

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03067

研究課題名(和文)人為起源化学物質が沿岸域の基礎生産に及ぼす影響：低栄養や強光との複合影響の解明

研究課題名(英文)Effect of anthropogenic chemicals on primary production in coastal areas: elucidation of combined effects of limiting nutrient and strong light

研究代表者

隠塚 俊満 (Onduka, Toshimitsu)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産技術研究所(廿日市)・主任研究員

研究者番号：00371972

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：抗生物質や除草剤等の人為起源化学物質(AC)は陸域で多用されて河川経由で沿岸域に流入している。本研究で対象海域とした瀬戸内海でACのモニタリング調査を行い、湾奥部や下水処理場付近など高濃度域の特徴を明らかにした。また、ACの海産微細藻類に対する影響を検討し、珪藻が高感受性種であること、ACの影響は強光との複合影響でより強まることを明らかにした。調査した環境水中濃度と既報の予測無影響濃度(PNEC)を比較してACの生態リスクを評価したところ、抗生物質は前述の限られた高濃度域で生態リスクが高くなる一方、除草剤ジウロンはPNEC超過試料が半数を超えており、より広範囲で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

陸域で多用される抗生物質や除草剤等の人為起源化学物質(AC)は河川などを通じて最終的に海洋に到達する。しかし、日本の沿岸海域においてACの生態リスクを評価した事例はほとんどなく、本研究で日本沿岸域におけるACの生態リスクを評価したことに意義がある。また本研究では、生態リスクが高まる湾奥部や下水処理場付近などの高濃度となる海域の特徴や藻類の生長速度を半減させる濃度などの毒性値、強光など藻類に対する毒性が強まる条件を明らかにした。これらの情報は環境省の環境リスク初期評価など、ACの生態リスクを評価する際の基礎資料として活用される事が期待される。

研究成果の概要(英文)：Anthropogenic chemicals (AC) such as antibiotics and herbicides are heavily used on land and enter coastal areas via rivers. We conducted a monitoring survey of AC in the Seto Inland Sea, the target area of this study, and clarified the characteristics of high-concentration areas, such as deep part of the bay and near sewage treatment plants. The effects of AC on marine microalgae were also examined, and it was found that diatoms are highly sensitive species and that the effects of AC are enhanced by the combined effects of AC and intense light. The ecological risk of AC was evaluated by comparing the concentrations in the environmental water studied with the previously reported predicted no-effect concentrations (PNEC). The ecological risk of antibiotics was higher in the limited high concentration area mentioned above, while the herbicide diuron was of concern over a wider area, with more than half of the samples exceeding the PNEC.

研究分野：環境毒性学、環境化学

キーワード：一次生産者 除草剤 抗生物質

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、抗生物質や除草剤等の人為起源化学物質(AC)は陸域で多用されて河川経由で沿岸域に流入し、一部は沿岸域に残存している^{1,2)}。一部の抗生物質や除草剤は植物プランクトンに対して藻類増殖至適条件で極めて低濃度で影響を及ぼす^{3,4)}。実環境中では低栄養や、水質規制が原因の海水清明化による強光などが藻類増殖のストレスとなるため、低栄養や強光など他の要因との複合作用により、ACが植物プランクトンの増殖にもネガティブに働く可能性が想定される。しかし、日本沿岸におけるACのモニタリングや海産植物プランクトンに対するACの影響、低栄養、強光など他の要因との複合作用によるACの影響変化に関する報告例は少ない。

2. 研究の目的

本研究では、実環境中により近い強光等のストレス条件下での、多様な植物プランクトンに対する影響の検討からACが沿岸域の基礎生産に影響を及ぼす可能性を検討する。対象海域とした瀬戸内海におけるAC濃度を測定し、主に検出されるAC濃度レベルを明らかにする。また、分類の異なる複数の植物プランクトン培養株に対するACの感受性の差異を明らかにし、高感受性種など特徴的な種を抽出する。これらの特徴的な種を用いてACの強光との複合影響を検討するとともに、AC暴露時の遺伝子発現状態を検証し、感受性の種間差が生じるメカニズムの解明を目指す。さらに、測定した環境水中AC濃度と毒性値から算出した推定無影響濃度(PNEC)や既報のPNECを比較する事でACの沿岸域における基礎生産へ及ぼす影響を評価する。

3. 研究の方法

(1) 瀬戸内海におけるACの濃度分布調査

湾内での化学物質の動態を検討するため、対象海域の広島湾で2020年5月~2022年3月に水産研究・教育機構所属の調査船こたか丸を用いて表層海水を採取した。河川水の影響を検討するため、福山港および福山港に流入する一級河川芦田川の河口堰上流で2019年11月~2022年10月の期間、毎月表層水を採取した。瀬戸内海沿岸での汚染実態を調査するため、2021年12月~2022年2月および2022年6~7月に和歌山県から広島県の瀬戸内海沿岸表層海水を採取した。

固相抽出には固相カートリッジ Oasis HLB plus (225 mg: Waters 社製) を使用した。固相は使用前にメタノール 10 mL、超純水 10 mL で前処理した。採水した試料 500 mL にサロゲートとしてジウロン-d₆ およびエリスロマイシン-¹³C-d₃ を各 10 ng 添加後、GFCろ紙でろ過し、固相に 5 mL/min でろ液を通水した。その後超純水 10 mL で洗浄し、1 時間空気を通して固相を乾燥後、メタノール 10 mL で抽出した。溶出液はロータリーエバポレーターで濃縮し、内部標準物質としたアトラジン-¹³C₃ を 10 ng 添加後、メタノールで 1 mL にメスアップした。この最終溶液をシリジフィルター (Millex®-LG, 細孔径: 0.2 μm, 直径 4mm: Merck Millipore 製) でろ過し、高速液体クロマトグラフ質量分析計 (LC-MS/MS: LCMS-8030 島津製作所) で分析した。

上記の分析手法で除草剤および抗生物質を 1 または 5 ng 添加して添加回収試験を実施し、回収率が 70-130% の範囲内であった除草剤 3 種 (プロマシル, ジウロン, メトリブジン), 抗生物質 12 種 (アジスロマイシン, クラリスロマイシン, エリスロマイシ, ジョサマイシン, ロイコマイシン, ロキシスロマイシン, スピラマイシン, スルファメトキサゾール, スルファメトキシジアジン, チアムリン, チミルコシン, タイロシン) を分析対象物質とした。添加回収試験の結果から定量下限値を設定した (表 1)。

(2) 植物プランクトン培養株に対するACの毒性影響

OECD 法を海産種に合わせて一部改変し、以下の方法で藻類 (植物プランクトン) 急性生長阻害試験を行った。試験生物として、珪藻 2 種 (スケルトネマ・コスタータム, キートセロス・ロレンジアヌス), 渦鞭毛藻 2 種 (プロロセントラム・シコクエンセ, カレニア・ミキモトイ), ラフィド藻 2 種 (ヘテロシグマ・アカシオ, シャットネラ・アンティーカ) の植物プランクトン 6 種の単離培養株を用いた。カレニアの培養株は国立環境研究所微生物系統保存施設から分譲された株 (NIES-2411) を用いた。日本沿岸域で検出されている化学物質の中で、除草剤 2 種類 (ジウロン, プロマシル) と抗生物質 3 種類 (クラリスロマイシン, クリндаマイシン, アジスロマイシン) を被検物質とした。各化学物質を 0.1 ~ 1,000 μg/L (公比 10, 5 段階濃度) で植物プランクトンに曝露し 24 穴プレートで 3 日間 ~ 7 日間培養した。培養条件は、水温 20 (高水温適応種であるシャットネラのみ 25)、光量子量 120 μmol-photons/m²/sec (明暗周期 L:D=12:12h), 培地は f/2 培地を用いた。培養期間中最も増殖速度が高い 72 時間を選択して細胞日分裂速度を算出し、増殖速度が対照区と比較して半減する濃度、50%増殖阻害濃度 (EC₅₀) を求めた。

また、光合成への影響を検討するため、上記と同様の試験系で 24 時間培養し、パルス変調型蛍光光度計 (WATER-PAM, Walz) を用いて培養光下 (120 μmol-photons/m²/sec) における光化学系 (PS) II から PSI への電子伝達速度 (ETR; Electron Transport Rate) を測定し、増殖阻害濃度と同様にして 50%光合成阻害濃度 (EC₅₀) を求めた。

(3) 高感受性種を用いた AC の強光との複合影響

AC に対する高感受性種スケルトネマを試験生物とし、特に毒性が強かった除草剤ジウロン、抗生物質クラリスロマイシンを曝露し、(2)の光合成阻害試験と同様に 24 時間培養した。24 時間後にパルス変調型蛍光光度計を用いて培養光下(120 $\mu\text{mol-photon}/\text{m}^2/\text{sec}$)および強光下(900 $\mu\text{mol-photon}/\text{m}^2/\text{sec}$)における PSII 全体の光合成収率 YII と PSII 下流の収率 qP をそれぞれ測定した。

(4) スケルトネマおよびヘテロシグマにおける AC 暴露による遺伝子発現

AC の影響試験を実施した結果、AC のうち、特にクラリスロマイシンはスケルトネマの強光感受性を著しく亢進させる一方で、ヘテロシグマの強光感受性への影響は軽微であった。そこで、この 2 種における低濃度(10 $\mu\text{g}/\text{L}$) および高濃度(100 $\mu\text{g}/\text{L}$) のクラリスロマイシン暴露による遺伝子発現変動を RNAseq により網羅的に解析した。スケルトネマおよびヘテロシグマをクラリスロマイシン 0, 10, および 100 $\mu\text{g}/\text{L}$ 添加して 24 日培養した後に回収し、市販キットを用いて全 RNA を抽出した。その後、polyA 付加された RNA についてライブラリを調整し、RNAseq を行なった。それぞれの種について既存の transcriptome sequence assembly を参照配列として、kallisto を用いて mapping を行い、実験区間で発現変動の大きい遺伝子を検出した。

(5) AC の沿岸域における基礎生産へ及ぼす影響評価

(1) で得られた環境水中濃度と既報の PNEC を比較する事で AC の生態リスクを評価した。

なお、より安全側に評価するため既報の PNEC は最小のものを用いた(表 1)。今回得られた藻類に対する毒性値は既報の PNEC 算出時の基準となった毒性値より大きな値であり、今回得られた毒性値を PNEC 算出に反映させても PNEC 値は変化しない事を確認した。

	除草剤			抗生物質					
	プロマシル	ジウロン	メトリブジン	アジスロマイシン	クラリスロマイシン	エリスロマイシン	ロキシスロマイシン	スピラマイシン	スルファメトキサゾール
定量下限値 (ng/L)	2	4	2	6	3	3	6	8	3
検出率(%)	56 (150/266)	54 (143/266)	10 (26/266)	9 (24/266)	21 (57/266)	3 (7/266)	3 (7/266)	1 (2/266)	71 (190/266)
最高検出濃度 (ng/L)	83	79	26	196	203	28	33	8	119
PNEC (ng/L)	281 ⁵⁾	2.0 ⁵⁾	86 ⁵⁾	30 ⁶⁾	50 ⁷⁾	20 ⁸⁾	4,000 ⁸⁾	1,090 ⁶⁾	27 ⁸⁾
PNECを超えた試料数	0	143	0	7	6	1	0	0	10

検出率のカッコ内は(検出試料数/測定試料数)を示す。

表 1. 瀬戸内海沿岸における環境水中除草剤および抗生物質濃度調査結果

4. 研究成果

(1) 瀬戸内海における AC の濃度分布調査

計 266 検体を分析し、検出率はスルファメトキサゾール、プロマシル、ジウロン、クラリスロマイシン、メトリブジン、アジスロマイシン、エリスロマイシン、ロキシスロマイシン、スピラマイシンの順で低くなり(表 1)、その他の分析対象物質は何れの試料からも検出されなかった。

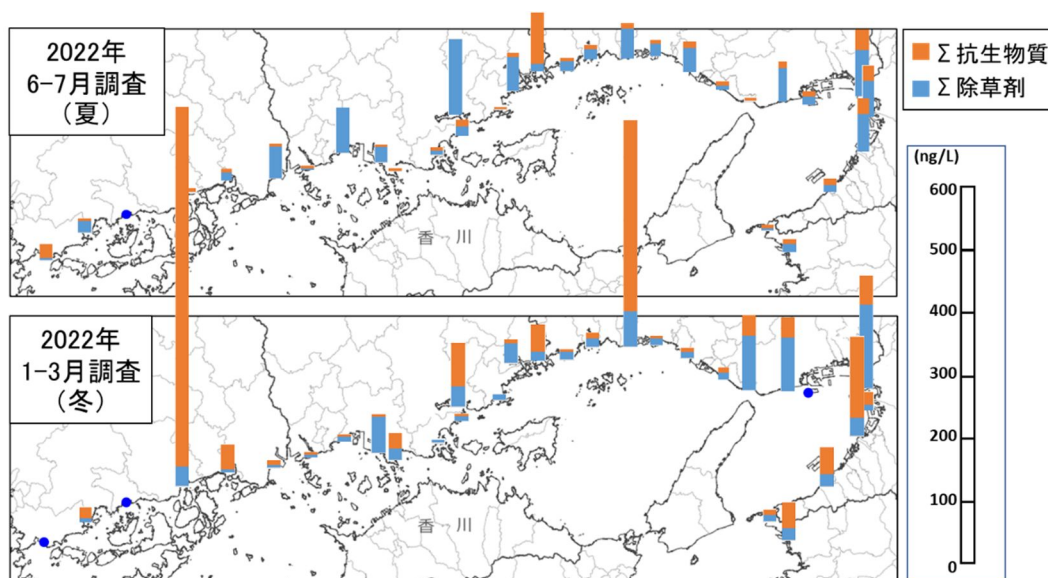


図. 2022 年調査における瀬戸内海沿岸海水中的抗生物質および除草剤の濃度分布

広島湾の環境水中濃度を測定した結果、湾口よりも湾奥が高濃度となる傾向が認められ、一級河川の太田川河口から離れるほど濃度が低くなる傾向が認められた。福山港および芦田川河口堰上流の環境水中濃度を測定した結果、芦田川河口堰上流の方がより高濃度となる傾向が認められ、分析対象物質は河川由来である事が示唆された。瀬戸内海沿岸を調査して夏季と冬季の濃度を比較した結果、抗生物質は冬季の方がより高濃度になる傾向が認められた(図)。大阪府忠岡町、兵庫県姫路市、広島県三原市で抗生物質の合計濃度が 100 ng/L を超えていた。これらの調査地点は下水処理場から 1 km 以内にあり、下水処理水の影響が示唆された。

(2) 植物プランクトン培養株に対する AC の毒性影響

除草剤および抗生物質の植物プランクトン 6 種に対する増殖速度を基にした急性毒性値を表 2 に示す。プロマシルはべん毛藻(渦鞭毛藻+ラフィド藻)より珪藻に対する毒性がやや強い傾向にあるものの、除草剤 2 種類は検討した全ての植物プランクトン種に対し、毒性値が 30 µg/L 未満であった。抗生物質は植物プランクトン種の感受性に顕著な差があり、いずれの抗生物質においてもべん毛藻より珪藻が高感受性であった。特に珪藻スケルトネマは検討したすべての除草剤および抗生物質に対して比較的低濃度で生長が阻害され、高感受性種であった。一方、渦鞭毛藻カレンシアとラフィド藻シャットネラ、ヘテロシグマは抗生物質 1,000 µg/L 暴露区でも増殖阻害がほとんどなく、低感受性種であった。また同じマクロライド系抗生物質でもアジスロマイシンはクラリスロマイシンより毒性が弱かった。

表 2. 除草剤および抗生物質の植物プランクトンに対する増殖速度を基にした急性毒性値 72h EC₅₀ (µg/L)

	50%増殖阻害濃度 (EC ₅₀)	珪藻		渦鞭毛藻		ラフィド藻		
		スケルトネマ	キートセロス	プロロセントラム	カレンシア	シャットネラ	ヘテロシグマ	
除草剤	ジウロン	4.30	7.61	8.16		4.47	4.22	4.81
	プロマシル	4.51	2.64	28.07		5.74	13.06	10.72
抗生物質	クラリスロマイシン	77.68	35.16	928.61	> 1000	> 1000	> 1000	> 1000
	アジスロマイシン	611.86	828.33	> 1000	> 1000	> 1000	> 1000	> 1000
	クリンダマイシン	17.06	105.37	66.95	> 1000	> 1000	> 1000	> 1000

光合成速度 (ETR₁₂₀) を基にした急性毒性値 (表 3) は増殖速度を基にした急性毒性値と同様の傾向が認められた。しかし、除草剤に対する感受性は増殖速度を基にした毒性値は異なり、珪藻よりべん毛藻で感受性が高く、べん毛藻は光合成が阻害されているにもかかわらず増殖速度をある程度維持していると想定された。増殖速度を基にした毒性値と同様に、珪藻スケルトネマは抗生物質に対する感受性が最も高かったが、同じ珪藻のキートセロスに対する毒性は低かった。

表 3. 除草剤および抗生物質の植物プランクトンに対する光合成速度を基にした急性毒性値 24h EC₅₀ (µg/L)

	50%光合成阻害濃度 (EC ₅₀)	珪藻		渦鞭毛藻		ラフィド藻	
		スケルトネマ	キートセロス	プロロセントラム	カレンシア	シャットネラ	ヘテロシグマ
除草剤	ジウロン	7.67	5.19	3.72	0.72	1.62	1.48
	プロマシル	7.29	11.0	3.33	0.97	5.36	6.69
抗生物質	クラリスロマイシン	15.0	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
	アジスロマイシン	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
	クリンダマイシン	43.4	544.7	223.0	>1000	>1000	>1000

(3) 高感受性種を用いた AC の強光との複合影響

毒性影響試験では、珪藻スケルトネマが除草剤や抗生物質に対する高感受性種であることを明らかにした。除草剤ジウロンおよび抗生物質クラリスロマイシンを曝露された際のスケルトネマの光合成収率 (YII, qP) は強光下 (900 µmol-低 photons/m²/sec) において、培養光と同じ光強度下 (120 µmol-photons/m²/sec) よりも毒性値が低下しており (表 4)、強光により化学物質の毒性が強まることが示唆された。除草剤ジウロンでは光強度による毒性値の差は小さいが、抗生物質クラリスロマイシンでは強光下で顕著に毒性値が低下した。つまり珪藻スケルトネマに対する抗生物質クラリスロマイシンの毒性は光環境によって大きく変化すると考えられる。さらにこの強光による毒性誘導は、光化学系 II 全体の収率を示す YII だけでなく、下流の収率を示す qP でもみられることから、これら化学物質は光合成の反応経路の上流部分にあたる光化学系 II 全体またはその下流に何らかの影響を与え、光合成阻害を引き起こしていることが示唆された。

表 4. 除草剤ジウロンおよび抗生物質クラリスロマイシンの高感受性種
スケルトネマ (珪藻) に対する急性毒性値 24h EC₅₀ (μg/L)

各パラメータが非曝露区に対し 50%阻害される化学物質濃度 (珪藻スケルトネマ)	除草剤ジウロン		抗生物質クラリスロマイシン	
	培養光下	強光下	培養光下	強光下
YII (光化学系II全体の収率)	4.27	2.69	14.99	8.43
qP (光化学系II下流の収率)	5.00	2.72	106.29	13.91

(4) スケルトネマおよびヘテロシグマにおける AC 曝露による遺伝子発現

珪藻スケルトネマにおいては、抗生物質クラリスロマイシン曝露により低濃度では 435 遺伝子が、また、高濃度では 3691 遺伝子が、対照区と比較して有意に遺伝子発現量の変動した。これに対してラフィド藻ヘテロシグマにおいては、クラリスロマイシン曝露により低濃度では 168 遺伝子が、また、高濃度では 375 遺伝子が、対照区と比較して優位に遺伝子発現量の変動した。スケルトネマにおけるクラリスロマイシン曝露により発現量の変動する遺伝子が、何れの曝露濃度においてもヘテロシグマにおいて発現変動する遺伝子よりも多かったという結果は、クラリスロマイシン処理による両種の強光感受性の変化と相関があると考えられる。さらに、スケルトネマについて、クラリスロマイシン高濃度曝露で誘導された遺伝子の GO 解析を行なったところ、BLASTP にて既知遺伝子にヒットした遺伝子のうち、39 isoform が光合成関連遺伝子であった。このうち、クラリスロマイシンで発現抑制されたのは 32 遺伝子であり、28 遺伝子は Light-harvesting complex 関連遺伝子であった。これらの結果は、クラリスロマイシン曝露のスケルトネマへの影響が、光合成関連遺伝子の発現抑制を介するものである事が示唆された。

(5) AC の沿岸域における基礎生産へ及ぼす影響評価

既報の PNEC と本研究で測定した海水中濃度を比較した結果、ジウロン、スルファメトキサゾール、アジスロマイシン、クラリスロマイシン、エリスロマイシンが既報の PNEC を超える濃度で検出された (表 1)。抗生物質については PNEC を超過した試料がそれぞれ 10 点以下であり、下水処理場付近や湾奥部の限られた海域で生態リスクが高くなると想定された。一方ジウロンについては、半数以上の試料で PNEC を超過しており、より広範囲で生態リスクが懸念された。

< 引用文献 >

- 1) Kovalakova P, Cizmas L, McDonald TJ, Marsalek B, Feng M, Sharma VK, Occurrence and toxicity of antibiotics in the aquatic environment: A review. *Chemosphere*, 251, 2020, 126351.
- 2) de Souza RM, Seibert D, Quesada HB, de Jesus Bassetti F, Fagundes-Klen MR, Bergamasco R, Occurrence, impacts and general aspects of pesticides in surface water: A review. *Process Safety and Environmental Protection*, 135, 2020, 22-37.
- 3) Minguez L, Pedelucq J, Farcy E, Ballandonne C, Budzinski H, & Halm-Lemeille MP, Toxicities of 48 pharmaceuticals and their freshwater and marine environmental assessment in northwestern France. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 2016, 4992-5001.
- 4) Devilla RA, Brown MT, Donkin M, Tarran GA, Aiken J, Readman JW, Impact of antifouling booster biocides on single microalgal species and on a natural marine phytoplankton community. *Marine Ecology Progress Series*, 286, 2005, 1-12.
- 5) Onduka T, Tanita I, Yamada H, Pollution status and primary risk assessment of eight pesticides in coastal waters around Ishigaki Island, Japan, *Regional Studies in Marine Science* 56, 2022, 102712.
- 6) Vestel J, Caldwell DJ, Tell J, Constantine L, Häner A, Hellstern J, Journal R, Ryan JJ, Swenson T, Wei Xei Xei W, Default predicted no-effect target concentrations for antibiotics in the absence of data for the protection against antibiotic resistance and environmental toxicity, *Integrated Environmental Assessment and Management*, 18, 2022, 863-867.
- 7) Harada A, Komori K, Nakada N, Kitamura K, & Suzuki Y. Biological effects of PPCPs on aquatic lives and evaluation of river waters affected by different wastewater treatment levels, *Water Science and Technology*, 58, 2008, 1541-1546.
- 8) Verlicchi P, Al Aukidy M, Zambello E, Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: removal, mass load and environmental risk after a secondary treatment—a review, *Science of the Total Environment*, 429, 2012, 123-155.

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 0件）

1. 著者名 Onduka Toshimitsu, Tanita Iwao, Yamada Hideaki	4. 巻 56
2. 論文標題 Pollution status and primary risk assessment of eight pesticides in coastal waters around Ishigaki Island, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Regional Studies in Marine Science	6. 最初と最後の頁 102712 ~ 102712
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.rsma.2022.102712	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9件（うち招待講演 0件／うち国際学会 4件）

1. 発表者名 矢野 諒子・隠塚俊満・中川真優菜・小原静夏・小池一彦
2. 発表標題 リン欠乏と強光は瀬戸内海における珪藻Skeletonema costatumの衰退要因として考えるか：強光を防御する仕組みへの影響
3. 学会等名 2022年度日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 矢野 諒子・隠塚俊満・成瀬 将太郎・小原静夏・小池一彦
2. 発表標題 Can recent drastic changes in phytoplankton species in Japanese coastal areas be explained by oligotrophication alone? A proposal to incorporate other extreme changes above the sea surface
3. 学会等名 Unifying Ecology Across Scales, Gordon Research Conference 2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 成瀬将太郎・隠塚俊満・小原静夏・矢野 諒子・小池一彦
2. 発表標題 Growth inhibition of a diatom Skeletonema costatum by solid phase extracts from seawater of the Seto Inland Sea, Japan
3. 学会等名 Joint Aquatic Science Meeting（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小原静夏・隠塚俊満・成瀬将太郎・植木尚子・矢野 諒子・小池一彦
2. 発表標題 Difference in the sensibility for herbicides and antibiotics between marine diatoms and phytoflagellates
3. 学会等名 Joint Aquatic Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 成瀬将太郎・隠塚俊満・小原静夏・川久保綾香・小池一彦
2. 発表標題 人為起源化学物質が沿岸域の植物プランクトンに及ぼす影響
3. 学会等名 2021年度日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小原静夏・隠塚俊満・成瀬将太郎・川久保綾香・藤井 ゆめの・植木尚子・小池一彦
2. 発表標題 Difference of the sensibility for anthropogenic chemicals, herbicides and antibiotics, between diatoms and harmful phytoflagellates
3. 学会等名 19th International Conference on Harmful Algae (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢野 諒子・小原静夏・隠塚俊満・小池一彦
2. 発表標題 瀬戸内海における珪藻 <i>Skeletonema costatum</i> の衰退要因を探る
3. 学会等名 海洋学会海洋生物シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 隠塚 俊満・谷田 巖・山田 秀秋
2. 発表標題 石垣島沿岸域における農薬の生態リスク初期評価
3. 学会等名 令和4年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小原静夏・隠塚俊満・川久保綾香・成瀬将太郎・藤井ゆめの・小池一彦
2. 発表標題 光合成阻害剤（除草剤）および抗生物質が沿岸域の植物プランクトンに及ぼす影響
3. 学会等名 令和3年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020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	小原 静夏 (Ohara Shizuka) (10878276)	広島大学・統合生命科学研究科(生)・助教 (15401)	
研究分担者	小池 一彦 (Koike Kazuhiko) (30265722)	広島大学・統合生命科学研究科(生)・教授 (15401)	
研究分担者	植木 尚子 (Ueki Shoko) (50622023)	岡山大学・資源植物科学研究所・准教授 (15301)	

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