

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 4 月 21 日現在

機関番号：23201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04413

研究課題名(和文) 大気中水銀の降水による除去過程および沈着メカニズムの解明

研究課題名(英文)

研究代表者

中澤 暦 (Nakazawa, Koyomi)

富山県立大学・工学部・講師

研究者番号：10626576

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：水銀はヒトおよび野生生物に対して神経毒性がある。すべての放出源から出された水銀はいったん大気に放出されると、数か月以上存在し、大気は“地球規模の水銀の貯蔵場”と言われる。本研究では、屋久島の自由対流圏標高での降水中水銀の観測と動態解明を中心に、蒜山演習林での森林生態系内での水銀の循環について研究をすすめた。

屋久島での降水中水銀の観測結果と気象擾乱との比較から、積乱雲が発達した際、自由対流圏と成層圏下部での大気中の2価の反応性ガス状水銀(GOM)の取り込みがあることが分かった。また前線性の降雨では、東アジアでの大気中水銀の排出の影響が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水銀はごく少量でもヒトや生態系に影響をもたらす。2017年には世界における水銀管理の枠組みを進めるための条約(水銀に関する水俣条約)が発効した。ここでは大気中の水銀と降水中の水銀に着目し研究を進めた。降水中の水銀の挙動については不明な点が多いが、本研究において自由対流圏上部と成層圏下部に存在する大気中水銀が雨滴に取り込まれて地上に沈着することを明らかにした。息の長いフィールドデータから水銀の動態を明らかにしたことに学術的意義がある。また、今後の世界における水銀モデルのパラメータの設定等を行う際にも重要な知見を提供している。世界的における水銀管理に資する科学的知見となり社会的に意義がある。

研究成果の概要(英文)：Even in very small amounts, mercury (Hg) is neurotoxic to humans and animals. The majority of atmospheric Hg exists as Gaseous Elemental mercury (GEM), which is less soluble in water and highly volatile compared to the oxidized forms. Because of its low solubility and slow rate of oxidation, GEM has a long residence time in the atmosphere and is transported globally. In order to clarify the dynamics of atmospheric mercury and its deposition, we have installed sequential rain gauge in 1,300 m a.s.l., of Yakushima observatory and Hiruzen forest research site. The fact that the Hg concentration increased when the maximum cloud top elevation exceeded 10 km suggested that clouds progressively acquired gaseous oxidized mercury in the upper free troposphere in convective rain. During frontal rains, the winds increasingly tended to blow from the west the direction of East Asia as the elevation increased, and the GOM concentration in rainfall exceeded that in typhoon rainfall.

研究分野：環境科学 環境リスク学

キーワード：水銀 自由対流圏 雲底高度 雲頂高度 屋久島

1. 研究開始当初の背景

水銀はヒトおよび野生生物に対して神経毒性がある。ヒトへの水銀の主な暴露経路は魚・米の摂取と小規模金採掘場における金精錬等、発生源近傍での水銀蒸気の吸入である。すべての放出源から出された水銀はいったん大気に放出されると、数か月以上存在し、大気は“地球規模の水銀の貯蔵場”と言われる。

大気中水銀の95%以上を占める0価のガス状水銀(GEM)は、水に溶解しにくい性質を持つため寿命が0.5年~2年と長く、大気と共に地球全体を循環している。そして、光化学反応により水に溶解しやすい2価の反応性ガス状水銀(Hg(II):GOM)になり、粒子状物質に付着した粒子状水銀(P-Hg)と共に沈着により大気から除去される。そのため、大気中水銀の2大排出源である小規模金採掘現場(37%)や石炭燃焼現場(全体の25%)など水銀排出源から遠い場所でも高濃度に水銀が沈着することがある。そのため排出源から離れていても陸域生態系に影響を与える可能性がある。申請者らが琵琶湖生息魚を調査すると、底生肉食魚で高濃度(800 µg/kg)の水銀が見いだされた。この、地球上における大気への水銀放出量の49%はアジア地域からである(UNEP 2013)。

大気中水銀は最終的に光化学反応により水に溶解しやすいGOMとなり、降水により除去される。GOMの降水による除去過程はレインアウトが主とされ、沈着量は降水量に依存する。しかし近年、自由対流圏からのGOMの取り込みが指摘され、降水のパターン(対流性降雨(積乱雲)、高地での降雨など)により沈着メカニズムや沈着量が異なると言われているが定説はない。

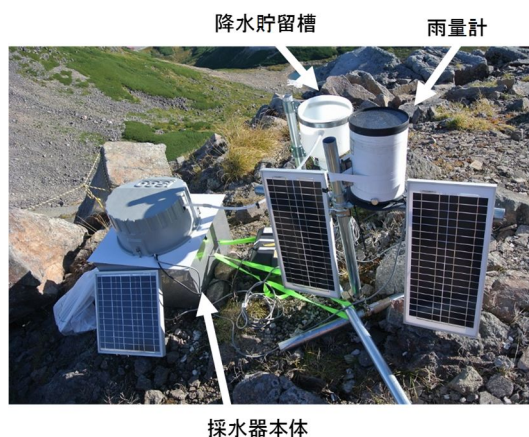
2. 研究の目的

そこで調査地を自由対流圏、大気境界層、ローカルな人為活動の影響を受けない地点に設定し、申請者らが開発した10mm毎に分画採取可能な降水採水装置を設置する。年降水量が多いアジアモンスーン気候で、最大の水銀排出地域であるアジア大陸(全体の49%)の風下に位置する我が国で大気中水銀の降水による除去メカニズムを明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 屋久島の自由対流圏標高での降水中水銀の観測と動態解明

調査地は屋久島の淀川登山口(標高1370m)地点に設定した。降水中水銀を連続的に観測するために、自動降水採水装置を自作した(図1)。本採水器はボトルを24本設置可能であるが、今回は10mm降雨毎に2本ずつ採取する。1本は水銀用(あらかじめシステインを添加し、水銀が揮散するのを防ぐ)、もう1本はイオン成分、TOC、金属成分用である。したがって、120mmの降雨までは自動で採水する。一降雨で120mmを超過した場合は貯留槽にたまった分をバルクとして採取することになる。



(2) 蒜山における降水中水銀の観測

渓流水、降水、林内雨、樹幹流の観測を行った。さらにリター中水銀の観測を行った。

図1 自作した降水量可変式降水自動採水器

(3) 成分の分析

渓流水、降水、林内雨、樹幹流中水銀は日本インスツルメンツ株式会社製還元気化-金アマルガム水銀測定装置マーキュリー/RA 3320FG+を用いた。分析方法は、アルカリ還元冷原子蛍光法である。リター中水銀は、日本インスツルメンツ株式会社製MA-2000を用いて分析した。QA/QCはNIST SRM 1641 e, mercury in waterを使用し、回収率は104%であった。環境水中GOM濃度は0.45 µm ディスミックフィルター(Advantec Co. Ltd., 25HP045AN)(US EPA, 2002)を用いて濾過した試料として求めた。

4. 研究成果

(1) 屋久島の自由対流圏標高での降水中水銀の観測と動態解明

降水中水銀濃度の変動

淀川登山口で観測された降水中水銀濃度の変動の一例をみると(図2)、降水中の水銀濃度は、時間経過とともに、様々なパターンを示した。一般的に降水中の物質は、降雨初期に濃度が高く降雨が続くと濃度は低減していくが、水銀の変動は異なった。

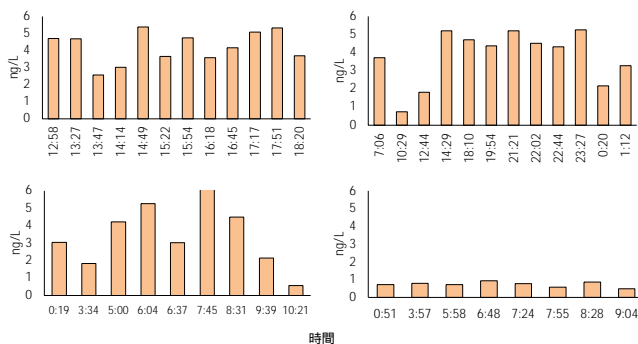


図2 淀川登山口で観測された降水中水銀濃度の変動

沈着量

淀川登山口の降水量は、10,970 mm/year であった。高水銀沈着量は 6 月、7 月に観測されて、それぞれ 7.53、8.10 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{month}$ であった。冬季は調査地に向かう道路が凍結のために通行止めとなるため、十分に調査が不可能であったが、4~12 月までの沈着量は 30.7 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ となった。この沈着量は琵琶湖流域での年間沈着量 (10.4-17.5 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{year}$ 、菱田と永淵 2014) や、日本全国 10 か所での沈着量 (5.8-14.9 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{year}$ 、Sakata and Asakura 2007) と比べて大きくなった。淀川登山口の水銀沈着量は採掘地域等に匹敵した (たとえば、39 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{year}$ 、Feng et al., 2014)。これらの地域の降水量は 1240-1950 mm/year であり、淀川登山口の水銀沈着量の多さは降水量に由来すると考えられた。

湿潤域と降水中水銀濃度の関係

淀川登山口の標高 (1330 m) はおおむね 850 hPa 高層天気図で示される高度である。850 hPa 高層天気図には、湿潤域 (T-Td 3°C) が示されているが、これは雲ができて始める場所とされる。(ここで、T は空気がある高度から上昇する前の気温、Td は上昇前の露点を示しており、高層天気図においてはハッチされて示される)。そのため、この付近の海拔を調査地点とすれば 850hPa 地点での高層天気図と比較することが可能となる。すなわち調査地に湿潤域がある場合は、地上と雲底の間に大気層がなく、雨滴が空気中の物質を取り込んで地上に沈着するウォッシュアウトの影響を考えずに解析ができると考えられる。

ここでは、まず大気中水銀の雨滴への取り込みについて次の 3 パターンで解析を行った。パターン 1 は、湿潤域との比較から、雲底高度と調査地が重なる場合の降水である。すなわち雲の中の雨滴に含まれる水銀が観測可能である。パターン 2 は、雲底高度が調査地よりかなり高い場合で、雲の中の雨滴に含まれる水銀と雲と調査地の間にある水銀を合わせた降水である。パターン 3 は、雲底高度が調査地と重なり、さらに雲が高高度まで発達している場合の降水である。雲頂高度についてはレーダーエコー強度より解析を行った。パターン 3 では、積乱雲の中の雨滴に含まれる水銀を観測できる降水である(図 3)。

淀川登山口での結果をこの 3 パターンに振り分けてみた。パターン 1 には 219 降雨が当てはまり、GOM は 2.6ng/L、PBM は 1.1ng/L であり、濃度が低くレインアウトが起こっていると考えられた。パター

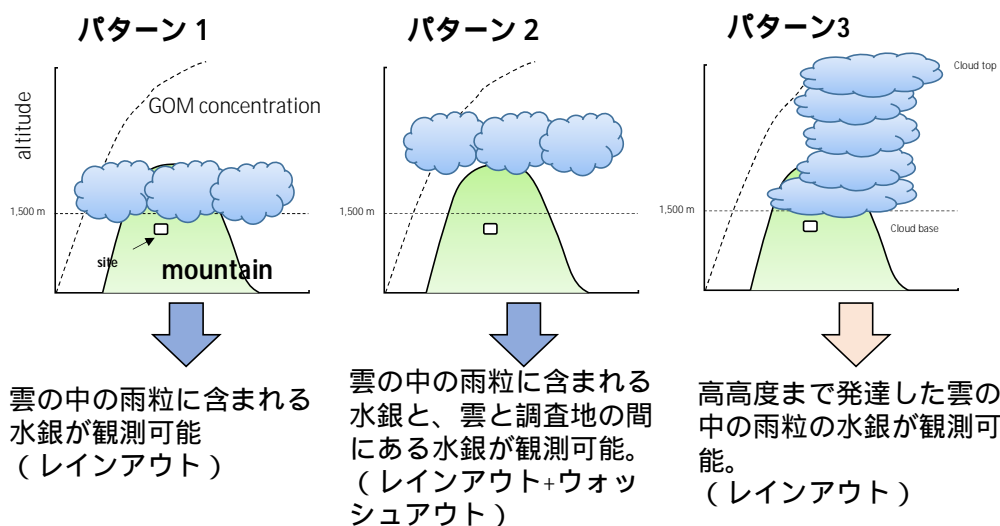


図3 淀川登山口で観測された降水と雲とのパターンわけ

ン 2 には、163 降雨が当てはまり、GOM は 4.2ng/L で PBM は 2.2ng/L であり、濃度が高くレインアウト+ウオッシュアウトが混ざった降水と考えられた。パターン 3 では、調査地とほぼ同じ雲底高度から雲頂高度が最大 14km までの積乱雲が観測された。そこで文献を参考に雲頂高度を 10km の上と下に分けて解析した。10km 以下では GOM は 2.5ng/L であり、10km 以上では GOM は 4.2ng/L であった。近年、積乱雲が発達した際、自由対流圏と成層圏下部での大気中 GOM 濃度の取り込みが指摘されているが本研究でも確認された。

また、降水中水銀の起源として、東アジア地域の工業化に由来する解析を現在すすめているところであり、論文投稿中 (Nalazawa et al., 査読中)である。

(2) 蒜山における降水中水銀の観測

鳥取大学 蒜山演習林内の渓流水、林内雨、林外雨、樹幹流、リターを採取した。また水文観測を同時に行った。降水 10 mm 毎に採取して得られた降水中水銀のデータの一例を図 4 に示す。本研究結果は現在解析を行っているところである。

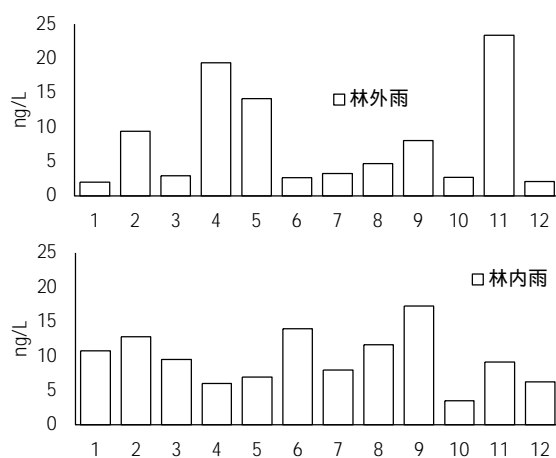


図 4 蒜山演習林で観測した降水中水銀の変動
(a) 林内雨、 (b) 林外雨

<参考文献>

菱田尚子、永淵 修 琵琶湖集水域における水銀沈着量の空間分布、水環境学会誌、37 (4) 155-161, 2014.

Sakata, M., Asakura, K. Estimating contribution of precipitation scavenging of atmospheric particulate mercury to mercury wet deposition in Japan, Atmospheric environment, 2007,41 1669-1680.

Feng, X., Sommar, J., Lindqvist, O., Hong, Y. Occurrence, emissions and deposition of mercury during coal combustion in the province Guizhou, China. Water, Air, Soil Pollut., 2002, 139 (1), 311-324.

US EPA (2002) Method 1631, Revision E: Mercury in water by oxidation, purge and trap and cold vapor atomic fluorescence spectrometry, 2002.

UNEP Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 中澤 暦・永淵 修・篠塚賢一・木下 弾・西田友規・菱田尚子・三宅隆之	4. 巻 32(6)
2. 論文標題 2012年と2017年の秋季の自由対流圏に属する乗鞍観測所で観測した大気中水銀の動態	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 環境科学会誌	6. 最初と最後の頁 182-192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11353/sesj.32.182	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 Nakazawa, K., Nagafuchi, O., Otede, U., Chen, J-q., Kanefuji K., Shinozuka, K.	4. 巻 10
2. 論文標題 Risk assessment of fluoride and arsenic in groundwater and scenario analysis for reducing exposure in Inner Mongolia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC advances	6. 最初と最後の頁 18296-18304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA00435A	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 中澤 暦・永淵 修・横田久里子・手塚賢至・田辺雅博・金藤浩司	4. 巻 -
2. 論文標題 屋久島で観測された降水中水銀濃度とその起源	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 統計数理研究所共同研究リポート 416	6. 最初と最後の頁 31-42
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 永淵 修・中澤 暦・篠塚賢一・阿久根卓・手塚賢至	4. 巻 8
2. 論文標題 越境大気汚染物質・最前線としての屋久島	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 屋久島学	6. 最初と最後の頁 15-21
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 篠塚賢一・永淵 修・中澤 暦・角皆 潤・中川書子・手塚賢至	4. 巻 8
2. 論文標題 屋久島の森林における大気硝酸の影響～川原2号沢～	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 屋久島学	6. 最初と最後の頁 22-24
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 中澤 暦・永淵 修・篠塚賢一・横田久里子・手塚賢至・田辺雅博	4. 巻 8
2. 論文標題 屋久島淀川登山口で観測された降水水中水銀濃度とその起源	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 屋久島学	6. 最初と最後の頁 25-28
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 Koyomi Nakazawa, Osamu Nagafuchi, Tomonori Kawakami, Takanobu Inoue, Rosana Elvince, Koji Kanefuji, Isrun Nur, Mery Napitupulu, Muhammad Basir-Cyio, Hazumu Kinoshita, Ken'ichi Shinozuka	4. 巻 1(6)
2. 論文標題 Human health risk assessment of atmospheric mercury inhalation around three artisanal small-scale gold mining areas in Indonesia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Science: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 423-433
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 永淵 修、中澤 暦、篠塚賢一	4. 巻 84 (1)
2. 論文標題 都市域から離れた高山で検出されたマイクロプラスチック	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 雪氷	6. 最初と最後の頁 29-32
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 中澤 暦 永淵 修	4. 巻 34
2. 論文標題 大気中を長距離移動するマイクロプラスチックの 観測方法と分析方法の確立およびその動態解明	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 アサヒグループ財団 食生活科学・文化、環境に関する研究助成 研究紀要	6. 最初と最後の頁 5-14
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 中澤 暦 永淵 修	4. 巻 35
2. 論文標題 大気中マイクロプラスチックの長距離輸送と沈着量の評価方法の確立	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 アサヒグループ財団 食生活科学・文化、環境に関する研究助成 研究紀要	6. 最初と最後の頁 3-15
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 永淵 修、中澤 暦	4. 巻 44 (A)
2. 論文標題 海外も含めた山岳・高地の水環境	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本水環境学会誌	6. 最初と最後の頁 293-298
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 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 永淵 修、中澤 暦、篠塚賢一
2. 発表標題 越境大気汚染物質・最前線としての屋久島
3. 学会等名 屋久島学ソサイエティ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中澤 暦・永淵 修・篠塚賢一・横田久里子・手塚賢至・田辺雅博
2. 発表標題 屋久島淀川登山口で観測された降水中水銀濃度とその起源
3. 学会等名 屋久島学ソサイエティ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 篠塚賢一・永淵 修・中澤 暦・角皆 潤・中川書子・手塚賢至
2. 発表標題 屋久島の森林における大気硝酸の影響～川原2号沢～
3. 学会等名 屋久島学ソサイエティ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Osamu Nagafuchi, Koyomi Nakazawa, Ken'ichi Shinozuka
2. 発表標題 Long-range transport and origin of microplastics in rime-ice observed at a remote mountain area
3. 学会等名 地球惑星科学連合
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koyomi Nakazawa, Osamu Nagafuchi, Megumu Tsujimoto, Koji Kanefuji, Satoshih Imura.
2. 発表標題 Mercury contamination in soil caused by the human activities in Antarctica
3. 学会等名 SCAR OSC 2020 online meeting 31 July to 11 August (hobart, Tasmania Australia, online meeting) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koyomi Nakazawa, Osamu Nagafuchi, Megumu Tsujimoto, Koji Kanefuji, Satorih Imura
2. 発表標題 Mercury concentration in soil observed around Syowa station, Antarctica
3. 学会等名 The 11th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中澤 暦、永淵 修、大谷眞二、藤巻晴行、Ch. Javzan、Jamsran Tsogtbaatar
2. 発表標題 モンゴルにおける地下資源開発による金属汚染とヒト健康リスク
3. 学会等名 鳥取大学乾燥地研究センター 共同利用研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永淵 修、中澤 暦、篠塚賢一、Neil Rose, Handong Yang, 石川 靖、菅原省吾、深澤達矢
2. 発表標題 湖沼コア堆積物中水銀の分布
3. 学会等名 陸水学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koyomi Nakazawa, Osamu Nagafuchi, Koji Kanefuji, Ken'ichi Shinozuka, Masahiro, Tanabe, Kenshi, Tetsuka
2. 発表標題 Mercury deposition in Yakushima Island, the world natural Heritage site, Japan
3. 学会等名 International Conference on Mercury as a Global Pollutant 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Osamu Nagafuchi, Ken'ichi Shinozuka, Koyomi Nakazawa, Hazumu Kinoshita, Yuki Nishida, Syungo Kato
2. 発表標題 Observation of TGM in the free troposphere at the summit of Mount Fuji during the summer of 2013
3. 学会等名 International Conference on Mercury as a Global Pollutant 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koyomi Nakazawa, Osamu Nagafuchi, Megumu Tsujimoto, Koji Kanefuji, Satoshi Imura
2. 発表標題 Mercury contamination in soil caused by the human activities in Antarctica
3. 学会等名 SCAR 2020 Open Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中澤 暦、永淵 修、横田久里子、手塚賢至、田辺雅博、金藤浩司
2. 発表標題 屋久島で観測された降水中水銀濃度とその起源
3. 学会等名 統計数理研究所共同研究集会 (28-共研 -5003)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中澤 暦、永淵 修、篠塚賢一
2. 発表標題 自由対流圏における大気中水銀の降水による除去過程及び沈着メカニズム
3. 学会等名 地球化学会 年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永淵 修、中澤 暦、篠塚賢一
2. 発表標題 2018 年 4 月霧島硫黄山爆発による河川中水銀濃度の流下過程での変化
3. 学会等名 地球化学会 年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠塚 賢一 ,永淵 修 ,中澤 暦 ,奥田 青州 ,手塚 賢至,手塚 田津 子,尾坂 兼一,金谷 整一
2. 発表標題 急峻な地形が川原 2 号沢の水質形成に与える影響
3. 学会等名 地球化学会 年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永淵 修、中澤 暦、篠塚賢一、木下弾、菱田尚子、西田友規、加藤俊吾
2. 発表標題 夏季富士山頂で観測された大気中高濃度水銀の起源解析
3. 学会等名 NPO富士山測候所を活用する会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kanefuji, K., Nakazawa, K., Nagafuchi, O
2. 発表標題 Risk analysis of human health among artisanal small-scale gold mining area in Indonesia
3. 学会等名 JSM (the Joint Statistical Meetings) 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中澤 暦、永淵 修、川上智規、井上隆信、芹川裕加、Basir Cyio, Isrun Nua, Rosana Elvince、篠塚賢一
2. 発表標題 インドネシア・中央スラウェシ州パルにおける小規模金採掘に由来する水銀蒸気とそのヒトへの健康リスクの推定
3. 学会等名 地球惑星科学連合 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永淵 修、中澤 暦、川上智規、井上隆信、Rosana Elvince、篠塚賢一
2. 発表標題 インドネシアにおける小規模金採掘に由来する水銀汚染とそのヒトへの健康リスク
3. 学会等名 地球惑星科学連合 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koyomi Nakazawa, Osamu Nagafuchi, Takanobu Inoue, Tomonori Kawakami, Elvince Rosana, Koji Kanefuji, Kenichi Shinozuka
2. 発表標題 Human Health Risk Assessment of Mercury Caused from Artisanal Small-scale Gold Mining in Indonesia
3. 学会等名 ISM Symposium on Environmental Statistics 2019 (国際学会)
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	芳賀 弘和 (Haga Hi rokazu) (90432161)	鳥取大学・農学部・准教授 (15101)	

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	永淵 修 (Nagafuchi Osamu) (30383483)	福岡工業大学・その他部局等・客員教授 (37112)	

	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	篠塚 賢一 (Shinozuka Ken'ichi) (60831170)	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