

論文

渥美半島中部更新統田原層の貝形虫化石群集と堆積相の時空分布

入月 俊明\*・神谷 美保\*\*・植田 景子\*\*\*

Temporal and spacial distribution of fossil ostracode assemblages and sedimentary facies in the Middle Pleistocene Tahara Formation, Atsumi Peninsula, central Japan.

Toshiaki Irizuki\*, Miho Kamiya\*\* and Keiko Ueta\*\*\*

Abstract

The Middle Pleistocene Tahara Formation of the Atsumi Group is distributed in central to eastern Atsumi Peninsula, Aichi Prefecture, central Japan. It is composed of four members: Ikobe Gravel, Akasawa Silt, Kanbe Gravel, and Toshima Sand and Gravel Members. We investigated temporal and spacial distribution of fossil ostracode assemblages and sedimentary facies in the Akasawa Silt Member. This member consists mainly of gravel-rich sandy silt, massive silt to clay containing molluscan fossils, and bioturbated micaceous sandy silt, in ascending order. A laminated clay layer is distinct in the lower part of the member only in central to eastern areas, suggesting anoxic environments. Sixteen ostracode species belonging to ten genera were recognized from 39 samples of 87. All extant today are in recent brackish to marine environments. The dominant species are *Bicornucythere* sp., *Spinileberis quadriaculeata* and *Aurila spinifera* s. l. Five ostracode biofacies are recognized: AL, AB, BA, B and BT. Biofacies AL (sandy bay coast with *Zostera*) is present in the upper part of the member, which is distributed in the western part of the study area. Biofacies AB, BA, B and BT are distributed in upward sequence in the central to eastern parts of the study area. Based on fossil ostracode biofacies and sedimentary facies, the depositional environments of the Akasawa Silt Member in its central to eastern parts are interpreted as anoxic muddy bay, middle bay influenced by tidal currents, and enclosed middle bay in upward sequence.

**Key words:** Tahara Formation, Akasawa Silt Member, Pleistocene, Atsumi Peninsula, Ostracoda, sedimentary facies

はじめに

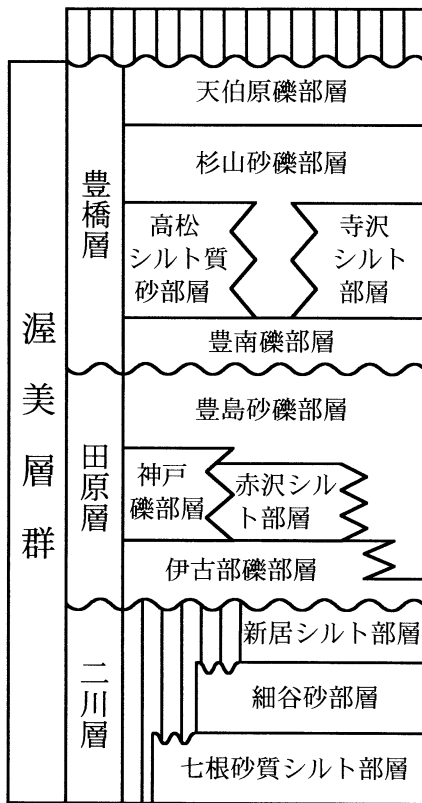
愛知県南東部に位置する渥美半島の太平洋側(表浜)には、海岸段丘が発達し、主に浅海成の第四系が露出している。これらは下位より二川層、田原層、豊橋層からなる中部更新統渥美層群と上位の上部更新統福江層に区分されている(杉山, 1991 など)。これらの層群を対象に、古くから地質・古生物学的研究が盛んに行われてきた。例えば、層序区分や地質構造について(黒田, 1958)、相対的海水準変動に伴う海進・海退層序の解析(廣木・木宮, 1990; 杉山, 1991)や、貝類化石(Yokoyama, 1926; 大炊御門, 1933; 土, 1960; Hayasaka, 1961)、有孔虫化石(横山・中川, 1940)、植物化石(黒田, 1966, 1967; Kuroda, 1998; 吉川, 1998, 1999)、魚類化石(吉川, 2001)などの一連の古生物学的研究、放射年代、古地磁気による年代測定の研究(島本ほか, 1994)などがある。本研究で対象とした微小甲殻類の1分類群である貝形虫(Ostracoda)化石についても、Yajima (1987)と若松(1992)

により研究が行われている。Yajima (1987)は、初めて渥美層群から貝形虫化石を報告し、1新属8新種の記載を行った。この研究では、渥美層群最上部の豊橋層中に挟在し、貝類化石を主体とした大型化石が多産することで知られている高松シルト質砂部層から産する貝形虫化石を主たる対象にしているが、本研究でとりあげる田原層に関しても、豊橋市城下町から西赤沢町付近より貝形虫化石を報告している。ただし、渥美半島の表浜において、分布が一部断続的となるが、西浜田地域から高塚地域周辺までの東西約9 kmあまりにおよぶ田原層赤沢シルト部層分布域のうち、Yajima (1987)は、中央部の約3 kmの区間しか調査していない。さらに、当時は田原層下部層準の露出が良かったため、Yajima (1987)による貝形虫化石の産出試料は、最下部層準付近に集中している。若松(1992)は、同じく渥美層群豊橋層の高松シルト質砂部層から産出する *Pontocythere* 属の個体群変動を研究した。このように、田原層分布域の全域および、全層準に関する貝形虫化石群集については明確にされていない。そこで、本研究では、まず、田原層のうち化石を産する下部から中部層準(主に赤沢シルト部層)の層位的調査を行い、柱状図を作成し、岩相の側方変化を記載した。その後、全ての地域で貝類化石が残存している層準から貝形虫化石用の試料採取を行い、特に、分布縁辺域や赤沢シルト部層上部における群集の特徴を把握することに努めた。本研究ではこれらの結果と、Yajima

\* 島根大学総合理工学部地球資源環境学科  
Department of Geoscience, Faculty of Science and Engineering  
Shimane University, Matsue 690-8504, Japan

\*\* 株式会社損害保険ジャパン  
Sompo Japan Insurance Inc., Nagoya 460-8551, Japan

\*\*\* 豊橋市立岩西小学校  
Iwanishi Elementary School, Toyohashi 440-0841, Japan



第1図 渥美層群の層位図. 島本ほか(1994)を改編

(1987)によって詳しく報告されている下部層準の結果も考慮して、田原層堆積期(中期更新世)の内湾性貝形虫化石群集を報告し、堆積環境の変遷を考察する。

### 地質概説

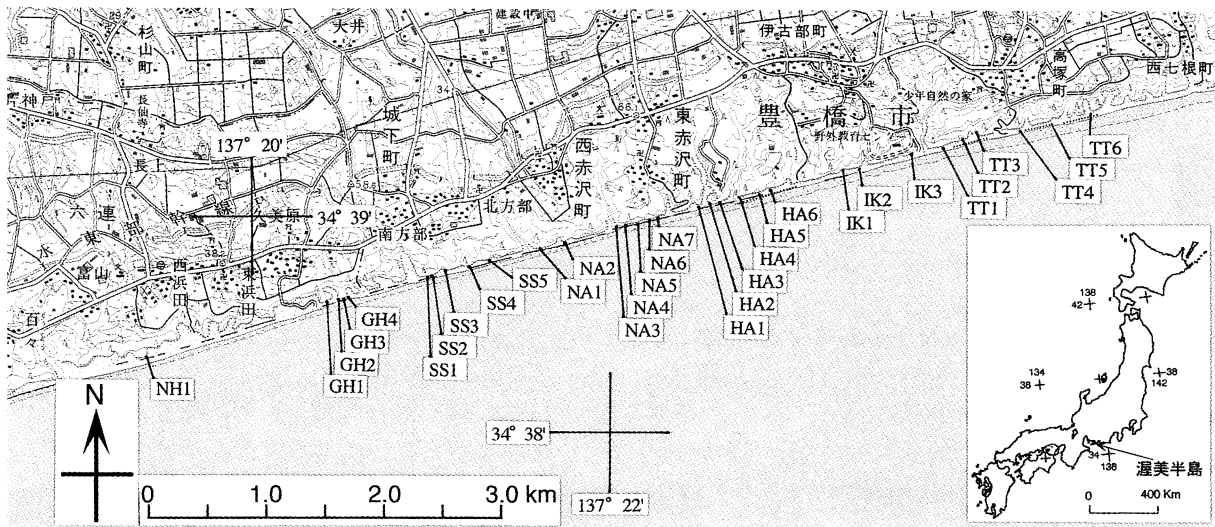
渥美半島は主として秩父帯の堆積岩類からなる山地と海成段丘が発達している。海成段丘は高位段丘に相当する天伯原台地と低位段丘にあたる福江段丘である(杉山, 1991)。前者を構成している地層が渥美層群で、下位より二川層、田原層、豊橋層からなる(第1図)。後者を構成しているのは福江層である。渥美層群は最大層厚80mに達し、各層は約20mから30mあまりの層厚を持つ。渥美層群最下部に相当する二川層はその基底部が地表に露出していないため、堆積盆の形状や下部層の岩相は定かではないが、他の累層に関しては、基本的に谷地形をなす場所で、不整合面(シーケンス境界)の上位に河川成あるいは海浜成の谷埋め礫が覆い、上方細粒化と上方粗粒化を示す内湾成の泥質堆積物からなる。その上位には波浪による侵食面(wave ravinment surface)を介して、外浜や前浜の環境を示す砂礫質堆積物(一部後背湿地)がのる。これらの堆積過程はバリエー島システムと海岸平野システムで説明され、各累層は一回の海進・海退で形成されたと解釈されている(廣木・木宮, 1990; 杉山, 1991)。田原層は渥美層群の中部にあたり、渥美半島中央部から東部にかけて分布している。分布域の西部にあたる西浜田地域と久

美原地域には、小規模な谷地形が見られる。一方、城下地域から高塚地域にかけては連続的な露出が見られ、大規模な谷地形を構成している。田原層は下位より二川層を不整合に覆う主に砂岩からなり、チャート、珪長質火山岩をともなう礫支持の円礫よりなる伊古部礫部層(黒田, 1958)、均質な青灰色シルトからなる赤沢シルト部層(黒田, 1966)、これと指交関係にあり、大型斜交層理の発達する円礫からなる神戸礫部層(黒田, 1958)、砂礫からなる豊島砂礫部層(黒田, 1958)の4部層に区分されている(第1図)。田原層の赤沢シルト部層には貝類化石や植物化石が含まれており、下部からは汽水生の貝類化石や温帯要素の植物化石、中部からは閉鎖的内湾泥底の貝類化石、上部に向けて暖帯要素の植物化石が増加すると報告されている(例えば、黒田, 1966)。

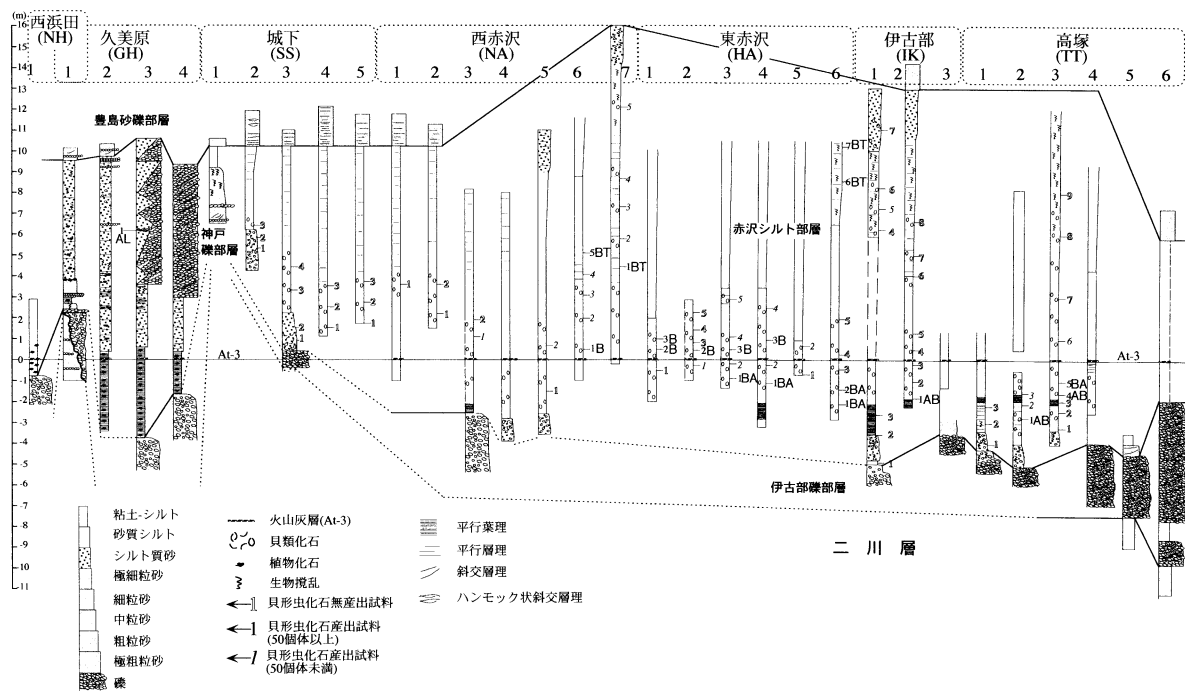
渥美層群の堆積年代に関してはいくつかの見解があり、明確にはなっていない。杉山(1991)は田原層から *Cyclobaranopsis* の花粉化石が多産することを重視し、房総半島地蔵堂層、大阪層群 Ma 8 海成粘土層および大阪湾底のアカガシ層に対比した。現在、これらの地層はすべて酸素同位体層序(MIS)のステージ11と考えられている(吉川・三田村, 1999)。一方、島本ほか(1994)は古地磁気層序、石灰質ナンノ化石およびESR年代測定などの総合的研究を行った。その結果、渥美層群は全てブルンス正磁極期で、豊橋層下部から石灰質ナンノ化石の示準種である *Pseudoemiliana lacunosa* が産出したことを重視し、豊橋層を大阪湾底のラクノーサ層に対比した。現在、このラクノーサ層は吉川・三田村(1999)によると、酸素同位体層序のステージ15に対比されているので、豊橋層と田原層の間に累層の欠落が無ければ、田原層はステージ17に対比されることになる。しかしながら、*P. lacunosa* の消滅年代は0.41 Ma(佐藤ほか, 1999)であり、この年代は酸素同位体層序のステージ12であることから、豊橋層はステージ13、田原層はステージ15の堆積物であると考えても、島本ほか(1994)の結果とは矛盾しない。また、田原層の下位にある二川層の七根砂質シルト部層もブルンス正磁極期であることを考慮に入れると、二川層は少なくとも酸素同位体層序のステージ19より新しいことになる。以上をまとめると、田原層の年代は酸素同位体層序のステージ11, 15, 17という3つの見解が存在することになる。*Pseudoemiliana lacunosa* が再堆積した化石であれば、ステージ11の可能性が高いが、そうでなければ、ステージ15および17のいずれかになる。近年、菊池・池田(2001)は新たに豊橋層を不整合に覆い、酸素同位体層序のステージ7における広域火山灰層(Ata-Th)に対比される火山灰層を挟在する地層を見つけ、久美原層と命名している。

### 各地域における田原層下・中部の岩相と試料採取層準

本研究では西から西浜田、久美原、西赤沢、東赤沢、伊古部および高塚地域まで、およそ8.5kmの表浜海岸沿いに分布する田原層下・中部層準の調査を行い(第2図)、合計87個の貝形虫化石用試料を採取した(第3図)。以下では各地域ごとの岩相と試料採取層準について説明する。



第2図 柱状図作成位置図(国土地理院発行, 1:50,000 地形図「田原」の一部を使用)



第3図 柱状図および試料採取層準. AL, AB, BA, B および BT は貝形虫化石相を示す.

### 1. 西浜田地域 (NH1)

田原層の分布域として最も西部にあたる西浜田地域では、厚さ1mあまりの基底礫(伊古部礫部層)の上に、4m程度の炭質物を多く含む紫灰色のシルト(赤沢シルト部層)が分布している。ここでは貝殻が保存された化石は無く、貝形虫化石用の試料採取を行わなかった。杉山(1991)のAt-3火山灰層がシルト層中に認められる。

### 2. 久美原地域 (GH1~GH4)

この地域に分布する田原層下部層の岩相は側方変化が激しい。すなわち、久美原地域での最西部の露頭(GH1)では、

下位の二川層の礫質中粒砂からなる細谷砂部層を東落ちで急角度で削りこむシーケンス境界が見られる。境界面は面直下の細谷砂部層も直上の田原層も岩相が類似しているために見分けにくい。細谷砂部層の連続した礫が境界面で絶たれていることから判別される。境界付近にはリモナイトの濃集部も見られる。ここでの田原層の下部は、礫支持の円礫層や礫混じりの淘汰の悪い粗粒砂層からなり、厚さ40cm程度の円礫層を境にその上位では、層厚10cm程度の円礫層を挟み、砂管や生物攪乱の激しい砂と、表面に黄粉の見られ、植物片が密集する砂質シルトの互層からなる。上部は層厚約6m

で、植物片や生痕化石などを含むシルト質砂からなる。その東隣 (GH 2, GH 3) では、下部は厚さ 4 m 程度の紫灰色の葉片が密集した板状シルトからなり、流木状の材化石も含まれる。この層準から、黒田(1958)、Kuroda(1998)、吉川(1998)により、*Fagus microcarpa* や *Illicium anisatum* などの温帯あるいは暖帯の葉化石が報告されている。この層の上部には、At-3 火山灰層が認められる。さらに上位には、層厚 9 m 程度のシルト質砂が重なり、部分的に平行層理が発達し、円礫層の薄層も挟在する。GH 3 および GH 4 では、これらのシルト質砂と指交関係を示す大型斜交層理と覆瓦構造の見られる円礫層がある。この礫層は神戸礫部層に相当し、Hiroki and Masuda (2000) は海進期の砂嘴堆積物と考えており、久美原地域では、東から西への古流向を示唆している。これらの田原層の上位には、トラフ型斜交層理が発達する砂礫層 (豊島砂礫部層) が分布する。

GH 3 では、At-3 火山灰層より 6 m 上位に殻が保存された貝類化石を産する暗灰色で淘汰の悪い礫まじりのシルト質砂がある。ここでは、*Rapana* 属などの大型巻貝化石も見られた。今回はこの巻貝化石の中を充填していたシルト質砂を 1 試料採取したが、他の層準では殻が保存されていない。

### 3. 城下地域 (SS 1~SS 5)

城下地域における西部では、田原層の下部から露出している。SS 1 では下部に礫径 5~8 cm の円礫層やトラフ型斜交層理の見られる礫質中粒砂があり、上方細粒化し生痕化石を伴う雲母質細粒砂を経て、泥質堆積物となる。SS 2 では、層厚約 2 m で礫径 1 cm 程度の円礫が散在するシルト質砂があり、殻の残存した *Corbicula japonica* や *Anadara* 属などの二枚貝化石が認められる。その上位は厚さ 4 m の塊状青灰色シルトからなるが、この層準では、ほとんど貝殻は残存していない。SS 3 では、最下部に N 20° E 方向で北北東から南南西への古流向を示す最大礫径 15 cm の礫支持礫層がみられ、上方細粒化し、殻の残存した *C. japonica* や *Dosinia angulosa* などの二枚貝化石を含む礫まじりのややシルト質な細~中粒砂となり、その上位では、層厚 8 m の青灰色シルトとなる。全体的に泥質堆積物は東方へ向け厚くなる。SS 4 および SS 5 では、下部の砂質から礫質堆積物は露出していない。さらに、At-3 火山灰層の上位層準しか認められない。これらの地点の赤沢シルト部層は層厚 10 m 以上で、表面に黄粉がみられ、殻の残存した *Raeta pulchella* や *Theora lubrica* などの汽水生の閉鎖的内湾泥底に生息する二枚貝化石が散在する塊状シルトからなり、上部には弱い平行層理がある。試料は SS 2 および SS 3 の礫まじりのシルト質砂から 4 試料、SS 2 から SS 5 の塊状シルトから 9 試料、計 13 試料を採取した。

### 4. 西赤沢地域 (NA 1~NA 7)

NA 1 および NA 2 では、最下部層が認められず、At-3 火山灰層より上位の塊状シルト層がよく認められる。NA 3 では、下部に基質支持の円礫層が見られ、NA 4 では *C. japonica* や *Mya* 属の貝化石を産する含礫シルト質砂が認められる。NA 3 から NA 5 では円礫層とシルト層の境界から約 3 m 上位に At-3 火山灰層が挟在し、NA 6 や NA 7 でも認められる。At-3 火山灰層より上位では、ほぼ均質な青灰色塊状シルト

からなり、側方変化に乏しい。保存が良く、合弁の *R. pulchella* がほとんどの層準でも認められる。この青灰色塊状シルトは上部へ向け弱い平行層理が見られるようになり、上方粗粒化し、生物攪乱の著しい雲母質シルト質細粒砂となる。この層準では、貝類化石も見られるが、貝殻は溶脱しているところが多い。しかしながら、NA 7 では上部のシルト質細粒砂にも殻の残存した貝類化石が認められた。この地域では 17 試料を採取し、特に NA 7 では上部層準のシルト質細粒砂からも採取した。

### 5. 東赤沢地域 (HA 1~HA 6)

この地域は西赤沢地域に引き続き、上部に向け均質なシルトから弱い平行層理が発達するシルト質砂よりなり、最も赤沢シルト部層が厚くなる場所である。赤沢シルト部層の厚さは 15 m 余りに達する。HA 4 では、At-3 火山灰層の下位 3 から 2 m 付近の層準に、平行層理が発達した粘土層が認められる。この平行層理を持つ粘土層は特に東赤沢地域から後述する高塚地域にかけて顕著である。露頭上部は風化しているが、At-3 火山灰層付近の層準では、保存の良い *R. pulchella* などが多産するため、この層準を中心に試料を採取し、HA 6 では上部のシルト質細粒砂からも試料を採取し、合計 26 個におよぶ。

### 6. 伊古部地域 (IK 1~IK 3)

伊古部地域から高塚地域にかけては田原層の最下部に当たる伊古部礫部層が発達する。この部層は砂岩や頁岩の円礫を主体とし、大型のトラフ型斜交層理が発達する。IK 1 における最下部層は、下位より層厚 60 cm ほどで、最大径 3 cm、普通 1 cm ほどの円礫を含む基質支持礫層、層厚 40 cm で淘汰の良い中~粗粒砂層、層厚 20 cm で淘汰が悪く、生物攪乱の見られる砂質シルトの薄層、および層厚 120 cm で生物攪乱の著しい植物片を含む礫混じりのシルト質砂からなる。その上位の赤沢シルト部層に関しては、最下部の約 1.5 m は平行層理が顕著に見られる青灰色粘土からなり、貝類化石に乏しい。その上位は城下や東赤沢地域と同様に、下部は均質な青灰色シルトで *R. pulchella* を多く含み、上部では上方粗粒化し、弱い平行層理も見られる雲母質シルト質細粒砂からなる。ここでも At-3 火山灰層は明瞭に見られる。この地域の IK 1 と IK 2 より、下部から上部までの層準において 15 試料を採取した。

### 7. 高塚地域 (TT 1~TT 6)

伊古部地域と同様に、最下部の層準がよく認められる。TT 5 より東方では、下位の二川層の七根砂質シルト部層 (塊状砂質シルトからシルト質砂) と田原層の基底礫である伊古部礫部層との不整合面 (シーケンス境界) が認められ、伊古部礫部層には大型のトラフ型斜交層理が認められる。At-3 火山灰層より 2 m 程度下位には平行層理の発達した粘土層が挟在する。赤沢シルト部層は東方へ向け、次第に薄くなり、TT 6 では 6 m 程度になる。

TT 1 および TT 2 では At-3 火山灰層より下位の層準から 6 試料、TT 3 では下部から上部まで 9 試料、合計 15 試料を採取した。

第1表 産出貝形虫化石のリスト。\*については本文参照

Sample number	GH		NA		NA		NA		NA		NA		HA		HA		HA		HA		HA		IK		IK		TT		TT		TT		TT		TT		Sum									
Species name	3-1	3-1	5-2	6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	7-1	7-2	7-3	7-4	7-5	1-2	1-3	2-1	2-2	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	4-1	4-2	4-3	4-4	5-2	6-1	6-2	6-6	6-7	1-5	2-1	2-1	2-2	2-3	3-4	3-5	3-6	Sum						
<i>Aurila cymba</i>	133																																					133								
* <i>Aurila disparata</i>	8							1										2																				11								
* <i>Aurila spinifera</i> s.l.																																						94								
<i>Bicornucythere</i> sp.		24	11	116	4		7	62	93	6	12	35	9	147	66	1	156	141	4	150	41					543	2	51			27	147	466	64	55		110	28		193	12	512				
<i>Cytheromorpha acupunctata</i>	25		7				1	6		4	2			7			5	1		4						97	1	2						2	1	2			86	11	2	13	126	87	1	2766
<i>Ishizakiella ryukyensis</i>	1																																										1			
* <i>Loxoconcha epeterseni</i>	16																																										16			
* <i>Loxoconcha kattoi</i>	3																																											3		
* <i>Loxoconcha tosaensis</i>	46	2		1	3	2	4			4										2	2	5	2	2	3		2		3	1	2													86		
* <i>Loxoconcha uranouchiensis</i>	1																																											1		
* <i>Paracytheroma</i> sp.	1																																											1		
* <i>Semicytherura</i> sp.	1																																											1		
<i>Spinileberis quadriculeata</i>	29	1		2						2	1	1	1					1	6				1	58	2			2	42	6						53	23	1	85	82			399			
<i>Trachyleberis scabrocuneata</i>	3						3	7	3			1	3						1	2																								38		
* <i>Xestoleberis hanaii</i>	38																																											38		
* <i>Xestoleberis setouchiensis</i>	1																																												1	
Number of specimens	305	27	11	125	5	3	10	70	106	9	22	39	13	155	66	1	163	152	8	156	47	2	716	8	53	2	31	286	535	70	66	1	249	62	3	13	408	182	1	4181						
Number of species	13	3	1	3	2	1	3	4	3	2	4	4	3	3	1	1	4	5	3	3	3	1	7	4	2	1	3	4	6	4	3	1	3	3	2	1	4	4	1	16						
Ostracode biofacies	AL	-	-	B	-	-	BT	BT	-	-	-	-	-	B	B	-	B	BA	-	B	-	-	BA	-	B	-	-	BA	BA	BT	BT	-	AB	AB	-	-	AB	BA	-							
Sample weight (g)	8.3	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	3057				

貝形虫化石処理方法

本研究では、試料を以下のような硫酸ナトリウム法とナフサ法を併用して細粒化し、化石の抽出を行った。まず、約 100 g 程度の試料を 60℃ で乾燥し、その後 80 g を秤取る。ただし、試料 GH 3-1 は巻貝化石 (*Rapana* 属) の殻中の堆積物で、乾燥重量は 66.52 g しか無かった。乾燥試料に沸騰した過飽和硫酸ナトリウム水溶液を注ぎ、1 時間程度煮沸する。余剰液を回収し、3 日程度放置後、熱湯を注ぎ 1 時間程度煮沸する。その後、200 メッシュ (75 μm) の篩い上で洗浄し、乾燥させる。ある程度細粒化したら、石油ナフサを試料が浸る程度に注ぎ、その後 1 時間放置する。放置後、余分なナフサを回収し、熱湯を注ぎドラフト内で 2-3 時間煮沸する。十分ナフサが無くなった後、200 メッシュ (75 μm) の篩い上で洗浄し、乾燥させる。この 1 回の行程により、試料は十分細粒化した。貝形虫化石はほとんど片殻からなり、右殻、左殻の区別無く、試料から全ての貝形虫化石を拾い出した。なお、試料 GH 3-1 は個体数が多かったため、1/8 に分割し、抽出を行った。

貝形虫化石相

採取した 87 試料のうち、39 試料から 10 属 16 種の貝形虫化石が識別された(第1表, 図版1)。これらはいずれも現生種である。80 g 中の個体数と種数が最も多い試料(試料 GH 3-1)でも 13 種しか含まれておらず、泥質堆積物では最大 7 種であった(試料 HA 4-1)。このように、田原層赤沢シルト部層の貝形虫化石は非常に多様性が低い。個体数の多い試料では保存状態は良好～普通であるが、個体数の少ない試料では溶解のため、保存状態が良くない。以下に各地域における産出貝形虫化石の特徴と、50 個体以上産出した試料に基づいて定義された貝形虫化石相について説明する。

1. 久美原地域

この地域では他と異なり、こけ虫の破片を豊富に含む砂質堆積物中に見られた *Rapana* 属の殻中から保存良好な貝形虫化石が産出した。種数は今回の試料では最も多く、13 種であった。これらは *Aurila cymba* が優占種で、*Loxoconcha tosaensis* が随伴し、他にも *Loxoconcha epeterseni*、*Aurila*

*disparata*、*Xestoleberis hanaii* のような海藻上あるいはその周辺砂底種、*Spinileberis quadriculeata*、*Cytheromorpha acupunctata* のような湾奥砂泥底種、*Ishizakiella ryukyensis* のような河口の汽水生種が混在した群集をなしている。*Aurila cymba* は日本を含めた東アジアの湾口部周辺の泥質砂～砂底に普遍的に見られる(例えば、Ishizaki, 1968)。このような貝形虫化石群集からなる化石相 (biofacies) を AL 化石相とする。これは水深 10 m 前後の典型的な浅い閉鎖的湾沿岸砂底で海藻も存在したような古環境を示す。

2. 城下地域

城下地域に分布する赤沢シルト部層は、貝殻が残存した塊状シルト層であるにもかかわらず、全く貝形虫化石も有孔虫化石も産出しなかった。試料は主として径が 1 mm 以下の糞粒からなる。

3. 西赤沢地域から高塚地域

西赤沢地域から東側では At-3 火山灰層の上下数 m の塊状シルトから、また上部の砂質シルトやシルト質砂からも若干貝形虫化石が産出した。1 試料中の種数は少なく、1-7 であった。これらの地域では特徴種に基づくと、大きく分けて 3 つの化石相が認められる。まず、At-3 火山灰層より下位の層準に関しては、下部層準では、*Aurila spinifera* s.l. が最も多く、次に *Bicornucythere* sp. あるいは *S. quadriculeata* から構成される(試料 IK 2-1, TT 2-1, TT 3-4)。このような貝形虫化石群集からなる化石相を AB 化石相とする。本研究での *A. spinifera* s.l. は山根 (1998) の *A. cymba*、Irizuki et al. (2001) の *A. spinifera* s.l. の fine reticulate form と同一である。この種は瀬戸内海の燧灘では潮通しの良い水深 15 m 前後から報告がある(山根, 1998)。また、神戸沖の大阪湾では明石海峡からの潮流が最も盛んになった縄文海進最高期に多産することが知られている (Irizuki et al., 2001)。本研究の *Bicornucythere* sp. は、Abe (1988)、Abe and Choe (1988) や Irizuki et al. (2001) の *B. bisanensis* の M 型にはほぼ相当するが、サイズが若干大きい。また、Hu (1977) により台湾の更新統から新種として記載された *Leguminocythereis elongatus* や Hu and Yeh (1978) により同じく台湾の更新統から新種として記載された *Leguminocythereis fava* も形態的に非常に類似しているように見えるが、これらの論文の記載には問題点があり、再検討を要する。現在、この属の分類などについては検討中であるの

で、本研究では便宜的に *Bicornucythere* sp. とした。なお、*B. bisanensis* の模式標本の形態 (Abe, 1988 や Abe and Choe, 1988 の A 型に相当) を持つ個体は今回の研究では確認できなかった。*Bicornucythere* 属貝形虫は現在、日本周辺の閉鎖的内湾奥から中央部の水深 5–9 m の泥底に卓越する (池谷・塩崎, 1993)。*Spinileberis quadriaculeata* は日本全国の閉鎖的内湾奥の泥底に普遍的に見られる種で、水深 2–7 m に最も多産する (池谷・塩崎, 1993)。この群集は上位に向け、*A. spinifera* s.l. や *S. quadriaculeata* が減少し、*Bicornucythere* sp. の割合と逆転する (試料 HA 3–1, HA 4–1, HA 6–1, HA 6–2, TT 3–5)。このような貝形虫化石群集からなる化石相を BA 化石相とする。その上位の At-3 火山灰層の直上下では、*Bicornucythere* sp. がほとんどの試料で独占種となり、わずかに *C. acupunctata* や *S. quadriaculeata* をともなうことが多い。ただし、*A. spinifera* s.l. は全く産出せず、極めて多様性の低い群集となる (試料 NA 6–1, HA 1–2, HA 1–3, HA 2–2, HA 3–3, HA 4–3)。このような群集からなる化石相を B 化石相とする。赤沢シルト部層上部に関しては、雲母質砂質シルトからシルト質砂では、貝類化石の殻が溶脱した層準が多く、貝形虫化石も全般的に少ないが、引き続き *Bicornucythere* sp. が多産し、*Trachyleberis scabrocuneata* が 3 個体以上の有意な産出をすることが特徴となっている (試料 NA 6–5, NA 7–1, HA 6–6, HA 6–7)。このような貝形虫化石群集からなる化石相をここでは BT 化石相とする。*Trachyleberis scabrocuneata* も日本の閉鎖的内湾に普通に見られる種である (例えば、Hanai et al., 1977)。

#### 従来の貝形虫化石群集に関する研究との比較

Yajima (1987) によって貝形虫化石が報告されている地域は、論文から正確な産出地点の把握が難しいが、おそらく城下地域から西赤沢地域付近と推定される。そこから採取した 33 試料のうち、12 試料から 10 属 11 種の貝形虫化石を報告している。Yajima (1987) による西赤沢地域からの 2 試料 (試料番号 2501 と 2701) を除く 10 試料は、すべて今回の研究では、露頭が欠如している地域かあるいは産出しなかった層準で、これらは最下部の礫混じりの砂質堆積物あるいは At-3 火山灰層より 1–3 m 下位の砂質シルトである。これらの試料から Yajima (1987) は *Bicornucythere bisanensis*–*Aurila subconvexa* 群集を報告している。本研究で産出した *Bicornucythere* 属貝形虫は前述のように模式標本の *B. bisanensis* と形態が異なっており、Yajima (1987) の *B. bisanensis* は本研究での *Bicornucythere* sp. に相当する可能性が高い。また、現在 *Aurila subconvexa* は *Aurila cymba* の同物異名であるとされている (Okubo, 1988)。今回、久美原地域における礫混じりのシルト質砂からなる試料 GH 3–1 より、*A. cymba* が多量に産出した。また、Yajima (1987) の調査地域より東部にあたり、本研究で最も貝形虫化石が豊富に得られた東赤沢地域から高塚地域にかけての At-3 火山灰層より下位のシルト層から、*Aurila spinifera* s.l. が多数産出した。この種は *A. cymba* と類似しており、同種としている文献も多

い。このように、Yajima (1987) の *A. subconvexa* が *A. cymba* に相当するのがあるいは *A. spinifera* s.l. に相当するのかわかり、それとも両種が混在しているのかわかりとしない。借りに *A. cymba* であれば、城下地域から西赤沢地域の At-3 火山灰層より下位の層準の堆積環境は Yajima (1987) で指摘されているように、アマモ場が近くにある湾沿岸から内湾泥底環境が示唆される。

At-3 火山灰層よりも上位の層準に関しては、Yajima (1987) では前述の 2 試料 (試料番号 2501 と 2701) のみから貝形虫化石を報告している。これらはいずれも At-3 火山灰層よりも約 5 m 上位である。Yajima (1987) ではこれらの試料から産出する貝形虫化石群集を *Bicornucythere bisanensis* 群集としている。試料 2501 は個体数が 31 個体と少ないので判然としないが、試料 2701 は 95 個体と多く、*Trachyleberis scabrocuneata* が 3 個体存在しているため、本研究における BT 化石相に対比される。

Yajima (1987) によって報告されているが、本研究で産出しなかった種は *Pontocythere japonica*, *Parakrithella pseudadonta*, *Neomonoceratina delicata* (Yajima, 1987 では *N. microreticulate* としている), *Trachyleberis* sp., *Australimoosella tomokoae* の 5 種である。*Neomonoceratina delicata* を除くと、いずれも砂底～砂質泥底種である。個体数は 1–5 と少ないが、本研究でこれらの種が産出しなかったこと、および前述の *A. subconvexa* が *A. cymba* であるとすれば、At-3 火山灰層より下位の層準では、城下地域から西赤沢地域にかけての堆積環境と東赤沢地域から高塚地域にかけての堆積環境が異なることを示唆している。また、*N. delicata* は 1 試料 (試料番号 2003) から 55 個体も産出している。おそらくこの種は極めて限られた層準からしか産出しないために、本研究のような試料間隔ではとらえられなかったと推定される。逆に本研究で赤沢シルト部層から初めて報告された種は 10 種である (第 1 表の \* 印)。それらは 2 種 (*Aurila spinifera* s.l. と *Loxoconcha uranouchiensis*) を除き、全て久美原地域 (試料 GH 3–1) からの産出で、ここの堆積環境は、赤沢シルト部層の主要分布域である城下地域から高塚地域のそれと大きく異なっていたためであると考えられる。

#### 堆積環境の時空分布

##### 1. 赤沢シルト部層最下部から At-3 火山灰層まで

田原層分布域の西部にあたる西浜田地域や久美原地域では、田原層最下部の礫質堆積物の直上から At-3 火山灰層付近にかけて、板状で植物化石を豊富に含む有機質シルト層が分布しており、海生の貝類化石の痕跡は認められない。このことから、陸域近くで浅く塩分が低いラグーンと推定される。城下地域から西赤沢地域にかけては、Yajima (1987) は田原層最下部の礫質堆積物、およびそれより上位で At-3 火山灰層直下まで分布している砂質シルトから、砂底種と泥底種の混在した群集を報告しており、他所からの流入のある湾沿岸から内湾泥底環境と解釈している。東赤沢地域から伊古部地域を経て、高塚地域にかけては、At-3 火山灰層より 2–3 m

下位の層準に、顕著な平行葉理の発達した粘土層がある。調査地域の東方、静岡県西部の浜名湖では、主湖北半部などには夏季に湖水の成層による停滞水域が発生し、無酸素層が広がり、黒色軟泥が堆積している (Ikeya and Handa, 1972)。また、浜名湖の完新世ボーリングコア堆積物中にも平行葉理のある粘土層が認められている (池谷ほか, 1990)。このように、平行葉理層の存在は、この時期に生物による攪乱作用が無かったことを示しており、非常に閉鎖的になり、湾の深部では無酸素水塊が拡がっていたと推定される。この層は伊古部地域周辺で最も厚くなっていることから、この周辺が当時最も深かったと推定される。この平行葉理粘土層の上位では東赤沢地域から高塚地域にかけて、AB化石相からBA化石相へと変化する。この変化はそれまで非常に閉鎖的で無酸素水塊が拡がるような環境であった場所に潮流の影響が及ぶようになり、*Aurila spinifera* s.l.などが生息できる環境になった。その後、海進とともに深くなり、*Bicornucythere* sp.が卓越するような、溶存酸素が夏場に少なくなる閉鎖的内湾中央部の泥底環境になったことを示す。

以上のように、久美原地域では、有機物に富み、塩分の低いラグーンが拡がり、城下地域から西赤沢地域では、貝形虫が生息できるだけの溶存酸素が存在する湾沿岸から内湾泥底環境で、東赤沢地域から高塚地域にかけては初期に無酸素水塊が形成され、その後潮流影響下の内湾環境を経て、湾中央部の相対的に深い泥底環境になっていったと推定される。

## 2. At-3 火山灰層から赤沢シルト部層上部まで

久美原地域では、At-3 火山灰層付近ではまだ有機質シルトからなるが、その1 m 足らず上方から粗粒化し、植物片をともなう砂質シルトからシルト質砂に変化する。また、At-3 火山灰層から約3 m 上位より、砂嘴堆積物が重なることから、塩分の低いラグーンから、上位に向けより開放的になり、塩分も増してAL化石相が示す砂嘴近くでアマモが繁茂する浅い湾口部沿岸部へと変化したと推定される。城下地域からは、本研究でも Yajima (1987) でもこの層準から貝形虫化石を抽出できなかつたので、堆積環境は明確ではない。西赤沢地域から東側ではB化石相からBT化石相へと変化する。これは全体的に静穏な閉鎖的内湾中央部から、海進により上位層準へ向け湾口部に相対的に近くなり、砂質泥底種の *Trachyleberis* 属や *Loxococoncha* 属が認められるようになっていったと推定される。

以上のように赤沢泥部層から産する貝形虫化石群集には、空間的にも時間的にも違いが存在する。しかしながら、西部 (久美原地域) と最下部の砂質堆積物を除き、*Bicornucythere* sp. を主体とする非常に単調で、多様性の低い群集からなる。これは基本的に赤沢シルト部層堆積期間中は、湾口部が狭く、海水の循環が悪い閉鎖的で静穏な内湾が長く続いた結果を示している。

## ま と め

1. 赤沢シルト部層分布域のほぼ全域、全層準から 87 試料を採取した結果、そのうちの 39 試料より、10 属 16 種の

貝形虫化石が識別された。これらの種は全て西南日本の河口から閉鎖的な湾奥・中央部に生息する現生種である。

2. 主要産出種は *Bicornucythere* sp., *Spinileberis quadriaculeata* および *Aurila spinifera* s.l. (fine reticulate form) である。
3. 5 つの貝形虫化石相 (AL, AB, BA, B, BT) が認められ、調査地域西部の久美原地域で認められた AL 化石相を除く、他の化石相を構成している群集は極めて多様性が低い。
4. 東赤沢地域から高塚地域にかけては、おおよそ平行葉理粘土層 (貝形虫化石無産出相) → AB → BA → B → BT の順で垂直方向に貝形虫化石相が変化している。
5. 堆積相および貝形虫化石相の変化から、赤沢シルト部層最下部から At-3 火山灰層までの層準においては、久美原地域では塩分の低いラグーン、城下地域から西赤沢地域では湾沿岸から内湾環境で、東赤沢地域から高塚地域にかけては、無酸素水域から潮流影響下の環境を経て、相対的に深い湾中央部泥底に変化した。一方、At-3 火山灰層より上位から赤沢シルト部層上部までの層準では、久美原地域では砂嘴周辺の湾口部沿岸砂底環境で、西赤沢地域から高塚地域にかけては、湾中央部泥底環境からやや湾口部へと近くなっていったが、全体的に静穏な環境が持続していた。

## 謝 辞

島根大学教育学部の野村律夫教授には走査型電子顕微鏡の使用にあたって便宜をはかっていただいた。東京大学海洋研究所の山口成能博士には *Ishizakiella* の分類についてご教示していただいた。編集委員の島根大学総合理工学部の三瓶良和助教授には粗稿を、同じく編集委員の島根大学総合理工学部 Roser, B. 講師には英文要旨を読んでいただいた。本研究では、文部科学省科学研究費補助金 (若手研究 (B)), 研究代表者: 入月俊明, No. 13740300) の一部を使用した。記して謝意を表します。

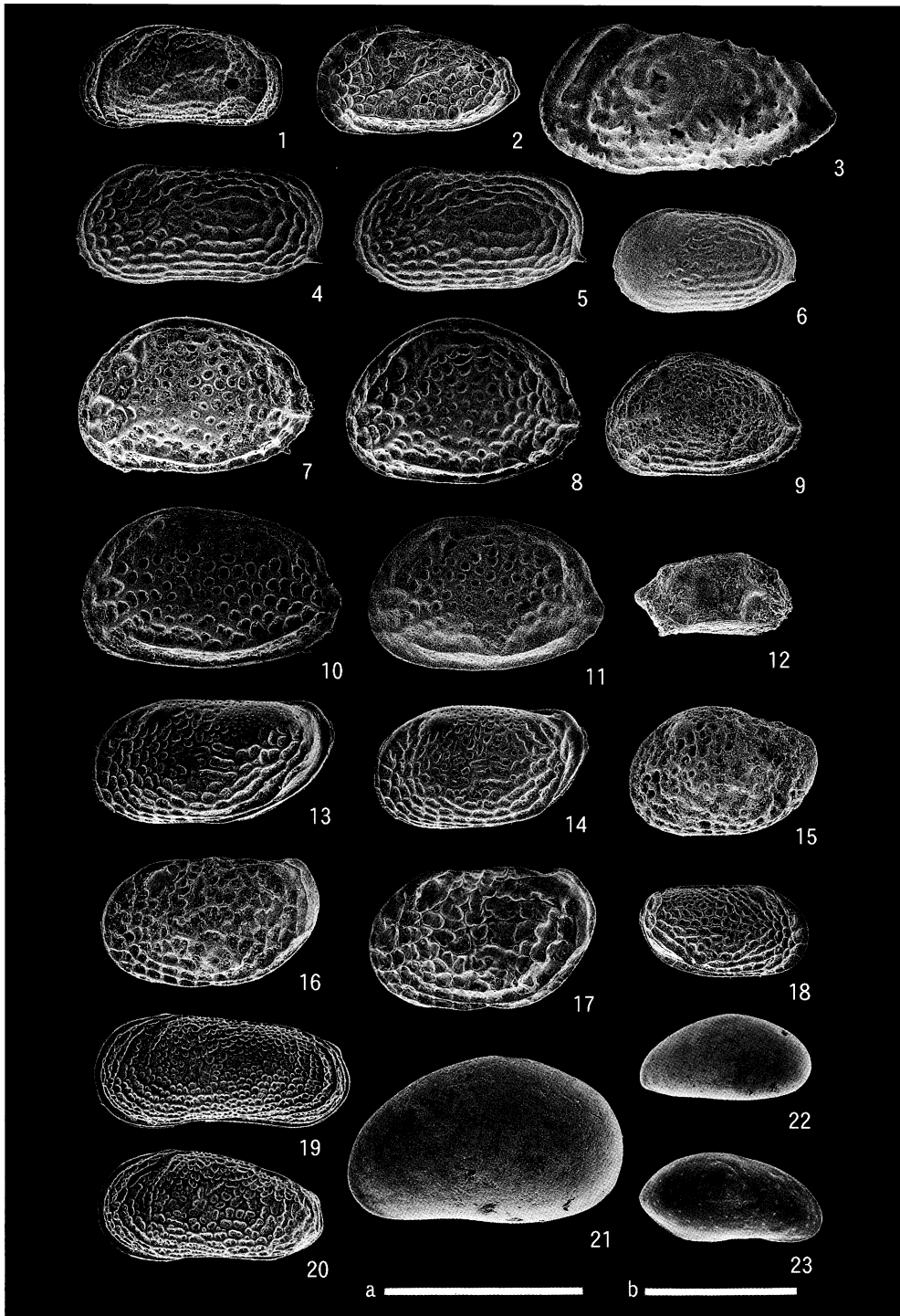
## 引用文献

- 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*, Kodansha and Elsevier, 919-925.
- Abe, K. and Choe, K.-L., 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*, Kodansha and Elsevier, 367-373.
- Hanai, T., Ikeya, N., Ishizaki, K., Sekiguchi, Y. and Yajima, M., 1977, Checklist of Ostracoda from Japan and its adjacent seas. *Bull. Univ. Mus. Univ. Tokyo*, no. 12, 242 p.
- Hayasaka, I., 1961, The geology and paleontology of the Atsumi Peninsula, Aichi Prefecture, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd Ser. (Geol.), 33, 1-103.
- 廣木義久・木宮一邦, 1990, 堆積相解析からみた更新統渥美層群の堆積過程—海水準変動に伴う海岸平野システムとバリヤーアイランドシステムの発達—. *地質雑*, 96, 805-820.
- Hiroki, Y. and Masuda, F., 2000, Gravelly spit deposits in a transgressive systems tract: the Pleistocene Higashikanbe Gravel, central Japan. *Sedimentology*, 47, 135-149.
- Hu, C. H., 1977, Studies on ostracodes from the Toukoshan Formation

- (Pleistocene), Miaoli district, Taiwan. *Petrol. Geol. Taiwan*, no. 14, 181-217.
- Hu, C. H. and Yeh, K. Y., 1978, Ostracod faunas from the Pleistocene Liushuang Formation in the Taiwan area, Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, no. 21, 151-162.
- Ikeya, N. and Handa, T., 1972, Surface sediments in Hamana Lake, the Pacific coast of central Japan. *Rep. Fac. Sci. Shizuoka Univ.*, 7, 129-148.
- 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.
- 池谷仙之・和田秀樹・阿久津 浩・高橋 実, 1990, 浜名湖の起源と地史の変遷. *地質論*, no. 36, 129-150.
- Irizuki, T., Masuda, F., Miyahara, B., Hirotsu, A., Ueda, S. and Yoshikawa, S., 2001, Vertical changes of Holocene ostracodes in bore hole cores from off Kobe, related to the opening of straits and relative sea-level change in western Japan. *The Quatern. Res.*, 40, 105-120.
- Ishizaki, K., 1968, Ostracodes from Uranouchi Bay, Kochi Prefecture, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd Ser. (Geol.), 40, 1-45.
- 菊地 隆男・池田 誠, 2001, 渥美半島の海成段丘の区分と酸素同位体ステージ9からステージ5eへの堆積環境の変遷. 日本地質学会第108年学術大会講演要旨, 189.
- 黒田啓介, 1958, 渥美半島の洪積統層並びに地質構造. *地学しずはた*, no. 16, 38-45.
- 黒田啓介, 1966, 渥美層群中下部から産出する植物遺体. *第四紀研究*, 5, 49-58.
- 黒田啓介, 1967, 渥美層群上部から産出する植物遺体. *第四紀研究*, 6, 57-62.
- Kuroda, K., 1998, The Pleistocene *Fagus* from Tokai district, central Japan. *Sci. Rep. Toyohashi Mus. Nat. Hist.*, no. 8, 1-8.
- 横山次郎・中川 保, 1940, 渥美半島洪積統の有孔虫類. *地質雑*, 47, 376.
- 大炊御門経輝, 1933, 渥美半島の洪積層. *地球*, 20, 163-173.
- Okubo, I., 1988, On the Recent *Aurila* species from Japan. In Hanai, T., Ikeya, N. and Ishizaki, K., eds., *Evolutionary biology of Ostracoda—its fundamentals and applications*. Kodansha and Elsevier, 135-144.
- 佐藤時幸・亀尾浩司・三田 勲, 1999, 石灰質ナンノ化石による後期新生代地質年代の決定精度とテフラ層序. *地球科学*, 53, 265-274.
- 島本昌憲・東野浩史・鈴木秀明・下川浩一・田中裕一郎, 1994, 愛知県渥美半島に分布する更新統渥美層群の地質年代と対比について. *地質雑*, 100, 618-630.
- 杉山雄一, 1991, 渥美半島—浜名湖東岸地域の中部更新統—海進—海退堆積サイクルとその広域対比—. *地調月報*, 42, 75-109.
- 土 隆一, 1960, 渥美半島周辺の第四系の地史的問題. *第四紀研究*, 1, 193-211.
- 若松尚則, 1992, 渥美半島豊島砂層の貝形虫 *Pontocythere* 属. *瑞浪市化石博研報*, 14, 145-150.
- Yajima, M., 1987, Pleistocene Ostracoda from the Atsumi Peninsula, central Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S.*, no. 146, 49-76.
- 山根勝枝, 1998, 瀬戸内海燧灘における現生介形虫群集. *愛媛県総合科学博研報*, no. 3, 19-59.
- Yokoyama, M., 1926, Fossil shells from the Atsumi Peninsula, Mikawa. *Jour. Fac. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, 1, 369-375.
- 吉川博章, 1998, 渥美層群より産出したシキミの果実化石. *豊橋市自然史博研報*, no. 8, 29-32.
- 吉川博章, 1999, 豊橋市伊古部町の更新統流路埋積堆積物中の大型植物化石. *豊橋市自然史博研報*, no. 9, 5-13.
- 吉川博章, 2001, 渥美層群(中期更新世)から産出したウシバナトビエイ属菌化石. *豊橋市自然史博研報*, no. 11, 27-30.
- 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. *地質雑*, 105, 332-340.

(受付：2002年10月1日，受理：2002年10月28日)





図版 1. 貝形虫化石の走査型電顕写真. スケールは 500 $\mu$ m, で, a は 1, 2, 12-23, b は 3-11 の標本用. LV は左殻, RV は右殻を示す.

- |  |  |
|--|--|
| 1: <i>Ishizakiella ryukyuensis</i> Tsukagoshi, male, LV, sample no. GH 3-1                                     | 12: <i>Semicytherura</i> sp., male RV, sample no. GH 3-1                     |
| 2: <i>Spinileberis quadriaculeata</i> (Brady), male, LV, sample no. GH 3-1                                     | 13: <i>Loxococoncha epeterseni</i> Ishizaki, male LV, sample no. GH 3-1      |
| 3: <i>Trachyleberis scabrocuneata</i> (Brady), female, LV, sample no. HA 6-2                                   | 14: <i>Loxococoncha epeterseni</i> Ishizaki, female LV, sample no. GH 3-1    |
| 4: <i>Bicornucythere</i> sp., male, LV, sample no. HA 6-2  | 15: <i>Loxococoncha kattoi</i> Ishizaki, female, LV, sample no. GH 3-1       |
| 5: <i>Bicornucythere</i> sp., female, LV, sample no. HA 6-2  | 16: <i>Loxococoncha tosaensis</i> Ishizaki, male LV, sample no. GH 3-1       |
| 6: <i>Bicornucythere</i> sp., juvenile, LV, sample no. HA 6-2  | 17: <i>Loxococoncha tosaensis</i> Ishizaki, female LV, sample no. GH 3-1     |
| 7: <i>Aurila cymba</i> (Brady), male, LV, sample no. GH 3-1  | 18: <i>Loxococoncha uranouchiensis</i> Ishizaki, male, RV, sample no. HA 4-1 |
| 8: <i>Aurila cymba</i> (Brady), female LV, sample no. GH 3-1   | 19: <i>Cytheromorpha acupunctata</i> (Brady), male, LV, sample no. GH 3-1    |
| 9: <i>Aurila disparata</i> Okubo, juvenile, LV, sample no. GH 3-1  | 20: <i>Cytheromorpha acupunctata</i> (Brady), female, LV, sample no. GH 3-1  |
| 10: <i>Aurila spinifera</i> Schornikov and Tsareva, s.l. (fine reticulate form), male, LV, sample no. HA 6-2   | 21: <i>Xestoleberis hanaii</i> Ishizaki, female, LV, sample no. GH 3-1       |
| 11: <i>Aurila spinifera</i> Schornikov and Tsareva, s.l. (fine reticulate form), female, LV, sample no. HA 4-1 | 22: <i>Xestoleberis setouchiensis</i> Okubo, adult, LV, sample no. GH 3-1    |
|  | 23: <i>Paracytheroma</i> sp., adult, RV, sample no. GH 3-1                   |