

令和 6 年 9 月 11 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03621

研究課題名（和文）コメのメチル水銀汚染リスク低減のための土壌環境評価法の検討

研究課題名（英文）Reducing methylmercury accumulation in rice grains through soil management

研究代表者

児玉谷 仁（Kodamatani, Hitoshi）

鹿児島大学・理工学域理学系・准教授

研究者番号：30434468

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：コメのメチル水銀汚染を抑制する方法を検討するため、主に土壌における水銀の化学形態変化とコメの品種と水銀取込みの関係について調べた。いくつかの実験結果として、水銀汚染を受けた土壌におけるメチル水銀生成は、単純な総水銀濃度や土壌酸化還元電位のみからは、予測することが出来ないことが明らかになった。今後、土壌における水銀の存在形態、土壌化学成分と微生物の活動状況などの関係についても検討を進める必要がある。また一枚の水田で複数の品種を栽培することで、品種と水銀取込みの関係について調べたところ、育成期間の長い品種ほど玄米に含まれるメチル水銀濃度が高い傾向を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は世界人口半分の主食となっているコメのメチル水銀汚染の抑制法の確立につながるものであり、その社会的意義は非常に大きいものと言える。研究成果の学術的意義としては、特に土壌における水銀の化学形態変化と、土壌組成・環境、微生物活動の関係について検討を進めデータを蓄積した。土壌でのメチル水銀生成を理解するにはさらなる研究が必要であるが、様々な土壌でのメチル水銀の生成挙動の違いを明らかにしたことから、今後、この土壌試料を用いて実験を進めることで、その理解が進むものと期待している。

研究成果の概要（英文）：To investigate methods to mitigate methylmercury contamination in rice, a staple food for half of the world's population, we examined the changes in the chemical forms of mercury in soil and the relationship between rice varieties and mercury uptake. Our experimental results revealed that the production of methylmercury in mercury-contaminated soils cannot be predicted solely by total mercury concentration and redox potential of the soil. Future research needs to explore the relationships among the chemical forms of mercury in soil, soil chemical components, and microbial activities. Additionally, by cultivating multiple rice varieties in a single paddy field, we found that rice varieties with longer growth periods tend to have higher concentrations of methylmercury in the brown rice.

研究分野：分析化学

キーワード：メチル水銀 水銀汚染 土壌 コメ 化学形態 品種

## 様式 C - 19 , F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、世界人口半分の主食であるコメにメチル水銀 (MeHg) が蓄積し、人体の MeHg 曝露の主要因となりうるということが明らかになった[1]。コメの MeHg 汚染は、主に水田土壌に存在する無機水銀が、嫌気性細菌の働きで MeHg 化し、それをイネが吸収することで発生していると考えられている[2]。しかし、土壌に存在する無機水銀の化学形態は、その汚染原因により大きく異なる (例えば水銀鉱山地域であれば主要な無機水銀化学種は HgS [3]、小規模金精錬活動に伴う汚染の場合は Hg<sup>0</sup> など[4])。加えて土壌そのものの化学組成も多種多様で、土壌環境 (温度や水分量など) の変化によって活動する微生物も変化する。よって、これらの複雑な関係から、水銀汚染を受けた水田土壌で MeHg の挙動を予測することは現状困難で、コメの MeHg 汚染リスクを評価することもできない状況にある。

### 2. 研究の目的

本研究は、水田土壌での MeHg 生成を、存在する無機水銀形態、土壌組成・環境から評価することを目的としている。具体的には、湛水状態にした土壌に、水銀イオン (Hg<sup>2+</sup>) を加え、どのような無機水銀形態で存在しているのかを評価し、また土壌の化学成分および微生物叢の変化を追跡することで、MeHg 生成との関係を詳細に調べる。加えて、土壌中の MeHg の生成挙動が、コメの水銀汚染にどのような影響を与えるのかの検討も同時に進める。さらにイネの品種と MeHg 濃度の関係についてもデータを蓄積することで、コメの MeHg 汚染を抑制するための情報を得る。

### 3. 研究の方法

#### 3-1 試料の処理法

鹿児島大学農学部附属農場で栽培されたイネについては、穂、葉、稈に分別後、70°Cで3日間乾燥させ乾燥重量を測定した。穂は玄米とし、葉や稈はそのまま粉末化して測定用試料とした。ポット栽培 (水銀添加土での栽培) で得たイネについては、栽培終了後、根まで回収した。またポット栽培したイネはすべて凍結乾燥して試料とした。土壌試料は、表層から3cmほどの深さで採取して直ちに冷凍し、凍結乾燥後、2mmの篩を通してから粉末化して測定用試料とした。遠沈管実験の土壌試料は、風乾後2mmの篩を通してから実験に用いた、遠沈管をそのまま凍結乾燥し、粉末化して測定用試料とした。

#### 3-2 測定法

水銀測定方法：総水銀 (T-Hg) 濃度の測定には、全自動加熱気化冷原子吸光分析法 (MA3000, 日本インスツルメンツ株式会社) を用い、MeHg 濃度の測定には研究代表者が確立した高速液体クロマトグラフィー-化学発光検出法を用いた[5, 6, 7]。

その他：土壌酸化還元電位 (土壌 Eh) は、土壌に白金電極 (EP-200 型) を据え付け、ポータブル土壌 Eh 計 (PRN-41, 藤原製作所) で測定した。土壌化学成分分析のため、元素分析装置、イオンクロマトグラフ装置などを用いた。

### 4. 研究成果

#### 4-1 水田土壌における MeHg 生成とイネへの影響

水銀添加土壌 (水田土壌に2015年に10 mg/kgとなるように水銀イオンを添加し、毎年、稲の栽培に利用している土壌、2020年度に土壌及び Hg<sup>2+</sup>を追加、2021年度で T-Hg 濃度: 8 mg/kg) を利用し、ポット栽培によりイネを育成した。湛水開始から、土壌酸化還元電位 (Eh) の測定および定期的に土壌を採取し、土壌の MeHg 濃度の変化を追跡した。また収穫後は、イネの各部位に含まれる水銀量を測定した。2021年度は予備的に選ばれた5品種のイネを同一環境で育てた。また2022, 2023年度は、土壌の湛水開始時期をずらすことで、土壌環境を変化させコメの水銀汚染への影響を調べた。

2021年度の結果として、収穫された玄米の T-Hg 濃度は日本晴 (品種 A): 249 ± 13 µg/kg (n = 3)、品種 B: 184 ± 9 µg/kg (n = 3)、品種 C: 250 µg/kg (n = 1)、品種 D: 収穫できず、品種 E: 256 ± 12 µg/kg (n = 3)であった。非汚染土壌 (T-Hg: 0.2 mg/kg) で育成した日本晴の玄米の T-Hg が 3 µg/kg ほどであることを考えると高濃度の MeHg を蓄積したと言える。土壌中の MeHg 割合は、いずれのポットも湛水開始から2週間ほどで最大 (0.5%) となり、その後、育成終了まで 0.2% を維持した状態であった。

これまでの水田土壌における MeHg 濃度の変化として、湛水開始により MeHg 濃度が増え、その後、減少する傾向が確認されていた。そこで、2022年度は A: 2021年度から湛水状態で保存した土壌、B: 田植え1カ月前に湛水開始、C: 田植え直前に湛水開始という3つの土壌条件 (各3ポット) で同一品種 (日本晴) を育て、イネに蓄積する水銀を評価した。各条件における土壌の MeHg/T-Hg (%) と土壌 Eh の変化を Fig1 (a) に示す。条件 B, C では湛水開始とともに土壌 Eh が低下し、それに伴い MeHg の割合が増えていることが確認できた。C の湛水開始の翌日に A, B, C の各ポットにイネを植え、収穫された玄米の T-Hg 濃度は、A: 86.0 ± 13.8 ng/g, B:

122.5 ± 8.5 ng/g, C : 171.1 ± 17.9 ng/g となり 3 つの条件で明確な差が確認された。そこで再現性の確認のため、2023 年度も同様の実験を実施した (A の条件のみ 2 ヶ月前から湛水に変更)。結果を Fig.1 (b)に示す。土壌 Eh の低下は、2021 年度と同様であったが、MeHg の割合は測定期間を通して 0.1%以下であり MeHg の生成ピークは確認されなかった。得られた玄米の T-Hg 濃度は、A : 35.6 ± 2.0 ng/g, B : 37.2 ± 3.1 ng/g, C : 66.5 ± 4.6 ng/g となり、2022 年度に比べ 1/3 ほどとなった。また玄米の収穫量も A の条件で 2022 年度が 18.0 ± 3.9 g に対し、2023 年度が 3.9 ± 1.5 g と大きく低下していた (イネ全体が育成不良)。この結果は、同一土壌を利用し、育成したイネを根まで取り出す操作をした連作により、土壌の何らかの成分が不足したことで、イネの育成抑制のみならず、MeHg 生成を担う微生物活動も抑制したものと考えられた。今後、2023 年度までの土壌化学成分の詳細な比較により、MeHg 生成に関する物質の確認を進める。

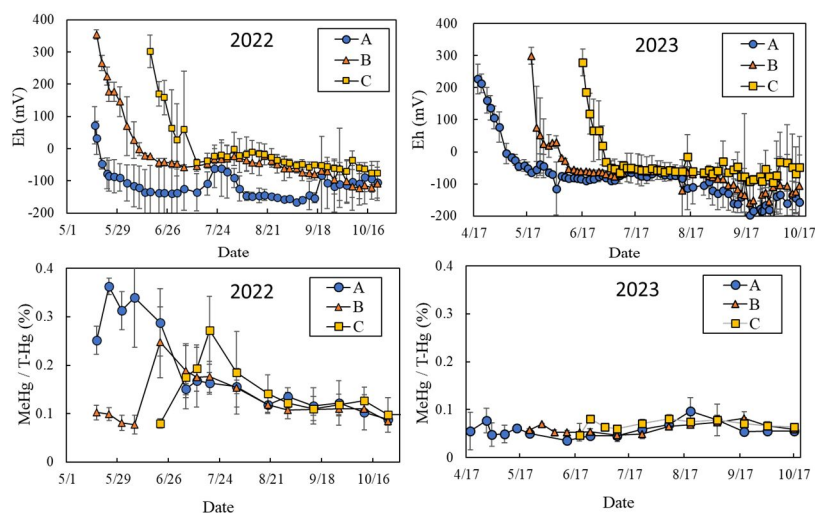


Fig. 1 湛水開始による土壌の Eh 変化と MeHg の生成割合(a) 2022 年度, (b) 2023 年度

#### 4-2 イネの品種と水銀取込み量の関係

イネの品種により水銀取込みが異なるか確認するため、鹿児島大学農学部附属農場の 1 枚の水田を利用し、遺伝的に大きく異なるコメの品種を集めた World rice core collection (WRC, 農研機構) 系統 69 品種を栽培した (各イネを 7 本ずつ育成し、育成状態の良い 3 本について、測定試料として採取した)。2021 年度から 3 回栽培を行った。

2021, 2022 年度の玄米の T-Hg 測定結果を Fig. 2 に示す (2023 年度分は現在測定中)。2021 年度は最低濃度 1.7 ng/kg, 最高濃度 7.1 ng/kg, 平均値 3.2 ng/kg, 中央値 3.0 ng/kg となり、2022 年度は最低濃度 1.7 ng/kg, 最高濃度 17.5 ng/kg, 平均値 4.3 ng/kg, 中央値 4.2 ng/kg となった。全体の傾向として 2022 年度の方が高い水銀濃度であった。同一の水田で育成しており、土壌の T-Hg 濃度は 2021 年度, 2022 年度で差は確認されなかった (平均 0.2 mg/kg) ことから、気温や湛水開始時期などの要因によるものと考えている。また品種の傾向として、出穂日が遅い品種、つまり育成期間が長い品種ほど水銀濃度が高い傾向が確認された (2021 年度  $r = 0.688$ , 2022 年度  $r = 0.422$ )。MeHg が根に蓄積することを考慮すると納得がいく傾向ではあるが、育成期間が長い品種は、気温の低下のため水田での栽培を完了出来ず、土壌ごと掘り上げ温室で栽培を継続しているため、この土壌環境の変化の影響も考える必要がある。葉や稈の水銀濃度や重量についてもデータを得ており、2023 年度の測定が完了次第、水銀を取込み易い品種や玄米部の汚染の少ない品種に着目し、評価を進める予定である。

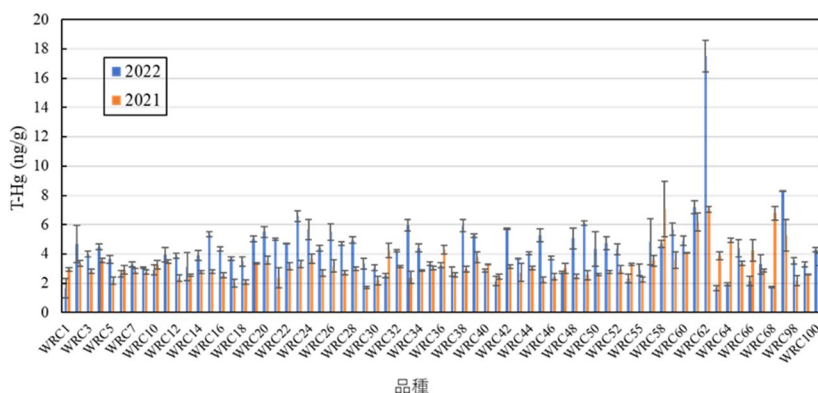


Fig. 2 イネの品種と玄米の水銀濃度の関係 (同一水田での栽培)

#### 4-3 様々な土壌における Hg<sup>2+</sup>添加時の MeHg 生成挙動

土壌成分の違いが MeHg 生成に及ぼす影響を調べるため、日本各地の水田から採取した土壌に Hg<sup>2+</sup>を添加して MeHg 生成を追跡する実験を行った。まず土壌の性質を特徴づけるため、各土壌の元の T-Hg 濃度、炭素、窒素、硫黄濃度を測定した。結果を Table 1 に示す。土壌 L は、4-1 で用いた 2015 年度から利用している水銀添加土壌で、T-Hg 濃度が高いが、他は一般的な水田の水銀濃度であった。また C/N 比なども際立って異なるものは無かった。Table 2 に土壌からの溶出化学成分を示す。こちらも土壌 L で塩化物イオン濃度や硫酸イオン濃度が高いことが確認されたが、これも複数年ポット栽培に利用している土壌であるため、塩類の蓄積が起きているものと考えている。

Table 1 土壌の化学組成

土壌	Hg(mg/kg)	<i>sd</i> (n=3)	T-N(%)	<i>sd</i> (n=3)	T-C(%)	<i>sd</i> (n=3)	T-S(%)	<i>sd</i> (n=3)	C/N
A	0.08	0.00	0.21	0.07	1.7	0.6	nd	-	8.0
C	0.11	0.01	0.24	0.01	1.9	0.1	nd	-	7.9
E	0.30	0.00	0.33	0.01	2.9	0.1	0.029	0.03	8.9
F	0.08	0.00	0.21	0.00	1.5	0.0	nd	-	7.2
J	0.21	0.01	0.23	0.01	1.8	0.0	nd	-	7.7
L	6.11	0.33	0.14	0.01	1.2	0.2	0.057	0.01	8.8

Table 2 各土壌からの溶出化学種※

土壌	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	F <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
A	5.2	20.6	14.2	nd	nd	nd
C	1.0	3.4	27.4	nd	nd	0.09
E	1.0	50.1	10.3	7.3	nd	nd
F	0.9	28.3	10.5	2.8	nd	nd
J	0.9	7.6	21.4	nd	nd	nd
L	25.9	33.0	562.2	nd	nd	nd

※ 土壌 1g に水 2.5 mL を加え 30 分振とう後、0.45 μm 親水性 PTFE フィルターでろ過したものを測定

これら各土壌を褐色遠沈管に 20 g 採取したものを 20 本作製し、純水を加え、10 mg/kg となるように Hg<sup>2+</sup>添加して、よく攪拌後、遠心分離して水と土壌を分離した。これを 35 °C 暗所で静置し、一般的なイネの育成期間である 3 ヶ月間にわたり MeHg の生成挙動を追跡した。また各遠沈管 2 本に Eh 測定電極を挿し、土壌 Eh の変化を同時に追跡した。

土壌 Eh の変化を Fig. 3(a) に各土壌の MeHg/T-Hg (%) を Fig. 3(b) に示す。いずれの土壌も湛水条件としたことで急激に土壌 Eh の低下が見られた。しかし、20 日ほどで一定の値となり、土壌 L では -50 mV、土壌 J などでは -200 mV と還元程度に差が確認された。MeHg の生成割合で見ると、土壌 L を除き 10 mg/kg となるように Hg<sup>2+</sup>を添加したが、MeHg の生成割合は大きく異なった。土壌 J では、7 日で最大 2.3% に達し、その後、急激に減少した。土壌 C では 21 日目に最大の 0.6% となりその後減少するなど、土壌ごとに動きが異なる事が確認された。特に土壌 F は殆ど MeHg の生成が確認されず、土壌 L と同じ動きを示した。(土壌 L は、4-1 で報告した Fig. 1(b) のポット実験土壌と同じものであり、ポット実験と遠沈管実験で同じ挙動を確認できたと言える。)

Hg<sup>2+</sup>という単一の化学形態を添加しても(汚染を受けても)、土壌により MeHg の生成挙動は大きく異なる事が確認された。今後、これらの土壌試料を用い反応前後での溶出化学成分等の変化、土壌の鉱物組成や溶存有機物量などの情報を追加することで、MeHg 生成を制御している因子を明らかにしていく。

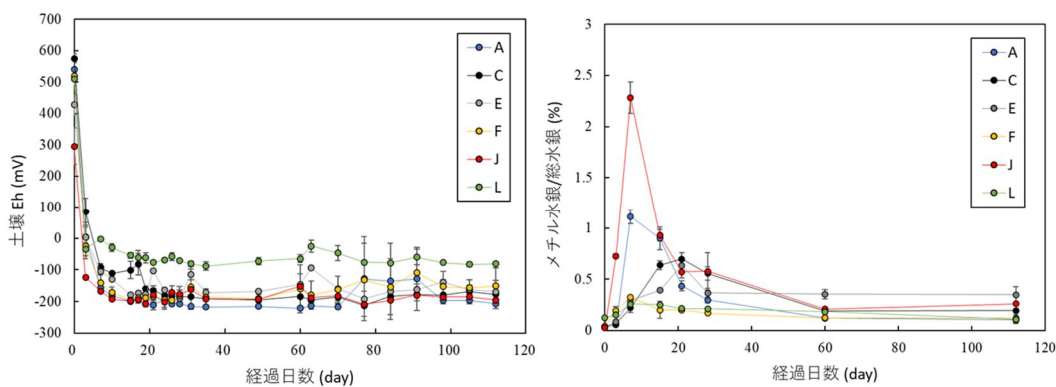


Fig. 3 (a) 様々な土壌における湛水開始からの (a) Eh 変化と(b) MeHg の生成割合

#### 4-3 微生物叢および水銀の化学形態の経年変化

2015 年度に Hg<sup>2+</sup>を添加した土壌 I, II において、土壌 II では MeHg の生成が年々低下したのに対し、土壌 I では経年で殆ど変化がなかったことから、この理由を明らかにするため、2015 ~ 2017 年度に採取し、保存していた水銀添加土壌を試料として実験を進めた。

まず、土壌における MeHg の生成は、主に硫酸還元菌や鉄還元菌などの嫌気性細菌によるものとされているため、微生物叢の挙動から MeHg 生成率低下の評価を試みた。土壌 I では DNA が抽出できず、土壌 II のデータのみとなったが、Hg<sup>2+</sup>添加により微生物叢の多様性の喪失が確認され、2 年、3 年目で徐々に回復し、Hg<sup>2+</sup>を加えていない土壌と比べ、異なる微生物叢が構築されていることが確認された。また MeHg 生成に関連する機能遺伝子 (*hgcA, B*) 数と土壌 MeHg 割合の間に正の相関関係を確認したが、MeHg 分解に関する機能遺伝子 (*merB*) 数は変化しておらず、*hgcA, B* が減った理由は明らかになっていない。Hg<sup>2+</sup>の添加により一時的に *hgcA, B* を保

有する細菌が増殖したが、水銀に強い微生物叢が再構築された結果、*hgcA,B* を保有する細菌のアドバンテージが無くなったものと考えているが、経年により土壌成分の変化も確認されており、この影響も考えられる。

次に土壌に含まれる無機水銀の化学形態の変化について検討を進めた。本研究では化学形態別分析法として、当初、段階的熱分解法を検討したが、明確な分別測定ができなかったため、一般的に用いられている逐次抽出法を利用することとし、さらに逐次抽出法を簡易に実施できるように検討を進めた。

Table 3 分別抽出法の手順

Step	Hgの分別*	抽出溶液	条件
1	水溶性Hg	超純水	20-25°C 23 h 横振り振とう100 rpm
2	酸溶性Hg	0.11 M 酢酸	20-25°C 23 h 横振り振とう100 rpm
3	還元性Hg	0.5 M塩化ヒドロキシルアミン + 0.05 M硝酸	20-25°C 23 h 横振り振とう100 rpm
4	有機物結合性Hg	0.1 M ピロリン酸	20-25°C 23 h 横振り振とう100 rpm
5	原子状Hg	6.5 M 硝酸	20-25°C 23h 横振り振とう100 rpm
6	硫化物	0.03 Mヨウ化カリウム + 6 M塩酸	50 °C, 45 min, 超音波
7	残渣	残渣土壌を直接測定	凍結乾燥

\*土壌試料量0.25 gに対し抽出溶液量 5 mL, Step2 6の分別操作後に超純水5 mLで土壌を洗浄し、この洗浄液も抽出液に合わせた

Table 3 に分別抽出法の実施手順を示す。これらの手順は P. Pelcová らの報告を基にいくつかの分別抽出法を実行しやすい形に組み合わせたものである[8]。0.25 g の土壌を 15 mL の遠沈管に採取し、5 mL の抽出溶液を加え、約 1 日振とう後、遠心分離により土壌粒子を確実に沈殿させ、デカンテーションにより抽出溶液を回収した。Step 2~6 については次の Step に入る前に超純水 5 mL で土壌の洗浄操作（超純水で分散させ、遠心分離）を行い、この洗浄水も抽出溶液と合わせた。

土壌 I, II の無機水銀形態の存在割合の変化を Table 4 に示す。T-Hg 濃度から計算された試験土壌に含まれた水銀量に対する Step1~7 までで検出された水銀総量の回収率は、83 - 93% となり少ないロスで測定が実施できたと言える（デカンテーションによる分離時に土壌がごく少量抽出液と共に移動してしまう点を解消できればさらに回収率は向上すると考えられる）。2015 年の Hg<sup>2+</sup>添加直後の土壌試料では、特に土壌 II で水溶性の水銀種（Step 1）が多いことが確認でき、また有機物が多い土壌 II で有機物結合性 Hg（Step4）の割合が多いなど、分別抽出法の結果を解釈できる値が得られた。しかし、Hg<sup>2+</sup>添加直後（2015 年 7 月の段階）の土壌で硫化物態が土壌 I では 50% などとなっており、正しく評価できているのか疑念がある。また土壌の採取年度が変わると、割合が大きく変化する傾向があり評価が難しい状況となっている。これは土壌の粒度分布やサンプリングの問題で水銀濃度が大きく変わってしまっていることや、水銀を吸収した根などの植物体が土壌に残存するため、データの解釈を難しくしている。よって今後は、イネ育成とは切り離し、Hg<sup>2+</sup>添加土壌のみ（4-3 の遠沈管実験で得られる試料）で、湛水状態中の化学形態変化のみならず、湛水 - 非湛水のサイクルでの変化についても検討を進めていく予定である。

Table 4 土壌 I, II における Hg<sup>2+</sup>添加からの水銀化学形態割合の変化

試料名	Hg(%)							
	Step1	Step2	Step3	Step4	Step5	Step6	Step7	
土壌 I	2015年7月	0.5	0.3	9.7	10.3	28.4	50.0	1.5
	2015年9月	0.1	0.0	0.8	6.9	33.7	57.1	1.8
	2015年11月	0.1	0.0	0.1	7.6	42.8	47.3	2.5
	2016年7月	0.3	0.1	2.0	19.8	31.4	47.1	1.3
	2016年11月	0.4	0.3	0.8	22.4	44.1	37.0	0.9
	2017年11月	0.4	0.4	1.0	13.3	57.1	33.6	0.8
土壌 II	2015年7月	3.0	0.0	0.2	31.5	25.0	40.3	0.3
	2015年9月	3.1	0.0	0.1	31.0	29.1	36.7	0.2
	2015年11月	0.9	0.1	0.3	40.0	24.3	35.8	0.3
	2016年7月	1.3	0.0	0.1	22.3	50.8	26.1	0.3
	2016年11月	0.7	0.2	0.6	37.3	41.1	23.8	0.3
	2017年11月	1.0	0.3	0.7	36.1	37.7	29.7	0.4

<参考文献> [1] M. Liu et al., *Nat. commun.*, 10 (2019) 5164. [2] S.M. Ullrich et al., *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 31 (2001) 241. [3] X. Feng et al., *Environ. Sci. Technol.*, 42 (2008) 326. [4] T. Tomiyasu et al., *Toxi. Environ. Health Sci.* 12 (2020) 23.[5] H. Kodamatani et al., *J.Chromatogr.A*, 1288 (2013) 155. [6] H. Kodamatani et al., *Chemosphere*, 169 (2016) 32. [7] H. Kodamatani et al., *Chemosphere*, 173 (2017) 380. [8] P. Pelcová et al., *Environ. Toxicol. Chem.*, 39 (2020) 1670.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7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 Hitoshi Kodamatani, Shotaro Kubo, Akinori Takeuchi, Ryo Kanzaki, and Takashi Tomiyasu	4. 巻 57
2. 論文標題 Sensitive Detection of Nitrite and Nitrate in Seawater by 222 nm UV-Irradiated Photochemical Conversion to Peroxynitrite and Ion Chromatography-Luminol Chemiluminescence System	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Environmental Science and Technology	6. 最初と最後の頁 5924-5933
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.est.3c00273	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 Hitoshi Kodamatani, Azusa Shigetomi, Junna Akama, Ryo Kanzaki, Takashi Tomiyasu	4. 巻 815
2. 論文標題 Distribution, alkylation, and migration of mercury in soil discharged from the Itomuka mercury mine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of the Total Environment	6. 最初と最後の頁 152492
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.scitotenv.2021.152492	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 Kodamatani Hitoshi, Sugihara Kenta, Mezyk Stephen P., Ishida Kenneth P., Roback Shannon L., Plumlee Megan H.	4. 巻 344
2. 論文標題 Methyl nitrate as a byproduct in advanced water treatment systems: Liquid chromatographic determination method and cause of formation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 140308 ~ 140308
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.chemosphere.2023.140308	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 Tomiyasu Takashi, Nozoe Chihiro, Ruiz Wilder Leonardo Gamboa, Kodamatani Hitoshi, Kanzaki Ryo	4. 巻 82
2. 論文標題 Distribution of selenium and mercury concentrations in sediments of Kagoshima Bay: can submarine volcanic activity affect the distribution of selenium in sediments?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Environmental Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 480
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12665-023-11159-9	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 Tomiyasu Takashi, Matsuki Hideaki, Oda Masanori, Kodamatani Hitoshi, Kanzaki Ryo, Kobari Toru	4. 巻 339
2. 論文標題 Impact of mercury discharged from submarine volcano on inner bay ecosystems	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 139748 ~ 139748
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2023.139748	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 Tomiyasu Takashi, Shitauchi Ryohei, Kasai Daigo, Kitagawa Toshiki, Kodamatani Hitoshi, Kanzaki Ryo	4. 巻 30
2. 論文標題 The distribution and dynamics of residual mercury from the Chisso chemical plant in sediments of the Yatsushiro Sea, western Kyushu, Japan: have recent sedimentations lowered surface mercury concentrations?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Environmental Science and Pollution Research	6. 最初と最後の頁 72769 ~ 72781
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11356-023-27505-0	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 Kodamatani Hitoshi, Kubozono Karin, Kanzaki Ryo, Tomiyasu Takashi, Fujioka Takahiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Reverse osmosis membrane-based pretreatment for the quantification of <i>N</i>-nitrosodimethylamine concentrations in high-matrix water samples	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Environmental Science: Water Research & Technology	6. 最初と最後の頁 2553 ~ 2560
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3EW00222E	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5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 児玉谷 仁, 新田 晃大, 一谷 勝之, 神崎 亮, 富安 卓滋
2. 発表標題 稲の品種とコメのメチル水銀汚染
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤崎一光、児玉谷仁、神崎亮、富安卓滋
2. 発表標題 米の品種と水銀取込み量の関係
3. 学会等名 九州コロイドコロキウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 徳留愛実、児玉谷仁、神崎亮、富安卓滋
2. 発表標題 コメのメチル水銀測定における前処理法の確立
3. 学会等名 九州コロイドコロキウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 徳留愛実、児玉谷仁、神崎亮、富安卓滋
2. 発表標題 コメのメチル水銀分析法の確立
3. 学会等名 第36回若手研究講演会および第41回夏季セミナー
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 古賀鈴二、児玉谷仁、神崎亮、富安卓滋
2. 発表標題 鹿児島湾 生体試料中の水銀及びセレン濃度と海底火山活動の影響
3. 学会等名 第36回若手研究講演会および第41回夏季セミナー
4. 発表年 2023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	山本 正浩 (Yamamoto Masahiro)  (60435849)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(超先鋭研究開発プログラム)・研究員  (82706)	
研究分担者	武内 章記 (Takeuchi Akinori)  (10469744)	国立研究開発法人国立環境研究所・環境リスク・健康領域・主任研究員  (82101)	
研究分担者	一谷 勝之 (Ichitani Katsuyuki)  (10305162)	鹿児島大学・農水産獣医学域農学系・教授  (17701)	
研究分担者	神崎 亮 (Kanzaki Ryo)  (50363320)	鹿児島大学・理工学域理学系・准教授  (17701)	
研究分担者	富安 卓滋 (Tomiyasu Takashi)  (60217552)	鹿児島大学・理工学域理学系・教授  (17701)	

	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
研究協力者	高木 善弘 (Takaki Yoshihiro)  (10399561)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(超先鋭研究開発プログラム)・主任研究員  (82706)	

#### 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
---------	---------