

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：57102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05878

研究課題名（和文）海産甲殻類を用いたフッ素系殺虫剤の汚染実態解明と環境リスク評価

研究課題名（英文）Environmental risk assessment of fluorine insecticides in surface waters: occurrence and toxicity to mysid crustaceans, *Americamysis bahia*

研究代表者

内田 雅也（Uchida, Masaya）

有明工業高等専門学校・創造工学科・准教授

研究者番号：80575267

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）：本研究では、海域におけるフッ素系殺虫剤の汚染実態と海産甲殻類アミに対する毒性影響評価を評価した。研究期間を通じて、福岡県内の河川や河口域におけるフィプロニル（Fip）およびその分解物の汚染実態と季節変動を明らかにした。また、アミを用いた生体影響評価では、フッ素系殺虫剤について急性および成長・成熟試験を実施し、アミがフッ素系殺虫剤に対し非常に高感度であること、さらに検出された濃度と同程度の濃度で成長・成熟に影響することを明らかにした。またFip-Sfに関しては脱皮かく乱作用やその作用メカニズムの一端を明らかにした。以上の結果から海域におけるフッ素系殺虫剤の汚染実態に関する知見を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果から、海域におけるフッ素系殺虫剤の汚染実態解明と環境リスクを評価することが出来た。また、フッ素系殺虫剤が海産甲殻類アミに影響を及ぼす濃度を把握し、脱皮かく乱などの作用とその作用メカニズムの一端を明らかにした。このことは海産生物を用いた試験法開発に重要な基礎情報を提示できたことに加え、農薬登録保留基準の設定やその用途から淡水生物での評価に限られていた農薬類の海産生物への影響評価にも大きく貢献することから、環境保全行政の観点からも社会的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：In this study, we examined the occurrence and geographical distribution of fluorine insecticides in marine environments and evaluated their toxic effects on the mysid crustacean, *Americamysis bahia*. Throughout the study period, the occurrence, levels, and seasonal variations of fipronil (Fip) and its degradation products in rivers and estuaries in Fukuoka Prefecture were clarified. Furthermore, acute toxicity, growth, and fecundity tests were performed to evaluate the biological effects of fluorine insecticides on mysids. These studies have demonstrated that mysids are highly susceptible to fluorinated insecticides, which lead to impaired growth and maturation at concentrations comparable to those found in the environment. The molt-disrupting effects of Fip-Sf and its molecular mechanisms of action have been elucidated. These results provide insights into the environmental pollution caused by fluorine insecticide contamination of marine waters.

研究分野：生態毒性学

キーワード：海産甲殻類 アミ フッ素系殺虫剤 生態毒性 化学分析

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

農薬は、農作物の保護や農業の効率化の目的で使用され、農業において重要な役割を担っている。それら農薬の中でも、分子内にフッ素原子、フッ素官能基が導入された「フッ素系農薬」は、ミミック効果、脂溶性、電気陰性度、C-F 結合の強さなどの特徴が複合的に作用し、生物活性や安全性の向上など従来の農薬以上の優れた性能を有することから、研究開発が盛んに行われている。最近 20 年間では、開発品の 50% 以上がフッ素系農薬となっており、中でも殺虫剤に関しては 70% 以上がフッ素化合物の「新世代の殺虫剤」と呼ばれるものである^{1,2)}。

フッ素系殺虫剤のフェニルピラゾール系殺虫剤は、標的生物の抑制性神経伝達物質 GABA による塩素イオンチャネルの制御を阻害し、神経興奮抑制阻害を引き起こすことで殺虫効果を示す。また、2018 年の出荷量は 35,000 kg または L と年々増加しており³⁾、農業用から園芸用まで幅広く利用されている。しかしながら、近年フェニルピラゾール系殺虫剤のフィプロニルによる水環境汚染が報告されており、国内の河川では 23.7 ~ 56.4 ng/L⁴⁾、汽水 ~ 海域では 91 ~ 322 ng/L⁵⁾ の濃度で検出されている。さらに近年では、標的外生物に対する影響も指摘されている⁶⁾。これらのことはフッ素系農薬が、陸域から河川を通じて汽水域や海域にも広く残留し、最終的に海洋生態系に棲息する生物に対して慢性的な影響を引き起こす可能性があることを意味している。また、海産生物の個体数の減少や分布・多様性の変化など多くの悪影響が引き起こされ、海洋生態系の劣化にも繋がる可能性がある。しかし、海洋生態系において重要な位置にある魚類等の餌資源・栄養源である海産無脊椎動物に対する影響や、海域における汚染実態や環境リスクも不明な点が多い。

無脊椎動物は脊椎動物と比較して内分泌系などの生理機能が大きく異なることから、脊椎動物に無影響でも無脊椎動物に悪影響を与える農薬の存在が考えられる。例えば、ネオニコチノイド系農薬はミツバチの大量死への関与が指摘されている有名な報告例である。また、オオミジンコはニコチン性アセチルコリン受容体を標的とするネオニコチノイド系農薬および GABA 受容体に作用するフェニルピラゾール系殺虫剤に対する感受性がユスリカと比較して千倍以上低い⁷⁾ため、これら農薬の登録保留基準の設定には高感受性種ユスリカの毒性試験が必要とされている⁸⁾。以上のことから、海域におけるフッ素系殺虫剤の環境リスク評価の実施には高感受性の海産無脊椎動物種を用いた毒性影響評価に関する知見を早急に集積することが必要である。

2. 研究の目的

本研究では、フッ素系殺虫剤の分析法の確立および海域における汚染状況の把握、海産甲殻類アミ (*Americamysis bahia*) をモデル生物としたフッ素系殺虫剤の生態毒性評価、フッ素系殺虫剤を曝露したアミのトランスクリプトーム解析による作用メカニズムの解明を行い、これらの知見を活用することで、海産甲殻類を用いた海域におけるフッ素系殺虫剤の環境リスクを解明することを目的とした。

3. 研究の方法

フッ素系殺虫剤の河川から河口における汚染状況の把握

調査地点は福岡県内の河川(淡水)~河口(汽水)の 8ヶ所とし、6月、7月および9月に採水した。水試料は前処理後、LC-MS/MS を用いてフィプロニル(Fip)およびその分解物を定性・定量した。

海産甲殻類アミ (*Americamysis bahia*) をモデル生物としたフッ素系殺虫剤の生態毒性評価

有明高専で継代飼育している米国環境保護庁(USEPA)由来のアミを用いて急性毒性試験と成長成熟試験を実施した。これらの試験には、Fip およびその分解物(Fip-sulfone: Fip-S、Fip-sulfide: Fip-Sf、Fip-desulfinyl: Fip-D、Fip-carboxamide: Fip-C)、Fip の代替品で用量が増えているエチプロール(Ethi)を用いた。

急性毒性試験は、孵化後 24 時間以内の個体を用いて、対照区、溶媒対照区(メタノールもしくはアセトン 0.01%)及び試験区(5 濃度区、公比 2)を設定し、96 時間曝露を行った。試験終了後、96 時間半数致死濃度(96h-LC₅₀)を算出した。成長成熟試験は、孵化後 7 日齢の個体を用いて、対照区、溶媒対照区(メタノールもしくはアセトン 0.01%)及び試験区(6 濃度区、公比 2)を設定し、14 日間曝露を行った。試験中は 24 時間毎に生存数及び脱皮数の計測、試験終了時には体長、湿重量、頭胸甲長及び雌雄比を測定し、最小影響濃度を求めた。なお、いずれの試験も 48 時間毎に換水を行う半止水式曝露とした。

フッ素系殺虫剤を曝露したアミのトランスクリプトーム解析による作用メカニズムの解明

Fip-Sf 曝露試験には、有明高専で継代飼育している米国環境保護庁(USEPA)由来の孵化後 7 日齢のアミを用いた。Fip-Sf 曝露濃度は、成長成熟試験において脱皮・成長に影響の観察された濃度を含む 3 試験区(25、50 および 100 ng/L)と助剤対照区(0.01%メタノール)の計 4 試験区を設定した。各試験区 5 個体の 2 連(計 10 個体)について、24 時間の止水式曝露を行った。曝露期間中は、水温 25 ± 1 °C、光周期 16 時間: 8 時間(明期: 暗期)で維持し、無給餌とし

た。曝露終了後、各試験区から無作為に3個体ずつをサンプリングした。

各個体から市販のキットを用いて全 RNA を抽出した。RNA サンプルは濃度測定と品質評価を行い、NovaSeq 6000 (イリミナ社) により RNA-seq を行った (N=3 / 試験区)。RNA-seq データは、OmicsBox (BioBam 社) を用いてバイオインフォマティクス解析を行った。発現変動遺伝子 (DEGs) として、発現増加 ($P \leq 0.05$, $\log_2\text{-fold-changes} [\log_2FC] \geq 1$) および発現抑制遺伝子 ($P \leq 0.05$, $\log_2FC \leq -1$) を検出し、これら DEGs について遺伝子オントロジー (GO) およびパスウェイ解析を行った。

4. 研究成果

フッ素系殺虫剤の河川から河口における汚染状況の把握

LC-MS/MS を用いた濃度測定の結果、福岡県内の河川～河口において、Fip およびその分解物汚染実態が明らかになった (表 1)。また、Fip の濃度より高値を示した Fip 分解物が複数存在し、季節変動 (総濃度: 6月 > 7月 > 9月) も明らかになった。全調査地点における Fip およびその分解物 (Fip-S、Fip-Sf、Fip-D、Fip-C) の総濃度は 1.8 ~ 29.1 ng/L の範囲で検出され、河口の汽水域では最大 22.2 ng/L であった。また、6月の試料の濃度は高い傾向を示し、Fip、Fip-S および Fip-Sf が総濃度の 70-80% を占めていた。

表 1 フッ素系殺虫剤の河川および河口中濃度

ng/L	6月		7月		9月	
	mean ± SD	min-max	mean ± SD	min-max	mean ± SD	min-max
河川 (淡水)	(n = 4)		(n = 4)		(n = 4)	
Fip	4.03 ± 2.13	<LOD-5.98	2.57 ± 1.98	<LOD-5.15	2.02 ± 1.16	<LOD-3.03
Fip-S	6.33 ± 3.02	1.86-8.38	3.71 ± 1.96	1.37-6.14	2.98 ± 2.71	<LOD-5.91
Fip-Sf	5.54 ± 2.84	1.82-7.90	4.71 ± 2.97	2.35-9.06	2.97 ± 2.32	<LOD-5.16
Fip-D	3.46 ± 2.01	1.39-6.00	1.77 ± 1.04	0.80-2.97	1.09 ± 1.19	<LOD-2.29
Fip-C	1.47 ± 1.10	<LOD-2.81	1.28 ± 0.76	0.58-2.34	0.56 ± 0.60	<LOD-1.42
Fips 総濃度	21.2 ± 10.4	6.55-29.1	14.1 ± 8.42	6.46-26.0	9.95 ± 7.69	1.80-16.5
河口 (汽水)	(n = 4)		(n = 4)		(n = 4)	
Fip	2.00 ± 1.97	<LOD-4.96	1.71 ± 0.85	<LOD-2.73	1.62 ± 1.20	<LOD-3.41
Fip-S	3.32 ± 2.79	1.19-7.38	2.27 ± 1.47	0.71-3.62	2.13 ± 2.40	<LOD-5.32
Fip-Sf	2.79 ± 2.03	1.58-5.81	2.84 ± 0.58	2.02-3.28	2.14 ± 1.86	0.62-4.51
Fip-D	1.61 ± 1.12	0.78-3.24	1.23 ± 0.59	0.70-1.90	0.35 ± 0.57	<LOD-1.21
Fip-C	0.23 ± 0.18	<LOD-0.49	0.29 ± 0.30	<LOD-0.73	<LOD	<LOD
Fips 総濃度	10.3 ± 8.05	5.07-22.2	8.67 ± 3.19	5.51-12.0	6.71 ± 5.40	2.39-13.8

海産甲殻類アミ (*Americamysis bahia*) をモデル生物としたフッ素系殺虫剤の生態毒性評価

アミに対する急性毒性は、Fip-Sf (96h-LC₅₀: 58.2 ng/L) が最も強く、次いで Fip-S (66.3 ng/L)、Fip (100.9 ng/L)、Fip-D (1,869 ng/L)、Ethi (6,400 ng/L)、Fip-C (>800,000 ng/L) の順であり、Fip より毒性の強い分解物の存在が明らかになった。Fip の代替品として近年使用量が増えている Ethi の急性毒性は、Fip と比べて約 60 倍以上弱いことも分かった。また急性毒性試験の結果、アミの急性毒性値は、魚類やオオミジンコよりも非常に低く、ユスリカと同程度であったことから、海域における指標生物として有効であると考えられた。

アミ成長成熟試験の結果、Fip、Fip-S および Fip-Sf では、いずれも 50 ng/L 以上の曝露で脱皮数が有意に増加するのに対し、体長などが減少していた (表 2)。これらの事より Fip、Fip-S および Fip-Sf はアミの成長・成熟阻害及び脱皮のかく乱を引き起こすことが示唆され、影響濃度は環境中濃度と同程度であったことから Fip およびその分解物の環境リスクが懸念された。一方、Ethi の成長・成熟試験の結果、4,000 ng/L 曝露で体長や脱皮数に影響することが明らかとなった (表 2)。Ethi のアミに対する影響は Fip と比較して弱いことが示唆されたが、両物質間で脱皮の増加を伴った体長の変化が増加/減少と異なり、作用メカニズムも異なると考えられた。これまで Ethi は国内河川等で 10~240 ng/L の濃度範囲で検出が報告されており、これらの濃度レベルは魚類やオオミジンコの毒性影響濃度よりも大幅に低く、Ethi の淡水環境における生態リスクは低いと考えられた。しかし Ethi は Fip の代替品として使用量が増加していることから、今後も Ethi の汚染実態や生態リスクを明らかにすることが重要である。

表2 各物質のアミ成長・成熟試験結果

曝露濃度 (ng/L)	生存率(%)	体長(mm)	頭胸甲長(mm)	湿重量(mg)	平均総脱皮数
Fip					
対照区	95	7.11 ± 0.22	2.02 ± 0.14	2.31 ± 0.24	13.00 ± 2.16
溶媒対照区	95	7.06 ± 0.32	1.99 ± 0.13	2.17 ± 0.29	12.75 ± 3.59
3.125	90	6.92 ± 0.28	1.98 ± 0.14	2.09 ± 0.29	13.25 ± 2.99
6.25	100	7.18 ± 0.31	1.99 ± 0.11	2.17 ± 0.32	14.00 ± 2.45
12.5	80	7.07 ± 0.31	1.94 ± 0.10	2.08 ± 0.26	13.50 ± 1.91
25	90	7.09 ± 0.28	2.02 ± 0.10	2.28 ± 0.20	14.00 ± 1.83
50	70	6.90 ± 0.27	1.90 ± 0.13	2.04 ± 0.26*	17.50 ± 1.29*
100	80	6.85 ± 0.33*	1.88 ± 0.14**	2.06 ± 0.26*	19.25 ± 0.96***
Fip-S					
対照区	80	7.86 ± 0.46	2.40 ± 0.18	2.28 ± 0.42	7.80 ± 2.86
溶媒対照区	96	7.97 ± 0.39	2.37 ± 0.23	2.48 ± 0.25	9.80 ± 1.30
3.125	81	7.80 ± 0.46	2.33 ± 0.15	2.14 ± 0.37	7.25 ± 2.63
6.25	95	7.84 ± 0.37	2.29 ± 0.29*	2.12 ± 0.38	8.50 ± 3.10
12.5	75	7.94 ± 0.41	2.34 ± 0.25	2.31 ± 0.45	9.50 ± 1.29
25	75	7.70 ± 0.44	2.30 ± 0.33	2.20 ± 0.37	11.75 ± 2.22
50	55	7.84 ± 0.29	2.30 ± 0.14	2.36 ± 0.34	12.25 ± 1.50*
100	5	—	—	—	6.25 ± 0.50
Fip-Sf					
対照区	100	7.14 ± 0.38	2.07 ± 0.10	2.20 ± 0.28	14.50 ± 2.65
溶媒対照区	85	7.18 ± 0.31	2.09 ± 0.09	2.22 ± 0.29	14.00 ± 2.16
3.125	95	7.05 ± 0.33	2.02 ± 0.15	2.14 ± 0.30	16.25 ± 0.96
6.25	95	7.00 ± 0.39	2.00 ± 0.15	2.11 ± 0.36	16.50 ± 2.52
12.5	90	7.02 ± 0.34	2.01 ± 0.12	2.19 ± 0.29	17.50 ± 2.52
25	65	6.97 ± 0.31	1.96 ± 0.11*	2.11 ± 0.26	17.50 ± 4.51
50	90	6.83 ± 0.39*	1.92 ± 0.17**	2.03 ± 0.34	20.50 ± 1.91**
100	0	—	—	—	—
Ethi					
対照区	76	6.80 ± 0.52	1.93 ± 0.21	1.54 ± 0.35	12.20 ± 2.05
溶媒対照区	96	6.81 ± 0.61	1.96 ± 0.19	1.44 ± 0.31	9.75 ± 2.21
250	75	6.72 ± 0.68	1.92 ± 0.28	1.40 ± 0.40	10.25 ± 3.09
500	80	7.00 ± 0.50	1.98 ± 0.27	1.62 ± 0.29	8.25 ± 3.40
1,000	60	7.16 ± 0.43	2.07 ± 0.17	1.72 ± 0.21	12.25 ± 1.71
2,000	65	7.08 ± 0.36	2.09 ± 0.16	1.65 ± 0.24	16.75 ± 0.95**
4,000	85	7.29 ± 0.67*	2.12 ± 0.22*	1.74 ± 0.40	24.25 ± 1.71**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Fip-Sf を曝露したアミのトランスクリプトーム解析による作用メカニズムの解明

Fip-Sf を曝露したアミの RNA-seq 解析の結果、Fip-Sf の 25 ng/L 曝露で計 5,976 (発現増加 : 3,655、発現抑制 : 2,321)、50 ng/L 曝露で計 4,392 (発現増加 : 2,125、発現抑制 : 2,267)、100 ng/L 曝露で計 5,258 (発現増加 : 3,202、発現抑制 : 2,056) の DEGs が確認された。発現増加した DEGs を用いた GO 解析の結果、25、50 および 100 ng/L の各試験区で 18~25 のエンリッチな GO が検出された (図 1A)。このうち特徴的な GO として、脱皮に關するキチン結合やクチクラ構成成分などが含まれていた。の成長成熟試験では、25 ng/L 曝露で頭胸甲長が有意に減少し、50 ng/L 曝露で体長および頭胸甲長の減少に加えて、脱皮数が有意に増加していた。このことから、Fip-Sf は脱皮に關するキチン結合 / クチクラ構成成分などに作用することで脱皮のかく乱を引き起こすことが示唆された。発現抑制した DEGs を用いた GO 解析の結果、25、50 および 100 ng/L の各試験区で 24~26 のエンリッチな GO が検出された (図 1B)。このうち特徴的な GO として、エネルギー源の ATP 産生などに關する細胞小器官やアミノ酸 / タンパク質の合成・代謝などが含まれていた。の成長成熟試験では、100 ng/L 曝露開始 2 日後に約 80% 以上のアミの致死影響が確認されている。このことから、エネルギー源の ATP 産生などやアミノ酸 / タンパク質の合成・代謝などの機能阻害により致死毒性を引き起こすことが示唆された。Fip は GABA 受容体

に作用し、神経興奮抑制を阻害することで殺虫効果を発揮することが報告されている⁹⁾。パスウェイ解析の結果、25、50 および 100 ng/L の各試験区で 5~12 のエンリッチなパスウェイが検出された。このうち 50 ng/L 曝露では GABAergic synapse がエンリッチなパスウェイとして検出された。このことから、Fip-Sf は、Fip と同様に GABA 受容体に作用することが示唆された。以上の結果から、Fip-Sf 曝露による脱皮かく乱作用 / 成長阻害メカニズムを明らかにすることが出来た。

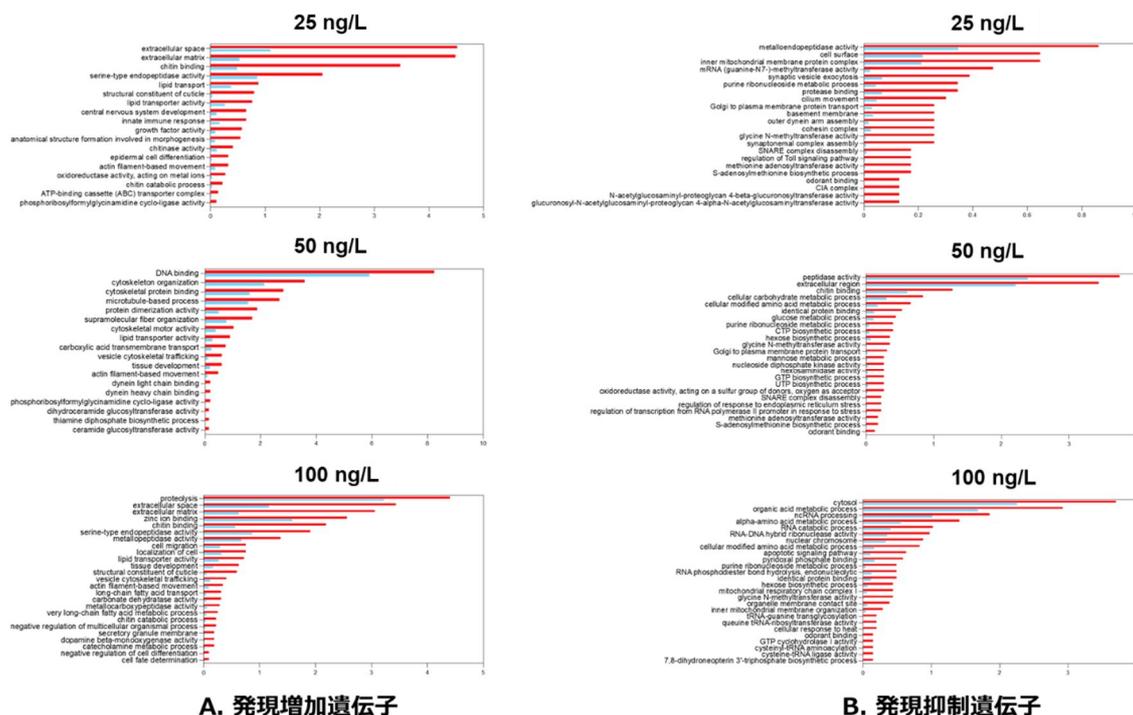


図 1 Fip-Sf を 24 時間曝露した 7 日齢アミの DEGs を用いた遺伝子オントロジー (GO) 解析

以上のように、本研究において、福岡県内の河川や河口域における Fip およびその分解物の汚染実態と季節変動を明らかにした。また、アミを用いた生体影響評価では、Fip および分解物について成長・成熟試験を実施した。環境中で検出された濃度と同程度の濃度で成長・成熟に影響することや脱皮かく乱作用とその作用メカニズムの一端を明らかにした。これらのことから、Fip およびその分解物の環境リスクが示唆された。

< 引用文献 >

- 1)今野 他 (2018) 有機フッ素化合物の最新動向
- 2)Gunasekara T.S. et al. (2007) J. Pestic. Sci., 32(3), 189-199.
- 3)国立環境研究所「化学物質データベース」
- 4)古閑 他 (2018) 全国環境研会誌, 43(4), 174-179.
- 5)Hano et al. (2019) Environ. Pollut., 252, 205-215.
- 6)D.P.Weston, M.J.Lydy. (2014) Environ. Sci. Technol., 48, 1290-1297.
- 7)眞道 (2012) 海生研研報, 15, 41-62.
- 8)小笠原 (2017) 日本農薬学会誌, 42(1), 105-111.
- 9)Moffat, 1993. Science 261, 550-551.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Uchida Masaya, Mizukawa Hazuki, Hirano Masashi, Tominaga Nobuaki, Arizono Koji, Ishibashi Hiroshi	4. 巻 892
2. 論文標題 Adverse effects of contamination by fipronil and its derivatives on growth, molting, and gene expression in the mysid crustacean, <i>Americamysis bahia</i> , in Japanese estuaries	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 164595 ~ 164595
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.scitotenv.2023.164595	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 Uchida Masaya, Addai-Arhin Sylvester, Ishibashi Hiroshi, Hirano Masashi, Fukushima Satoshi, Ishibashi Yasuhiro, Tominaga Nobuaki, Arizono Koji	4. 巻 266
2. 論文標題 Developmental toxicity and transcriptome analysis of equine estrogens in developing medaka (<i>Oryzias latipes</i>) using nanosecond pulsed electric field incorporation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology	6. 最初と最後の頁 109547 ~ 109547
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cbpc.2023.109547	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 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石橋弘志, 内田雅也, 富永伸明, 有菌幸司, 平野将司
2. 発表標題 海産甲殻類アミにおける脱皮ホルモン応答遺伝子の時系列発現解析
3. 学会等名 第2回 環境化学物質3学会合同大会（第31回環境化学討論会、第25回環境ホルモン学会研究発表会、第27回日本環境毒性学会研究発表会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松村勇輝, 内田雅也, 水川葉月, 富永伸明, 有菌幸司, 平野将司, 石橋弘志
2. 発表標題 フェニルピラゾール系殺虫剤フィプロニル分解物の海産甲殻類アミトランスクリプトームに及ぼす影響
3. 学会等名 第2回 環境化学物質3学会合同大会（第31回環境化学討論会、第25回環境ホルモン学会研究発表会、第27回日本環境毒性学会研究発表会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平野将司, 内田雅也, 小林淳, 石橋弘志
2. 発表標題 甲殻類アミおよびイガイにおける 1,3,7-TriBDD の毒性影響
3. 学会等名 第2回 環境化学物質3学会合同大会 (第31回環境化学討論会、第25回環境ホルモン学会研究発表会、第27回日本環境毒性学会研究発表会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 内田雅也, 平野将司, 水川葉月, 富永伸明, 有菌幸司, 石橋弘志
2. 発表標題 海産甲殻類アミを用いたフェニルピラゾール系殺虫剤エチプロールの生態影響評価
3. 学会等名 第2回 環境化学物質3学会合同大会 (第31回環境化学討論会、第25回環境ホルモン学会研究発表会、第27回日本環境毒性学会研究発表会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 内田雅也, 石橋弘志, 平野将司, 水川葉月, 松尾楓, 富永伸明, 有菌幸司
2. 発表標題 汽水域における農薬類の汚染実態と甲殻類を用いた環境リスク評価
3. 学会等名 環境化学物質 3 学会合同大会 (第30回環境化学討論会、第24回環境ホルモン学会研究発表会、第26回日本環境毒性学会研究発表会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内田雅也, 河野碧颯, 富永伸明, 平野将司, 有菌幸司, 水川葉月, 石橋弘志
2. 発表標題 ジノテフランの海産甲殻類アミに対する慢性影響
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 平野将司, 内田雅也, 富永伸明, 有菌幸司, 石橋弘志
2. 発表標題 汽水産アミAmericamysis bahiaにおけるエクジステロイドシグナル経路のトランスクリプトーム解析
3. 学会等名 環境化学物質 3 学会合同大会 (第30回環境化学討論会、第24回環境ホルモン学会研究発表会、第26回日本環境毒性学会研究発表会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 林 拳士朗, 内田雅也, 富永伸明, 石橋弘志
2. 発表標題 日焼け止め成分の海産甲殻類アミに対する急性毒性影響
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 内田雅也, 石橋弘志, 平野将司, 水川葉月, 成松哲也, 富永伸明, 有菌幸司
2. 発表標題 海産甲殻類アミ(Americamysis bahia)を用いたフィプロニルとその分解物の生体影響評価
3. 学会等名 第23回環境ホルモン学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石橋弘志, 内田雅也, 平野将司, 伊藤一樹, 成松哲也, 水川葉月, 富永伸明, 有菌幸司
2. 発表標題 汽水産アミを用いたバイオアッセイと分子レベルでの解析
3. 学会等名 第24 回日本水環境学会シンポジウム
4. 発表年 2021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	石橋 弘志 (Ishibashi Hiroshi) (90403857)	愛媛大学・農学研究科・教授 (16301)	
研究 分担者	平野 将司 (Hirano Masashi) (20554471)	東海大学・農学部・准教授 (32644)	
研究 分担者	水川 葉月 (Mizukawa Hazuki) (60612661)	愛媛大学・農学研究科・准教授 (16301)	

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