

研究論文

浦ノ内湾の干潟の生物多様性の現状と保全

黒葛原伶人¹⁾・高木 響²⁾・松田佑人¹⁾・金谷 弦³⁾・三浦 収¹⁾*

要 旨

生物多様性の保全や持続的の利用は、現代社会における主要な課題の一つである。この課題の解決には、生物多様性の基礎情報である生物分布状況の把握が不可欠である。しかしながら、特に四国の干潟生態系においては、多様性の基礎情報が十分に把握されていないのが現状である。四国における生物多様性の基礎情報を充実させるため、本研究では、高知県にある浦ノ内湾において干潟底生生物の多様性調査を行った。浦ノ内湾の広域に設置した15地点から12,291個体の底生生物を採集したところ、合計101種が確認された。クラスター解析の結果、浦ノ内湾の底生生物群集は3つのグループに分けられることが明らかになった。それぞれ、グループAは塩分の低い地点、グループCは底質の細かい地点、そしてグループBはそれ以外の広域で観察された。SIMPER分析の結果、これらのグループは、主にウミナシ類やフジツボ類の出現パターンにより特徴づけられていることが明らかになった。また、底生生物の多様性と環境要因との関りを重回帰分析により検証した結果、多様性と底質粒度に正の有意な相関がみられた。底質粒度は酸化還元電位とも強く相関していたため、粒度の大きい底質及びそれに伴う酸化的な環境が、多くの底生生物にとって好適な環境を作り出していることが考えられる。最後に、本調査によって、17種の希少種が観察された。その中でも、近年著しい減少が報告されているムラサキガイが浦ノ内湾の湾口部に高頻度で分布していることが分かった。本研究により、浦ノ内湾には、希少種を含む多くの底生生物が分布していることが明らかとなった。本研究で得られた結果は、干潟生物の保全や利用を進めるための基礎情報を提供するだけでなく、今後30年以内の襲来が予想されている南海トラフ地震及びそれに伴う津波前の貴重な生態データになると考えられる。

キーワード： 生物多様性、底生生物、浦ノ内湾

近年、生物多様性の重要性が強く認識されるようになってきた。1992年には生物多様性条約が締結され、さらに国連が提唱する持続可能な開発目標 (SDGs: Sustainable Development Goals) においては、生物多様性の保全が達成目標の根幹に据えられている。生物多様性は、生態系サービスを通して人間の生活と密接にかかわっているのみならず (中静 2017)、生態系の生産性や安定性を決定する重要な要因となっている (Johnson et al. 1996, Yachi and Loreau 1999)。そのため、生物多様性の維持・決定機構の解明は、生態学においても重要な課題の1つとして位置づけられている (Yachi and Loreau 1999, McCann 2000)。

干潟においても、生物多様性の維持は環境浄化作用や水産物の生産性の向上につながる事が報告されている。例えば、ヨシ原及び貝類群集は、栄養塩や懸濁有機物の除去に重要な役割を果たしている (細川 1991)。また、三河湾では、アサリ *Ruditapes philippinarum* による摂食圧の上昇が赤潮の減少をもたらすことが指摘されている (中嶋ら 2014)。さらに、干潟に形成される藻場は様々な生物の産卵場や幼生成育の場であり、特定の生物にとっては生育に不可欠な環境である。東京湾では、約60種の海水魚が稚魚期の一時期を干潟で過ごすことが報告されている (加納ら 2000)。また、三河湾においては76種の漁獲対象種 (魚類・頭足類・甲殻類) の幼生が干潟を一時滞在場所として利用していることが報告されている (佐々木 2003)。干潟は幼生に隠れ場所を提供するだけでなく、そこに生息する多様な底生生物が漁獲対象種の餌となることが、安定同位体解析からも明らかになっている (佐々木 2003)。

生物多様性を保全し利用するためには、多様性の

2022年7月21日受付；2022年12月15日受理

1) 高知大学農林海洋科学部

〒783-8502 高知県南国市物部乙200

2) 高知大学大学院総合人間自然科学研究科

〒783-8502 高知県南国市物部乙200

3) 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

* 連絡責任者 e-mail: miurao@kochi-u.ac.jp

現状を把握することが不可欠である。しかし、生物多様性調査には多大な時間と労力がかかるため、十分な把握がなされていないのが現状である。環境省が実施するモニタリングサイト1000などの調査を通して状況は改善しつつあるが（環境省 2022）、四国においては調査サイトの設置がなく情報の整理が行き届いていない状態である。高知県には浦戸湾と浦ノ内湾という大きな2つの入り江がある。そのうち浦戸湾では、2020年に生物多様性調査が行われ、浦戸湾広域に及ぶ20地点70調査ポイントから89種の底生生物が記録された（高木ら 2022）。一方で、浦ノ内湾では特定の希少種に焦点を当てた研究や（伊谷ら 2016）限られた地点数の調査は行われているものの（三浦ら 2017）、底生生物の多様性の全容は依然として明らかではない。そこで本研究では、浦ノ内湾の干潟生物の多様性を明らかにするために、浦ノ内湾の広域において底生生物の分布調査を行った。さらに、環境要因と生物多様性の関連性について検討するため、採集地点の底質や塩分の記録も行った。

材料と方法

2021年3月から6月にかけての大潮干潮時に、高知県浦ノ内湾にて生物相調査及び環境調査を行った。浦ノ内湾の海岸線全域を一周するように15地点の調査地を設けた（Fig. 1、Table 1）。調査は生物の調査を行う調査者3名と環境調査や底質の採集を

行う調査者1名で行った。各調査地点において潮間帯上部から下部へ1本から3本のラインを引き、ライン上に上部・下部の調査サイトを設定した。ただし、調査地点の状況により上部・下部のどちらか一方の場合もあった。各調査サイトでは3か所の調査

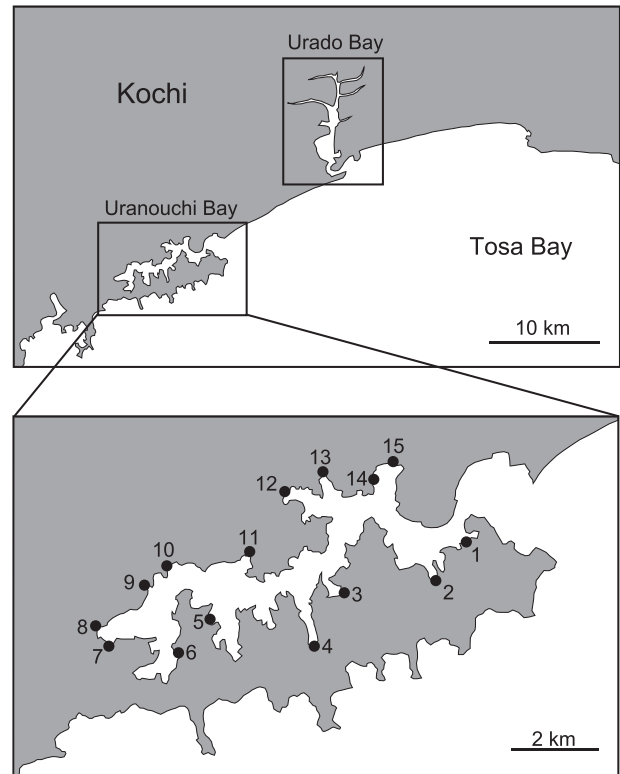


Fig. 1. Map of the coast around Tosa Bay (upper) and Uranouchi Bay (lower). The dots indicate the sampling sites.

Table 1. Sampling localities in this study. Geographical coordinates, the number of research points in the sites, sampling date, the number of species observed and the number of analyzed individuals are shown in the table. The average values of environmental data [salinity, oxygen reduction potential (ORP, mV), and grain size (μm)] are also shown for each site.

Site	Latitude	Longitude	No. points	Date	Species	No. individuals	Salinity	ORP	Grain size
1	33°25'59.9N	133°26'21.8E	15	2021.03.29	38	420	14.5	166.6	624.2
2	33°25'36.8N	133°26'00.1E	18	2021.03.30	47	1761	19.3	149.8	634.4
3	33°25'28.4N	133°24'27.8E	12	2021.03.31	21	1042	22.4	184.3	860.6
4	33°24'52.6N	133°24'12.3E	18	2021.04.01	35	2367	23.3	153.9	713.4
5	33°24'43.5N	133°23'08.0E	15	2021.04.26	25	701	24.2	110.7	596.5
6	33°24'35.6N	133°22'09.2E	12	2021.04.27	21	1010	23.8	120.9	785.8
7	33°24'51.9N	133°21'10.8E	9	2021.05.13	22	502	22.0	112.1	501.8
8	33°24'58.7N	133°21'02.3E	6	2021.06.01	12	1071	21.3	-38.5	310.2
9	33°26'58.7N	133°25'15.9E	12	2021.06.22	28	831	20.1	81.0	842.9
10	33°26'43.6N	133°25'04.6E	6	2021.06.22	14	405	6.1	163.7	643.9
11	33°25'48.2N	133°22'06.6E	6	2021.06.23	13	37	17.1	147.3	598.9
12	33°25'34.8N	133°21'42.9E	12	2021.06.23	23	585	17.0	77.9	681.3
13	33°25'54.7N	133°23'10.6E	12	2021.06.24	30	410	20.2	61.2	685.1
14	33°26'46.7N	133°24'16.6E	12	2021.06.25	32	764	21.7	112.4	752.2
15	33°26'37.0N	133°23'47.1E	6	2021.06.25	28	385	22.4	150.8	907.5

ポイントを設定した。各ポイントに50 cm四方のコドラートを設置し、そこにいる表在生物をすべて採集して種の同定を行った。その後、コドラートの中に直径20 cmの枠を設置して、深さ20 cmまでの枠内の底質を掘った。その底質を2 mmメッシュのふるいにかけて埋在生物を捕獲し種の同定を行った。表在生物も埋在生物もその場での同定が困難な個体に関しては研究室に持ち帰り種の同定を行った。環境調査に関しては各ポイントのコドラート内において底質の酸化還元電位 (ORP) をORP計 (EcoSense ORP15A、YSI社製) で測定した。さらに底質を約10 cm掘り、浸みだした間隙水の塩分を電気伝導計 (EcoSense EC300A、YSI社製) で測定した。また、各ポイントの土を持ち帰りふるい分けを行い底質の粒度組成を評価した。ふるいはタイラーの標準ふるい (2 mm、1 mm、0.5 mm、0.25 mm、0.125 mm、0.063 mm) を用い、0.063 mmのふるいを通り抜けたものに関してはシルクトレイとした。GRADISTAT (Blott and Pye 2001) を用いて中央粒径値をFolk and Ward (1957) の方法に従って算出した。

各調査地点における出現種数をまとめると共に Shannon-Wienerの多様度指数 (H') を算出した。また、浦ノ内湾の底生生物の群集構造を把握するためにクラスター解析を行った。各調査地点の各種の出現個体数を用いてMorisitaの類似度指数 ($C\lambda$) を算出し、その類似度を基に非加重結合法 (UPGMA)

により樹状図を作成した。さらに、Similarity percentage analysis (SIMPER) 分析 (Clarke 1993) を用いてクラスター解析により見出された主要なグループを分ける要因を特定した。

干潟内の環境要因 (粒度・塩分・酸化還元電位) と多様度指数との関連性を見るために、重回帰分析を行った。多重共線性を回避するために環境要因の間に線形の関係があるかどうかを調べたところ、ORPと粒度の間に有意な相関がみられた (Table 2)。そのため、ORPを解析から除き、多様度指数と粒度・塩分との関連性について評価した。

結果

高知県浦ノ内湾に設けた各調査地点では12 - 47種の底生生物が観察された (Table 1)。観察された総種数は101種 (Table 3)、総個体数は12,291個体であった。各調査ポイントにおける種数は1 - 14種であった (Fig. 2 A)。各調査ポイントにおける多様

Table 2. The results of the linear regression analyses among the three environmental variables. The lower left table indicates F values, and the upper right table indicates P values.

	Salinity	ORP	Grain size
Salinity	-	0.73	0.44
ORP	0.13	-	< 0.01
Grain size	0.60	8.62	-

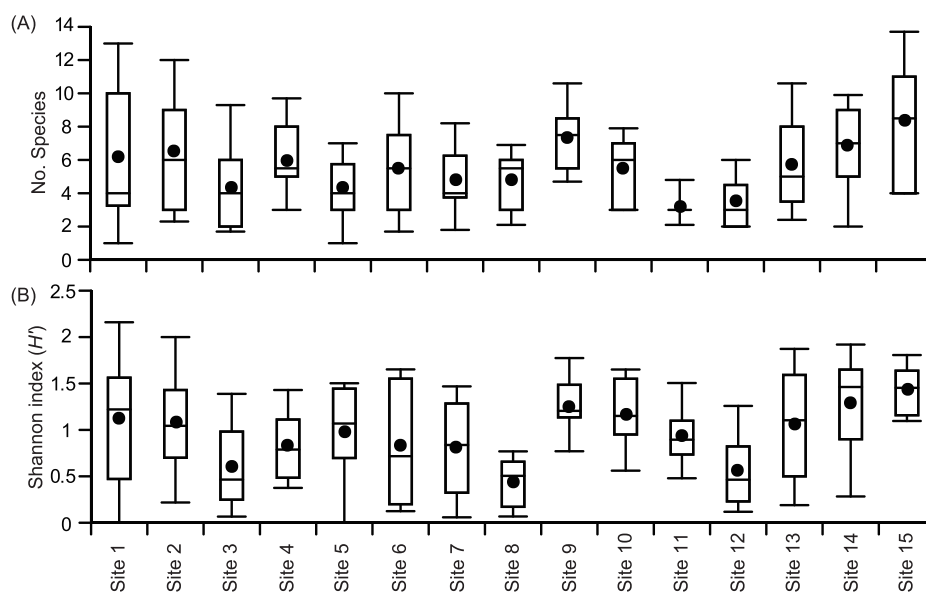


Fig. 2. Species diversity at each site of Uranouchi Bay. (A) The number of species observed at each site. (B) Shannon index (H') calculated for each site. The box plots depict median (line), interquartile range (box), and general data range (whiskers). The dots indicate the arithmetic mean. The box plots were depicted based on the value obtained at the points in the sites.

度指数 (H') は 0 - 2.32 であり (Fig. 2 B)、多様度指数の平均は 0.96 であった。本研究では軟体動物が特に多く観察された。そのなかでもウミニナ *Batillaria multiformis* が最も多く観察され、その個体数は 4,325 個体であり、全体の 35.2% を占めた。次いで多く観察されたのがカワアイ *Pirenella pupiformis* で、その個体数は 1,751 個体であった (全体の 14.2%)。

クラスター解析を用いて浦ノ内湾の各調査地点における生物群集のグループ分けを行った結果、浦ノ内湾の生物群集は A・B・C の 3 つのグループに分けられた (Fig. 3)。SIMPER 分析の結果、グループ A と B は主にウミニナ (寄与率: 27.2%) と礫上に付着していたシロスジフジツボ *Fistulobalanus albicostatus* (寄与率: 19.1%) の出現頻度の差によってグループが分けられていた。また、グループ A と C はヘナタリ *Pirenella nipponica* (寄与率: 30.8%)、カワアイ (寄与率: 18.3%)、シロスジフジツボ (寄与率: 17.0%) の出現頻度の差によってグループが分けられていることが分かった。グループ B と C はヘナタリ (寄与率: 30.0%)、ウミニナ (寄与率: 23.6%)、カワアイ (寄与率: 21.0%) の出現頻度の差によってグループが分けられていた (Fig. 3)。それぞれのグループが分布する地点の環境を比較すると、グループ C は湾奥の粒度の細かい地点に分布していたのに対して、グループ A が出現したのは、淡水の影響を強く受ける地点であった (Fig. 1、Fig. 4)。一方で、グループ B は浦ノ内湾の広域に分布していた (Fig. 1)。

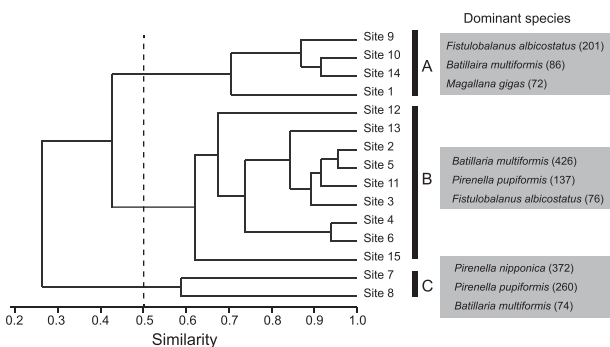


Fig. 3. The cluster dendrogram depicting the similarity of species composition. Three groups (A – B) were identified at the 50% similarity. The right side of the figure indicates the dominant species in each group. The numbers in parentheses indicate the number of individuals.

本研究では、日本ベントス学会のレッドデータブックに掲載された希少種が 17 種確認された (Table 3)。その中でも絶滅危惧II類 (VU) に分類され絶滅が危惧されるムラサキガイ *Hiatula adamsii* が Site 12 – 14 において数多く記録された。その他の 16 種は準絶滅危惧種 (NT) に分類された。

重回帰分析の結果、多様度指数は、底質粒度と強い相関があることが明らかとなった (Table 4)。底質粒度の大きい地点では、多様度指数が有意に上昇する傾向が見られた。一方で、塩分と多様度指数との間には有意な相関は見られなかった (Table 4)。

Table 4. The results of the multiple linear regression analysis for predicting species diversity in Uranouchi Bay.

Factor	Estimate	SE	t	P-value
Salinity	-0.00557	0.00800	-0.70	0.49
Grain size	0.00038	0.00015	2.49	0.01

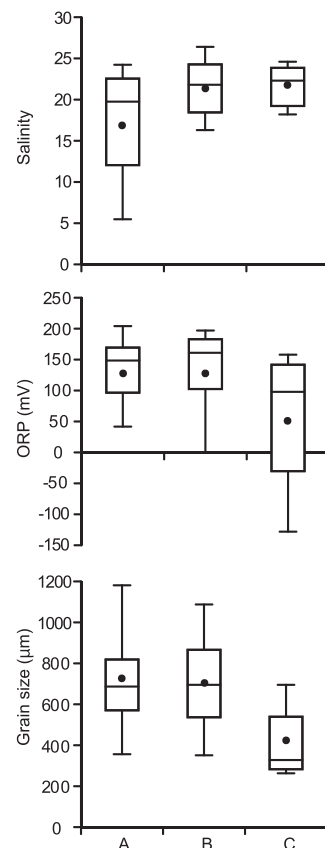


Fig. 4. The average of three environmental variables (salinity, ORP, and grain size) in the three groups identified by the cluster analysis. The box plots depict median (line), interquartile range (box), and general data range (whiskers). The dots indicate the arithmetic mean. The box plots were depicted based on the value obtained at the points in the sites.

考察

高知県浦ノ内湾において、合計101種の底生生物が観察された。高知県内にあるもう一つの大きな入り江である浦戸湾での調査と比べて約10種多い結果となった(高木ら 2022)。ウミニナ・ヘナタリ・カワアイなどのウミニナ類の出現個体数が非常に多く、総個体数の57.7%を占めることが確認された。このような特定の種への個体数の偏りが強いサイトでは他のサイトと比較して多様度指数が低くなる傾向が見られた(Fig. 2B)。

クラスター解析の結果、浦ノ内湾にはA-Cの3つのタイプの生物群集が見られた。これらのグループは、個体数の多いウミニナ類及びフジツボ類により特徴づけられていた。グループAの群集には、ウミニナ類が少ない代わりにシロスジフジツボが多く見られた(Fig. 3)。グループAは、比較的塩分の低い地点に位置していたため(平均16.8, Fig. 4)、ウミニナ類の生息には不適な環境であった可能性がある。特にカワアイは、ウミニナ類の中でも低塩分に弱いことが知られている(若松・富山 2000)。確かにグループAでは、カワアイは全く観察されなかった。また、ウミニナはウミニナ類の中では比較的塩分耐性が強いものの、長期的に低塩分に晒されると死亡率が高まることが報告されている(若松・富山 2000)。そのため、低塩分の地点ではウミニナについても観察される頻度が低くなった可能性がある。それに対して、塩分が比較的高い地点に分布するグループBでは(平均21.3, Fig. 4)、ウミニナが非常に多く観察された。グループBは浦ノ内湾で最も優占するグループであり、湾全体に広く見られた。また、グループCにおいては、ウミニナの代わりにヘナタリとカワアイが優占していた。グループCが現れたのは、浦ノ内湾の最奥部であるSite 7とSite 8だけであった。これらの場所は塩分が高く、粒度が小さくORPが低いという特徴がみられた(Fig. 4)。ヘナタリやカワアイはウミニナに比べてより粒度の小さい底質(砂泥や泥)を好むことが指摘されている(真木ら 2002)。そのため、Site 7や8は、これらの種の生息に適した環境であることが考えられる。

多様度指数は、底質粒度の大きい環境で有意に高くなる傾向が見られた(Table 4)。底質粒度組成が底生生物の群集に与える影響はいくつかの先行研究でも指摘されている(Nanami et al. 2005, Kanaya

and Kikuchi 2008, Gogina and Zettler 2010)。一方で、粒度が大きい環境ではORPも高くなる傾向があるため、粒度の違いによる物理的な要因が生物多様性に関与しているのか、それとも酸化的な環境が生物多様性と関連しているのかは本研究から判断することは難しい。粒度の大きな底質は、移動性生物の隠れ場所を提供し、さらに固着性生物には安定した付着基質を提供することが考えられる。また、ORPの高い酸化的な環境は多くの生物に好適な生活環境であるのに対して、ORPが-100 mVよりも小さくなると底生生物の多様性が大幅に低下することが報告されている(上野ら 2002)。したがって、底質粒度の大きな環境では、水通しの良い酸化的な環境との相乗効果により多様性が高くなる可能性がある。本研究では、塩分と多様性との関連性は検出されなかった。塩分が底生生物の多様性や群集構造に影響を与えることは、様々な研究により指摘されている(Wolff 1974, Zettler et al. 2007, Gogina and Zettler 2010, Kumar and Khan 2013)。本研究で塩分と多様性との明確な相関がみられなかったのは、おそらく、浦ノ内湾内における塩分は、例外的に低いSite 10を除き比較的小さい幅に収まり(15 - 25)、調査地点間の差異が小さいためだと考えられる。

本調査により、17種の希少種が浦ノ内湾に確認された(Table 3)。そのうち、ムラサキガイは日本ベントス学会のレッドデータブックで絶滅危惧II類(VU)に分類され(日本ベントス学会 2012)、日本各地で絶滅が危ぶまれている二枚貝である。浦ノ内湾の湾口部の北側(Site 12 - 14)では、ムラサキガイが比較的高い頻度で見つかることから、これらの地点は希少種の保全を進めるべき重要な場所であることが考えられる。また、他の16種は、ベントス学会のレッドリストで準絶滅危惧種(NT)に指定されている(日本ベントス学会 2012)。出現場所は、ツボミガイ *Patellida conulus* やヒメヤマトオサガニ *Macrophthalmus (Mareotis) japonicus* のように1地点でのみ見つかった種から、テナガツノヤドカリ *Diogenes nitidimanus* やウミニナのように多くの地点で見つかった種もあった(Table 3)。したがって、これらの種の保全を進めるためには、特定の場所だけではなく浦ノ内湾の全体的な保全が必要であると考えられる。

最後に、高知県沿岸は、将来に起こる南海トラフ地震による津波により大きな攪乱を受けることが予

想されている。2011年に起きた東日本大震災においては、津波前に取得していた底生生物の生態データが津波による生物の被害や変遷の解明に大きく役立っている (Kanaya et al. 2012, Miura et al. 2012, Urabe et al. 2013, Abe et al. 2015, Kanaya et al. 2015, Abe et al. 2017, Miura et al. 2017)。したがって、本研究で得られた結果は、生物多様性の現状の記録にとどまらず、将来起こる可能性の高い南海トラフ地震による津波前後の生物群集の比較を可能にする重要なデータになると考えられる。

謝辞

上野和真氏、山本尚輝氏、名村有史氏には野外調査の補助をしていただいた。また、研究の進め方やデータの解釈についてたくさんの有用な御意見を下さった高知大学の櫻井哲也博士に深く御礼申し上げます。さらに、本論文に対する有用な意見をくださった2名の査読者に御礼申し上げます。

引用文献

- Abe H., Kobayashi G. and Sato-Okoshi W. 2015. Impacts of the 2011 tsunami on the subtidal polychaete assemblage and the following recolonization in Onagawa Bay, northeastern Japan. *Marine Environmental Research* 112: 86-95.
- Abe H., Sato T., Iwasaki T., Wada T., Tomiyama T., Sato T., Hamaguchi M., Kajihara N. and Kamiyama T. 2017. Impact of the 2011 tsunami on the Manila clam *Ruditapes philippinarum* population and subsequent population recovery in Matsukawa-ura Lagoon, Fukushima, northeastern Japan. *Regional Studies in Marine Science* 9: 97-105.
- Blott S.J. and Pye K. 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth surface processes and Landforms* 26: 1237-1248.
- Clarke K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.
- Folk R.L. and Ward W.C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research* 27: 3-26.
- Gogina M. and Zettler M.L. 2010. Diversity and distribution of benthic macrofauna in the Baltic Sea: Data inventory and its use for species distribution modelling and prediction. *Journal of Sea Research* 64: 313-321.
- 細川恭史. 1991. 浅海域での生物による水質浄化作用. *沿岸海洋研究* 29: 28-36.
- 伊谷行・邊見由美・町田吉彦. 2016. 高知県浦ノ内湾の干潟で採集された稀種ムラサキガイ. *四国自然史科学研究* 9: 28-30.
- Johnson K.H., Vogt K.A., Clark H.J., Schmitz O.J. and Vogt D.J. 1996. Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution* 11: 372-377.
- Kanaya G. and Kikuchi E. 2008. Spatial changes in a macrozoobenthic community along environmental gradients in a shallow brackish lagoon facing Sendai Bay, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78: 674-684.
- Kanaya G., Suzuki T. and Kikuchi E. 2015. Impacts of the 2011 Tsunami on sediment characteristics and macrozoobenthic assemblages in a shallow eutrophic lagoon, Sendai Bay, Japan. *PloS One* 10: e0135125.
- Kanaya G., Suzuki T., Maki H., Nakamura Y., Miyajima Y. and Kikuchi E. 2012. Effects of the 2011 tsunami on the topography, vegetation, and macrobenthic fauna in Gamo Lagoon, Japan. *Japanese Journal of Benthology* 67: 20-32.
- 加納光樹・小池哲・河野博. 2000. 東京湾内湾の干潟域の魚類相とその多様性. *魚類学雑誌* 47: 115-129.
- 環境省. 2022. 「2021年度モニタリングサイト1000 磯・干潟調査報告書」, 環境省自然環境局生物多様性センター, 山梨.
- Kumar P.S. and Khan A.B. 2013. The distribution and diversity of benthic macroinvertebrate fauna in Pondicherry mangroves, India. *Aquatic Biosystems* 9: 1-18.
- 真木英子・大滝陽美・富山清升. 2002. ウミナナ科1種とフトヘナタリ科3種の分布と底質選好性:

- 特にカワアイを中心にして. *Venus* 61 : 61-76.
- McCann K.S. 2000. The diversity?stability debate. *Nature* 405: 228-233.
- Miura O., Kanaya G., Nakai S., Itoh H., Chiba S., Makino W., Nishimura T., Kojima S. and Urabe J. 2017. Ecological and genetic impact of the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami on intertidal mud snails. *Scientific Reports* 7: 44375.
- Miura O., Sasaki Y. and Chiba S. 2012. Destruction of populations of *Batillaria attramentaria* (Caenogastropoda: Batillariidae) by tsunami waves of the 2011 Tohoku Earthquake. *Journal of Molluscan Studies* 78: 377-380.
- 三浦誠矢・森小菊・福田達哉・伊谷行・中井静子・三浦収. 2017. 四国沿岸の干潟における底生生物の多様性. *黒潮圏科学* 10 : 148-154.
- 中嶋康生・山田智・戸田有泉・二ノ方圭介. 2014. 2006 年以降の三河湾における赤潮発生状況の急激な変化. *愛知県水産試験場研究報告* 9 : 10-15.
- 中静透. 2017. 陸域の生物多様性と生態系サービス. *農村計画学会誌* 36 : 5-8.
- Nanami A., Saito H., Akita T., Motomatsu K. and Kuwahara H. 2005. Spatial distribution and assemblage structure of macrobenthic invertebrates in a brackish lake in relation to environmental variables. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 63: 167-176.
- 日本ベントス学会. 2012. 「干潟の絶滅危惧動物図鑑-海岸ベントスのレッドデータブック」, 東海大学出版会, 神奈川.
- 佐々木克. 2003. 干潟における生物多様性と生物生産力. *海洋と生物* 25 : 180-186.
- 高木響・上野和真・三浦収. 2022. 浦戸湾における環境勾配に沿った底生生物群集の空間構造. *黒潮圏科学* 15 : 30-39.
- 上野成三・高橋正昭・高山百合子・国分秀樹・原条誠也. 2002. 浚渫土を用いた干潟再生実験における浚渫土混合率と底生生物の関係について. *海岸工学論文集* 49 : 1301-1305.
- Urabe J., Suzuki T., Nishita T. and Makino W. 2013. Immediate ecological impacts of the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami on intertidal flat communities. *PloS One* 8: e62779.
- Wolff W. 1974. Benthic diversity in the Rhine-Meuse estuary. *Hydrobiological Bulletin* 8: 242-252.
- 若松あゆみ・富山清升. 2000. 北限のマングローブ林周辺干潟におけるウミニナ類分布の季節変化. *貝類学雑誌* 59 : 225-243.
- Yachi S. and Loreau M. 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: the insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96: 1463-1468.
- Zettler M. L., Schiedek D. and Bobertz B. 2007. Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 55: 258-270.

Diversity and conservation of the benthic invertebrate organisms in Uranouchi Bay, Kochi

Reito Tsuzurahara¹⁾, Kyo Takagi²⁾,
Yuto Matsuda¹⁾, Gen Kanaya³⁾,
and Osamu Miura^{1)*}

¹⁾ Faculty of Agriculture and Marine Science,
Kochi University, 200 Monobe-otsu,
Nankoku, Kochi 783-8520, Japan

²⁾ Graduate School of
Integrated Arts and Sciences,
Kochi University, 200 Monobe-otsu,
Nankoku, Kochi 783-8520, Japan

³⁾ National Institute for
Environmental Studies,
Kochi University, Tsukuba,
Ibaraki 305-8506, Japan

Abstract

Conservation and sustainable use of biodiversity resources are the major challenges of modern society. To accomplish these objectives, it is crucial

to accumulate basic biodiversity data, including distribution and abundance of organisms in the focal region. However, the basic biodiversity data is often insufficient, particularly at tide-flat ecosystems. In this study, we conducted field research to record the abundance and distribution of benthic invertebrate species in Uranouchi Bay, Kochi Prefecture in Japan. We recorded 12,291 individuals from 15 sites in Uranouchi Bay and found a total of 101 benthic species. The cluster analysis identified three groups (A-C) in Uranouchi Bay. Group A appeared at the locations with low salinity, group C was observed at the site with low oxygen reduction potential, and group B was observed at the other sites broadly distributed within the bay. The SIMPER analysis exhibited that these groups were mainly characterized by the abundance of Cerithioidean snails and barnacles. We further found that the diversity of benthic species was tightly correlated to a median grain size at each research location. Since the grain size was also strongly correlated to oxygen reduction potential, we consider that large particle size and higher oxygen levels both produce the environment suitable for a large portion of benthic species. We found 17 rare species in Uranouchi Bay, including the bivalve *Hiatula adamsii* that is categorized as Vulnerable (VU) in the red data book of the Japanese Association of Benthology. Our study demonstrated that there are a large number of benthic organisms in Uranouchi Bay. These results can provide basic information on biodiversity in this region and also provide baseline ecological data before the tsunami associated with the Nankai megathrust earthquake predicted to occur in the next 30 years.

Key words: biodiversity, benthos, Uranouchi Bay.