

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：84410

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00543

研究課題名(和文) 高親水性化学物質対応の新規パッシブサンプラーの構築とキャリブレーションの簡略化

研究課題名(英文) Development and Calibration of the Polar Organic Chemical Integrative Sampler (POCIS) for highly hydrophilic chemicals

研究代表者

矢吹 芳教 (Yoshinori, Yabuki)

地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所(環境研究部、食と農の研究部及び水産研究部)・その他部局等・主任研究員

研究者番号：00360818

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：吸着実験と膜透過実験を行い、ネオニコチノイド系殺虫剤のモニタリングのために最適なPOCIS(パッシブサンプラー)の受容相としてENVI-carb(EC)を、浸透膜としてPESを選定した。校正実験により、新規のPOCISのサンプリングレート(Rs)を算出した。受容相にEC、浸透膜にPESを用いたPOCISは、平均濃度の算出に利用できる期間は7～14 d程度であった。1,4-ジオキサン受容相は活性炭(AC-2)、浸透膜はPTFEが最適であった。実河川での実験を行い、検出されたネオニコチノイド系殺虫剤3種について、新規のPOCISとGrabサンプリング法で算出した平均濃度がおおむね一致した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

発がん性の疑われる1,4-ジオキサン、水環境中で検出頻度の高いネオニコチノイド系殺虫剤及び医薬品類など、水環境中に溶出しやすい親水性化合物の監視が求められている。本研究は、室内実験とフィールド試験を組合せて、環境監視技術として世界的に注目されているパッシブサンプリング法でこれまでモニタリングが困難であった高親水性化合物について対応できる新たなサンプラーを構築した。今後のデータの積み重ねにより、Grabサンプリングでは検出できないような短期間の流出、微量濃度の化学物質の検出が可能なパッシブサンプリング法の普及に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：Adsorption and permeation tests were carried out to select a suitable receiving phase and permeation phase to monitor neonicotinoid insecticides. ENVI-carb (EC) and PES membrane filter were selected as the receiving phase and permeation phase of POCIS (passive sampler). The sampling rate (Rs) of the new POCIS device was calculated by calibration tests. Static renewal experiments showed that the new POCIS device using ENVI-Carb with a PES membrane filter had 3 d (dinotefuran) to 28 d (clothianidin, imidacloprid, acetamiprid, and thiacloprid) linear range, which is longer than those of HLB POCIS (<1(dinotefuran) to 14 d). The time-weighted average concentrations in actual river water measured by the new POCIS were in good agreement with those obtained by repeated grab sampling within 30 %. Activated carbon and PTFE were selected for POCIS device to monitor 1,4-dioxane.

研究分野：環境修復保全学

キーワード：パッシブサンプリング ネオニコチノイド系農薬 水環境監視 1,4-ジオキサン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

化学物質は工業製品の製造あるいは農業の生産現場で不可欠な資材として大量に使用されている。様々な場所で使用された化学物質は、直接的に、あるいは土壌浸透などを経て間接的に河川などの水環境中へ流出する。人あるいは生態系の健全性を確保するため、水環境中に流出した化学物質はその代謝物を含め、人の健康の保護に関する環境基準など様々な基準のもとで監視されている。最近では、発がん性の疑われる1,4-ジオキサンが公共用水域および地下水の環境基準に追加され、また、ネオニコチノイド系殺虫剤が非意図的にミツバチや水生昆虫に影響を与える可能性が指摘されるなど、親水性の特に高い化学物質 ($\log K_{ow} < 1$) の監視が強く求められている。水環境中の化学物質の濃度は一般に、ある瞬間の化学物質濃度をスナップショットとして提供するグラブサンプリング (GS) によって観測される。しかし化学物質の濃度は大きく時間変動することも多く、GS では環境水中の化学物質濃度の代表的な測定値を得るのは困難である。これに対し、パッシブサンプリング (PS) 法は一時的な流出の影響も含めた一定期間中の平均濃度の測定が可能であり、バイオアベイラブルな化学物質への総暴露量も評価できることから、生態系へのリスク評価手法としても世界的に注目されている。

研究代表者らの先行研究を通じて、親水性の特に高い農薬では、通常用いられる吸着剤による吸着が弱すぎるためサンプリングレート (R_s) を求められない、あるいは、短時間で吸着平衡に達してしまい、長期のサンプリングに適さないなどの課題が抽出された。

2. 研究の目的

本研究は上記背景の下、(1) 高親水性化学物質に対応可能な PS の受容相 (吸着剤) の探索、評価を行うとともに、(2) 新規受容相および浸透膜における化学物質の透過・吸脱着速度の算出と R_s との関係解析を行い、その結果から求めた R_s を用いて (3) フィールド調査による PS の精度検証を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 高親水性化学物質に対応可能な PS の受容相 (吸着剤) の探索、評価

ネオニコチノイド系殺虫剤および1,4-ジオキサンのモニタリングに適した POCIS (パッシブサンプラー) 用の受容相を選定するため、ネオニコチノイド系殺虫剤の混合物あるいは1,4-ジオキサンを含む水溶液を用いて、選択された吸着剤について、バッチ吸着実験を逐次行った。10 mL のガラス製遠心管に吸着剤 (5 mg) を秤量し、水溶液 (10 mL) を加えた。各吸着剤について3回の複製を行った。懸濁液を横型振とう機を用いて 150 rpm で 24 時間振とうし、10 分間遠心分離した。上澄みをバイアルに移し、ネオニコチノイド系殺虫剤は LC-MS/MS により、1,4-ジオキサンは GC-MS により濃度を測定した。

回収実験は、吸着剤に吸着したネオニコチノイド系殺虫剤および1,4-ジオキサンを有機溶媒で抽出できるかどうかを評価するために行った。吸着実験では、上記の方法でネオニコチノイド系殺虫剤および1,4-ジオキサンを混合したものを吸着剤に装填した。回収実験には、吸着剤質量 100 mg、水溶液濃度 50 $\mu\text{g/L}$ を用いた。横型振とう機上で 24 時間の負荷時間の後、吸着剤懸濁液を空の固相抽出 (SPE) リザーバーに移し、リザーバー内の吸着剤を真空マニホールド上で乾燥させた。その後、ネオニコチノイド系殺虫剤および1,4-ジオキサンをメタノール及びアセトンで溶出した。両方の溶液を、上記と同様の方法で分析した。

(2) 新規受容相および浸透膜における化学物質の透過・吸脱着速度の算出と R_s との関係解析

PTFE フィルターと PES フィルターの透過特性を比較するために、化学物質透過実験を行った。洗浄したメンブレンフィルターを2つのガラス製セルの間に挟んだ。一方のセル (ドナーセル) には、ネオニコチノイド系殺虫剤あるいは1,4-ジオキサンの混合溶液を充填し、もう一方のセル (アクセプターセル) には同量の水を充填した。両方のセルを攪拌棒で攪拌した。溶液の一部を経時的に両セルから採取し、LC-MS/MS および GC-MS を用いて濃度を分析した。実験は室温 (25 $^{\circ}\text{C}$) で実施し、PTFE および PES フィルターのそれぞれについて2連で実施した。

キャリブレーション実験を行い、 R_s と POCIS の直線範囲を推定した。この実験に使用した POCIS は、PES または PTFE メンブレンフィルターで ENVI-Carb (220 mg) または AC-2 (220 mg) 挟んだものとした。実験は、ガラスビーカーに試料溶液 1L を入れ、暗条件下、20 $^{\circ}\text{C}$ のインキュベーターの中で、スターラーを用いて 400 および 1500 rpm で攪拌した。400 rpm および 1500 rpm での流速は、それぞれ 1.0 および 18.0 cm/s に相当する。それぞれの POCIS を入れたビーカーをアルミホイルで覆い、1、3、7、14、21 及び 28 d に POCIS を3枚回収した。試験溶液は毎日交換した。

(3) フィールド調査による PS の精度検証

大阪府南部の石川の downstream 地点でネオニコチノイド系殺虫剤を対象とした調査を実施した。調査は 2019 年 6 月に実施した。網かごに入れた POCIS 3 枚を 14 日間浸漬した。調査には、PES-HLB POCIS (従来の POCIS) に加えて新規に構築した PES-EC POCIS 及び PTFE-EC POCIS を使用した。POCIS の調査期間中に 2~3 d 間隔で GS を 7 回実施した。GS 法および POCIS で求められた平均濃度を比較した。

4. 研究成果

(1) 高親水性化学物質に対応可能なPSの受容相(吸着剤)の探索、評価

バッチ吸着実験の結果、すべての研究対象化合物に対して炭素系吸着剤の強い吸着が確認された(図1)。ENVI-Carbによる吸着は、2つの活性炭による吸着よりも弱かった。ENVI-Carbの結果はまた、ジノテフランが最も弱い吸着を示し、ニテンピラムとチアメトキサムがそれに続いた。Log Kdは、ENVI-Carbを吸着剤として用いた場合、ジノテフランでは4.0、ニテンピラムとチアメトキサムでは4.6、その他の吸着剤では >4.7 として計算された。活性炭とAC2による吸着は非常に強く($\log K_d > 4.7$)、スクリーニング試験で使用したすべての化学物質について正確なKd値を得ることができなかった。

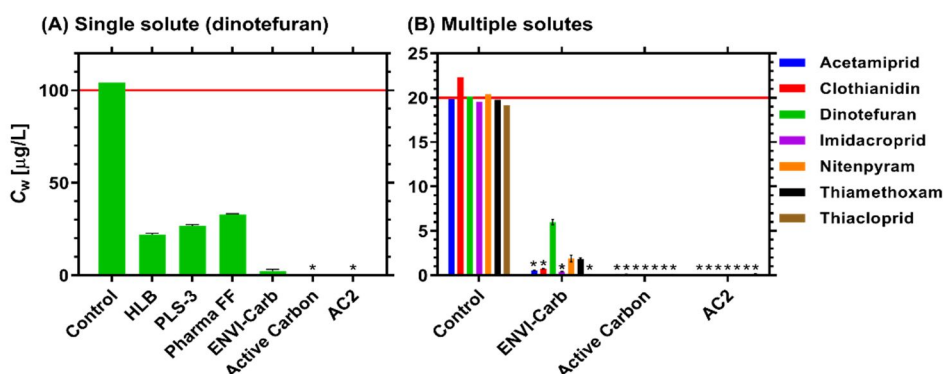


図1 バッチ吸着実験の結果(ネオニコチノイド系殺虫剤) 赤線は初期濃度を示す。

回収実験の結果、ENVI-Carbからの全ネオニコチノイドの回収率は66~95%であったが、活性炭および活性炭系吸着剤(AC-2)からは5~48%の回収率しか得られなかった。これらの結果は、上述のように他の2つの炭素系吸着剤よりもENVI-Carbによる吸着が弱いことと一致している。これらの結果から、ENVI-Carbは強力な吸着性と適度な抽出性のバランスが良く、本研究で検討した吸着剤の中で最も優れていると結論づけた。同様の手法で検討した結果、1,4-ジオキサンについてはAC-2が最適であると結論づけられた。

(2) 新規受容相および浸透膜における化学物質の透過・吸脱着速度の算出と R_s との関係解析

PTFEフィルターを用いた浸透実験では、すべてのネオニコチノイド系殺虫剤について、ドナーセル濃度の低下とアクセプターセル濃度の上昇が一致していることが示された(図2)。この結果は、PTFEフィルターによるネオニコチノイド系農薬の吸着が認められないことを示している。対照的に、PESフィルターでは、ネオニコチノイド系農薬の濃度特性にばらつきが見られた(図2)。ジノテフラン、ニテンピラム、チアメトキサムについては、PESフィルターの結果はPTFEフィルターの結果と同様であり、PESフィルターへの吸着は限られていた。また、他の化学物質はドナー濃度の低下が速く、アクセプター濃度の上昇が遅いことから、PESフィルターによる吸着が大きいことが示唆された。チアクロプリドではアクセプター濃度の短いラグタイム(約1時間)が観察された。これは、PESフィルター(0.10-0.15 mm)に比べてPTFEフィルターの厚さが35 µmと小さかったことで説明できる。したがって、吸着性が低く薄いPTFEフィルターは、ラグタイムのリスクがなく、迅速な透過特性を有している。一方、吸水性のある厚いPESフィルターは、ラグタイムを引き起こす可能性があるが、調査可能期間の延長など、サンプリングレートを抑制する必要がある場合に有用となる。

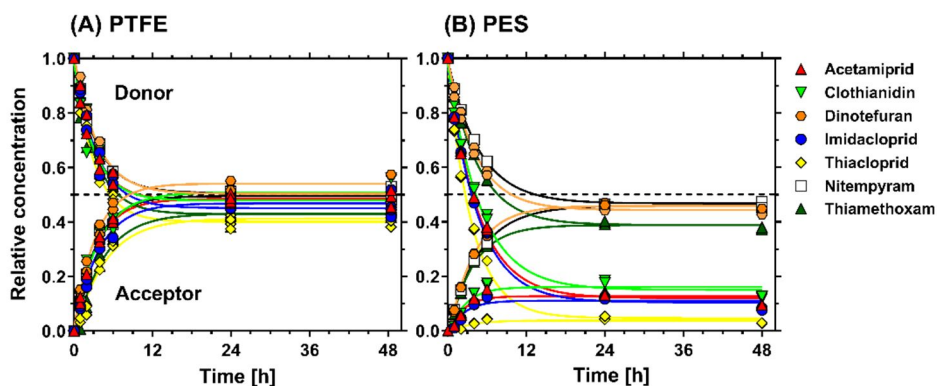


図2 透過実験の結果(ネオニコチノイド系殺虫剤)

上述の吸着回収実験から、ENVI-Carbがネオニコチノイド系農薬のPOCIS測定に使用するための最も有望な吸着剤候補であることが示唆された。そこで、ENVI-CarbとPESまたはPTFEフ

フィルターのいずれかを用いて POCIS 装置を組み立て、キャリブレーション実験を行った。これらの実験結果を表 1 に示す。PES-EC POCIS の 1500rpm でのキャリブレーション実験の吸着剤・水分係数 (K_{POCIS}) を算出した。Log K_{POCIS} は 3.7 (dinotefuran) から 4.1 (clothianidin, imidacloprid, acetamiprid, thiacloprid) であり、収着実験で求めた Log Kd (dinotefuran, 4.0; thiamethoxam; 4.6; その他は 4.7 以上) よりも低い値であった。

同じ実験条件(1500rpm)での PES-EC POCIS の直線範囲は、以前に報告された PES-HLB POCIS の直線範囲よりも大きかった。このように、1500rpm での PES-HLB POCIS の直線範囲は ≤ 1 (ジノテフラン)~14 d(クロチアニジン、イミダクロプリド、アセタミプリド、チアクロプリド)であったのに対し、PES-EC POCIS の線形範囲は 3(ジノテフラン、チアメトキサム)~28 d(クロチアニジン、イミダクロプリド、アセタミプリド、チアクロプリド)であった(表 1)。より長い直線範囲は、収着実験で示されたように、HLB よりも ENVI-Carb によるより強い収着によって説明することができる。線形範囲が大きいことは、ENVI-Carb を用いた新規の POCIS が市販の HLB ベースの POCIS よりも長期的な環境モニタリングに適していることを示している。直線範囲とは対照的に、異なる種類の吸着剤は R_s 値に大きな差はなかった。PES-EC POCIS の R_s 値は、PES-HLB POCIS の 0.4 倍(イミダクロプリド)から 1.0 倍(ジノテフラン)であった。

膜の種類は、直線的な範囲と R_s 値の両方に強い影響を与えた。PTFE-EC POCIS で回収されたネオニコチノイド系殺虫剤の量は 1~3 d までしか直線的に増加しなかった(図 3)が、PTFE-EC POCIS の R_s 値は一般に PES-EC POCIS よりも高かった(図 3、表 1)。例えば、PTFE-EC POCIS の R_s 値は PES-EC POCIS の 2.2 倍(クロチアニジン)から 6.9 倍(イミダクロプリド)であった。PES フィルターよりも PTFE フィルターの方が高い R_s が得られ、その結果、PES フィルターよりも PTFE フィルターを通過する物質移動が速くなったことは、透過実験の結果と一致している。透過率の違いは、膜厚の違いによるものである可能性が高い(透過実験を参照)。これは、1500 rpm (18 cm/s) の条件では、流速の効果によって取り込み速度が制御されないためである。フィルターの選択は、低濃度(≤ 3 d)のネオニコチノイド系農薬の短期モニタリングに POCIS を適用する場合、PES-EC POCIS よりも PTFE-EC POCIS の方が R_s は高く、PES-EC POCIS よりも PTFE-EC POCIS の方が感度は高いことを示唆しているため、PTFE-EC POCIS が適していると考えられる。対照的に、PES-EC POCIS は、より長い期間のモニタリングに適していることが示唆された。

(3) フィールド調査による PS の精度検証

フィールド調査の結果を図 4 に示す。GS 法で測定したネオニコチノイド系殺虫剤濃度の平均値を、PES HLB POCIS 及び PES-EC POCIS で測定した平均濃度と比較した。POCIS で測定された平均濃度は、GS 法の結果とおおむね一致した。フィールド調査の結果、PES-HLB POCIS、PES-EC POCIS とともに、ネオニコチノイド系殺虫剤の測定に適していることが示された。長期間の直線範囲(表 1)を有する PES-EC POCIS は、長期モニタリング(28 d)に適していることが推察される。

POCIS では河川水中からチアクロプリドとチアメトキサムが検出されたが、GS 法では検出されなかった。これは、GS 法で検出できなかった濃度ピークを POCIS が捉えた、あるいは調査期間を通じて定量下限値未満であった農薬を POCIS が吸着し続けたためであると推察された。

このように本研究は、室内実験とフィールド試験を組合せて、環境監視技術として世界的に注目されている PS 法でこれまでモニタリングが困難であった高親水性化合物について、長期間モニタリングに対応できる新たなサンプラーを構築し、その有効性を検証することができた。

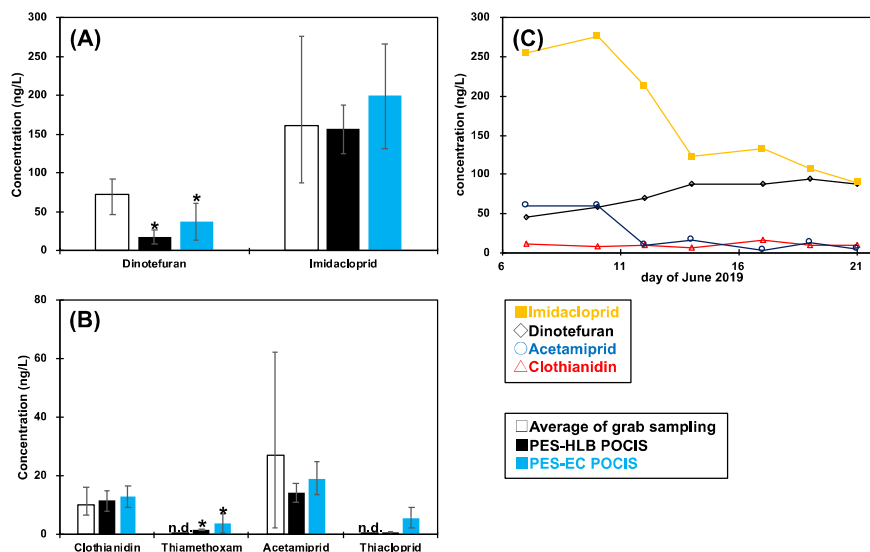


図 3 フィールド調査の結果

(A) average of grab sampling and POCIS values for dinotefuran and imidacloprid, (B) these for clothianidin, thiamethoxam, acetamiprid and thiacloprid, and (C) time changes in concentration for imidacloprid, dinotefuran, acetamiprid and clothianidin. Sampling period was from 7th to 21st June 2019. (A) and (B); white, black, and blue bars show average concentration of grab sampling, value of measured by PES-HLB POCIS, and value of measured by PES-EC POCIS, respectively. Error bar of white bar is maximum and minimum value. The other error bars are 1σ . Asterisks indicate advisory results. n.d.: not determined. (C); square, diamond, circle, and triangle show the concentration measured by grab sampling for imidacloprid, dinotefuran, acetamiprid, and clothianidin, respectively.

表1 キャリブレーション試験で得られた直線範囲及び R_s (ネオニコチノイド系殺虫剤)

	dinotefuran	clothianidin	thiamethoxam	imidacloprid	acetamiprid	thiacloprid
$\log K_{ow}$	-0.55	0.70	-0.13	0.57	0.80	1.26
Filter, PES; sorbent, ENVI-Carb; stirring speed, 400 rpm (equivalent to a flow velocity of 1.0 cm/s); this study						
Linear range (d)	3	≥ 28	7	≥ 28	14	≥ 28
R_s (L/d)	0.102 ± 0.018	0.024 ± 0.002	0.067 ± 0.001	0.044 ± 0.001	0.047 ± 0.002	0.039 ± 0.001
Filter, PES; sorbent, ENVI-Carb; stirring speed, 1500 rpm (equivalent to a flow velocity of 18 cm/s); this study						
Linear range (d)	3	≥ 28	3	≥ 28	≥ 28	≥ 28
R_s (L/d)	0.106 ± 0.010	0.122 ± 0.009	0.113 ± 0.011	0.099 ± 0.004	0.104 ± 0.006	0.123 ± 0.011
Filter, PTFE; sorbent, ENVI-Carb; stirring speed, 1500 rpm (equivalent to a flow velocity of 18 cm/s); this study						
Linear range (d)	3	3	3	<1	3	<1
R_s (L/d)	0.308 ± 0.030	0.270 ± 0.018	0.366 ± 0.015	0.686 n.d.	0.445 ± 0.012	0.548 n.d.
Filter, PES; sorbent, HLB; stirring speed, 1500 rpm (equivalent to a flow velocity of 18 cm/s); Noro et al., 2019						
Linear range (d)	3	14	14	14	14	14
R_s (L/d)	0.106 ± 0.051	0.242 ± 0.044	0.202 ± 0.007	0.257 ± 0.041	0.239 ± 0.039	0.214 ± 0.024

n.d. not determined

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Endo S, Matsuura Y, Vermeirssen ELM	4. 巻 53(3)
2. 論文標題 Mechanistic Model Describing the Uptake of Chemicals by Aquatic Integrative Samplers: Comparison to Data and Implications for Improved Sampler Configurations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environ Sci Technol.	6. 最初と最後の頁 1482-1489
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.8b06225	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 Noro Kazushi, Yabuki Yoshinori, Banno Arisa, Tawa Yusuke, Nakamura Satoshi	4. 巻 17
2. 論文標題 Validation of the Application of a Polar Organic Chemical Integrative Sampler (POCIS) in Non-steady-state Conditions in Aquatic Environments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Water and Environment Technology	6. 最初と最後の頁 432 ~ 447
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2965/jwet.19-057	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 Noro Kazushi, Endo Satoshi, Shikano Yohei, Banno Arisa, Yabuki Yoshinori	4. 巻 39
2. 論文標題 Development and Calibration of the Polar Organic Chemical Integrative Sampler (POCIS) for Neonicotinoid Pesticides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Toxicology and Chemistry	6. 最初と最後の頁 1325 ~ 1333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/etc.4729	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 矢吹芳教	4. 巻 44
2. 論文標題 新たな環境水中の農薬モニタリング手法 ?水相パッシブサンプリング法が農薬モニタリングの未来を変える??	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Pesticide Science	6. 最初と最後の頁 250 ~ 251
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1584/jpestics.W19-36	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 Asami Moriya, Kazushi Noro, Arisa Banno, Yoshinori Yabuki, Yukio Komai	4. 巻 未定
2. 論文標題 Ecological risk of pesticides in river water as determined by secular changes in species sensitivity distribution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Desalination and Water Treatment	6. 最初と最後の頁 未定
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 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Endo, S.; Shikano, Y.; Banno, A.; Yabuki, Y.
2. 発表標題 Developing Aquatic Integrative Passive Samplers for Neonicotinoid Pesticides: Initial Search for Suitable Sorbents and Filters
3. 学会等名 SETAC Asia-Pacific 2018 Conference, Daegu, Korea (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢吹芳教
2. 発表標題 “環農水研”での化学物質の新たな調査手法及び情報基盤整備に関する取組
3. 学会等名 2018年度環境技術学会第18回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢吹芳教、伴野有彩、野呂和嗣、遠藤智司
2. 発表標題 高親水性化合物のネオニコチノイド系農薬に対応したパッシブサンプラーの受容相の選定
3. 学会等名 日本農薬学会第44回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢吹芳教、小野純子
2. 発表標題 設置期間の違いがパッシブサンプラーへの農薬の蓄積性に与える影響
3. 学会等名 第52回日本水環境学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢吹芳教
2. 発表標題 “環農水研”での化学物質の新たな調査手法及び情報基盤整備に関する取組
3. 学会等名 2018年度環境技術学会第18回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢吹芳教、野呂和嗣、伴野有彩
2. 発表標題 新規受容相のパッシブサンプラーによる高親水性農薬の河川水中モニタリング
3. 学会等名 日本農薬学会第45回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野呂和嗣、伴野有彩、矢吹芳教、中村智
2. 発表標題 Polar Organic Chemical Integrative Sampler (POCIS)への温度影響とその補正
3. 学会等名 第54回日本水環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢吹芳教、伴野有彩、野呂和嗣
2. 発表標題 パッシブサンプリングとグラブサンプリングによる農薬濃度の数年分のデータ比較
3. 学会等名 第54回日本水環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Yabuki, K. Noro, A. Banno, S. Endo
2. 発表標題 Developing a Polar Chemical Integrative Sampler for Neonicotinoid Pesticides with New Sorbent
3. 学会等名 SETAC North America 40th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K.Noro, A. Banno, Y. Yabuki, S. Nakamura
2. 発表標題 Validation of the application of a polar organic chemical integrative sampler (POCIS) in unsteady state conditions
3. 学会等名 SETAC Ninth Biennial Meeting of SETAC Africa (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	遠藤 智司	大阪市立大学・大学院工学研究科・准教授	
	(Satoshi Endo)		
	(30748934)	(24402)	