

資料

広島湾の都市部と島嶼部の干潟における 生物生息環境, 底生生物相及び物質循環機能の比較

後田 俊直, 濱脇 亮次, 小田 新一郎*

Comparison of Marine Environment for Various Organisms, Macrobenthic Fauna and Material Circulation in Tidal Flats between urban and island area in Hiroshima Bay

USHIRODA Toshinao, HAMAWAKI Ryoji and ODA Shinichiro*

(Received: October 23, 2025)

広島湾内の都市部及び島嶼部に位置する干潟において現状把握を目的として、水質・底質・底生生物及び物質循環機能（有機物分解とそれに伴う栄養塩類の回帰）について調査を行い、地域性を比較した。直上水及び底質の有機物、栄養塩類、植物色素量は、島嶼部より都市部で高く、また、流入河川のある干潟で高くなる傾向がみられた。底生生物の生物相、個体数、現存量等は、都市部、島嶼部といった地域性には因らず、直上水や底質中の餌料（有機物量、植物色素量）の他、土壌粒子の均一性、地形、塩分、海草藻場（コアマモ）の存在等が関与していることが推察された。有機物分解活性の指標となる酸素消費速度（SOD）は、島嶼部より都市部の地点で高く、春季及び夏季に高くなる傾向がみられ、底泥の有機物含有量、底生生物の生物相や現存量の違い、泥温上昇に伴う生物の活性化を反映しているものと推察された。栄養塩の溶出は、SODと同様に、島嶼部より都市部で高い傾向がみられた。窒素はアンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）として溶出し、SODとの相関が高く、干潟生物の代謝活動により $\text{NH}_4\text{-N}$ が水中に回帰されているものと推察された。一方、リンはSODとの相関は低く、底泥への吸着が関与していることが推察された。特に島嶼部では、無機態リンが底泥に吸収されており、栄養塩類の回帰速度の違いが干潟の一次生産に影響している可能性が示唆された。

Key words : 広島湾, ベントス, 物質循環, 栄養塩溶出

結 言

干潟は、豊かな生物生産性を有し、様々な種類の底生動物が生息する生物多様性に富む生態系である。干潟に生息する底生動物やバクテリアにより、海水中や底泥中の有機物は摂取、分解され、最終的には二酸化炭素と無機態窒素・リンまで無機化される。沿岸域生態系を支えていると同時に海域の水質浄化や物質循環機能を担う重要な役割を果たしている[1]。また、高い一次生産性を背景に多くの海洋生物を育てており、同時に酸素が豊富に存在することで分解作用が卓越し、沿岸域の物質循環を促進している[2]。しかし、干潟はかつて全国の沿岸域に広く分布していたが、埋め立て等により消失が進んだほか、近年では、海水温の上昇に伴う南方系魚類ナルトビエイなどの食害生物の来遊、

高水温の継続、貧酸素水塊の発生、陸上からの砂の供給の減少や円滑な物質循環の滞り等により、干潟機能の低下が指摘されている[3]。

一方、2015年の瀬戸内海環境保全特別措置法改正において、生物の多様性及び生産性が確保されている「豊かな海」とするという考え方が明確にされるとともに、藻場・干潟その他の沿岸域の良好な環境の保全、再生及び創出等の措置を講ずることが追加された。また、「豊かな海」の実現へ向けて、「人の活動が自然に対し適切に作用することを通じて行うべき」として、規制による自然環境の保全にとどまらず、人が適度に手をかける「里海」の考え方が取り入れられた[4]。施策についても、これまでの大きな海域単位から湾・灘など地域の実情や季節ごとの課題に対してきめ細やかな対応が求められるようになった。これを受け、広島県においても「瀬戸内海の環境の保全に関する広島県計

*広島県西部保健所 : Hiroshima Prefectural Western Center for Public Health

画」[5]を変更し、県の基本理念を『美しく恵み豊かな瀬戸内海の実現』とするとともに、新たに湾灘協議会（西部、中部、東部の3海域）を設置し、漁業者・NPO・行政等の関係者が、『美しく恵み豊かな瀬戸内海の実現』に向けて具体的な取り組みを検討・実施することになった。このような取り組みや施策を効果的に行うには科学的な知見が必要であり、干潟の現状についての情報が求められている。県内の干潟の分布には、地勢・環境的な特性により湾・灘等の海域間で大きな違いがみられ[6]、同一湾内でも陸域負荷や地形といった環境特性の違いから干潟の特徴は異なっていると考えられる。

本報では、広島湾内の都市部及び島嶼部に位置する干潟において調査を行い、水質・底質・底生生物及び物質循環機能（有機物分解とそれに伴う栄養塩類の回帰）について現状を把握するとともに地域性を比較したので、その結果を報告する。

方 法

1 調査地点

調査地点とその概要をそれぞれ図1及び表1に示す。広島湾は、湾奥に流量の豊富な一級河川の太田川が流入し、その河口部には政令指定都市の広島市がある。このため、特に北部海域は、陸域からの負荷流入の影響を受けやすく、閉鎖性が高い海域である。都市部の



図1 調査地点

干潟は、広島湾北部海域にある2干潟（A, B）を選定した。一方、島嶼部の干潟は、広島湾南部海域に位置し、都市部の流入負荷の影響が少ない地点である能美島の2干潟（C, D）を選定した。なお、A及びCの干潟には河川による流入負荷がある。

調査は、各地点2017年5月（春季）、7～8月（夏季）、10月（秋季）及び2月（冬季）の大潮の干潮時に計4回実施し、水質、底質、底生生物及び物質循環機能（有機物分解、栄養塩類の無機化）についての調査を行った。なお、水質調査は各地点1定点、他の調査は、2定点（n=2）で行った。

2 調査方法

(1) 水質調査

干潟の直上水（底泥表面から約30cm直上）を採水した。試料は実験室に持ち帰り、表2に示す項目について海洋観測ガイドライン[7]及び工場排水試験法（JIS K0102 及び JIS K0170）等に準じて測定した。

(2) 底質調査

干出した干潟の潮間帯の表層（約5cm層）を採取し、均等に混合して試料とした。また、植物色素量測定用の試料は表層1cm層を採取した。泥温及び酸化還元電位（ORP）は現地で干潟表面から5cm深の位置で測定した。なお、ORPは、標準水素電極を基準とした電位（Eh）に換算したものを測定値とした。採取した試料は実験室に持ち帰り、表3に示す項目について底質調

表1 調査地点

	地名	面積* (ha)	流入河川
広島湾奥	A. 御手洗川河口	26	御手洗川 (2級河川)
	B. 地御前	18	なし
島嶼部	C. 島戸瀬戸	3.9	島戸川
	D. 岡大王	7	なし

*環境省：平成27～29年度 瀬戸内海における藻場・干潟分布状況調査

表2 水質調査方法及び分析方法

測定項目	測定方法
塩分	海洋観測ガイドライン（電気伝導度法）
pH	JIS K0102 12.1
有機体炭素（TOC及びDOC）	JIS K0102 22.1
全窒素（TN）	JIS K0170-3（流れ分析法）
亜硝酸態窒素（NO ₂ -N）	JIS K0170-2（流れ分析法）
硝酸態窒素（NO ₃ -N）	JIS K0170-2（流れ分析法）
アンモニア態窒素（NH ₄ -N）	JIS K0170-1（流れ分析法）
全リン（TP）	JIS K0170-4（流れ分析法）
リン酸態リン（PO ₄ -P）	JIS K0170-4（流れ分析法）
クロロフィルa（Chl-a） 及びフェオフィチン（Pheo）	Lorenzen法（アセトン抽出法）[8]

表3 底質調査方法及び分析方法

測定項目	測定方法
酸化還元電位 (Eh)	底質調査方法
強熱減量 (IL)	底質調査方法
硫化物 (AVS)	検知管法 (ヘドロテックS)
全有機炭素 (TOC)	底質調査方法
全窒素 (TN)	底質調査方法
全リン (TP)	灰化・塩酸抽出法[11], JIS K0170-4 (流れ分析法)
クロロフィルa (Chl-a) 及びフェオフィチン (Pheo)	Lorenzen法 (アセトン抽出法)[8]
粒度分布	脱塩・有機物分解処理[12], JIS A 1204 (ふるい分析及び沈降分析)

査方法[9]等に準じて測定した。また、粒度組成の特徴を表す数値として、粒度分布の測定から得られた累積曲線から淘汰係数[10]を算出した。

(3) 底生生物調査

底生生物 (マクロベントス) の試料採取は、底質試料を採取した場所で杵取り法により行った。干潟に25cm×25cmの方形杵 (コドラート) を差し込み、杵内の砂泥を深さ約15cm採取した。これを目合い1mmの篩でふるった後、篩上の残留物を保冷して実験室に持ち帰った。試料はソーティング後、種の同定、個体数及び湿重量 (殻込み) の測定を行った。

(4) 酸素消費速度

有機物の好氣的環境下における分解は、底生動物の呼吸や底質による酸素消費として捉えることができ、計測が簡単で信頼性も高いことから[13]、有機物分解活性の指標として酸素消費速度 (SOD: Sediment Oxygen Demand) を測定した。底泥試料は、円筒アクリル容器 (内径105mm, 高さ180mm) に表層土壌を半分程度コア採取し、底蓋をして実験室に持ち帰った。なお、コア内に採取された底生生物は取り除かず、採取時の状態で試験を行った。SODの測定は、底質調査方法[9]に準じ、柱状コアによる室内実験法により行った。コア内の上層水には調査地点の干潟直上水を用いた。上層水は、空気で曝気し酸素濃度を高めた後、上層水表面が空気に接しないよう上蓋をして恒温室内に静置し、経時的にDOを測定した。別途、干潟直上水を容量102mLのDO瓶に封入してDO消費を測定し、これを差し引きすることで底泥のみのDO消費とした。DOの測定にはDOメーター (HACH社製 HQ30d) を用いた。コア内上層水のDOは、濃度が3mg/L以上では直線的に減少したため、この1次回帰式を求め、1日当たり、底泥面積当たりのSOD (g/m²/日) を算出した。なお、試験温度は、春季及び秋季は20°C, 夏季は25°C,

冬季は10°Cとし、暗条件で行った。また、上層水は静置状態とし、測定時には底泥が巻き上がらない程度に攪拌を行った。

(5) 栄養塩溶出速度 (無機化速度)

栄養塩溶出速度は、窒素及びリンについて底泥コアをインキュベートする室内実験法により測定した。SOD試験と同様にコア内の上層水には干潟直上水を用い、上層水を常時空気曝気した状態で行った。経時的に上層水30mLを採取し、ディスポーザブルメンブレンフィルター (孔径0.45µm) でろ過し、分析に供した。この際、上層水を採取量だけ補充して試験を継続した。採取した試験水は、無機態窒素 (NH₄-N, NO₃-N 及びNO₂-N) 及び無機態リン (PO₄-P) をオートアナライザーにより測定した。これらの濃度の変化量から1次回帰式を求め、1日当たり、底泥面積当たりとして溶出速度 (mg /m²/日) を算出した。

結果及び考察

1 水質

各地点の水質の年平均値 (最小値～最大値) を表4に示す。有機物 (TOC, DOC), 栄養塩類 (TN, DIN, TP, PO₄-P) 及び植物色素量 (Chl-a, Pheo) は、島嶼部 (C, D) と比べて都市部 (A, B) で高い傾向がみられた。都市域からの流入負荷の影響によるものと考えられた。また、塩分は、河川の流入のあるA及びCでは低値となっていることから河川の影響を受けており、有機物及び栄養塩類は、都市部ではBよりもAが、島嶼部ではDよりもCが高くなっているものと考えられた。

2 底質

各地点における干潟土壌の粒度分布及び淘汰係数を

それぞれ図2及び図3に示す。いずれの干潟も砂分（粒径0.075～2mm）が8割以上を占め、泥分率（0.075mm以下の粒子、シルト・粘土分）は0.8～5.3%と低く、砂質系の干潟であった。淘汰係数とは粒度の分布範囲の広さを表すもので、値が小さいほど粒径が均質化していることを示す。淘汰係数は、A～Cの干潟が1.3～1.7に対してDの干潟は、0.8と低く、砂分が98%以上となっており、4つの干潟の中では最も粒径が均質化した干潟であった。

次に、各地点におけるEh及びAVSの季節変化をそれぞれ図4及び図5に示す。なお、図中のエラーバーは各地点2定点の最大値と最小値を示す。Ehは、夏季に低下する傾向がみられるが、全ての干潟でマイナスとなることはなく好気的な環境であった。AVSは、Bの干潟で高い傾向がみられたが、最大でも0.081mgS/gであり、水産用水基準の0.2mgS/gを超えることはなかった。

有機物の指標であるIL及びTOC、栄養塩類（TN及びTP）の年平均値を図6に示す。なお、これらの項目は顕著な季節変動が認められなかったため、年平均値を示した。図中のエラーバーは年間の最大値と最小値を示す。これらの項目は、いずれも都市部のA、Bで高い傾向がみられ、特にAの干潟が最も高くなった。都市部では陸域負荷の影響が強いことやそれを利用して増殖する植物プランクトン量が多いため、堆積物が多くなることが要因と考えられた。また、Aは、流入河

川からの負荷が大きいものと推察された。

底生生物の餌の指標となる植物色素量について、各地点の季節変化を図7に示す。植物色素量は、A：13.6～18.1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、B：7.9～17.8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、C：3.8～7.2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、D：0.9～4.8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であり、共通した季節変動の傾向は認められなかったが、年間を通じて明らかに都市部の干潟で高い傾向にあった。都市部の方が海水中の栄養塩類が高いため一次生産が盛んであることが分かる。次に植物色素量に占めるChl-aの割合の季節変化を図8に示す。Pheoは、Chl-aの分解生成物であり、生物の捕食過程で生成する。このため、Pheoの割合が高い、つまりChl-aの割合が低いということは、干潟上でChl-aが生物によって摂取、分解されていることを示している[14]。植物色素量に占めるChl-aの割合は、A：0.29～0.48、B：0.18～0.41、C：0.49～0.59、D：0.53～1.0であり、都市部の干潟で低くなっており、島嶼部に比べて生物による摂取、分解が盛んに行われていることが示唆された。また、季節的には、A、B及びDの干潟では、泥温が高く干潟生物の活性が高くなる夏季に低く、活性の低下する冬季に高くなる傾向がみられた。Cの干潟では、このような傾向はみられなかったが、これは後述するように表層堆積物食者である腹足類の現存量が冬季に高くなることが要因として考えられた。

表4 各地点の水質の年平均値 (最小値～最大値)

	pH	塩分 (psu)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)	TN (mg/l)	DIN* (mg/l)	TP (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Chl-a ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Pheo ($\mu\text{g}/\text{l}$)
A. 御手洗川河口	8.40 (8.22~8.77)	23.9 (21.0~27.2)	2.2 (1.6~2.8)	1.4 (1.1~1.9)	0.47 (0.33~0.68)	0.26 (0.11~0.53)	0.096 (0.057~0.16)	0.029 (0.012~0.036)	4.8 (1.2~7.0)	9.3 (4.9~14.3)
B. 地御前	8.40 (8.24~8.54)	29.6 (27.6~31.2)	1.9 (1.5~2.1)	1.4 (1.3~1.6)	0.40 (0.31~0.56)	0.17 (0.046~0.28)	0.076 (0.059~0.093)	0.029 (0.013~0.041)	3.5 (2.1~5.8)	8.7 (3.7~13.0)
C. 島戸瀬戸	8.13 (7.86~8.32)	28.5 (19.8~33.7)	1.5 (1.1~1.9)	1.2 (0.8~1.7)	0.26 (0.15~0.43)	0.11 (0.027~0.34)	0.045 (0.020~0.074)	0.023 (0.009~0.044)	1.0 (0.4~1.8)	1.4 (0.4~2.5)
D. 岡大王	8.21 (8.15~8.29)	32.6 (32.1~33.4)	1.3 (0.9~1.5)	1.0 (0.8~1.2)	0.22 (0.15~0.35)	0.051 (0.035~0.83)	0.038 (0.022~0.054)	0.012 (0.008~0.015)	2.7 (1.7~5.8)	2.5 (1.4~3.5)

*DIN=NO₂-N+NO₃-N+NH₄-N (溶存性無機態窒素)

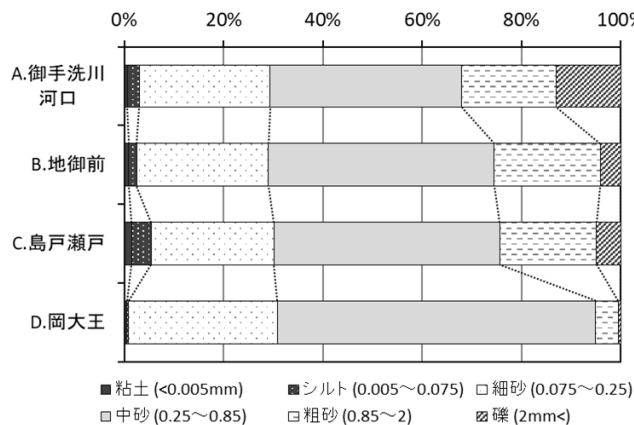


図2 各地点の土壌の粒度分布

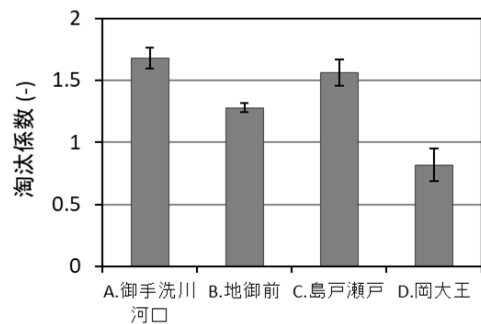


図3 各地点の土壌の淘汰係数

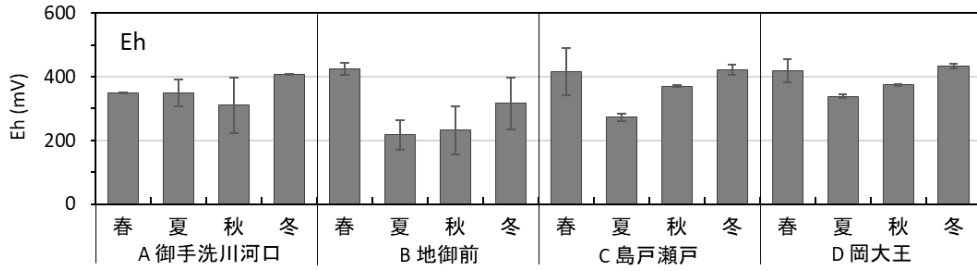


図4 各地点におけるEhの季節変化

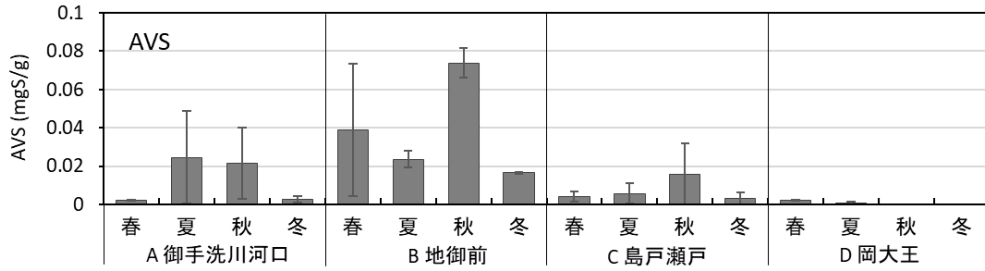


図5 各地点におけるAVSの季節変化

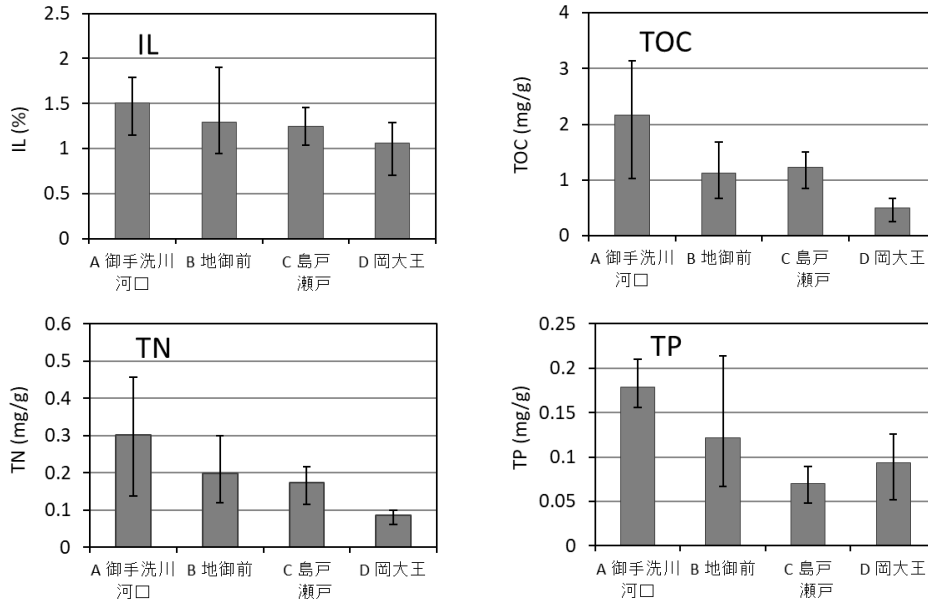


図6 各地点のIL, TOC, TN及びTPの年平均値

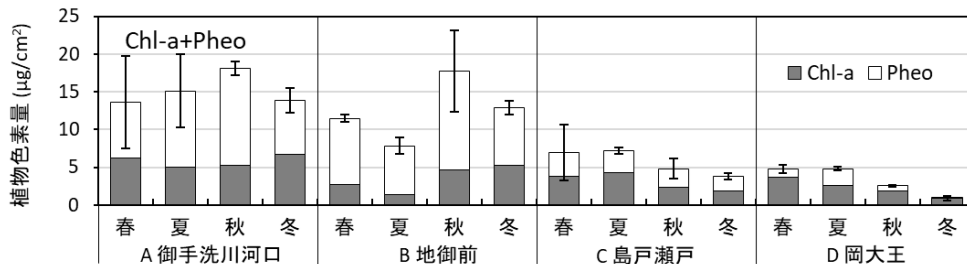


図7 各地点における植物色素量の季節変化

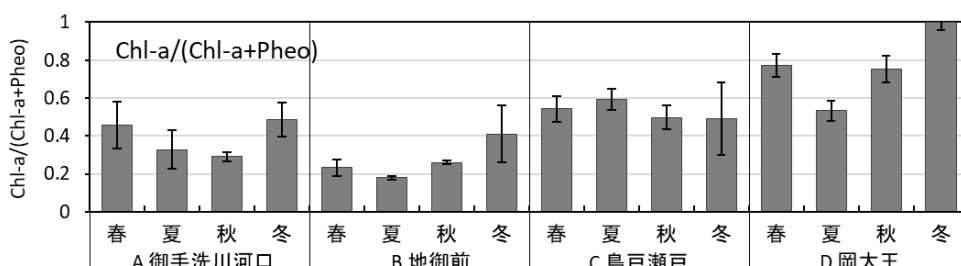


図8 各地点における植物色素量に占めるクロロフィルaの割合の季節変化

3 底生生物 (マクロベントス)

各地点の底生生物の出現種類数, 個体数, 現存量の年平均値と優占種を表5に示す. また, 底生生物の分類群別の組成比及び各地点における底生生物の現存量をそれぞれ図9及び図10に示す. なお, 個体数及び現存量は, 方形枠2回分 (0.125m²) の結果を1m²当たり換算している.

各干潟についてみていくと, まずAの干潟では, 出現種類数18.0種, 個体数2,680個体/m², 現存量417g/m²であった. 優占種は年間を通して環形動物のコケゴカイであり, 総個体数の48~68%を占めた. 分類群別の個体数での組成比は, 環形動物が64%であり, 続いて軟体動物 (二枚貝) が18%であった. 現存量では, 1個体当たりの湿重量が大きい二枚貝が約8割を占め, その大半はアサリであった. 現存量は, 秋に二枚貝の顕著な増加がみられたが, これはマテガイの加入によるものであった.

次にBの干潟は, 出現種類数23.3種, 個体数3,920個体/m², 現存量1,127g/m²であり, 出現種類数, 個体数, 現存量とも今回調査した4干潟の中で最も多かった. 主にアサリとコケゴカイが優占していた. Aの干潟と共通種が多く, 底生生物相が似通っていたが, 特に二枚貝が多いのが特徴であった. 分類群別の個体数での組成比は, 環形動物が56%, 二枚貝が41%であり, 現存量では二枚貝が約9割を占めた. 現存量は, 春季が最も多く, これはアサリによるものである. この干潟では, アサリは殻長25mmを超える成貝が認められ, 現存量を押し上げていた. 潮干狩りによりアサリが採捕されており, 夏季~冬季にかけて二枚貝 (アサリ) の現存量の減少はこの影響が大きいものと考えられた. 秋季にはAの干潟と同様にマテガイの加入がみられた.

次にCの干潟は, 出現種類数21.8種, 個体数2,156個体/m², 現存量807g/m²であった. 分類群別の組成比では, 軟体動物 (腹足類) 及び節足動物の割合が高いことが特徴的であった. 軟体動物 (腹足類) 及び節足動物の主な生物種は, 表在性のウミナ属, アラムシロ, ヤドカリ類であった. Cの干潟は, コアマモの群集がみられる. コアマモのような藻場はもともと波が穏や

かで安定した海底に成立するが, 葉の伸長がさらに波を緩和し, 底質を安定化する役割を果たしている[15]. このため, コアマモの存在により表在性のウミナ属, アラムシロ, ヤドカリ類などが定着しやすいものと考えられる. 現存量は, 春季が最も多く, これはアサリによるものである. アサリは, 夏季には激減したが, この干潟では採捕はないため魚類等による捕食などの環境的な要因であると考えられた.

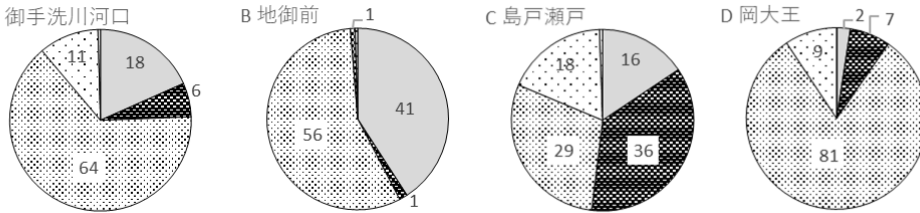
次にDの干潟は, 出現種類数14.3種, 個体数578個体/m², 現存量26g/m²であり, 出現種類数, 個体数, 湿重量とも今回調査した4干潟の中で最も少なかった. 特に現存量は, 最も多いBの干潟が1127g/m²であるのに対して, Dは26g/m²と約40倍の差があった. 一般に水域の富栄養度が低ければ生息する生物の現存量は少なく, 富栄養度が増加すれば, 一次生産者の増加も含め, 餌となる有機物が増えることで生物量も増加するといわれている[16]. 実際, Dの干潟は, 底質中の有機物量, 植物色素量は最も少なく, 餌料が少ないことが底生生物の現存量に影響しているものと推察された. 地形的には, Dの干潟は, 直線的な形状の前浜干潟であり, 対岸との距離も大きく離れている開放的な干潟である. このような干潟では, シルトクレイ等の微粒子は巻き上げられ流出し, 底質中の有機物が少なく摂食の機会が減ることだけでなく, 波あたりが強いことで地表面に留まるのが困難であり, 生息に不利な環境であるともいわれている[17]. また, Dの干潟ではアサリは存在しなかったが, 淘汰係数が1.0以上であれば数値が大きい (土壌粒子が不揃いである) ほど, アサリの現存量は多くなるという報告もある[10]. Dの干潟は, 淘汰係数0.8であり, 粒径が均質化した干潟である. 餌料だけでなくこのような物理的な要因も影響しているものと考えられた. AとBの干潟については, Aの干潟の方が, 直上水及び底質中の有機物量, 植物色素量が高く餌料環境は良いと考えられるが, 出現種類数, 個体数, 現存量はBの干潟の方が高くなっていた. Aの干潟は河口域にあり塩分等の環境変動が激しいのに対して, Bの干潟は生息環境が安定していることが要因と考えられた.

表5 各地点における底生生物の出現種類数, 個体数の年平均値と優占種

	A. 御手洗川河口	B. 地御前	C. 島戸瀬戸	D. 岡大王
出現種類数	18.0 (12~25)	23.3 (11~31)	21.8 (17~26)	14.3 (7~18)
個体数(個体/m ²)	2680 (2220~2944)	3920 (1608~6448)	2156 (1680~3048)	578 (288~1096)
現存量(g/m ²)	417 (201~715)	1127 (655~1744)	807 (462~1283)	26 (6~61)
優占種 (上位3種)	春 コケゴカイ (68%) ウミニナ属 (10%) アサリ (7%)	コケゴカイ (48%) アサリ (34%) ヒメシラトリ (6%)	コケゴカイ (26%) アサリ (20%) ウミニナ属 (14%)	コケゴカイ (24%) チロリ属の一種 (4%) ニッポンオフェリア (3%)
	夏 コケゴカイ (55%) ムロミスナウミナナフシ (18%) オチバガイ (7%)	コケゴカイ (38%) アサリ (30%) ヒガタチロリ (14%)	ウミニナ属 (49%) チロリ属の一種 (15%) アサリ (7%)	アラムシロ (10%) アナジャコ (8%) マテガイ (4%)
	秋 コケゴカイ (48%) マテガイ (21%) ムロミスナウミナナフシ (10%)	アサリ (23%) コケゴカイ (22%) マテガイ (15%)	ヤドカリ類 (49%) ウミニナ属 (18%) イトゴカイ科 (6%)	ヒモムシの一種 (19%) イトゴカイ科 (18%) アナジャコ (12%)
	冬 コケゴカイ (66%) アサリ (4%) アラムシロ (4%)	コケゴカイ (28%) アサリ (14%) ドロオニスビオ (13%)	ウミニナ属 (65%) イトゴカイ科 (13%) アラムシロ (4%)	ホソイトゴカイ (74%) ミナミシロガネゴカイ (4%) ナガホコムシ (4%)

出現種数, 個体数及び現存量のカッコ内は, (最小値~最大値)を示す。優占種のカッコ内は, 占有率を示す。
1個体当たり10gを超える個体は湿重量の解析から除外した。
ヤドカリは, ヤドカリ科とホンヤドカリ科を分類していないため「ヤドカリ類」と表記した。

<個体数>



<現存量>

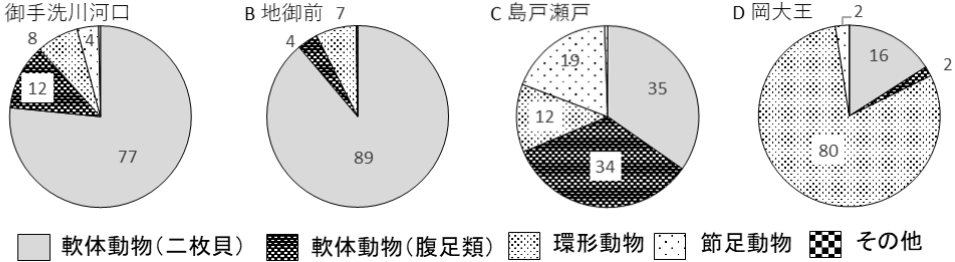


図9 底生生物の分類群別の組成比 (年平均) 上段: 個体数による組成比, 下段: 現存量による組成比

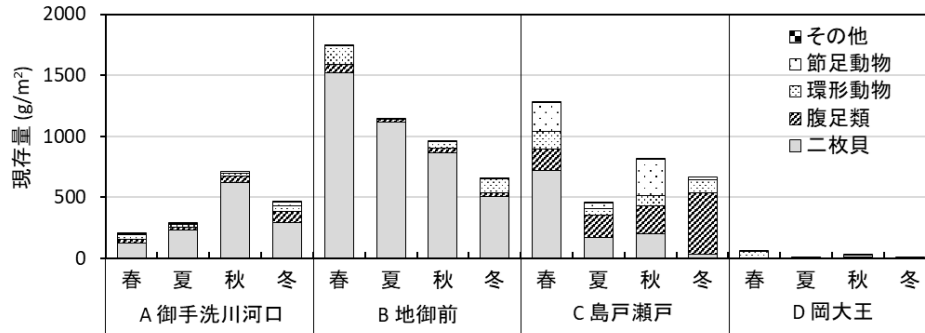


図10 各地点における底生生物の現存量

4 有機物の分解 (酸素消費速度)

各地点におけるSODを図11に示す。なお、SODの測定は、各地点2ヶ所で行ったため、グラフはその平均値を表しており、エラーバーは最大値と最小値を示す。各干潟のSODは、A: 0.13~1.9g/m²/日、B: 0.30~2.8g/m²/日、C: 0.11~0.49g/m²/日、D: 0.05~0.31g/m²/日であった。A、C及びDの干潟では、SODは夏季に高く、冬季に低くなる傾向がみられた。これは水温が高くなると、干潟堆積物中の底生生物等の呼吸活性が高くなることによるものと推察された。Bの干潟では、SODは春季に最も高くなったが、これは後述するように底生生物、特に二枚貝(アサリ)の現存量が大きいことが要因と考えられた。また、地域的には島嶼部より都市部の方が高くなっていた。干潟のSODは、干潟生物による代謝活動によるものであるが、底生生物の現存量とSODに相関は認められなかった。例えば、AとCを比べるとCの方が底生生物の現存量は大きいにもかかわらず、SODはかなり低くなっていた。今回の調査で採取した底生生物は、1mmの篩上に残るマクロベントスであるが、干潟の有機物分解には、マクロベントスだけではなく1mmの篩を通過するメイオベントスやバクテリアも関与している。有機物分解への寄与率は干潟によって異なり[18,19]、堆積物中の有機物含有量が高い干潟は、メイオベントスやバクテリアの寄与率の方が大きくなるといった報告もある[1]。このため、有機物含有量の高い都市部の干潟では、メイオベントスやバクテリアによる寄与が大きく、その結果SODが高くなっていることが推察された。また、底生生物相の違いによる要因も考えられる。底生生物の中では、とりわけ過食者である二枚貝は、分解・代謝速度が大きいことが報告されている[18-20]。都市部の干潟、特にBの干潟では二枚貝(アサリ)の現存量が大きいこともSODが高い要因の一つと考えられた。さらに、A及びBの干潟では、埋在性の二枚貝や下層堆積物食者の環形動物が優占している。このような埋在性の底生生物は、摂餌や移動することにより、底質の攪乱(バイオターベーション)を行う。巣穴内の灌水作用により酸素が導入されることで好気性微生物の活性を高めることや、深いところに埋没してしまっている有機物を表面近くに引っ張り出すといった効果がある[12,21]。このような生物攪乱の効果もA及びBの干潟のSODを高める要因の一つになっていると推察された。

5 栄養塩類の回帰(栄養塩溶出速度)

各地点におけるNH₄-N fluxを図12に示す。窒素については、コア内上層水のNO₂-N及びNO₃-Nの濃度変化

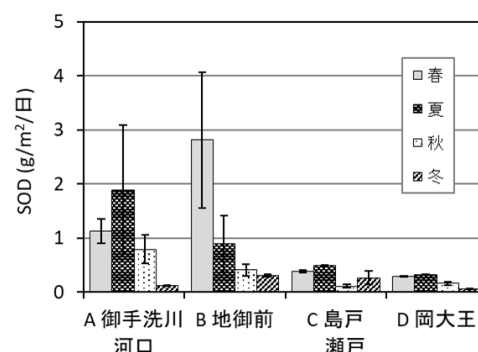


図11 各地点におけるSOD

はほとんどなく、増加が認められたのは、NH₄-Nだけであった。このため窒素の溶出速度は、NH₄-Nの溶出速度として表した。各干潟のNH₄-N fluxは、A: 3.2~364mg/m²/日、B: 20~399mg/m²/日、C: -7.9~116mg/m²/日、D: -3.3~3.9mg/m²/日であり、SODと同様に島嶼部より都市部の地点で高くなっていた。また、季節的には春季及び夏季に高くなる傾向がみられ、島嶼部ではマイナス値(無機態窒素の吸収)もみられた。窒素の溶出には、温度と生物活動に起因した有機物の分解、無機化に伴うNH₄-Nの生成が溶出速度を最も左右するといわれている[22]。ここでSODとNH₄-N fluxの相関を図13に示す。SODとNH₄-N fluxは高い相関(r=0.85, p<0.01)が認められ、バクテリア等による干潟堆積物中有機物の分解やベントスの排泄に伴いNH₄-Nが水中に回帰されていることが示唆された。このため有機物分解活性が高い(SODが大きい)都市部で、季節的には泥温の高くなる春季及び夏季にNH₄-N fluxは高くなるものと推察された。

次に各地点におけるPO₄-P fluxを図14に示す。各干潟のPO₄-P fluxは、A: 0~9.5mg/m²/日、B: 0.5~8.0mg/m²/日、C: -0.4~1.1mg/m²/日、D: -0.7~-0.02mg/m²/日であり、SOD、NH₄-N fluxと同様に島嶼部より都市部の地点で高くなっていた。季節的には、夏季に高くなった。特に島嶼部の干潟ではマイナス値が多く、Cの干潟では秋季と冬季、Dの干潟では通年マイナス値であった。ここでSODとPO₄-P fluxの相関を図15に示す。SODとPO₄-P fluxの関係には、窒素の場合のような高い相関は認められず(r=0.56)、生物の代謝以外の要因が寄与していることが考えられた。リンは、嫌気条件下ではリン酸塩となって海水中に遊離し、好気条件下では海水中のリン酸塩は水酸化鉄に吸着してリン酸鉄となって底泥に蓄積することが知られている[23]。このため、好気的環境下にある干潟底質からのリンの溶出には、生物の代謝に起因するPO₄-Pの生成と底泥表層へのリンの吸着が関与していると考えられる。都市部、特に水温が高い夏季には、生物代

謝が活発になり、吸着よりも $\text{PO}_4\text{-P}$ の生成が卓越することで $\text{PO}_4\text{-P}$ fluxが高くなるものと推察された。逆に代謝活性の低い島嶼部では吸着が卓越し、無機態リンが底泥に吸収されているものと推察された。

干潟生態系においては、底生生物や微生物が有機物の生産や分解・無機化を行い、干潟の物質循環において大きな役割を果たしている。有機物の分解活性が高いことは、干潟の浄化機能が高いことを表し、その過程で有機態の栄養塩類を植物プランクトンなどの一次生産者が利用できる無機態栄養塩類に再生（回帰）することは、干潟域の生物生産性を高めることになる。干潟直上水や底質の植物色素量は、島嶼部より都市部で高くなっていたが（表4, 図7）、都市部では陸域等からの栄養塩類の負荷が大きいだけでなく、底泥からの回帰が速いこともこの要因となっていることが考えられた。

今回の試験は、室内でのコアインキュベーション法により行ったが、実際の干潟では、潮汐による冠水・干出があり、常に温度や水位の変化にさらされており、干潟生物による有機物の分解活性もこのような環境変化に伴い大きく変動する[24]。今回の結果は、冠水時の有機物の分解・無機化過程といった物質循環の一過程を評価したものであるが、栄養状態の異なる都市部と島嶼部の干潟において、顕著な地域差が認められた。

ことは干潟の保全、再生といった取り組みを行う上で注目すべき結果であった。今回の結果は、都市部と島嶼部各2地点での調査によるものであり、県内各地でのデータを蓄積し、地域性について検証していく必要がある。

結 語

広島湾内の都市部及び島嶼部に位置する干潟において調査を行い、水質・底質・底生生物及び物質循環機能（有機物分解とそれに伴う栄養塩類の回帰）について現状を把握するとともに地域性を比較した。得られた知見は以下のとおりである。

1) 直上水及び底質の有機物、栄養塩類、植物色素量は、島嶼部より都市部で高く、また、流入河川のある干潟で高くなる傾向がみられた。植物色素量に占めるChl-aの割合は都市部の干潟で低く、島嶼部と比べて干潟生物による摂取、分解が活発であることが示唆された。

2) 底生生物の優占種、個体数、現存量等は、都市部、島嶼部といった地域性には因らず、直上水や底質中の餌料（有機物量、植物色素量）の他、土壌粒子の均一性、地形、直上水の塩分、海藻藻場（コアマモ）の存在等が関与していることが示唆された。

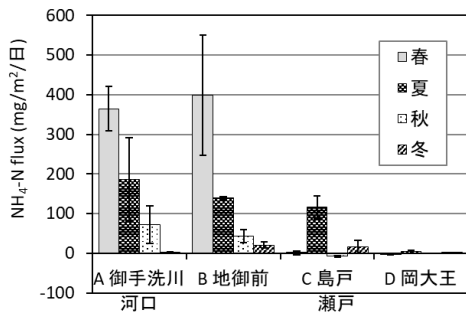


図12 各地点におけるNH₄-N flux

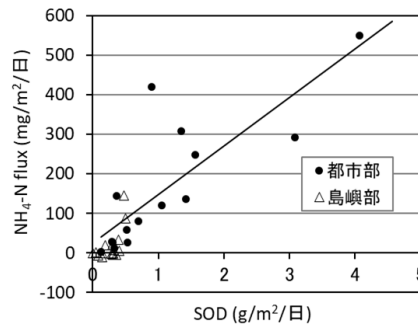


図13 SODとNH₄-N fluxの相関

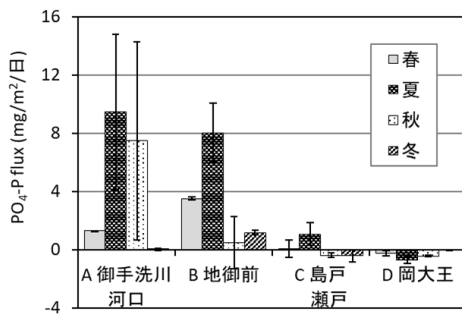


図14 各地点におけるPO₄-P flux

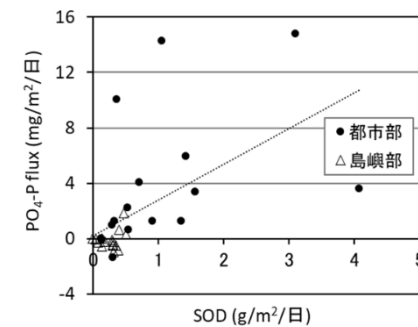


図15 SODとPO₄-P fluxの相関

3) SODは、島嶼部より都市部の地点で高く、春季及び夏季に高くなる傾向がみられた。各干潟における有機物含有量、底生生物の生物相や現存量の違い、泥温上昇に伴う生物の活性化を反映しているものと考えられた。

4) 窒素は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の形態で溶出し、 $\text{NH}_4\text{-N flux}$ は、都市部で高く、季節的には春季及び夏季に高くなった。SODとの相関が高く、干潟生物の代謝活動により $\text{NH}_4\text{-N}$ が水中に回帰されているものと推察された。

5) リンは、 $\text{PO}_4\text{-P}$ として溶出し、 $\text{PO}_4\text{-P flux}$ は、都市部で高く、季節的には夏季に高くなった。特に島嶼部ではマイナス値を示す場合が多く、無機態リンは底泥に吸収されていた。都市部と島嶼部において、栄養塩類回帰の速さの違いが干潟の一次生産に影響している可能性が示唆された。

謝 辞

本研究の実施にあたり、国環研と地環研とのII型共同研究「干潟・浅場や藻場が里海里湖流域圏において担う生態系機能と注目生物種との関係」（平成27～29年度）のメンバーには有益な情報・意見をいただいた。ここに謝意を表す。

文 献

[1] 国分秀樹. 英虞湾干潟域の生物生息機能・物質循環機能の定量的評価と生態系再生手法に関する研究. 三重県水産研究所研究報告. 2009, 18, 1-91.

[2] 一見和彦. 沿岸域における干潟の機能的役割. 瀬戸内海. 2019, 78, 11-13.

[3] 水産庁. 藻場・干潟ビジョン. 令和5年12月改訂.

[4] 特定非営利活動法人里海づくり研究会. “助成活動実績報告書「沿岸海域における物質循環促進技術の開発～小型動物群集における主要種の物質循環機能の定量化～」”. 公益財団法人おかもやま環境ネットワーク. https://okayama.coop/kankyounet/net-activefiles/16_houkoku/16_3.pdf, 参照 2025-10-20.

[5] 広島県. 瀬戸内海の環境の保全に関する広島県計画. 平成28年10月.

[6] 清木徹, 伊達悦二, 他. 県内干潟の特性と水質浄化能について. 広島県保健環境センター研究報告. 2001, 9, 13-25.

[7] 日本海洋学会. “海洋観測ガイドライン (和文第5版, 2023年6月公開)”. <https://kaiyo-gakkai.jp/>

jos/guide, 参照 2025.10-20.

[8] 西條八束. クロロフィルの測定法. 陸水学雑誌. 1975, 36(3), 103-109.

[9] 環境省水・大気環境局. 底質調査方法. 平成24年8月.

[10] 水産庁, (社)マリノフォーラム21. 砂質系干潟の健全度評価手法マニュアル. 平成19年3月.

[11] 日本海洋学会編. 沿岸環境調査マニュアル[底質・生物編]. 初版, 恒星社厚生閣. 1986.

[12] 水産庁. 干潟の生産力改善のためのガイドライン. 2008年2月.

[13] 佐々木淳, 前田周作. 酸素消費速度に着目した干潟・浅瀬の環境評価. 海岸工学論文集. 2006, 53, 1046-1050.

[14] 青山裕晃, 鈴木輝明. 干潟の水質浄化機能の定量的評価. 愛知水試研報告. 1996, 3, 17-28.

[15] 金子健司, 豊原哲彦. 浅海域の群集構造と機能-砂浜潮間帯と藻場との比較を通して-. 日本海洋生物研究所年報. 2001, 109-116.

[16] 一見和彦, 住元宏栄, 他. 人手と干潟の生物環境-干潟底生生物の現存量と種多様性に与える人間活動の影響-. 沿岸海洋研究. 2011, 48(2), 15-22.

[17] 奥迫優, 岡浩平. 瀬戸内海の島嶼部におけるベントスの機能群組成と地形的開放度を含む干潟環境の関係性. 日本ベントス学会誌. 2023, 78, 1-12.

[18] 清木徹, 平岡喜代典, 他. 広島湾における干潟の水質浄化能に関する研究-有機物の分解特性について-. 水環境学会誌. 1998, 21(7), 421-428.

[19] 李正奎, 西嶋渉, 他. 自然および人工干潟の有機物浄化能の定量化と広島湾の浄化に果たす役割. 水環境学会誌. 1998, 21(3), 149-156.

[20] 一見和彦, 東菌圭吾, 他. 干潟域における一次生産と無機化過程; 高松市新川河口干潟域の調査研究から. 沿岸海洋研究. 2018, 55(2), 79-86.

[21] 向井宏. “群集の構造と動態”. 海洋ベントスの生態学. 日本ベントス学会編. 東海大学出版会, 2003, 115-243.

[22] 河合章. 水域底泥からのアンモニア態窒素などの溶出. 沿岸海洋研究ノート. 1981, 18(2), 106-111.

[23] 山本民次. “瀬戸内海底泥からのリン・窒素の溶出”. 瀬戸内海の海底環境. 柳哲雄編著. 恒星社厚生閣, 2008, 61-75.

[24] 佐々木晶子. 河口干潟における好氣的有機物分解量: 温度・潮汐の影響を考慮した推定. 瀬戸内海. 2008, 52, 48-51.