離および嫌気性消化
3. 学会等名 第55回緑膿菌感染症研究会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榎原優貴, 井原一高, 吉田弦, 梅津一孝
2. 発表標題 電気化学磁気シーディングを用いた畜産廃水からの抗生物質の磁気分離 - 溶液pHの影響 -
3. 学会等名 関西農業食料工学会第145回例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井原一高
2. 発表標題 畜産廃水の現状とアンモニア回収技術への期待
3. 学会等名 膜による廃水アンモニア分離ワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井原一高, 吉田朋高, Fetra ANDRIAMANOHARI ISOAMANANA, 吉田弦
2. 発表標題 磁気力制御による畜産廃水からの抗生物質の選択分離
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 You Jingyi, Gen Yoshida, Fetra Andriamanohiarisoamanana, Ikko Ihara, Kazuya Shimizu, Hideaki Maseda, Kazutaka Umetsu
2. 発表標題 Effect of cefazolin on the survival of antibiotic resistant bacteria during batch mesophilic anaerobic digestion with dairy cow manure
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 Ikko Ihara, Mari Seko, Fetra J. Andriamanohiarisoamanana, Gen Yoshida, Kazuya Shimizu, Hideaki Maseda, Masahiro Iwasaki, Kazutaka Umetsu
2. 発表標題 Effect of Cefazolin Residue in Dairy Manure on Survival of Antibiotic-Resistant Bacteria during Mesophilic Anaerobic Digestion
3. 学会等名 The 4th International Conference on Recent Advancements in Sustainable Management of Livestock Waste and Rural Environment (Livestock Waste 2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fetra Andriamanohiarisoamanana, Ikko Ihara, Gen Yoshida, Kazutaka Umetsu
2. 発表標題 Tackling Antibiotic Inhibition in Anaerobic Digestion: The Roles of Fe ³⁺ and Fe _{3O4} on Process Performances and Volatile Fatty Acids Utilization Pattern
3. 学会等名 The 4th International Conference on Recent Advancements in Sustainable Management of Livestock Waste and Rural Environment (Livestock Waste 2020) (国際学会)
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
研究分担者	間世田 英明 (Maseda Hideaki) (10372343)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命工学領域・上級主任研究員 (82626)	
研究分担者	清水 和哉 (Shimizu Kazuya) (10581613)	東洋大学・生命科学部・教授 (32663)	
研究分担者	梅津 一孝 (Umetsu Kazutaka) (20203581)	帯広畜産大学・畜産学部・教授 (10105)	

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