

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11667

研究課題名(和文)海産魚・ジャワメダカ胚による大都市近郊の内湾域底質の影響評価とリスク分布の現状

研究課題名(英文) Evaluation of toxicities and risk distributions in sediment collected in inner bay closed big cities; using sea water fish, Java medaka

研究代表者

宇野 誠一 (Uno, Seiichi)

鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・教授

研究者番号：50381140

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)：ジャワメダカ胚を用いた影響評価法を用いて、東京湾、大阪湾、伊勢湾、博多湾などの都市部内湾域底質のリスク分布を調べた。東京湾では千葉市付近底泥の胚死亡率が高かったものの他の地域底質ではその影響は小さかった。伊勢湾はセントレア近郊の底質で様々な影響が見られ、この周辺域底質は実環境中でも何らかの生物影響が起こっている可能性があると思われた。大阪湾は淀川の負荷が大きく、河口周辺域で高リスクの底質が分布していた。博多湾、洞海湾では一定のリスクが広く連続的に分布しており、今回調査を行った4つの内湾域の中でもっとも底質汚染が進んでいた。その生物影響も懸念されるものであった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都市部海底質に残留する化学物質の種類は多く、物質によっては高濃度で残留することが既に知られている。特に底生生物などに対するこのような化学物質の影響は、懸念されているものの、実際の底質影響リスクは日本ではほとんど明らかになっていない。我々は今の海底質の生物影響リスクを明らかにするために、海産魚胚を用いた底質影響リスク評価法を開発し、現在の都市部内湾域のリスク分布を日本で初めて明らかにした。このような報告例は今まで日本では皆無であると共に、日本の沿岸域底質には一定の生物影響リスクが潜んでいるということを示した重要な情報を示すことができた。今後、その原因物質などにも繋がっていくことが期待できる。

研究成果の概要(英文)：The risk distributions in sediments collected in Tokyo, Osaka, Ise, and Hakata Bays were investigated with Java medaka embryos. In Tokyo Bay, high mortality was observed in embryos exposed to sediments collected near Chiba city, Chiba prefecture. In Ise Bay, several effects were observed in embryos exposed sediments collected around the international airport. We think that their sediments might have a certain effect to the aquatic organisms lived around there. In Osaka Bay, Yodo river possibly have some influence to organisms, and sediments in the estuary showed high risks. Sediments with a certain risk were widely distributed in Hakata and Dokai Bays, and shows most serious toxicities. The risks were suspected the serious effects in the aquatic organisms.

研究分野：環境毒性学

キーワード：底質毒性 ジャワメダカ 魚胚 都市部内湾域 リスク分布

1. 研究開始当初の背景

人間が生活する上で使用された化学物質は僅かながらも水域に入り、最終的に海底質に到達して長期間残留する。現在、都市部や工業地域近郊の海底質には、化学物質が高濃度で残留している地点があり、周囲に生息する水生生物への影響が懸念される。これまで種々の底質影響評価法が試みられているが(例: Rocha et al., 2011)、確固たる評価手法はまだ確立されていない。これは生命維持に水が必須の水生生物に対して、飼育水の役目をする上層水中に溶解する化学物質影響を排除して、「底質のみの影響」を知ることが難しいためである(図1)。よって実環境海底質の生物に対する影響リスクは日本のみならず世界的にも散見される程度であり知られておらず、その生物影響が確認された例もほとんどない。底質上で生物に何らかの異変が認められたときには、その環境が修復不可能な状態に陥っている可能性もあるため、早急に海底質環境影響リスクの現状を把握することが求められている。

近年、底質上層に飼育水を注がず僅かな間隙水を含む人工底質に化学物質を添加し、その底質上で淡水魚のゼブラフィッシュ胚(卵)を飼育して、単一の化学物質影響を行う手法が報告された(Vicquelin et al., 2011)。本法は水域から底質部分のみを切り取った形で生物影響が確認できる(図1)。本法の適用例は全て淡水魚胚を用いたものであり、海産魚胚を用いた

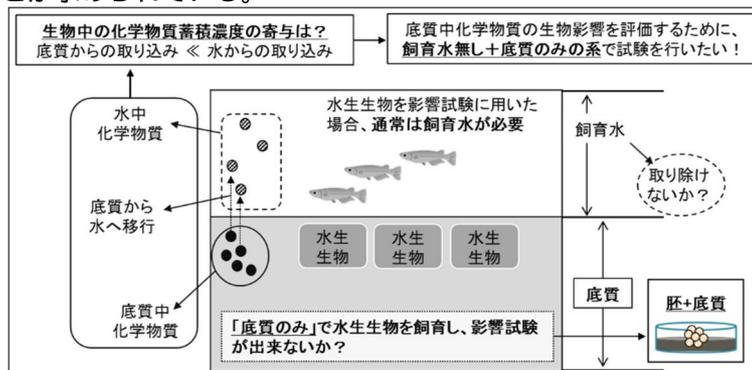


図1.本研究で行う底質影響試験の発想と概念図

例はないが、海産魚胚を用いれば実環境海域で起こり得る影響リスクをより精度良く評価できると考えられた。そこで申請者はゼブラフィッシュに代わり、ヒメダカ(*Oryzias latipes*)胚でもこの底質上での飼育法が流用できることを確認した(Uno et al., 2017)。さらに、ヒメダカの近縁種であり、化学物質に対して感受性が高い海産魚のジャワメダカ(*Oryzias javanicus*)胚を用い、東京湾の数地点から採取した底質に対して Vicquelin らの手法を改良した方法により影響評価を試みた。その結果、海域底質影響リスクをジャワメダカ胚によって高精度に明らかに出来るということを確認した。この結果を受けて、これまで世界でもあまり例のない海産魚胚による野

外海底質影響リスク評価法を確立した。

2. 研究の目的

本研究では、日本でも特に汚染が進んでいる大都市部内湾域底質の影響リスク分布を海産魚のジャワメダカ胚による底質影響試験法により明らかにすることを目的とした。特に、胚発生中の生死、孵化日数、孵化魚の奇形誘発を指標としたリスク評価を重点的に行った。また、将来の発展的な影響評価のために、生体内の機能影響に対する評価法も検討した。

3. 研究の方法

採泥は東京 23 区、川崎市、千葉市などに接する東京湾で 18 カ所、名古屋市などに接する伊勢湾で 11 カ所、大阪市、堺市、神戸市などに接する大阪湾で 4 カ所、北九州市に接する洞海湾 6 カ所と福岡市に接する博多湾 5 カ所で行った(図2)。ただし、博多湾底質は平成 25 年に採取したもの、大阪湾底質は 26~27 年に採取したものを本研究では用いた。東京湾での採泥は 2018 年に、伊勢湾では 2020 年に実施した。採泥はエグマン - パージ採泥器を海岸線から水面下に落として実施した。採取した底質は 1 mm 径のふるいにかけて、風乾した。乾燥後、人工海水に 30 分程度浸して遠心分離し、以下の試験用の僅かに間隙水を含んだ底質を得た。人工海水で湿らせた底質上に当日産卵されたジャワメダカ胚を 20 個静置した。各地点の暴露用底質サンプルは 3 つ(n=3)用意し、影響の再現性を観察した。胚の影響は毎日顕微鏡観察した。底質上で 10 日間胚を暴露した後、各穴に人工海水を注いだマイクロプレートに胚を 1 穴 1 個ずつ移して孵化後 3 日目まで飼育した。本研究では孵化後の仔魚の異常も調べた。試験期間は暴露開始から 30 日間とした。本研究では、OECD が定める底質添加によるユスリカ毒性試験(TG218)に準じて調製した人工底質を対象区用底質として用いた。

4. 研究成果

本研究では比較的多岐にわたり結果が得られたため、ここでは各内湾域における底質リスク分布の現状について主に述べる。

(1) 東京湾の底質影響リスク

東京湾は首都東京以外にも、横浜市、川崎市、千葉市など大都市と接しており、京浜・京葉

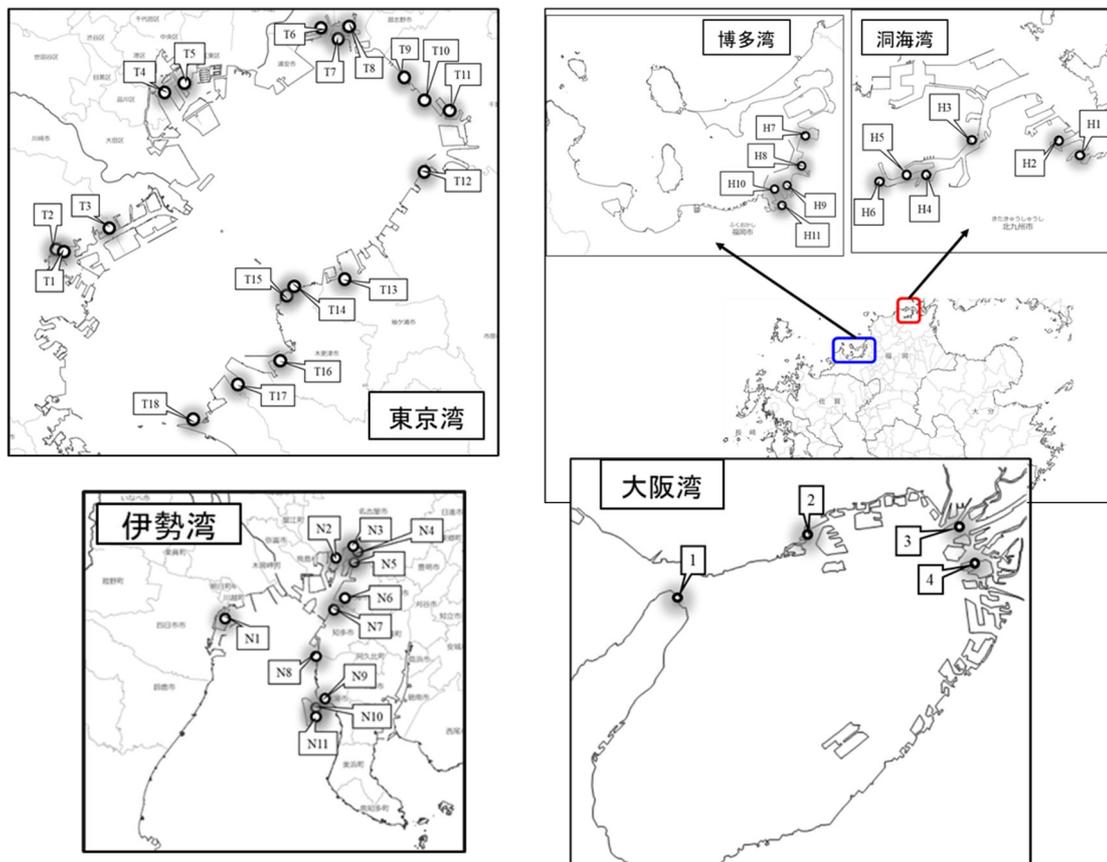


図2. 採泥地点

各工業地帯や首都高速などがその湾の周囲を囲む。人間活動に伴って排出される化学物質の負荷を日本で最も強く受ける可能性がある湾といえる。東京湾では、海岸線の整備が比較的進んでおり、他の水域よりも砂浜が広範囲で維持されていた。もちろん、その多くは人工砂浜なのかもしれないが、千葉県側の海岸線の多くの部分は砂浜で構成されているのではないだろうか。底質に高濃度で残留する物質は、疎水性が強いものほどその傾向が強く、さらに底質の炭素含有量が高い方がその残留性は高くなる。底質の炭素含有量は泥質やヘドロ質の方が一般的に高く、砂質は極めて低い。その結果、砂質底質の化学物質濃度は泥質底質と比べるとかなり低いことが多い。底質中の化学物質モニタリングが行われる際に最も良く対象となる物質群に多環芳香族炭化水素類 (PAHs) がある。アメリカ環境保護庁 (EPA) は特に生物に影響を与える 16 種の PAHs を選定しており、PAHs の汚染レベルはこの 16 種類の濃度の和 (Σ PAHs) で示されることが多い。特に砂質が広がっていた T6 ~ T18 の底質中 Σ PAHs を測定したところ、1.80 - 1799 ng/g-dry であった。T12 (1799 ng/g-dry) や T5 (1228 ng/g-dry) などは多少濃度が高い PAHs が検出される傾向にあったが、極端に濃度が高い PAHs が検出されてはいない。この比較的低い底質中 PAHs 濃度は砂質底質であり、その炭素含有量が小さいために PAHs が高濃度で残留することがなかった、と考えられた。これら千葉県側の底質に暴露されたジャワメダカ胚の死亡率は T8 と T10 を除き 5% 以下 (対象区は 2%) と、これら底質が胚を死に至らしめるような化学物質汚染レベルにはなかったと考えられた。また、何らかの奇形を呈した孵化稚魚もほぼ観察されなかった。このような結果は PAHs の濃度の低さからも伺えるように、砂質であるが故に、底質中の化学物質残留濃度の低さに由来するものと考えられた。ただし、T10 と T8 は異なる傾向にあり、T10 の死亡率は 80% と高く、また T8 もその死亡率が 20% と未孵化率が 13% で合わせて 34% が試験期間中に孵化しなかった。この 2 地点も他の千葉県側と同様に砂質を中心に底質が構成されていたため、これらの場所特有の生物に何らかの影響を及ぼす化学物質の流入および残留があったものと考えられた。東京都 - 神奈川県に接する湾西部では T3 で Σ PAHs が 43689 ng/g-dry と極めて高い濃度で検出されたが、ここの底質に暴露されたジャワメダカ胚では対象区と比べて孵化日数が 2 日程度遅れる傾向にあったくらいで、他に目立った影響は認められなかった。また、T1 も Σ PAHs が 8407 ng/g-dry と高く孵化日数が 21.64 日 (対象区は 16.59 日) と 5 日ほど長くなる傾向にあり、多少底質暴露の影響を受けていたことが伺えた。孵化日数の遅れは胚の発生遅延を及ぼしたと考えられ、生物の成長阻害に繋がる影響ではないかと予想された。東京湾のリスク分布を総括すると、千葉県側の湾奥部に毒性の高い化学物質を含む底質が点在している傾向にあったが、これは地域特異的な化学物質がそこに残留している可能性がある。川崎市周辺ではその孵化日数が最長 5 日長くなる地点があり、生物に成長阻害を引き起こすような物質の残留が疑われた。しかし、その他は千葉県側を中心に砂質が海岸線の広い範囲を覆い、化学物質の残留は全体的にはそれほど大きくないのかもしれない。

(2) 伊勢湾の底質影響リスク

伊勢湾は名古屋市に接する他、中京工業地帯という大規模工業地帯と接する。しかし、今回の調査で特にジャワメダカ胚に影響を及ぼしたのは N10 と N11 の中部国際空港がある埋め立て地付近であり、N10 の孵化率は 64%、N11 は 78%にとどまり、その他の胚は死亡あるいは未孵化であった。また、この対岸の常滑市に位置する N9 もその孵化率は 84%であり、多少の影響はあるのかもしれない。この 3 地点の孵化日数も N10 は 22.2 日、N11 が 21.6 日、N9 が 20.1 日 (対象区 14.9 日) と対象区と比べると 5-7 日程度長くなる傾向が見られた。これらの結果から中部国際空港周辺地域一帯はある程度広い範囲で生物に影響を与えるような化学物質を含む底質が分布していると考えられた。また、これら地点の影響パターンはどれも類似しており、その原因は同じものではないかと考えられた。なお、伊勢湾では東京湾ほど砂質が主の底質が分布しているわけではなかったが、上記 3 地点以外では N7 の孵化日数が 19.0 日と 4 日ほど長くなる傾向を示した以外は目立ったものが見出せなかった。伊勢湾での採泥はある程度限定されてその地点が限られてしまったこともあり、今後追加の調査が必要である。

(3) 大阪湾の底質影響リスク

大阪湾底質に関しては以前、ヒメダカ胚により影響評価を行っている。本研究ではこのヒメダカの結果と、ジャワメダカ胚の相違を調べる主目的で 4 力所のみ、ジャワメダカ胚の影響評価を実施した。O1 に関しては淡路島突端に位置し、ヒメダカ胚の影響もほぼ見られなかった。この底質はジャワメダカもほぼ影響を受けなかった。O2 は神戸市に接する場所であるが、孵化率は 70% (死亡率 10%、未孵化率 20%) と明らかな影響が観察された。このサンプリング地点では造船所などが近くにあるとともに、大きな港や船のドックなどが周囲に点在しており、これらを利用した大型船が一定の汚染負荷源となっている可能性はある。O3 は淀川河口域に位置するが負荷率はわずかに 13%であり、死亡率は 60%に及んだ。淀川は我々の PAHs やその他の化学物質モニタリング調査などでも大阪湾底質汚染の大きな負荷源となっている (Koyama et al., 2013, Miki et al., 2014, S. Uno et al., 2017, Billah et al., 2019)。淀川は大阪市など人口密集域を長距離にわたり流れる大河川であり、ここに流入する化学物質は多種多様であると共にその量もかなりのものと予想される。また、淀川河口域は潮汐の干渉などを受けて、化学物質が溜まりやすい地帯になっており、ここに位置する底質は一定の汚染を受け、高い生物影響リスクを持っていると考えられた。同様に O4 も安部川河口に位置し、この安部川は大阪湾近くで淀川から別れる河川である。この底質に暴露されたジャワメダカ胚は 100%の死亡率が観察され、非常に強い毒性影響リスクを持つ化学物質が残留していることが示唆された。これらの結果を総合すると、大阪湾では、特に湾奥の淀川とその支流が注ぐ河口域周辺域に強い影響リスクを持つ底質が広い範囲で分布していると考えられた。大阪湾は現在も埋め立てと人工島の建設が盛んに行われており、その結果海岸線が複雑化しており、海水の流れがかなり限定されてしまっている可能性もある。結果として高濃度の化学物質に汚染された底質が堆積しやすい構造になっているのかもしれない。

(4) 洞海湾・博多湾の底質影響リスク

今回の調査でもっとも顕著に影響が見られたのは九州北部に位置するこの 2 つの海域であった。その影響評価結果を表 1 に示す。

表 1 洞海湾・博多湾底質に暴露されたジャワメダカ胚の影響

地点	孵化率 (%)	孵化日数 (日)	死亡率 (%)	未孵化率 (%)	奇形率 (%)
Control	80.0±0.0	16.1±1.6	20.0±0.0	0	0
H1	53.3±5.8	23.0±1.4*	46.7±5.8	0	10.0±10.0
H2	66.7±23.1	17.4±3.1	33.3±23.1	0	20.0±10.0
H3	60.0±0.0	21.4±3.9*	30.0±0.0	10.0±0.0	16.7±5.8
H4	36.7±5.8*	21.2±2.9*	63.3±5.8*	0	6.7±5.8
H5	40.0±0.0	20.7±1.6*	60.0±0.0	0	0.0±0.0
H6	80.0±10.0	20.1±2.2*	20.0±10.0	0	23.3±5.8
H7	0.0±0.0	0	100.0±0.0	0	0
H8	80.0±0.0	20.5±2.9*	20.0±0.0	0	26.7±20.8
H9	6.7±11.5	18.0±0.0*	93.3±11.5	0	0.0±0.0
H10	26.7±5.8*	20.9±2.2*	73.3±5.8*	0	13.3±5.8
H11	53.3±15.3	17.6±1.4	46.7±15.3	0	26.7±5.8

表 1 において H1 ~ H6 は洞海湾、それ以外は博多湾の底質影響評価を示す。今回の影響評価の結果、洞海湾底質では 20% ~ 63%と高い死亡率が観察された。洞海湾は工場地帯に囲まれる非常に狭い海域である。昭和の時代から、日本一汚染が進んだ水域といわれ、その水質改善も進められた、とされるが、現在においても高い生物影響リスクを持つ底質が潜在的に、しかも湾一帯で

分布していることが示唆された。一方博多湾においては、湾内西側海岸が砂地であり、その影響は小さいと予想して、東側を重点的に調査した。その結果、H7では死亡率が100%、H9が93%、H10が73%と試験に供した大半の胚が死に至らしめられた。また、H11も47%の死亡率、H8も20%の死亡率を示した。この結果から博多湾東側も強い影響リスクを持つ底質が広く分布していることが示唆された。これら九州北部の地域は砂質海岸も広く分布するが、一方で泥質、ヘドロ質の底質も容易に見出せる。この泥地などの地点は高い濃度で化学物質が残留している可能性が考えられた。また、他の都市部海岸域と比較するとその底質保全策は遅れていると言わざるを得ない結果となった。

(5) まとめ

本研究では東京湾、伊勢湾、大阪湾、洞海・博多湾といった日本でも有数の都市部に近接した内湾域で採取された底質をジャワメダカ胚による影響試験に供し、各水域における底質影響リスク評価を行った。その結果、特に洞海・博多湾の影響リスク分布はかなり深刻な状況であった。また、大阪湾に注ぐ淀川とその支流の河口域周辺も高いリスク分布が見られた。このような実際の海域における影響リスク分布を示した例は国内では初めてだと思われる。今後、さらにこのような調査を全国に広げていき、ホームページなどで日本底質影響リスク分布図を公表して、その改善を促すきっかけにしたいと考えている。

<参考文献>

- Billah, M.M., Kokushi, E., Uno, S., 2019. Distribution, Geochemical Speciation, and Bioavailable Potencies of Cadmium, Copper, Lead, and Zinc in Sediments from Urban Coastal Environment in Osaka Bay, Japan. *Water, Air, Soil Pollut.* 230. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4196-8>
- Koyama, J., Kitoh, A., Nakai, M., Kohno, K., Tanaka, H., Uno, S., 2013. Relative contribution of endocrine-disrupting chemicals to the estrogenic potency of marine sediments of Osaka Bay, Japan. *Water, Air, Soil Pollut.* 224. <https://doi.org/10.1007/s11270-013-1570-9>
- Miki, S., Uno, S., Ito, K., Koyama, J., Tanaka, H., 2014. Distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons and alkylated polycyclic aromatic hydrocarbons in Osaka Bay, Japan. *Mar. Pollut. Bull.* 85, 558–565. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.04.004>
- Rocha, P.S., Bernecker, C., Strecker, R., Mariani, C.F., Pompêo, M.L.M., Storch, V., Hollert, H., Braunbeck, T., 2011. Sediment-contact fish embryo toxicity assay with *Danio rerio* to assess particle-bound pollutants in the Tietê River Basin (São Paulo, Brazil). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 74, 1951–9. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.07.009>
- Uno, Seiichi, Kokushi, E., Kawano, M., McElroy, A.E., Koyama, J., 2017. Toxic evaluations of sediments in Tokyo Bay, Japan, using Japanese medaka embryos. *Environ. Sci. Pollut. Res.* <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7581-5>
- Uno, S., Tanaka, H., Kokushi, E., Bacolod, E.T., Koyama, J., 2017. Distributions of nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediment of Osaka Bay, Japan. *Mar. Pollut. Bull.* 124. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.062>
- Vicquelin, L., Leray-Forget, J., Peluhet, L., LeMenach, K., Deflandre, B., Anschutz, P., Etcheber, H., Morin, B., Budzinski, H., Cachot, J., 2011. A new spiked sediment assay using embryos of the Japanese medaka specifically designed for a reliable toxicity assessment of hydrophobic chemicals. *Aquat. Toxicol.* 105, 235–245. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2011.06.011>

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 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Billah, M.M., Kokushi, E. & Uno, S	4. 巻 230
2. 論文標題 Distribution, Geochemical Speciation, and Bioavailable Potencies of Cadmium, Copper, Lead, and Zinc in Sediments from Urban Coastal Environment in Osaka Bay, Japan.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Water Air Soil Pollut	6. 最初と最後の頁 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11270-019-4196-8	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 Billah, M.M., Kokushi, E. & Uno, S	4. 巻 22
2. 論文標題 Metal bioavailability and bioaccumulation in the polychaete <i>Perinereis nuntia</i> : relationship between predictions using chemical analysis and accumulation through actual exposures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 環境毒性学会誌	6. 最初と最後の頁 41-52
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 該当する
1. 著者名 宇野誠一、中山系、橋本百花、河合兆治、國師恵美子	4. 巻 54
2. 論文標題 ジャワメダカ胚を用いた広島湾底質のリスク影響評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 マリンエンジニアリング	6. 最初と最後の頁 860 - 864
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5988/jime.54.860	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 河合 兆治, 國師 恵美子, 宇野 誠一	4. 巻 54
2. 論文標題 海産魚類に対する沿岸域底質影響評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 マリンエンジニアリング	6. 最初と最後の頁 865 - 870
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5988/jime.54.865	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 3件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 今村和貴、本田匡人、鈴木信雄、國師恵美子、宇野誠一
2. 発表標題 金沢市河北潟周辺域底質の生物影響評価と化学物質汚染との関連性
3. 学会等名 第1回環境毒性学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宇野誠一
2. 発表標題 バイオアッセイの未来～底質汚染・メタボロミクスの観点から
3. 学会等名 第23回日本水環境学会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Seiichi Uno, Miki Yamashita, Emiko Kokushi, Machi Kawano
2. 発表標題 Evaluation of Sediment toxicities in the Ariake Sea, Japan, using marine medaka embryos
3. 学会等名 SETAC Europe 29th Annual Meeting（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seiichi Uno, Momoka Hashimoto, Emiko Kokushi
2. 発表標題 Toxicity evaluations of sediments in coastal area closing to a million cities in Japan using fish embryos
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 宇野誠一
2. 発表標題 魚杯を用いた沿岸域底質影響評価
3. 学会等名 日本マリンエンジニアリング学会第5回ワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇野誠一、安樂和彦、中村周太郎、國師恵美子
2. 発表標題 ジャワメダカ胚を用いた底質中酸化多環芳香族炭化水素類の影響評価
3. 学会等名 第24回日本環境毒性学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Seiichi Uno
2. 発表標題 Polycyclic aromatic hydrocarbons derived from exhaust gas and oil spill in aquatic environment
3. 学会等名 Understanding Present Environmental Situation of Marginal Sea(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seiichi Uno, Miki Yamashita, Emiko Kokushi, Machi Kawano
2. 発表標題 Evaluation of Sediment toxicities in the Ariake Sea, Japan, using marine medaka embryos
3. 学会等名 SETAC North America 39th Annual Meeting(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Seichi Uno, Shutaro Nakamura, Emiko Kokushi, Machi Kawano, Kazuhiko Anraku
2. 発表標題 Assessment of cardiac toxicities in embryos of marine medaka exposed to oxygenated PAHs spiked into artificial sediment
3. 学会等名 SETAC North America 39th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

鹿児島大学水産学部附属 海洋資源環境教育研究センター 環境保全学研究室のホームページ http://aquatox-kagoshima.com/

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	國師 恵美子 (Kokushi Emiko) (90714866)	鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・助教 (17701)	

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