

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：84406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12214

研究課題名(和文)ジフェニルグアニジンの水環境動態の解明および流出負荷量モデルの構築

研究課題名(英文) Environmental fate of 1,3-diphenylguanidine in water and estimation of pollutant loads for urban runoff

研究代表者

市原 真紀子 (ICHIHARA, Makiko)

大阪市立環境科学研究センター・その他部局等・研究主任

研究者番号：60591865

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)：近年、欧州では残留性と高極性を併せ持つ「残留移動性有機化合物(PMOCs)」が水源水質悪化の脅威とされている。我々はそのなかでも1,3-ジフェニルグアニジン(DPG)をはじめとしたグアニジン類縁化合物に着目し、グアニジン類縁化合物の精確な水質分析法を確立した。本法を用いて琵琶湖淀川流域における実態調査を実施し、グアニジン類縁化合物の同流域における濃度レベル及び挙動を明らかにした。さらに、浄水場の各処理段階におけるグアニジン類縁化合物除去率を算出した。また、塩素処理により生成するDPG消毒副生成物は全容が解明されていないため、ジフェニルグアニジン塩素化体の探索及び同定を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

環境水中のグアニジン類縁化合物は浄水処理が困難にも関わらず、水道水源である河川等の調査が国内では皆無であるため、本研究において環境水中におけるグアニジン類縁化合物の存在実態を明らかにする。これは、我々の知る限り国内における初めてのグアニジン類縁化合物濃度の報告となる。特に、調査対象である淀川流域では京都市等の下水処理水が中流域で流入後、下流の大阪で水道原水として取水するという、繰り返しの水利用が行われていることから、上下水道で除去されにくいグアニジン類縁化合物の濃度レベルや環境水中の挙動の解明は社会的意義が大きいと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In recent years, "persistent and mobile organic compounds (PMOCs)," which are both persistent and highly polar, have been considered a threat to water quality in Europe. We focused on guanidine derivative PMOCs such as 1,3-diphenylguanidine (DPG) and developed an accurate analytical method for seven guanidine derivatives. Using this method, we conducted a year-round survey and revealed the concentration levels and environmental behavior of guanidine derivatives in the Lake Biwa-Yodo River basin. Guanidine derivatives in advanced drinking water treatment were investigated, and the removal rate of guanidine derivatives at each stage of the water purification plant was calculated. Since the full extent of DPG disinfection byproducts generated by chlorination has not been elucidated, we searched for and identified the 1,3-diphenylguanidine chlorinated compounds using LC-QTOFMS and LC-MS/MS.

研究分野：環境化学

キーワード：残留移動性有機化合物(PMOCs) 1,3-ジフェニルグアニジン シアノグアニジン 分析法開発 琵琶湖淀川調査 浄水処理性調査 消毒副生成物

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

現在、我々は日常生活において多種多様な化学物質を使用し、その恩恵を享受している。その反面、ポリ塩化ビフェニル (PCB) のような PBT 物質 (難分解性 Persistent, 生物蓄積性 Bioaccumulative, 有毒な物質 Toxic) が我々を含め多くの生物に甚大な被害をもたらし、それらは残留性有機汚染物質 (POPs) として国際的に規制されてきた。これらに加え、近年欧州において残留移動性有機化合物 (persistent and mobile organic compounds: PMOCs) が問題視されている<sup>1)</sup>。これらは PCB のように残留性を持つが、多くの POPs 物質とは異なり、親水性物質という特徴を持つ。PMOCs が一旦水環境中に流入すると、その残留性と親水性から上水や下水処理において除去されにくく、最終的には水道水中に移行し、ヒトの健康を脅かすリスクとなる。欧州委員会は PMOCs を新たな問題 (emerging issue) と位置付け、ヒトの健康や環境に悪影響を及ぼすと警鐘を鳴らした<sup>2)</sup>。

Schulze らは PMOCs の調査結果から、今後調査すべき PMOCs を優先順位付けしている<sup>3)</sup>。我々は、その中でも高頻度検出とされ国内の調査事例がなく、優先度の高い 1,3-ジフェニルグアニジン (DPG) をはじめとしたグアニジン類縁化合物に着目した。DPG はタイヤ等のゴム製品に用いられる加硫促進剤であるが、水生生物に対して急性毒性が認められている<sup>4)</sup>。我々の予備調査では、大阪市内河川の全 31 地点から DPG が数十～百 ng/L レベルで検出され、環境水中における広範囲な存在が示唆された。特筆すべきは検出頻度の高さであり、Schulze らも DPG の検出率を 100%と報告している<sup>3)</sup>。しかし、環境水中のグアニジン類縁化合物測定法は未確立であり、先行研究はあくまで簡易定量による調査結果であった。

### 2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究ではこれまでほとんど研究されていないグアニジン類縁化合物について、液体クロマトグラフ-タンデム型質量分析計 (LC-MS/MS) を用いた環境水中の分析法を確立する。確立した分析法を用いて、淀川流域におけるグアニジン類縁化合物の濃度レベル及び水環境中の挙動を解明する。さらに、PMOCs は水道水源における脅威とされていることから、浄水処理過程におけるグアニジン類縁化合物の挙動を調査し、その処理特性や除去機構を解明することを目的とした。また、塩素処理により生成する DPG 消毒副生成物 (DPG-Cl) はその全容が不明であることから、液体クロマトグラフ-四重極飛行時間型質量分析計 (LC-QTOFMS) 及び LC-MS/MS を用いて、河川水中の DPG-Cl の探索および同定を実施した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 環境水中におけるグアニジン類縁化合物分析法の検討

対象物質は, Arp ら<sup>5)</sup>による PMOC スコアを参考に DPG を含む 7 種のグアニジン類縁化合物とした (Table 1)。

Table 1 Target substances

Substance name	Abbr.	Chemical formula	CAS number
1,3-diphenylguanidine	DPG	C <sub>13</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub>	102-06-7
1,3-di- <i>o</i> -tolylguanidine	DTG	C <sub>15</sub> H <sub>17</sub> N <sub>3</sub>	97-39-2
1-( <i>o</i> -tolyl)biguanide	TBG	C <sub>9</sub> H <sub>13</sub> N <sub>5</sub>	93-69-6
cyanoguanidine	CG	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> N <sub>4</sub>	461-58-5
1-(4-cyanophenyl)guanidine	CPG	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> N <sub>4</sub>	5637-42-3
<i>N,N'</i> -1,6-hexanediyldis( <i>N'</i> -cyanoguanidine)	HCG	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> N <sub>8</sub>	15894-70-9
1,2,3-triphenylguanidine	TPG	C <sub>19</sub> H <sub>17</sub> N <sub>3</sub>	101-01-9

LC カラムは、逆相系 1 種 (Waters 社製 HSS T3)、親水性相互作用クロマトグラフィ (HILIC) 系 3 種 (GL Sciences 社製 Inertsil HILIC, MachereyNagel 社製 Nucleodur HILIC, Waters 社製 BEH Amide)、ミックスモード系 1 種 (Thermo Fisher Scientific 社製 Trinity P1) の計 5 種について検討した。各 LC カラムについて既報を参考に LC 条件を設定し、装置検出下限値 (IDL) 及び保持係数 *k'* を算出した。

前処理に用いる固相は、ミックスモード系 2 種 (Waters 社製 Oasis WCX Plus, Oasis MCX Plus)、逆相系 2 種 (Waters 社製 Oasis HLB Plus, Sep-Pak PS2 Plus)、活性炭 2 種 (Supelco 社製 Supelclean ENVI-Carb, Waters 社製 Sep-Pak AC2 Plus) の計 6 種について検討を行った。使用する固相と超純水 6 種についてブランク試験を実施した。また、10-70% 含水メタノールを用いた精製処理について検討した。確立した分析法を用いて河川水への添加回収試験を実施し、分析法の精度を確認した。

#### (2) グアニジン類縁化合物の琵琶湖淀川水系における実態調査

調査は 2021 年 7 月から翌年 5 月にかけて 2 ヶ月毎に計 6 回実施し、琵琶湖 3 地点 (水深別)、河川水 4 地点 (木津川、宇治川、桂川、淀川)、調査河川に流入する下水処理場放流水 5 地点、水道水 2 地点の計 14 地点で採水を行った。調査対象物質は Table 1 に示す 7 種のグアニジン類縁化合物とした。分析は筆者らが開発した LC-MS/MS を用いた方法<sup>6)</sup>とした。

### (3) グアニジン類縁化合物の高度浄水処理における浄水処理性調査

我々の調査対象物質である PMOCs は、一旦水環境中に流入するとその親水性から浄水処理で除去されにくいとされているが、その実態は不明である。そこで、グアニジン類縁化合物の高度浄水処理における挙動を調査した。調査は2022年4月と6月に2回実施した。オゾンと粒状活性炭 (GAC) を用いた浄水場について、浄水工程のグアニジン類縁化合物濃度を測定し、その除去率を算出した。調査対象物質は Table 1 に示す7種のグアニジン類縁化合物とした。分析方法は筆者らが開発した既報<sup>6)</sup>に準拠し、試料 500 mL ( $n = 2$ ) を用いて分析を行い、平均値について評価した。

### (4) LC-QTOFMS 及び LC-MS/MS を用いたジフェニルグアニジン塩素化体の探索

B. J. Sicira et al<sup>4)</sup> が示した DPG 塩素化反応によると、DPG は塩素処理により芳香環に水酸基が付加した後、環化する反応機構が示されている。しかし、我々は先行研究とは異なる反応機構を推定したため、LC-QTOFMS を用いて DPG-Cl の探索を実施した。

DPG の塩素処理溶液を LC-QTOFMS 測定し、検出されたシグナルをアサインして DPG-Cl の化学式を推定した。アサインされた DPG-Cl の  $m/z$  を元に、LC-MS/MS を用いて水質試料中の DPG 塩素化体の探索を試みた。

## 4. 研究成果

### (1) 環境水中におけるグアニジン類縁化合物の分析法の確立

LC カラム毎の IDL 値を比較すると、逆相系やミックスモード系と比べて HILIC 系カラムが低値を示した。そこで各 HILIC カラムにおけるグアニジン類縁化合物の保持係数  $k'$  ( $= (t_r - t_0) / t_0$ ;  $t_r$ : 対象物質の保持時間,  $t_0$ : ホールドアップ時間 (保持されない成分の溶出時間)) を比較すると、いずれも  $k'$  は小さかったが ( $k' < 2.5$ )、中でも比較的保持力の強かった Nucleodur HILIC カラム (3  $\mu\text{m}$ , 2.1  $\times$  150 mm) を用いることとした。

固相の回収率は、WCX において CG を除く 6 種が 90-100% と良好であった。これら 6 種は両性物質である HCG を除き  $pK_a$  が 9-10 であり、弱陽イオン交換固相の使用が適していた。また、WCX 通過画分および通水後の洗浄画分からは CG が約 80% 検出され、CG は WCX に保持されないことが分かった。CG は Sep-Pak AC2 を用いて、溶出液にアセトニトリル:超純水 (9:1) を用いた場合、回収率が 96% と良好であった。よって、固相は WCX と AC2 をタンデムで用いることとした。次に含水メタノールによる精製処理を検討した結果、CG 及び HCG の回収率低下が見られたため、精製操作は行わないこととした。

本研究で確立した分析方法を Fig. 1 に示す。水試料 100 mL にサロゲート (DPG- $d_{10}$  5 ng, CG- $^{15}\text{N}_4$  50 ng) 添加後、Oasis WCX Plus 及び Sep-Pak AC2 Plus を WCX が上流側となるよう直列に接続し、通水した。通水後、Fig. 1 に示す各溶媒で WCX と AC2 を別々に溶出、乾固後再溶解し、LC-MS/MS で測定した。

確立した分析法について河川水を用いた添加回収試験を実施したところ、回収率は 73-137%、変動係数は 2.1-5.8% ( $n = 7$ ) であり、本分析法の堅牢性が確認された。なお、前処理時には以下の点について注意が必要であることが明らかになった。

前処理時の注意点: ブランク試験として、(試料水を通水しない) 固相ブランク及び超純水 6 種 (市販 5 種, 実験室製造装置 1 種 (PURELAB flex-3, VWS)) を検討した結果、超純水から DPG 及び CG が各 0.39-0.69  $\text{ng L}^{-1}$  及び 80-150  $\text{ng L}^{-1}$  検出された。DPG は固相ブランクから (100 mL 通水と仮定した換算値として) 0.25  $\text{ng L}^{-1}$  検出され、また検討した全ての超純水から検出された。

DPG はタイヤ等のゴム製品に用いられる加硫促進剤であり、Schulze らは環境水からの DPG 検出率を 100% と報告している<sup>3)</sup>。DPG ブランクの原因は現時点で不明であるが、既報においても本研究と同様にブランクの検出が報告されており<sup>3,7)</sup>、対策として分析バッチ毎に固相ブランク及び超純水ブランク試験を実施することとした。DPG の「偽陽性 (false positive)」防止のためには、各分析バッチのブランク濃度を評価し、サンプル濃度とブランク濃度を比較することが重要であると考えられた。

また、CG は固相ブランクから検出されず、検討した超純水 6 種中 2 種から検出されたため、CG が不検出であった超純水を用いることとした。

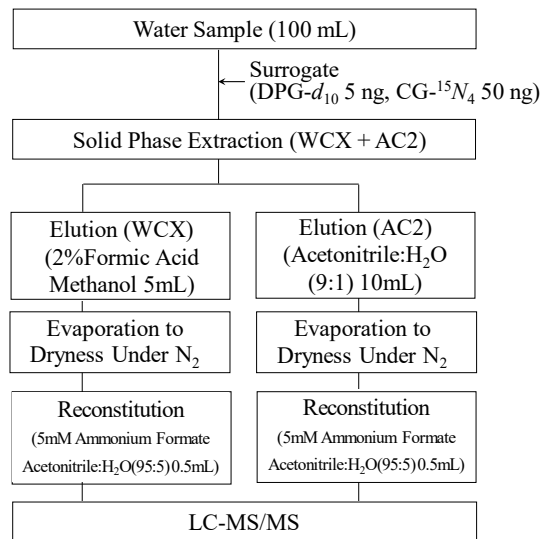


Fig. 1 Analytical method of guanidine derivatives

## (2) グアニジン類縁化合物の琵琶湖淀川水系における実態把握

調査中、CPG は全て検出下限値以下 ( $< 2.5 \text{ ng L}^{-1}$ ) であった。CPG 以外の 6 種のグアニジン類縁化合物については、調査期間を通じて一回以上調査水域から検出された。

DPG と CG について、水道水を除いた検出率は 100% であった。湖水、河川水、下水放流水、水道水の各媒体における中央値は、それぞれ DPG が 5.1, 14, 28,  $0.57 \text{ ng L}^{-1}$ , CG が 76, 170, 2400,  $75 \text{ ng L}^{-1}$  であった (Fig. 2)。河川水と下水放流水の濃度差は、DPG は 2 倍, CG は 14 倍であり, DPG と比べて CG の検出濃度は 1-2 桁高かった。本調査から, DPG, CG の水環境中における広範囲な存在が示唆された。

DTG と TBG は主に河川水と下水放流水から検出されており, その河川水と下水放流水における中央値は, それぞれ DTG が  $0.28, 0.64 \text{ ng L}^{-1}$ , TBG が  $< 0.25, 0.49 \text{ ng L}^{-1}$  であった。また TBG について, 下水放流水で最大  $790 \text{ ng L}^{-1}$  が検出された。HCG は下水放流水からのみ検出され, その中央値は  $5.5 \text{ ng L}^{-1}$  であった。TBG 及び HCG は, 我々の知る限り水環境中からの初めて検出例である。また, サンプルング時には以下の点について注意が必要であることが明らかになった。

サンプルング時の注意点: 湖水表層についてステンレスバケツ, (ゴム素材を使用していない)リゴ- B 型採水器, バンド- ン採水器の 3 種を用いて同時に採水を行い, DPG 濃度を比較した。その結果, DPG 濃度はステンレスバケツ及びリゴ- B 型採水器が約  $5 \text{ ng L}^{-1}$  に対し, バンド- ン採水器は  $290 \text{ ng L}^{-1}$  であった。バンド- ン採水器のゴム素材が DPG の汚染源と考えられ, 採水時の数分程度の接触にも関わらず, バンド- ン採水器由来の DPG は速やかに試料水に移行すると考えられた。サンプルング時及び分析時においては, DPG 汚染源となるゴム製品の使用は避けるべきであることが明らかになった。

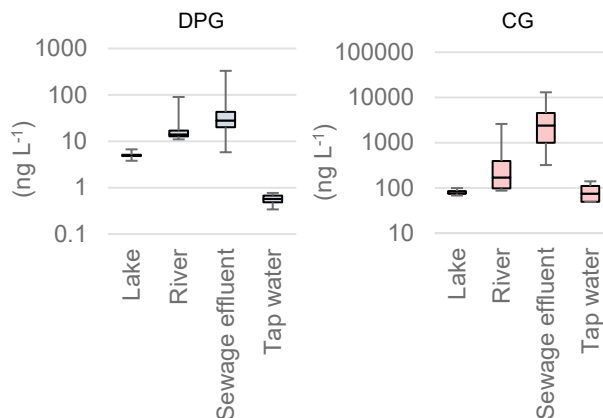


Fig. 2 Boxplots of DPG and CG in waters of the Lake Biwa-Yodo River Basin during a survey period

## (3) グアニジン類縁化合物の高度浄水処理における挙動

調査を通じ, CPG は全て検出下限値以下 ( $< 0.1 \text{ ng L}^{-1}$ ) であった。1 回目調査では, DPG, DTG, TBG, HCG, TPG について, 原水から  $0.07\text{-}16 \text{ ng L}^{-1}$  の範囲で検出されたが, オゾン処理後の除去率は 79-100%, GAC 処理後及び浄水の除去率は 99-100% であり, これらは高度浄水処理で除去可能であった。一方, CG については浄水の CG 除去率はマイナス値を示し, 先述の 5 種とは異なる挙動を示した。

そこで, CG が高濃度を示した GAC 処理水について, 2 回目調査では GAC 通水開始から 1-5 年目各 1 池と GAC 集合水を採水し, GAC 通水年数による CG の挙動を調査した。2 回目調査では, CPG 以外の検出された 6 種について, 浄水工程における各濃度と除去率は 1 回目結果が再現された。GAC 通水年数による CG 濃度の比較では, GAC 通水年数と CG 濃度の間に相関は見られなかった。

## (4) ジフェニルグアニジン塩素化体の探索および同定

DPG 水溶液を塩素処理し, LC-QTOFMS 測定したところ, 確かに塩素処理した DPG 水溶液からは Sieira らの示した DPG transformation products (DPG-210) に相当するイオンが観測された。ただし  $\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{N}_3 [\text{M}+\text{H}]^+$  のシグナルが強く, 10.2 分及び 10.7 分に 2 つのピークが確認された。これは Sieira らの反応機構 が示す脱水して環化ではなく, 酸化的環化による反応機構と推定された。これらの構造に水酸基や塩素原子が付加すると考え, 検出されているシグナルをアサインした結果,  $\text{C}_{13}\text{H}_{11}\text{ClN}_3 [\text{M}+\text{H}]^+$  をはじめとする複数の DPG-Cl がアサインされた。

LC-QTOFMS でアサインされた DPG-Cl の質量数をもとに, LC-MS/MS を用いて高濃度 DPG 含有水質試料中の DPG-Cl の探索を試みた。 $^{35}\text{Cl}:^{37}\text{Cl}$  の Precursor を同時に探索できるように, Precursor の  $m/z$  を DPG-Cl の質量数に加え, +2 の質量数を同時にモニターし, Product Ion Scan を実施した。 $m/z$  が 2 違いの Precursor ペアについて, 同一保持時間で同じ  $m/z$  (あるいは 2 違い) のピークを探索した結果,  $m/z$  が 2 違いの MRM ペアが 4 ペア探索された。 $^{35}\text{Cl}:^{37}\text{Cl}=3:1$  のピーク AREA 比であれば DPG-Cl の可能性が高いと考えられるため, 得られた MRM ペアについて環境試料を測定し, 各 MRM ペアのピーク AREA 比を算出した。その結果, 2 ペアの MRM が  $^{35}\text{Cl}:^{37}\text{Cl}=3:1$  のピーク AREA 比を示し, DPG-Cl と推定された。

## <謝辞>

浄水処理性調査において, 試料の採取にご協力いただいた浄水場の皆様に感謝の意を表します。

<引用文献>

- ① Reemtsma T, Berger U, Arp HPH, Gallard H, Knepper TP, Neumann M, Quintana JB, De Voogt P. Mind the gap: persistent and mobile organic compounds—water contaminants that slip through. *Environ. Sci. Technol.* 2016;50:10308–10315. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b03338>
- ② SCHEER. Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (SCHEER) statement on emerging health and environmental issues (2018). 2018. [https://ec.europa.eu/health/document/download/d77a2d8f-6c55-49d7-a682-de1fffce3cf4\\_en?filename=scheer\\_s\\_001.pdf](https://ec.europa.eu/health/document/download/d77a2d8f-6c55-49d7-a682-de1fffce3cf4_en?filename=scheer_s_001.pdf), Accessed 11 June 2024
- ③ Schulze S, Zahn D, Montes R, Rodil R, Quintana JB, Knepper TP, Reemtsma T, Berger U. Occurrence of emerging persistent and mobile organic contaminants in European water samples. *Water Res.* 2019;153:80–90. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.01.008>
- ④ Sieira BJ, Montes R, Touffet A, Rodil R, Cela R, Gallard H, Quintana JB. Chlorination and bromination of 1,3-diphenylguanidine and 1,3-di-o-tolylguanidine: kinetics, transformation products and toxicity assessment. *J. Hazard. Mater.* 2020;385:121590. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121590>
- ⑤ Arp HPH, Brown TN, Berger U, Hale SE. Ranking REACH registered neutral, ionizable and ionic organic chemicals based on their aquatic persistency and mobility. *Environ. Sci. Process. Impacts.* 2017;19:939–955. <https://doi.org/10.1039/c7em00158d>
- ⑥ Ichihara M, Asakawa D, Yamamoto A, Sudo M. Quantitation of guanidine derivatives as representative persistent and mobile organic compounds in water: method development. *Anal Bioanal Chem* 415, 1953–1965 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00216-023-04613-x>
- ⑦ Montes R, Rodil R, Cela R, Quintana JB. Determination of persistent and mobile organic contaminants (PMOCs) in water by mixed-mode liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Anal. Chem.* 2019;91:5176–5183. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b05792>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ichihara Makiko, Asakawa Daichi, Yamamoto Atsushi, Sudo Miki	4. 巻 415
2. 論文標題 Quantitation of guanidine derivatives as representative persistent and mobile organic compounds in water: method development	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Analytical and Bioanalytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 1953 ~ 1965
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00216-023-04613-x	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 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 市原真紀子, 浅川大地, 山本敦史, 須戸幹
2. 発表標題 残留移動性有機化合物（PMOCs）グアニジン類縁化合物の高度浄水処理における挙動
3. 学会等名 第31回環境化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 市原真紀子, 浅川大地, 山本敦史, 中村実沙子, 須戸幹
2. 発表標題 LC-QTOFMS及びLC-MS/MSを用いたジフェニルグアニジン塩素化体の探索
3. 学会等名 第26回日本水環境学会シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Makiko Ichihara, Daichi Asakawa, Atsushi Yamamoto, Miki Sudo
2. 発表標題 Persistent and mobile compounds (PMOCs) guanidine derivatives. Environmental occurrence and their disinfection byproducts
3. 学会等名 Asia Oceania Mass Spectrometry Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 市原真紀子, 浅川大地, 山本敦史, 須戸幹
2. 発表標題 水質分析におけるグアニジン類縁化合物のブランク検出事例
3. 学会等名 第70回質量分析総合討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 市原真紀子, 浅川大地, 山本敦史, 須戸幹
2. 発表標題 残留移動性有機化合物 (PMOCs) グアニジン類縁化合物の琵琶湖淀川水系における実態調査
3. 学会等名 第57回日本水環境学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 市原真紀子, 浅川大地, 山本敦史, 須戸幹
2. 発表標題 グアニジン類縁化合物の水質分析法とその注意点
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 市原真紀子, 浅川大地, 山本敦史, 須戸幹
2. 発表標題 環境水中における残留移動性有機化合物ジフェニルグアニジンの分析法の検討
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 市原真紀子、浅川大地、山本敦史、須戸幹
2. 発表標題 残留移動性有機化合物 (PMOCs) ジフェニルグアニジンの分析法と淀川流域における濃度分布
3. 学会等名 第29回環境化学討論会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

(公財)琵琶湖・淀川水質保全機構R2水質保全研究助成報告書 <a href="http://www.byq.or.jp/josei/r02/accomplishment_report/02_report_ichihara.pdf">http://www.byq.or.jp/josei/r02/accomplishment_report/02_report_ichihara.pdf</a> (公財)琵琶湖・淀川水質保全機構R2水質保全研究助成報告会PPT <a href="http://www.byq.or.jp/josei/r02/presentation_materials/presen02-02_ichihara.pdf">http://www.byq.or.jp/josei/r02/presentation_materials/presen02-02_ichihara.pdf</a>
---

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 敦史  (YAMAMOTO Atsushi)  (40332449)	公立鳥取環境大学・環境学部・准教授   (25101)	
研究分担者	須戸 幹  (SUDO Miki)  (50206570)	滋賀県立大学・環境科学部・教授   (24201)	
研究分担者	浅川 大地  (ASAKAWA Daiichi)  (80470251)	大阪市立環境科学研究センター・その他部局等・研究主任   (84406)	

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