

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：82405

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04243

研究課題名(和文) シロキサン類の環境中存在実態及び多媒体挙動に関する研究

研究課題名(英文) Occurrence and multimedia behavior of siloxanes in the environment

研究代表者

堀井 勇一 (Horii, Yuichi)

埼玉県環境科学国際センター・化学物質・環境放射能担当・専門研究員

研究者番号：30509534

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：特異な物性を示すシロキサン類について、多媒体中の濃度分布を実測により明らかにするとともに、地理的分解能を有する多媒体環境動態モデル(G-CIEMS)による予測を行い、排出を含めた環境挙動の全体像の解明を試みた。実測調査では、東京湾流域の河川水、底質、大気中シロキサン類の濃度を測定した。排出源解析では、非負値行列因子分解を適用し、排出源の種類及びその寄与率を推定した。排出量推定では、大気系・水系の環境への排出量推定として、日用品の使用及びシリコン製造工場からの排出係数を検討した。多媒体モデル予測では、G-CIEMSにより東京湾流域を対象にシロキサン類の多媒体挙動をモデル計算により示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国内におけるシロキサン類の環境濃度分布、環境への排出量、また環境挙動に関する情報は極めて少ない。本研究では、当該化学物質の高負荷地域である東京湾流域を対象に、実測、排出源解析、排出量推定、及び多媒体モデルを融合する多角的なアプローチにより研究を実施した。これにより、シロキサン類の排出源、排出先別の排出量や周辺環境への影響評価等に関する情報が整備された。これらの研究成果は、当該化学物質の適正管理に資するのみでなく、モデル予測の高精度化等により、他の化学物質のリスク評価・管理にも適用可能と期待される。

研究成果の概要(英文)：We attempted to elucidate the overall environmental behavior of siloxanes, which have unique physical properties, by investigating their special distribution in multi-media and predicting with Grid-Catchment Integrated Environmental Modeling System (G-CIEMS). Concentrations of siloxanes in river water, sediment, and air collected from Tokyo Bay catchment basin were measured. In emission source analysis, non-negative matrix factorization was applied to estimate type of emission sources and their contribution rates. In the emission estimation, emission factors from the use of daily commodities and silicone manufacturing plants were considered for estimating emissions into the air and water systems. In the multi-media model predictions, G-CIEMS showed multi-media behavior for D4, D5, and D6 in Tokyo Bay catchment basin. As a reliability evaluation of the model predictions including the emission estimation, we compared and collated the model predictions with the actual measurements.

研究分野：環境計測、環境化学、微量分析

キーワード：シロキサン 東京湾流域 多媒体モデル 排出量推定 排出源解析 リスク評価

1. 研究開始当初の背景

シロキサン類(いわゆるシリコン)は、耐熱・耐寒性、電気絶縁性、化学的安定性、撥水性等の優れた性質を併せ持つことから、ゴム、樹脂、オイル等の材料として多くの産業分野で使用されている。環状シロキサン(特に4~6量体、それぞれD4、D5、D6とする)はシリコン工業の軸を担う高生産量化学物質であるが、一部について難分解性、生物蓄積性、生態毒性が指摘されており、いわゆるPBT物質(Persistent, Bioaccumulative, and Toxic)として環境や生態系への悪影響が懸念されている⁽¹⁾。環状シロキサンは高い揮発性および有機相との高い親和性という他のPBT物質にはない物理化学特性を示し、環境中で特徴的な多媒体挙動を示すと考えられる。環状シロキサンの主要排出源とされる日用品の使用においては、約9割が大気へ拡散するとの報告もあることから、水系だけでなく大気への排出も考慮した環状シロキサン類の多媒体挙動の解明、つまり、各媒体における濃度分布、さらには蓄積量の把握が課題であった。

我が国のシリコン工業は、年製造量約15万トン(世界第3位)を誇り、国を代表する産業の一つである。しかしながら、化審法において2018年4月まで一般化学物質として登録されてきた背景から、炭素数20までの総量としての統計しか存在しない。シロキサン類の中でもシリコンポリマーの中間原料として使用されるD4の生産量は最も多いと推測されるが、中間原料については統計の対象外であり、その製造・使用量は不明である。シロキサン類の環境影響を正しく評価するためには、化合物毎の用途別使用量の整理が必要であり、国内における日用品への使用状況や関連事業所からの排出量推定が課題であった。

2. 研究の目的

本研究では、特異な物性を示すシロキサン類(特に環状シロキサン)について、東京湾流域を対象に多媒体中の濃度分布を実測により明らかにするとともに、地理的分解能を有する多媒体環境動態モデル(G-CIEMS)⁽²⁾による予測を行い、多角的なアプローチにより、排出を含めた環境挙動の全体像を明らかにすることを目的とした。

これらの目的を達成するため、以下の ~ (図1)を実施した。

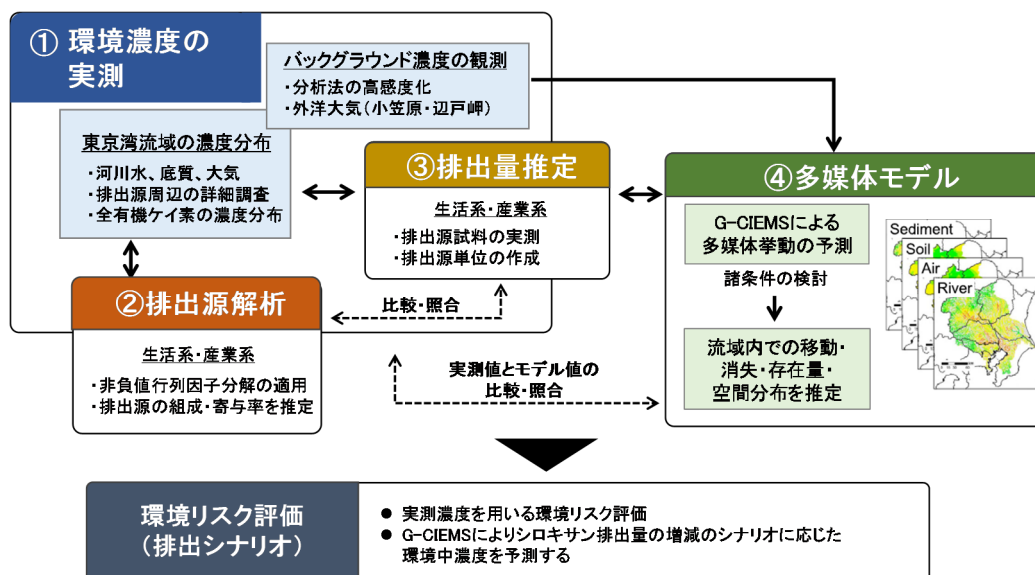


図1 研究の全体像と研究目的

環境濃度の実測: 水質、底質、大気が多媒体中におけるシロキサン類の存在実態を明らかにするため、東京湾流域を対象に環境モニタリングを実施した。さらには2013年から継続モニタリングしてきた河川調査の結果を総括することで、河川水中シロキサン類の濃度推移を解析した。

排出源解析: 得られる環境データに非負値行列因子分解(NMF)を適用することで、排出源の種類および各媒体における発生源別の寄与率を推定した。また、これらの結果をサブテーマ、 から得られる排出源別の予測濃度と比較・照合することで、計算結果の妥当性を評価した。

排出量推定: 大気系・水系の環境への排出量推定として、日用品の使用(生活系)およびシリコン製造工場(産業系)からの排出係数を検討した。人口一人あたり排出係数や、シリコン製造工場からの排出量を推定し、それぞれ面源および点源として多媒体モデル

へ組み込むための諸検討を実施した。

多媒体モデル：G-CIEMSにおける計算対象領域の設定、排出原単位の推定、物性値の収集・検討を行うとともに、東京湾流域を対象に代表的な化合物（D4, D5, D6）について多媒体挙動をモデル計算により示した。排出量を含むモデル予測の信頼性評価として、実測値との比較・照合を行い、予測の高精度化を図った。

本研究の最終的なアウトプットとして、実測濃度を用いて環境リスクを評価した。さらに、シロキサン排出量の増減を仮定した排出シナリオを作成し、これに応じた流域濃度の予測から、将来の環境リスクの変動について検証した。

3. 研究の方法

(1) 多媒体モニタリング

環状シロキサンのD4、D5、D6を主な対象物質とした。類縁物質として、重合度の異なる環状シロキサン（3、7~9量体）、直鎖状（3~15量体）や変性シロキサン（水素基、フェニル基、ビニル基置換体等）を選定し、これらをGC/MSを用いて定量した。

水質調査は、東京湾流域の約100地点で実施し、分析は既報⁽³⁾に準拠した。空間分布の解析には、先行研究も含め2012年~2022年の期間に調査したすべての河川水データ（359検体）を、経年変化の解析には、2013年から隔年で実施した定点観測（39地点、いずれも4月に採取）の河川水データをそれぞれ用いた。

底質調査は、東京湾流域の約70地点で実施した。分析には湿泥（4g）を供し、ヘキサンおよびアセトニトリルの混合溶媒（1:1, v:v）を用いて振とう抽出した。このヘキサン相を分取し、グラファイトカーボン（InertSep GC）で精製したヘキサン溶出液をGC/MS分析に供した。さらに、底質については、ヘキサン抽出液に含まれる有機ケイ素の総量（これをEOSiとする）を、ICP-AESを用いて測定した。

大気調査は、関東広域の9地点において、2020年に月1回の頻度で実施した。捕集材には固相カートリッジ（Sep-Pak plus PS-2, Waters社）を用い、柴田科学社製ミニポンプで、定流量（0.5 L/min、3日間）で吸引した。固相カートリッジに捕集した対象物質を1.5 mLのヘキサンで溶出し、これをGC/MS分析に供試した⁽⁴⁾。バックグラウンド地域として、人為活動の限られる沖縄県辺戸岬および小笠原諸島父島を設定し、大気中シロキサン類濃度を測定した。

いずれの媒体についても、対象物質の濃度が検出下限値未満の場合は、解析において検出下限値の半値を用いた。

(2) 排出源解析

NMFは非負値の行列（V）を他の2つの非負値の行列（W, H）の積で近似する方法⁽⁵⁾、環境中の化学物質濃度（V、実測値）から、任意の因子数について排出源の化学物質濃度組成（W）およびその寄与率（H）の推定が可能である。そこで、実測から得られた環境データにNMFを適用することで、排出源の種類および各媒体における発生源別の寄与率を推定した。NMFの目的関数にはKullback-Leibler情報量を用い、ニュートン法により計算した。

(3) 多媒体モデル

環状シロキサンのD4、D5、D6を対象とした。2種類の国内総使用量等の推計値をベースに、シロキサンを使用するポリマー製造工場のプロセスの違いや製品からの排出量の設定根拠に応じて、最大排出量、代表排出量、最小排出量をそれぞれ推計した。シロキサン製造工場と主要ポリマー製造工場を点源排出、それ以外を面源排出（人口按分）に分類し、モデル入力用の排出量データを作成し、G-CIEMSで環境挙動を計算した。排水の処理率は都道府県別污水处理人口普及率を用い、排水処理により排水中の環状シロキサンが大気、汚泥等、公共用水域へ配分されるとした。下水処理場で処理される人口を下水道統計に従って設定し、これに伴う排出は下水処理場のある大気メッシュおよび放流先の単位流域に与えた。下水道以外の排水処理からの排出および未処理の排出は、排出のある単位流域および大気メッシュに与えた。汚泥等から環境への排出は無視できるとした。大気・河川・河川底質についての東京湾流域の実測調査から、G-CIEMSの単位空間（1 kmメッシュや河道）ごとの平均実測濃度を算出し、モデル予測濃度と比較した。なお、不検出データは検出下限値の半値を用いた。

(4) 環境リスク評価

環状シロキサンの環境リスクを水質、底質について評価した。各媒体における環境リスクは、東京湾流域から得られた既報を含む実測濃度の95%タイル値と水生生物および底生生物に対する慢性無影響濃度（NOEC）の5%タイル値で除して評価した（これをHQ-NOEC_{5%}とする）。NOECは、既報^{(6),(7)}で収集、整理された情報を引用した。また、比較のため、実測濃度と予測無影響濃度（PNEC）の比（これをHQ-PNECとする）を併せて求めた。HQが1以上の場合はリスクが懸念され、1未満の場合はリスクが低いと判定した。

4. 研究成果

(1) 多媒体モニタリング

水質：河川水中の環状シロキサン濃度は、D4：<0.4~160 ng/L、D5：<1~1510 ng/L、D6：

<0.2 ~ 209 ng/L の範囲であった。D5 および D6 の主な水系排出源は、家庭での化粧品等の使用に伴う排出と考えられる⁽¹⁾。これは本研究において、環状シロキサンが下水負荷の高い地点から高値で検出される傾向と矛盾しない。2013 ~ 2021 年の定点観測から得られた環状シロキサンの検出率は、すべての調査年において 84% 以上であり、2013 年以降の河川水中環状シロキサン平均濃度は、緩やかな減少傾向を示した（線形回帰の分散分析による F 検定, $p < 0.05$ ）。その減少率は、2013 年基準で 38 ~ 56% であった。その要因として、欧州における化粧品への環状シロキサンの使用規制強化に伴い、国内でも洗い流すタイプの化粧品への環状シロキサンおよび関連化合物の使用量が低下しているものと推測された。

底質： 底質中環状シロキサン濃度は、D4 : <0.1 ~ 142 ng/g dw、D5 : 0.3 ~ 5330 ng/g dw、D6 : <0.3 ~ 445 ng/g dw の範囲であった。類縁物質を含む総濃度は 4.3 ~ 15600 ng/g dw であり、調査地点により大きな濃度差が確認された。概して、上流の急流部では低値を示し、中流から下流の都市部では $\mu\text{g/g}$ オーダーと高値であった。河口域の底質では高値で検出された一方、同一地点の河川水では低値を示す傾向が観測された。これは、河口域では塩析効果により懸濁態シロキサンの割合が増加し、粒子の沈降が促進されることが要因の一つと示唆された。底質中 EOSi の濃度範囲は <0.1 ~ 70.4 $\mu\text{g/g dw}$ であった。GC/MS 分析から得られた全 35 種のシロキサン類が EOSi 濃度に占める割合は平均 13% であり、底質中には 8 割以上の未同定有機ケイ素成分が存在する実態が初めて示された。この結果から、シロキサン類に関する環境汚染の全容を把握するためには、底質中に存在するこれら未同定成分について追加調査が必要と示唆される。これら成果の一部は、Horii et al. (2022a, 2022b)^{(8), (9)} として発表した。

大気： D4, D5, D6 はすべての大気試料から検出され、その濃度範囲は D4 : 10.5 ~ 730 ng/m^3 、D5 : 20.0 ~ 548 ng/m^3 、D6 : 1.1 ~ 46.8 ng/m^3 であった。各調査地点の濃度レベルおよび化合物組成には、点源や外洋からの気塊の影響とみられる季節変動が観測された。D4 の最高濃度は、主風向側にシリコン工場の位置する地点から検出された。

2020 年の辺戸岬通年観測における濃度範囲は、D4 : <0.2 ~ 3.5 ng/m^3 、D5 : 0.15 ~ 5.1 ng/m^3 、D6 : 0.05 ~ 0.59 ng/m^3 であり、すべての検体から D5 および D6 が検出された。その濃度は、概して、北西風の卓越する冬季に高く、夏季に低い傾向が観測された。この季節変動は、大陸気界または海洋気界の移流による影響と示唆された。2019 年および 2020 年秋季における小笠原父島の大気濃度は、辺戸岬における夏季調査と同オーダーであった。

(2) 排出源解析

得られた大気測定結果に NMF を適用し、VMS 排出源の種類およびその寄与率を推定した。2 つに分解された因子は、それぞれ生活系および産業系排出と推測され、各因子の年平均寄与率は、関東南部（江東区 : 0.79）および関東北西部（熊谷市 : 0.77）で高く、人口分布や点源との位置関係等の地理的特徴と合致した。NMF で得られた 2 つの因子が示す排出源を検証するため、点源および面源別のモデル予測と比較・照合したところ、両者の濃度大小の傾向およびオーダーはおおむね合致した。このことから、NMF から割り当てられた 2 つの因子の示す排出源推定が妥当であること、また、NMF の排出源解析ツールとしての有用性が示された。これら成果の一部は、Horii et al. (2021)⁽¹⁰⁾ として発表した。

(3) 多媒体モデル

大気メッシュ 16 地点、河道 82 地点、河川底質 57 地点について環状シロキサンの予測・実測濃度を比較した結果、大気については D6 がやや過大予測だったもののおおむね合致、河川については 3 物質ともにおおむね合致、河川底質については 3 物質とも過大予測の傾向であった。この過大推定は、モデルにおける排出推定、河川水中 SS の濃度・有機物含有量・沈降速度、底質中の分解速度などに起因したと考えられた。環状シロキサンの物質収支および多媒体間のフラックスを D4 について示した（図 3）。D4 の物質収支は、大気と河川底質中の存在量が卓越していること、河川・河川底質中濃度には、大気や土壌などを経由した移行量に比べ、点源および面源からの直接排出（排水処理経由含む）が大きく寄与していると示された。これら成果の一部は、Sakurai et al. (2019)⁽¹¹⁾ として発表した。

(4) 環境リスク評価

河川水の実測から得られた D4 および D5 の HQ-NOEC_{5%} は 0.016 および 0.39 であった。また、D6 の HQ-PNEC は 0.095 であった。河川水中環状シロキサンの濃度と NOEC または PNEC との間には重なりは確認されず、当該調査水域における環状シロキサンの水生生物に対する環境リスクは低いものと示唆された。また、河川水中環状シロキサンの濃度は、近年、減少傾向にあることから、将来的な水環境リスクはさらに低くなるものと予測された。底質における HQ-PNEC は D5 および D6 について 1 以上を示す一方で、確率分布から得られた HQ-NOEC_{5%} は D4: 0.03, D5: 0.31, D6: 0.51 となり（図 4）。いずれの環状シロキサンについても、底生生物に対する環境リスクは低いと示された。これら成果の一部は、Horii et al. (2022)⁽⁹⁾ として発表した。シロキサン類は有機相への親和性が高く、G-CIEMS が示すように底質が存在割合の高い媒体の一つであり、底質や底生生物を介した魚類への生物濃縮が懸念される。今後の研究では、底質および底生食物網に着目したシロキサン類の多媒体残留蓄積性の解明が課題である。

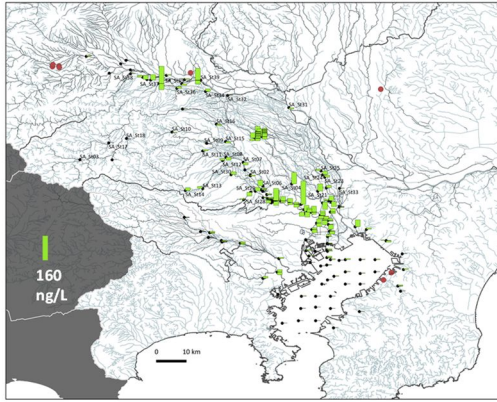


図2 河川水中 D4 濃度の空間分布

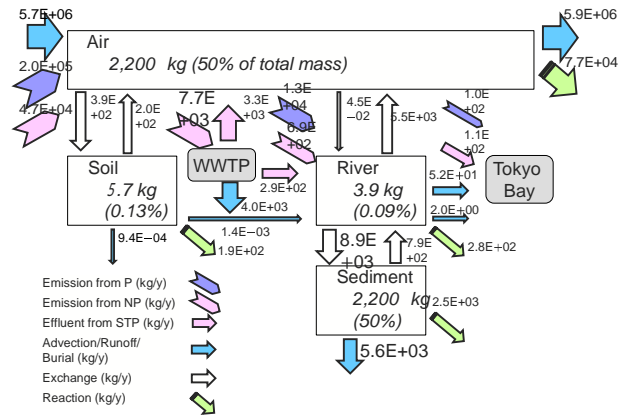


図3 D4 の物質収支および媒体間のフラックス

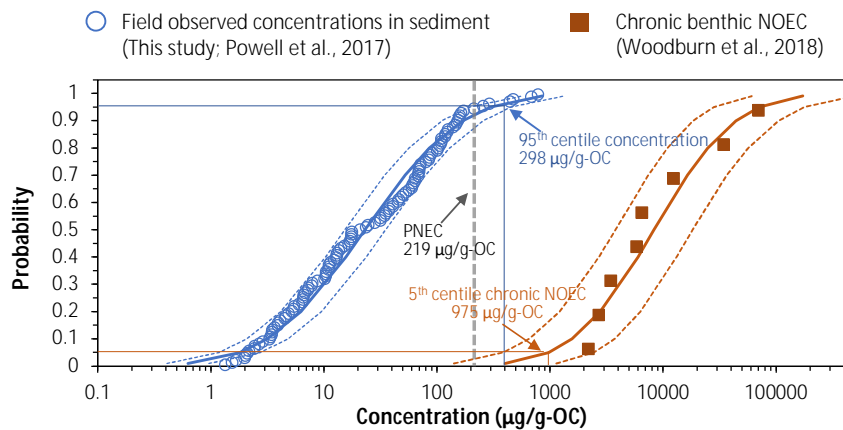


図4 底質中 D5 の実測濃度と慢性無影響濃度の比較

< 謝辞 >

試料採取にご協力いただいた埼玉県環境科学国際センター、国立環境研究所、群馬県衛生環境研究所、環境省環境調査研修所、川崎市環境総合研究所、千葉県環境研究センター、横浜市環境科学研究所、島津テクニロジー、沖縄県環境科学センターの関係者に感謝する。また、大気試料採取の一部は、埼玉県大気常時監視測定局、国立環境研究所大気観測・実験施設（大気モニター棟）、環境省辺戸岬酸性雨測定所、国立環境研究所辺戸岬大気・エアロゾル観測ステーションで実施した。ここに記して謝意を表す。

< 引用文献 >

- (1) ECHA (2019) REACH Annex XV restriction report. D4, D5, and D6.
- (2) Suzuki et al (2004) Environ Sci Technol, 38: 5682.
- (3) Horii et al (2017) Sci Total Environ, 586: 56.
- (4) 堀井ら (2018) 分析化学, 67: 313.
- (5) Lee and Seung (1999) Nature, 401: 788.
- (6) Bridges and Solomon (2016) J Tox Env Health B, 19: 345.
- (7) Woodburn et al (2018) Chemosphere, 192: 337.
- (8) Horii et al (2022) Sci Total Environ, 806: 150821.
- (9) Horii et al (2022) Sci Total Environ, 838: 155956.
- (10) Horii et al (2021) Sci Total Environ, 754: 142399.
- (11) Sakurai et al (2019) Sci Total Environ, 689: 843.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4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 Yuichi Horii, Nobutoshi Ohtsuka, Kotaro Minomo, Shusuke Takemine, Mamoru Motegi, Masayuki Hara | 4. 巻 754 |
| 2. 論文標題 Distribution characteristics of methylsiloxanes in atmospheric environment of Saitama, Japan: Diurnal and seasonal variations and emission source apportionment | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Science of The Total Environment | 6. 最初と最後の頁 142399 ~ 142399 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2020.142399 | 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 Takeo Sakurai, Yoshitaka Imaizumi, Keisuke Kuroda, Takehiko I. Hayashi, Noriyuki Suzuki | 4. 巻 689 |
| 2. 論文標題 Georeferenced multimedia environmental fate of volatile methylsiloxanes modeled in the populous Tokyo Bay catchment basin | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Science of The Total Environment | 6. 最初と最後の頁 843-853 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2019.06.462 | 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 Yuichi Horii, Nobutoshi Ohtsuka, Takahiro Nishino, Keisuke Kuroda, Yoshitaka Imaizumi, Takeo Sakurai | 4. 巻 838 |
| 2. 論文標題 Spatial distribution and benthic risk assessment of cyclic, linear, and modified methylsiloxanes in sediments from Tokyo Bay catchment basin, Japan: Si-based mass profiles in extractable organosilicon | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Science of The Total Environment | 6. 最初と最後の頁 155956 ~ 155956 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2022.155956 | 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 Yuichi Horii, Kotaro Minomo, James C.W. Lam, Nobuyoshi Yamashita | 4. 巻 806 |
| 2. 論文標題 Spatial distribution and accumulation profiles of volatile methylsiloxanes in Tokyo Bay, Japan: Mass loadings and historical trends | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Science of The Total Environment | 6. 最初と最後の頁 150821 ~ 150821 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2021.150821 | 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10件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yoshitaka Imaizumi, Takeo Sakurai, Keisuke Kuroda, Takehiko Hayashi, Noriyuki Suzuki |
| 2. 発表標題 Multimedia environmental fate of volatile methylsiloxanes modeled in the Tokyo Bay catchment basin |
| 3. 学会等名 SETAC Europe 30th Annual Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 堀井勇一、大塚宜寿、西野貴裕、櫻井健郎、今泉圭隆、黒田啓介 |
| 2. 発表標題 環状シロキサンに関する化学物質管理の動向と国内における河川水中濃度の比較 |
| 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 黒田啓介、今泉圭隆、櫻井健郎、堀井勇一、大塚宜寿、西野貴裕 |
| 2. 発表標題 多媒体環境動態モデルによる水環境中の環状シロキサン（D4）の濃度予測 |
| 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 Yuichi Horii, Nobutoshi Ohtsuka |
| 2. 発表標題 Occurrence of methylsiloxans and total organic silicon in sediment around Tokyo bay, Japan |
| 3. 学会等名 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuichi Horii |
| 2. 発表標題 Methodologies used for environmental monitoring in different matrices |
| 3. 学会等名 cVMS Analytical and Monitoring Information and Exchange Workshop (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuichi Horii, Nobutoshi Ohtsuka, Takahiro Nishino, Takeo Sakurai, Yoshitaka Imaizumi, Keisuke Kuroda, Yuichi Nakasone, Kumiko Kimura, Yusuke Ito, Akira Shimizu |
| 2. 発表標題 Distribution characteristics of methylsiloxanes in atmospheric environment of Kanto region, Japan: the emission source apportionment |
| 3. 学会等名 41st International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 堀井勇一、大塚宜寿、西野貴裕、櫻井健郎、今泉圭隆、黒田啓介、中曽根佑一、木村久美子、伊東優介、清水明 |
| 2. 発表標題 大気中揮発性メチルシロキサンの存在実態解明のための関東広域調査 |
| 3. 学会等名 第29回環境化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 堀井勇一、米持真一、櫻井健郎、西野貴裕、高菅卓三、山下信義 |
| 2. 発表標題 揮発性メチルシロキサンの大気中バックグラウンド濃度の測定 |
| 3. 学会等名 第29回環境化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 堀井勇一、大塚宜寿、西野貴裕、櫻井健郎、今泉圭隆、黒田啓介 |
| 2. 発表標題 東京湾集水域における水中揮発性メチルシロキサンの濃度分布、経年変化、及び環境リスク |
| 3. 学会等名 環境化学物質3学会合同大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大塚宜寿、蓑毛康太郎、橋本俊次 |
| 2. 発表標題 環境試料のGC/MS スキャンデータからのNMF によるピークの検出(2) |
| 3. 学会等名 環境化学物質3学会合同大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| 埼玉県環境科学国際センター 研究員紹介 https://www.pref.saitama.lg.jp/cess/torikumi/kenkyuin-list/horii-yuichi.html |
|--|

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 | 大塚 宜寿 (Ohtsuka Nobutoshi) (30415393) | 埼玉県環境科学国際センター・化学物質・環境放射能担当・担当部長 (82405) | |

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 | 櫻井 健郎 (Sakurai Takeo) (90311323) | 国立研究開発法人国立環境研究所・環境リスク・健康領域・室長 (82101) | |
| 研究分担者 | 今泉 圭隆 (Imaizumi Yoshitaka) (80391069) | 国立研究開発法人国立環境研究所・環境リスク・健康領域・主幹研究員 (82101) | |
| 研究分担者 | 黒田 啓介 (Kuroda Keisuke) (30738456) | 富山県立大学・工学部・准教授 (23201) | |
| 研究分担者 | 西野 貴裕 (Nishino Takahiro) (90506619) | 公益財団法人東京都環境公社（東京都環境科学研究所）・環境リスク研究科・主任研究員 (82816) | |

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 |
|---------|---------|
| | |