

京都府北部久美浜湾の現生貝形虫の分布

増馬鉄朗¹・山田 桂¹

Recent ostracode distributions in Kumihama Bay (brackish lake) in the northern part of Kyoto Prefecture, central Japan

Tetsuro Masuma¹ and Katsura Yamada¹

Abstract: Recent ostracode assemblages in Kumihama Bay, which is an enclosed bay in the northern part of Kyoto Prefecture, were investigated based on the bottom surface sediments. At least 101 ostracode species were identified from 42 bottom samples collected from the bay and the Sea of Japan off the bay. Seven biofacies (BS, AX, CS, LN, NC, XP, and LS) were recognized on the basis of Q-mode cluster analysis. Very low density of ostracodes and allochthonous assemblages (biofacies AX) were found in the central part of the bay and in its surrounding area at water depth deeper than 12 m, respectively. These areas correspond with those of dissolved oxygen < 1.0%, suggesting that very low oxygen level causes ostracodes scarcity in the central part of Kumihama Bay. At a water depth shallower than 10 m in Kumihama Bay, five biofacies (BS, CS, LN, NC, and LS) were determined. Grain size, water depth, and salinity may mainly control their distributions in recent Kumihama Bay.

Key words: recent, Ostracoda, Kumihama Bay, southwest Japan

はじめに

貝形虫は体長 0.5 ~ 2 mm 程度の甲殻類で、その石灰殻は化石として地層から多産するため、地質時代を通して古環境変遷の解明などに利用されてきた (例えば, Irizuki et al., 2007). 特に, コア

中の貝形虫殻を用いた研究は多く、内湾や汽水湖で多くの成果を残している (例えば, Yasuhara and Yamazaki, 2005). これらに関連して現在の日本列島に点在する内湾や閉鎖的な汽水湖では現生貝形虫の分布が調査され、浦ノ内湾 (Ishizaki, 1968; Irizuki et al., 2008), 大阪湾 (Yasuhara and Irizuki, 2001), 瀬

¹ 信州大学理学部地質科学科 Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University, 3-1-1 Asahi, Matsumoto 390-8621, Japan

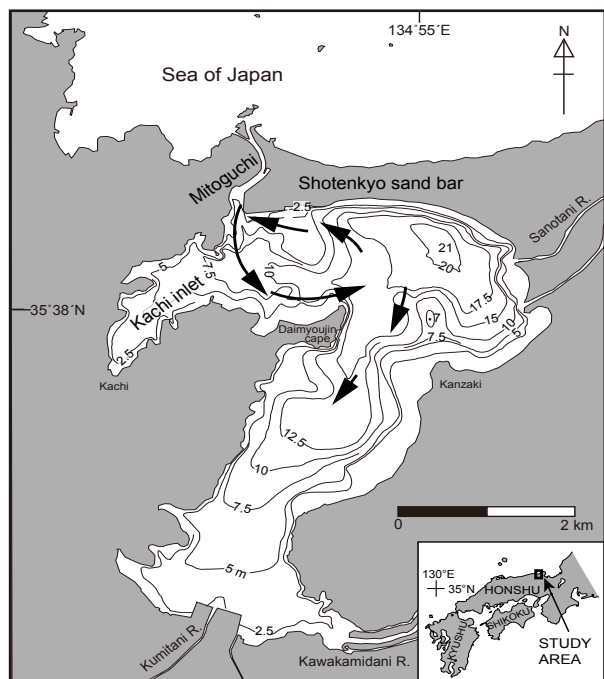


図1 調査地域の位置図および深度分布. 矢印はミトグチから侵入した外洋水の流入経路を示す.

Fig. 1 Map showing the study area and depth distributions in Kumihama Bay. Black arrows mean pass of sea waters which flow into the bay through Mitoguchi.

戸内海 (山根, 1998; 入月ほか, 2009, 2010), 三河湾 (Bodergat and Ikeya, 1988) や浜名湖 (Ikeya and Hanai, 1982; 池谷・塩崎, 1993) など, 太平洋側の内湾～汽水湖の貝形虫群集およびその生息域は明らかになりつつある. しかし, 日本海側に点在する内湾や汽水湖の研究は太平洋側に比べて少なく, 中海 (Ishizaki, 1969; 田中ほか, 1998; 入月ほか, 2003), 九十九湾 (Kamiya et al., 2001) や青森湾 (Ishizaki, 1971) など限定的である. そこで, 本研究では京都府の日本海沿岸に位置する汽水湖である久美浜湾の現生貝形虫群集の分布とその特徴を明らかにすることを目的とした.

地形および水質特性

久美浜湾は面積 7.3 km^2 で, 東から発達した小天橋しょうてんと呼ばれる南北の平均の長さが約 300 m の砂州によって閉じられた閉鎖的な海跡湖である (図 1). 湾に流入する河川には佐濃谷川, 久美谷川, 川上谷川があり, 砂州 (小天橋) の西端部に人工的に掘削されたミトグチと呼ばれる水深 5 m , 幅 40 m , 長

さ 300 m の水路によって, 湾はわずかに日本海と繋がっている. 最深部は湾北東部にあり, 水深 21 m である. この最深部から南西方向に伸びる主湾と西方向に伸びる河内支湾かっちが 2 本の谷地形を形成し, 最深部から離れるにしたがって水深が浅くなる. 表層水の塩分は $5.4 \sim 27.0 \text{ ‰}$ であり, 一年を通じて変化が大きい (京都府, 2005). また, 海水が流入する湾口部からの距離による塩分の差異は認められない. 一方, 一般的に水深の増加とともに塩分は増加するが, 水深 4 m 以深の塩分はほぼ一様になり, 例えば 5 月では $27 \sim 28 \text{ ‰}$ 程度になる. 湾の水深 14 m 以深には, 水温 $14 \sim 16^\circ\text{C}$ で塩分 $28.6 \sim 33.4 \text{ ‰}$ の比較的低温で高塩分な固有水が停滞する. 特に夏季には強固な成層構造が形成され, 湾の水深 14 m 以深の溶存酸素は 0% になり, 強い還元環境に至る (京都府, 2005). 唯一外洋と接続するミトグチは狭く浅いこと, また日本海は太平洋と比べて 1 日の潮位差が小さいことから, 湾内外の水の流量は少ない (川上, 1975). 日本海から流入した海水は表層を流れ, その後水深 $3 \sim 5 \text{ m}$ まで沈降して湾内に流入する. また, その流れは, 湾中央部に存在する固有水にはほとんど影響を与えておらず, 湾奥へ向かって風によりわずかに流れる. 従って, 流入した海水は湾内の水深 4 m 以深の水とほとんど交換しないまま湾の北部還流となりそのまま流出していると考えられている (川上, 1975).

試料および処理方法

2007 年 7 月 18 ~ 20 日に, 久美浜湾内の 39 地点 (KM02 ~ KM40), 砂州の沖合い約 0.8 km と 1.5 km の日本海 2 地点 (KM01, KM41), および日本海沿岸の岩礁地の 2 地点 (KM44, KM45) の計 43 地点から試料を採取した (図 2). 湾内および外洋の底質堆積物はエクマンバージ採泥器を用いて採取し, 採取後は船上で粒度, 色などを記載後, 表層 $1 \sim 2 \text{ cm}$ をプラスチック容器に入れ, エタノールを加えた. 岩礁地ではヘラで石灰藻を根からそぎ落とし, それらをバケツに入れた海水中でよく攪拌し, 開口径 $75 \mu\text{m}$ のふるい上で水洗し, 残渣をプラスチック容器に入れ, エタノールを加えた.

実験室に持ち帰った試料は開口径 $75 \mu\text{m}$ のふるい上で水洗し, 残渣を 60°C で $1 \sim 2$ 日乾燥させた. 200 個体を目安として残渣を適宜分割し, 双眼実体顕微鏡下で貝形虫殻を拾い出し同定を行った. 個体数は分離殻, 合弁殻とも全て 1 個体として計数した.

底質堆積物

底質試料は大きく2分された(表1)。外洋からミトグチ周辺および湾沿岸付近(水深18.3~1.2m)の試料は黄土色~茶褐色の中~細粒砂で多量の貝殻片や沈水植物を含んでいた。一方、湾中央部から湾奥部の試料は黒色~黒灰色泥で、表層にオリーブ色の酸化層がパッチ状に見られる試料もあった。特に水深の深い場所で採取した試料(KM15~22, KM27~29)は硫化水素臭が強く、>2mmの生物遺骸はわずかに*Raetellops pulchellus*(チヨノハナガイ)が散在する程度であった。

貝形虫群

貝形虫の優占種と多様度, 均衡度

KM40を除く42試料から47属101種の貝形虫が産出した(図3, 4, 表2)。*Paradoxostoma*属

や、幼体のため殻が小さく属レベルでしか同定できなかった個体は全て spp.としてまとめた。閉鎖的内湾泥底種(池谷・塩崎, 1993; 入月ほか, 2003, 2010)である*Bicornucythere bisanensis*や*Spinileberis quadriaculeata*が最も優占し、特に河内支湾において多産した。*Neonesidea oligodentata*と*Loxoconcha uranouchiensis*は主に湾口部や湾東岸の沿岸部で産出し、*Loxoconcha ocellata*や*Spinileberis furuyaensis*などの低塩分環境を好む貝形虫種(山根, 1998; 入月ほか, 2003)は主湾奥の川上谷川河口付近や河内湾の最奥部などで産出した。葉上種(Sato and Kamiya, 2007; Irizuki et al., 2008)の*Xestoleberis hanaii*と低塩分の泥底を好む(入月ほか, 2003)*Angulicytherura miii*は湾中央部~湾奥部にかけて幅広く分布していた。

貝形虫群集の多様性を調べるため、Shannon-Wiener指数($H(S)$)を用いた種多様度と、Buzas and Gibson(1969)による均衡度($Eq.$)を算出した。

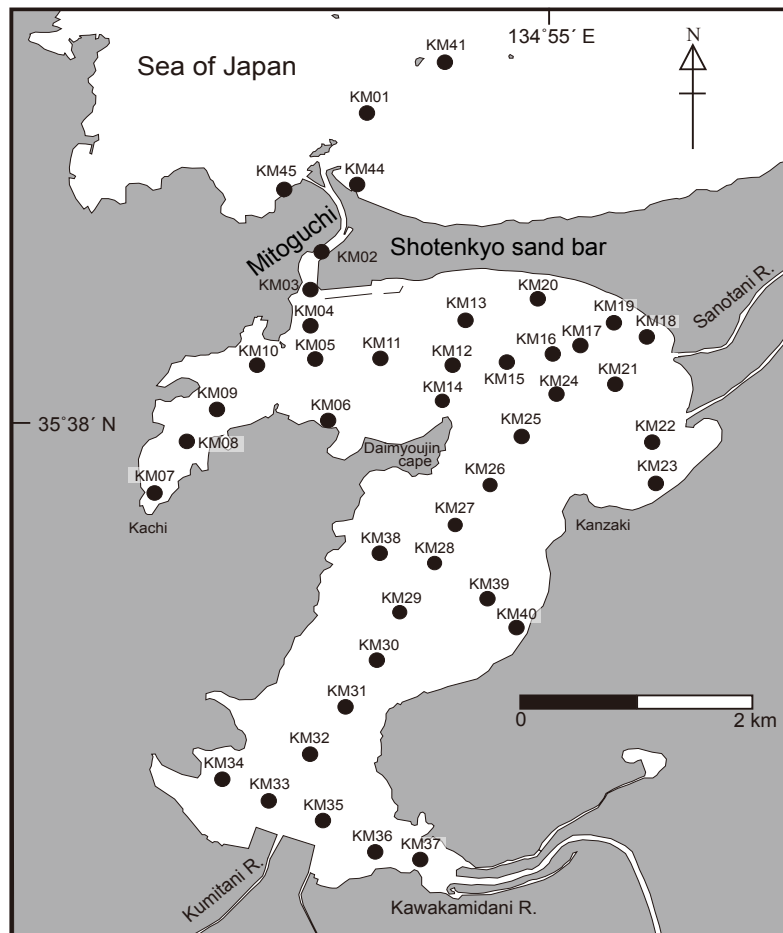


図2 試料採取地点.

Fig. 2 Map showing sample localities.

表 1 久美浜湾および日本海の試料の詳細

Table 1 Details of sediments collected from Kumihama Bay and the Sea of Japan.

Sample no.	Date	Time	Longitude (N)	Latitude (E)	Water depth (m)	Description
KM01	July 19, 2007	10:15	35°39'07"	134°54'14"	12.6	Yellowish brown well-sorted medium-grained sand with shell fragments
KM02	July 19, 2007	10:04	35°38'37"	134°54'02"	5.1	Yellowish brown medium-grained sand with shell fragments and plant debris
KM03	July 19, 2007	9:57	35°38'29"	134°54'00"	4.5	Dark reddish brown medium-grained sand with shell fragments, plant debris and pebble
KM04	July 19, 2007	9:46	35°38'21"	134°54'00"	3.3	Yellowish brown fine-grained sand
KM05	July 19, 2007	9:40	35°38'14"	134°54'01"	8.2	Plant debris-bearing black sandy mud covered by olive layer
KM06	July 19, 2007	9:31	35°38'01"	134°54'04"	3.3	Dark gray pebbly medium-grained sand with amount of shell fragments
KM07	July 19, 2007	8:56	35°37'45"	134°53'20"	2.1	Dark gray fine-grained sand
KM08	July 19, 2007	9:06	35°37'56"	134°53'28"	4.3	Plant debris and shell fragment-bearing greenish gray fine-grained sand covered by dark reddish brown layer
KM09	July 19, 2007	9:15	35°38'03"	134°53'36"	5.1	Plant debris and shell fragment-bearing greenish gray fine-grained sand covered by dark reddish brown layer
KM10	July 18, 2007	9:23	35°38'13"	134°53'46"	6.3	Plant debris and shell fragment-bearing greenish gray fine-grained sand covered by dark reddish brown layer
KM11	July 18, 2007	16:22	35°38'14"	134°54'17"	9.6	Plant debris and shell fragment-bearing black sludge covered by 1 mm thick yellow brown layer
KM12	July 18, 2007	15:55	35°38'13"	134°54'36"	14.5	Plant debris-bearing black sludge covered by gray layer
KM13	July 18, 2007	16:05	35°38'22"	134°54'39"	16.8	Black sludge
KM14	July 18, 2007	16:15	35°38'05"	134°54'33"	10.4	Shell fragment-bearing black sludge covered by yellowish brown layer
KM15	July 18, 2007	15:36	35°38'14"	134°54'49"	16.6	Black sludge covered by yellowish brown layer
KM16	July 18, 2007	14:52	35°38'15"	134°55'01"	19.1	Black sludge
KM17	July 18, 2007	10:26	35°38'17"	134°55'08"	19.6	Black sludge
KM18	July 18, 2007	10:08	35°38'19"	134°55'25"	13.9	Plant debris-bearing black sludge
KM19	July 18, 2007	9:54	35°38'22"	134°55'16"	15.7	Plant debris-bearing black sludge
KM20	July 18, 2007	9:38	35°38'27"	134°54'57"	18.6	Plant debris-bearing black sludge
KM21	July 18, 2007	15:05	35°38'09"	134°55'17"	19.1	Plant debris-bearing black sludge covered by yellowish brown layer
KM22	July 18, 2007	15:14	35°37'56"	134°55'26"	12.0	Plant debris-bearing black sludge covered by yellowish brown layer
KM23	July 18, 2007	15:24	35°37'47"	134°55'27"	1.9	Pebbly sandy mud with shell fragments
KM24	July 18, 2007	10:39	35°38'07"	134°55'02"	17.1	Black sludge and plant debris
KM25	July 18, 2007	10:50	35°37'57"	134°54'53"	15.8	Black sludge and plant debris
KM26	July 18, 2007	11:03	35°37'47"	134°54'45"	3.3	Dark reddish brown pebbly fine-grained sand with shell fragments and plant debris
KM27	July 18, 2007	11:19	35°37'38"	134°54'36"	14.1	Dark reddish brown pebbly fine-grained sand with shell fragments and plant debris
KM28	July 18, 2007	11:29	35°37'30"	134°54'31"	13.2	Plant debris-bearing black sludge covered by olive layer
KM29	July 18, 2007	12:10	35°37'19"	134°54'22"	12.0	Black sludge
KM30	July 18, 2007	12:18	35°37'09"	134°54'16"	7.6	Plant debris-bearing black sludge covered by olive layer
KM31	July 18, 2007	13:35	35°36'59"	134°54'08"	6.7	Black sludge covered by olive layer
KM32	July 18, 2007	13:53	35°36'49"	134°53'59"	5.6	Black sludge covered by olive layer
KM33	July 18, 2007	14:01	35°36'39"	134°53'49"	4.3	Plant debris and shell fragment-bearing black sludge covered by olive layer
KM34	July 18, 2007	14:09	35°36'43"	134°53'37"	4.0	Shell fragments-bearing black sludge covered by dark reddish brown layer
KM35	July 18, 2007	14:19	35°36'34"	134°54'03"	4.0	Black very fine-grained sand with shell fragments and plant debris
KM36	July 18, 2007	14:27	35°36'28"	134°54'16"	2.7	Shell fragments-bearing black sludge covered by olive layer
KM37	July 18, 2007	14:38	35°36'26"	134°54'27"	1.6	Black sludge covered by olive layer
KM38	July 18, 2007	12:04	35°37'32"	134°54'17"	12.7	Black sludge
KM39	July 18, 2007	11:48	35°37'22"	134°54'44"	8.8	Plant debris-bearing black sludge covered by olive layer
KM40	July 19, 2007	11:02	35°37'16"	134°54'51"	1.2	Yellowish brown medium-grained sand and plant debris
KM41	July 19, 2007	10:22	35°39'18"	134°54'34"	18.3	Yellowish brown well sorted medium-grained sand with pebble and shell fragments
KM44	July 20, 2007	10:06	35°38'52"	134°54'12"	0.3	Calcareous algae
KM45	July 20, 2007	10:40	35°38'51"	134°54'53"	0.2	Calcareous algae

$H(S)$ は次の式で表される。

$$H(S) = -\sum P_i \ln P_i \quad (P_i \text{ は } i \text{ 番目の種の割合を示す})$$

均衡度は次の式で表され、ある試料中に含まれる各種の個体数が全く等しければ $Eq.=1$ となる。

$$Eq. = e^{H(S)} / S \quad (S : \text{種数})$$

試料の種多様度は 0.64 ~ 3.41 を示した (表 2)。外洋からミトグチや沿岸砂底では種多様度は > 2.5 と高い値を示したが、貝形虫が多産する主湾奥部や河

内支湾では < 1 と低かった (図 5)。また、湾中央部の試料は比較的高かった。均衡度は 0.33 ~ 1.0 を示した (表 2)。

Q-mode クラスタ分析

久美浜湾の現生貝形虫群集を客観的に把握するため、Horn (1966) の重複度指数を用いて Q-mode クラスタ分析を行った。分析には貝形虫が 40 個体以上含まれる 26 試料といずれかの試料で 3 個体以上産出するタクサを使用し、PAST (Paleontological Statistics, Hammer et al., 2001) を用いた。こうして求められた類似度を単純算術平均による連結

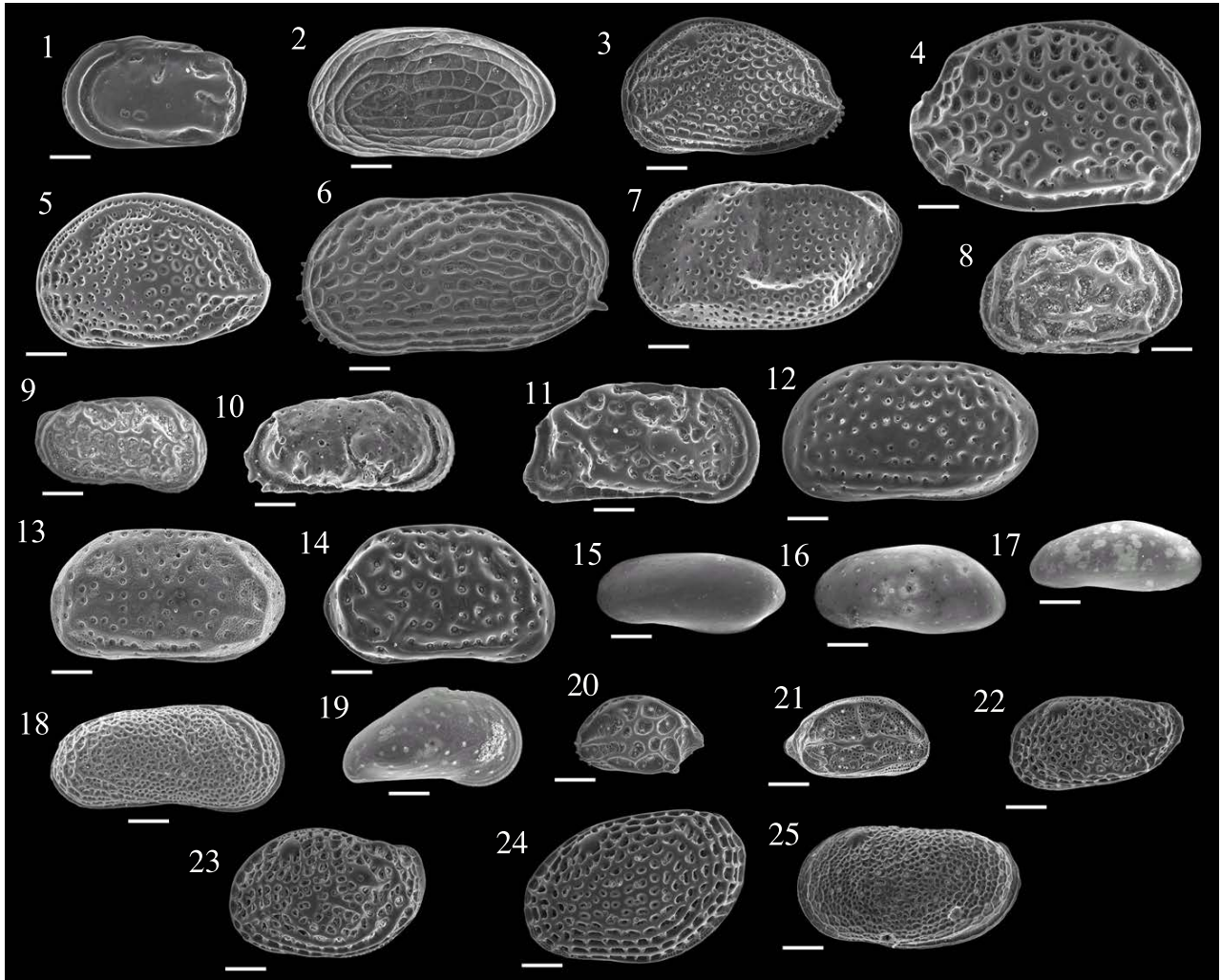


図3 久美浜湾および日本海の現生貝形虫の電子顕微鏡写真

Fig. 3 Scanning electron micrographs of the selected ostracode species in Kumihama Bay and the Sea of Japan. Scale bars are 100 μ m. LV: left valve, RV: right valve.

1. *Ambocythere japonica* Ishizaki, lateral view of LV, adult, sample KM01, 2. *Angulicytherura miui* (Ishizaki), lateral view of LV, adult, sample KM26, 3. *Aurila corniculata* Okubo, lateral view of LV, juvenile, sample KM04, 4. *Aurila spinifera* Schornikov and Tsareva, lateral view of RV, adult, sample KM01, 5. *Aurila* sp. 1, lateral view of LV, adult, sample KM01, 6. *Bicornucythere bisanensis* (Okubo), lateral view of LV, adult, sample KM08, 7. *Bythoceratina hanaii* Ishizaki, lateral view of LV, adult, sample KM02, 8. *Callistocythere alata* Hanai, left lateral view of carapace, adult, sample KM04, 9. *Callistocythere rugosa* Hanai, lateral view of RV, juvenile, sample KM04, 10. *Coquimba* sp., lateral view of RV, adult, sample KM04, 11. *Cornucoquimba tosaensis* (Ishizaki), lateral view of RV, adult, sample KM01, 12. *Cythere golikovi* Schornikov, lateral view of LV, adult, sample KM41, 13. *Cythere nishinipponica* Okubo, lateral view of LV, adult, sample KM03, 14. *Cythere omotenipponica* Hanai, lateral view of RV, adult, sample KM01, 15. *Cytherois nakanoumiensis* Ishizaki, lateral view of LV, adult, sample KM05, 16. *Cytherois uranouchiensis* Ishizaki, lateral view of LV, adult, sample KM05, 17. *Cytherois* sp., lateral view of LV, adult, sample KM05, 18. *Cytheromorpha acupunctata* (Brady), lateral view of RV, adult, sample KM07, 19. *Eucythere yugao* Yajima, lateral view of RV, juvenile, sample KM02, 20. *Hemicytherura kajiyamai* Hanai, lateral view of LV, adult, sample KM05, 21. *Hemicytherura tricarinata* Hanai, lateral view of RV, adult, sample KM18, 22. *Loxoconcha harimensis* Okubo, lateral view of LV, adult, sample KM05, 23. *Loxoconcha hattorii* Ishizaki, lateral view of LV, adult, sample KM41, 24. *Loxoconcha japonica* Ishizaki, lateral view of LV, adult, sample KM01, 25. *Loxoconcha ocellata* Hou, lateral view of LV, adult, sample KM07.

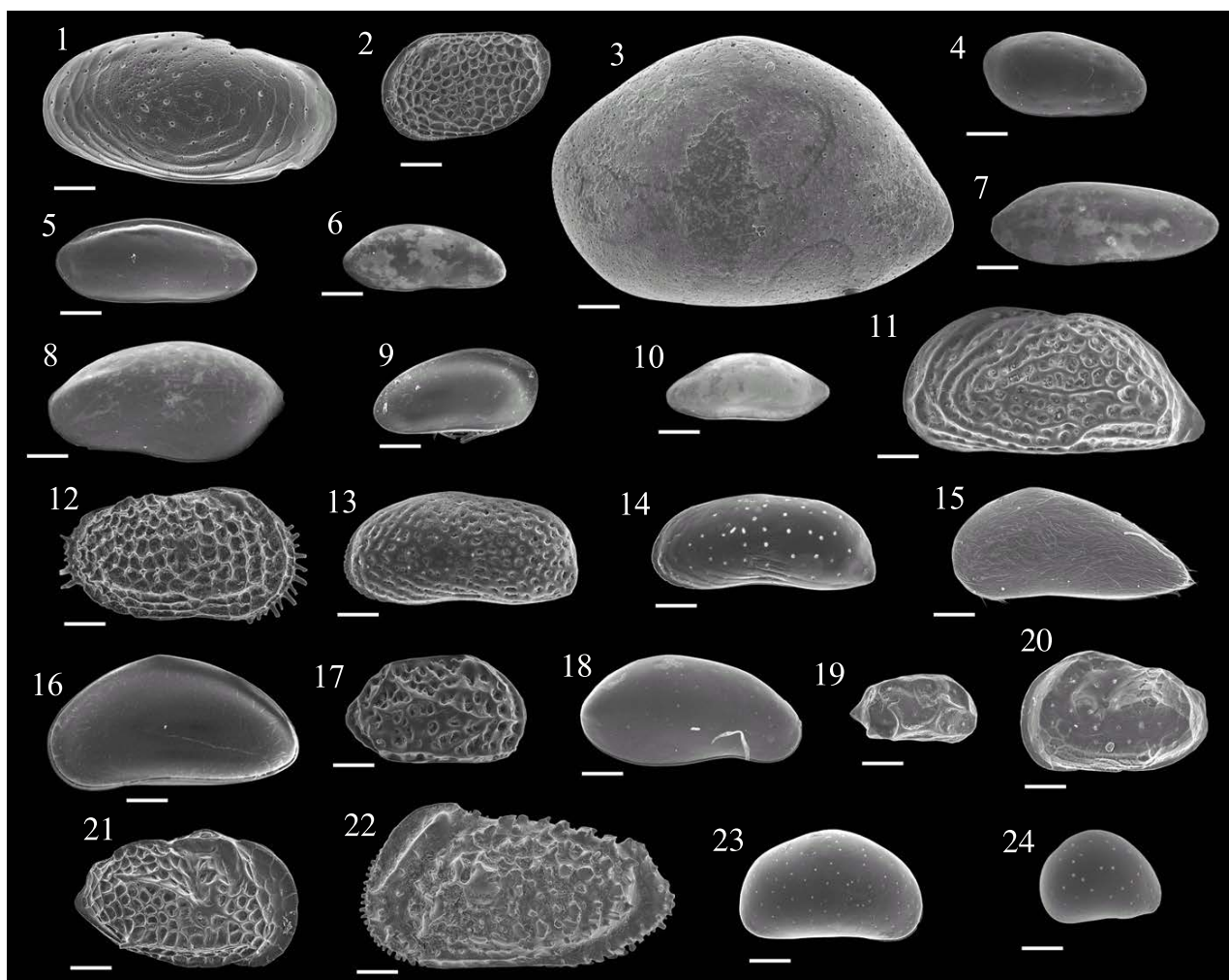


図4 久美浜湾および日本海の現生貝形虫の電子顕微鏡写真

Fig. 4 Scanning electron micrographs of the selected ostracode species in Kumihama Bay and the Sea of Japan. Scale bars are 100 μ m. LV: left valve, RV: right valve.

1. *Loxoconcha optima* Ishizaki, lateral view of LV, adult, sample KM41, 2. *Loxoconcha uranouchiensis* Ishizaki, lateral view of LV, adult, sample KM26, 3. *Neonesidea oligodentata* Kajiyama, lateral view of LV, adult, sample KM01, 4. *Paradoxostoma brunneum* Schornikov, lateral view of RV, adult, sample KM05, 5. *Paradoxostoma convexum* Kajiyama, lateral view of RV, adult, sample KM05, 6. *Paradoxostoma depressum* Kajiyama, lateral view of RV, adult, sample KM05, 7. *Paradoxostoma japonicum* Schornikov, lateral view of RV, adult, sample KM05, 8. *Paradoxostoma rhomboideum* Kajiyama, lateral view of LV, adult, sample KM05, 9. *Paradoxostoma yatsui* Kajiyama, left lateral view of carapace, adult, sample KM44, 10. *Paradoxostoma* sp. 1, lateral view of LV, adult, sample KM05, 11. *Perissocytheridea japonica* Ishizaki, lateral view of LV, adult, sample KM04, 12. *Pistocythereis bradyformis* (Ishizaki), lateral view of RV, juvenile, sample KM04, 13. *Pontocythere kashiwarensis* (Hanai), lateral view of LV, adult, sample KM03, 14. *Pontocythere subjaponica* (Hanai), lateral view of LV, adult, sample KM03, 15. *Propontocypris attenuata* (Brady), lateral view of LV, adult, sample KM06, 16. *Propontocypris* sp. 1, left lateral view of carapace, adult, sample KM06, 17. *Schizocythere asagao* Yajima, lateral view of RV, juvenile, sample KM01, 18. *Sclerochilus* sp., lateral view of RV, adult, sample KM05, 19. *Semicytherura sasameyuki* Yamada, Tsukagoshi and Ikeya, lateral view of RV, adult, sample KM04, 20. *Spinileberis furuyaensis* Ishizaki and Kato, lateral view of LV, adult, sample KM37, 21. *Spinileberis quadriaculeata* (Brady), lateral view of RV, adult, sample KM08, 22. *Trachyleberis niitsumai* Ishizaki, lateral view of LV, adult, sample KM03, 23. *Xestoleberis hanaii* Ishizaki, lateral view of RV, adult, sample KM03, 24. *Xestoleberis sagamiensis* Okubo, lateral view of RV, adult, sample KM05.

法 (unweighted paired-group method with arithmetic average: UPGMA) により類似度が高い方から順次クラスターを構成した。全ての試料は類似度約 0.55 を境に 7 つの貝形虫相 (BS, AX, CS, LN, NC, XP と LS) に分類することができた (図 6)。各貝形虫相は以下の特徴を示す。

1. 貝形虫相 BS

本貝形虫相は河内支湾から湾中央部にかけての 7 試料 (KM05, KM08 ~ 12, KM14) と主湾最奥部の 2 試料 (KM33, KM34) から構成され (図 7), 底質は緑灰~黒色の砂質シルト~粘土である。種多様度は 0.4 ~ 2.78 と様々で, *B. bisanensis* (Abe, 1988 や Abe and Choe, 1988 の “Form A”) (56.5%; 本貝形虫相全試料の平均産出頻度, 以下同じ) が高い割合を占めることで特徴づけられる。また, *S. quadriaculeata* (8.5%), *X. hanaii* (6.6%) が付随する。*B. bisanensis* や *S. quadriaculeata* は, 現在の日本周辺の閉鎖的内湾泥底に普遍的に生息している種 (池谷・塩崎, 1993) である。*B. bisanensis* の占める割合は特に河内支湾 (KM08 ~ 10) と湾南部 (KM34) で高く 70%

を超えるが, 湾中央部に最も近い KM12 では 15% と低い値を示す。

2. 貝形虫相 AX

本貝形虫相は, 水深 6.7 ~ 13.9 m と比較的深い湾中央部や主湾部の 4 試料 (KM18, KM30, KM31, KM39) から構成される (図 7)。底質はまれにオリブ色の酸化層を含む黒色泥で硫化水素臭が強く, 強還元環境を示唆する。*A. miii* (34.1%), *X. hanaii* (21.3%) が共に優占し, この他に *L. uranouchiensis* (11.0%), *B. bisanensis* (6.8%), *S. quadriaculeata* (4.3%) が付随し, 産出個体数が少ない。生体は存在せず, 他の貝形虫相に比べて分離殻の占める割合が高い。入月ほか (2003) は島根県中海の淡水化事業に伴う表層堆積物に含まれる貝形虫群集の変化を考察している。それによると *A. miii* は低塩分泥底種であり, 1963/1967 年に弓ヶ浜沿岸や南部の河口域で認められた (Ishizaki, 1969) が, 本庄工区の干拓・堤防工事に伴う低塩分化によって本庄工区北部でも認められるようになった。また, 燧灘では河口の *L. ocellata* が優占する試料のみから本種が産出している

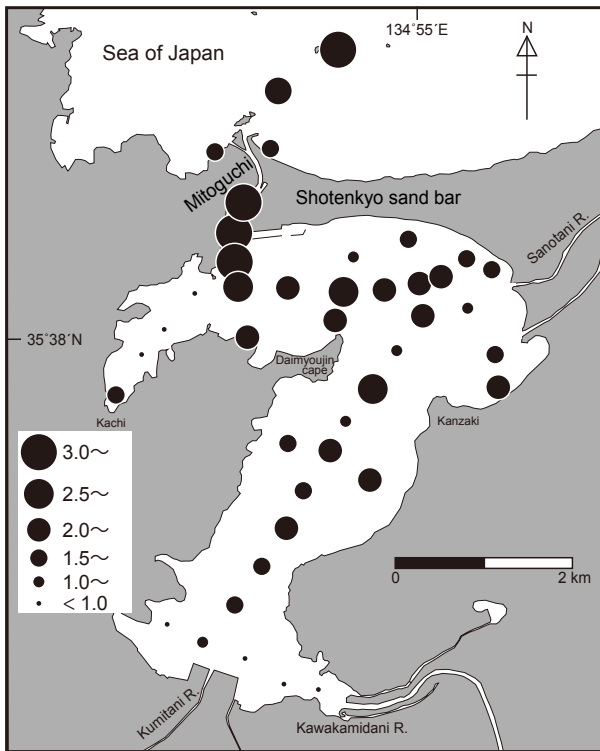


図 5 久美浜湾の現生貝形虫の種多様度 ($H(S)$) の分布。

Fig. 5 Species diversity distribution of recent ostracode assemblages in Kumihama Bay.

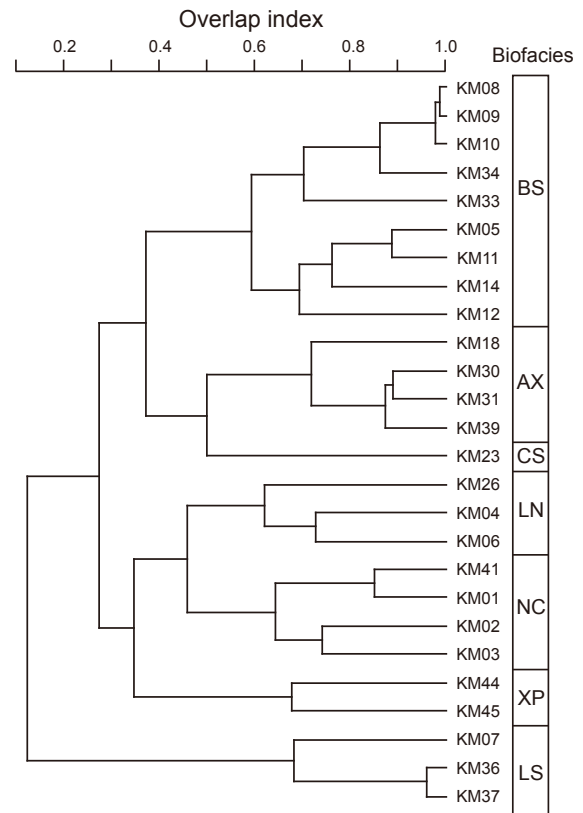


図 6 Q モードクラスター分析に基づくデンドログラム。
Fig. 6 Dendrogram based on Q-mode cluster analysis.

(山根, 1998).

3. 貝形虫相 CS

本貝形虫相は湾北東部の沿岸砂底の1試料(KM23)のみで構成される(図7). 水深2m前後で2φ前後の中央粒径を示す粗粒な底質と27~29%の塩分に最も良く適応する(池谷・塩崎, 1993)とされる*Cytheromorpha acupunctata* (33.0%)が最も優占し,*S. quadriaculeata* (23.1%), *L. uranouchiensis* (9.5%)が次いで多産する. また,*Callistocythere alata* (5.9%)や潮下帯の砂底にすむ*Pontocythere*属の生体が付随する.

4. 貝形虫相 LN

本貝形虫相は湾口部の2試料(KM04, KM06)と主湾中央部の1試料(KM26)からなり, 水深が3.3mの海水の交換の良い湾口部やアマモが繁茂する湾沿岸部細粒砂底に相当する(図7). *L. uranouchiensis* (21.1%), *N. oligodentata* (11.2%), *Trachyleberis niitsumai* (8.7%)が優占し, 種多様度が最も高い. *L. uranouchiensis*はアマモ場周辺の

砂底に優占するとされる(Kamiya, 1988). また,*T. niitsumai*は, 例えば高知県浦ノ内湾の水深2~16mの泥~粗粒砂底(Ishizaki, 1968)や鹿児島県浦内湾の湾奥から湾口部の中粒砂底(Irizuki et al., 2006)といった内湾に幅広く生息している.

5. 貝形虫相 NC

本貝形虫相は水深12.6~18.3mの外洋沿岸の2試料(KM01, KM41)と, 水深4.5~5.1mのミトグチの2試料(KM02, KM03)から構成され(図7), 底質は貝殻片を含む中粒砂である. *N. oligodentata* (16.1%)が最も優占し, *Cythere* spp. (10.3%), *X. hanaii* (7.2%), *Loxococoncha optima* (5.8%)や*Aurila spinifera* (4.6%)が次いで高い割合を占め, 種多様度が高い. *N. oligodentata*は現在, 海水が良く交換する湾の沿岸砂底や開いた外洋の細~中粒砂底に卓越して生息している(例えば, Ishizaki, 1968; 山根, 1998; Yasuhara and Irizuki, 2001; Irizuki et al., 2006). また, *Cythere*属は沿岸砂底あるいは海藻上に生息する(Tsukagoshi and Ikeya, 1987).

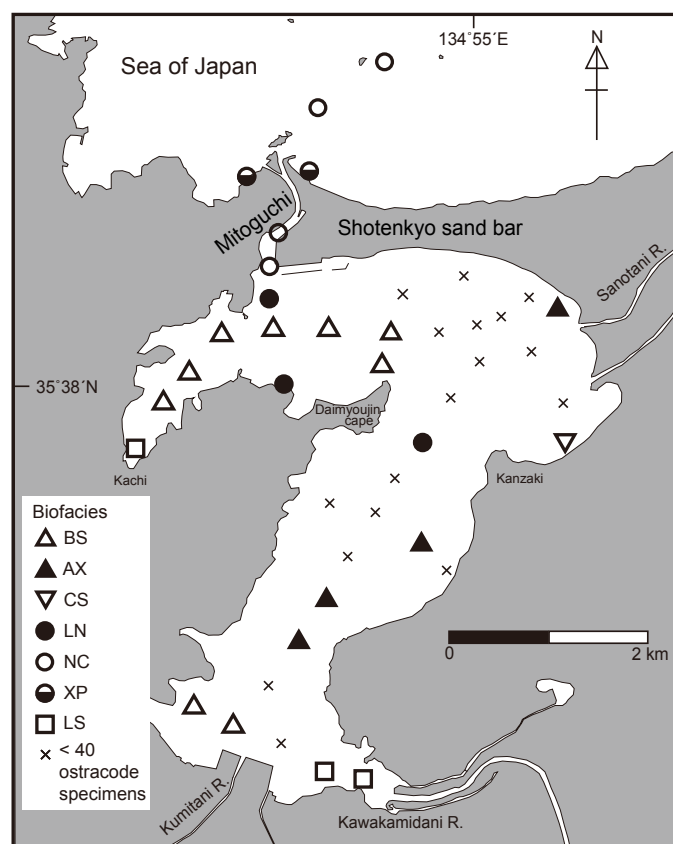


図7 Qモードクラスター分析に基づく貝形虫相の分布.

Fig. 7 Ostracode biofacies distribution based on Q-mode cluster analysis in Kumihama Bay.

6. 貝形虫相 XP

本貝形虫相は日本海に面した水深 1 m 以下の潮間帯の岩礁地に繁茂する石灰藻から採取した 2 試料 (KM44, KM45) から構成される (図 7). *X. hanaii* (35.7%) が最も優占し, 次いで, *Paradoxostoma* spp. (22.6%), *Xestoleberis* spp. (18.2%), *Aurila hataii* (7.8%) が優占する. 全体的に生体の割合が高い. *X. hanaii* は石灰藻やウミトラノオなどの海藻, その周辺の砂底, 岩礁地に多数生息する (例えば, Ishizaki, 1968; Kamiya, 1988). また, *Paradoxostoma* spp. や *A. hataii* も同様にアマモや石灰藻上に生息する種である (Yasuhara et al., 2005).

7. 貝形虫相 LS

本貝形虫相は河内支湾の最奥部と湾南東部の川上谷川の河口に位置する 3 試料 (KM07, KM36, KM37) から構成される (図 7). *L. ocellata* (58.9%), *S. furuyaensis* (20.6%) により占められる. KM36 や KM37 はほぼ先述の 2 種で構成されているのに対して, 河内湾の試料 KM07 からはこれらの種に加えて, *B. bisanensis* や *C. acupunctata* が産出する. *L. ocellata* と *S. furuyaensis* はいずれも低塩分水の影響下の砂質シルト底に優占する (例えば, 山根, 1998; 入月ほか, 2003).

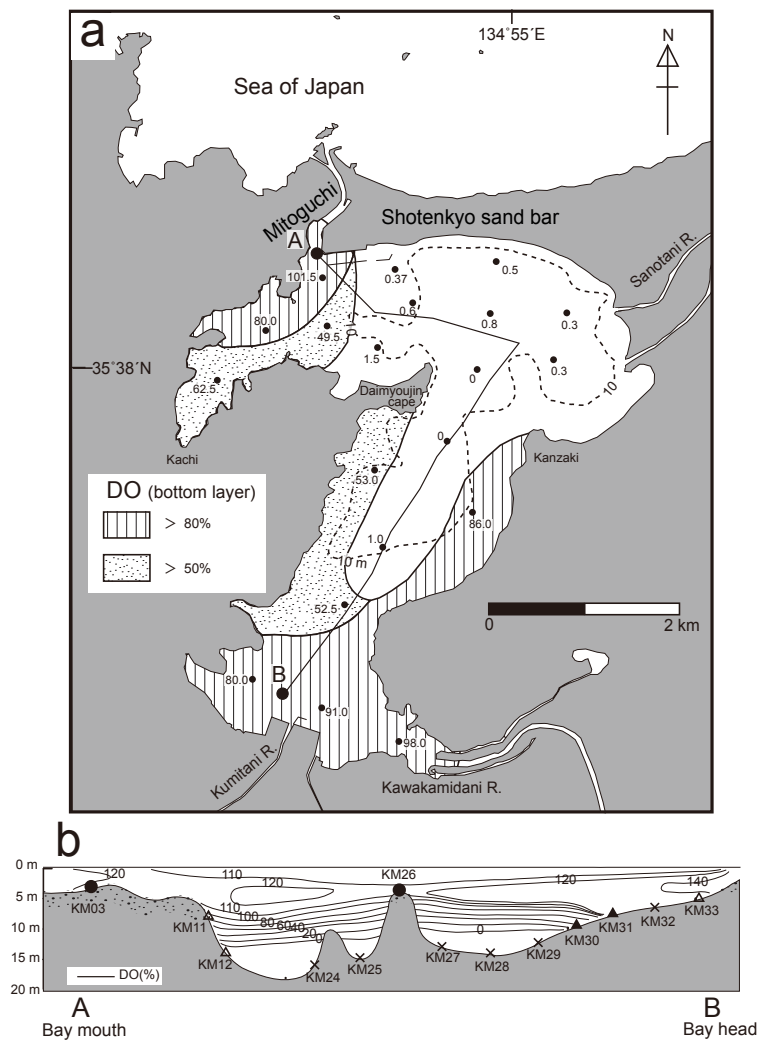


図 8 湾口部から湾奥までの底層における溶存酸素飽和度 (%) の平面 (a) および鉛直 (b) 分布. 図 a 中の点線は水深 10 m の等深線を示す. 図 a は林・横山 (1975) を一部改変. 図 b は京都府 (2005) のデータを元で作成.

Fig. 8 Temporal (a) and vertical (b) profiles of dissolved oxygen level (%) in bottom water of Kumihama Bay. Dashed line in Fig. a shows an isobath of 10 m depth. Fig. a was modified after Hayashi and Yokoyama (1975). Fig. b was illustrated based on data by Kyoto Prefecture (2005).

考 察

久美浜湾の現生貝形虫分布の特徴の一つは、水深 12 m を超える湾中央部では産出個体数が非常に少ないことである (図 7~9)。この湾中央部の貝形虫の産出個体数が少ない海域は、溶存酸素飽和度の低い場所とおおよそ一致する (図 8) ことから、貝形虫が湾中央部の水深 12 m 以深に少ない最大の理由は、非常に低い溶存酸素濃度のためだと推察できる。この貝形虫が少ない範囲は、林・横山 (1975) が見出した久美浜湾における生物死圏の分布結果と調和的であった。また、この海域をとり囲むように湾中央部の水深 6.7~13.9 m に分布する貝形虫相 AX は、他に比べて合弁殻の割合が低く、かつ産出する貝形虫の多くは幼体殻であった。優占するタクサは低塩分性の *A. miii* やアマモ場など沿岸部の海藻を好む *X. hanaii*、湾奥部泥底種の *B. bisanensis* や *S. quadriaculeata* など異なる環境に生息する種が混在して産出する。*Paradoxostoma* 属や *Xestoleberis* 属、*Sclerochilus* 属のような海藻や海草上で生活する貝形虫は容易に表層水に浮いて波やストームイベントなどの潮流によって流される (Irizuki et al., 2008)。また、貝形虫相 AX が分布する範囲の地形は急斜面を呈することから、湾中央部に見られる貝形虫相 AX を特徴づける貝形虫群集は、沿岸部や湾奥部の浅い場所から小さい幼体殻が運搬されて形成された異地性群集であると判断される。

湾内の試料で、KM12 と KM18 は水深が 12 m を超えるにも関わらず、40 以上の貝形虫殻が産出する (表 2, 図 8)。KM12 は貝形虫相 BS を特徴づける *B. bisanensis* の占める割合が相対的に低く、*X. hanaii* が最も高い割合を示す。また、同貝形虫相を構成する試料の中で種多様度が最も高く、沿岸部の海藻を好む *X. hanaii*、湾奥部泥底種の *B. bisanensis* や *S. quadriaculeata* など異なる環境に生息する種が混在して産出し、齢の小さな幼体が目立つ。加えて、KM12 の地点は急斜面下にある (図 8)。これらのことから、KM12 は沿岸部や湾口部の浅い場所から運搬された貝形虫殻が混合して形成された群集であると判断される。

湾内に優占する貝形虫種は、日本列島の内湾~汽水湖に普遍的に見られる種である。水深 10 m 以浅では、異地性の貝形虫相 AX を除いて 5 つの貝形虫相が分布している。ミトグチの砂底に分布する貝形虫相 NC、湾口部の砂底および沿岸域に分布する貝形虫相 LN、水深 10 m 以浅の湾泥底に卓越

する貝形虫相 BS、湾奥河口付近の低塩分水が卓越する砂泥底に分布する貝形虫相 LS および湾東部の水深約 2 m の砂底のみに見られた貝形虫相 CS である (図 9)。これらの分布は、主として底質、水深、および塩分に依存しているように見える。例えば、泥底であっても、水深が 2~3 m の河口域には *L. ocellata* や *S. furuyaensis* が卓越する貝形虫相 LS が分布するが、水深 4 m 以深では *B. bisanensis* と *S. quadriaculeata* が高い割合を占める貝形虫相 BS が分布している。日本周辺の内湾や汽水環境に特に優占する *B. bisanensis*, *S. quadriaculeata*, および *C. acupunctata* は本研究地域でも産出した。池谷・塩崎 (1993) によると、*B. bisanensis* は水深 5~9 m, 5~7φ の中央粒径の泥底で塩分 20~30 ‰ の環境に、*S. quadriaculeata* は水深 2~7 m, 5~8φ の中央粒径の泥底で塩分 20~30 ‰ の環境に、*C. acupunctata* は水深 2 m 前後、2φ 前後の中央粒径の砂質シルト底で塩分 27~29 ‰ の環境にそれぞれ最も良く適応する。異地性群集により特徴づけられる貝形虫相 AX および KM12 の分布範囲を除いた 2 種

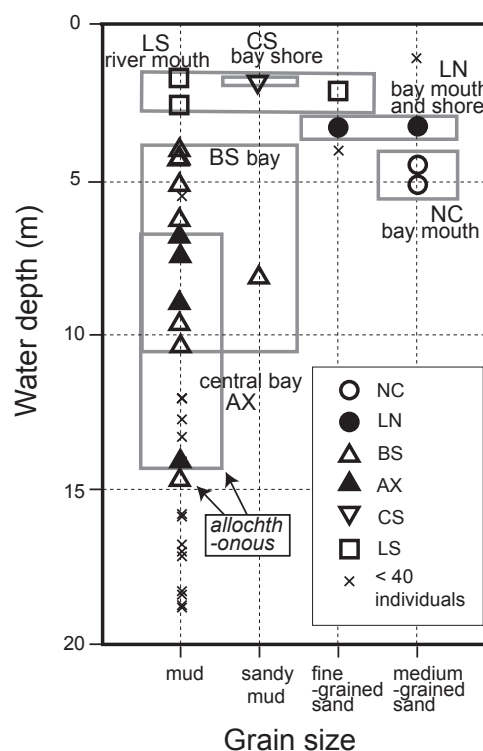


図 9 久美浜湾内から採取した試料の粒度と水深別分布。NC, LN, BS, AX, CS および LS は貝形虫相を示す。
Fig. 9 Water depth vs grain size profiles of samples collected from Kumihama Bay. NC, LN, BS, AX, CS, and LS mean ostracode biofacies.

の久美浜湾における分布水深は、*B. bisanensis* が 1.6 ~ 10.7 m, *S. quadriculeata* が 1.9 ~ 10.7 m となった。この 2 種が卓越する貝形虫相 BS は水深 4.3 ~ 10.4 m に認められ、この水深は池谷・塩崎 (1993) が示した一般的な両者の生息範囲にほぼ一致する。一方、*C. acupunctata* が卓越する貝形虫相 CS は、久美浜湾ではわずかに水深 1.9 m の砂質シルトの 1 試料だけであった。その生息水深は池谷・塩崎 (1993) の結果と大きな差は認められなかったが、久美浜湾では非常に限られた狭い範囲にしか分布していなかった。これは、湾内の砂底の多くが河口域と湾口部にあり、その塩分は *C. acupunctata* が最も好む 27 ~ 29 ‰ の範囲から外れているためであると推察される。

ま と め

日本海および日本海に面する汽水湖である久美浜湾において、現生貝形虫群集を検討した結果、以下のことが明らかになった。

1. 表層の 42 試料から 47 属 101 種の貝形虫を同定した。
2. Q-mode クラスタ分析によって、含まれている貝形虫の群集組成に基づき、各試料は 7 つの貝形虫相に分類された。
3. 現在の久美浜湾の水深 12 m 以深の湾中央部には、低い溶存酸素濃度のために貝形虫が生息できないと考えられる。また、湾中央部を取り巻く場所には、異地性群集が存在する。
4. 貝形虫の分布は大きく溶存酸素、底質、水深および塩分に依存して分布していると推察された。

謝 辞

元京丹後市久美浜町港漁業協同組合の和田市郎組合長、船を提供して頂いた加治春夫氏、および組合の皆様には調査に際してお世話になった。京都府立海洋センターの濱中雄一主任研究員、京丹後市教育委員会文化財保護課の小山元孝主事、元港漁業共同組合長の豊嶋三郎氏には久美浜湾に関する貴重なご意見や資料を提供していただいた。2 名の匿名査読者の指摘によって、本稿は大幅に改善された。

引 用 文 献

Abe, K. (1988) Speciation completed? In *Keijella bisanensis* species group. In: Evolutionary biology of

Ostracoda—its fundamentals and applications, (eds.) Hanai, T., Ikeya, N. and Ishizaki, K. pp. 919–925. Kodansha and Elsevier, Tokyo, Amsterdam.

Abe, K. and Choe, K. (1988) Variation of *Pistocythereis* and *Keijella* species in Gamagyang Bay, south coast of Korea. In: Evolutionary biology of Ostracoda—its fundamentals and applications, (eds.) Hanai, T., Ikeya, N. and Ishizaki, K. pp. 367–373. Kodansha and Elsevier, Tokyo, Amsterdam.

Bodergat, A.M. and Ikeya, N. (1988) Distribution of recent Ostracoda in Ise and Mikawa Bays, Pacific coast of central Japan. In: Evolutionary Biology of Ostracoda—its fundamentals and applications, (eds.) Hanai, T., Ikeya, N. and Ishizaki, K. pp. 413–428. Kodansha and Elsevier, Tokyo, 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. *Palaeontologia Electronica*, 4:9p., http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

林 勇夫・横山 寿 (1975) 久美浜湾の底性動物分布について。浅海漁場開発調査報告書 (久美浜湾地区)。pp. 69–85. 京都府。

Horn, H.S. (1966) Measurement of “overlap” in comparative ecological studies. *The American Naturalist*, 100: 419–424.

Ikeya, N. and Hanai, T. (1982) Ecology of recent ostracods in the Hamana-ko region, the Pacific coast of Japan. In: Studies on Japanese Ostracoda. University Museum, University of Tokyo, Bulletin, 20: 15–59.

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—。地質学論集, 39: 15–32.

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。島根大学地球資源環境学研究報告, 28: 1–9.

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 (2010) 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。島根大学地球資源環境学研究報告, 29: 11–20.

Irizuki, T., Kusumoto, M., Ishida, K. and Tanaka, Y. (2007) Sea-level changes and water structures

- between 3.5 and 2.85 Ma in the central part of the Japan Sea Borderland: Analyses of fossil Ostracoda from the Pliocene Kuwae Formation, central Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 245: 421–443.
- 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. 島根大学地球資源環境学研究報告, 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. *Paleontological Research*, 12: 283–302.
- Irizuki, T., Takata, H. and Ishida, K. (2006) Recent Ostracoda from Urauchi Bay, Kamikoshiki-jima Island, Kagoshima Prefecture, southwestern Japan. *LAGUNA*, 13: 13–28.
- Ishizaki, K. (1968) Ostracodes from Uranouchi Bay, Kochi Prefecture, Japan. *Science Report of the Tohoku University, 2nd Series (Geology)*, 40: 1–45.
- Ishizaki, K. (1969) Ostracodes from Shinjiko and Nakanoumi, Shimane Prefecture, western Honshu, Japan. *Science Report of the Tohoku University, 2nd Series (Geology)*, 41: 197–224.
- Ishizaki, K. (1971) Ostracodes from Aomori Bay, Aomori Prefecture, Northeast Honshu, Japan. *Science Report of the Tohoku University, 2nd Series (Geology)*, 43: 59–91.
- Kamiya, T. (1988) Morphological and ethological adaptations of Ostracoda to microhabitats in *Zostera* beds. In: *Evolutionary biology of Ostracoda—its fundamentals and applications*, (eds.) Hanai, T., Ikeya, N. and Ishizaki, K. pp. 303–318. Kodansha and Elsevier, Tokyo, Amsterdam.
- Kamiya, T., Ozawa, H. and Obata, M. (2001) Hokuriku: Excursion (Quaternary and Recent marine Ostracoda in Hokuriku district, the Japan Sea coast). *Guidebook of excursions for the 14th International Symposium on Ostracoda*, pp. 73–106.
- 川上太左英 (1975) 海水交流調査報告. 浅海漁場開発事業調査報告書, pp. 81–83, 京都府.
- 京都府 (2005) 平成 16 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果, <http://www.pref.kyoto.jp/suishitu/h16kekka.html> (2013 年 11 月時点)
- Sato, T. and Kamiya, T. (2007) Taxonomy and geographical distribution of recent *Xestoleberis* species (Cytheroidea, Ostracoda, Crustacea) from Japan. *Paleontological Research*, 11: 183–227.
- 田中源吾・瀬戸浩二・高安克己 (1998) 美保湾・中海・宍道湖に至る環境と介形虫群集との関係. *LAGUNA (汽水域研究)*, 5: 81–91.
- Tsukagoshi, A. and Ikeya, N. (1987) The ostracod genus *Cythere* O. F. Müller, 1785 and its species. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, 148: 197–222.
- 山根勝枝 (1998) 瀬戸内海燧灘における現生介形虫群集. 愛媛県総合科学博物館研究報告, 3: 19–59.
- Yasuhara, M. and Irizuki, T. (2001) Recent Ostracoda from the northeastern part of Osaka Bay, southwestern Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, 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. *Marine Micropaleontology*, 55: 63–74.
- 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. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 222: 285–312.