

[原著]

熊本県天草市五和町の更新統小串層から産出した 微化石群集とその古環境

河野重範*・辻本 彰**・鵜飼宏明***・入月俊明****・野村律夫**

Paleoenvironment and microfossil assemblages in the Pleistocene Ogushi Formation,
Kumamoto Prefecture, Southwest Japan

KAWANO, Shigenori*, TSUJIMOTO, Akira**, UGAI, Hiroaki***, IRIZUKI, Toshiaki**** and NOMURA, Ritsuo**

Abstract

Forty-six ostracode species and 41 foraminiferal species were found in two samples (Og-01 and Og-02) from the Pleistocene Ogushi Formation (Marine Isotope Stage 7: ca. 240 ka), Itsuwama-machi, Amakusa City, Kumamoto Prefecture, Southwest Japan. The most dominant species were *Bicornucythere bisanensis* (Ostracoda) and *Ammonia beccarii* (benthic Foraminifera). Total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) contents of two samples were also analyzed to reconstruct the depositional environment. *Neomonoceratina delicata* (Ostracoda), which does not live in Japanese Islands north of the Tokara Strait, was found in all samples. Based on microfossil assemblages and CHN analysis, the Ogushi Formation was interpreted to have deposited in muddy middle bay at a water depth of around 10 m under the influence of open water.

Key words: Ostracoda, benthic Foraminifera, CHN analysis, Pleistocene, Ogushi Formation

1. はじめに

熊本県天草市五和町小串付近には更新統小串層が分布する。渡辺・益田(1983)は小串付近における浅海成堆積物が、下位にあたる口之津層群の御領火砕流堆積物を不整合に覆い、また上位のAso-4火砕流堆積物に不整合に覆われることを見出し、これを小串層と命名した。産出する海生貝類化石は、マガキヤオキシジミといった潮間帯の内湾性の種が多いと述べた。

また、小串層の旧汀線高度を見積もった下山ほか(1999)は、海生貝類化石を潮下帯貝化石群集または潮間帯群集とした。鵜飼ほか(2010)は、内陸露頭と海岸露頭の2地点における貝類化石群集の種構成の違いを明らかにするとともに、内陸露頭の群集は潮下帯から水深20m程度、海岸露頭の群集は潮間帯を示すとした。さらに、化石の産出状況や層序学的、古地理学的検討から小串層は内陸露頭が海洋酸素同位体ス

2010年7月23日受付, 2011年2月22日受理

*〒694-0003 島根県大田市三瓶町多根1121-8 島根県立三瓶自然館

The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe, Oda, Shimane 694-0003, Japan

E-mail: kawano@nature-sanbe.jp

**〒690-8504 島根県松江市西川津町1060 島根大学教育学部地学教室

Foraminiferal Laboratory, Faculty of Education, Shimane University, Matsue, Shimane 690-8504, Japan

***〒866-0313 熊本県天草市御所浦町御所浦4310-5 天草市立御所浦白亜紀資料館

Goshoura Cretaceous Museum, Amakusa, Kumamoto 866-0313, Japan

****〒690-8504 島根県松江市西川津町1060 島根大学総合理工学部地球資源環境学科

Department of Geoscience, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, Matsue, Shimane 690-8504, Japan

テージ (MIS) 7 に、海岸露頭が MIS 5 にそれぞれ相当する可能性を指摘した。

これまで、小串層の堆積年代に関して以下の見解がある。渡辺・益田 (1983) は、上位の Aso-4 火砕堆積物や小串層の堆積状況から MIS 5 に対比した。長谷・岩内 (1993) は渡辺・益田 (1983) の堆積年代を踏襲し、他地域の第四系との対比を行った。しかし、下山ほか (1999) は鵜飼ほか (2010) が報告した内陸露頭と同地点の小串層中から阿多鳥浜テフラ (Ata-Th) を検出し、MIS 5 より古い堆積物であると指摘した。

阿多鳥浜テフラは、普通角閃石と斜方輝石、高温石英を多く含むとされ (長岡ほか, 2010), その堆積年代はゼータ較正を行ったジルコンのフィッション・トラック年代測定により、 240 ± 40 ka (檀原, 1995) とされている。また、海洋酸素同位体層序との関連において、阿多鳥浜テフラに対比された西宮火山灰層が MIS 7 初期としている (吉川・三田村, 1999)。さらに、長橋ほか (2004) は広域テフラの対比と編年から阿多鳥浜テフラの堆積年代を 238ka と推定し、その堆積時期を MIS 7.5 としている。深海底コアの酸素同位体層序 (例えば, McManus *et al.*, 1999; Raymo *et al.*, 2004) でも、240ka というフィッション・トラック年代が得られた層準は MIS 7 の初期に対比されている。これらの研究は、鵜飼ほか (2010) が報告した内陸露頭における小串層の堆積時期が MIS 7 初期、

さらには MIS 7.5 であることを支持している。

以上のことから、渡辺・益田 (1983) によって定義された小串層には、堆積時期の異なる 2 つの海成層 (MIS 7 と MIS 5) が含まれていることが推定される。したがって、今後小串層は層序学的な再検討を行う必要がある。本研究では、鵜飼ほか (2010) における内陸露頭から採取した試料より貝形虫化石と有孔虫化石を抽出した。さらに、CHN 元素分析により全有機炭素 (TOC) および全窒素 (TN) の含有量を測定し、小串層堆積時のより高精度な内湾環境の復元を行った。

2. 試料採取地点および処理方法

1) 試料採取地点

本研究に用いた 2 個の試料 (Og-01~02) は、2009 年 1 月に天草市五和町小串地区で御所浦白亜紀資料館と熊本県立熊本西高等学校によって行われた小串層の貝類化石調査の際に採取された (図 1)。Og-01 および Og-02 の試料採取地点の標高は約 5 m で、水田の地下を約 50cm 掘り下げたところに現れた露頭から直接採取された。採取された試料はいずれも塊状の砂質シルトで、鵜飼ほか (2010) における内陸露頭の調査地点 (OG-01) に位置する。なお、下山ほか (1999) は同地点の小串層中から、阿多鳥浜テフラを検出している。今回の調査において、両地点とも砂質シルトの下限は地下にあるため観察できず、上限も耕作した土壌

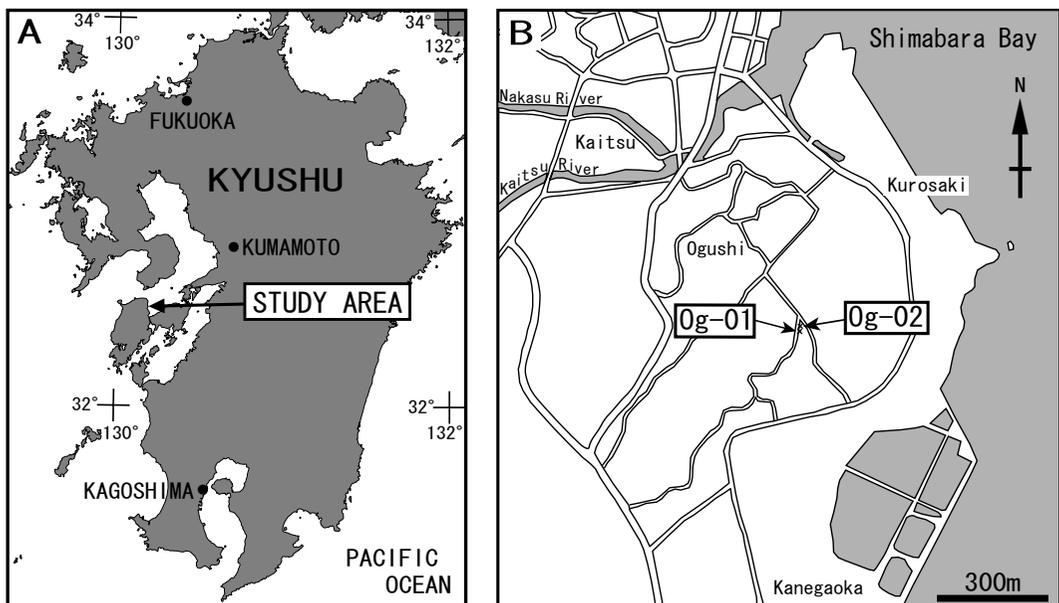


図 1. 調査地域の位置 (A) および試料採取地点の位置 (B)。

Fig.1. Study area (A) and sampling sites (B) in Ogushi Formation.

に覆われているため確認できなかった。両地点の距離は約10m 離れているが、周囲の地形および地質の状況からみてほぼ同一層準だと判断した。

2) 微化石

試料は60℃の恒温乾燥器で十分乾燥させた後、80.0 gを電子天秤で秤量し、ナフサを用いて約2時間湯煎した。その後、細粒化した試料を200メッシュ(75 μm)の篩上で水洗し、乾燥後の重量を測定した。さらに、12メッシュ(1.4mm)と115メッシュ(125 μm)で篩った後、115メッシュ上の残渣を貝形虫化石および有孔虫化石の個体数がそれぞれ200個体以上となるように適宜分割した。なお、貝形虫化石については、合弁殻、片殻の区別なく拾いだし、合弁殻を2個、片殻を1個として計数した。

3) CHN 元素分析

分析にあたって、微化石の抽出に用いなかった乾燥試料をメノウ乳鉢でパウダー状に粉碎した。その後、精密電子天秤でセラミックボートに10~15mg 秤量し、炭酸塩炭素を除去するため、1 Nの塩酸を滴下・乾燥させる工程を2回行い、標準試料とともに全有機炭素(TOC)濃度と全窒素(TN)濃度を求めた。なお、測定器材は島根大学教育学部所有のヤナコ製CHNコーダー(MT-5)を用いた。

3. 結果

1) 貝形虫化石

Og-01およびOg-02の2試料から46種(総個数586)の貝形虫化石が産出した(表1)。両試料ともに優占種は*Bicornucythere bisanensis*(それぞれ相対頻度で45%, 36%)で、残りの種は全て相対頻度が7%以下の随伴種であった(図2)。主要種および特徴種の走査型電子顕微鏡写真を図3に示す。産出した46種のうち、両方の試料から産出した共通種は30種に達する。また、アマモなどの海藻の上に生息する葉上種は19種(総個体数における相対頻度で30%)であった。種多様度を示す一般的な指標であるShannon-Wienerの多様度指数 $[H']$ (Shannon and Weaver, 1949)は $H' = -\sum p_i \ln p_i$ で表される。ただし、 p_i は各種の相対産出頻度である。これにより求められた種多様度は、試料Og-01, Og-02でそれぞれ2.49, 2.72と高い値を示した。一方、群集に含まれる種の均等度を表す均衡度指数 $[E]$ (Buzas and Gibson, 1969)は $E = e^{H'/S}$ で表される。ただし、 S は種数を、 H' は多様度指数を示す。これにより求められた均衡度はそれぞれ0.31, 0.41であった。

2) 底生有孔虫化石

Og-01およびOg-02の2試料から41種(総個数448)の底生有孔虫化石が産出し(表2)、浮遊性有孔虫

化石はOg-01で*Globigerina bulloides*が1個体のみ産出した。試料Og-01, Og-02とも*Ammonia beccarii* forma 1を優占種とする群集であり(それぞれ相対頻度で22%, 19%), *Elphidium reticulosum*, *Murrayinella globosa*, *Elphidium advenum*, *Cibicides lobatulus*を5~10%程度随伴種として含む(図4)。主要種および特徴種の走査型電子顕微鏡写真を図5に示す。貝形虫化石の場合と同じ式を用いて計算された種多様度は、試

表1. 小串層産貝形虫化石リスト。*は葉上種。

Table 1. List of fossil ostracodes from the Ogushi Formation. *Shows on the seaweed species.

	Og-	01	02	total
<i>Ambocythere japonica</i> Ishizaki, 1968			1	1
* <i>Aurila cymba</i> (Brady, 1869)		20	18	38
* <i>Aurila</i> cf. <i>hataii</i> Ishizaki, 1968		1		1
* <i>Aurila</i> sp.		2	4	6
<i>Bicornucythere bisanensis</i> (Okubo, 1975)	133	104		237
<i>Bythoceratina sheyangensis</i> Chen, 1982		2		2
<i>Callistocythere tateyamaensis</i> Frydl, 1982			1	1
<i>Callistocythere</i> sp.		3	3	6
<i>Coquimba</i> sp.		7	5	12
* <i>Cythere otonenipponica</i> Hanai, 1959		1		1
* <i>Cythere</i> sp.			1	1
<i>Cythereis uranouchiensis</i> Ishizaki, 1968		1		1
<i>Cytheromorpha acupunctata</i> (Brady, 1880)		2	6	8
* <i>Hemicytherura</i> cf. <i>cuneata</i> Hanai, 1957		8	4	12
* <i>Hemicytherura</i> sp.		4	10	14
* <i>Hemicytherura tricarinata</i> Hanai, 1957		1	1	2
* <i>Loxococoncha harimensis</i> Okubo, 1980		12	16	28
* <i>Loxococoncha hattorii</i> Ishizaki, 1971			1	1
* <i>Loxococoncha japonica</i> Ishizaki, 1968		11	12	23
<i>Loxococoncha kitanipponica</i> Ishizaki, 1971		2	7	9
<i>Loxococoncha optima</i> Ishizaki, 1968			2	2
<i>Loxococoncha tosaensis</i> Ishizaki, 1968		7	9	16
<i>Loxococoncha uranouchiensis</i> Ishizaki, 1968		9	8	17
<i>Loxococoncha</i> sp.		1		1
<i>Loxocorniculum</i> sp.		1	1	2
<i>Neomonoceratina delicata</i> Ishizaki & Kato, 1976		2	1	3
* <i>Neonesidea</i> sp.			1	1
<i>Paracythereis tosaensis</i> Ishizaki, 1968		1	2	3
* <i>Paradoxostoma</i> spp.		2		2
* <i>Parakrithella pseudadonta</i> (Hanai, 1959)		2	3	5
<i>Perissocythereidea inabai</i> Okubo, 1983		4	2	6
<i>Pistocythereis bradyformis</i> (Ishizaki, 1968)		6	7	13
<i>Pistocythereis bradyi</i> (Ishizaki, 1968)		3		3
<i>Pontocythere kashiwarensis</i> (Hanai, 1959)		3	3	6
<i>Pontocythere subjaponica</i> (Hanai, 1959)		2	9	11
<i>Propontocypris</i> sp.		1		1
* <i>Robustaurilla ishizakii</i> (Okubo, 1980)		1	5	6
* <i>Semicytherura kazahana</i> Yamada et al., 2005		3	2	5
<i>Semicytherura mukaishimensis</i> Okubo, 1980		6	4	10
<i>Semicytherura wakamurasaki</i> Yajima, 1982			1	1
<i>Semicytherura</i> sp.		3	2	5
<i>Spinileberis quadriculeata</i> (Brady, 1880)		8	16	24
<i>Trachyleberis</i> cf. <i>scabrocuneata</i> (Brady, 1880)		3	4	7
* <i>Xestoleberis hanaii</i> Ishizaki, 1968		10	11	21
* <i>Xestoleberis kuroshio</i> Sato & Kamiya, 2007		1		1
* <i>Xestoleberis</i> sp.		7	3	10
No. of specimens		296	290	586
No. of species		39	37	46
Sample weight (g)		2.5	2.5	-
Mud content (%)		65.4	69.5	-

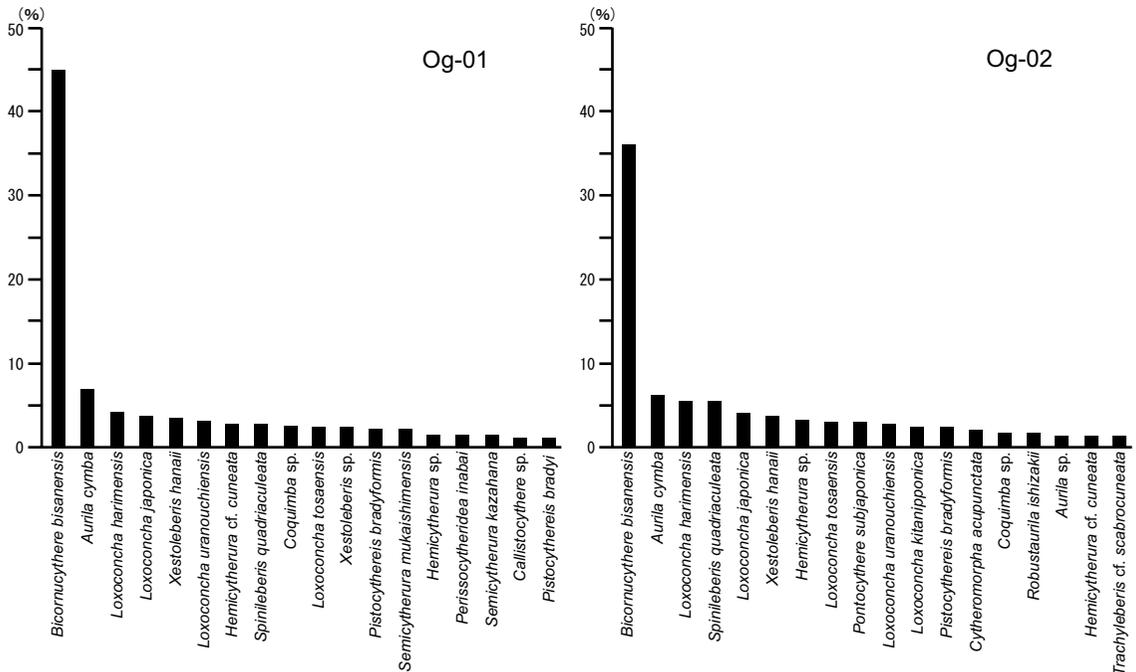


図2. 貝形虫化石の相対頻度。
Fig.2. Number of relative frequency (%) of fossil ostracodes from the Ogushi Formation.

料Og-01, Og-02でそれぞれ2.82, 2.89とどちらも高い値を示した。また、均衡度はそれぞれ0.58, 0.56であった。

3) CHN 元素分析

両地点の試料から得られた TOC, TN 濃度および C/N 比を表3に示す。TOC 濃度はそれぞれ, 0.27% と0.29%であり, 非常に低い値を示した。また, TN 濃度は両試料ともに0.03%であり, これも非常に低い値を示した。有機物の起源を示す TOC/TN 重量比 (C/N 比) はそれぞれ, 9.00と9.67であった。

4. 考察

1) 小串層の古環境

小串層の貝形虫化石群集は, 全体的に外洋の沿岸水の影響下にある内湾泥底およびその周辺の藻場に卓越する種で構成される。各試料とも貝形虫化石群集の種多様度は高く, 均衡度は低い傾向がみられた。これは, 優占する *Bicornucythere bisanensis* の産出頻度が突出して高いためと考えられる。*B. bisanensis* は, *Spinileberis quadriaculeata* が優占する場所よりも沖合いの水深5m以深の内湾中央部泥底に卓越する種である (例えば, Ishizaki, 1971; 池谷・塩崎, 1993)。本研究でも *B. bisanensis* が優占し, 水深2~7mに優占する (池谷・塩崎, 1993) とされる *S.*

quadriaculeata が随伴種として産出した。なお, 日本列島の更新統からしばしば産出し, 閉鎖的内湾の最奥部泥底の水深5m以浅に多く生息する *Sinocytheridea impressa* は産出しなかった。一方, 水深約15m以深の内湾泥底に普遍的に見られる *Krithe japonica* や *Nipponocythere bicarinata*, 水深20m以深の湾泥底に卓越する *Amphileberis nipponica*, *Cytheropteron donghaiense*, *Cytheropteron uchioi* などの貝形虫 (例えば, 山根, 1998; Yasuhara and Irizuki, 2001など) は全く産出しなかった。さらに, 本研究で産出した *Ambocythere japonica* や *Aurila hataii*, *Cythere omotenipponica*, *Hemicytherura cuneata*, *Loxoconcha optima*, *Neonesidea* 属, *Paradoxostoma* 属, *Pontocythere subjaponica*, *Propontocypris* 属, *Semicytherura wakamurasaki*, *Xestoleberis hanaii* は, Ikeya *et al.* (1985) によって潮間帯からの産出が報告されている。鶴飼ほか (2010) は, 同地点から採集した貝類化石群集が潮間帯を主とする殻の保存状態が悪い群集と潮下帯を主とする殻の保存状態が良い群集で構成されていることを見出し, 保存状態が悪い群集は潮下帯へ運搬された異地性の群集であると推定している。貝形虫化石は, 殻の保存状態から原地性か異地性かを区別することは出来なかったが, 潮間帯種が複数種含まれており, 一部の貝形虫は潮間帯から貝類とともに運搬された後に再堆積した

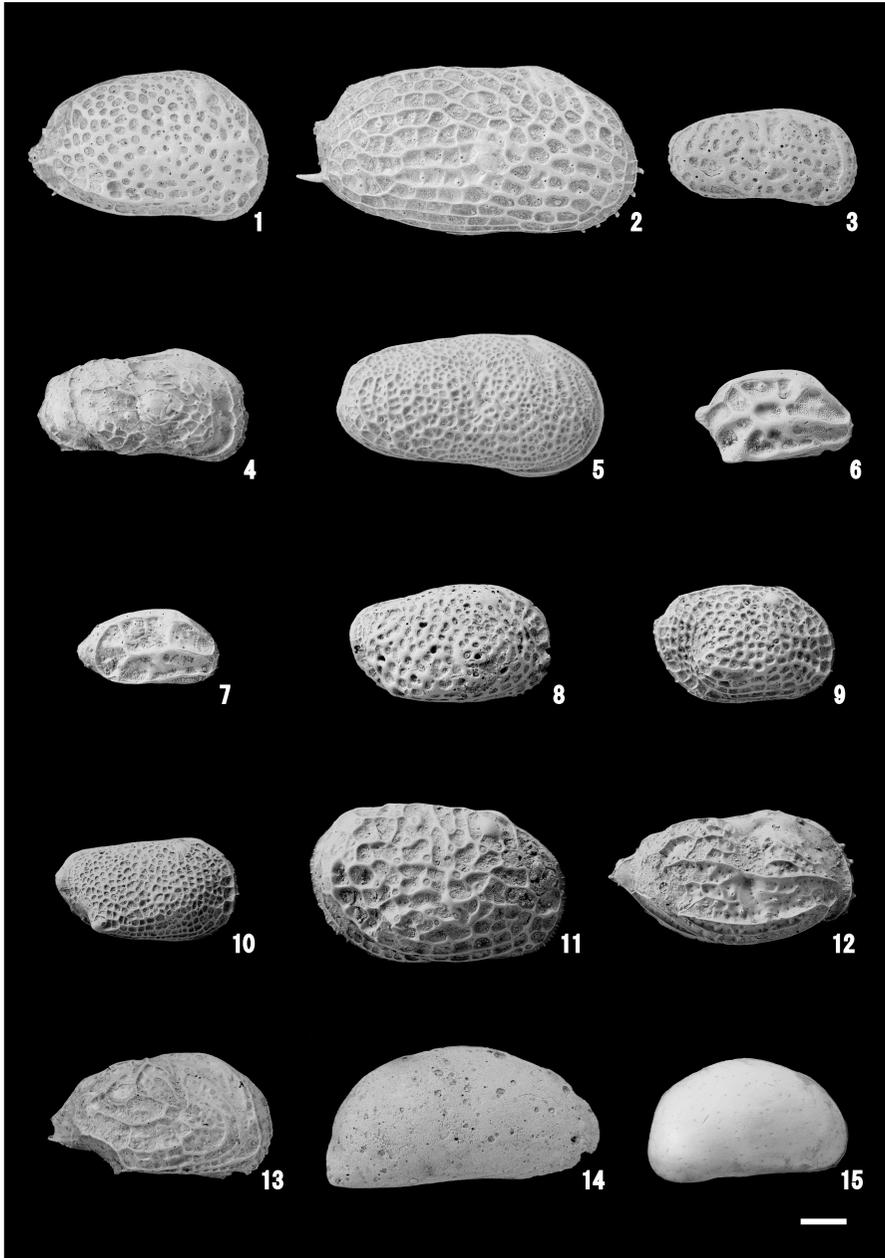


図3. 貝形虫化石の走査型電子顕微鏡写真。標本は全て右殻。スケールは0.1mm。

Fig.3. Scanning electron micrographs of fossil ostracodes from the Ogushi Formation. All the specimens are right valves. All specimens are stored in the Goshoura Cretaceous Museum (GCM). Scale bar show 0.1mm.

1 : *Aurila cymba* (Brady), juvenile, sample Og-01, GCM-IVP 2745 ; 2 : *Bicornucythere bisanensis* (Okubo), adult, sample Og-01, GCM-IVP 2746 ; 3 : *Callistocythere tateyamaensis* Frydl, adult, sample Og-02, GCM-IVP 2747 ; 4 : *Coquimba* sp., juvenile, sample Og-02, GCM-IVP 2748 ; 5 : *Cytheromorpha acupunctata* (Brady), adult, sample Og-02, GCM-IVP 2749 ; 6 : *Hemicytherura* cf. *cuneata* Hanai, adult, sample Og-02, GCM-IVP 2750 ; 7 : *Hemicytherura tricarinata* Hanai, adult, sample Og-01, GCM-IVP 2751 ; 8 : *Loxoconcha harimensis* Okubo, adult, sample Og-02, GCM-IVP 2752 ; 9 : *Loxoconcha japonica* Ishizaki, juvenile, sample Og-01, GCM-IVP 2753 ; 10 : *Loxoconcha kitanipponica* Ishizaki, juvenile, sample Og-02, GCM-IVP 2754 ; 11 : *Loxoconcha tosaensis* Ishizaki, adult, sample Og-02, GCM-IVP 2755 ; 12 : *Neomonoceratina delicata* Ishizaki & Kato, adult, sample Og-01, GCM-IVP 2756 ; 13 : *Perissocytheridea inabai* Okubo, juvenile, sample Og-01, GCM-IVP 2757 ; 14 : *Pontocythere subjaponica* (Hanai), adult, sample Og-02, GCM-IVP 2758 ; 15 : *Xestoleberis hanaii* Ishizaki, juvenile, sample Og-02, GCM-IVP 2759

表2. 小串層産底生有孔虫化石リスト。

Table 2. List of fossil benthic foraminifera from the Ogushi Formation.

	Og-	01	02	total
<i>Ammonia beccarii</i> (Linne, 1758) forma 1	50	42	92	
<i>Ammonia</i> sp.	3		3	
<i>Astrononion</i> sp.	1	1	2	
<i>Bolivina robusta</i> Brady, 1881	2	2	4	
<i>Bolivina</i> sp.		1	1	
<i>Brizalina striatula</i> (Cushman, 1922)	10	10	20	
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny, 1826	1		1	
<i>Cassidulina</i> sp.		1	1	
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker & Jacob, 1798)	16	11	27	
<i>Cibicides pseudoungerianus</i> (Cushman, 1931)	3	5	8	
<i>Cibicides refulgens</i> (Montfort, 1808)	9		9	
<i>Cibicides</i> sp.		3	3	
<i>Cymbaloporetta</i> sp.	2	2	4	
<i>Elphidium advenum</i> (Cushman, 1922)	16	20	36	
<i>Elphidium clavatum</i> Cushman, 1930	11	7	18	
<i>Elphidium jenseni</i> (Cushman, 1924)	10	7	17	
<i>Elphidium kusiroense</i> Asano, 1938	7		7	
<i>Elphidium matsukawauraense</i> Takayanagi, 1955	3	2	5	
<i>Elphidium oceanicum</i> Cushman, 1933		2	2	
<i>Elphidium reticulosum</i> Cushman, 1933	25	21	46	
<i>Elphidium somaense</i> Takayanagi, 1955		1	1	
<i>Elphidium</i> sp.	9		9	
<i>Elphidium</i> spp.		13	13	
<i>Gavelinopsis praegeri</i> (Heron-Allen & Earland, 1913)	4	4	8	
<i>Glauertella</i> cf. <i>subopercularis</i> (Asano, 1951)	9	9	18	
<i>Gyroidina</i> sp.		1	1	
<i>Haynesina depressula</i> (Walker & Jacob, 1798)		1	1	
<i>Haynesina germanica</i> (Ehrenberg, 1840)	2	3	5	
<i>Murrayinella globosa</i> (Millett, 1903)	13	24	37	
<i>Murrayinella minuta</i> (Takayanagi, 1955)	9	5	14	
<i>Nonion</i> spp.	2	6	8	
<i>Quinqueloculina</i> sp.		1	1	
<i>Reussella aculeata</i> Cushman, 1945		1	1	
<i>Reussella</i> sp.	1		1	
<i>Rosalina</i> sp.	7	5	12	
<i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i> (Silvestri, 1904)		2	2	
<i>Uvigerinella</i> sp.		4	4	
<i>Valvulineria hamanaoensis</i> (Ishiwada, 1958)		1	1	
Gen. et sp. indet. 1	1	2	3	
Gen. et sp. indet. 2	1		1	
Gen. et sp. indet. 3	1		1	
No. of specimens	229	219	448	
No. of species	29	32	41	
Sample weight (g)	1.875	1.875	-	

表3. 小串層における全有機炭素 (TOC) 濃度, 全窒素 (TN) 濃度, TOC/TN (C/N) 比。

Table 3. Total organic carbon (TOC) content, total nitrogen (TN) content, TOC/TN (C/N) ratio from the Ogushi Formation.

	TOC (%)	TN (%)	C/N ratio
Og-01	0.27	0.03	9.00
Og-02	0.29	0.03	9.67

と推定される。これらのことから、貝形虫化石群集で見積もられる古水深は10m前後であると推定される。鶴飼ほか(2010)は、保存状態が良い原地性の群集から導き出された古水深は潮下帯～水深20m程度であるとしており、貝形虫化石群集により推定された古水深と非常に調和的である。したがって、貝形虫化石群集からみた小串層堆積当時の環境は、外洋水の影響を受ける海藻の繁茂するやや開放的な内湾中央部付近の水深10m前後の泥底環境であると考えられる。

小串層における底生有孔虫化石群集の種多様度および均衡度は両試料とも高い値を示した。これは、優占種の *Ammonia beccarii* の産出頻度がそれほど高くなく、他の主要な随伴種の産出頻度がそれほど低くはないためと考えられる。*A. beccarii* は、世界の沿岸～浅海域に普遍的に生息する (Debenay *et al.*, 1998)。中でも *A. beccarii* forma 1 は *A. beccarii* の日本における形態型の一つで、淡水の影響を受ける汽水湖や内湾奥部の泥底に普遍的に生息することが知られている (Matoba, 1970; 小杉ほか, 1991; Nomura and Seto, 2002)。*Glauertella* spp. は海藻表面を這いまわりながら微小藻類やデトリタスを摂取しており、*Cibicides lobatulus* は海藻表面において固着生活を行っている (Kitazato, 1994; 藤田ほか, 1999)。Matoba (1970) は松島湾表層堆積物中の有孔虫群集分布を報告した。それによると、*Murrayinella minuta* の生体・遺骸混合個体は湾中央部から湾口部にかけて5～15%の頻度で分布しており、湾口部に向かうにつれて産出頻度が増加している。また、その生体個体は湾口部に10～30%の頻度で分布している。小串層の底生有孔虫化石群集は、湾奥部泥底環境を示唆する *A. beccarii* forma 1 が優占するものの、比較的海水の交換が活発な環境に適応する *E. reticulosum* や *M. minuta*、藻場を示唆する *Glauertella* spp. や *Cibicides* spp. を随伴種とすることから、底生有孔虫化石群集からみた小串層堆積当時の環境は、外洋水の影響を受ける内湾泥底環境であると考えられる。

TOC, TN 濃度は湾内でプランクトンなどが生産した有機物と、陸上高等植物起源の有機物の総和で表される。これらの有機物の起源はC/N比に反映され、プランクトン起源では6～9程度、陸上高等植物起源では15以上とされる (例えば、三瓶ほか, 1997; Sampei and Matsumoto, 2001)。小串層の堆積物のTOC濃度は0.3%以下、TN濃度は0.03%と極めて低い。三瓶ほか(1997)によれば、TN濃度には粘土鉱物中に存在する無機態窒素が含まれるとされており、特にTOC濃度またはTN濃度が低い値を示している場合にはC/N比に影響を与えることから、これを考慮する必要がある。通常、無機態窒素の濃度はTN-

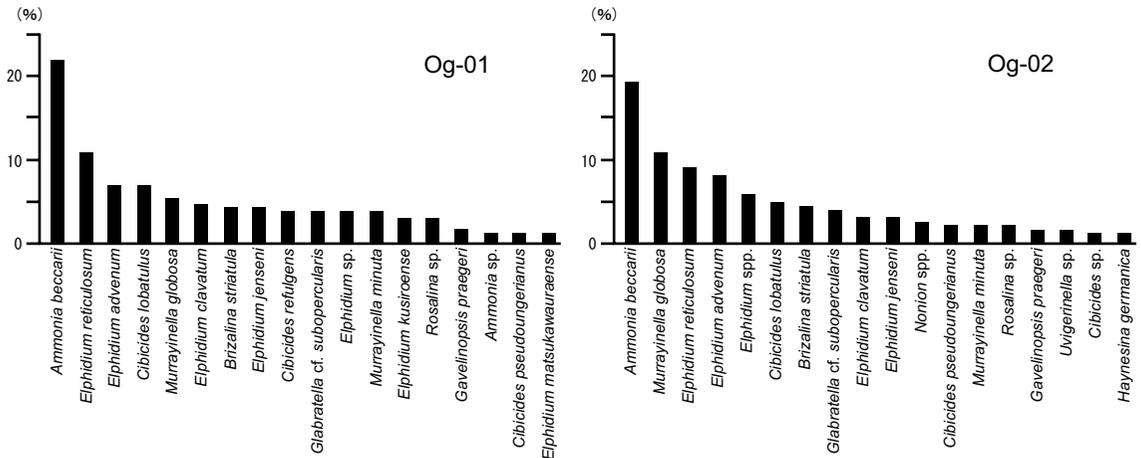


図4. 底生有孔虫化石の相対頻度。

Fig.4. Number of relative frequency (%) of fossil benthic foraminifera from the Ogushi Formation.

TOCクロスプロットの回帰直線により見積もることが可能であるが、今回は測定試料数が少なく、TOC濃度が低い場合には誤差が大きくなるため見積もることができなかった。このため、仮に倉門ほか(1998)によって島根県中海と静岡県浜名湖の表層堆積物から求められた無機態窒素濃度の平均値(0.015%)を当てはめるとC/N比はいずれも18以上となる。したがって、C/N比は見かけ上、約9を示しているものの、無機態窒素を考慮すると15以上の値になると考えられ、有機物は陸上高等植物を起源として構成されていると言える。小串層の堆積物は、シルトを主体とする砂質泥であるため、速い堆積速度や沿岸流による有機物の拡散といった希釈作用も考えられるが、全体的に有機物の総供給量が少なく、陸源有機物が若干負荷されるような環境、すなわち水循環の良い堆積環境であったことが推定される。

2) *Neomonoceratina delicata* の産出の意義

この種は現在、暖流の影響を強く受ける亜熱帯から熱帯の20m以浅の湾域に生息(入月・瀬戸, 2004; Irizuki *et al.*, 2009)しており、本邦では生物地理区分の渡瀬線で知られるトカラ海峡以南に生息している(Irizuki *et al.*, 2009)。Irizuki *et al.*(2009)は本種の古生物地理に着目し、海水準変動に起因した更新世の日本列島における*N. delicata*の出現と消長を議論している。これによれば、MIS11でトカラ海峡以北に初めて分布を拡大し、MIS2にトカラ海峡以北からは消滅した可能性を指摘した。MIS7に着目してみると、これまで関東地方(横田層(=上岩橋層): Yajima, 1978, 1982; 清川層: Yajima, 1982; 上泉層: Yajima, 1982; 多古層: 安原・熊井, 2003)お

よび東海地方(浜松層: 入月ほか, 2003; 入月・瀬戸, 2004; 野間層: 入月・細山, 2000)からのみ産出が報告されている。しかし、本種は亜熱帯～熱帯種であるにもかかわらず、東海地方以西から琉球弧、台湾に至る地域からは報告されていない。さらに、これらの地域にはMIS7の堆積物の分布が少ないという問題があり、当時の内湾性貝形虫群集は十分に明らかになっていなかった。特に九州西部は、暖流の太平洋に向かう黒潮と日本海に向かう対馬海流の分岐点付近という貝形虫の古生物地理を考えるうえで重要な場所でもあることから、今回MIS7の内湾堆積物から初めて*N. delicata*の産出が確認されたことは意義が大きい。

5. まとめ

- 1) 小串層の砂質シルトからなる2試料から、*Bicornucythere bisanensis*を優占種とする合計46種の貝形虫化石と、*Ammonia beccarii*を優占種とする合計41種の底生有孔虫化石が初めて得られた。
- 2) 微化石から推定される堆積環境は、外洋水の影響下にある海藻が繁茂したやや開放的な内湾中央部付近の泥底であり、貝形虫化石群集から見積もられた古水深は10m前後である。この結果は、同地点から採取された貝類化石群集(鵜飼ほか, 2010)から推定された堆積環境(潮下帯～水深20m)と非常に調和的である。
- 3) CHN元素分析から推定される堆積環境は、陸源有機物が若干付加される水循環の良い堆積環境である。
- 4) これまで東海地方以西から台湾にかけてのMIS7

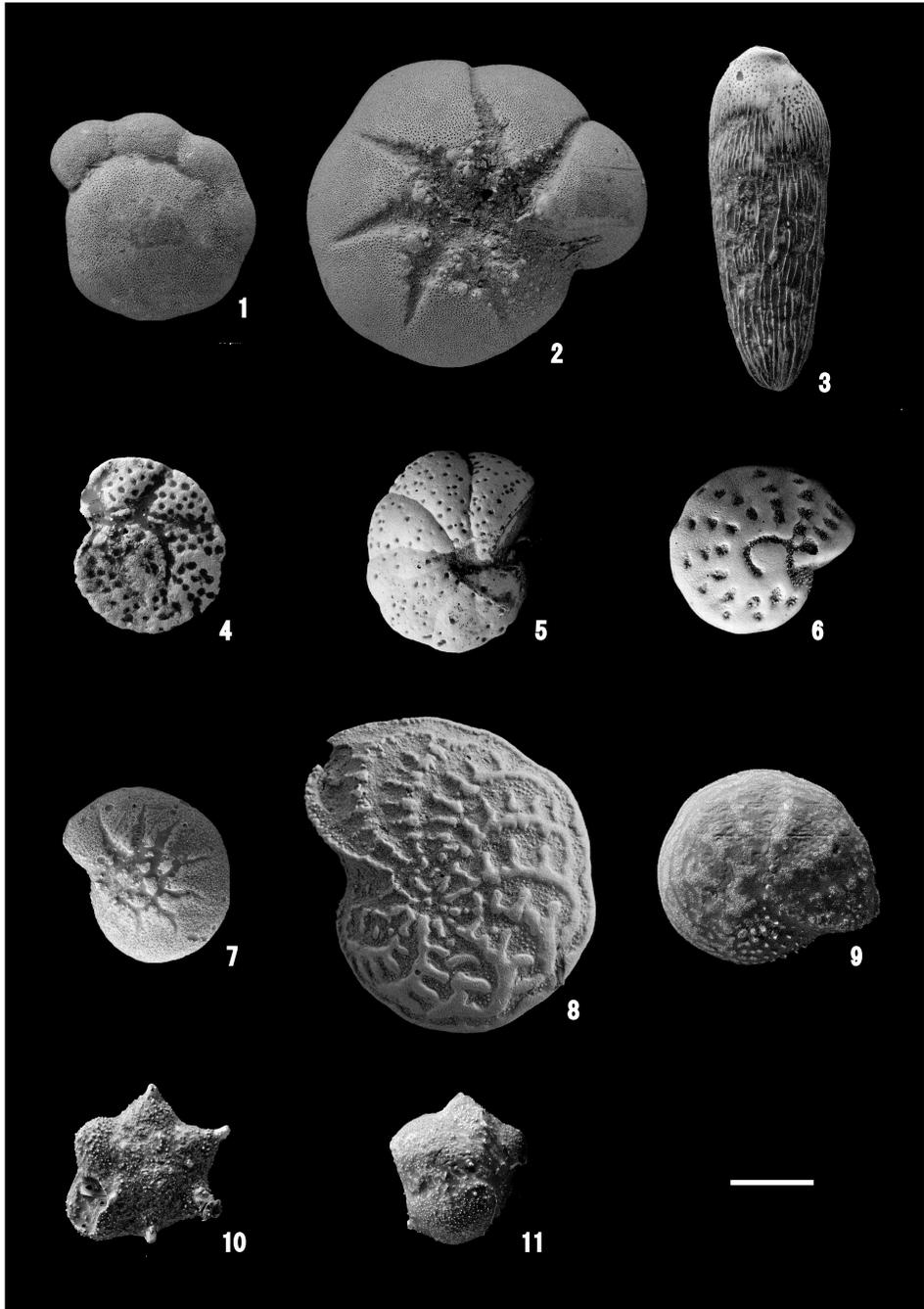


図5. 有孔虫化石の走査型電子顕微鏡写真。スケールは0.1mm.

Fig.5. Scanning electron micrographs of fossil benthic foraminifera from the Ogushi Formation. All specimens are stored in the Goshoura Cretaceous Museum (GCM). Scale bar show 0.1mm.

- 1 : *Ammonia beccarii* (Linne) forma 1, sample Og-02, GCM-IVP 2760 ; 2 : *Ammonia beccarii* (Linne) forma 1, sample Og-02, GCM-IVP 2761 ; 3 : *Brizalina striatula* (Cushman), sample Og-02, GCM-IVP 2762 ; 4 : *Cibicides lobatulus* (Walker & Jacob), sample Og-02, GCM-IVP 2763 ; 5 : *Cibicides lobatulus* (Walker & Jacob), sample Og-02, GCM-IVP 2764 ; 6 : *Elphidium advenum* (Cushman), sample Og-02, GCM-IVP 2765 ; 7 : *Elphidium clavatum* Cushman, sample Og-02, GCM-IVP 2766 ; 8 : *Elphidium jenseni* (Cushman), sample Og-02, GCM-IVP 2767 ; 9 : *Elphidium reticulosum* Cushman, sample Og-02, GCM-IVP 2768 ; 10 : *Murrayinella globosa* (Millett), sample Og-02, GCM-IVP 2769 ; 11 : *Murrayinella globosa* (Millett), sample Og-02, GCM-IVP 2770

の堆積物から産出報告がなかった *Neomonoceratina delicata* を初めて確認した。

謝辞

本研究を行うにあたり、天草市立御所浦白亜紀資料館の長谷義隆氏と廣瀬浩司氏、熊本県立熊本西高等学校の田中基義先生には調査の際にご協力いただいた。島根大学総合理工学部の三瓶良和氏には CHN 元素分析結果の解釈を行うにあたって有益なご助言を、また林 広樹氏には電子顕微鏡写真の撮影にご協力いただいた。鹿児島大学の木村公彦博士と徳島県立博物館の中尾賢一博士には丁寧な査読をしていただき、論文の改善に有益なご指摘・ご助言をいただいた。以上の方々に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- Buzas, M. A. and Gibson, T. G. (1969) Species diversity: benthonic foraminifera in western North Atlantic. *Science* **163**, 72-75.
- 檀原 徹 (1995) 第四紀テフラの高精度フィッシュン・トラック (FT) 年代測定—ジルコンとガラスを用いた測定法の確立に向けて—。第四紀研究 **34**, 221-237.
- Debenay, J. P., Beneteau, E., Zhang, J., Stouff, V., Geslin, E., Redois, F. and Fernandez - Gonzalez, M. (1998) *Ammonia beccarii* and *Ammonia tepida* (foraminifera): Morphofunctional arguments for their distinction. *Marine Micropaleontology* **34**, 235-244.
- 藤田和彦・西 弘嗣・斎藤常正 (1999) 琉球列島沿岸海草帯に生育する葉上性有孔虫類の季節変化。化石 **66**, 16-33.
- 長谷義隆・岩内明子 (1993) 内陸堆積層の分布高度から求めた中部九州地溝内沈降域の変位。地質学論集 **41**, 53-72.
- Ikeya, N., Okubo, I., Kitazato, H. and Ueda, H. (1985) Shizuoka (Pleistocene and living Ostracoda, shallow marine, Brackish and fresh water). *Guidebook Excursions, 9th International Symposium on Ostracoda*, 1-32.
- 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・細山光也 (2000) 愛知県の更新統野間層から産出した内湾性貝形虫 (甲殻類) 化石。愛知教育大学研究報告 (自然科学) **49**, 9-15.
- 入月俊明・増田富士雄・池谷仙之 (2003) 静岡県浜松市佐浜町のナウマンゾウ発掘調査地における中部更新統浜松層の堆積相と貝形虫化石。静岡地学 no. **87**, 1-13.
- 入月俊明・瀬戸浩二 (2004) 中期更新世の古浜名湾における古環境の時間的・空間的变化—貝形虫化石群集と全有機炭素・全窒素・全イオウ分析結果—。地質学雑誌 **110**, 309-324.
- Irizuki, T., Taru, H., Taguchi, K. and Matsushima, Y. (2009) Paleobiogeographical implications of inner bay Ostracoda during the Late Pleistocene Shimosueyoshi transgression, central Japan, with significance of its migration and disappearance in eastern Asia. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* **271**, 316-328.
- Ishizaki, K. (1971) Ostracodes from Aomori Bay, Aomori Prefecture, Northeast Honshu, Japan. *Science Reports of Tohoku University, 2nd Series (Geology)* **43**, 59-97.
- Kitazato, H. (1994) Foraminiferal microhabitats in four marine environments around Japan. *Marine Micropaleontology* **24**, 29-41.
- 小杉正人・片岡久子・長谷川四郎 (1991) 内湾域における有孔虫の環境指標種群の設定とその古環境復元への適用。化石 **50**, 37-55.
- 倉門由紀子・三瓶良和・高安克己・徳岡隆夫・井内美郎 (1998) 中海および浜名湖表層堆積物の有機炭素・窒素・イオウ濃度分析。Laguna **5**, 123-135.
- Matoba, Y. (1970) Distribution of recent shallow water foraminifera of Matsushima Bay, Miyagi Prefecture, northeast Japan. *Science Reports of Tohoku University, 2nd Series (Geology)* **42**, 1-85.
- McManus, J. F., Oppo, D. W. and Cullen, J. L. (1999) A 0.5-million-year record of millennial-scale climate variability in the North Atlantic. *Science* **283**, 971-975.
- 長橋良隆・吉川周作・宮川ひろ・内山 高・井内美郎 (2004) 近畿地方および八ヶ岳山麓における過去43万年間の広域テフラの層序と編年—EDS分析による火山ガラス片の主要成分化学組成—。第四紀研究 **43**, 15-35.
- 長岡信治・新井房夫・檀原 徹 (2010) 宮崎平野に分布するテフラから推定される過去60万年間の霧島火山の爆発的噴火史。地学雑誌 **119**, 121-152.
- Nomura, R. and Seto, K. (2002) Influence of marine construction on environments of the brackish Lake Nakaumi, southwest Japan: Foraminiferal evidence. *The Journal of the Geological Society of Japan* **108**, 394-409.
- Raymo, M. E., Oppo, D. W., Flower, B. P., Hodell, D.

- A., McManus, J. F., Venz, K. A., Kleiven, K. F. and McIntyre, K. (2004) Stability of North Atlantic water masses in face of pronounced climate variability during the Pleistocene. *Paleoceanography* **19**, PA2008, doi: 10.1029/2003PA000921.
- 三瓶良和・倉門由紀子・清水 紋・高安克己・石田 聖 (1997) サロマ湖・網走湖底質の有機炭素・窒素・イオウ濃度. *Researches in organic geochemistry* **12**, 51-60.
- Sampei, Y. and Matsumoto, E. (2001) C/N ratios in a sediment core from Nakaumi lagoon, southwest Japan - usefulness as an organic source indicator -. *Geochemical Journal* **35**, 189-285.
- Shannon, C. E. and Weaver, W. (1949) *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, 117pp.
- 下山正一・木下裕子・宮原百々・田中ゆかり・市原季彦・竹村恵二 (1999) 旧汀線高度からみた九州の後期更新世地殻変動様式. *地質学雑誌* **105**, 311-331.
- 鶴飼宏明・廣瀬浩司・長谷義隆・田中基義・河野重範 (2010) 小串層から産出した貝類化石群集. 御所浦白亜紀資料館報 **11**, 11-15.
- 渡辺一徳・益田悦郎 (1983) いわゆる中位段丘堆積物としての小串層及び大江層について. 熊本大学教育学部紀要・自然科学 no. **32**, 29-37.
- 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.
- Yajima, M. (1978) Quaternary Ostracoda from Kisarazu near Tokyo. *Transactions and Proceedings of Palaeontological Society of Japan. New Series* **112**, 371-409.
- Yajima, M. (1982) Late Pleistocene Ostracoda from the Boso Peninsula, Central Japan. In: Hanai, T. (ed) *Studies on Japanese Ostracoda*, pp.141-228, *University Museum, University of Tokyo, Bulletin* **20**, Tokyo.
- 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.
- 安原盛明・熊井久雄 (2003) 下総層群“多古貝層”とその露頭に形成された染井横穴墓堆積物から産出した貝形虫化石. *地団研専報* **50**, 73-78.
- 吉川周作・三田村宗樹 (1999) 大阪平野第四系層序と深海底の酸素同位体比層序との対比. *地質学雑誌* **105**, 332-340.