

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01168

研究課題名(和文) 鹿児島湾海底火山活動によって放出される水銀及びセレンの環境動態

研究課題名(英文) The Dynamics of Mercury and Selenium Released by Submarine Volcanic Activity in Kagoshima Bay

研究代表者

富安 卓滋 (Tomiyasu, Takashi)

鹿児島大学・理工学域理学系・教授

研究者番号：60217552

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,200,000円

研究成果の概要(和文)：鹿児島湾における海水及びプランクトン試料採取は、海底噴気熱水活動が存在する湾奥部と対照地点となる湾中央部において、2ヶ月に一度実施した。海水は、CTDロゼット採水器を用いて深度別に採水し、原子状水銀、反応活性水銀、懸濁物質中水銀及び溶存態総水銀の測定を行った。プランクトン試料は、目開き0.1 mmの開閉式プランクトンネットを用い、湾奥部では、海底噴気熱水活動の影響を受けている層と受けていない層別に、湾中央部では、底から表層までを通して、鉛直引きにより採取した。採取したプランクトン試料は、サイズ分けした後凍結乾燥し、有機水銀、無機水銀、総水銀および総セレン濃度を測定した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海水中の水銀濃度とプランクトン中の水銀濃度の季節変動が調和的であること、また、それらが火山周辺では、対照地点の数十倍となることを明らかにした。また、プランクトン中の有機水銀は総水銀の約4割を占めており、火山活動によって放出された水銀が有機化し生態系へ濃縮されることが明らかになった。海底火山活動によって放出された水銀が内湾の生態系に及ぼす影響について、詳細な報告は限られており、本研究成果の学術的な意義は高い。また、水銀の毒性抑制作用を持つことから、セレン濃度は食の安全を評価するための貴重な因子であり、本研究で蓄積されたデータは、今後の研究の発展のための足掛かりとなる成果である。

研究成果の概要(英文)：The seawater and plankton sampling in Kagoshima Bay were conducted every 2 months during through the investigation period at bay head area and central area of the Bay; submarine volcano is located at the bottom of the bay head area. Water samples were collected every 20-50 m depth with a CTD-Rosette water sampling system. The collected water samples were used for Hg⁰, Hg(II), particulate Hg and filtered total Hg. The plankton samples were collected with 0.1 mm plankton net by vertical halting. The collected plankton samples were sieved into >0.5 mm, 0.5 - 0.2 mm, 0.2 - 0.1 mm, < 0.1 mm and were used for analysis of organic Hg, inorganic Hg, total Hg and total Se. Fish samples collected in Kagoshima Bay were also used for Hg and Se measurement.

研究分野：環境分析化学

キーワード：水銀 セレン 海底火山活動 プランクトン 鹿児島湾

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1973年11月鹿児島湾奥部で捕獲されたタチウオから暫定規制値を超える濃度の水銀が検出され、その後湾内産の水産生物について調査が実施された結果、最終的に10種の魚が暫定規制値を超える水銀を含むことが明らかとなり、漁獲自主規制の対象となった。周辺住民の健康診断も行われ、毛髪中水銀濃度が 100 mg kg^{-1} を超える例も少なくなかったが、水俣病症状を示す者は見出されなかった。

1970年代には、この水銀汚染の原因究明のために様々な調査が実施され、最終的には鹿児島湾海底火山活動が主要な水銀の排出源とされている。しかし、この自然起源における水銀が魚体に蓄積するメカニズムなど最も基礎的な部分も明らかになっていないことから、健康影響の評価についての定量的な議論をするための基礎的なデータが不足した状態にあり、結果として自主規制もあいまいに続く状況となっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、海底火山から放出される水銀の挙動を明らかにし、その生態系への影響について、セレンの水銀毒性抑制作用を考慮に入れ、詳細に議論することにある。

若尊プロトカルデラと呼ばれる海底火山が存在している鹿児島湾の湾奥部は、周囲に大きな工場などがなく、閉鎖的な環境であり、海底火山活動によって放出される水銀の影響を明確に評価できる稀有なフィールドである(図1)。市街地の沖合わずか数 km の水深 200 m 地点で

火山活動が確認されることから、綿密な調査を実施することが可能で、火山活動によって放出される水銀の動態、そして、生態系への取り込みを詳細に追跡することができる。また、セレンに水銀毒性軽減作用があることに着目した新しい評価基準である Selenium Health Benefit Value (HBVSe)が提案された[1]。HBVSe = $(\text{Se} - \text{Hg})/\text{Se} \times (\text{Se} + \text{Hg})$ 式で得られる値が正の場合、メチル水銀に対してセレンが過剰に存在し十分な毒性軽減作用が期待できることになる。セレンは、火山活動によっても放出される元素であり、鹿児島湾における水銀の毒性に影響を与える因子となっている可能性がある。

3. 研究の方法

3.(1) 鹿児島湾海水及び底質中における水銀及びセレン濃度分布とその季節変動

海水試料は、鹿児島大学附属練習船南星丸により、鹿児島湾奥部海底噴気孔の直上及び対照地域とする湾中央部に採取点を設定し、南星丸に設置されているCTDロゼット式採水器を用いて、表層から海底まで、5 - 7 深度における採水を実施する。2ヶ月に一度の試料採取により、季節変動を評価する。また、鹿児島湾の湾奥及び湾中央部で採取された底質中の水銀及びセレン濃度の測定を行い、それらの拡散についての情報を得る。

3.(2) 海底火山活動に由来する水銀の生態系に対する影響評価

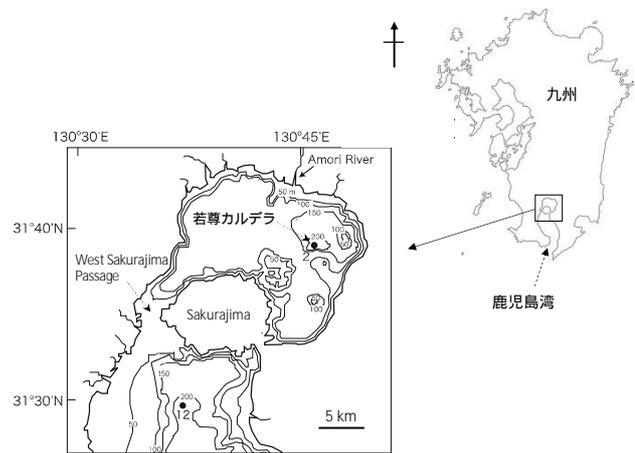


図1 鹿児島湾試料採取地点

3.(1) において得られる海水中の濃度変動をベースとして、懸濁物質、プランクトン、魚（魚食性、プランクトン食性）中の水銀濃度及び化学形を測定する。プランクトンは、湾奥部海底噴気孔直上地点において、鉛直多層式開閉ネットを用い、深度別に採取し鉛直方向における変動を確認する。また、対象地点として、湾中央部においても同様に鉛直方向にプランクトンを採取する。採取したプランクトンは、植物プランクトンと動物プランクトンに分画した後、動物プランクトンはさらに、100 - 200 μm 、200 - 500 μm 及び 500 μm 以上のサイズに分画し、それぞれ測定に用いる。魚類は、1970 年代に規制値を超える値を示した、タチウオ、ソコイトヨリ、アナゴ、マアジなどを中心として広く分析を行い、魚種、湾内採取点による水銀及びセレン濃度差について検討する。これら試料は、南星丸による捕獲及び鹿児島中央卸売市場に赴き購入する。

4 . 研究成果

4.(1) 鹿児島湾海水中的水銀の濃度変動

図 2 に、2020 年 6 月から 2022 年 12 月までの湾奥部海底熱水噴気孔直上 (St. 2) と対照地点となる湾中央部 (St.12) における溶存態総水銀 (FT-Hg) 濃度の変動を示した。

St. 12 では、年間を通じて FT-Hg 濃度は 1 ng/L 以下で殆ど変動はなかったのに対して、St. 2 では、成層期に 150 m 以深で明かな水銀濃度の上昇が見られた。最も高い値は、2021 年 10 月に観察され、対照地点と比べて 10 倍以上の濃度となった。成層期には、深部海水が海底火山活動の影響を受け続け

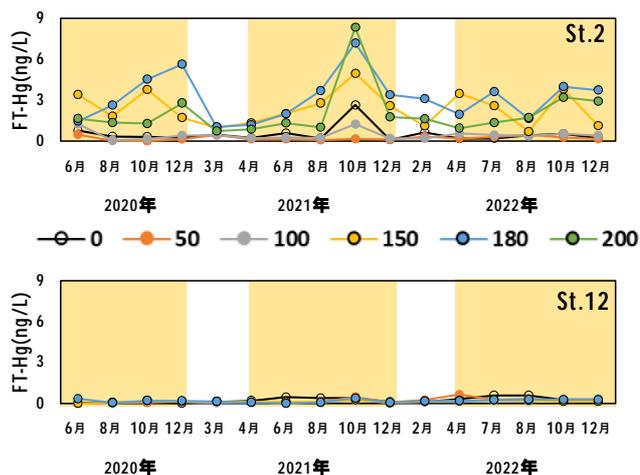


図 2 溶存態総水銀濃度の季節変動。黄色の網掛けは温度躍層が発達し成層した期間を示す。

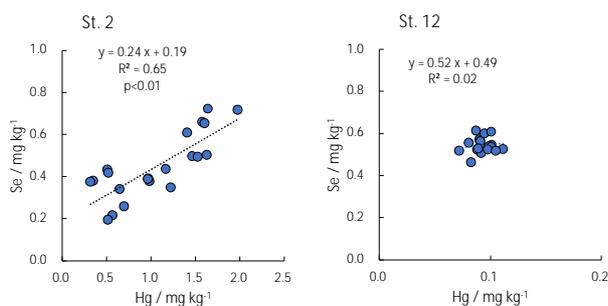


図 3 鹿児島湾底質中水銀濃度とセレン濃度の関係

水銀濃度が上昇したと考えられる。原子状水銀及び反応活性水銀においても溶存態総水銀と概ね同様の季節変動を示していた。底質においても、水銀濃度は若尊カルデラに近いほど高く、離れるに従って低下する傾向が見られ、海底火山活動が底質中水銀濃度に影響を及ぼしていることが示された[2]。一方、海水中的セレン濃度は極めて低く ($<0.1 \mu\text{g kg}^{-1}$)、火山活動からの放出は確認されなかったが、底質中セレン濃度はカルデラ内では、水銀濃度と高い相関を示し、火山活動によってセレンも供給されている可能性が示唆された (図 3)。

4.(2) 鹿児島湾プランクトン中水銀濃度

動物プランクトン中の有機水銀、無機水銀及びセレン濃度の季節変動を図 4 に示した。St. 2 下層の水銀濃度が St. 2 下層や St. 12 に比べて明らかに高く、その濃度は夏季に上昇し、冬季に低下する周期的な季節変動が見られた。これは海水中水銀濃度の変動と同じ傾向であり、プランクトン中の水銀濃度が海水中の水銀濃度と調和的に変動していること、すなわち、海底火山活動から放出される水銀が生態系に影

響を与えていることが明らかとなった。

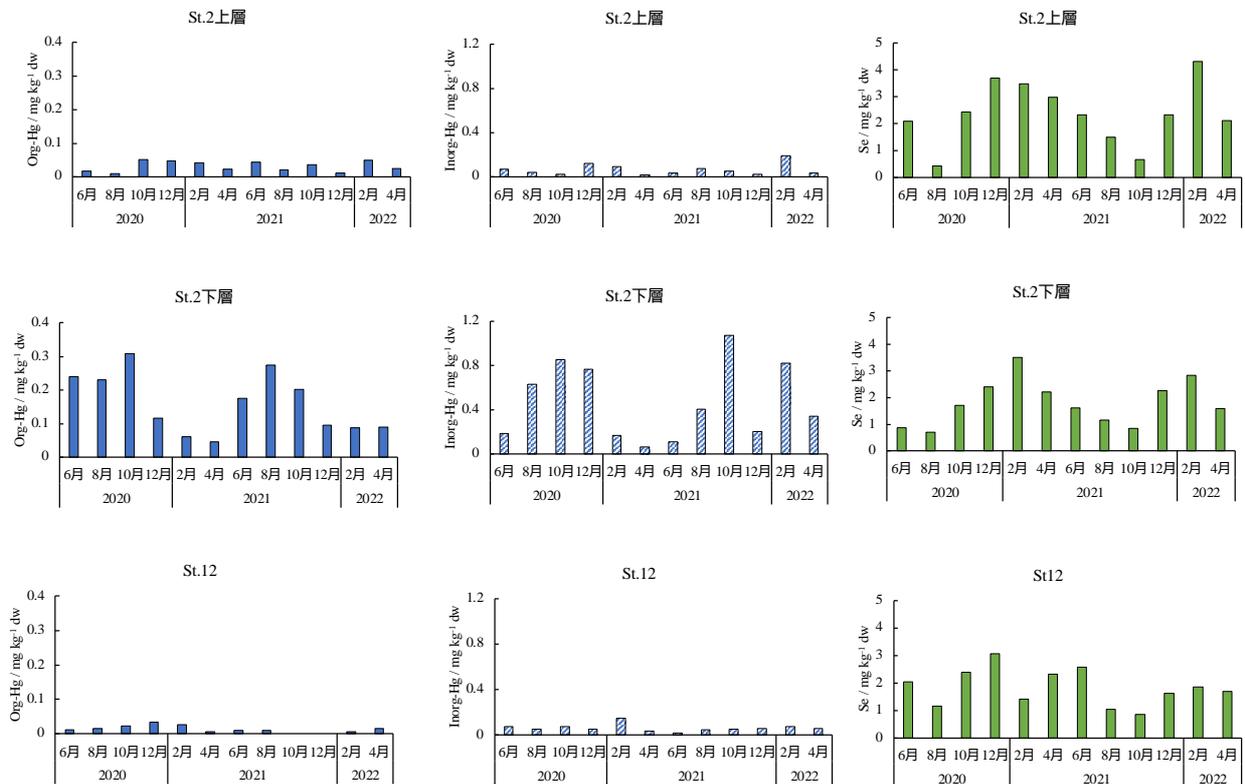


図4 動物プランクトン中有機水銀濃度、無機水銀濃度及びセレン濃度の季節変動

一方で、プランクトン中のセレン濃度を見ると、St. 2 上層、下層及び St. 12 の間で、濃度にはそれほど違いがなかった。また、周期的な濃度変動がいずれの地点でも見られ、12 月から 2 月に上昇し、8 月から 10 月に最も低下し、水銀の季節変動とは逆の傾向を示した。

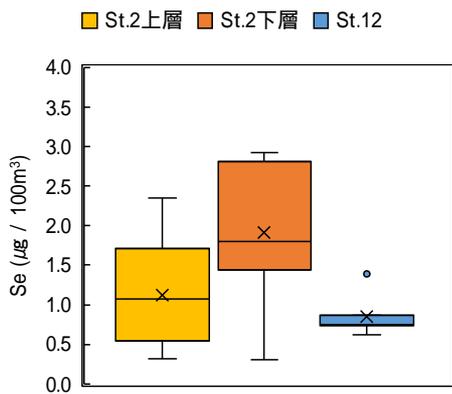
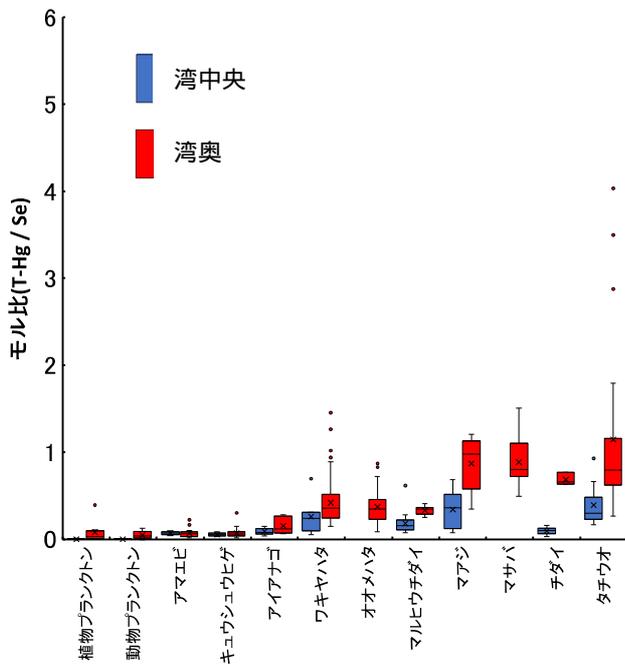


図5 海水 100 m³ 中あたりのプランクトン中のセレン量

ここで、プランクトンネットの鉛直引きの距離とネット面積及び採取されたプランクトン量から、海水 100 m³ 当たり存在するプランクトン量を求め、それにプランクトン中セレン濃度をかけて、それぞれの地点における海水 100 m³ 中に存在するプランクトンが含んでいるセレン量を求めた(図5)。その結果、St. 12 に比べて St. 2 の下層は有意にセレン量が多く(p=0.02)、季節変動のみから単純に火山活動の影響を受けていないとは言い切れないことがわかった。今後海水中のセレン濃度の測定も行い、火山活動の影響について評価を行う必要がある。

4.(3) 生体試料中のセレンと水銀濃度及びそれらのモル比

鹿児島湾では湾奥で採取されたプランクトン及び魚類に含まれる水銀濃度が湾中央で採取されたものに比べて、高い傾向が見られた。一方でセレン濃度には湾奥及び湾中央で大きな差は見られなかった。セレンは水銀の毒性抑制作用を持ち、selenium health benefit value では、水銀とセレンのモル比が 1:1 を基準として抑制効果を評価する。そこで鹿児島湾で採取された生体試料中の水銀とセレンのモル比



(Hg/Se) を図 6 に示した。水銀濃度は湾奥の試料の方が高いことから、このモル比も湾奥が高い傾向にあった。しかし、湾奥で捕獲された水銀濃度の比較的高いマアジ、マサバ、チダイ、タチウオでも Hg/Se は、1 前後に分布しており、水銀の存在が突出している個体はほとんどないことがわかった。鹿児島湾では、火山活動という自然由来の水銀に対して、セレンが調和的に存在することで、水銀毒性の抑制に有効に作用していた可能性を示すものである。水俣などの人為的な水銀汚染を過去に受けた地域や、小規模金精錬活動などによって現在汚染を受けている地域においても調査を進めることで、魚介類の健康影響へのリスク評価と対策に資するデータを提供できると期待される。

図 6 鹿児島湾生体試料中の水銀とセレンのモル比

<引用文献>

1 N.V.C. Ralston, C.R.Ralston, L.J.Raymond, "Selenium Health Benefit Values: Updated Criteria for Mercury Risk Assessments" Biol Trace Elem Res (2016) 171:262–269
 2 Ruiz WLG and Tomiyasu T, Distribution of mercury in sediments from Kagoshima Bay, Japan, and its relationship with physical and chemical factors, Environ Earth Sci (2015) 74:1175–1188

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tomiyasu Takashi, Mitsui Akihiro, Mitarai Mai, Kodamatani Hitoshi, Kanzaki Ryo	4. 巻 244
2. 論文標題 Seasonal variation in mercury species in seawater of Kagoshima Bay, southern Kyushu, Japan: The impact of active submarine volcanos on the inner bay	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Marine Chemistry	6. 最初と最後の頁 104133 ~ 104133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marchem.2022.104133	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, Yasumatsu Sora, Kodamatani Hitoshi, Kanzaki Ryo, Takenaka Chisato, Murao Satoshi, Miyagawa Shuichi, Nonaka Kenichi, Ikeguchi Akiko, Navarrete Ian A.	4. 巻 30
2. 論文標題 The dynamics of mercury around an artisanal and small-scale gold mining area, Camarines Norte, Philippines	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Science and Pollution Research	6. 最初と最後の頁 20052 ~ 20064
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11356-022-23497-5	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 Tomiyasu Takashi, Nakagawa Misato, Kodamatani Hitoshi, Kanzaki Ryo	4. 巻 80
2. 論文標題 The influence of submarine volcano on seasonal changes in arsenic in the waters of Kagoshima Bay, southwestern Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Earth Sciences	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) 10.1007/s12665-021-09619-1	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 Takashi Tomiyasu, Yuriko Kono Hamada, Christine Baransano, Hitoshi Kodamatani1, Akito Matsuyama, Ryusuke Imura, Nuril Hidayati, Joeni Setiyo Rahajoe	4. 巻 12
2. 論文標題 Mercury concentrations in paddy field soil and freshwater snails around a small scale gold mining area, West Java, Indonesia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Toxicology and Environmental Health Sciences	6. 最初と最後の頁 23 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13530-020-00045-7	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 Takashi Tomiyasu, Yuriko Kono Hamada, Christine Baransano, Nuril Hidayati, Joeni Setijo Rahajoe	4. 巻 78
2. 論文標題 Time variation in transfer amounts of mercury by a river system near an artisanal and small scale gold mining area in West Java, Indonesia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12665-019-8727-9	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 該当する

1. 著者名 Yuriko Kono Hamada, Takashi Tomiyasu	4. 巻 10
2. 論文標題 The estimation of mercury exposure to workers through air deposition in the workshop of artisanal and small-scale gold mining	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Environment and Safety	6. 最初と最後の頁 137 ~ 142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11162/daikankyo.E19RP0302	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 Sakamoto Mineshi, Itai Takaaki, Marumoto Kohji, Marumoto Masumi, Kodamatani Hitoshi, Tomiyasu Takashi, Nagasaka Hiromitsu, Mori Keisuke, Poulain Alexandre J., Domingo Jose L., Horvat Milena, Matsuyama Akito	4. 巻 180
2. 論文標題 Mercury speciation in preserved historical sludge: Potential risk from sludge contained within reclaimed land of Minamata Bay, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Research	6. 最初と最後の頁 108668 ~ 108668
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envres.2019.108668	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 Takashi Tomiyasu, Yuriko Kono Hamada, Hitoshi Kodamatani, Nuril Hidayati, Joeni Setijo Rahajoe	4. 巻 26
2. 論文標題 Transport of mercury species by river from artisanal and small-scale gold mining in West Java, Indonesia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Science and Pollution Research	6. 最初と最後の頁 25262 ~ 25274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11356-019-05718-6	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

〔学会発表〕 計21件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 下鶴優美、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
2. 発表標題 水俣市化学工場周辺土壤中の水銀化学形と有機物含有量
3. 学会等名 日本分析化学会 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上蔀隼人、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
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82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 脇丸太樹、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
2. 発表標題 鹿児島湾海水中水銀濃度に及ぼす火山活動の影響
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 脇丸太樹、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
2. 発表標題 鹿児島湾における海水中懸濁態総水銀の濃度変動
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上部隼人、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
2. 発表標題 鹿児島湾産魚類器官中の水銀及びセレン濃度
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上部隼人、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
2. 発表標題 鹿児島湾産魚類及びプランクトン中の水銀濃度と海底火山活動の影響
3. 学会等名 令和4年度メチル水銀研究ミーティング
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takashi Tomiyasu
2. 発表標題 The dynamics of Hg and Se in Kagoshima Bay -The impact of submarine volcano on the ecosystem-
3. 学会等名 GMOS-Train, BeMermaid and IsoCont workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上部隼人、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
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82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 脇丸太樹、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
2. 発表標題 鹿児島湾海水中水銀濃度に及ぼす火山活動の影響
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 脇丸太樹、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
2. 発表標題 鹿児島湾における海水中懸濁態総水銀の濃度変動
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上部隼人、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
2. 発表標題 鹿児島湾産魚類器官中の水銀及びセレン濃度
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上部隼人、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
2. 発表標題 鹿児島湾産魚類及びプランクトン中の水銀濃度と海底火山活動の影響
3. 学会等名 令和4年度メチル水銀研究ミーティング
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takashi Tomiyasu
2. 発表標題 The dynamics of Hg and Se in Kagoshima Bay -The impact of submarine volcano on the ecosystem-
3. 学会等名 GMOS-Train, BeMermaid and IsoCont workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下鶴優美、富安卓滋、児玉谷仁、神崎亮
2. 発表標題 水俣市化学工場周辺土壤中の水銀化学形と有機物含有量
3. 学会等名 日本分析化学会 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富安卓滋、野添千裕、児玉谷仁、神崎亮
2. 発表標題 鹿児島湾生体試料中水銀及びセレン濃度と海底熱水噴気活動の影響
3. 学会等名 生命金属に関する合同年会 ConMetal 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北川俊輝、河西大悟、下内良平、児玉谷仁、神崎亮、富安卓滋
2. 発表標題 水俣湾周辺底質中残留水銀濃度分布と底質化学組成
3. 学会等名 日本地球化学会第66回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野添千裕、児玉谷仁、神崎亮、富安卓滋
2. 発表標題 鹿児島湾海底質中水銀及びセレン濃度分布と海底熱水噴気活動の影響
3. 学会等名 日本地球化学会第66回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Tomiyasu, Yuriko Hamada, Christine Baransano, Henderite Loisa Ohee
2. 発表標題 The distribution of mercury around the Lake Sentani, Papua, Indonesia
3. 学会等名 14th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sora YASUMATSU, Hitoshi KODAMATANI, Ryo KANZAKI, Chisato TAKENAKA, Satoshi MURAO, Shuichi MIYAGAWA, Kenichi NONAKA, Akiko IKEGUCHI, Ian A. NAVARRETE and Takashi TOMIYASU
2. 発表標題 The dynamics of mercury around the artisanal and small-scale gold mining area, Camarines Norte, Philippines
3. 学会等名 5.14th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi TOMIYASU, Hitoshi KODAMATANI, David ANDRIO, Kazutoshi NODA
2. 発表標題 The distribution of mercury discharged by ASGM activity along the Kuantan River, Riau Province, Sumatra, Indonesia
3. 学会等名 6.14th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野添千裕、児玉谷仁、神崎亮、富安卓滋
2. 発表標題 鹿児島湾産魚類に含まれるセレン及び水銀と海底熱水噴気活動による影響
3. 学会等名 第79回分析化学討論会
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	松山 明人 (MATSUYAMA AKITO) (00393463)	国立水俣病総合研究センター・その他部局等・部長 (87401)	
研究分担者	児玉谷 仁 (KODAMATANI HITOSHI) (30434468)	鹿児島大学・理工学域理学系・准教授 (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	小針 統 (TORU KOBARI) (60336328)	鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・教授 (17701)	
研究分担者	本村 浩之 (HIROYUKI MOTOMURA) (90433086)	鹿児島大学・総合科学域共同学系・教授 (17701)	

6. 研究組織（つづき）

	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	幅野 明正 (AKIMASA HABANO) (60274841)	鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・准教授 (17701)	

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			
スロベニア	Jozef Stefan Institute			