

令和 6 年 4 月 6 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12209

研究課題名（和文）コプロスタノールによる硝酸汚染地下水の原因分離と汚染源評価手法の開発

研究課題名（英文）Development of a method for identification and assessment of sources of nitrate-polluted groundwater using coprostanol

研究代表者

中川 啓（Nakagawa, Kei）

長崎大学・水産・環境科学総合研究科（環境）・教授

研究者番号：90315135

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、地下水の硝酸性窒素汚染に対する、新たな汚染原因分離手法として提案しているコプロスタノールを利用する方法を、より確かなものとするため、コプロスタノールの移動特性について、カラム実験及びフィールド調査に基づき、検討を加えることを目的とした。その結果、コプロスタノールが表層近くに強く吸着されていることが明らかになった。フィールド調査からは脱窒のため硝酸性窒素濃度が低減していてもコプロスタノールが検出される場合は、糞便汚染の兆候が疑われ、その痕跡を示すものと考えられた。また流動経路の上流における土地利用から、その要因の一つは家畜排せつ物であると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コプロスタノールの土壌への吸着特性を明らかにしたことで、地下水と河川の相互交流関係を、コプロスタノール及び硝酸性窒素を通じて明らかにすることができ、現場における地下水と河川水の挙動の理解を助け、汚染の実態調査や汚染対策を講ずる上で実務的な成果につながることを期待できる。またコプロスタノールの測定と数値シミュレーション手法を組み合わせることにより、汚染源を推定することができることが分かった。以上より、硝酸性窒素による地下水汚染が深刻である地域の水環境の修復へ筋道をつけることができ、地域の貴重な水資源の保全に繋がる成果であることから、清澄な水の確保・保全の観点からも社会的意義のある成果である。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the migration characteristics of coprostanol using column experiments and field investigations to confirm the proposed use of coprostanol as a new method for identifying the causes of nitrate-nitrogen contamination in groundwater. The results showed that coprostanol was strongly adsorbed on the surface. A field survey revealed that coprostanol was detected even when nitrate-nitrogen concentrations were reduced due to denitrification, which was suspected to be an indication of fecal contamination. The land use upstream of the flow paths suggests that one of the factors was livestock waste.

研究分野：環境地下水学

キーワード：硝酸性窒素 地下水汚染 コプロスタノール カラム実験 フィールド調査

1. 研究開始当初の背景

地下水汚染の対策を講ずる場合、まず、その汚染源(の場所)を正確に把握することが重要である。硝酸性窒素による地下水汚染などの、非特定汚染源(ノンポイントソース)といわれる地下水汚染は、汚染源を特定して対策を施すことが困難である場合が多い。硝酸性窒素による地下水汚染の場合、その汚染原因は、生活排水、家畜排せつ物や化学肥料などとされている。汚染源を特定するためには、主な汚染原因が、いずれであるかを明らかにすることが有効であると考えられる。このため、汚染原因を特定する方法が検討されてきており、窒素同位体比と酸素同位体比をプロットする Kendall (1998)の示したダイアグラムにより汚染原因を分離する手法が多くの研究者によりとられてきた。しかし、この汚染原因分離のためのダイアグラムには、家畜排せつ物起源と化学肥料起源の汚染原因が重複する領域が存在している。もしこの領域にプロットされた場合、汚染原因を特定できない事態となってしまう。そこで研究代表者は、糞便汚染指標の一つであるコプロスタノール(5 β -cholestan-3 α -ol)を、汚染原因特定の一助とできないか検討した(Nakagawa et al., 2017)。コプロスタノール(以下、COPR と記す)は、哺乳動物の腸内細菌によってコレステロールが還元されて生成する物質である。そのため、COPR が検出されるサンプルは、家畜排せつ物が汚染原因である可能性が高いものと考えられる。この研究で硝酸性窒素による地下水汚染が深刻である、長崎県島原市の地下水を対象として検討を加えたところ、その利用可能性が示された。しかし、地下水中で検出される COPR の濃度はかなり低濃度であったため、同じ島原市内の河川においてもサンプリングを実施した(Nakagawa et al., 2019)。その結果、河川水中では、地下水中よりも高濃度で検出され、より明確に硝酸性窒素汚染の汚染原因を分離するための指標として用いることができる可能性が示唆された。しかし、硝酸性窒素の濃度は、近傍の地下水と河川で、COPR の濃度ほど大きな違いは見られない。COPR を地下水汚染の汚染原因分離指標とするためには、なぜ両者が異なるのかを明確にしておく必要がある。また、その関係性が明確にできれば、地下水をサンプリングしなくても、サンプリングが容易な近傍の河川からサンプリングを行い、汚染原因の評価を行うことも可能であろう。

そこで、地下水中と河川水中における COPR 濃度の違いの要因が土壌や堆積物中における吸着などと予想されていることに基づき、本研究ではこうした関係性を明らかにするためにコプロスタノールの移動特性について、検討することが必要であると考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、新たな汚染原因分離手法として、COPR を利用する方法を、より確かなものとするため、地下水中と河川水中における COPR 濃度の違いの要因が土壌や堆積物中における吸着などと予想されていることに基づき、こうした関係性を明らかにするためにコプロスタノールの移動特性について、カラム実験及びフィールド調査に基づき 検討を加えることを目的とした。すなわち、コプロスタノールの土壌中における反応輸送特性を明らかにするカラム実験を行うこと(目的1)、フィールド調査に基づくコプロスタノール測定の有効性の検証(目的2)に分けて実施した。

硝酸性窒素による水環境の汚染は、非特定汚染源(ノンポイントソース)の汚染といわれ、汚染源位置や汚染原因が多様であるため、どこをどう対策するかについて、困難になっている。本研究の目的2により、汚染原因を分離することができ、さらに流跡線解析などの数値シミュレーション手法の援用により汚染源位置を突き止めるといった一連の解析手法が確立できれば、汚染対策を検討するための具体的かつ有益な資料が提供できるようにすることが将来的な目標である。

3. 研究の方法

本研究では、コプロスタノールの移動特性について、カラム実験及びフィールド調査に基づき、検討を加えることを目的として、コプロスタノールの土壌中における反応輸送特性を明らかにするカラム実験を行うこと(目的1)、フィールド調査に基づくコプロスタノール測定の有効性の検証(目的2)を目的としている。そのため、それらに対応して以下のような項目に分けて検討を加えた。

(1) 地下水中の COPR 濃度の決定要因についての検討(目的1)

本研究で検討するように、河川の水位の方が地下水位よりも高い失水河川の場合、硝酸性窒素および COPR が地下水へ至る経路は、表面流出に伴い、先に河川へ入り、河川から河岸や河床を浸透して地下水へ至る場合と、降水の浸透に伴い、地表面から土壌中を移動して地下水に至る場合とが考えられる。いずれの場合も、COPR は、地下水に至る以前に、土壌や河岸・河床の堆積物の固相表面へ吸脱着され、地下水中の濃度が変化することが考えられる。そこで、研究対象地の土壌や河岸・河床の堆積物を採取し、カラムに充填し、カラムの上端から、COPR を投入して、下端からの流出液を所定の間隔でサンプリングするカラム実験を実施する。また実験終了後、固相(土壌や堆積物)に吸着された COPR の量や分布を調べることにより、液相中で測定される COPR の元の濃度を調べる。このカラム実験を通じて、コプロスタノールの

土壤中における反応輸送特性を明らかにする。

(2) 地下水中の COPR 濃度の調査と提案手法の有効性の確認 (目的 2-I)

研究対象地における地下水のサンプリングを実施し、硝酸性窒素および COPR の分析を実施する。このようにして、(1)のカラム実験で明らかにされた挙動が、実際にフィールドにおいて観測される事実と一致することを確認する。季節変動も考慮するため、研究期間中に複数回の調査を繰り返し実施する。なおこの項目の研究対象地は、提案手法の有効性をさらに確認するため、これまで実施してきた島原半島から熊本地区に移し、深層地下水の分析に絞り実施することとした。

(3) 数値シミュレーションの援用による汚染源位置推定手法の検討 (目的 2-II)

(1), (2)によって提案する汚染原因の推定に基づき、土壌における COPR および硝酸性窒素の吸脱着特性、汚染原因および汚染源位置を推定する。ここでは、I, II に並行して実施する数値シミュレーションモデルの構築と、数値シミュレーションにより流動経路および土地利用状況から検証を行う。

4. 研究成果

本研究は、COPR の土壌中における反応輸送特性を明らかにするカラム実験を行うことと (目的 1)、フィールド調査に基づくコプロスタノール測定の有効性の検証 (目的 2)に分けて実施した。

目的 1 については、COPR のカラム終端からの流出が通常の溶存物質と異なり、間歇的に流出するなどのため、土、砂、堆積物に対する吸着実験を行い、吸着等温線を求め、土に対する強い吸着が確認された。このためカラム内に充填された土への吸着分布特性を調べるための実験と再設定し、実験を行って、結果を取りまとめた。粒度を調整して充填したカラムにおける実験では、コプロスタノールが表層近くに強く吸着されていることが明らかになった。したがって土壌や堆積物を通じて地下水へコプロスタノールが到達するためには、実際の土壌中や堆積物中に存在すると考えられる選択的な流路が効くものと考えられた。今後、こうしたメカニズムの検証が必要である。

目的 2 については、毎月のフィールドにおける採水と硝酸性窒素とステロール類の測定を約 2 年間 (2022.6 - 2024.3)継続した。ステロール類の測定は、COPR だけではなく、コレステロール、コレスタノール、 β -シトステロールを測定し、各種ステロール比を算出して、糞便汚染レベルの評価も行なった (図 1)。COPR が検出される場合でも COPR の検出が間歇的であるのは、カラム実験結果とも整合的であり、その疎水性と吸着特性が効いているものと考えられた。こうしたことから COPR の測定を一定期間継続して行うことが必要であると考えられた。脱窒のため硝酸性窒素濃度が低減していても COPR が検出されている場合は、糞便汚染の兆候が疑われ、その痕跡を示すものと考えられた。また流動経路の上流における土地利用から、その要因の一つは家畜排せつ物であると考えられた。なお、数値シミュレーションを実施するための地下水モデル構築はすすめてきたが、十分な精度を満たすモデルとしては未完成であったため、当該地区において構築された地下水モデルによる数値シミュレーション結果から推定される流動経路から、COPR 濃度が高い地点の上流における土地利用を確認する方法で、目的 2-II を達成することとした。

以上のように本研究によってコプロスタノールを測定することによる汚染原因分離を行うことに有効であることが確認された。

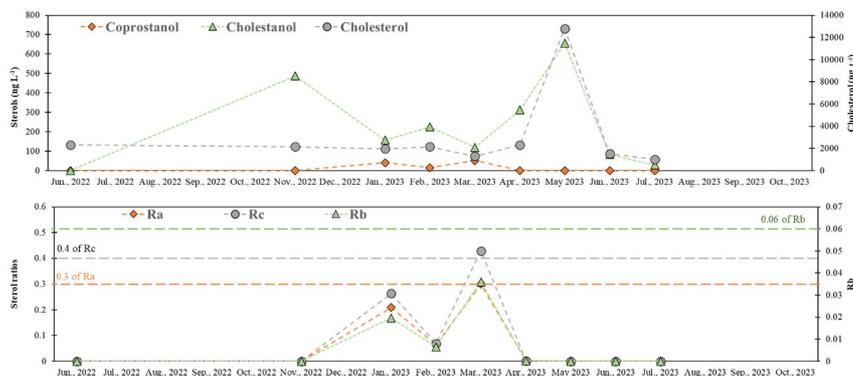


図 1 ステロール類 (コプロスタノール, コレスタノール, コレステロール)及びステロール比 (Ra, Rb, Rc)の観測例 (2022.6 - 2023.7)

<引用文献>

Kendall, C. (1998) Tracing Nitrogen Sources and Cycling in Catchments, Isotope Traces in Catchment Hydrology, Elsevier Science B.V., Amsterdam, 519-576.
Nakagawa, K. et al. (2017) On the use of coprostanol to identify source of nitrate pollution in groundwater, Journal of Hydrology, 550, 663-668.
Nakagawa, K. et al. (2019) Use of sterols to monitor surface water quality change and nitrate pollution source, Ecological Indicators, 107: 105534, 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 平岡 透, 田川菜緒, 片山徹也, 中川 啓	4. 巻 62
2. 論文標題 テクスチャ情報と色情報を用いたポーリングコア画像からの透水係数の推定	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 写真測量とリモートセンシング	6. 最初と最後の頁 67-72
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 M. Shahidul Islam , Kei Nakagawa , Zhi-Qiang Yu , Yuji Takao , Ronny Berndtsson	4. 巻 11
2. 論文標題 Coprostanol adsorption behavior in agricultural soil, riverbed sediment, and sand	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Chemical Engineering	6. 最初と最後の頁 110029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jece.2023.110029	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 中川 啓	4. 巻 65
2. 論文標題 地下水利用と水質的な課題と評価	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 地下水技術	6. 最初と最後の頁 3-22
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 渡辺貴史, 濱崎宏則, 中川 啓	4. 巻 64
2. 論文標題 島原半島窒素負荷低減計画における運用実態の変遷	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 地下水学会誌	6. 最初と最後の頁 273 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5917/jagh.64.273	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 -

1. 著者名 中川 啓	4. 巻 562
2. 論文標題 地下水の特性と利用, および課題	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 生活協同組合研究	6. 最初と最後の頁 30 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.57538/consumercoopstudies.562.0_30	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 Yu Zhi-Qiang, Nakagawa Kei, Berndtsson Ronny, Hiraoka Toru, Suzuki Yoshihiro	4. 巻 615
2. 論文標題 Effects of the Japanese Nitrate Directive Plan (NDP) to curb groundwater nitrate-nitrogen content in the Miyakonojo River basin	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Hydrology	6. 最初と最後の頁 128563 ~ 128563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jhydro.2022.128563	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 Nakagawa Kei, Amano Hiroki, Yu Zhi-Qiang, Berndtsson Ronny	4. 巻 14
2. 論文標題 Groundwater Quality and Potential Pollution in the Southern Shimabara Peninsula, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 4106 ~ 4106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w14244106	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 平岡 透, 中川 啓, 野中 尋史, 廣田 雅春, 鈴木 祥広	4. 巻 34
2. 論文標題 土地利用情報を加えた時空間分析による地下水中の硝酸性窒素濃度の補間	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 水文・水資源学会誌	6. 最初と最後の頁 181-191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3178/jjshwr.34.181	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 -

1. 著者名 平岡 透, 中川 啓, 野中 尋史, 廣田 雅春, 鈴木 祥広	4. 巻 34
2. 論文標題 都城盆地における地下水中の硝酸性窒素濃度と降水量の関係分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 水文・水資源学会誌	6. 最初と最後の頁 303-310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3178/jjshwr.34.303	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 -

1. 著者名 Yu, Z-Q, Nakagawa, K, Berndtsson, R, Hiraoka, T, Suzuki, Y	4. 巻 80
2. 論文標題 Groundwater nitrogen response to regional land-use management in South Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 634
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12665-021-09936-5	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 中川 啓, 藤井秀道	4. 巻 64
2. 論文標題 要因分解解析による島原半島における窒素供給量変化の評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地下水学会誌	6. 最初と最後の頁 91-100
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kei Nakagawa, Tomomi Imura, Ronny Berndtsson	4. 巻 290
2. 論文標題 Distribution of heavy metals and related health risks through soil ingestion in rural areas of western Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 133316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2021.133316	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 中川 啓, 竹盛匠吾, 朝倉 宏	4. 巻 76
2. 論文標題 硝酸性窒素汚染地域における土壌の溶出試験方法について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集G(環境)	6. 最初と最後の頁 I_1-I_8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejer.76.5_I_1	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 今村 彪雅, 平岡 透, 片山 徹也, 中川 啓	4. 巻 76
2. 論文標題 砂礫画像のテクスチャ情報と透水係数の関係分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集G(環境)	6. 最初と最後の頁 I_479-I_485
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejer.76.5_I_479	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 中川 啓, 倉本 菜摘	4. 巻 76
2. 論文標題 スペクトル解析による地下水位の変動成分分離	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集G(環境)	6. 最初と最後の頁 I_487-I_493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejer.76.5_I_487	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 Nakagawa, K, Amano, H, Persson, M, Berndtsson, R	4. 巻 11
2. 論文標題 Spatiotemporal variation of nitrate concentrations in soil and groundwater of an intensely polluted agricultural area	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 2598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-82188-2	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 Nakagawa, K, Amano, H, Berndtsson, R	4. 巻 13
2. 論文標題 Spatial Characteristics of Groundwater Chemistry in Unzen, Nagasaki, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 426
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w13040426	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27件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 中川 啓
2. 発表標題 硝酸性窒素汚染とその原因評価方法
3. 学会等名 長崎地盤研究会第133回勉強会ジオラボ (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Li, Z, Nakagawa, K, Islam, M.S, Takao, Y, Aihara, Y, Hosono, T
2. 発表標題 Applicability of Sterols for Estimating the Pollution Source in Kumamoto City Area
3. 学会等名 JAGH 2023 Spring Meeting
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nakagawa, K, Li, Z, Islam, M.S, Aihara, T, Hosono, T, Takao, Y
2. 発表標題 Source Identification of Nitrate Pollution in Groundwater Using Fecal Sterol Markers of an Urban Area in Japan
3. 学会等名 AOGS2023 20th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Li, Z, Nakagawa, K, Islam M.S, Takao, Y, Aihara T, Hosono, T
2. 発表標題 Using sterol ratios to monitor groundwater quality and fecal pollution sources in Kumamoto city area, Japan
3. 学会等名 JSHWR/JAHS 2023 Annual Meeting
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中川 啓, M. Shahidul Islam, Zhi-Qiang Yu, 高尾雄二, Ronny Berndtsson
2. 発表標題 コブロスタノールの土・砂・堆積物に対する吸着特性
3. 学会等名 2023 年度 土壤物理学大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中川 啓, 新貝文昭, 若狭 愛
2. 発表標題 水道水源井における硝酸性窒素濃度変化の数値計算による再現について
3. 学会等名 日本地下水学会春季講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kei NAKAGAWA, Zhi-Qiang YU, Hiroki AMANO
2. 発表標題 Groundwater Chemistry in the Southern Part of the Shimabara Peninsula, Japan
3. 学会等名 AOGS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nakagawa, K
2. 発表標題 Novel Method to Identify the Source of Groundwater Nitrate Pollution in Intensive Agricultural and Livestock Area in Japan
3. 学会等名 Vietnam International Water Week (VACI2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kei Nakagawa, Hiroki Amano
2. 発表標題 An integrated approach to investigate nitrate pollution in groundwater in Shimabara Peninsula, Nagasaki, Japan
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Md. Shahidul Islam, Kei Nakagawa, Zhi-QiangYu, Yuji Takao
2. 発表標題 Adsorption behavior of coprostanol on agricultural soil, riverbed sediment, and sandy soil
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 相原泰斗, 細野高啓, 中川 啓, 天野弘基, 一柳錦平
2. 発表標題 水の安定同位体分析を通して見えてきた熊本地域における 地下水流動機構の空間特性ならびにその季節変動
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中川 啓
2. 発表標題 地下水の硝酸性窒素汚染と要因分解解析
3. 学会等名 地下水のサロン（日本地下水学会）（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中川 啓
2. 発表標題 地下水利用と水質的な課題と評価
3. 学会等名 一般社団法人 地下水技術協会 一般社団法人 全国さく井協会 技術講演会 2022 11 地下水の利用 -さまざまな場面で活用される地下水- （招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 倉本菜摘, 中川 啓
2. 発表標題 インフィルトロメータによるボーリングコアの透水係数の鉛直分布の測定
3. 学会等名 2021年度土壌物理学学会大会 第63回シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井村友美, 中川 啓
2. 発表標題 ポット試験による土壌中のPbがニンジンの生育に及ぼす影響およびリスク評価
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中川 啓
2. 発表標題 島原市における2021 年8 月の降雨による土壌水分、地下水水位の変化について
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zhiqiang YU, 中川 啓, 平岡 透, 鈴木祥広
2. 発表標題 都城盆地における硝酸性窒素濃度の時空間的な変動特性
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 倉本菜摘, 中川 啓
2. 発表標題 ミニディスクインフィルトロメータを用いたボーリングコアの透水係数の測定
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井村友美, 中川 啓
2. 発表標題 農用地における作物を經由した Pb のリスク評価についてのポット試験
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yu, Z-Q, Nakagawa, K, Berndtsson, R, Hirano, T, Suzuki, Y
2. 発表標題 The Spatiotemporal Change Features of Groundwater Nitrogen Content in Miyakonojo River Basin, South Japan
3. 学会等名 The 4th Environmental and Natural Resources International Conference (ENRIC 2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中川 啓, 竹盛匠吾, 朝倉 宏
2. 発表標題 硝酸性窒素汚染地域における土壌の溶出試験方法について
3. 学会等名 第28回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今村彪雅, 平岡 透, 片山徹也, 中川 啓
2. 発表標題 砂礫画像のテクスチャ情報と透水係数の関係分析
3. 学会等名 第28回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川 啓, 倉本菜摘
2. 発表標題 スペクトル解析による地下水位の変動成分分離
3. 学会等名 第28回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 天野弘基, 市川 勉, 平野葉一, 中川 啓
2. 発表標題 阿蘇南郷谷における水循環への水田の影響について
3. 学会等名 第28回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 倉本菜摘, 中川 啓
2. 発表標題 スペクトル解析による地下水位データからの潮汐および揚水影響の除去
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zhi-Quang Yu, 中川 啓, 平岡 透, 鈴木祥宏
2. 発表標題 都城盆地の浅層地下水における硝酸汚染と土地利用の関係
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井村友美, 中川 啓
2. 発表標題 長崎県島原市内における土壌中の重金属濃度調査と健康リスク評価
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 水文・水資源学会、手計 太一（11.7.1 中川 啓）	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 640
3. 書名 水文・水資源ハンドブック 第二版（11.7.1 地下水障害（地盤沈下・塩水化・汚染））	

1. 著者名 C. A. J. アベロ、D. ポストマ、中川 啓 監訳	4. 発行年 2021年
2. 出版社 九州大学出版会	5. 総ページ数 372
3. 書名 環境保全のための地下水水質化学 上	

1. 著者名 C. A. J. アベロ、D. ポストマ、中川 啓 監訳	4. 発行年 2021年
2. 出版社 九州大学出版会	5. 総ページ数 360
3. 書名 環境保全のための地下水水質化学 下	

〔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
---------	---------

スウェーデン	ルンド大学	工学部	水資源工学部門	
--------	-------	-----	---------	--