

令和 4 年 5 月 18 日現在

機関番号：16301

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2018～2021

課題番号：18KK0300

研究課題名（和文）ベトナムの廃棄物および工業・生活排水に由来する有害化学物質の動態とリスク評価

研究課題名（英文）Levels, fate, bioaccumulation, and risk assessment of harmful environmental chemicals derived from wastes and industrial and domestic drainage in Vietnam

研究代表者

国末 達也（Kunisue, Tatsuya）

愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・教授

研究者番号：90380287

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：ベトナムの首都ハノイに存在する電気・電子機器廃棄物(e-waste)・使用済み自動車(ELV)処理施設の作業場ダストは、多様なハロゲン系およびリン酸エステル系難燃剤に高濃度汚染されていることが判明し、e-waste・ELV処理従事者に対する難燃剤の複合曝露が示唆された。また、ハノイ市内および近郊を流れる河川数地点からPharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs)が高濃度で検出され、未処理排水の直接流入が強く示唆された。数種のPPCPsでは水生生物における予測無影響濃度を超えていたことから、生態リスクが懸念された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、ベトナムのe-waste・ELV処理施設において不適切なリサイクル処理に伴う多様な難燃剤の作業環境排出を明らかにし、今後、作業従事者への曝露リスクを軽減させるため処理施設の近代化や廃棄物の適正な管理・処理に拘わる法整備の必要性を提示した。また、PPCPsによるハノイ水域汚染の実態と生態リスクを初めて評価し、早急な浄化設備の設置や排水処理機能の向上が急務であること等、ベトナム都市部の化学物質管理や環境保全対策の課題に有益な情報を提供できた。

研究成果の概要（英文）：This study revealed high contamination levels of various organohalogenated and organophosphorus flame retardants in dust samples collected from electrical/electronic waste (e-waste) and end-of-life vehicle (ELV) recycling facilities in Hanoi, Vietnam, indicating the combined exposure for e-waste and ELV workers. In addition, much higher concentrations of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) were found in river water samples collected from some points of Hanoi city and surrounding areas, suggesting the direct inflow of untreated wastewater. It should be noted that the concentrations of several PPCP compounds in river waters exceeded predicted no-effect concentrations (PNEC) for aquatic organisms.

研究分野：環境化学

キーワード：ベトナム 廃棄物 排水 有害化学物質 リスク評価

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

経済成長の著しいベトナムなどの東南アジア諸国では廃棄物の増大が深刻化しており、不適正処理にともなう有害物質の環境中への放出、そしてヒトへの曝露が懸念されている。とくに電気・電子機器廃棄物(e-waste)や使用済み自動車(End-of-Life Vehicles: ELV)は、自国の製品よりむしろ先進諸国から輸入された製品由来の寄与が大きく、その適正処理が喫緊な課題となっている。e-waste・ELV 由来の有害化学物質として、とくに国際社会で関心を集めているのは、残留性有機汚染物質(Persistent Organic Pollutants: POPs)に関するストックホルム条約の対象物質である polybrominated diphenyl ethers (PBDEs)や hexabromocyclododecanes (HBCDs)などの臭素系難燃剤(Brominated Flame Retardants: BFRs)が挙げられる。近年、PBDEs と HBCDs の規制に伴い代替ハロゲン系難燃剤(HFRs)だけでなく、リン酸エステル系難燃剤(organoPhosphate Flame Retardants: PFRs)の使用量も増加しており、PFRs 曝露による内分泌かく乱作用が指摘されているものの、ベトナムにおける包括的な汚染実態に関する研究は実施されていない。

またベトナムでは、排水を介した化学物質による水域汚染の拡大も懸念されている。排水中の汚染物質としては、上述した e-waste・ELV 施設の処理排水に含有している可能性の高い難燃剤に加え、近年、Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs)と総称される医薬品類やパーソナルケア製品を起源とする化学物質が研究者の注目を集めている。ベトナムなどの東南アジア諸国では処理施設が存在しない地域が数多く存在し、工業・生活排水が未処理のまま河川など水環境中へ流入しており、また処理施設がある場合でも、その処理能力はきわめて低い。そのため、ベトナムの水系環境における PPCPs 汚染は深刻であると考えられるが、その汚染実態に関する調査は限定的であり水生生物のリスクも評価されていない。

2. 研究の目的

ベトナムの首都ハノイおよびその近郊を対象に、廃棄物や排水の不適正処理で環境中への放出が予想される有害化学物質、とくに e-waste や ELV に含まれる HFRs・PFRs などの難燃剤、そして生活・工業排水に混入している PPCPs の汚染実態に関するデータを集積・解析し、e-waste・ELV 処理作業従事者の曝露と水生生物に対するリスクを評価する。

3. 研究の方法

(1) e-waste および ELV 処理施設の作業場ダストの採取と化学分析

2019年にベトナムのハノイ市近郊に存在する e-waste および ELV 解体処理施設で作業場ダスト (e-waste 処理施設: $n = 7$, ELV 処理施設: $n = 10$) を採取した。ダスト試料は風乾・均質化 (< 250 μm) した後、アセトン/n-ヘキサン混合溶媒 (1:1 v/v) で抽出し、既法¹⁾をダスト用に改変したメソッドにより精製・分画した。最終溶液に含まれる HFRs と PFRs はガスクロマトグラフ・タンデム四重極型質量分析計 (GC-MS/MS) の多重反応モニタリング (MRM) モードで定性・定量した。PBDEs 35 異性体に加え、HFRs 18 物質および PFRs 12 物質を分析対象とした。

(2) 河川水の採集と化学分析

2019年にハノイ市内を流れる Nhue River ($n = 12$)と To Lich River ($n = 1$)、近郊にある e-waste 処理施設の廃水が河川に流入する地点($n = 1$)から表層水試料を採集した。また、ハノイ市内の Yen So 下水処理場の流入水($n = 1$)、放流水($n = 1$)、および放流域下流の河川水($n = 1$)を採取した。採取した水試料は、ガラス繊維フィルターでろ過した後 20 mL を分取し、Oasis HLB Plus Light Cartridge で固相抽出することで最終溶液を得た。超高速液体クロマトグラフ(UFLC) - タンデム質量分析計(MS/MS)を用いて、医薬品類、防腐剤、抗菌剤、紫外線吸収剤、ビスフェノール類、人工甘味料を含む化合物 92 種を定性・定量した。

生態影響評価は、実測した環境水中濃度を藻類、甲殻類、魚類に対する生存、成長、発達、繁殖の阻害をエンドポイントとした予測無影響濃度 (Predicted No Effect Concentration, PNEC) で除することによりリスク比 (RQ) を算出し、 $RQ \geq 1$ でリスクの懸念ありと判断した。

4. 研究成果

(1) e-waste および ELV 処理施設の HFRs・PFRs 汚染

GC-MS/MS によるスクリーニング分析の結果、全てのダスト試料から多様な HFRs と PFRs が検出され、e-waste および ELV 解体処理施設における複合汚染の実態が明らかとなった (図 1)。これら難燃剤によるダスト中総濃度は、ELV 解体処理場 (HFRs: 82-4,100 ng/g dw; PFRs: 250-70,000 ng/g dw) に比べ e-waste 解体処理場 (HFRs: 41,000-300,000 ng/g dw; PFRs: 5,300-410,000 ng/g dw) で高値を示し、PBDEs やデカブロモジフェニルエタン(DBDPE)、そしてリン酸トリフェニル(TPHP) による汚染が顕著であった。一方、ELV 解体処理場のダストからはリン酸トリス(1,3-ジクロロ-2-プロピル) (TDCIPP) とリン酸トリス(2-クロロプロピル) (TCIPP)が PBDEs に匹敵する濃度で検出された。これらの結果は、不適切なりサイクル処理にともない多様な代替難燃剤が作業環境中に排出されており、とくに PFRs の汚染源が両解体処理施設内に遍在していることを明確に示している。

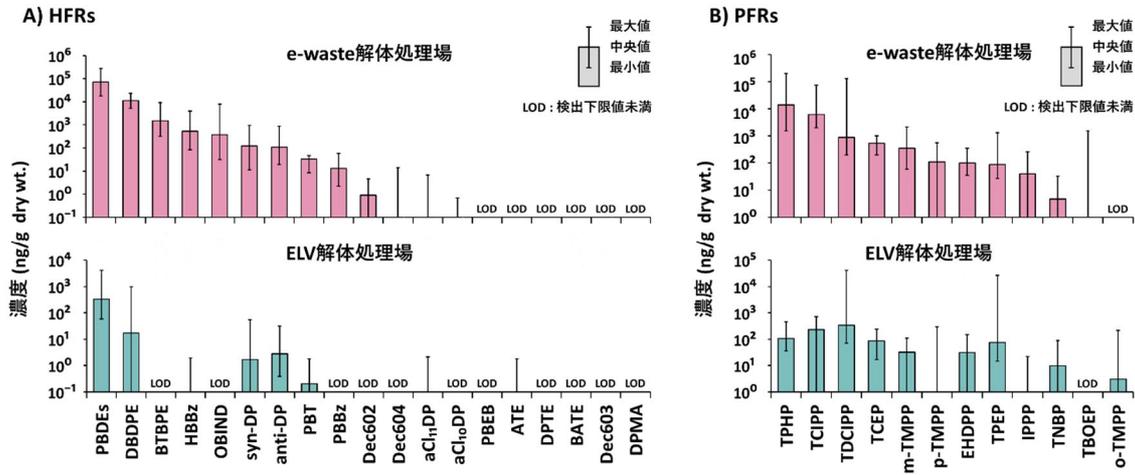


図 1. ベトナムの e-waste と ELV 解体処理施設で採取されたダスト中 HFRs および PFRs の濃度プロファイル

ダスト試料から高割合で検出された主要な PFRs の濃度順位に着目すると、e-waste と ELV 解体処理施設において差異が認められた (e-waste ダスト: TPHP > TCIPP > TDCIPP vs. ELV ダスト: TDCIPP > TCIPP > TPHP)。興味深いことに、TDCIPP は両処理施設内のダストに同程度で残留していたことから、ELV に含まれる特定の難燃性/可塑性樹脂が汚染に寄与しているものと推察された。実際、塩素系 PFRs である TDCIPP や TCIPP は自動車の座席シートに添加されており、車内のダストからも高頻度で検出されている。これらの結果を考慮すると、ベトナムの e-waste・ELV 解体処理従事者はダストを介して HFRs だけでなく PFRs にも相当量曝露されている可能性が高い。

本研究では GC-MS/MS のスクリーニング分析から、標準品に含まれない PFR 異性体、もしくは不純物と推察される未同定物質のポテンシャルピークが両解体処理施設のダストから観測された。例えば、e-waste ダストから検出されたリン酸トリス(3-メチルフェニル) (*m*-TMPP, *p*-TMPP) のピーク付近と、リン酸トリス(イソプロピルフェニル) (IPPP) のピーク付近に、標準品には含まれない物質ピーク (Unknown peak) が確認された (図 2)。TMPP 製剤には *m*-TMPP と *p*-TMPP 以外の異性体が含有されていることが報告されており、本研究のダストから検出されたピークはこれらの異性体であると考えられた。IPPP のモニターについてはプレカーサーイオンを $m/z = 452.0$ と設定しているため、図 2 の Unknown peak は分子量が 452.0 である可能性が高く、定性イオン ($452.0 > 251.0$)・定量イオン ($452.0 > 118.0$) どちらの設定でもピークが検出された。また、IPPP とフラグメントパターンが類似していたことを考慮すると、イソプロピル基の置換位置が異なる IPPP 異性体、もしくは Tri(propylphenyl)phosphate であることが推察された。しかし、本研究では標準品が入手できなかったため同定には至らなかった。さらに、プラスチックの酸化防止剤として使用される亜リン酸トリス(2,4-ジ-*t*-ブチルフェニル) (TDTBPPO) が酸化されたリン酸トリス(2,4-ジ-*t*-ブチルフェニル) (T24DtBPP) の検出強度が卓越していたことを初めて突き止めた (図 3)。T24DtBPP の生産実績は世界的に報告されていないことから、TDTBPPO の生産過程における不純物、もしくは環境変化体として

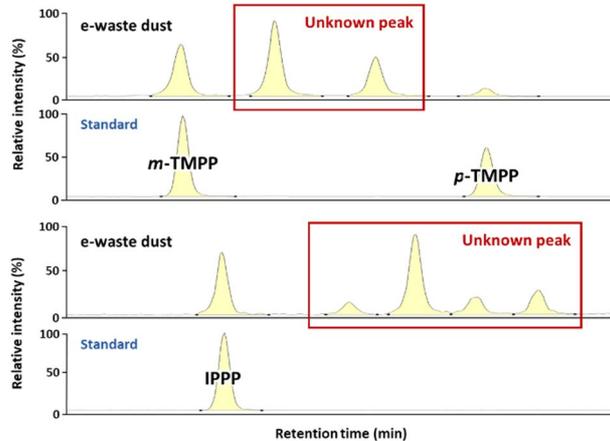


図 2. e-waste ダストから検出された未知ピーク

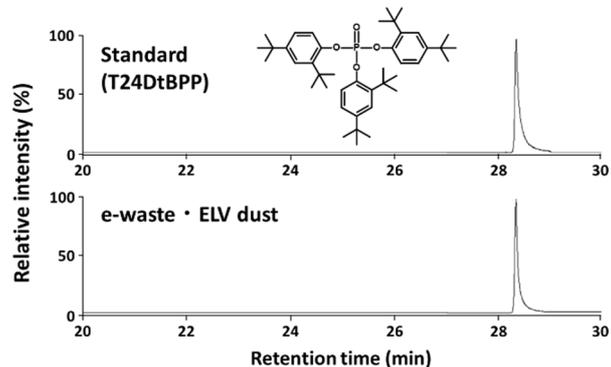


図 3. 標準品と e-waste・ELV 処理施設のダストから検出された T24DtBPP のクロマトグラム

生成されていることが示唆された。

以上の結果から、作業従事者に対する多様な難燃剤および不純物・変化体の複合曝露による影響が危惧されるため、現在、ヒトの模擬消化液を用いた *in vitro* 試験法を構築しており、将来的には本研究のダスト試料に適用することで、検出された化学物質種のバイオアクセシビリティを見積り定量的な曝露リスクを評価する予定である。

(2) 河川水の PPCPs 汚染と生態影響評価

Nhue River から Sucralose、Saccharin、Acesulfame (人工甘味料) Metformin (糖尿病治療剤) Sulfamethoxazole (感染症治療剤) Fexofenadine (抗ヒスタミン剤) Lincomycin (感染症治療剤) DEET (昆虫忌避剤) Valsartan (高血圧治療剤) が 500 ng/L 以上の濃度で検出された。To Lich River においても、これらの化合物が相対的に高濃度で残留していた。Lincomycin は動物用医薬品であることから、水産養殖排水・畜産排水の流入が示唆された。e-waste 処理施設の廃水が流入する河川では、Sucralose、Saccharin、Acesulfame (人工甘味料) Ibuprofen (解熱鎮痛消炎剤) Lincomycin (感染症治療剤) が 500 ng/L 以上の濃度で検出された。加えて、ビスフェノール類 (Bisphenol A、Bisphenol S、Bisphenol F) の高濃度残留も確認され、とくに Bisphenol A の濃度は 52,000 ng/L と卓越しており廃棄物処理由来の直接流入が示唆された。

活性汚泥法を用いた一般的な下水処理場で 90% 以上除去される Methyl paraben と Propyl paraben (防腐剤) Saccharin と Acesulfame (人工甘味料) が、Nhue River から先進国の 5~10 倍高い濃度で検出された (図 4)。この結果は、未処理または浄化処理の不十分な家庭雑排水・し尿排水の河川への流入を強く示唆している。これら防腐剤と人工甘味料は、それぞれ家庭雑排水とし尿排水の指標となり得る。そこで、Yen So 下水処理場の流入水と放流水および Nhue River における Methyl paraben、Propyl paraben、Saccharin、Acesulfame の濃度を下水処理場でほとんど除去されない Sucralose の濃度で除して、それらの濃度比を得た。流入水、放流水、河川水における濃度比 (それぞれ、 $Ratio_{influent}$ 、 $Ratio_{effluent}$ 、 $Ratio_{river}$) を以下の式に代入し、Nhue River における未処理の家庭雑排水とし尿排水の割合 (X) を推定した。

$$Ratio_{influent} \times X + Ratio_{effluent} \times (1 - X) = Ratio_{river}$$

その結果、Nhue River における家庭雑排水の未処理水量の割合は 23~86%、し尿排水の未処理水量の割合は 68~110% と推定された。

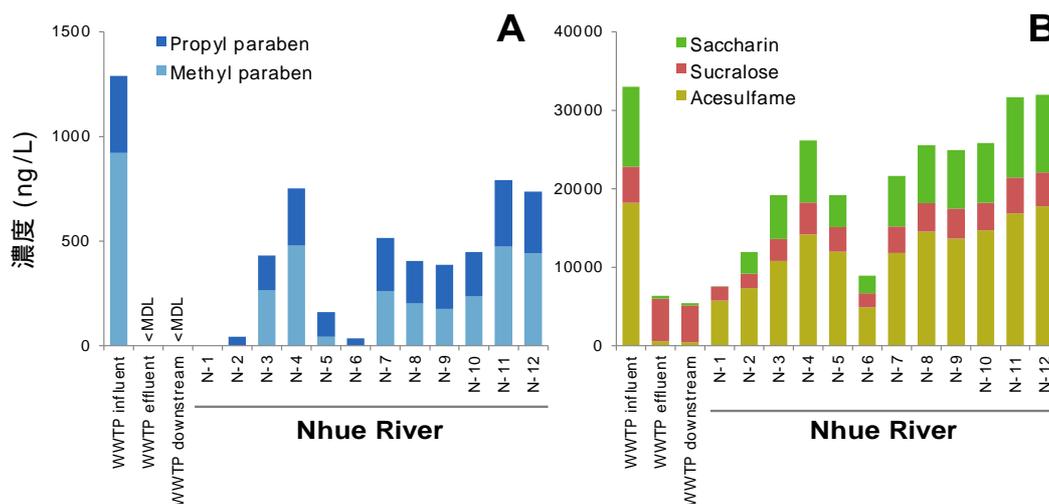


図 4 .Yen So 下水処理場の流入水 (WWTP influent) 放流水 (WWTP effluent) 放流河川 (WWTP downstream) および Nhue River (N-1~N-12) における Methyl paraben と Propyl paraben 濃度 (A) Saccharin、Acesulfame、Sucralose 濃度 (B)

生態影響評価の結果、Nhue River の Ibuprofen (解熱鎮痛剤) Clarithromycin (抗生物質) Sulfamethoxazole (合成抗菌剤) Triclosan (抗菌剤) Bisphenol S (染色助剤、感熱紙用顕色剤、難燃剤原料、エポキシ樹脂原料) の RQ は 1 を超え、生態リスクの懸念ありと判断された。e-waste 処理施設の廃水が流入する河川では、Bisphenol S と Bisphenol A (ポリカーボネート・エポキシ樹脂原料、塩化ビニル安定剤) の RQ が 10 以上であり、生態リスクが強く懸念される結果となった (図 5)。魚類に Bisphenol A を水系曝露した先行研究において、100~160 $\mu\text{g/L}$ の試験水中濃度で成長阻害や繁殖阻害 (孵化率の低下) が認められている。本研究において観測された

Bisphenol A の濃度は 52 $\mu\text{g/L}$ であったことから、上記の河川域に生息する魚類の成長・繁殖に対する悪影響が示唆され、今後、実際の移行・残留性と毒性影響に関する研究が必要である。

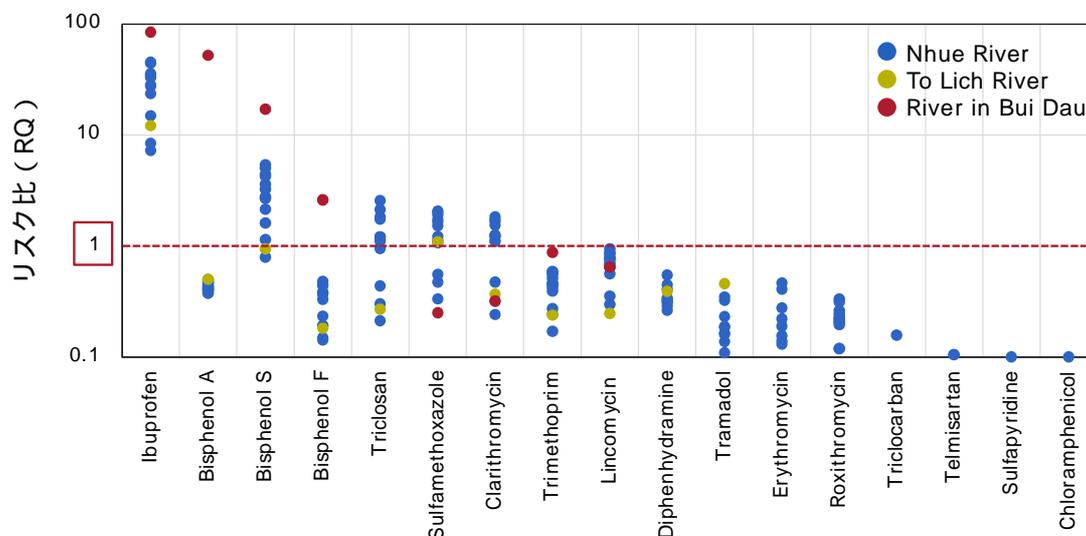


図 5 . ベトナムの河川表層水に残留する生活関連化学物質の生態リスク比(RQ)

< 引用文献 >

Zhang, Q., Lu, M., Dong, X., Wang, C., Zhang, C., Liu, W., Zhao, M., 2014. Potential estrogenic effects of phosphorus-containing flame retardants. *Environmental Science & Technology*, 48, 6995-7001.

Kunisue, T., Goto, A., Sunouchi, T., Egashira, K., Ochiai, M., Isobe, T., Tajima, Y., Yamada, T. K., Tanabe, S., 2021. Anthropogenic and natural organohalogen compounds in melon-headed whales (*Peponocephala electra*) stranded along the Japanese coastal waters: Temporal trend analysis using archived samples in the environmental specimen bank (*es-BANK*). *Chemosphere*, 269, 129401

Matsukami, H., Suzuki, G., Tue, N. M., Tuyen, L. H., Viet, P. H., Takahashi, S., Tanabe, S., Takigami, H., 2016. Analysis of monomeric and oligomeric organophosphorus flame retardants in fish muscle tissues using liquid chromatography–electrospray ionization tandem mass spectrometry: Application to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) from an e-waste processing area in northern Vietnam. *Emerging Contaminants*, 2, 89-97.

Wu, Y., Miller, G. Z., Gearhart, J., Romanak, K., Lopez-Avila, V., Venier, M., 2018. Children’s car seats contain legacy and novel flame retardants. *Environmental Science & Technology Letters*, 6, 14-20.

Christia, C., Poma, G., Besis, A., Samara, C., Covaci, A., 2018. Legacy and emerging organophosphorus flame retardants in car dust from Greece: Implications for human exposure. *Chemosphere*, 196, 231-239.

Liu, R. and Mabury, S. A., 2018. Unexpectedly high concentrations of a newly identified organophosphate ester, tris (2, 4-di-tert-butylphenyl) phosphate, in indoor dust from Canada. *Environmental science & technology*, 52, 9677-9683.

De Nola, G., Kibby, J., Mazurek, W., 2008. Determination of *ortho*-cresyl phosphate isomers of tricresyl phosphate used in aircraft turbine engine oils by gas chromatography and mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1200, 211-216.

Soh, L., Connors, K.A., Brooks, B.W., Zimmerman, J., 2011. Fate of sucralose through environmental and water treatment processes and impact on plant indicator species. *Environmental Science and Technology* 45, 1363-1369.

Staples, C.A., Tilghman Hall, A., Friederich, U., Caspers, N., Klecka, G.M., 2011. Early life-stage and multigeneration toxicity study with bisphenol A and fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74, 1548-1557.

de Kermoyan, G., Joachim, S., Baudoin, P., Lonjaret, M., Tebby, C., Lesaulnier, F., Lestremau, F., Chatellier, C., Akrou, Z., Pheron, E., Porcher, J.M., Péry, A.R.R., Beaudouin, R., 2013. Effects of bisphenol A on different trophic levels in a lotic experimental ecosystem. *Aquatic Toxicology* 144-145, 186-198.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 8件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Anh Hoang Quoc, Le Thi Phuong Quynh, Da Le Nhu, Lu Xi Xi, Duong Thi Thuy, Garnier Josette, Rochelle-Newall Emma, Zhang Shurong, Oh Neung-Hwan, Oeurng Chantha, Ekkawatpanit Chaiwat, Nguyen Tien Dat, Nguyen Quang Trung, Nguyen Tran Dung, Nguyen Trong Nghia, Tran Thi Lieu, Kunisue Tatsuya et al.	4. 巻 764
2. 論文標題 Antibiotics in surface water of East and Southeast Asian countries: A focused review on contamination status, pollution sources, potential risks, and future perspectives	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 142865 ~ 142865
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2020.142865	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 Tun Thant Zin, Kunisue Tatsuya, Tanabe Shinsuke, Prudente Maricar, Subramanian Annamalai, Sudaryanto Agus, Viet Pham Hung, Nakata Haruhiko	4. 巻 806
2. 論文標題 Microplastics in dumping site soils from six Asian countries as a source of plastic additives	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 150912 ~ 150912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2021.150912	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 Suzuki Go, Uchida Natsuyo, Tuyen Le Huu, Tanaka Kosuke, Matsukami Hidenori, Kunisue Tatsuya, Takahashi Shin, Viet Pham Hung, Kuramochi Hidetoshi, Osako Masahiro	4. 巻 303
2. 論文標題 Mechanical recycling of plastic waste as a point source of microplastic pollution	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Pollution	6. 最初と最後の頁 119114 ~ 119114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envpol.2022.119114	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 Wannomai Tatiya, Matsukami Hidenori, Uchida Natsuyo, Takahashi Fumitake, Tuyen Le Huu, Viet Pham Hung, Takahashi Shin, Kunisue Tatsuya, Suzuki Go	4. 巻 251
2. 論文標題 Bioaccessibility and exposure assessment of flame retardants via dust ingestion for workers in e-waste processing workshops in northern Vietnam	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 126632 ~ 126632
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2020.126632	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 Wannomai Tatiya, Matsukami Hidenori, Uchida Natsuyo, Takahashi Fumitake, Tuyen Le Huu, Viet Pham Hung, Takahashi Shin, Kunisue Tatsuya, Suzuki Go	4. 巻 760
2. 論文標題 Inhalation bioaccessibility and health risk assessment of flame retardants in indoor dust from Vietnamese e-waste-dismantling workshops	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 143862 ~ 143862
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2020.143862	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 Anh Hoang Quoc, Tue Nguyen Minh, Tuyen Le Huu, Minh Tu Binh, Viet Pham Hung, Takahashi Shin	4. 巻 672
2. 論文標題 Polycyclic aromatic hydrocarbons and their methylated derivatives in settled dusts from end-of-life vehicle processing, urban, and rural areas, northern Vietnam: Occurrence, source apportionment, and risk assessment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 468 ~ 478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2019.04.018	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 Uchida Natsuyo, Matsukami Hidenori, Someya Masayuki, Tue Nguyen Minh, Tuyen Le Huu, Viet Pham Hung, Takahashi Shin, Tanabe Shinsuke, Suzuki Go	4. 巻 4
2. 論文標題 Hazardous metals emissions from e-waste-processing sites in a village in northern Vietnam	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Emerging Contaminants	6. 最初と最後の頁 11 ~ 21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.emcon.2018.10.001	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 Anh Hoang Quoc, Tran Tri Manh, Thu Thuy Nguyen Thi, Minh Tu Binh, Takahashi Shin	4. 巻 224
2. 論文標題 Screening analysis of organic micro-pollutants in road dusts from some areas in northern Vietnam: A preliminary investigation on contamination status, potential sources, human exposure, and ecological risk	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 428 ~ 436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2019.02.177	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13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 狩生凌吾・後藤哲智・Nguyen Minh Tue・Hoang Quoc Anh・高橋 真・鈴木 剛・Pham Hung Viet・田辺信介・国末達也
2. 発表標題 ベトナムのe-waste・ELV解体処理場におけるハロゲン系およびリン酸エステル系難燃剤汚染
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 鈴木 剛・宇智田 奈津代・Le Huu Tuyen・田中厚資・松神秀徳・国末達也・高橋 真・Pham Hung Viet・倉持秀敏・大迫政浩
2. 発表標題 廃プラスチックのマテリアルリサイクルにおけるマイクロプラスチックの生成と挙動
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 Thant Zin Tun・Tatsuya Kunisue・Shinsuke Tanabe・Haruhiko Nakata
2. 発表標題 High concentration of phthalate additives in dumping sites soils from 6 Asian countries derived from microplastic
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 Jineui Kwon・Rumi Tanoue・Nguyen Minh Tue・Huu Tuyen・Pham Hung Viet・Vimalkumar Krishnamoorth・Annamalai Subramanian・Shinsuke Tanabe・Tatsuya Kunisue
2. 発表標題 Occurrence and fate of endocrine disrupting chemicals in surface water and fish from India and Vietnam
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 狩生凌吾・後藤哲智・Nguyen Minh Tue・Hoang Quoc Anh・高橋 真・鈴木 剛・Pham Hung Viet・田辺信介・国末達也
2. 発表標題 ベトナムのe-waste・ELV解体処理場におけるハロゲン系およびリン酸エステル系難燃剤汚染と作業従事者への曝露を想定したバイオアクセシビリティ評価
3. 学会等名 第32回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 狩生凌吾・後藤哲智・Tue, N. M.・Anh, H. Q.・高橋 真・鈴木 剛・Viet, P. H.・田辺信介・国末達也
2. 発表標題 ベトナムのe-waste・ELV解体処理場における代替ハロゲン系難燃剤汚染
3. 学会等名 第31回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内川 綾乃・田上瑠美・磯部友彦・Nguyen Minh Tue・野見山 桂・Subramanian Annamalai・Kesav A. Bulbulbe・Peethambaram Parthasarathy・Muhammad Ilyas・Agus Sudaryanto・Adi Slamet Riyadi・Pham Hung Viet・田辺信介・国末達也
2. 発表標題 アジア途上国における内分泌かく乱物質のヒト尿中レベルと曝露量評価
3. 学会等名 第28回環境化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wannomai, T., Matsukami, H., Uchida, N., Takahashi, F., Tuyen, L. H., Pham Hung Viet, P. H., Takahashi, S., Kunisue, T., Suzuki, G.
2. 発表標題 Ingestion and inhalation bioaccessibilities for flame retardants in working area from e-waste processing sites in northern Vietnam
3. 学会等名 28th Symposium on Environmental Chemistry
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wannomai, T., Matsukami, H., Uchida, N., Takahashi, F., Le, H. T., Pham, H. V., Takahashi, S., Kunisue, T., Suzuki G.
2. 発表標題 Inhalation and ingestion bioaccessibility of flame retardants in plastic from e-waste processing workshops in northern Vietnam
3. 学会等名 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kunisue, T., Uchikawa, A., Tanoue, R., Tue, N. M., Isobe, T., Subramanian, A., Sudaryanto, A., Viet, P. H., Tanabe, S.
2. 発表標題 Levels and profiles of endocrine disrupting chemicals in human urine from India, Indonesia, and Vietnam
3. 学会等名 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tue, N. M., Tuyen, L. H., Suzuki, G., Takahashi, S., Viet, P. H., Tanabe, S., Kunisue, T.
2. 発表標題 Calux activities, flame retardants and polyaromatic hydrocarbons in indoor dust from informal waste recycling sites in Vietnam
3. 学会等名 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松神秀徳・宇智田奈津代・Nguyen Minh Tue・Le Huu Tuyen・Pham Hung Viet・高橋 真・国末達也・鈴木 剛
2. 発表標題 電気電子機器廃棄物の環境上適正な管理に向けた曝露実態調査～ベトナム北部の処理・資源化地域における作業環境及び地産食品の有害物質汚染の実態について～
3. 学会等名 第27回環境化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wannomai T., Matsukami H., Uchida N., Takahashi F., Le H.T., Pham H.V., Takahashi S., Kunisue T., Suzuki G
2. 発表標題 Bioaccessible flame retardants in dusts from e-waste-processing workshops in northern Vietnam
3. 学会等名 38th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018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	田上 瑠美 (Tanoue Rumi) (60767226)	愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・助教 (16301)	
研究分担者	高橋 真 (Takahashi Shin) (30370266)	愛媛大学・農学研究科・教授 (16301)	
研究分担者	鈴木 剛 (Suzuki Go) (70414373)	国立研究開発法人国立環境研究所・資源循環領域・主幹研究員 (82101)	
研究分担者	松神 秀徳 (Matsukami Hidenori) (10639040)	国立研究開発法人国立環境研究所・資源循環領域・主任研究員 (82101)	

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			
ベトナム	Hanoi University of Science			