

論文

山口県周防灘北東部笠戸湾周辺における現生貝形虫群集と海洋環境

入月 俊明*・伊藤 久代*・吉岡 薫**・河野 重範***
野村 律夫****・田中裕一郎*****・佐古 恵美*

Recent ostracode assemblages and the marine environment around Kasado Bay in northeastern Suo-nada Bay, Yamaguchi Prefecture, Southwest Japan

Toshiaki Irizuki*, Hisayo Ito*, Kaoru Yoshioka**, Shigenori Kawano***,
Ritsuo Nomura****, Yuichiro Tanaka***** and Megumi Sako*

Abstract

Sixty-eight ostracode species were found in 11 surface sediment samples collected around Kasado Bay, in the northern part of Suo-nada Bay, Yamaguchi Prefecture, Southwest Japan. Three ostracode biofacies (IB, MB and OB) were identified on the basis of Q-mode cluster analysis. Biofacies IB is distributed in the northern coastal area and contains sand and mud dwellers. Biofacies MB is distributed in the middle part of Kasado Bay, and is characterized by the dominance of *Bicornucythere* and low diversity indices. Biofacies OB is found in the outer part of Kasado Bay and contains relatively deep-water species. TOC and TN contents were highest in some inlets of Kasado Bay, at about 2% and 0.3%, respectively. The relationship between substrate factors (mud content, TOC and TN) and several ostracode indices (diversity, equitability, abundance, and percentages of selected species) were clarified based on calculation of their correlation coefficients. The results show ostracode diversity and abundances are negatively correlated with the substrate factors.

Key words: Kasado Bay, Suo-nada Bay, ostracode, Recent, Southwest Japan, TN, TOC

はじめに

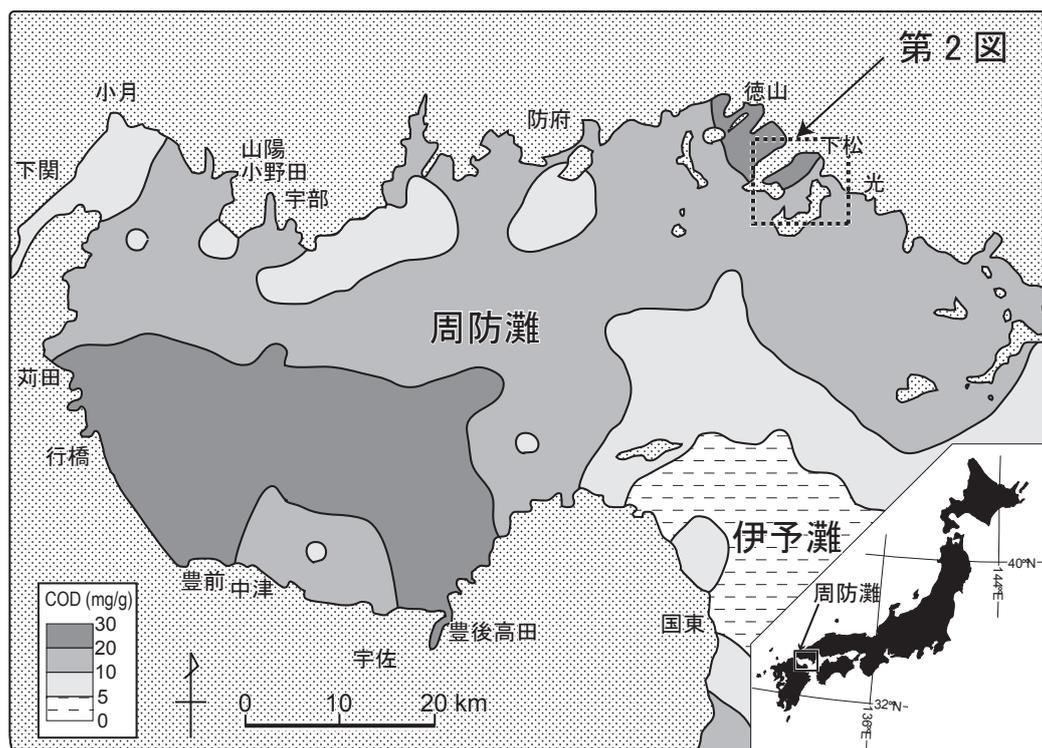
瀬戸内海は日本で最も大きな内海で、11府県に囲まれ、東端の大阪湾から西端の響灘まで、いくつかの湾や灘に区分されている。瀬戸内海では戦後から1960年代の高度経済成長期にかけて、水質の富栄養化や底質の有機汚濁が進行し、海域の環境が悪化した(柳, 2008編)。それに伴い、瀬戸内海において、今回研究対象とした節足動物に属す小型の甲殻類である貝形虫や原生生物の有孔虫などの小型底生生物の減少や単調化が近年明らかになってきた(例えば, Yasuhara et al., 2003; Yasuhara and Yamazaki, 2005; Tsujimoto et al., 2006; (社)瀬戸内海環境保全協会, 2008a, 2009; 入月ほか, 2010)。また、瀬戸内海の現在の貝形虫群集についても、東から大阪湾

(Yasuhara and Irizuki, 2001)、播磨灘(社)瀬戸内海環境保全協会, 2008a; 入月ほか, 2009)、撻灘(山根, 1998)、広島湾(社)瀬戸内海環境保全協会, 2006)、周防灘(社)瀬戸内海環境保全協会, 2009)と広く行われ、データが蓄積してきた。しかしながら、周防灘(第1図)における研究に関しては、(社)瀬戸内海環境保全協会(2009)が周防灘全域の11地点より貝形虫群集の報告を行ったが、そのうち8地点は周防灘西部に集中し、東部ではわずか3地点しか調査地点がないため、詳細な貝形虫群集の分布については明らかになっていない。そこで、筆者らはまず周防灘北東部に位置し、比較的有機汚濁の進んでいる笠戸湾周辺で底質試料を採取し、現生貝形虫種の分布を把握するとともに、群集と海洋環境との関連性を検討した。

調査海域と手順

調査海域は山口県下松市および光市沖合の周防灘北部で(第1図)、笠戸湾という小さな内湾がある(第2図)。笠戸湾は大島半島と笠戸島に囲まれ、瀬戸内海国立公園内の風光明媚な観光地であるが、近年赤潮によるトラフグ等の養殖魚の大量死等が報告され、水質の悪化が懸念されている(<http://www.47news.jp/CN/200408/CN2004080601003295.html>)。調査地点は笠戸湾内の10地点(KS1~10)および光市沖合の1地点(KS11)の合計11地点である。試料地点間の距離を1~2 kmに設定し、これらの地点における水深は8.2~27.9 mの範

* 島根大学総合理工学部地球資源環境学科
Department of Earth Sciences, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan
** 島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学専攻
Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan
*** 島根県立三瓶自然館
The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe, Oda 694-0003, Japan
**** 島根大学教育学部
Faculty of Education, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan
***** 産業技術総合研究所
Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 1-1-1 Higashi, Tsukuba 305-8567, Japan



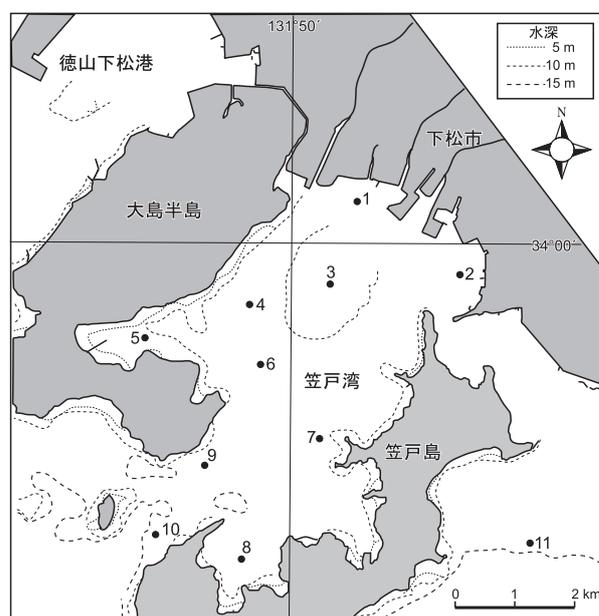
第1図 周防灘のCOD分布図および調査地点図。(社)瀬戸内海環境保全協会(2008b)をもとに作成。

囲である(第2図;第1表)。笠戸湾周辺は全体的に底質のCODが20~30 mg/gと周防灘の中で比較的高い海域であるとされている(社)瀬戸内海環境保全協会, 2008b;第1図)。

これらの地点で, 2009年7月2日に, 縦横15 cm四方のエクスマンバー式グラブ採泥器を用い, 船上から表層堆積物を採取した。引き上げ後, 表層1 cmの堆積物をステンレス製小型スプーンで採取し, ポリ容器へ入れ, それらを冷蔵保存し, 実験室に持ち帰った。残りの堆積物は1 mmの篩上で洗浄し, 大型底生動物を定性的に記載した。

実験室では採取された表層堆積物試料をステンレス製小型スプーンで良く攪拌し, 均質化させた後, 10 g程度をアルミカップに分取し, 精密電子天秤で湿潤重量を測定した。それらを70℃に設定した恒温乾燥器の中で3日間乾燥させ, 精密電子天秤で乾燥重量を測定した。以上の湿潤および乾燥重量の値に基づき, 各試料の含水率を算定した(第2表)。

残りの表層堆積物試料は湿潤重量を測定後, ただちに250メッシュ(開口径:0.063 mm)上で十分水洗し, 泥質堆積物を除去した後, 残渣を集めビーカーに入れた。その後, 貝形虫や有孔虫などの小型底生生物の生体を識別しやすくするため, 濃度が0.5 g/lとなるようローズベンガル溶液をビーカーに入れ24時間放置した。余分なローズベンガルを除去するため, 再び250メッシュ上で残渣を水洗し, 50~60℃のお湯を注ぎ, 30~60分放置した後, 水洗した。これらの作業を最低3回繰り返す。最後に, ろ紙上に残渣をあけ, 乾燥重量を測定し, 含泥率を算定した(第2表)。乾燥した試料を115メッシュ(開口径:0.125 mm)でふるい, 粗粒堆積物から全ての貝形虫を抽出した。貝形虫が200個以上含まれる試料に関し



第2図 調査地点図

ては, 分割器を用いて適宜分割した。なお, 個数に関しては, 片殻を1, 両殻(背甲)は2として計数した。

全有機炭素(TOC), 全窒素(TN)含有率の測定(CHN元素分析)には, 含水率を求めた乾燥試料をメノウ鉢で泥サイズになるまで粉碎後, 重量を精密電子天秤で秤量し, セラミックコンテナに収納した。さらに, 1 Nの塩酸で無機炭素を除去し, 乾燥させる作業を2回繰り返した後, 島根大学教

第1表 調査地点の位置(世界測地系:WGS84), 調査開始時刻, 水深(m), および水質と底質の環境項目.

地点(KS)	緯度	経度	開始時刻	水深(m)	表層		底層			
					測定水深(m)	水温(°C)	測定水深(m)	水温(°C)	酸化層(mm)	堆積物
1	34°00.356'	131°50.736'	14:20	13.5	0.2	23.91	12.8	19.84	5~10	中~粗粒砂
2	33°59.725'	131°51.814'	14:05	12.9	0.1	23.64	11.8	19.64	1	砂質泥
3	33°59.649'	131°50.424'	13:05	8.2	0.1	23.38	7.7	21.40	3	泥
4	33°59.464'	131°49.548'	14:45	13.1	0.2	23.30	12.5	20.11	5	泥
5	33°59.172'	131°48.393'	15:05	12.3	0.3	24.00	12.0	20.53	3	泥
6	33°58.923'	131°49.651'	11:00	12.1	0.2	23.22	11.4	19.17	3	泥
7	33°58.214'	131°50.348'	15:30	19.0	0.4	23.98	18.5	19.06	2~3	泥
8	33°57.138'	131°49.430'	15:55	15.7	0.3	23.49	15.4	19.01	2~3	泥
9	33°57.979'	131°49.081'	16:10	18.4	0.2	23.52	17.8	19.00	5~10	泥
10	33°57.370'	131°48.560'	16:45	27.9	0.3	23.49	26.5	18.72	数~10	砂質泥
11	33°57.326'	131°52.599'	9:30	21.2	0.2	23.21	20.5	18.92	数	泥

第2表 表層堆積物の含水率(%), 含泥率(%), 中央粒径(ϕ), 全有機炭素濃度(TOC), 全窒素濃度(TN), 全有機炭素濃度と全窒素濃度の比(CN比), 種多様度(H'), 均衡度(E), および密度(A :乾燥試料1gあたりの全貝形虫殻数).

地点(KS)	含水率(%)	含泥率(%)	中央粒径(ϕ)	TOC(%)	TN(%)	CN比	H'	E	A
1	30.8	15.9	-	0.47	0.05	8.92	2.83	0.51	29.8
2	54.9	62.1	5.06	1.38	0.14	10.17	2.33	0.41	110.3
3	63.1	94.1	6.15	1.64	0.18	9.20	2.13	0.38	17.5
4	67.6	95.9	6.17	1.49	0.19	7.99	1.57	0.37	17.1
5	70.7	99.1	6.88	1.93	0.23	8.53	1.01	0.30	10.0
6	69.7	98.6	6.30	1.72	0.20	8.75	1.22	0.26	18.3
7	74.2	98.6	6.45	2.03	0.26	7.85	1.76	0.39	23.9
8	69.0	98.7	6.54	1.69	0.23	7.19	1.45	0.39	28.0
9	71.3	94.8	6.29	1.69	0.22	7.78	2.30	0.42	30.4
10	64.0	75.9	5.92	1.56	0.18	8.86	2.83	0.42	76.0
11	68.3	96.1	6.12	1.48	0.17	8.86	1.88	0.44	10.5

育学部所有のヤナコ MT-5 CHN コーダーで測定した.

粒度分析に関しては, 泥質堆積物の10試料(KS2~KS11)について, 乾燥試料の耳かき一杯分程度をビーカーにいれ, 35%過酸化水素を注ぎ, 反応がおさまるまで1日以上放置し, 有機物を完全に除去し, 粒子を分散させた. その後, 1分間超音波洗浄をかけながら, 島根大学総合理工学部所有のレーザー回折式粒度分析装置(島津製作所SALD-3000S;中山・草野, 1998)で測定した.

結 果

1. 底質

今回の調査時においては, すべての地点で酸化層が認められた(第2表). 含泥率は, 地点KS1の約16%と地点KS2の62%を除き, 地点KS3からKS11では75%以上と高く, 主として泥から構成されていた(第3図, 第2表). 粒度分析の結果に基づくと, それらはおおよそ6~7 ϕ の中央粒径をもち, 細粒シルトに分類された(第2表). このように, 湾奥沿岸部では砂質堆積物が分布し, それ以外では泥質堆積物が分布する(第3図).

1mm以上の篩上に残った大型底生動物に関しては, 地点KS1では貝殻片が多く認められ, トリガイやホトトギスガイの遺骸も認められた. 地点KS2からKS8ではチヨノハナガイあるいはシズクガイの生体が認められた. 地点KS9~11ではチヨノハナガイやシズクガイの遺骸は少なく, 貝殻片や植

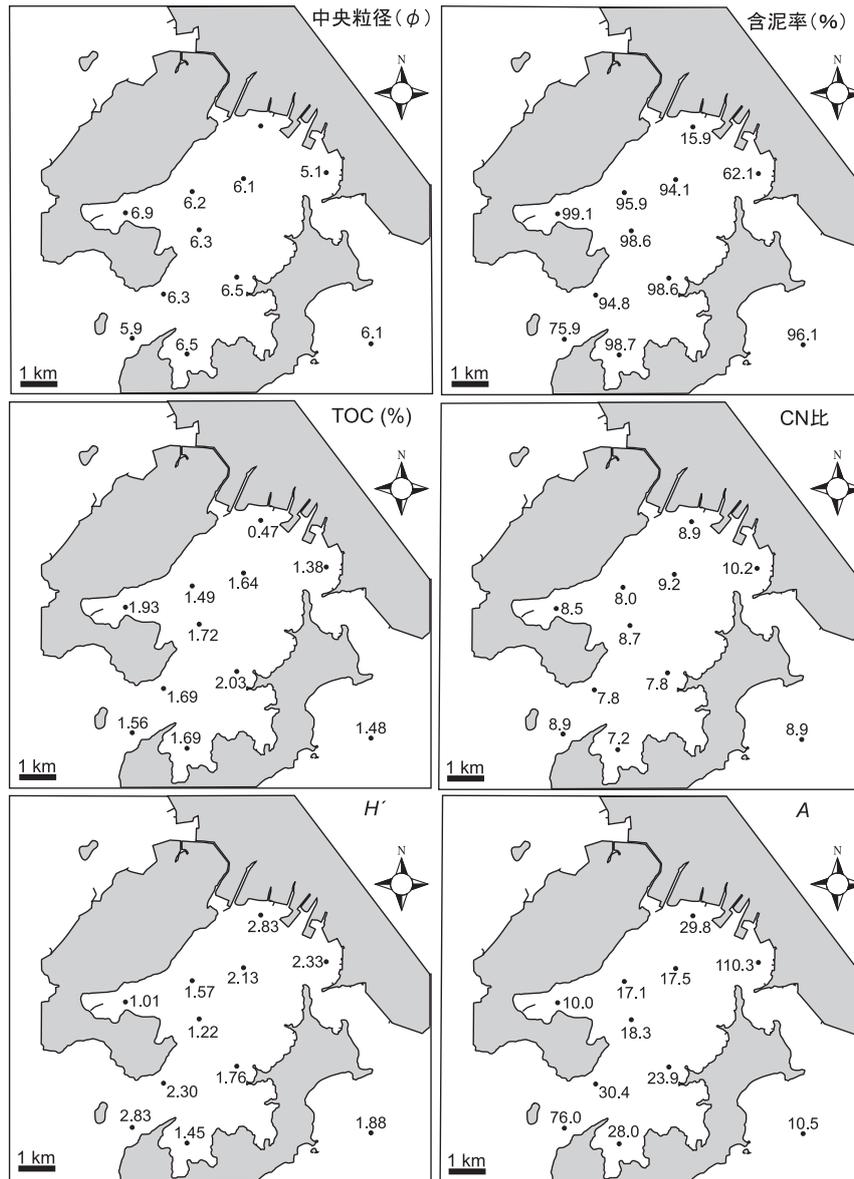
物片が認められた.

TOCは笠戸湾中央部, 地点KS7で最も高く, 2.03%で, 次いで大島半島の入り江の地点KS5の1.93%である. 一方, 砂質堆積物の地点KS1で0.47%と最も低かった. その他は1.38~1.72%と1.5%前後の値を示した(第3図, 第2表). TNもTOCの変化と類似した傾向を示し, 地点KS7で最も高い0.26%で, 地点KS5, 8, 9では0.2%以上の高い値を示した(第2表). TOC/TN(以下, C/N比)については特に傾向は認められず, 全体的に7.2~10.2前後の値を示し, 陸源有機物の負荷量の割合が小さいと言える(第3図, 第2表).

2. 貝形虫群集

貝形虫は11地点のすべてから, 合計68種が確認された(第3表, 第4図). 大部分が遺骸であったが, 最も多産した*Bicornucythere bisanensis*に関しては, 地点KS2, 4~10ではほぼすべての付属肢が殻に付着し, 採取時に生存していたか, 死後間もないと推定される個体が1~数個体認められた. 他にも*Trachyleberis scabrocuneata*などの生体も若干認められた. このように生体は含まれるものの, ほとんどが遺骸群集であるため, 本報告は入月ほか(2009)と同様に, 基本的に遺骸群集を対象とする.

圧倒的に多い種は*B. bisanensis*で, 全産出数の約40%を占めた. この種は湾中央部に位置する地点KS4および地点KS6で相対頻度が50%以上を占めた(第5図). また, 地点KS2では*B. bisanensis*の乾燥試料1g中の殻数が最も多く, 43個



第3図 笠戸湾における底質試料の中央粒径 (ϕ), 含泥率 (%), 全有機炭素濃度 (TOC), CN比, 貝形虫群集の種多様度 (H') および密度 (A: 乾燥重量 1g 試料あたりの全貝形虫殻数)。

体と極めて高かった。次いで、*Loxoconcha tosaensis* が笠戸湾内の入り江にあたる地点 KS5 と KS8 で高く、それぞれ相対頻度が 46.2% と 28.3% であった。*Loxoconcha viva* も地点 KS7 や KS11 など水深 20 m 前後の場所で相対頻度が高く、それぞれ 25.6% と 23.3% であった (第 5 図)。一方、*Aurila spinifera* s.l., *Schizocythere kishinouyei* などの種は砂質堆積物からなる地点 KS1 で多産した (第 5 図)。

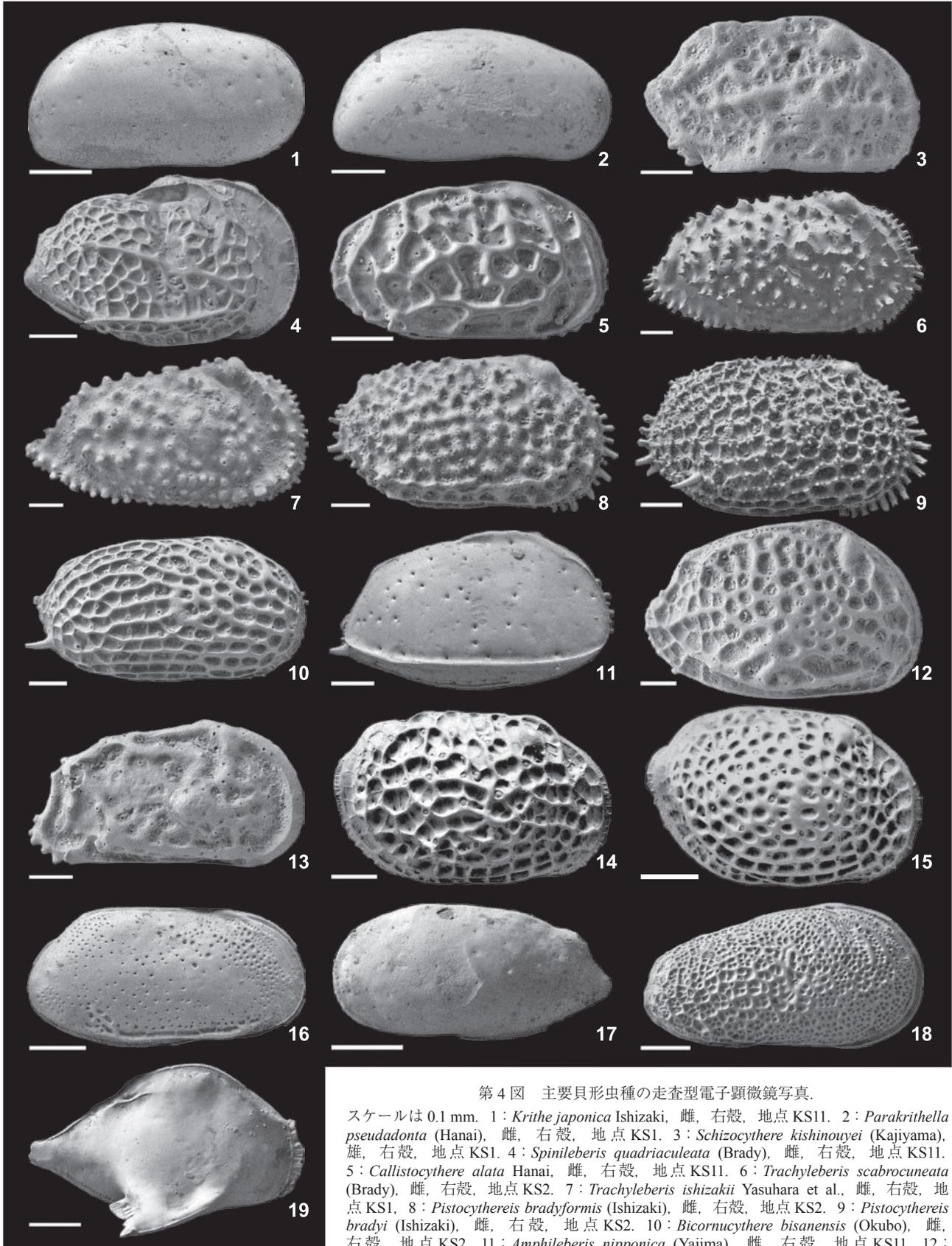
貝形虫の群集構造を定量化するため、乾燥試料 1g 中の全貝形虫殻数として表した密度 (A, abundance) と、多様性 (diversity) について検討した。密度は笠戸湾の中央部で 10.0 ~ 18.3 と相対的に小さい。湾の南部、湾口部および北部沿岸部では高く、特に地点 KS2 や KS10 ではそれぞれ 110.3 および 76.0 と極めて高かった (第 3 図, 第 2 表)。多様性については、以下のような 2 指数 (例えば、日本生態学会, 2004 編)

を検討した。種多様度を示す最も一般的な指標であるシャノン・ウィーナー指数 (H') は、 $H' = -\sum p_i \ln p_i$ で表され、 p_i は i 番目の種の割合である。試料中に種がどのくらい均等に含まれているかを示す均等度 (均衡度) 指数 (species evenness, equitability) については、微化石分野で広く使われている Buzas and Gibson (1969) の均衡度 E で、 $E = e^{H'}/S$ の式で表され、 S は種数、 H' はシャノン・ウィーナー指数を示す。

結果として、 H' は湾中央部や入り江では低く、1.0 から 1.5 の範囲であったが、湾口部の地点 KS10 や北部沿岸部の地点 KS1 では 2.83 と最も高い値を示した (第 3 図, 第 2 表)。光市沖の地点 KS11 は湾外にあるにもかかわらず、1.88 と低い値を示した (第 3 図, 第 2 表)。均衡度指数の E は、北部沿岸部の地点 KS1 を除き、すべての地点で 0.5 より低く、特に地点 KS6 では 0.26 と最低の値を示した (第 2 表)。

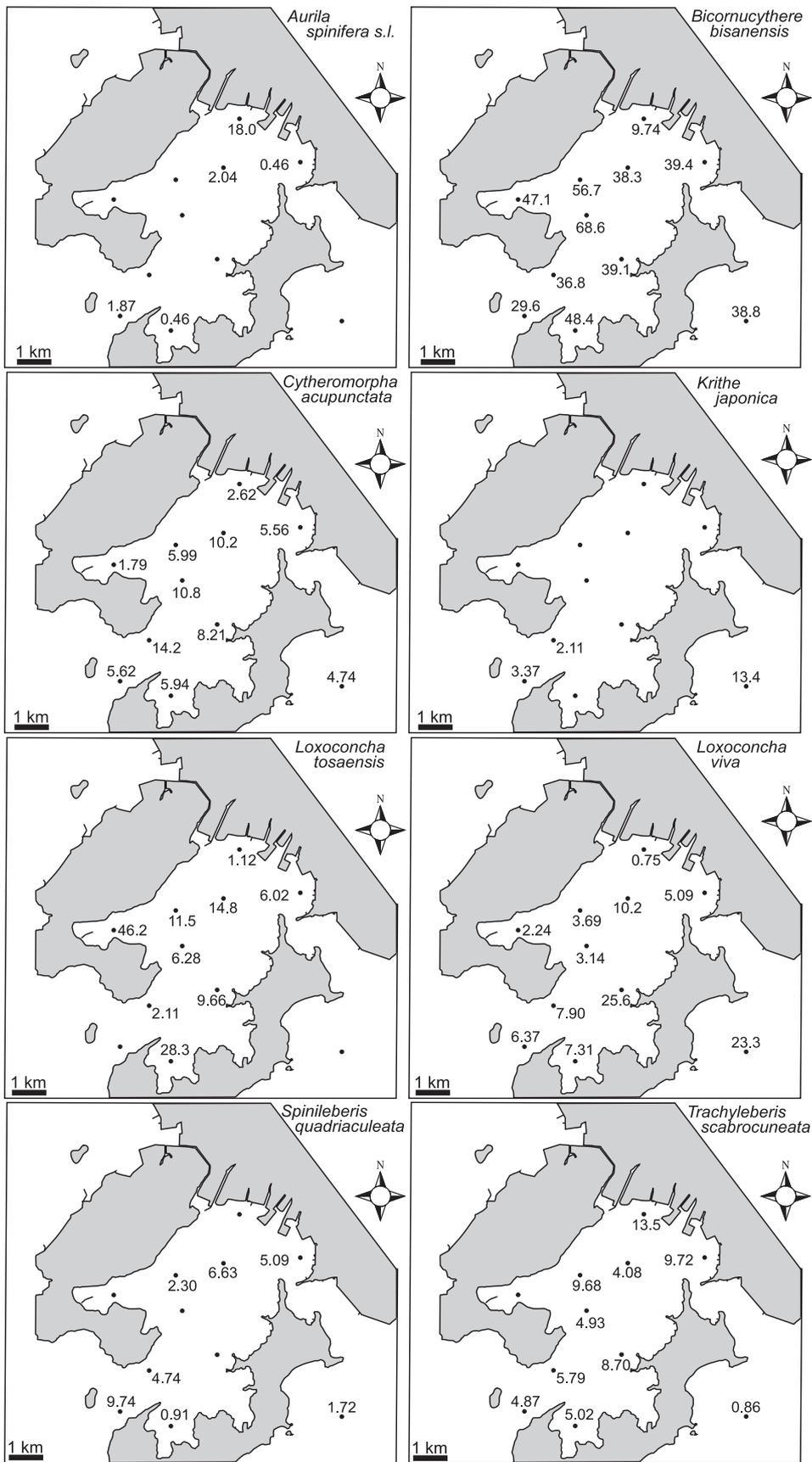
第3表 笠戸湾周辺海域の貝形虫産出リスト.

	笠戸湾	KS1	KS2	KS3	KS4	KS5	KS6	KS7	KS8	KS9	KS10	KS11	合計
<i>Ambtonia obai</i>				1							4		5
<i>Amphileberis nipponica</i>				1						1	2	7	11
<i>Aurila corniculata</i>						1					1		2
<i>Aurila cymba</i>											1		1
<i>Aurila disparata</i>		3	1										4
<i>Aurila spinifera s.l.</i>		48	1	4					1		5		59
<i>Aurila tosaensis</i>		1									1		2
<i>Aurila cf. uranouchiensis</i>		2					1				4		7
<i>Bicornucythere bisanensis</i>		26	85	75	123	105	153	81	106	70	79	90	993
<i>Bythoceratina hanaii</i>										1			1
<i>Callistocythere alata</i>		1	3	1	9	2	1	1	4	4	7	2	35
<i>Callistocythere angulata</i>		6	7					1					14
<i>Callistocythere asiatica</i>		1											1
<i>Callistocythere hayamensis</i>		1											1
<i>Callistocythere japonica</i>		4											4
<i>Callistocythere tateyamaensis</i>		8											8
<i>Cornucoquimba tosaensis</i>		12									2		14
<i>Cornucoquimba ? sp.</i>		1											1
<i>Cythere sp.</i>											2		2
<i>Cytherois nakanoumiensis</i>				1	2			3	2	5			13
<i>Cytherois uranouchiensis</i>			1	1		1	2	2			4		11
<i>Cytherois sp.</i>										2			2
<i>Cytheromorpha acupunctata</i>		7	12	20	13	4	24	17	13	27	15	11	163
<i>Cytheropteron donghaiense</i>			2		1			1		6	6	11	27
<i>Cytheropteron kumaii</i>											1		1
<i>Cytheropteron miurense</i>		6	1				1						8
<i>Finmarchinella uranipponica</i>		4											4
<i>Hanaiborchella sp.</i>											1		1
<i>Hemicytherura cuneata</i>											1		1
<i>Hemicytherura sp.</i>		1		1									2
<i>Krithe japonica</i>										4	9	31	44
<i>Loxoconcha epeterseni</i>		12	4										16
<i>Loxoconcha harimensis</i>			3							1	5		9
<i>Loxoconcha hattorii</i>		4		1		1							6
<i>Loxoconcha japonica</i>			1								1		2
<i>Loxoconcha tosaensis</i>		3	13	29	25	103	14	20	62	4			273
<i>Loxoconcha uranouchiensis</i>		1		4		1				1	3		10
<i>Loxoconcha viva</i>		2	11	20	8	5	7	53	16	15	17	54	208
<i>Munsevelia sp.</i>					1				1	2			4
<i>Neonesidea oligodentata</i>		2		1				2			2		7
<i>Nipponocythere bicarinata</i>		2	5	5	2		5	2		15	17	4	57
<i>Nipponocythere obesa</i>												6	6
<i>Paradoxostoma sp. 1</i>							2						2
<i>Paradoxostoma sp. 2</i>										1			1
<i>Paradoxostoma sp. 3</i>										1	2		3
<i>Parakriithella pseudadonta</i>		10	13		4					3			30
<i>Perissocytheridea sp.</i>												1	1
<i>Pistocythereis bradyformis</i>		4	5	2						2	8	4	25
<i>Pistocythereis bradyi</i>		5	9	3	3			1			1	2	24
<i>Pontocythere miurense</i>			1										1
<i>Propontocypris attenuata</i>				2									2
<i>Propontocypris sp. 1</i>		1											1
<i>Propontocypris sp. 2</i>		1											1
<i>Propontocypris sp. 3</i>				2							1		3
<i>Pseudopsammocythere tokyoensis</i>										1			1
<i>Robustaurila ishizakii</i>		3									2		5
<i>Schizocythere kishinouyei</i>		26	1								5		32
<i>Sclerochilus mukaishimensis</i>							1						1
<i>Semicytherura sp.</i>											1		1
<i>Spinileberis quadriaculeata</i>			11	13	5				2	9	26	4	70
<i>Trachyleberis ishizakii</i>		23	3							1	8		35
<i>Trachyleberis scabrocuneata</i>		36	21	8	21		11	18	11	11	13	2	152
<i>Xestoleberis hanaii</i>								1			3		4
<i>Xestoleberis saqamiensis</i>									1		2		3
<i>Xestoleberis setouchiensis</i>											1		1
<i>Xestoleberis sp. 1</i>			1	1							1		3
<i>Xestoleberis sp. 2</i>											1		1
<i>Xiphichilus sp.</i>			1				1	4		3	2	3	14
個数		267	216	196	217	223	223	207	219	190	267	232	2457
種数		33	25	22	13	9	13	15	11	24	40	15	68



第4図 主要貝形虫種の走査型電子顕微鏡写真。

スケールは0.1 mm。1: *Krithe japonica* Ishizaki, 雌, 右殻, 地点KS11。2: *ParakritHELLA pseudadonta* (Hanai), 雌, 右殻, 地点KS1。3: *Schizocythere kishinouyei* (Kajiyama), 雄, 右殻, 地点KS1。4: *Spinileberis quadriaculeata* (Brady), 雌, 右殻, 地点KS11。5: *Callistocythere alata* Hanai, 雌, 右殻, 地点KS11。6: *Trachyleberis scabrocuneata* (Brady), 雌, 右殻, 地点KS2。7: *Trachyleberis ishizakii* Yasuhara et al., 雌, 右殻, 地点KS1。8: *Pistocythereis bradyformis* (Ishizaki), 雌, 右殻, 地点KS2。9: *Pistocythereis bradyi* (Ishizaki), 雌, 右殻, 地点KS2。10: *Bicornucythere bisanensis* (Okubo), 雌, 右殻, 地点KS2。11: *Amphileberis nipponica* (Yajima), 雌, 右殻, 地点KS11。12: *Aurila spinifera* s.l. Schornikov and Tsareva, 雌, 右殻, 地点KS1。13: *Cornucoquimba tosaensis* (Ishizaki), 雌, 右殻, 地点KS1。14: *Loxoconcha tosaensis* Ishizaki, 雌, 右殻, 地点KS5。15: *Loxoconcha viva* Ishizaki, 雌, 右殻, 地点KS7。16: *Nipponocythere bicarinata* (Brady), 雄, 右殻, 地点KS11。17: *Nipponocythere obesa* (Hu), 雌, 左殻, 地点KS11。18: *Cytheromorpha acupunctata* (Brady), 雌, 右殻, 地点KS10。19: *Cytheropteron donghaiense* (Zhao), 雄, 右殻, 地点KS10。



第5図 主要貝形虫種の相対頻度(%)の空間的变化。

種構成に基づいて試料をグループングし、貝形虫相を識別するため、いずれかの試料から3個体以上産出した42種を用いてQ-モードクラスター分析を行った。分析にはPAST (Hammer et al., 2001) を用い、類似度としてはHorn (1966) の重複度指数を用いた。結果として、以下の3つの貝形虫相 (IB, MB, OB) が識別された (第6, 7図)。

貝形虫相IBは笠戸湾の奥にあたる北部沿岸域の1試料 (地点KS1) のみからなる。貝形虫は *A. spinifera* s.l., *T. scabrocuneata*, *S. kishinouyei*, *B. bisanensis* が卓越した (第6図)。種多様度は高く、均衡度も0.51で全試料中最高の値を示す。

貝形虫相MBは笠戸湾奥から中央にあたる地点KS2~KS8までの7試料よりなる。*B. bisanensis* が全体の約半分を占め、その他、*L. tosaensis*, *L. viva*, *C. acupunctata* および *T. scabrocuneata* などが普遍的に産出する (第6図)。種多様度、均衡度とも低い。

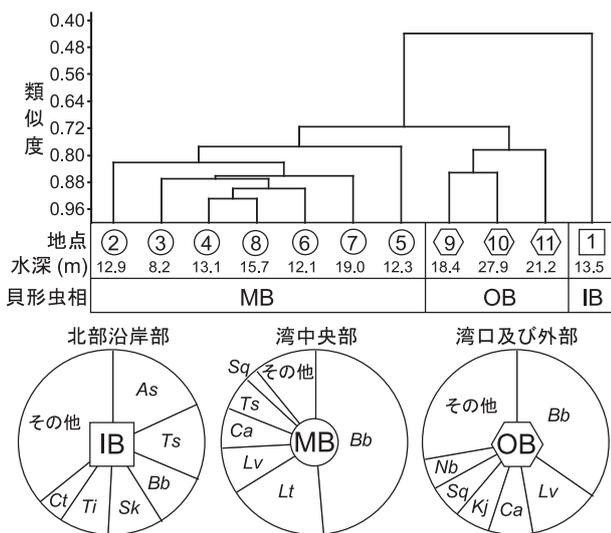
貝形虫相OBは笠戸湾湾口部 (地点KS9, 10) および光市沖の地点KS11の3試料よりなる。*B. bisanensis* が優占する点は貝形虫相MBと変わらないが、*L. tosaensis* が少なく、*L. viva*, *C. acupunctata*, *Krithe japonica* などがやや多い (第6図)。 *Cytheropteron donghaiense*, *Amphileberis nipponica* などの湾域でもやや深い沖合の種が含まれる。

考 察

今回の68種の貝形虫はほとんどがこれまで日本各地の内湾や沿岸域で報告されてきた種である。特に最も多産した *B. bisanensis* は日本全国の内湾の水深5~9mに優占するとされ

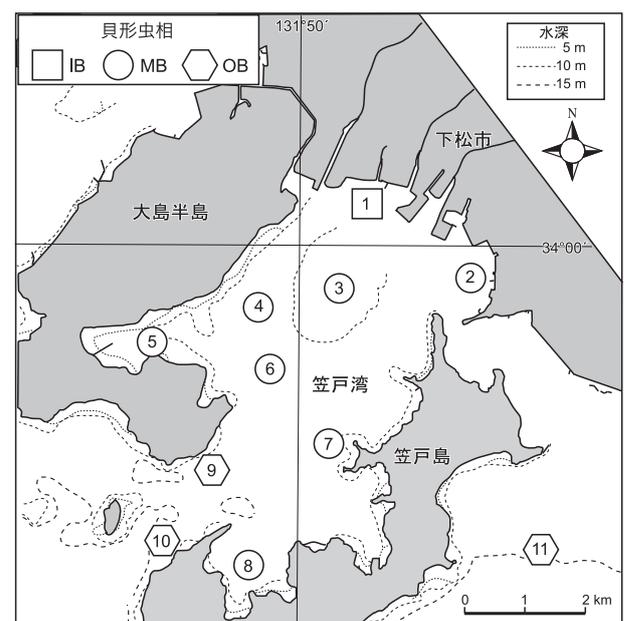
(池谷・塩崎, 1993), 夏場に貧酸素環境になるような閉鎖的内湾でも生息できる種である (入月ほか, 2003)。このような *Bicornucythere* 属に関しては、現在、日本や中国沿岸域でいくつかの種あるいは型が認められている (Abe, 1988; Abe and Choe, 1988; 入月・測川, 2007 など)。今回の笠戸湾ではこれらのうち1種 (*B. bisanensis*) のみが認められた。しかしながら、瀬戸内海東部に位置する大阪湾 (Yasuhara and Irizuki, 2001) や播磨灘 (社瀬戸内海環境保全協会, 2008a; 入月ほか, 2009) では、*B. bisanensis* 以外にも高知県浦ノ内湾などの西南日本太平洋側で多産する *Bicornucythere* sp. (Irizuki et al., 2008) が多く認められたが、笠戸湾周辺では1個体も得られなかった。また、周防灘の中央部や西部では中国北部や韓国沿岸部に多産する *Bicornucythere* sp. P (Abe, 1988 および Abe and Choe, 1988 の *B. bisanensis* form P) が、(社瀬戸内海環境保全協会 (2009) により日本で初めて認められているが、この種も笠戸湾では産出しなかった。このように瀬戸内海の東部と西部、また、周防灘内においても北東部と中央~西部では群集が異なっている。これらのことは、*Bicornucythere* 属の分散や生物地理を考える上で興味深い。さらに、少ないながら、東シナ海や中国沿岸に生息する南方系の *Nipponocythere obesa* (例えば、Ishizaki, 1981; Wang et al., 1988) が認められたが、この種はこれまで瀬戸内海での報告がない。

本調査海域では、Q-モードクラスター分析の結果、3つの異なる貝形虫相が認められた。そこで、入月ほか (2009) と同様に、今回の調査地点に限って、貝形虫相を構成する主な種の分布はどのような環境項目と相関があるのかを検討するため、水深、底質の含泥率、TOC, TN, C/N比と、貝形虫の群集構造に関する指標 (H' , E , A)、および各貝形虫相を代表する7種 (*A. spinifera* s.l., *B. bisanensis*, *C. acupunctata*, *K. japonica*, *L. tosaensis*, *L. viva*, *T. scabrocuneata*) の相対頻度 (%) との間



第6図 Q-モードクラスター分析結果、および各貝形虫相における上位6種の頻度グラフ。

As: *Aurila spinifera* s.l., Bb: *Bicornucythere bisanensis*, Ca: *Cytheromorpha acupunctata*, Ct: *Cornucoquimba tosaensis*, Kj: *Krithe japonica*, Lt: *Loxoconcha tosaensis*, Lv: *Loxoconcha viva*, Nb: *Nipponocythere bicarinata*, Sk: *Schizocythere kishinouyei*, Sq: *Spinileberis quadriculeata*, Ti: *Trachyleberis ishizakii*, Ts: *Trachyleberis scabrocuneata*



第7図 貝形虫相の空間的分布。

の相関係数を求めた(第4表)。

結果として、今回の調査地点に関しては、主に底質との相関が強かった。具体的には H' 、 E 、 A のいずれも相関係数が -0.4 以上で、特に、 H' と E は -0.7 前後と強い負の相関が認められた。また、TOC や TN との間でも、 H' と E は -0.6 以上で負の相関が見られた。貝形虫相 MB や OB の主要構成種である *B. bisanensis* は含泥率と強い正の相関があり、TOC および TN に関しても正の相関が見られた。*C. acupunctata*、*L. tosaensis*、*L. viva* も含泥率、TOC、TN とやや相関がある、あるいは相関があると判定された。一方、貝形虫相 IB の主要構成種である *A. spinifera* s.l. は含泥率、TOC、TN とともに強いあるいは極めて強い負の相関が見られ、この種が砂質堆積物中で多いことを明確に示している。また、同じく貝形虫相 IB で 2 番目に相対頻度が高い *T. scabrocuneata* もこれらの項目と負の相関が認められ、この種もやや砂質分が多い湾域に多産することを反映している。水深に関しては、貝形虫相 OB の特徴種である *K. japonica* がやや高い値を示し、正の相関が認められ、これも従来の研究(例えば、Yasuhara et al., 2005)で、この種が水深 15 m 以深に多いことと調和的である。また、*L. tosaensis* と *L. viva* を比較すると、各項目に対してお互い類似した相関係数を示すが、*L. tosaensis* は水深に対して負の相関が認められ、一方、*L. viva* は正の相関が認められることから、この海域では浅い場所に *L. tosaensis* が卓越し、やや深い場所に *L. viva* が卓越することが言える。

今回の海域における底質の TOC は最大でも約 2% であり、それを超えるような有機汚濁が進行した地点がなく、ほとんどが 1.5% 前後であった。そのため、他の瀬戸内海の沿岸域、例えば、TOC が 2% あるいはそれ以上の底質からなる播磨灘北部の相生沖周辺の内湾域(坂越湾や室津湾; 入月ほか, 2009)と比較すると、密度が 10 倍程度高い。また、種多様度も笠戸湾内のほうが高く、有機汚濁の進行が相対的に進んでいないことを反映していると推定される。

結 論

- 山口県笠戸湾周辺の 11 地点から採取された表層堆積物より、68 種の貝形虫が得られ、これらは日本全国の閉鎖的内湾や沿岸部に生息する種で、全体の 40% は *Bicornucythere*

第4表 水深、底質の含泥率、TOC、TN、C/N 比と、貝形虫の多様性指数 (H' 、 E)、密度 (A) と多産種の相対頻度 (%) との間の相関係数。

	水深	含泥率	TOC	TN	CN	H'	E	A
水深								
含泥率	0.03							
TOC	0.10	0.91						
TN	0.14	0.90	0.95					
CN	-0.19	-0.46	-0.37	-0.63				
H'	0.40	-0.71	-0.63	-0.64	0.39			
E	0.35	-0.70	-0.71	-0.62	0.13	0.83		
A	0.26	-0.41	-0.20	-0.31	0.56	0.56	0.29	
<i>Aurila spinifera</i>	-0.13	-0.90	-0.89	-0.80	0.20	0.56	0.64	
<i>Bicornucythere bisanensis</i>	-0.29	0.76	0.65	0.61	-0.24	-0.82	-0.89	-0.26
<i>Cytheromorpha acupunctata</i>	-0.05	0.42	0.37	0.38	-0.22	0.02	-0.24	-0.09
<i>Kritho japonica</i>	0.54	0.14	-0.04	-0.09	0.11	0.12	0.29	-0.14
<i>Loxocconcha tosaensis</i>	-0.41	0.38	0.44	0.47	-0.29	-0.70	-0.52	-0.33
<i>Loxocconcha viva</i>	0.39	0.38	0.39	0.39	-0.17	-0.04	0.15	-0.21
<i>Trachyleberis scabrocuneata</i>	-0.15	-0.69	-0.62	-0.52	0.09	0.49	0.50	0.35

bisanensis であった。

- 貝形虫相は笠戸湾北部沿岸、笠戸湾内、笠戸湾湾口部および光市沖の 3 つに区分された。
- 貝形虫の多様性や密度は底質の含泥率や TOC・TN と負の相関が認められた。
- 播磨灘北部沿岸域の閉鎖的な海域と比較すると、笠戸湾内の貝形虫は密度が高く、多様性も高く、有機汚濁の程度が低いことがわかった。

謝 辞

徳山海上保安部、周南港湾管理事務所、山口県環境生活部自然保護課、山口県漁業協同組合周南統括支店の守田平人氏および中野義久氏には海上作業に際し、便宜を図っていただいた。下松市の濱田修治氏には調査用の船舶をお借りした。島根大学総合理工学部の滝本紋子氏には試料採取と分析に際し、協力していただいた。編集委員の方々には原稿の不備を指摘していただいた。

以上の方々に御礼申し上げます。

引 用 文 献

- Abe, K., 1988, Speciation completed? In *Keijella bisanensis* species group. In Hanai, T., Ikeya, N. and Ishizaki, K., eds., *Evolutionary Biology of Ostracoda -its fundamentals and applications*, p. 919-925. Kodansha, Tokyo and Elsevier, Amsterdam.
- Abe, K. and Choe, K., 1988, Variation of *Pistocythereis* and *Keijella* species in Gamagyang Bay, south coast of Korea. In Hanai, T., Ikeya, N. and Ishizaki, K., eds., *Evolutionary Biology of Ostracoda -its fundamentals and applications*, p. 367-373. Kodansha, Tokyo and Elsevier, Amsterdam.
- Buzas, M. A. and Gibson, T. G., 1969, Species diversity: benthonic foraminifera in western North Atlantic. *Science*, **163**, 72-75.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. and Ryan, P. D., 2001, PAST: Paleontological statistics software package for education and data Analysis. *Palaeontol. Electr.*, **4**, 9 p. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Horn, H. S., 1966, Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. *Amer. Natur.*, **100**, 419-424.
- 池谷仙之・塩崎正道, 1993, 日本沿岸内湾性介形虫類の特性—古環境解析の指標として—。地質論, no. 39, 15-32.
- 入月俊明・瀧川美和子, 2007, *Bicornucythere* 種群(貝形虫)の分類と古生物地理。日本古生物学会 2007 年年会講演予稿集, p. 26.
- 入月俊明・後燈明あすみ・河野重範・吉岡 薫・野村律夫, 2009, 兵庫県相生市沖の播磨灘北部における現生貝形虫群集と環境要因との関連。島根大地球資源環境学研報, no. 27, p. 1-9.
- 入月俊明・中村雄三・高安克己・坂井三郎, 2003, 中海における過去約 40 年間の貝形虫(甲殻類)の群集変化。島根大地球資源環境学研報, no. 22, 149-160.
- Irizuki, T., Seto, K. and Nomura, R., 2008, The impact of fish farming and bank construction on Ostracoda in Uranouchi Bay on the Pacific coast of southwest Japan—Faunal changes between 1954 and 2002/2005—。 *Paleontol. Res.*, **12**, 283-302.
- 入月俊明・滝本紋子・河野重範・野村律夫, 2010, 瀬戸内海周防灘中西部における現生貝形虫群集の最近の変化。日本古生物学会創立 75 周年記念行事および 2010 年年会講演予稿集, p. 54.
- Ishizaki, K., 1981, Ostracoda in the East China Sea. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, **2nd Ser. (Geol.)**, **51**, 37-65.
- 中山勝博・草野高志, 1998, レーザー回折式粒度分析装置の使用法と分析結果の特徴。島根大地球資源環境学研報, no. 17, p. 49-56.
- 日本生態学会, 2004 編, 生態学入門, 257 p. 東京化学同人。
- (社)瀬戸内海環境保全協会, 2006, 平成 17 年度環境省委託業務結果報

- 告書. 瀬戸内海環境情報基本調査(新規予備調査編). 191 p.
- (社)瀬戸内海環境保全協会, 2008a, 平成19年度環境省請負業務結果報告書. 底質サンプル評価方法検討調査報告書. 131 p.
- (社)瀬戸内海環境保全協会, 2008b, 平成19年度瀬戸内海の環境保全一資料集一. 103 p.
- (社)瀬戸内海環境保全協会, 2009, 平成20年度環境省請負業務結果報告書. 底質サンプル評価方法検討調査報告書. 263 p.
- Tsujimoto, A., Nomura, R., Yasuhara, M., Yamazaki, H. and Yoshikawa, S., 2006, Impact of eutrophication on shallow marine benthic foraminifers over the last 150 years in Osaka Bay, Japan. *Mar. Micropaleontol.*, **60**, 258-268.
- 山根勝枝, 1998, 瀬戸内海燧灘における介形虫群集. 愛媛県総合博研報, no. 3, 19-59.
- 柳 哲雄, 2008 編, 瀬戸内海の海底環境. 130 p. 恒星社厚生閣, 東京.
- Yasuhara, M. and Irizuki, T., 2001, Recent Ostracoda from the northeastern part of Osaka Bay, southwestern Japan. *Jour. Geosci. Osaka City Univ.*, **44**, 57-95.
- Yasuhara, M. and Yamazaki, H., 2005, The impact of 150 years of anthropogenic pollution on the shallow marine ostracode fauna, Osaka Bay, Japan. *Mar. Micropaleontol.*, **55**, 63-74.
- Yasuhara, M., Yamazaki, H., Irizuki, T. and Yoshikawa, S., 2003, Temporal changes of ostracode assemblages and anthropogenic pollution during the last 100 years, in sediment cores from Hiroshima Bay, Japan. *The Holocene*, **13**, 527-536.
- Yasuhara, M., Yoshikawa, S. and Nanayama, F., 2005, Reconstruction of the Holocene seismic history of a seabed fault using relative sea-level curves reconstructed by ostracode assemblages: Case study on the Median Tectonic Line in Iyo-nada Bay, western Japan. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **222**, 285-312.
- Wang, P., Zhang, J., Zhao, Q., Min, Q., Bian, Y., Zheng, L., Cheng, X. and Chen, R., 1988, *Foraminifera and Ostracoda in bottom sediments of the East China Sea*. 438 p. China Ocean Press, Beijing (in Chinese with English abstract).

(受付: 2010年10月15日, 受理: 2010年10月29日)