

4 研究内容

4. 1 研究課題名： 瀬戸内海底質が水生生物に与える影響

4. 2 共同研究者名：

代表者：宇野誠一（鹿児島大学水産学部）

分担者：松尾純平（鹿児島大学大学院連合農学研究科）

福上周作（鹿児島大学大学院連合農学研究科）

竹下諒（鹿児島大学大学院農林水産学研究科）

拠点構成員：仲山慶（愛媛大学沿岸環境科学研究センター）

4. 3 研究目的

我々の生活・活動に伴って様々な化学物質が環境中に放出されている。その多くは海域に到達し、最終的に海底質に堆積する。堆積した化学物質の中には、長期にわたり高濃度で残留するものもあり、そこに生息する底生生物に対する影響が懸念される。これまで海底質中の化学物質モニタリングは数多く行われているが、化学物質に汚染された底質が水生生物にどのような影響を実環境で与えているかを明確に示した研究例は少なく、日本国内においてはその現状はほとんど把握されていない。

我々は「化学汚染・沿岸環境研究拠点」共同研究において、瀬戸内海の広島市近郊の広島湾、西条市～新居浜市近郊の燧灘、松山市近郊の伊予灘の沿岸域で得た底質に対して、海産魚ジャワメダカの胚を利用して生物影響リスクを調べてきた。中でも燧灘沖での底質影響リスクは高く、ある種の化学物質が燧灘底質中に一定濃度残留して、一定の生物影響を与えている可能性が考えられた。

これまでの底質モニタリング研究の多くで、多環芳香族炭化水素類（PAHs）や重金属類が対象とされることが多かった。これは Long ら（1995）によって底質中の PAHs および重金属に対して、そのリスク濃度が示されており、これら物質群によるその地域の影響リスク評価が比較的容易に実施できる、ということが大きく起因していると考えられる。そこで 2022 年度はこれまで調査を行って最も影響リスクが高かった燧灘底質において PAHs および重金属濃度を測定し、これら物質を指標とした各採泥地点の生物影響リスクを検証した。

4. 4 研究方法

2018年に燧灘の今治、西条、新居浜市に接した10地点（図1）から採取した底質を1mm径のふるいで篩った後、室温で風乾した。その後、Uno et al (2017)の方法によってPAHsおよび重金属を分析した。重金属は生物利用能を考慮して一般的な硝酸を用いた抽出法ではなく、塩酸を用いた手法を用いた。対象としたPAHsはナフタレン、アセナフチレン、アセナフテン、フルオレン、フェナントレン、アントラセン、フルオランテン、ピレン、ベンゾ(a)アントラセン、クリセン、ベンゾ(b)フルオランテン、ベンゾ(k)フルオランテン、ベンゾ(a)ピレン、ベンゾ(g,h,i)ペリレン、ジベンゾ(a,h)アントラセン、インデノ(1,2,3-cd)ピレンの16種、重金属は銅、亜鉛、鉛、カドミウムの4種類であった。



図1. サンプルング地点

4. 5 研究成果

4. 5. 1 PAHs 分布

水域に残留するPAHsは工場や自動車の排ガス由来のものや、タンカーやその他船舶からわずかながら漏れ出る燃料油由来のものがほとんどだと考えられる。本調査で対象とした燧灘は新居浜の海岸線に広く工場地帯が分布しており、海上からもその工場群から煙が上がる様子が確認できた。また、船舶の往来も比較的多く見られた。そのような状態から考えると、ある程度PAHsの負荷が海域に及んでいるのではないかと考えられた。また、このような工場地帯に隣接する海岸線の底質にはPAHsが高濃度で残留している地点が度々報告されている。そこで、本研究でも底質中PAHs濃度を測定し

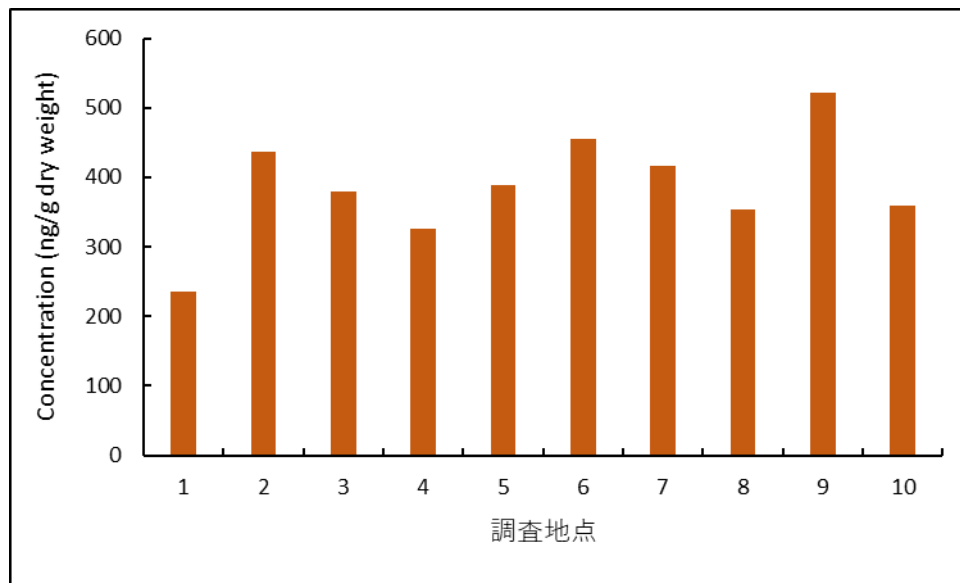


図2 燧灘底質中ΣPAH濃度

た。図1の各地点で得られた16PAHs(ΣPAH)の合計濃度の分布を図2に示す(n=2)。ΣPAHが最も高く検出されたのは地点番号9であり、その濃度は522 ng/g dry weightだった。燧灘におけるこの地点とその他の地点のΣPAH濃度はあまり高い濃度とは言えない。例えば、以前我々が調査をした大阪湾では最も高いΣPAH濃度は6938 ng/g dry weightであり、幾つかの地点で1000 ng/g dry weightを越えるところがあった。燧灘に接する陸域の人口と大阪湾に接する人口とは大きく差があるため、人間活動の活発さがそのままPAHの底質中濃度に反映した可能性もあるが、以下に示すリスクの観点から見ても、燧灘はあまりPAHsの汚染負荷は受けていないと考えられた。

前述したLongら(1995)が提唱した底質中PAHsのリスクがあるとする濃度を表1に示す。PAHsのリスクを検証する際にはこのLongらの値を引用することが多い。このERL(10%の生物に影響を及ぼす濃度)、ERM(50%の生物に影響を及ぼす濃度)と比較すると、燧灘の調査地点のΣPAH濃度は最も検出濃度が高かった地点番号9でも1/8程度であり、その他の地点はさらに低かったため、底質中PAH群が複合的に底生生物に底生生物に影響を与えている可能性は高いと考えられた。個々のPAHごとに見ても、いずれの地点でも対象とした16種のPAHのERL、ERMの値を超えたところはない。2021年度に既に報告した同地域の調査において、ジャワメダカ胚のリスク評価を実施したが、10地点の中でリスクが比較的小さい方であった調査地点5、6、7におけるPAHs濃度が明瞭に低いということはなく、また、リスクが高かった調査地点

表 1 底質中 PAHs の ERL と ERM

	ERL	ERM
Naphthalene	160	2100
Acenaphthylene	44	640
Acenaphthene	16	500
Fluorene	19	540
Phenanthrene	240	1500
Anthracene	85.3	1100
Fluoranthene	600	5100
Pyrene	6654	2600
Benzo(a)anthracene	261	1600
Chrysene	3384	2800
Benzo(b)fluoranthene	-	-
Benzo(k)fluoranthene	-	-
Benzo(a)pyrene	430	1600
Benzo(g,h,i)perylene	-	-
Dibenzo(a,h)anthracene	63.4	260
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	-	-
Σ PAH	4022	44792

Long et al (1995)

単位：ng/g dry weight

ERL: 10%の生物に影響を及ぼす濃度

ERM: 50%の生物に影響を及ぼす濃度

1 では PAHs 濃度が最も低かった。これらの結果を総合的に考えると、燧灘において底質中に残留 PAHs が底生生物などに影響を与える可能性はあまり高くないと考えられた。

4. 5. 2 重金属類分布

本調査では調査対象とする重金属を、その生物影響の大きさを鑑みて、銅、亜鉛、鉛、カドミウムとした。これらの重金属類は、先に述べた Long ら (1995) がやはり ERL、ERM のリスクデータを掲げている。各地点における底質中重金属濃度を図 3 に示す (n=2)。

重金属に関しては St. 5 において銅、亜鉛、鉛で調査地点 10 地点の中では高い濃度で検出されたが、これは全て、ERL 値よりも低い値であった。また、鉛は調査地点 10 で他

の地点と比べると高い濃度で検出されたが、これも ERL よりも低い値であった。ここに掲げた重金属類と 2021 年度に報告したジャワメダカ胚のリスク評価の結果を照らし合わせると、いずれの重金属類も明瞭な相関は見出せなかった。これらを総合して考えると、今回測定対象とした 4 種の重金属類も PAHs 同様に燧灘の底生生物に影響を与えるリスクは小さいと考えられた。

5. 今後の課題

2021 年度に示した、ジャワメダカ胚における底質リスク評価において、燧灘では比較的高い生物影響リスクがある海域であると予想された。このリスクは恐らく、燧灘底質中に残留する何らかの化学物質が原因となっていると考えられる。燧灘は、日本の沿岸域でも比較的化学物質モニタリングが実施されている地域といっても良く、例えば重金属 (Hoshika & Shiozawa, 1984)、農薬 (Kagonga ら, 2017、Chidya ら, 2022)、

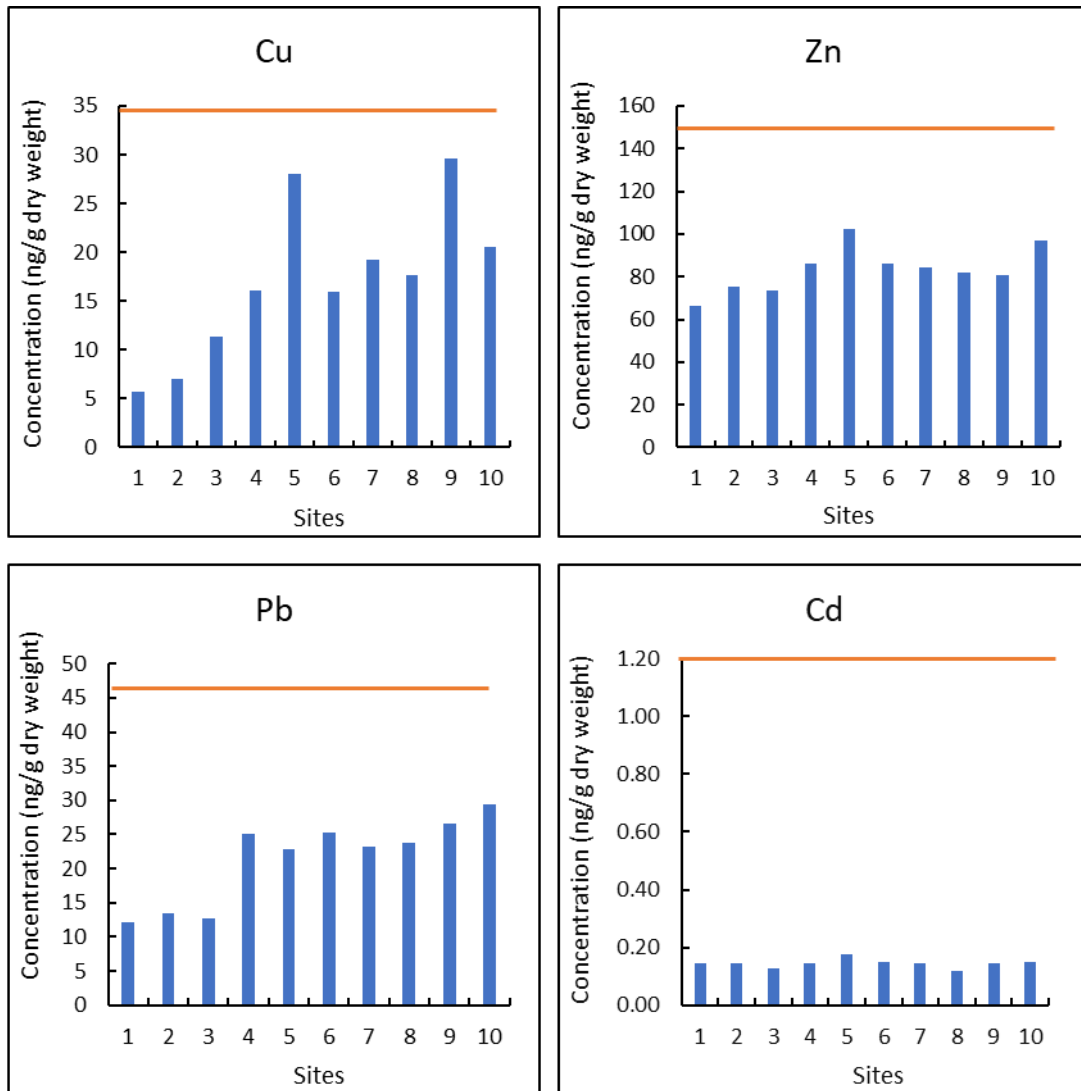


図3 燧灘底質中の重金属濃度
赤いラインはLongら（1995）が提唱するERLに相当する濃度

PAHs (Tsuji ら, 2022) などが報告されているが、燧灘内で複数点においてモニタリング調査をしている例はあまりない。また、燧灘におけるベントスの調査なども散見され、例えば辻野 (2008) の調査はかなり詳細に行われているが、化学物質の底質汚染と直接結びつけるデータには欠ける。そのため、今後、燧灘の底質影響リスクの要因となっている物質を突き止めるには、改めて化学物質モニタリングをしながら生物影響リスクと関連させて探索する必要があるかもしれない。そのため、今後、さらに化学物質モニタリング情報を積み重ねていく必要がある。

参考文献

Chidya, R., Derbalah, A., Abdel-Dayem, S., Kaonga, C., Tsuji, H., Takeda, K., Sakugawa, H. (2022) Contamination, dynamics, and health risk assessment of pesticides in seawater and marine samples from the Seto Inland Sea, Japan. *Environmental Science and Pollution Research* 29. 67894-67907.

Hoshika, A., Shiozawa, T. (1984) Sedimentation rates and heavy metal pollution of sediments in the Seto Inland Sea. *Journal of the Oceanographical Society of Japan* 40. 334-342.

Kaonga, CC., Takeda, K., Sakugawa, H., Yamazaki, H. (2017) Pesticides and heavy metals in sediment core samples from a coastal area in Japan. 51. 525-536.

Long, ER., MacDonald, DD., Smith, SL, Calder, FD. (1995) Incidence of Adverse Biological Effects Within Ranges of Chemical Concentrations in Marine and Estuarine Sediments. *Environmental Management* 19. 81-97.

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. *Marine Pollution Bulletin* 85. 558-565.

Tsuji H., Akiyoshi, Y., Asakawa, D., Nakashita, S., Iwamoto, Y., Sakugawa, H. (2022) Dynamics and Mass Balance of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in and Around the Seto Inland Sea, Japan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 82. 467-480.

辻野 睦 (2008) 燧灘および備後灘におけるベントスによる底質環境評価. *日本水産学会誌* 74. 1043-1051.

Uno, Seiichi, Kokushi, Emiko, Kawano, Machi, McElroy, Anne E., Koyama, Jiro

(2017) Toxic evaluations of sediments in Tokyo Bay, Japan, using Japanese medaka embryos. *Environmental Science and Pollution Research*. 24. 27702-27709.