

資料

広島湾の底層環境及び底生生物相の現況について

小田 新一郎, 濱脇 亮次, 後田 俊直

Seasonal changes of Bottomwater environment and Macroinvertebrate communities in Hiroshima Bay

ODA SHINICHIROU, HAMAWAKI RYOUJI and USHIRODA TOSHINAO

(received : November 27, 2020)

広島湾北部2地点及び南部1地点の底層水質(水温・DO), 底質及び底生生物(マクロベントス)について, 2017~2019年度の8月・9月(夏期)及び2月(冬期)の年3回計9回調査を実施した。期間中, 底層DOは夏期に低下し, 3.0 mg/Lを下回ることもあった。底質は地点間の差は小さかったが季節変動があり, 底質レベルは底生生物にとって致命的ではないものの, 好適な環境ともいえない状況と考えられた。底生生物は湾奥が種類数・個体数ともに多かったものの, 環形動物を主体としており, 沖合に向かって種類数・個体数は少なくなったが, 生物の多様性は高くなった。また, 底層水温が最も高くなる9月にかけて種類数・個体数が減少し, 冬期に回復していた。底層環境の悪化に対して, 生物相が大きく変動し, 有機汚濁指標種が増加する例も確認されており, 環境変動に対する脆弱性を有していると考えられた。過去の文献等との比較では, 底質・底生生物に一定の改善傾向は認められるものの, 生物の生息環境は大きく変化していないと考えられた。広島湾では底層水温の上昇に伴う底層DOの低下が底生生物群集の大きな変動要因の一つに挙げられ, 高水温期に底層DOを維持し, 底層環境の浄化機能を向上させることが資源回復につながるものと考えられた。

Key words : 広島湾, 底層DO, 底質, 底生生物(マクロベントス)

緒 言

2015年になされた瀬戸内海環境保全特別措置法の改正(瀬戸法改正)により, 瀬戸内海を生物の多様性及び生産性が確保されていること等を有する多面的価値及び機能が最大限に発揮された「豊かな海」とする基本理念が新たに位置付けられた。続く2016年には水生生物の保全・再生を目的とした底層溶存酸素量(DO)の類型及び基準値が定められた。さらに瀬戸法改正に続いて, 2020年には中央環境審議会水環境部会により, 「瀬戸内海における今後の環境保全の方策の在り方について」の答申がなされた。これまでの瀬戸内海環境情報基本調査に基づいた検討結果によると, 広島湾の状況は「底質の有機物量は広範囲で減少傾向を示しており, 底生生物の種類数・個体数・多様性指数の増加や無生物地点の解消が見られる」として改善傾向が認められているとしている。この調査はおよそ10年間隔で実施されているが夏期1回の調査であり, 底層DOの測定が行われていないことから, より詳細な広島湾の底層環境の把握には, 季節や年毎の変動も

考慮した経年的な環境調査が必要と考えられる。これまでの広島湾の底生生物に関連した記述がある文献は, 瀬戸内海基本調査に関連した村上ら[1], 辻野[2]による瀬戸内海全体の調査結果の他, 榊[3], 今林[4], 辻野ら[5]による広島湾の調査結果などごく限られている。現在, 当所では広島湾内における表層・底層の経年的な水質変動を追跡するため, 公共用水域調査とは別途, 環境基準点3地点の調査を実施している[6]。これに併せて, 水質よりも比較の変動の小さい底質とともに, 移動力が乏しく, 環境条件をよく反映する[7]とされる底生生物について, 3年間調査を実施した。

広島湾は島嶼部に囲まれた北部と南部に分けられ, その構造から湾北部は瀬戸内海の湾の中でも閉鎖性が高く[8], 沿岸域では底層水温が最も高くなる9月において, 広範囲に渡る貧酸素水塊の分布が確認されている[9, 10]。そこで9月を加えた夏期・冬期間の経年的な変動を追跡し, 広島湾の底層環境及び底生生物の特性を解析した。

方 法

1 調査地点

広島湾の公共用水域調査環境基準点のうち、広島湾北部に位置する2地点(広島湾12:湾奥, 広島湾14:湾央)及び南部に位置する1地点(広島湾西部21:沖合)の計3地点(図1)について、水質、底質及び底生生物を調査した。各地点の平均水深はそれぞれ15, 21, 32mであった。調査は2017～2019年度において、8月・9月(夏期)及び2月(冬期)の年度毎に3回調査を実施した。調査日程は2017年8月2日, 9月12日, 2018年2月14日, 8月7日, 9月6日, 2019年2月6日, 8月8日, 9月10日, 2020年2月6日, 計9回実施した。

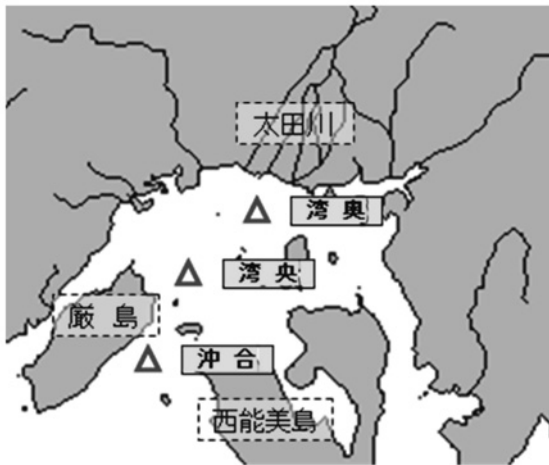


図1 広島湾内の調査地点

出典:「国土数値情報 (JPJIS1.0行政区画データ H22年・河川データ H20年) 国土交通省」[11]

2 水質

底層水はバンドーン採水器により、海底から1m (B-1m)を採水した。底層水温は棒状温度計、底層DOはK0102, 32.1により測定した。なお、8月及び2月の他の水質項目については文献[6]を参照。

3 底質

エクマンバージ採泥器(採取面積0.02m²)により3回

採取(計0.06m³)、現場で泥温(棒状温度計)及び酸化還元電位(Eh)を測定した。検体は実験室に持ち帰った後、2mmメッシュの篩にかけ、各分析に供した。含水率、強熱減量(IL)及びCODについては底質調査方法(平成24年8月環境省水・大気環境局)に準じた。硫化物については検知管により揮発性硫化物(AVS)を測定した。

4 底生生物(マクロベントス)

底質とは別に同採泥器により5回採取(計0.1m³)し、現地で1mmメッシュの篩にかけ、残渣を持ち帰った。室内でソーティングを行うとともに、一部の検体は固定前に撮影した。10%ホルマリンで固定後、水洗して実体顕微鏡による細部の観察を行った。観察後は70%アルコールで保存した。湿重量は棲管を除き、軟体動物の殻を含めて記録した。また、1個体当たり1gを超える検体は湿重量の解析から除外した。分類はWorld Register of Marine Species (WoRMS) [12]及びBiological Information System for Marine Life (BISMaL) [13]、このうち軟体動物については福田[14]の区分を参考とし、各文献等[15]～[28]により可能な範囲で同定を行った。有機汚濁指標種はチヨノハナガイ、シズクガイ、カタマガリギボシイソメ、フクロハネエラスピオ、シノブハネエラスピオ、エーレルスピオの6種とした[29]。

結果及び考察

1 水質の変動

2017～2019年度の底層水温及び底層DOの変動を図2に示した。夏期は底層水温の上昇に伴い、底層DOが減少、冬期には逆の動向を示した。湾奥は2018年度夏期では比較的良好な環境であったが、翌年度9月には2.7 mg/Lにまで低下した。沖合の底層DOは期間を通じて5.0mg/Lを下回らなかった。底層水温については詳細な検討が必要ではあるが、冬期では3年で上昇傾向、夏期では2017年8月が21℃程度と他の年度より低めではあるものの変動傾向がなく、底層DOとの関係性は不明確であった。

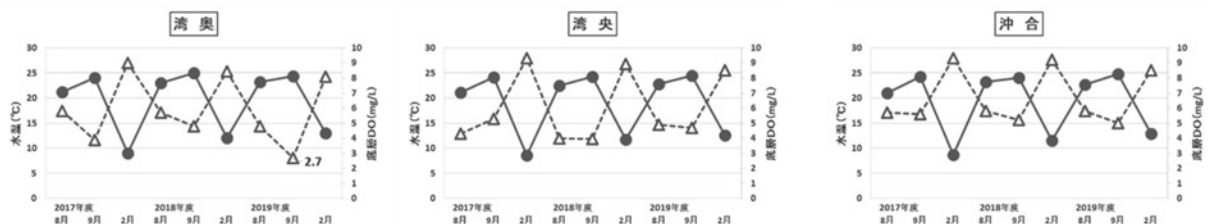


図2 底層水温及び底層DOの変動(左図:湾奥, 中央:湾央, 右図:沖合); ●水温, △底層DO

2 底質の変動

2017～2019年度の主要な底質の変動(図3)及び各地点の底質平均値(表1)を示した。AVS, Eh及び泥温を除き、各項目の季節間変動は小さかった。また、地点間の差についても比較的小さかったが、AVS及びCODに示される有機汚濁項目は湾奥が最も高く、沖合、湾中央の順に続いていた。含水率は沖合に向かって大きくなっており、Ehは沖合が最も低く、夏・冬期を通じてマイナスの値を示していた。なお、後田ら[30]による近年の調査では、沖合に向かってTOCが低下する傾向にあったのに対し、粒度組成の粘土質(cray)が67%→73%と高くなっていった。水産用水基準((社)日本水産資源保護協会)では、底質がCOD(アルカリ性法)20mg/g-dry以下、硫化物0.2mg/g-dry以下とされているが、3地点ともに基準値前後の値となっていた

た。園田ら[31]は有明海における底質と底生生物の相関関係について、環形動物は強熱減量10%、AVS 0.4mg/gを超えると種数、個体数とともに減少、節足動物と棘皮動物は強熱減量10%、AVS 0.1mg/gを超えると種数、個体数とともに大きく減少するとしている。一方で、西村ら[32]はAVSが1.5 mg/g以上になるとマクロベントスが生存しなくなるとともに、現存量の最大値はAVSが0.1 mg/g付近で最も多くなるものの、0 mg/gに近づくにつれ急激に少なくなることから、海底に有機物が無いとAVSは生成されないがマクロベントスも増殖できないとしている。今後、AVSに含まれる有害な遊離硫化水素[33]について、詳細に調べる必要性もあるが、以上のことから現時点の広島湾の底質は底生生物にとって致死的不是なもの、好適な環境ともいえない状況と考えられる。

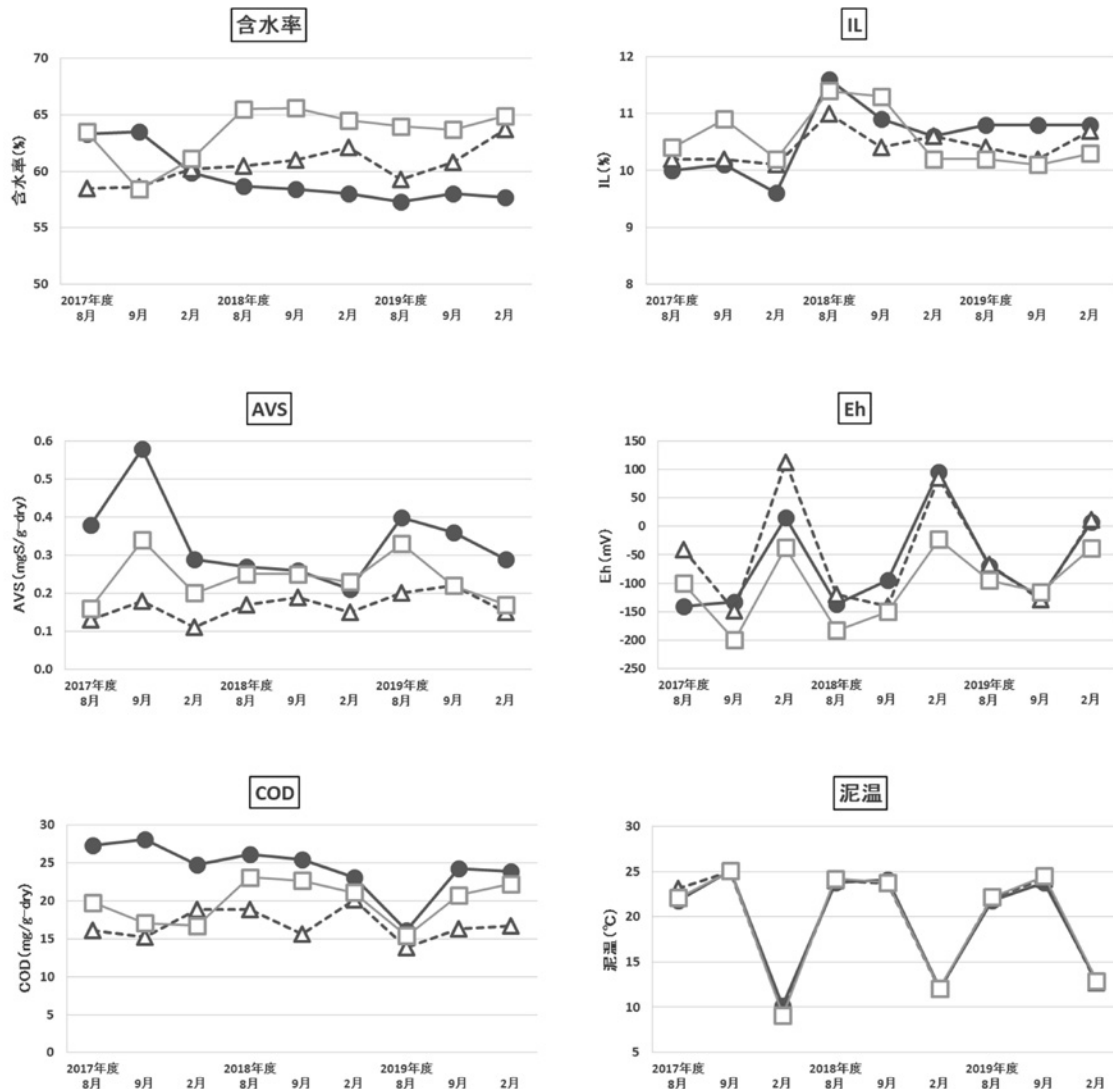


図3 底質の変動(含水率, IL, AVS, Eh, COD, 泥温); ●湾奥, △湾中央, □沖合

表1 地点別の底質平均値 (2017～2019年度)

		含水率 (%)	IL (%)	泥分率 (%)	AVS (mg/g-dry)	Eh (mV)	泥温 (℃)	COD (mg/g-dry)
湾奥	夏期	59.9	10.7	99.7	0.38	-117	23.4	24.5
	冬期	58.5	10.3	99.7	0.26	40	11.8	23.9
	平均	59.4	10.6	99.7	0.34	-64	19.5	24.3
		(57.3～63.5)	(9.6～11.6)	(99.5～99.9)	(0.21～0.58)	(-196～140)	(10.2～25.1)	(16.1～28.1)
湾央	夏期	59.8	10.4	99.6	0.18	-107	23.7	16.0
	冬期	62.0	10.5	99.7	0.14	70	11.4	18.6
	平均	60.5	10.4	99.6	0.17	-48	19.6	16.8
		(58.5～63.7)	(10.1～11.0)	(99.5～99.7)	(0.11～0.21)	(-148～112)	(9.5～25.0)	(13.8～20.1)
沖合	夏期	63.5	10.7	99.6	0.26	-141	23.7	19.8
	冬期	63.5	10.2	99.7	0.20	-33	11.4	20.0
	平均	63.5	10.6	99.7	0.24	-105	19.6	19.9
		(58.4～65.6)	(10.1～11.4)	(99.2～99.9)	(0.16～0.34)	(-200～-23)	(9.1～25.1)	(15.4～23.1)

※ 夏期は8・9月の平均値, 下段カッコ内は(最小値～最大値)を示す。

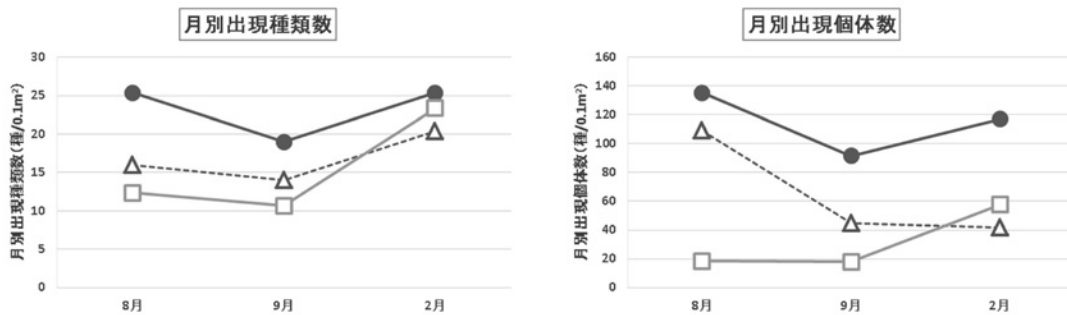


図4 調査月別の地点毎の平均種類数(左図)及び平均個体数(右図); ●湾奥, △湾央, □沖合

3 底生生物の変動

調査期間中の総出現種類数は3地点ともにそれぞれ70種前後であった(別表1-1～2-3)。調査月別の地点毎の平均種類数(図4左図)は8月から9月にかけて減少し, 2月にかけて増加する傾向にあった。平均個体数(図4右図)は湾央で異なる傾向を示したが, 2017年夏期の単独種優占(後述)の影響を除去してみると同様の傾向であった。

各地点の底生生物の概要を表2に示した。調査期間中, 3地点のうちでも湾奥の種類数, 個体数及び湿重量が大きかったが, 環形動物の比率が高く, 節足動物及び棘皮動物の比率は低い状態であった。また, 有機汚濁指標種の個体数比率についても湾奥が高かった。湾奥に出現した環形動物の個体数はカタマガリギボシイソメ (*Scoletoma longifolia*) が最も多く(2020年2月を除く), 続くタケフシゴカイ科 (*Maldanidae*) は2019年9月以降, フサゴカイ科の一種 (*Amphitrite* sp.) は2019年8月以降, それぞれ確認されなくなった。ツノツバサゴカイ属 (*Phyllochaetopterus* sp.) [34] は角質

状の棲管内に棲息する, 感触手鬚の脇に角状の突起 (*cirri*) を有した比較的大型な種である。本調査において広島湾で確認された環形動物の中でも, 個体当たりの湿重量が大きく, 底層環境の悪化時にも一定数が確認されており, カタマガリギボシイソメとともに湾奥の常在的な出現種となっていた。その他, シズクガイ (*Theora fragilis*) 及びハナオカカギゴカイ (*Sigambra hanaokai*) [35] もほぼ毎回確認された。

湾央は湾奥と沖合の中間的な群集組成を示していたが, 優占種の変動が大きく, 2017年8月にタマガシフサゴカイ科の一種 (*Terebellides* sp.) が大量に確認(最大205個体/0.1m²)されたものの, 翌年以降ではほとんど確認されず, 他の生物の個体数も少ない状態となった。カタマガリギボシイソメは湾央・沖合ではほとんど確認されず, 同じギボシイソメ科のアンボンギボシイソメ (*Lumbrineris amboinensis*) が出現主体となっていた。

沖合では種類数及び個体数は少なかったが, 環形動物以外の出現比率が高く, スガメソコエビ属

表2 各地点の底生生物の概要(平均値)

	湾 奥	湾 央	沖 合
種類数(種/0.1m ²)	23.1	16.8	15.4
個体数(個体/0.1m ²)	114.7	65.2	31.3
湿重量(g/0.1m ²) ^{**}	6.81	3.13	1.17
環形動物比率(%)	88.5	68.1	50.4
軟体動物比率(%)	7.5	8.1	17.7
節足動物比率(%)	1.6	16.1	16.7
棘皮動物比率(%)	0.7	3.2	9.8
有機汚濁指標種個体数比率	41.0	9.3	8.5
主要出現種(総個体数順)	カタマガリギボシイソメ タケフシゴカイ科 フサゴカイ科の一種 ツノツバサゴカイ属 シズクガイ	タマグシフサゴカイ科の一種 アンボンギボシイソメ ツノツバサゴカイ属 スガメソコエビ属 ハナオカカギゴカイ	スガメソコエビ属 アンボンギボシイソメ タナイス目の一種 ハナムシロ クダタマガイ科の一種

※ 1個体当たり1gを超える検体は湿重量の解析から除外した。

(*Ampelisca* sp.) の出現数が最も多かった。また冬期のみ、節足動物タナイス目の一種(Tanaidacea)及びクダタマガイ科の一種(Cylichnidae)を初めとした数種の軟体動物が一定数確認された。なお、棘皮動物のオカメブク(*Echinocardium cordatum*)の他、比較的大型のエビ類や魚類が採取されることがあり、これらを含めた期間中の平均湿重量を算出すると15.81 g/0.1 m²となり、他の地点を上回っていた。

底生動物の群集組成は海域の汚染度と密接な関係にあり[7]、多毛類は汚染が進行するにしたがって優占度が高くなるのに対し、甲殻類比率や多様性指数は逆に低下するとされている[36]。そこで、環形動物、軟体動物、節足動物の変動を種類数及び個体数別にそれぞれ示した(図5～7)。なお、棘皮動物は出現数が少なかったため、図を省略した。

環形動物種類数及び個体数(図5)は総じて湾奥が高く、湾央と沖合はこれに続いていた。2018年8月から翌年の8月までは湾奥の種類数が多かったが、その翌月には他の地点と同程度になった。個体数では2017年8月に湾央でタマグシフサゴカイ科の一種が優占していたが、以後減少して沖合同程度となった。湾奥では2019年9月に種類数とともに個体数の減少が見られた。軟体動物種類数及び個体数(図6)は夏期に低下、冬期に増加する傾向にあった。湾奥の個体数はシズクガイの割合が高かった。節足動物種類数及び個体数(図7)は湾央で比較的安定、沖合では2019年2月以降に個体数が大きく増加した。湾奥では2018年を除くと夏・冬期いずれも個体数が1個体/0.1m²以下であった。棘皮動物は3地点の出現種類数が0～3種/0.1m²、個体数が0～8個体/0.1m²の範囲にあり、湾奥が低い

傾向にあったが、特徴的な季節変動は確認できなかった。

地点別の有機汚濁指標種出現率(図8)は湾奥が平均で4割程度、他の地点が1割程度となり、湾奥では2019年2月に62%に達した。地点別の有機汚濁指標種出現個体数(図9)の比較では、湾奥でカタマガリギボシイソメ、湾央ではエーレルシスピオ(*Prionospio ehlersi*)、沖合ではシズクガイの割合が大きかった。

4 底生生物の多様度・均等度

出現生物群集の多様性を確認するため、Shannon-Wienerの多様度指数H' (bit)及びPielouの均等度指数J'について、評価を行った(図10)。H'及びJ'は総じて、沖合>湾央>湾奥の順で小さくなっていった。H'は8月から9月にかけて低下した後、2月に回復する傾向があったが、2017年度については9月の低下が見られなかった。これは前述のように、2017年8月は夏期の水温が他の年度より低めであったことが影響していたと考えられる。ただし、湾央及び沖合については2017年8月時点でH'が低かった。同年5月に実施した予備調査においても比較的低い数値であったことから、2地点ともにそれ以前に環境悪化の影響を受けていた可能性がある。J'は全般的に変動幅が小さかったが、湾央における2017年8月の単独種の優占時にはH'が1.08まで低下すると、0.283まで低下していた。一方、H'が2.57まで低下した2019年9月の湾奥では、J'は前後と比べてあまり変化がなかった。この時は環形動物以外の生物が確認されておらず、多様度が低下しているにもかかわらず、環形動物の種・量からのみ数値を算出したため、均等度のみを評価していると考え

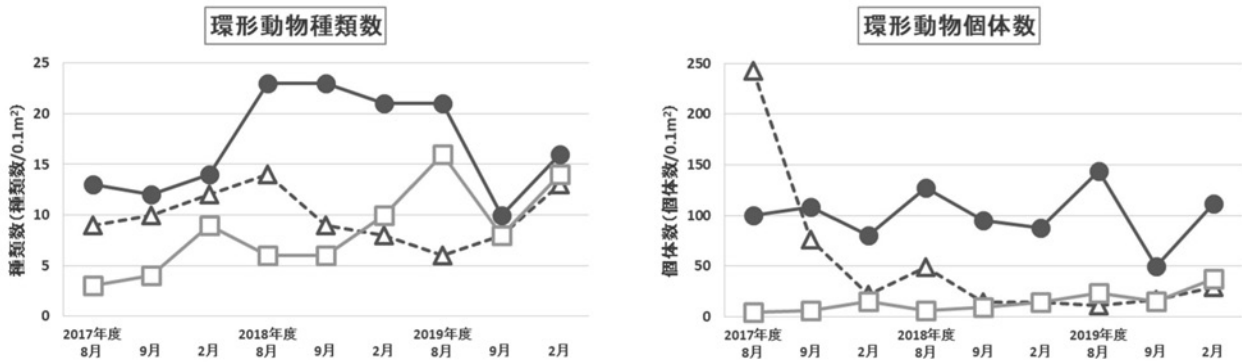


図5 環形動物種類数及び個体数の変動；●湾奥, △湾央, □沖合

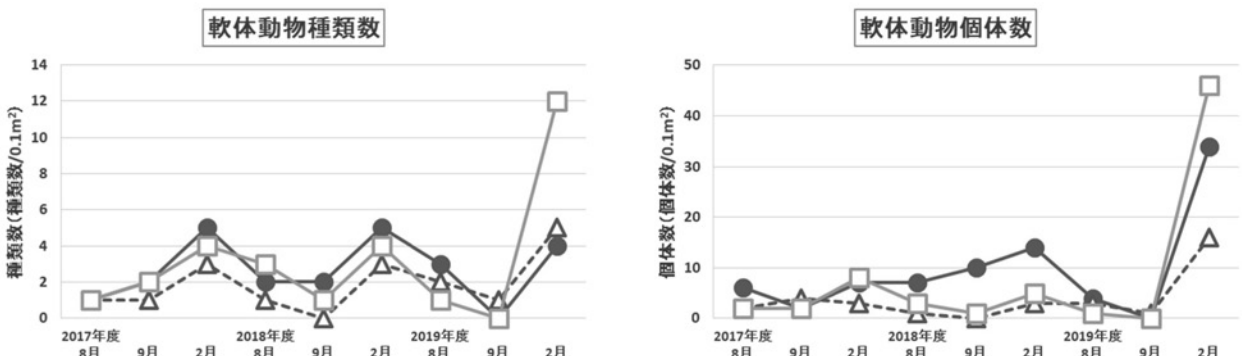


図6 軟体動物種類数及び個体数の変動；●湾奥, △湾央, □沖合

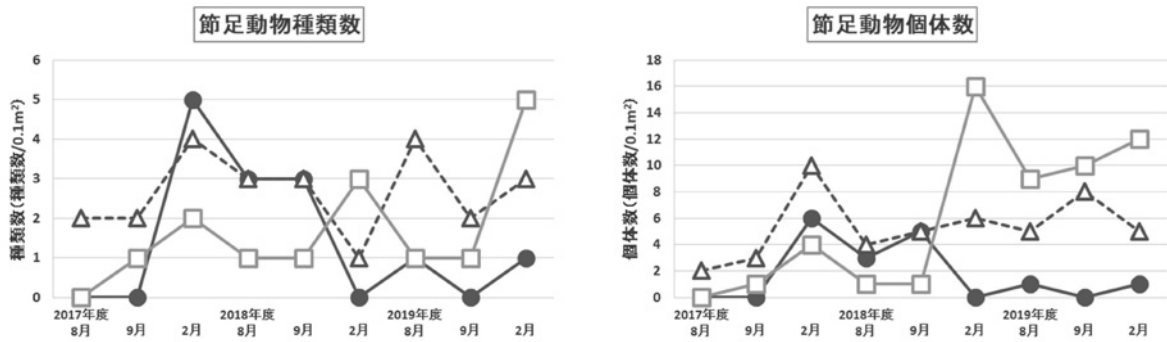


図7 節足動物種類数及び個体数の変動；●湾奥, △湾央, □沖合

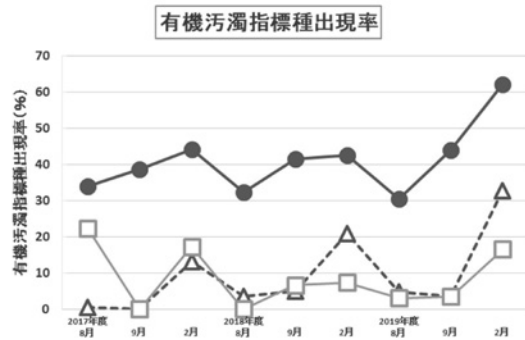


図8 地点別の有機汚濁指標種出現率；●湾奥, △湾央, □沖合

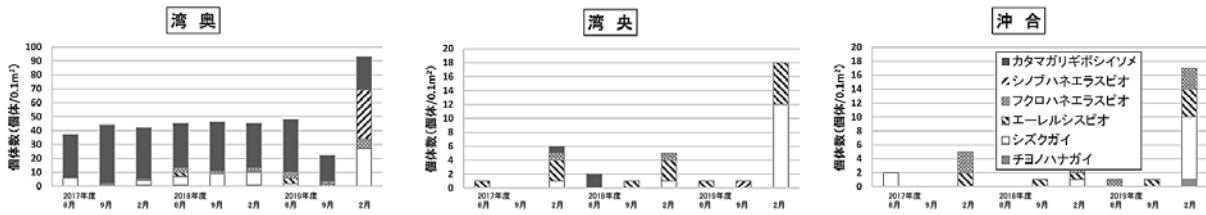


図9 地点別の有機汚濁指標種出現個体数(左図:湾奥, 中央:湾央, 右図:沖合)

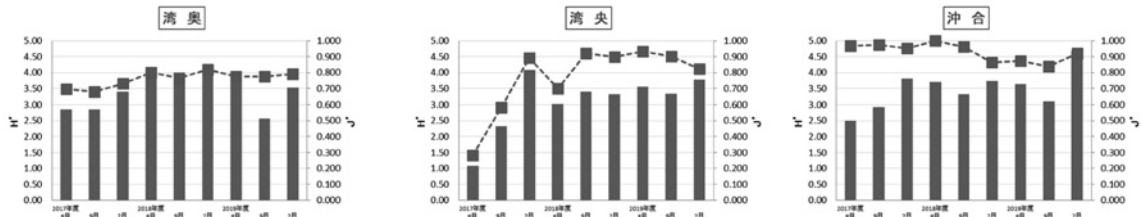


図10 3調査地点のH'及びJ'の変動(左図:湾奥, 中央:湾央, 右図:沖合); 棒グラフH', 折線J'

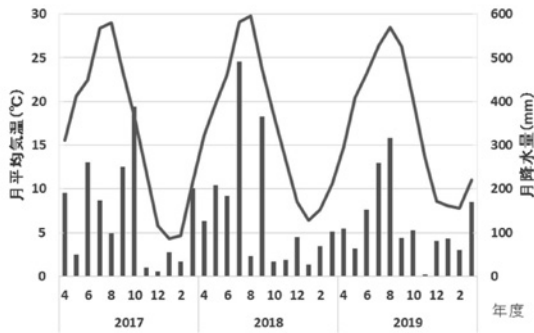


図11 2017～2019年度の月別平均気温(折線)及び降水量(棒)

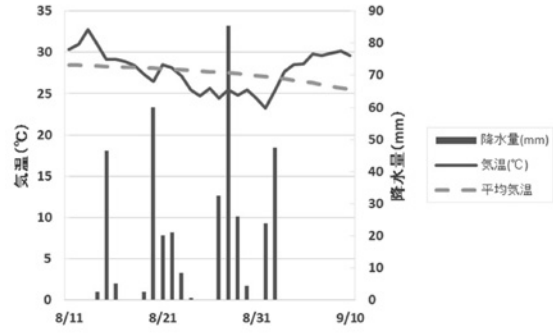


図12 2019年8～9月の降水量, 気温及び平年値(1981～2010年の30年間の観測値の平均)
※採水は2019年8月8日及び9月10日に実施

られた。今尾ら[37]はJ'が累積貧酸素死亡感度係数czoxの減少に伴った低下を示さなかったことから、これは貧酸素化の進行につれ、少数種が偏りなく出現したためであり、貧酸素がマクロベントスの多様性に及ぼす影響を評価する場合、J'の使用は適していないと考察している。本件も同様の事例と考えられ、これらの指標については有益な情報が得られるものの、解析の際には他のデータ動向を含め、総合的に注意深く考察する必要がある。

5 気象の影響

調査実施期間中の月別平均気温及び降水量[38]を図11に示した。2018年度夏期の調査結果については、同年7月の西日本豪雨の影響を受けていると考えられ、特に湾奥では他年度よりも底層DOが高め(図2)、

底質(図3)のAVSが低め、ILが高めであるとともに、環形動物種類数の増加と一定数の節足動物の出現が確認された(図5左図及び図7)。山本ら[39]が行った広島湾を対象とした浮遊系-底生系カップリング・モデルによる算定結果では、河川水流入量が大い年はエスチュアリー循環流が発達することで、北部海域下層に供給される酸素フラックスが増大するため、流入負荷が大いにも関わらず貧酸素水塊の発達が抑制されるとしており、本調査結果と合致していると考えられる。

2019年9月10日の調査時には環形動物の種類数及び個体数の減少とともに、シノブハネエラスピオ(*Paraprionospio patiens*)が湾奥・湾央でそれぞれ1個体、2020年2月には湾奥で一定数(35個体/0.1m²)が確認された。これは大阪湾[40]のような発生レベル

表3 調査期間中の水質・底質と底生生物の相関関係 (** 1%有意, * : 5%有意)

(a) 湾奥 (n = 9)

項目	種類数	個体数	湿重量	環形動物	軟体動物	節足動物	棘皮動物
底層DO	0.449	0.272	-0.01	0.058	0.622	0.330	-0.261
底層水温	-0.199	-0.039	0.236	0.178	-0.553	-0.231	0.275
泥温	-0.229	-0.058	0.241	0.170	-0.583	-0.220	0.233
IL	0.346	0.321	* 0.794	0.331	0.164	-0.067	-0.096
COD	-0.369	-0.381	-0.154	-0.374	-0.049	0.070	-0.625
AVS	-0.496	-0.005	-0.355	0.169	-0.451	-0.422	0.541
Eh	0.375	0.093	-0.208	-0.122	0.556	0.116	-0.080

(b) 湾央 (n = 9)

項目	種類数	個体数	湿重量	環形動物	軟体動物	節足動物	棘皮動物
底層DO	0.543	-0.253	-0.34	-0.32	0.539	0.543	0.460
底層水温	-0.614	0.115	0.425	0.186	-0.476	-0.514	-0.493
泥温	-0.574	0.231	0.490	0.300	-0.492	-0.571	-0.464
IL	0.241	-0.259	-0.393	-0.248	0.262	-0.271	-0.579
COD	0.343	-0.128	-0.514	-0.147	-0.021	0.379	0.196
AVS	-0.573	-0.446	0.014	-0.389	-0.261	-0.087	-0.527
Eh	0.443	-0.026	-0.400	-0.085	0.333	0.488	0.493

(c) 沖合 (n = 9)

項目	種類数	個体数	湿重量	環形動物	軟体動物	節足動物	棘皮動物
底層DO	0.637	0.572	* 0.744	0.462	0.521	0.537	0.392
底層水温	-0.593	-0.548	* -0.728	-0.443	-0.514	-0.475	-0.356
泥温	-0.633	-0.586	* -0.772	-0.502	-0.529	-0.518	-0.334
IL	-0.381	-0.439	-0.316	-0.511	-0.220	* -0.671	0.007
COD	0.192	0.208	-0.256	-0.018	0.280	0.057	0.504
AVS	-0.275	-0.376	-0.026	-0.189	-0.454	-0.125	-0.344
Eh	0.646	0.636	0.619	0.606	0.472	* 0.706	0.376

(d) 3地点合計 (n = 27)

項目	種類数	個体数	湿重量	環形動物	軟体動物	節足動物	棘皮動物
底層DO	* 0.395	-0.068	-0.15	-0.21	* 0.483	* 0.424	0.281
底層水温	* -0.391	-0.040	0.158	0.088	* -0.466	-0.359	-0.261
泥温	* -0.419	-0.015	0.160	0.121	** -0.489	-0.380	-0.253
IL	0.046	-0.044	0.290	-0.014	0.016	* -0.390	-0.172
COD	0.281	0.247	0.254	0.228	0.231	-0.227	-0.067
AVS	0.017	0.181	0.207	0.242	-0.123	-0.379	-0.106
Eh	* 0.435	0.184	-0.055	0.085	0.345	0.306	0.261

(約6,000個体/m²)には及ばないものの、9月の湾奥では環形動物以外は確認されておらず、底層DOは2.7 mg/Lにまで低下していることから、底層における強度の貧酸素化が予想された。この時の気象状況(図12)については8月中盤から9月初頭にかけて、降雨が断続的に続き、気温も低下傾向にあったが、9/2以降は気温が平年よりも高い状態となっていた。例年、広島湾では9月に底層水温が最も高くなるが、一方で8月下旬から9月上旬にかけて、鉛直混合が始まるため底層にも酸素が供給される。3地点の平均値による水温の表底差が2017年9月及び2018年9月では約1℃と鉛直混合が進行していたのに対し、2019年9月では4.6℃と大きかったことから、鉛直混合が遅れ、貧酸素化が進行していたと考えられる。また、この時の湾奥底層のpHは7.9、溶存態栄養塩類はDIN 0.17mg/L、DIP 0.063mg/Lと通常よりも高かったことから(未発表)、底層の還元状態が進行し、底泥から栄養塩類が溶出したものと推測された。なお、2020年2月の調査ではシズクガイについても湾奥27個体、湾央12個体、沖合9個体/0.1m²が確認され、軟体動物及び有機汚濁指標種の組成比を増加させていた。

6 水質・底質との相関関係

菊池[7]は底生動物の分布に最も強く影響するのは潮流など水の動きと海底の底質条件であると述べていることから、水質・底質項目と底生動物の相関関係について解析した。本調査では年度によって底生動物の出現傾向が異なっており、調査地点数・頻度ともに少なく、データに偏りが生じている可能性があるが、調査期間中の水質・底質と底生動物の相関関係について、地点毎の傾向を確認した。

水質・底質項目間では、各地点で温度要因間(底層水温、泥温)及び生息環境項目間(底層DO、Eh)でそれぞれ強い正の相関($r > 0.989$, > 0.818)、温度要因と

生息環境項目の間では強い負の相関($r < -0.855$)が認められた。

水質・底質項目と底生動物の地点別の解析結果(表3a~d)では、湾奥において湿重量とILに正の相関、沖合において湿重量と温度要因及び節足動物とILに負の相関、湿重量と底層DO及び節足動物とEhに正の相関関係が認められたが、他の項目間では認められなかった。門別の傾向としては底層DOに正の相関、底層水温と泥温に負の相関関係が一定の傾向として見られたが、湾奥及び湾央の環形動物については傾向が他の動物と一致しなかったことから、一定の貧酸素耐性を有している環形動物の分布状況が影響していると考えられた。また、3地点のデータを合計した解析では種類数に対し、温度要因及び生息環境項目に負及び正の相関関係が認められ、軟体動物及び節足動物に対してはその一部項目に同様の相関関係が認められた。ただし、冬期のみ出現している種もいることが相関関係にも影響を及ぼしている可能性があり、種毎の生活史及び貧酸素等に対する忌避行動について、個別の検討が必要である。

7 底層DOと底生生物の関係

底層DOと底生生物は密接な関係にあるとされるものの、測定データからは明確な相関関係が認められないことも多い。木村ら[41]は底生生物の貧酸素耐性の違いというよりも短期的な変動により調査時のDO濃度が反映されなかったと推定している。大久保ら[42]は海域に設置した自動観測装置のデータからDOの短期変動を確認しており、水質調査で瞬間値を得る際には留意が必要であるとしている。風呂田[43]は必ずしも底質上あるいは底質内の動物の生息環境の酸素濃度を測定しているわけではないと述べており、貧酸素状態では底質中では硫化物の発生も同時に起こり、硫化物濃度が斃死に影響している可能性もあると

している。通常の底層調査は海底から0.5～1mで採水を行うが、夏期における海底境界域の高濁度層 [44] あるいは浮泥層 [45] では酸素消費が大きく、より還元的な環境となっていると考えられる。このため、生息する生物にとっては予測よりも過酷な状況にさらされていると推察される。2019年9月湾奥の底層DOの低下は2.7 mg/Lであったが、瞬間的な数値であるとともに、底生生物の減少状況からB-1m以深の底層では厳しい貧酸素下にあったと考えられる。また、姜ら [46] は1992年夏季の広島湾調査において、湾奥部の底層0.5mで貧酸素化(約3.2 mg/L)とともに、硫化水素濃度15 μ gH₂S/L以上及び底質で0.2 mgS/g-dry程度を確認しており、これらの複合的条件はガザミ幼生に甚大な影響を与えているとしている。本調査での底層DO及び底質のAVSは依然として当時と同レベルにあり、現在においても幼生を含めた節足動物の生息環境に影響を与えていると考えられる。また、前述のように本調査では、温度要因と生息環境項目の間に強い負の相関関係が認められており、広島湾では底層水温の上昇に伴う底層DOの低下が底生生物群集の大きな変動要因の一つと考えられた。

8 過去の調査結果との比較

当所が関連した過去の調査のうち、1981年8月～1983年2月の広島湾調査 [3] では、沿岸部の地点において、期間を通じて *Lumbrineris (Scoletoma) longifolia* を主体とした環形動物が出現個体数の9割前後を占めていた。湾央(本調査と同地点)では、シズクガイは102個体/0.1m²程度まで増加した1982年7月を除くと、期間を通じて10個体/0.1m²未満と少なかった。1990年7～9月の調査 [47] では、沿岸域において小型多毛類の *Cossura* sp. の編組比率が30%以上と優占的に出現するとともに、シズクガイが広範囲に分布し、生物相の貧困化した9月にSt-7(湾央と同地点)で60%以上と高い優占度を示した。1999～2001年度の調査 [48] では、沿岸域において、ヨツバネスピオA型 (*P.patiens*) とシズクガイの2種が代表的なベントスであり、ギボシイソメ (*S.longifolia*) も夏期に多く出現していた。広島湾に関する他の文献では、今林 [4] は1995年5月～1996年2月の調査結果から、湾奥部の卓越種としてシズクガイ(年平均25.4個体/0.1m²) やスピオ科多毛類を挙げ、生物量、種数及び群集多様性の大きさは海底直上の酸素レベルに比例するとしている。また、1998年3月～12月に実施された辻野ら [5] による広島湾調査では、多毛類の出現数が最も多く、次いで二枚貝(主にシズクガイ)を主体する軟体動物であったとしており、出現傾向はおよそ一致している。このように、過

去の沿岸部の調査地点では環形動物主体あるいはシズクガイを初めとした有機汚濁指標種が優占していた。

本調査の結果と過去の広島湾の状況を比較すると、シズクガイの出現個体数は減少しているものの、沿岸に近い地点では依然として環形動物が主体であった。さらに貧酸素化が原因と見られる生物相の単純化も年度・地点によっては生じていた。また、湾奥ではカタマギリギボシイソメとツノツバサゴカイ属が年度・季節を通じて一定数生息しており、2019年9月以降のような底層環境悪化による有機汚濁指標種の出現割合の増加も確認された。湾央及び沖合では環形動物以外の生物が一定割合存在していたが、湾奥ではその割合が低く、環境条件によりこれらの生物が大きく衰退することも確認されたため、生物攪拌 [49, 50] を通じた底質の浄化機能が停滞している可能性が推察された。

9 将来への展望

玉井 [51] は生態系におけるマクロベントスの役割として、上位捕食者に対する餌としての役割、海底を中心とした環境改変者としての役割を挙げ、海底を中心とした多様な物質循環の担い手として重要な役割を果たしているとしている。菊池 [52] は食物連鎖上位にある動物の利用で最も多いのは、表在移動性あるいは半埋在性の甲殻類であり、幼稚魚期の餌料としての小型底表性ベントスの重要性を説いている。ハルバクチス類(ソコミジンコ目)やヨコエビ等の小型節足動物は稚仔魚の有用な餌料 [53] ～ [56] となるため、これらが増大することにより、激減している底生漁獲資源 [57] の回復を含めた水系全体の生産量増大が期待される。

風呂田 [58] は東京湾湾奥において、夏期の貧酸素期においても貧酸素化に耐性のある底生生物が生き残れる程度の酸素が残存すれば、生物の死滅による有機汚濁物質の大量供給回避と動物の生活史の継続による再生産力向上が可能になると述べている。山本 [59] は難分解性かつ嫌気性である底質の改善には、夏期においてさえも水質、底質ともに低(貧)酸素化しない環境が維持されることが必須条件であり、これによって底生生物の生息が可能となることで、自然が有する浄化機能を効果的に利用することが可能であるとしている。松田 [60] は今後の環境管理において、ベントス生態系の回復は底生漁獲物の資源の回復のみならず、これらの生物の生育過程で有機物の分解に加え、漁獲を通じた系外除去による広い意味での浄化機能が発揮されるとしている。貧酸素に比較的弱いとされる節足動物や棘皮動物等が貧酸素化による減耗から逃れ、これらの生物量が増加・大型化することにより、系内外

への有機物除去や生物攪拌による底泥への酸素供給が効率的に行われ、より健全な環境となると考えられる。

今回、夏期・冬期を含めた複数年に渡る底層環境の調査により、単独調査のみでは分からない有益な情報を得ることができた。今後とも、底生生物を含めた底層環境の調査については、断片的な情報だけでなく、総合的な解析によって現場状況の推測が可能となることから、季節を通じた経年的な調査の継続とより精度の高い解析が求められる。

ま と め

- ・底層DOは沖合が夏・冬期を通じて5.0 mg/Lを下回ることがなかったのに対し、湾奥・湾央の底層DOは夏期に低く、3.0 mg/Lを下回ることもあった。
- ・底質は地点間の差は小さかったが、項目によっては季節変動があり、底質レベルは底生生物にとって致死的ではないものの、好適な環境ともいえない状況と考えられた。
- ・底生生物は湾奥が種類数・個体数ともに多かったものの、環形動物を主体としており、沖合に向かって種類数・個体数は少なくなったが、生物の多様性は高くなった。
- ・底層水温が最も高くなる9月にかけて底生生物の種類数・個体数が減少し、冬期に回復していた。底層環境の悪化に対して、生物相が大きく変動し、有機汚濁指標種が増加する例も確認されており、環境変動に対する脆弱性を有していると考えられた。
- ・過去の文献等との比較では、一定の改善傾向は認められるものの、底生生物の生息環境は大きく変化していないと考えられた。
- ・広島湾では底層水温の上昇に伴う底層DOの低下が底生生物群集の大きな変動要因の一つに挙げられ、高水温期に底層DOを維持し、底層環境の浄化機能を向上させることが資源回復につながるものと考えられた。

謝 辞

本調査結果の取りまとめに際し、環形動物のツバサゴカイ科については横浜国立大学 西 栄二郎教授、紐型動物については北海道大学 柁原 宏准教授、軟体動物の貝類については貝類研究家の濱村陽一氏に貴重なご助言並びに有益な情報をいただきました。ベントス調査の基本操作については元山口県環境保健センター 下濃義弘氏にご指導いただきました。ベントス同定に関する基本事項については一般財団法人広島県

環境保健協会 平岡喜代典氏、笹田一喜氏、中原真哉氏にご指導いただきました。環境調査については当所環境研究部の研究員の皆様にご協力いただきました。心より深謝いたします。

文 献

- [1] 村上和仁, 今富幸也, 駒井幸雄, 永淵 修, 清木 徹, 小山武信: 瀬戸内海における環形動物(Annelida)の生息状況と底質環境の関係, 水環境学会誌, 21 (11), 757-764, 1998
- [2] 辻野 睦: 瀬戸内海におけるマクロベントスの現存量と生産量, 水環境学会誌, 84 (2), 211-220, 2018
- [3] 榎 美代子: 広島湾の底生動物相調査. 広島県環境センター研究報告, 6, 69-75, 1984
- [4] 今林博道: 貧酸素下のベントスの生残戦略, 月刊海洋, 30 (3), 125-132, 1998
- [5] 辻野 睦, 有馬郷司, 神山孝史, 内田卓志: 広島湾におけるマクロベントス・メイオベントス現存量・生産量の推定. 日本ベントス学会誌, 63, 35-41, 2008
- [6] 小田新一郎, 濱脇亮次, 後田俊直: 広島湾における栄養塩類及びCOD関連項目の季節変動について. 広島県立総合技術研究所保健環境センター研究報告, 28, 45-52, 2020
- [7] 菊池泰二: 環境指標としての底生動物(1) - 群集組成を中心に -, 環境と生物指標2, 共立出版, 255-264, 1975
- [8] 橋本俊也, 松田 治, 山本民次, 米井好美: 広島湾の海況特性 - 1989 ~ 1993年の変動と平均像 -, 広島大学生物生産学部紀要, 33, 9-19, 1994
- [9] 湯浅一郎・山崎宗広・橋本英資・宝田盛康・田辺弘道: 広島湾・呉湾における貧酸素水塊の分布と歴史. 中国工業技術研究所研究報告, 44, 9-17, 1995
- [10] 伊達悦二, 清木 徹: 広島湾の貧酸素水塊の分布とその形成機構, 広島県保健環境センター研究報告, 14, 1-11, 2006
- [11] 国土交通省国土政策局国土情報課, “国土数値情報ダウンロードサービス”, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html> (参照2015-9-25)
- [12] WoRMS Editorial Board (2020). World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2020-11-16. doi: 10.14284/170
- [13] Japan Agency for Marine-Earth Science

- and Technology (2009 onwards). Biological Information System for Marine Life (BISMaL) at <https://www.godac.jamstec.go.jp/bismal/>. Accessed on 2020-11-16.
- [14] 福田 宏：「7. 軟体動物」；岡山県版レッドデータブック2020動物編，岡山県野生動植物調査検討会（編），岡山県環境文化自然環境課，309-707，2020，<https://www.pref.okayama.jp/page/656841.html>
- [15] 岡田 要，内田清之助，内田 亨 監修：新日本動物図鑑（上・中・下），北隆館，東京，1965
- [16] 西村三郎：原色検索日本海岸動物図鑑（I），保育社，大阪，1992
- [17] 西村三郎：原色検索日本海岸動物図鑑（II），保育社，大阪，1995
- [18] 今島 実：環形動物多毛類，生物研究社，東京，1996
- [19] 今島 実：環形動物多毛類II，生物研究社，東京，2001
- [20] 今島 実：環形動物多毛類III，生物研究社，東京，2007
- [21] 今島 実：環形動物多毛類IV，生物研究社，東京，2015
- [22] 奥谷喬司 編著：日本近海産貝類図鑑第二版，東海大学出版部，平塚，2017
- [23] 濱村陽一：芸南の海産貝類図鑑，蘭島文化振興財団，呉，2004
- [24] Kajihara H：A taxonomic catalogue of Japanese nemerteans (Phylum Nemertea), Zoological Science, 24 (4), 287-326, 2007
- [25] Kajihara H：Species Diversity of Japanese Ribbon Worms (Nemertea), In：Motokawa M；Kajihara H, eds, Species Diversity of Animals in Japan. Springer Japan, Tokyo, 419-444, 2016
- [26] Hookabe N, Schwartz ML, Kajihara H, Norenburg JL：Molecular systematics of the heteronemertean genus *Dushia* (Nemertea, Pilidiophora), with descriptions of *D. wijnhoffae* sp. nov. and *D. nigra* species complex comb. nov., Zootaxa, 4691 (4), 333-358, 2019
- [27] 横山 寿：*Paraprionospio* 属多毛類の分類と系統，海洋と生物，172, 487-494, 2007
- [28] 自見直人：日本産ミズヒキゴカイ科・ハボウキゴカイ科の分類の現状（総特集 環形動物の分類学－日本とその周辺における最新研究－），月間海洋，号外57, 69-72, 2016
- [29] 環境省：平成27～29年度瀬戸内海環境情報基
本調査及び豊かな海の確保に向けた方策検討業務報告書，2016～2018
- [30] 後田俊直，山本哲也，寺内正裕：広島湾北部海域における底質の分布特性，広島県立総合技術研究所保健環境センター研究報告，24, 43-50, 2016
- [31] 園田吉弘，滝川 清，齊藤 孝，青山千春：主要4門の種数，個体数による有明海底生生物生息環境の評価，土木学会論文集B2（海岸工学），67（2），1141-1145, 2011
- [32] 西村昭史，井上美佐，山形陽一，横山 寿：持続的魚類養殖業のための漁場環境指標設定への試み，三重県科学技術振興センター水産研究部研究報告，10, 51-70, 2001
- [33] 国立環境研究所研究プロジェクト報告，2013：都市沿岸海域の底質環境劣化の機構とその底生生物影響評価に関する研究（平成22～24年度特別研究）SR-106-2013
- [34] Nishi E, Rouse GW：A new species of *Phyllochaetopterus* (Chaetopteridae：Annelida) from near hydrothermal vents in the Lau Basin, western Pacific Ocean, Zootaxa, 1621, 55-64, 2007
- [35] Nishi E, Tanaka K, Fujioka Y, Sato M：Reinstatement of *Sigambra hanaokai* (Kitamori, 1960) (Polychaeta, Pilargidae), with an overview of the literature on the genus, Zootaxa, 1653, 57-68, 2007
- [36] 北森良之介：汚染と海洋生物（マクロベントス），用水と廃水，19, 69-74, 1977
- [37] 今尾和正，鈴木輝明，高倍昭洋：溶存酸素環境の変化に伴うマクロベントス群集の構造と機能の変化予測手法，水産工学，41, 13-24, 2004
- [38] 気象庁HP：過去の気象データ検索 (<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>) より編集・加工
- [39] 山本裕規，山本民次，高田忠宏，三戸勇吾，高橋俊之：浮遊系-底生系カップリング・モデルによる広島湾北部海域の貧酸素水塊形成に関する動態解析，水環境学会誌，34, 19-28, 2011
- [40] 玉井恭一：大阪湾におけるスピオ科の多毛類 *Paraprionospio* sp. (A型) 個体群の季節変動と成長，日本水産学会誌，48 (3), 401-408, 1982
- [41] 木村賢史，西村 修，川井利雄，稲森悠平，秋山章男，須藤隆一：東京都内湾の底層水域環境と底生動物との関係，水環境学会誌，20 (6), 411-418, 1997

- [42] 大久保 慧, 小野 健, 中野和之, 宇城 真, 藤原建紀: 大阪湾における底層貧酸素の変動特性と持続時間, 水環境学会誌, 39 (6), 233-240, 2016
- [43] 風呂田利夫: 底生生物からみた環境回復目標, 月刊海洋, 35 (7), 470-475, 2003
- [44] 谷本照己, 川名吉一郎, 塩沢孝之, 星加章: 海底境界域における沈降・再懸濁, 沿岸海洋研究ノート, Vol.28, 25-33, 1990
- [45] 日比野忠史, 松本英雄: 広島湾に分布する浮泥の特性と季節的な性状変化: 土木学会論文集B, 62 (4), 348-359, 2006
- [46] 姜 柱賛, 松田 治, 山本民次: 広島湾の貧酸素と硫化水素がガザミ幼生の初期発達段階に及ぼす影響, 生物生産学研究 (広島大学生物生産学部紀要), 32 (2), 61-70, 1993
- [47] 底層の貧酸素化と生物生息調査, 瀬戸内海における生物生息環境に関する調査報告書, 瀬戸内海研究会誌, 112-133, 1994
- [48] 伊達悦二: 生物機能を利用した底質改善技術開発調査研究事業について - 底生生物の分布と底質浄化能試験 -, 広島県保健環境センター第11回業績発表会要旨集, 19-20, 2003
- [49] 菊池泰二: ベントスの働き 生物攪拌を中心に, 沿岸環境研究ノート, 18 (2), 67-77, 1981
- [50] 菊池永祐, 向井 宏: 生物攪拌: ベントスによる環境変化 (総説), 日本ベントス学会誌, 46, 59-79, 1994
- [51] 玉井恭一: マクロベントスの分布と生産, 平野敏行 (監修), 沿岸の環境圏, フジ・テクノシステム, 244-253, 1998
- [52] 菊池泰二: 砂泥底の生態系とベントス, 水産土木 22 (1), 25-33, 1985
- [53] 有山啓之: 大阪湾中部沿岸域におけるマコガレイ稚魚の分布および食性について, 大阪府立水産試験場研究報告, 14, 17-28, 2003
- [54] 伊藤 靖, 吉田 司, 張間千鶴: 瀬戸内海の千軒湾地先における炭素・窒素安定同位体比からみたマコガレイ稚魚の食物と食物源の推定, 日本水産学会誌, 81, 681-687, 2015
- [55] 今林博道, 花岡 資, 高森茂樹: 生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態 - I 他魚種との関係, 南西海区水産研究所研究報告, 8, 101-111, 1975
- [56] 島本信夫, 渡辺 淳: 瀬戸内海東部海域におけるマダイの食性とその季節変化, 日本水産学会誌 1994; 60 (1): 65-71
- [57] 水産庁 HP: 資源回復計画, 広島湾小型機船底びき網漁業包括的資源回復計画 (平成20年2月19日公表), https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s__keikaku/
- [58] 風呂田利夫: 底生生物からみた環境回復目標, 月刊海洋, 35 (7), 470-475, 2003
- [59] 山本民次, 松田 治, 橋本俊也, 妹背秀和: 瀬戸内海表層底泥に見られる, 強熱減量, 酸化還元電位および酸揮発性硫化物濃度の関係, 沿岸海洋研究, 36, 171-176, 1999
- [60] 松田 治: 瀬戸内海の生物資源と環境—その将来のために—, 岡市友利・小森星児・中西弘編, 第2章, 67-71, 恒星社厚生閣, 1996

別表1-1 地点別出現底生生物個体数(湾奥)

門	綱	目	科	学名	種名	調査年月日										計				
						170802	170912	180214	180807	180906	190206	190808	190910	200206						
刺胞動物	花虫	イソギンチャク	ムシモドキギンチャク	<i>Edwardsiidae</i>	ムシモドキギンチャク科				1							1				
扁形動物	渦虫	ヒラムシ		<i>Polycladida</i>	ヒラムシ目															
紐虫動物	古紐虫	トップラス		<i>Tubulanus punctatus</i>	クリグヒモムシ		1									1				
				<i>Palaemonetes</i>	古紐虫類			2	1			3				3	11			
				<i>Micrura japonica</i> (★)	クロヒモムシ															
	担帽	リネウス		<i>Siphonenteron bilineatum</i>	アタスリヒモムシ									1		1				
				<i>Lineidae</i>	リネウス科															
	針虫		クラテネメルテス		<i>Nippoanemertes</i> sp.	Nippoanemertes属		1				1				2				
					<i>Nemertes</i>	紐虫動物門														
軟体動物	腹足	-	イトカケガイ	<i>Epitonium</i> sp.	オオイトカケ属															
				<i>Nassarius castus</i>	ハナムシロ											2	2			
				<i>Inquisitor jeffreysii</i>	モミシボラ															
				<i>Rhinocula oblonga</i>	マメウラシマ															
				<i>Nudibranchia</i>	裸鰓目															
				<i>Reticularia</i>	ヘコムツラガイ科															
				<i>Cylichnidae</i>	クダタマガイ科									1				1		
				<i>Yokoyamaia ornatissima</i>	ヨコヤマキセウタ										1					
				<i>Philinidae</i>	キセウタ科															
				<i>Pyramidellidae</i>	トウガタガイ科			1					1		2			2	5	
	二枚貝	-	キヌタレガイ	キヌタレガイ	<i>Solemya pusilla</i>	キヌタレガイ											1			
					<i>Arcuatula</i> sp.	ホトキスガイ属														
					<i>Nectidae</i>	サンカクサルボウ科														
					<i>Laternula gracilis</i>	ソトオリガイ														
					<i>Pilulina</i> sp.	ウメノハナガイ属														
					<i>Fulvia hunterfordi</i>	チゴトリガイ			1					1					3	5
					<i>Macoma incongrua</i>	ヒメシラトリ			1											2
<i>Thaora fragilis</i>	シズクガイ		6	1	3	1	6	9	9	2				27	63					
環形動物	多毛	サシバゴカイ	ウロコムシ	<i>Raetelloga pulchellus</i>	サシバノガイ				3							3				
				<i>Lepidasthenia izukai</i>	ウロコムシ科															
				<i>Polyzoidea</i>	ウロコムシ科	1	1												2	
				<i>Laboleptis yhlani</i>	ミミウロコムシ			1										1	2	
				<i>Sigalionidae</i>	ノナリウロコムシ科														5	5
				<i>Phyllocladidae</i>	サシバゴカイ科			1											1	2
				<i>Glycera</i> sp.	Glycera属	1	7	1	1				2	1				1	14	
				<i>Glycine</i> sp.	Glycine属				1										1	1
				<i>Poderkeopsis brevipalpa</i>	タレメオトヒメゴカイ				3				2						5	
				<i>Hesionidae</i>	カクレムシゴカイ科								1						2	2
				<i>Sigambra hanaokai</i>	ハナオカキゴカイ	2	4	5	6				8	2			5	8	40	
				<i>Neanthes succinea</i>	アシナガゴカイ		1												1	1
				<i>Nereididae</i>	ゴカイ科								1						1	1
				<i>Chrysopetalidae</i>	タンザクゴカイ科								1						1	1
				<i>Nephtys oligobranchia</i>	コノハシロガネゴカイ			4	3				2	2		3			14	
				<i>Nephtys polybranchia</i>	ミナシロガネゴカイ											2	1		3	6
				<i>Paralicydonia paradoxa</i>	カギアゴカイ															4
				<i>Eunicidae</i>	イソムシ科	1	2						1						1	1
				<i>Lumbinensis ambalinensis</i>	アンボンギボシイソムシ			31	42	37	32	35	32	38	19	24	290			
				<i>Scoletoma longifolia</i>	カタマカリギボシイソムシ				3	1		3							9	9
				<i>Schistomeringos</i> sp.	Schistomeringos属															
				<i>Dilonereis</i> sp.	Dilonereis属															
				<i>Paraonidae</i>	ヒメエラゴカイ科															
				<i>Poecilochaetus</i> sp.	Poecilochaetus属									1					2	3
				<i>Pararionospio patiens</i>	シノフハネエラスピオ									1						1
				<i>Pararionospio cordifera</i>	コクロハネエラスピオ					1	3		2	2	4	2		35	36	
				<i>Pararionospio corea</i>	スベスベハネエラスピオ	1	1		2	3		3	1	3				7	22	
				<i>Pronospiro ehlersi</i>	エーレルスピオ								3						8	8
				<i>Pronospiro sexoculata</i>	フタエラスピオ														2	2
				<i>Pronospiro krusadensis</i>	ミツハネスピオ									1					1	1
				<i>Pseudopolydora</i> sp.	オニスピオ属				1			1	2	2			9	15	15	
				<i>Scoletopsis</i> sp.	Scoletopsis属								1						1	1
				<i>Spio</i> sp.	スピオ属				1				3						5	5
				<i>Spiochaetes krozeri</i>	スズキチャシスピオ															
				<i>Mageles japonica</i>	モロチゴカイ															
				<i>Chaetopterus</i> sp.	ツバサゴカイ															
				<i>Phyllochaetopterus</i> sp.	ツノツバサゴカイ属								1							
				<i>Spiochaetopterus</i> sp.	アシビキツバサゴカイ属	7	1	3	16	4		6	8	10			8	63	10	
				<i>Apheleochaeta</i> sp.	Apheleochaeta属				5	2		3					1	27	3	
				<i>Chaetozona</i> sp.	Chaetozona属	3	7												15	15
				<i>Giriformia</i> sp.	Giriformia属				1	4		2	5	10					22	4
<i>Girifolidae</i>	ミスズキゴカイ科																			
<i>Stemmatosia</i> sp.	ウミシシノメ属																			
<i>Mediomastus</i> sp.	Mediomastus属																			
<i>Notomastus</i> sp.	Notomastus属	1	1			2	1		2	1			8		16					
<i>Maldanidae</i>	タケフシゴカイ科	23	18	10	13	17		9	3						93					
<i>Lysilla</i> sp.	Lysilla属									10					10	10				
<i>Streptosoma</i> sp.	Streptosoma属												2		1	3				
<i>Amphitrite</i> sp.	Amphitrite属	27	23		8		5	4		3					70					
<i>Nicola</i> sp.	Nicola属															1				
<i>Plecto</i> sp.	Plecto属															1				
<i>Terebellidae</i>	フサゴカイ科	1									1				2	2				
<i>Pectinariidae</i>	ウミイサゴムシ科															1				
<i>Ampharete</i> sp.	Ampharete属																			
<i>Amphichteis</i> sp.	Amphichteis属																			
<i>Amphisamytha</i> sp.	Amphisamytha属															1				
<i>Sosane</i> sp.	Sosane属																			
<i>Amphareteidae</i>	カザリゴカイ科																			
<i>Terebellidae</i> sp.	Terebellidae属						17	3				31				51				
<i>Euchone</i> sp.	Euchone属																			
<i>Sabellidae</i>	ケヤリムシ科																			
<i>Sipuncula</i>	環口動物門																			
<i>Ampelisca</i> sp.	スガメソコエビ属					1	1		1							4				
<i>Corophiidae</i>	ドロクダムシ科																			
<i>Isaidae</i>	インクヨコエビ科														1	1				
<i>Erichthonius</i> sp.	ホソクヨコエビ属				1											1				
<i>Liljeborgia</i>	トゲヨコエビ科																			
<i>Nippoisella nagatai</i>	ドロヨコエビ																			
<i>Melitidae</i>	メリタヨコエビ科																			
<i>Oedicerotidae</i>	クチバシソコエビ科					2	1									3				
<i>Phoxocephalidae</i>	ヒサシソコエビ科																			
<i>Tanaidacea</i>	タナイス目																			
<i>Metapenaeopsis acclivis</i>	トラソビ																			
<i>Lepidochela</i> sp.	ソコエビ属				1											1				
<i>Alpheus japonicus</i>	チナガチツボエビ																			
<i>Callinassidae</i>	スナモグリ科					1										1				
<i>Asthenognathus inaequipes</i>	ヨコナガモドキ								3							3				
<i>Pinnixa rathbuni</i>	ラスパンマメガニ								1	1						2				
<i>Echinocardium cordatum</i>	オカメフンク			1												1				
<i>Amphipylus ancistrotus</i>	カキクモヒトデ																			
<i>Amphipylus japonicus</i>	カキクモヒトデ	1	1								1				5					
<i>Synsphyidae</i>	イカリナマコ科															4				
<i>Ascidacea</i>	ホヤ属															2				
<i>Paratrypauchen microcephalus</i>	アカウオ																			
種類数						17	18	25	30	29	28	29	10	22	75					
個体数						109	114	95	139	111	106	158	50	150	1032					

(*) *Dushia nigra* species complex [26]

