

福井県内浦層群下層から産出した熱帯砂底ならびに 岩礁棲軟体動物化石群集

中川登美雄

福井県立丸岡高等学校城東分校 〒910-0313 福井県坂井市丸岡町内田 13-6

Miocene tropical sandy and rocky bottom molluscan assemblages of the Shimo Formation, Uchiura Group, Fukui Prefecture, Central Japan

Tomio Nakagawa

Maruoka Senior High School, Joto Branch, 13-6, Uchida,
Sakai City, Fukui 910-0313, Japan

Abstract

Early to Middle Miocene tropical sandy and rocky bottom fauna are obtained from the Shimo Formation of the Uchiura Group, Fukui Prefecture, Central Japan. This fauna can be divided into the *Cernina-Aturia* Assemblage and the *Conus (Chelyconus)–Turbo (Marmorostoma)* Assemblage.

The *Conus (Chelyconus)–Turbo (Marmorostoma)* Assemblage is composed mainly of tropical rocky bottom species such as *Conus (Chelyconus) tokunagai*, *C. (Asprella) toyamaensis*, *Siphonalia* sp., *Mancinella minoensis*, *Turbo (Marmorostoma) ozawai*, *Monodonta kanzakii*, *Tectus (Rochia) japonicus*, *Nerita (Amphinerita) ishidae* and *Cypraea ohioi*.

The *Conus (Chelyconus)–Turbo (Marmorostoma)* Assemblage contains various growth stages of the species. This indicates the fossils are indigenous. These species might have lived in a shallow intertidal to euneritic marine environment near a rocky bottom.

The *Cernina-Aturia* Assemblage contained various growth stages of *Cernina nakamurai*, *Pugilina mimasakaensis*, *Phacosoma akaisiana*, *Epicodakia yokoyamai*, *Aturia cubaensis* and etc., and intercalated thin mudstone contained *Mytilus coruscus* and *Ostrea cf. denselamellosa*. This indicates these species lived in a shallow marine euneritic environment.

The *Cernina-Aturia* Assemblage and the *Conus (Chelyconus)–Turbo (Marmorostoma)* Assemblage contain various stages of *Aturia cubaensis*. *Aturia cubaensis* was likely attacked by predators; therefore a complete fossil did not form. *Aturia cubaensis* coexists closely with drift wood bored by “*Teredo*” sp., as buoyancy was left in the shell.

Two new species of fossil Mollusca, *Monodonta kanzakii* and *Terebralia kannoi* from the Shimo Formation of the Uchiura Group are described.

Key words: Miocene, mollusca, Shimo Formation, Uchiura Group, Fukui Prefecture, tropical rocky bottom fauna

まえがき

Kobayashi and Horikoshi (1958) は、福井県大飯郡高浜町^{おぐろい}小黒飯の第三系からオウムガイ *Aturia* cf. *minoensis* (= *Aturia cubaensis*) と共に *Tectus (Rochia) japonicus*, *Turbo (Marmorostoma)* cf. *ticaonica* (= *Turbo (M.) ozawai*), *Globularia (Globularia) nakamurai* (= *Cernina nakamurai*), *Conus (Pionoconus)* cf. *jenkinsi* (= *Conus (Chelyconus) tokunagai*) の4種類の巻貝やスカシカシパンウニ (*Astriclypeus manni*) を報告した。その中で幼殻も産出することから *Aturia cubaensis* の産状が同相的 (indigenous) であることを指摘していたが、化石産地における産状や化石群集の検討はあまりなされなかった。この化石群集には *Cernina nakamurai*, *Conus (Chelyconus) tokunagai* などの砂底群集と *Tectus (Rochia) japonicus*, *Turbo (Marmorostoma) ozawai* などの岩礁棲種を含むことから、古環境は近くに岩礁の分布する砂底と考えられている。著者が以前調査を行った1980年代は、この報告から25年が経過していたため、小黒飯においては露頭が風化し化石群集について十分な検討を

行うことができなかった (中川ほか, 1985; 中川・竹山, 1985; Ozawa *et al.*, 1986)。

2007年春からの小黒飯の道路拡幅工事に伴い、8月下旬から2008年1月までの間に化石の産状観察や群集解析を行うことができた。さらに、2008年1月から7月までの間、土石置き場から追加の試料を採集し、化石の群集解析を行った。その結果、産出層準による群集の違いや化石の産状について新たな知見を得ると共にこれらの化石が中期中新世の熱帯海中気候を考える上で重要であることが明らかとなったので報告する。

地質概説

本地域の新第三系内浦層群は舞鶴帯の中・古生層と白亜紀末の音海^{おとみ}流紋岩を基盤として分布し、“鮮新世”火山岩類 (青葉山安山岩, 大山安山岩) に被覆されている (広川・黒田, 1957, 1958; 広川ほか, 1957; 中川ほか, 1985)。内浦層群は、下部は礫岩, 砂岩, 頁岩とそれらの堆積岩と指交する変質安山岩からな

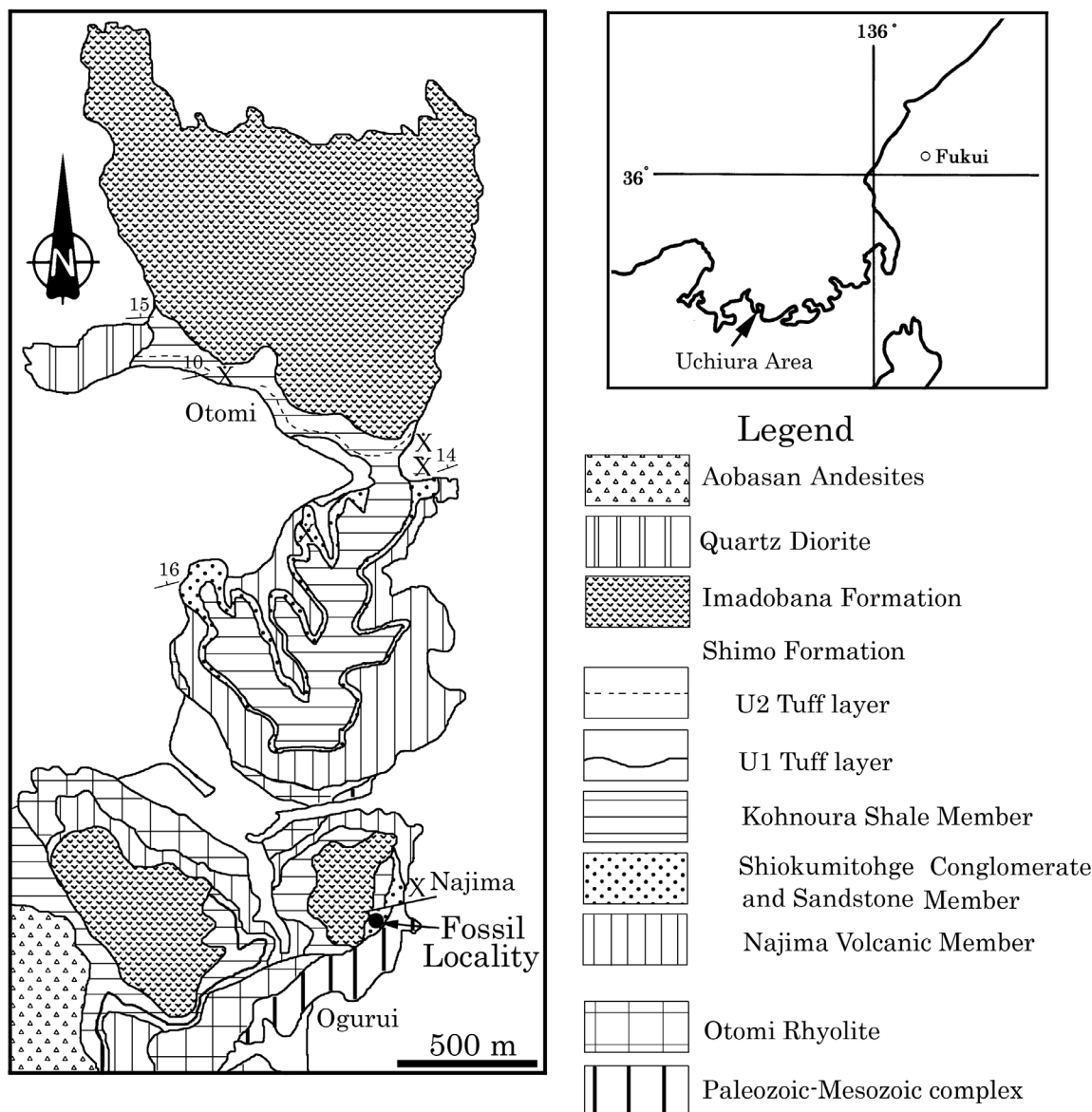


Fig. 1. Map showing the fossil locality at Ogurui, Fukui Prefecture, central Japan. The geological map is after Nakagawa *et al.* (1985).

る下層、上部は安山岩類および流紋岩類からなる今戸鼻層から構成される。本地域においては、堆積岩類の全層厚は約 200 m と薄く、分布域も狭い。また、岩相変化が著しく、縁辺部では基盤岩類および名島火山岩部層の火山岩にアバットする (Figs. 1, 2)。下層は下位より塩波峠礫岩・砂岩部層、名島火山岩部層、神野浦頁岩部層よりなる。塩波峠礫岩・砂岩部層は名島火山岩部層の火山岩にアバットするが火砕岩とは指交関係にある。塩波峠礫岩・砂岩部層は *Vicarya yokoyamai*, *Geloina stachi*, *Terebralia itoigawai* をはじめとするマングローブ群集や Arcid-Potamid 群集を産出する、16.5 ~ 16.0 Ma の熱帯海中気候の堆積物である (中川・竹山, 1985; Ozawa *et al.*, 1986)。また、神野浦頁岩部層は *Praeorbulina* 属の浮遊性有孔虫と *Orbulina suturalis* が産出することから Blow (1969) の N 9 最下部とした (中川ほか, 1985) が、*O. suturalis* とした個体は小さく、*Orbulina* かどうか疑問が残る (中川・

千地, 1988)。また、共産種の多くが N 8 帯に特徴的なものが多く、N 9 帯に産出しない *Globorotaloides suteri* を産出することから、ここでは中川ほか (1985) を修正し、角井 (1983) の指摘するように神野浦頁岩部層を N 8 帯上部に対比する。

化石産出地点の地質と化石の産状

福井県大飯郡高浜町小黑飯 (Fig. 1) には、泥質細粒砂岩ならびに細粒砂岩からなり砂質泥岩、礫岩、細礫~中礫の混じる粗粒~中粒砂岩を含む下層塩波峠礫岩・砂岩部層が露出している (Figs. 3, 4)。砂岩は未風化では淡青緑色で、風化するとやや黒味を帯び、含まれる砂粒は火山岩起源のことが多い。何本かの正断層ならびに多くの節理が観察され、中でも、露頭北側の N70° E, 55° N の断層面を境に少なくとも数十 m 北側が落ち、神野浦頁岩部層

Age		Stratigraphy	
Pliocene		Aobasan Andesite Oyama Andesite	
Miocene		Quartz diorite (intrusive rock)	
		Imadobana Formation	
		Uchiura Group	Kohnoura Shale Member
			Shimo Formation
Paleozoic and Mesozoic Basement Rocks			

Fig. 2. Stratigraphy of the Uchiura area, on the basis of stratigraphic subdivision after Nakagawa *et al.* (1985), Fukui Prefecture, central Japan. The thick line indicates unconformity.

の灰色泥岩巨礫を多く含む崖堆積物が分布する (Fig. 4)。また、露頭南側では N66° E, 65° N の正断層を挟み数 m 前後北側が落ちている。この他、落差 1m 未満の小断層や節理が多く見られる。この影響は産出する化石にも見られ、産出化石に小断層によるずれが見られることがある。

露頭南端には舞鶴帯の中～古生層に貫入した夜久野貫入岩類に属する変質した輝緑岩が分布し、その上下層塩汲峠礫岩・砂岩部層の角礫岩が不整合に重なる。礫種は雑多な火山岩で、中には径 2 m を超える赤色火山礫を含む。この礫岩は、化石をほとんど含まないが、まれに保存不良な “*Ostrea*” ? sp. の破片が見られる。この上位に厚さ 1～2 m の円礫 (径 5～10 cm) を含む円礫岩が重なる。円礫岩は級化し、厚さ 50 cm 前後の化石片を多く含む粗粒～中粒砂岩になる。角礫岩と円礫岩との境ははっきりせず、角礫岩は同時異相である名島火山岩部層の火山性角礫岩の可能性も残る。円礫岩は基質支持で礫種は名島火山岩部層の雑多な安山岩からなる。

円礫岩の上位は厚さ約 7 m の泥質細粒砂岩ならびに砂質泥岩が重なる。基質に泥を多く含むため、他の層準に比べ黒色を呈する。両者は数 10 cm の厚さで何回も繰り返す。泥質細粒砂岩から砂質泥岩へ漸移する。泥質細粒砂岩ならびに砂質泥岩中には、まれに径 2～4 cm の礫やスコリアを含むほか、“*Teredo*” sp. により穿孔された流木が多く見られるが淘汰は良い。また、泥質細粒砂岩の一部で化石片を多く含む部分があり、炭酸塩ノジュールを形成していることがある。

その上位に厚さ約 5 m の塊状で非常に淘汰のよい細粒砂岩が重なる。径 1 cm 前後の砂管が普通に見られる。下位の泥質細粒砂岩に比べ、灰色で明るい色調を示す。ここでも、“*Teredo*” sp. により穿孔された流木が多く見られる。まれに大型の化石を含むノジュールが形成されている。

細粒砂岩の上位には厚さ 5 m 前後の中～粗粒砂岩が重なり、薄い礫岩や細粒砂岩をはさむ。礫岩や礫質砂岩の厚さや粒径は場

所により異なる。未風化で緑色を呈する中粒砂岩には多くの径 5 cm～15 cm 前後の球形の炭酸塩ノジュールが形成されているがあまり化石は含まれない。

断層を挟んだ北側は、崖堆積物からなり、礫として神野浦頁岩部層の灰色泥岩を含み、泥岩からは保存不良の貝やウニの破片などが産出する。

本論では、下位から (A) 礫岩～礫混じり砂岩、(B) 砂質泥岩・泥質細粒砂岩、(C) 細粒砂岩、(D) 礫岩混じりの中粒～粗粒砂岩の 4 つに層準に分けて化石の産状を説明する (Fig. 3)。なお、各層準から試料を採集し、珪藻化石の抽出を試みたが産出しなかった。

層準 A 礫岩～礫混じり砂岩中の化石の産状

礫岩から礫混じり粒砂岩からは *Tugali* sp., *Cellana depressa*, *Tectus (Rochia) japonicus*, *Turbo (Marmorostoma) ozawai*, *Vicaryella ancisa*, *Cernina nakamurai*, *Conus (Chelyconus) tokunagai*, *Conus (Asprella) toyamaensis*, *Chlamys* sp., *Anomia chinensis*, *Meretrix* sp., *Panopea nomurae*, *Aturia cubaensis*, フジツボ, 石灰藻などが産出した。これらの多くは、礫岩の基質中に産出し、表面が磨耗していたり、破片として産出する異地性の産状である。その中で最上部の礫混じり砂岩には直立閉殻の現地性産状で *Meretrix* sp. が産出した (Fig. 4)。

層準 B 砂質泥岩・泥質細粒砂岩中の化石の産状

砂質泥岩および泥質細粒砂岩からは化石が散在して産出し、部分的には化石片が高密度で産出する。本層からは流木中に見られる “*Teredo*” sp. を除くと、*Conus (Chelyconus) tokunagai*, *Cernina nakamurai*, *Siphonalia* sp., *Turbo (Marmorostoma) ozawai*, *Phacosoma akaisiana* が特に多く産出し、*Conus (Asprella) toyamaensis*, “*Hadecardium*” *ogurai*, *Vicaryella ancisa*, *Cardilia toyamaensis*, *Epicodakia yokoyamai*, *Siratoria siratoriensis* も多産

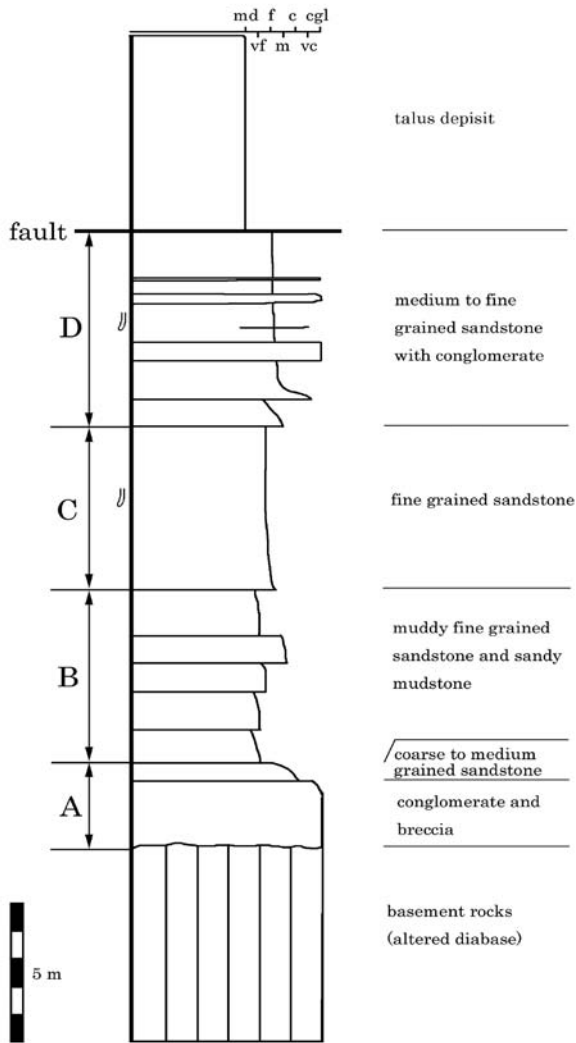


Fig. 3. Columnar section from the fossil locality at Ogurui, Fukui Prefecture, central Japan. A to D indicate the horizon of the fossil locality.

する。 *Cernina nakamurai* は、最大径が数 cm 以下のものが多く、層準 C の細粒砂岩中の個体とは小型の個体が多い点で異なる。 *Terebralia kannoi*, *Glossaulax didyma coticazae*, *Rhizophorimurex capuchinus nagiensis*, *Murex (Murex) sp.*, *Mancinella minoensis*, *Crassostrea cf. gravitesta*, *Paphia (Paphia) suzuensis*, *Solen (Solen) sp.*, *Anisocorbula ohiroi* が普通に産出する。これらのほか、量的には少ないが *Tectus (Rochia) japonicus*, *Trochus sp.*, *Monodonta kanzakii*, *Nerita (Amphinerita) ishidae*, *Euspira meisensis*, *Gyrineum osawanoensis*, *Pugilina mimasakaensis*, *Mitra hirosei*, *Strigatella notoensis*, *Olivella iwakiensis*, *Reticunassa sp.*, *Babylonia kozaiensis kokozurana*, *Miocenehadra nakamurai*, *Mytilus coruscus*, *Anomia chinensis*, *Crassostrea sunakozakaensis*, *Cyclocardia siogamensis*, *Cycladicama ferruginata*, *Panopea nomurai*, *Lutraria osawanoensis*, *Cyclina (Cyclinorbis) lunulata*などを産出する (Table 1; Plates 1~6)。

さらに、 *Aturia cubaensis* は全体から産出するが、特に上部で多産する。 *Aturia cubaensis* は、気房部の径が 5~7cm 程度のものが多いが、中には径 14.8 cm に達する大型の個体や 3 cm 未満の

幼殻も見られる。また、住房部が残された個体も見られるが、多くは住房部の一部のみが残されていたり、気房部のみが残されていることが多い。

泥質細粒砂岩中にレンズ状に薄く挟まれる細~中粒砂岩からは、破片化した化石が一部はきよせ状に産出する。化石の密度は高いが、その多くが小型の二枚貝で殻の保存が悪く、同定できる化石は少ない。このほか、量的には少ないが *Callianassa sp.*, *Lepas kuwayamai*, *Astrichypeus manni*, フジツボ, サメの歯, カメの甲羅の一部が産出した。

層準 C 細粒砂岩中の化石の産状

泥質細粒砂岩ならびに砂質泥岩の上位に見られる細粒砂岩は淘汰が良く、やや白色を呈する。この細粒砂岩からは化石が散在して産出し、部分的に化石片の密度が高くなる。化石は細粒砂岩下部に多く、細粒砂岩上部では産出密度は低い。二枚貝化石は保存が悪く泥質細粒砂岩に比べ産出する密度は低い、産出する化石は大型の巻貝や *Aturia cubaensis* が多い。最も多く産出するのは *Cernina nakamurai* で、径が 10 cm を超える個体も多く、径 5 cm 以下の小型のものが多い泥質細粒砂岩中とは異なる。 *Aturia cubaensis* も細粒砂岩下部で多産する。特に “*Teredo*” sp. に穿孔された流木周辺において産出することが多く、数個体がかたまって産出することも珍しくない。 *Epicodakia yokoyamai* も多産し、 *Phacosoma akaisiana*, *Pugilina mimasakaensis* が普通に産出するほか、 *Tectus (Rochia) japonicus*, *Turbo (Marmorostoma) ozawai*, *Nerita (Amphinerita) ishidae*, *Conus (Chelyconus) tokunagai*, *Conus (Asprella) toyamaensis*, *Scapharca sp.*, *Anadara watanabei*, “*Placopecten*” *osawanoensis*, *Cyclocardia siogamensis*, “*Hadeicardium*” *ogurai*⁽¹⁾, *Cardilia toyamaensis*, *Macoma (Rexithaerus) shiratoriensis*などを産出する (Table 1; Plates 1~6) が量的には少ない。この他、細粒砂岩に挟まれる泥質細粒砂岩から密集して *Mytilus coruscus* や *Ostrea cf. denselamellosa* が産出すると共に、 *Anomia chinensis*, *Crassostrea cf. gravitesta*, *Crassostrea sunakozakaensis* が産出する。また、細粒砂岩中には径 10~30 cm の石灰質団塊が見られることがあり、大型の *Aturia cubaensis*, *Cernina nakamurai*, *Pugilina mimasakaensis* などが産出する。軟体動物以外では、 *Callianassa sp.* や *Astrichypeus manni* が産出する。

層準 D 礫岩混じりの中粒~粗粒砂岩中の化石の産状

礫岩混じりの中粒~粗粒砂岩は化石を産出する頻度が低く、産出しても保存が悪く、殻が残っていない場合が多い。径 5 cm ~ 15 cm 程度の石灰質団塊が多く含まれるが、 *Callianassa sp.* を除くと化石はあまり含まれていない。産出化石は C の細粒砂岩と変わらず、流木に見られる “*Teredo*” sp. の他、 *Cernina nakamurai*, *Epicodakia yokoyamai*, *Cardilia toyamaensis*, *Aturia cubaensis* が多産し、 *Phacosoma akaisiana* が普通に産出するほか、 *Tugali sp.*, *Tectus (Rochia) japonicus*, *Turbo (Marmorostoma) ozawai*, *Pugilina mimasakaensis*, *Mytilus coruscus*, *Anomia chinensis* などが産出する (Table 1)。また、他の層準に比べ *Astrichypeus manni*, サメの歯などが多く産出する。その他、フジツボやカメの甲羅の一部など

(1) *Vasticardium ogurai* は “*Hadeicardium*” であるとする Oyama et al. (1994) にしたが、ここでは “*Hadeicardium*” *ogurai* とした。

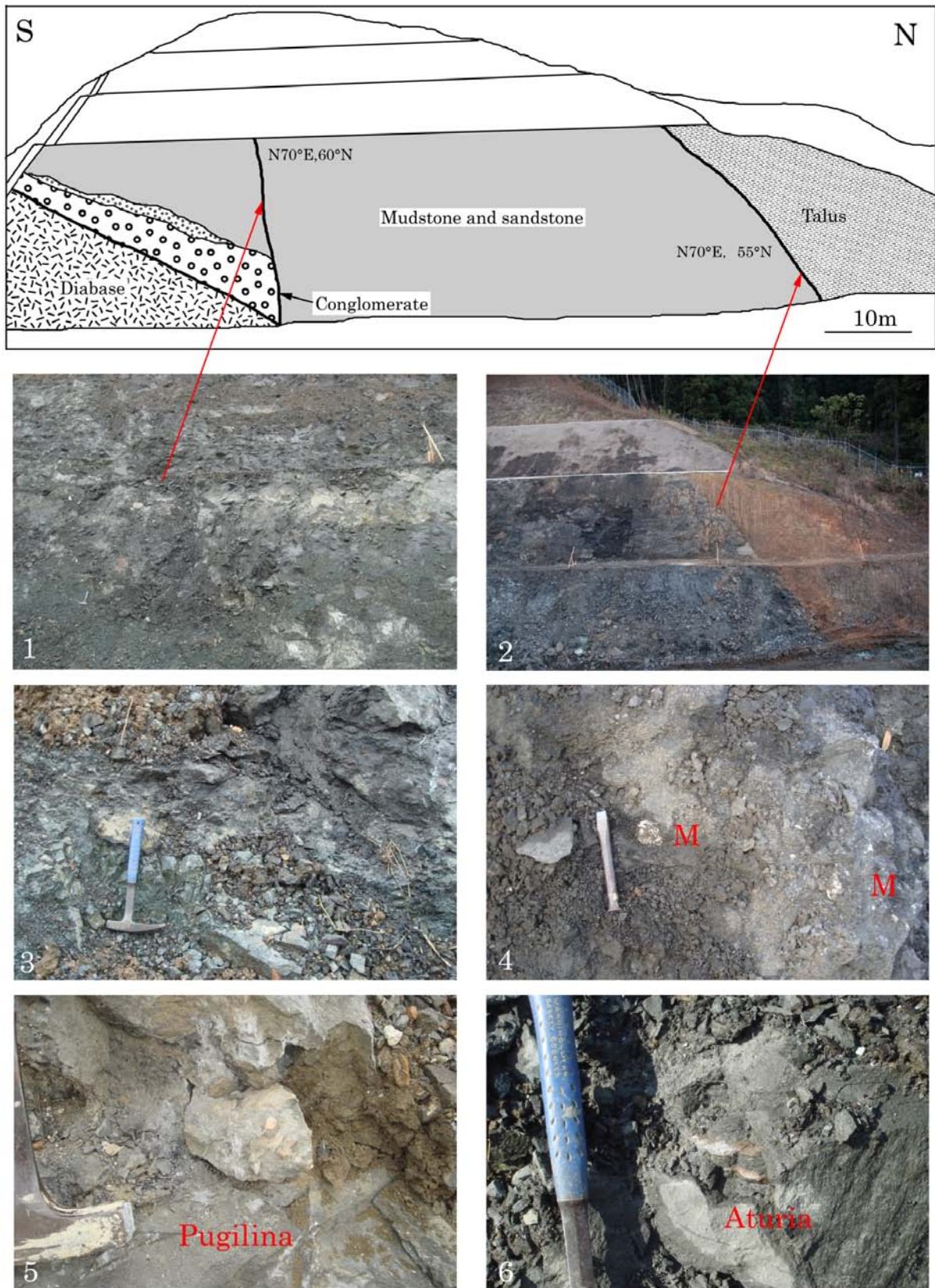


Fig. 4. Sketch and outcrop photographs at Ogurui in the Shimo Formation, Fukui Prefecture. 1. Lower half part of the outcrop; 2. Sandstone of the Shimo Formation contacted with talus deposits by the fault; 3. Basal conglomerate of the Shimo Formation unconformably overlying upon the basement rocks; 4. *Meretrix* sp. in the matrix supported conglomerate of the horizon A (Fig. 3); 5. *Pugilina mimasakaensis* in the muddy fine-grained sandstone of the horizon B (Fig. 3); 6. *Aturia cubaensis* in the fine-grained sandstone of the horizon C (Fig. 3).

Table 1. List of molluscan fossils from the Shimo Formation at Ogurui, Fukui Prefecture, central Japan.

No.	Species	Horizons				B. C.	Depth
		A cong.~ c. ss.	B muddy f. ss.	C f. ss.	D m.~c. ss.		
1	<i>Tugali</i> sp.	R			R	R, G	0-50 m
2	<i>Cellana depressa</i> Itoigawa and Shibata	R				R	0 m
3	<i>Tectus (Rochia) japonicus</i> Horikoshi	F	R	R	R	R, G	0-10 m
4	<i>Trochus</i> sp.		R			R, G	0 m
5	<i>Monodonta kanzakii</i> n. sp.		R			R, G	0 m
6	<i>Turbo (Marmorostoma) ozawai</i> Otuka	F	VA	R	F	R	0-30 m
7	<i>Terebralia kannoi</i> n. sp.		C			M	Mangrove
8	<i>Nerita (Amphinerita) ishidae</i> Masuda		F	R		R, G	Mangrove-0 m
9	<i>Vicaryella ancisa</i> (Yokoyama)	R	A			-	-
10	<i>Cerithium</i> sp.		R			R, G	0-20 m
11	<i>Cypraea ohiroi</i> Masuda		R			R, C	0-10 m
12	<i>Cermina nakamurai</i> (Otuka)	R	VA	VA	A	(S, M) ¹	(0 m) ¹
13	<i>Euspira meisensis</i> Makiyama		R			S, M	10-2400 m
14	<i>Glossaulax didyma coticaeze</i> (Makiyama)		C			S	0-100 m
15	<i>Gyrineum osa wanoensis</i> (Tsuda)		F			R, S	0-10 (150 m)
16	<i>Rhizophorimurex capucinus nagiensis</i> (Taguchi, Osafune and Obayashi)		C			R, S	0 m
17	<i>Rhizophorimurex</i> cf. <i>asanoi</i> (Masuda)		R			R, S	0 m
18	<i>Rhizophorimurex</i> cf. <i>notoensis</i> (Masuda)		R			R, S	0 m
19	<i>Murex</i> (<i>Murex</i>) sp.		C	F		S	10-200 m
20	<i>Pugilina mimasakaensis</i> (Yokoyama)		F	C	F	S, M	10-50 m
21	<i>Mancinella minoensis</i> Itoigawa		C			R	0-20 m
22	<i>Mitra Hirosei</i> (Oyama, Nishimoto and Naruse)		F			C, S	0-20 m
23	<i>Strigatella notoensis</i> Masuda		R			R, C, S	0-20 (40) m
24	<i>Mitrella (Sulcomitrella)</i> sp.		R			R, S, M	50-250 m
25	<i>Sydaphera</i> sp.		R			S, M	10-50 m
26	<i>Magilus</i> sp.		R			C	0-50 m
27	<i>Siphonalia</i> sp.		VA	R		S, fS	10-50 (300) m
28	<i>Olivella iwakiensis</i> Nomura and Hatai		F			S, fS	0-50 (300) m
29	<i>Reticunassa</i> sp.		R			R, fS	0-20 m
30	<i>Stigopupa</i> cf. <i>hiyoshiensis</i> (Itoigawa)		R			S	0-400 m
31	<i>Babylonia kozaensis kokozurana</i> Nomura		F			S	0-30 m
32	<i>Conus (Chelyconus) tokunagai</i> (Otuka)	R	VA	R		R, C, S	0-50 (100) m
33	<i>Conus (Chelyconus)</i> sp.		F			R, C, S	0-50 (100) m
34	<i>Conus (Asprella) toyamaensis</i> Tsuda	R	A	R		S, fS	20-200 m
35	<i>Miocenehadra nakamurai</i> Habe and Itoigawa		F			-	Land
36	<i>Scapharca</i> sp.		F			S, fS, M	0-30 m
37	<i>Anadara watanabei</i> (Kanehara)			R		S	0-20 m
38	<i>Chlamys</i> cf. <i>arakawai</i> (Nomura)		R			R, G, fS	0-600 m

39	<i>Chlamys</i> sp.	R	R	R	R	R	R, G, f	0-600 m
40	" <i>Placopecten</i> " cf. <i>osawanoensis</i> Tsuda.			R			-	
41	<i>Mytilus coruscus</i> Gould		F	VA	R	R	R	0-20 m
42	<i>Anomia chinensis</i> Phillippi	R	F	F	R		R, G	0-80 m
43	<i>Crassostrea</i> cf. <i>gravitesta</i> (Yokoyama)		C	C			R, G, M	0-20 m
44	<i>Crassostrea sunakozakaensis</i> Ogasawara		F	F			R, G, M	0-20 m
45	<i>Ostrea</i> cf. <i>denselamellosa</i> Lischke		F	A			R	0 m
46	<i>Cyclocardia siogamensis</i> (Nomura)		F	R			S, M	10-400 m
47	" <i>Hadecardium</i> " <i>ogurai</i> (Otuka)		A	F	F		S	5-20 m
48	<i>Clinocardium</i> sp.		R				S	10-200 m
49	<i>Epicodakia yokoyamai</i> (Otuka)		A	A	A		cS, S	0-20 m
50	<i>Lucinoma?</i> sp.			R			-	
51	<i>Cycladicama ferruginata</i> (Makiyama)		F				S, M, G	10-500 m
52	<i>Cycladicama</i> sp.		F				S, M, G	10-500 m
53	<i>Phacosoma akaisiana</i> (Nomura)		VA	C	C		S	0-160 m
54	<i>Phacosoma</i> cf. <i>suketoensis</i> (Otuka)		F				S, fS	0-160 m
55	<i>Siratoria siratoriensis</i> (Otuka)		A				-	
56	<i>Callista</i> (<i>Callista</i>) sp1.		R				S, fS	0-150 m
57	<i>Callista</i> (<i>Callista</i>) sp2.		R				S, fS	0-150 m
58	<i>Meretrix</i> sp.		C				S, M	0-20 m
59	<i>Nipponomarcia?</i> sp.		F	R			-	
60	<i>Loecyma</i> cf. <i>minuta</i> Nomura and Zinbo		F				S, M	10-1500 m
61	<i>Paphia</i> (<i>Paphia</i>) <i>suzuensis</i> Masuda		C				S, fS	10-160 m
62	<i>Paphia</i> (<i>Paphia</i>) sp.		R				S, fS	10-160 m
63	<i>Panopea nomurae</i> Kamada		R				S, M	0-30 (100) m
64	<i>Cardilia toyamaensis</i> Tsuda		A	F	A		S	5-100 m
65	<i>Lutraria osawanoensis</i> Tsuda		R				S, M	0-100 m
66	<i>Cyclina</i> (<i>Cyclinorbis</i>) <i>lunulata</i> Makiyama		F				S, M	0-20 m
67	<i>Macoma</i> (<i>Rexithaerus</i>) <i>shiratoriensis</i> (Matsubara)			R			M	0-50 m
68	<i>Macoma</i> sp.		R	R			-	
69	<i>Solen</i> (<i>Solen</i>) sp.		C	R			S, M	0-20 (115) m
70	<i>Anisocorbula ohirai</i> Masuda		C				S, fS	0-300 m
71	" <i>Teredo</i> " sp.		VA	VA	A		B	-
72	<i>Zirfaea</i> sp.		R				B	0 m
73	<i>Thracia</i> cf. <i>watanabei</i> Itoigawa and Shibata		R				S, M	4-300 m
74	<i>Laevidentulum</i> sp.		F	R	R		M, fS	20-1400 m
75	<i>Aturia cubaensis</i> (Lea)		VA	VA	A		-	
76	<i>Polyplacophora</i>		R				-	

R=rare (1-2), F=few (3-4), C=common (5-9), A=abundant (10-20), VA=very abundant (20>)

B.C.: bottom character. R: rock, C: coral reef, G: gravel, S: sand, M: mud, f: fine, m: medium, c: coarse.

B.C. (Bottom character) and depth of the living genus adopted from Higo and Goto (1993) and Okutani eds. (2000).

()¹: Kase (1988, 1990)

が産出する。

Aturia cubaensis の産状

Aturia cubaensis は気房部の大きさが径 3 cm 前後の幼殻から径 14.8 cm を超える成殻まで、いろいろな成長段階の個体が産出する。多くの個体は気房部のみが産出し、住房部は残されていない。また、殻の腹面の一部が”U”字型に破損していることが多い。まれに住房の残されている個体も産出するが、量的には少なく、保存されていても一部であったり、変形が著しいことが多い。化石は、ほぼ全層準から産出したが、特に量が多いのは、層準 B の上部～層準 C の下部である。

産出した個体は、住房部まで残された完全な個体はほとんどない。礫混じり細～中粒砂岩ならびに泥質細粒砂岩上部から産出した個体は、殻の変形が少なく厚みのある個体が多い。一方、細粒砂岩下部では *Aturia cubaensis* の産出頻度は高く、数個体がまとまって産出することもあるが、変形が著しく、殻の厚みも少ない個体が多い。同じ岩相から産出した化石でも殻の厚い個体と薄い個体が見られ、厚い個体の産状は殻口部を下にして層理面と斜交して堆積していた。細粒砂岩において化石が多産した層準では “*Teredo*” sp. に穿孔された流木が見られることが多い。

Tomida (1992) は、山口県から茨城県までの 21 地点から *Aturia cubaensis* 化石の産出を報告している。これらの産地の中で 19 地点は 4 個以下で内浦層群のみが 20 個以上産出するとされている。その後、広島県備北層群 (Tomida *et al.*, 2002)、富山県東別所層 (清水ほか, 2000) や宮城県仙台市の茂庭層 (永広ほか, 2001) から産出報告があるがいずれも産出は多くない。今回の調査で 60 個の *Aturia cubaensis* を採集したが、聞き取り調査の結果、本産地からの産出個体数は 500 個を超える。このように多くの *Aturia cubaensis* が産出したのは道路工事によってできた大露頭で、多くの人が採集を行ったという側面もあるが、非常に多くの *Aturia cubaensis* を含むということが小黒飯の大きな特徴の一つとなっている。

考察

(1) 化石群集と堆積環境の復元

層準 A の礫岩～礫混じり砂岩から産出する化石は表面が磨耗し、破片化していることが多い。この礫岩は輝緑岩を不整合に覆う基底礫岩で、産出化石は *Tugali* sp., *Cellana depressa*, *Tectus (Rochia) japonicus*, *Turbo (Marmorostoma) ozawai*, *Chlamys* sp., *Anomia chinensis*, *Conus (Chelyconus) tokunagai* などの岩礁棲種と *Cernina nakamurai* などの砂底群集が混じっている。また、礫混じり砂岩の中には現地性の産状を示す *Meretrix* sp. が含まれる。これらのことから多くの化石は異地性と考えられ、明確な古水深は推定できないが、原地性産状の *Meretrix* sp. の産出から 20 m より浅い潮間帯～浅海上部と考えられる。また、産出化石と岩相から近くに岩礁のある砂礫底で堆積したと考えられる。

層準 B の泥質細粒砂岩ならびに砂質泥岩から産出する化石は *Conus (Chelyconus) tokunagai* が最も多く、*Turbo (Marmorostoma) ozawai*, *Cernina nakamurai* の幼殻、*Siphonalia* sp. の産出で特徴付けられる *Conus (Chelyconus)-Turbo (Marmorostoma)* 群集である。

今回採集した化石の個体数は巻貝の割合が圧倒的に多く、二枚貝は種類は多いが産出した個体数は少ない。また、今回の調査で産出した 31 属の巻貝の中で 29 属が産出し (Table 1)、現生属の 13 属が岩礁ならびに岩礁周りの岩礫・砂礫などを主な生息域にする化石である。また、二枚貝 30 属の中の 4 属が岩礁棲の化石である。一方、底質が細粒砂や砂質泥である為、“*Hadecardium*” *ogurai* や *Phacosoma akaisiana*, *Epicodakia yokoyamai*, *Siratoria siratoriensis* などの砂底に群集も含まれる。また、この群集には、いくつか興味深い化石が含まれる。まず、陸生の *Miocenehadra nakamurai* が含まれる。殻の薄い陸生カタツムリが産出するということは、近くに陸域があったことが推定できる。

高橋 (1989) は、絶滅属である *Vicaryella* 属とされる化石を再検討し、この属の模式種である *Vicaryella tyosenica* を含むグループが *Cerithidae* に属し、干潟種として知られる “*Vicaryella*” *notoensis*, “*Vicaryella*” *ishiiana* は *Potamididae* に属することを明らかにしている。これらを参考に、ここでは、これら 2 種を “*Vicaryella*” と標記する。*Vicaryella ancisa* は、*Vicaryella tyosenica* に近縁であり、*Cerithidae* に属する。現生種の多くが岩礁まわりの砂浜ならびに岩礁に生息することから *V. ancisa* も岩礁棲であった可能性が高い。

Terebralia kannoi は *Terebralia tenkatei* に近縁と考えられるが (堀越, 1983)、能登半島の東印内層 (Masuda, 1966a, b, 1967) や岐阜県の瑞浪層群 (糸魚川ほか, 1974, 1981, 1982) においても *Turbo (Marmorostoma) ozawai* に代表される岩礁棲の化石と共存しており、岩礁や岩礁に近い砂底で生息した可能性も残されている。

次にこの群集の古水深を明らかにするため、現生属の古水深を肥後・後藤 (1993) や奥谷編 (2000) を用いて調べた。日本近海に唯一生息しない *Cernina* 属については加瀬 (1988, 1990) にしたがった。その結果、多くの現生属が水深 0-20 m で生息しており (Table 1)、*Conus (Chelyconus)-Turbo (Marmorostoma)* 群集の古水深は 0-20 m 前後、潮間帯から浅海上部と推定される。一般に、水深 20 m 以浅の下部外浜では波浪の影響からハンモッキー状斜交層理やウェーブリップルを伴う砂層が発達し (斎藤, 1989 など)、砂質泥岩や泥質砂岩は分布しない。これは、本地域が化石から推定されるように、近くに岩石海岸が発達する波浪の影響を受けにくい湾内であったことから、砂質泥岩や泥質細粒砂岩が堆積したと考えられる。

層準 C の細粒砂岩ならびに層準 D の中～粗粒砂岩から産出する化石は *Cernina nakamurai* と *Aturia cubaensis* が最も多い *Cernina - Aturia* 群集である。通常、*Aturia* のようなネクトンは群集名としては不適であるが量的に非常に多い事から群集名に用いる。細粒砂岩 (C) と中～粗粒砂岩 (D) は、化石の産出頻度は異なるが、ほぼ同じような構成種から構成されている。層準 C から産出した 27 属の化石の中で 9 属が岩礁棲である。この中で *Mytilus*, *Crassostrea*, *Ostrea*, *Anomia* の 4 属は細粒砂岩に挟まれる薄い砂質泥岩中から産出したので細粒砂岩の堆積環境を代表していない。そこで、この 4 属を除くと岩礁棲貝化石の割合が層準 B に比べ少なくなる。層準 D から産出した化石は、層準 B に比較して産出する化石の量は少ないが、*Cernina nakamurai* や *Murex (Murex) sp.*, *Pugilina mimasakaensis* などの砂・泥底に生息する大型の巻貝の割合が多い。これらのことから、層準 C や D の堆積環境は、層準 B に比べると少し岩礁域から離れた砂底で

あったと考えられる。次に、古水深は現生属の生息深度が0-50mのものが多く、*Murex (Murex) sp.* や *Pugilina mimasakaensis* のように水深10mより深いものも混じっている。また、“*Hadecardium*” や *Epicodakia* のように20m以浅に生息するものも含まれる。これらのことから古水深は層準Bに比べ、同じかやや深い水深10-20m前後の浅海上部と推定される。

層準Aから層準Dへの変化は、層準Aにおいて岩礁の上に基底礫岩が形成され、層準Bになって、岩礁近くの潮間帯から浅海上部の環境になり、層準C、Dで浅海上部(中)部へと海進が進む様子が示されている。そして、海進が進む中で岩礁棲群集である *Conus (Chelyconus)-Turbo (Marmorostoma)* 群集から砂底群集である *Cernina - Aturia* 群集へと漸移する様子が示されている。

Aturia cubaensis は、幼殻から成殻までのいろいろな成長段階の個体が産出し、Kobayashi and Horikoshi (1958)の指摘するように同相的産状(indigenous)を示す。*Aturia* のようなオウムガイの仲間は殻に空気を含み、死後、海流に乗り温帯域まで流されることが知られている(Tomita, 1992)。Ozawa *et al.*(1986)は、内浦層群から産出する化石種の多くが熱帯性種であることを示したが、今回の研究ではその代表的な種類である *Cernina nakamurai* や *Conus (Chelyconus) tokunagai* が幼殻から成殻まで産出することを示し、熱帯性種が小黒飯付近で自生していたことが明らかになった。

今回産出した *Aturia cubaensis* は、“*Teredo*” sp. に穿孔された流木と共産し、地層面と斜交して産出することもあることから、気房部に浮力が残り、穿孔された流木と似た重力であったと考えられる。また、産出したほとんどの化石の住房部が欠けていたり腹側が“U”字型に割れて欠けている。これは、間接的な致死捕食の証拠とされていて(Mapes and Chaffin, 2003)、捕食者により捕食され、物理的な破壊を受けたため、浮力をほぼ失ない、生息場所付近に沈み、地層中に埋積され化石として残された可能性が高い。一方、死後浮力が大きく残った完全な個体は海流により生息域から温帯地域へと流されたのではないと思われる。

さらに、中川・竹山(1985)の古地理図において、小黒飯周辺には下層名島火山岩部層の火山島と基盤岩類により岩礁が形成され、直接波浪の影響の受けにくい湾岸が広がると考えられ、このような湾内に強い暖流が流れ込むことにより、ネクトンである *Aturia cubaensis* がより一層集まり、それらを捕食者が捕食することにより *Aturia cubaensis* の殻が地層中に多数埋もれることになったと考えられる。

以上のように、小黒飯周辺は *Aturia cubaensis* が生息する熱帯域であったと考えられる。

(2) *Conus (Chelyconus)-Turbo (Marmorostoma)* 群集, *Cernina - Aturia* 群集と内浦層群の他の群集との比較

中川・竹山(1985)、Ozawa *et al.* (1986)は、内浦層群から産出する貝化石群集と岩相との相関を明らかにすると共に、ひとつの化石産地から産出した化石をその産状や岩相から原地性、準原地性(=同相性)、異地性に区分し、原地性の化石群集(Association)の復元を試みた。今回の研究で用いた群集は優先種を基に決めた化石群集(Assemblage)である。そこで、両者を区別し、議論を進める。

Ozawa *et al.* (1986)は、*Vicarya-Geloina* Association, *Turbo*

(*Marmorostoma*) - *Tectus (Rochia)* Association, *Oxyperas-Katylisia (Hemitapes)* Association, *Cyclina-Hiatula-Nipponomarcia* Association, *Acila - Saccella* Association, *Limatula - Propeamusium* Associationの6つに区分し、その時空分布を基に堆積環境を復元した。しかし、古水深に関する議論が不十分であり、誤りもあったのでここでは、生態群集の構成種と生息深度について再検討を行い、今回小黒飯から産出した *Conus (Chelyconus)-Turbo (Marmorostoma)* 群集ならびに *Cernina - Aturia* 群集と比較する(Table 2)。

Vicarya-Geloina Association は、*Geloina stachi*, *Littorinopsis miodelicatula*, *Terebralia itoigawai*, *Rizophorimurex capucinus nagiensis* に代表されるマングローブ沼に特徴的な貝化石と *Vicarya yokoyamai*, “*Vicaryella*” *notoensis*, *Anadara (Hataiarca) kakehataensis*, *Cyclina japonica* に代表されるマングローブ先端から干潟に特徴的な化石から構成される。内浦地域においては堆積盆地が小さい為、隣接して生息していたマングローブ沼と干潟の群集が一緒に産出していたものと考えられる。

Turbo (Marmorostoma) -Tectus (Rochia) Association は、主に小黒飯と小黒飯の海岸(干畳敷)に見られる化石群集から復元された岩礁棲の生態群集で、*Saccostrea sp.*, *Haliotis notoensis*, *Cellana depressa*, *Tugali notoensis*, *Turbo (Marmorostoma) ozawai*, *Tectus (Rochia) japonicus* などに代表される。今回の *Conus (Chelyconus)-Turbo (Marmorostoma)* 群集とはほぼ同じ潮間帯~20m以浅の岩礁の古環境を復元できる。今回の研究では前述のように、より多くの岩礁棲の貝化石を見出すことができた。

Oxyperas-Katylisia (Hemitapes) Association も小黒飯と干畳敷の化石群集から復元した砂底群集で“*Placopecten*” *protomollitus*, *Venus sp.*, *Katylisia (Hemitapes) sp.*, *Oxyperas osawanoensis*, *Cardilia sp.*, “*Erosaria*” sp., *Olivella iwakiensis*, *Cernina nakamurai*, *Conus (Chelyconus) tokunagai* に代表される。この中で、“*Placopecten*”, “*Erosaria*”, *Conus (Chelyconus)* は岩礁にも生息する属であり、今回の研究では岩礁棲の化石として扱った。この Association を特徴づけるのは干畳敷で産出する *Venus sp.*, *Katylisia (Hemitapes) sp.*, *Oxyperas osawanoensis* などの熱帯砂底に生息する二枚貝化石であるが、これらの貝は小黒飯からは産出しなかった。これらの現生属の古水深は0-30mと浅海上部のものが多い。

Cyclina-Hiatula-Nipponomarcia Association は、主に鎌倉から産出した化石群集から復元された砂底群集で、*Cyclina (Cyclinobris) lunulata*, *Hiatula minoensis*, *Nipponomarcia nakamurai imobarensis* をはじめとする、多くの貝化石で構成される。この群集の中には小黒飯からも産出する *Phacosoma spp.*, *Siratoria siratoriensis*, *Cyclina (Cyclinobris) lunulata*, *Solen (Solen) sp.*, *Panopea nomurai*, *Glossaulax didyma coticazae*, *Murex (Murex) sp.*, *Pugilina mimasakaensis* も含まれており、古水深は10~20m前後と考えられる。

Acila-Saccella Association は、*Acila submirabilis*, *Saccella miensis*, *Yoldia (Cnesterium) sp.*, *Mizuhopecten kimurai*, *Acesta goliath*, *Lucinoma acutilineatum*, *Fissidentalium yokoyamai*, *Liracassis japonica* からなる。*Acesta goliath* は現生種であり、水深100m以深(肥後・後藤, 1993)に生息する。これらの現生属の生息深度は幅の広いものも多く、例外的に浅い生息域を持つ種や逆に深い生息域を持つ種も混じっている。これらの属が多く生息するのは100

Table 2. Distribution of representative molluscan species (Ozawa *et al.*, 1986), and bottom character and depth of the living genus (Higo and Goto, 1993; Okutani *et al.*, 2000).

	Species	B.C.	Depth
Vicarya-Geloina Association	<i>Anadara (Hataiarca) kakehataensis</i> Hatai and Nisiyama	S	0-20 m
	<i>Striarca uetsukiensis</i> Hatai and Nisiyama	S, M	0-20 m
	<i>Geloina stachi</i> Oyama	M	Mangrove
	<i>Littorinopsis miodelicatula</i> Oyama	M, R	Mangrove
	<i>Vicarya yokoyamai</i> Takeyama	(M, fS)	(0 m)
	" <i>Vicaryella</i> " <i>notoensis</i> Masuda	(M, fS)	(0 m)
	<i>Terebralia itoigawai</i> Taguchi <i>et al.</i>	M	Mangrove
	<i>Tateiwaia yamanarii</i> (Makiyama)	-	-
	<i>Rhizophorimurex capucinus nagiensis</i> (Taguvhi <i>et al.</i>)		Mangrove
Turbo-Tectus Association	<i>Saccostrea</i> sp.	R	0 m
	<i>Haliotis notoensis</i> Masuda	R	0 m
	<i>Cellana depressa</i> Itoigawa and Shibata	R	0 m
	<i>Tugali notoensis</i> Masuda	R, G	0-50 m
	<i>Tectus (Rochia) japonicus</i> Horikoshi	R	0-10 m
	<i>Turbo (Marmorostoma) ozawai</i> Otuka	R	0-30 m
Oxyperas-Katelysia Association	" <i>Placopecten</i> " <i>protomollitus</i> (Nomura)	-	-
	<i>Venus</i> sp.	S, M	0-200 m
	<i>Katelysia (Hemitapes)</i> sp.	S	0-30 m
	<i>Oxyperas osawanoensis</i> Tsuda	S, M	0-30 (100) m
	<i>Cardilia</i> sp.	S	5-100 m
	" <i>Erosaria</i> " sp.	R, G, C	0-30 (250) m
	<i>Olivella iwakiensis</i> Nomura and Hatai	S, fS	0-50 (300) m
	<i>Cernina nakamurai</i> (Otuka)	S, M	(0 m)
<i>Conus (Chelyconus) tokunagai</i> Otuka	R, C, S	0-50 (100) m	
Cyclina-Hiatula-Nipponomarcia Association	<i>Phacosoma nomurai</i> (Otuka)	S, fS	0-160 m
	<i>Siratoria siratoriensis</i> (Otuka)	-	-
	<i>Ruditapes takagii</i> (Masuda)	S, G, M	0-20 m
	<i>Nipponomarcia nakamurai imobarensis</i> Itoigawa and Nishikawa	-	-
	<i>Cyclina (Cyclinorbis) lunulata</i> Makiyama	S, M	0-20 m
	<i>Hiatula minoensis</i> (Yokoyama)	fS, M	0-50 m
	<i>Solen (Solen)</i> sp.	S, M	0-20 (115) m
	<i>Cultellus izumoensis</i> Yokoyama	-	-
	<i>Panopea nomurai</i> Kamada	S, M	0-30 (100) m
	<i>Glossaulax didyma coticaeze</i> (Makiyama)	S	0-100 m
	<i>Murex (Murex)</i> sp.	S	10-200 m
	<i>Pugilina mimasakaensis</i> (Yokoyama)	S, M	10-50 m
Acila-Saccula Association	<i>Acharax tokunagai</i> (Yokoyama)	M	100-500 m
	<i>Acila submirabilis</i> Makiyama	fS, M	50-800 m
	<i>Saccula miensis</i> Araki	S, fS	10-450 m
	<i>Portlandia</i> sp.	S, fS, M	10-1400 m
	<i>Mizuhopecten kimurai</i> (Yokoyama)	(S, M)	(0-30 m)
	<i>Acesta goliath</i> (Sowerby)	fS, M	100-1500 m
	<i>Lucinoma actilineatum</i> (Conrad)	S, M	50-200 m
	<i>Fissidentalium yokoyamai</i> (Makiyama)	S, M	100-200 (3000) m
	<i>Liracassis japonica</i> (Yokoyama)	-	-
	<i>Neilonella</i> sp.	S, M	50-800 m
Limatula-Propeamussium Association	<i>Delectopecten peckhami</i> (Gabb)	-	50-3000 m
	<i>Propeamussium tateiwai</i> Kanehara	S, M	40-2200 m
	<i>Limatula</i> sp.	fS, M	5-2000 m

Specific name partly revised Ozawa *et al.* (1986).

B.C. (Bottom character) . R: rock, C: coral reef, G: gravel, S: sand, M: mud, f: fine, m: medium, c: coarse

B.C. and depth adopted from Higo and Goto (1993) and Okutani *et al.* (2000).

m以深である。また、*Lucinoma acutilineatum* は水深 200 m 前後と考えられている (小笠原・増田, 1989)。これらのことから *Acila-Saccella* Association の古水深は浅海下部 (100-200 m) の環境と考えられる。ただし、*Mizuhopecten kimurai* のような水深 30 m 以浅に多い (小笠原・増田, 1989) 大型の Pectinid も産出することからこの群集は一部浅海上～中部のものも混じっている可能性がある。

Limatula-Propeamussium Association も *Acila-Saccella* Association と同様に生息域に幅のある属が多く、推定される古水深は 50-800 m と幅が広い。化石種では *Limatula kurodai* は 200 m 以浅、*Delectopecten* は 200 m 以深に多い (小笠原・増田, 1989)。また、*Propeamussium tateiwai* が産出するのは水深 200 m 前後と考えられ、浅海下部から漸深海上部の環境が推定される。

これらの群集との比較から、今回得られた *Conus* (*Chelyconus*)-*Turbo* (*Marmorostoma*) 群集は、*Turbo* (*Marmorostoma*) -*Tectus* (*Rochia*) Association とほぼ同じもので、今回の調査から、岩礁棲群集の詳細がより詳しく明らかになった。*Cernina* - *Aturia* 群集の構成種は浅海上部の群集であり、産出化石の共通性は *Oxyperas-Katelsia* (*Hemitapes*) Association よりも *Cyclina-Hiatula* - *Nipponomarcia* に近いと判断される。

(3) 西黒沢期の他の化石群集の比較

今回報告した岩礁棲化石群集は能登半島の東印内層の群集と多くの共通点がある。Masuda (1955, 1956, 1966a, b, 1967) は能登半島の東印内層の化石を 4 つの層準に区分し検討を加えたが、その第二層準からは、*Tugali notoensis*, *Turbo* (*Marmorostoma*) *ozawai*, *Nerita* (*Amphinerita*) *ishidae*, *Cypraea ohiroi*, *Conus* (*Chelyconus*) *tokunagai*, *Anomia chinensis*, *Crassostrea gravitesta*, *Ostrea denselamellosa* などの小黒飯と共通する岩礁棲化石のほか、多くの岩礁棲化石を報告している。

また、備北層群の広島県庄原市宮内町 (Otuka, 1938; Oyama *et al.*, 1994) の化石群集とも多くの共通点がある。宮内では、小黒飯と共通した *Tectus* (*Rochia*) *japonicus*, *Turbo* (*Marmorostoma*) *ozawai*, *Nerita* (*Amphinerita*) sp., *Mancinella* sp., *Mitra Hirosei* などの岩礁棲の種も多く含まれる。また、*Cernina nakamurai*, *Euspira meisensis*, *Cycladicama ferruginata*, “*Hadecardium*” *ogurai*, *Phacosoma suketoensis*, *Cyclina* (*Cyclinorbis*) *lunulata*, *Cardilia toyamaensis* などの砂底群集の共通種が産出している。

その他、異地性の産状ではあるが富山県黒瀬谷層の井栗谷からも *Nerita* (*Amphinerita*) *ishidae*, *Cerithium* sp., *Gyrineum osawanoensis* などの岩礁棲貝化石を産出する (Tsuda, 1959; 金子・後藤, 1992, 1997)。

このように西南日本の中期中新世の地層の中には浅海上部の砂底群集に伴い、岩礁棲の化石群集が含まれることがある (たとえば Ogasawara, 1976; Nakagawa, 1998) が、多くは砂底群集に伴う付随的な産出であり、岩礁棲の群集が主体を占める化石群集は能登半島のように前期中新世に大規模な火山活動があって前～中期中新世に広く岩礁が発達した地域や、備北層群や内浦層群のように堆積盆地が小さく、西黒沢海進の途中でおぼれ谷のような形で火山岩や基盤岩と接することで岩礁が形成された地域に限られる。これまで 16.5～16.0 Ma ごろの熱帯海中気候の研究が

Geloina や *Vicarya* に代表されるマングローブや干潟の化石群集に集中していたが、今後、熱帯砂底群集や岩礁棲群集についてもさらに研究を進めていく必要がある。

堀越 (1981, 1983) は、中期中新世の熱帯性貝化石群集が、強い暖流の影響を受けて形成されたことを指摘した。これはマングローブ植物ならびに海洋生物が熱帯的な環境を示すのに対して、陸生の植物化石群落がさほど熱帯的な要素を持たないことを解釈する上で重要な指摘である。内浦層群に見られる熱帯性の貝化石群集もこのような暖流の強い影響を受けていたものと考えられる。しかし、他の地域に見られる熱帯性の岩礁棲化石群集を含む地域においても *Aturia cubaensis* が密集するような地域は無く、小黒飯のように暖流の影響を受ける内湾の岩礁域周辺は *Aturia cubaensis* が生息する特殊な環境にあったと考えられる。

まとめ

福井県大飯郡高浜町小黒飯の前～中期中新統内浦層群から熱帯砂底の *Cernina-Aturia* 群集と岩礁棲の *Conus* (*Chelyconus*)-*Turbo* (*Marmorostoma*) 群集が得られた。

Cernina-Aturia 群集は細粒砂岩や中～粗粒砂岩に見られる群集で、いろいろな成長段階の *Cernina nakamurai*, *Pugilina mimasakaensis* などの巻貝や *Phacosoma akaisiana* や *Epicodakia yokoyamai* を含むほか、“*Teredo*” sp. に穿孔された流木や頭足類の *Aturia cubaensis* を多産する。また、限られた層準で *Mytilus coruscus* や *Ostrea* sp. が多産する。*Cernina nakamurai* はフィリピン南部のインドー西太平洋地域に現生する *C. fluctuata* に非常に近縁である。

Conus (*Chelyconus*)-*Turbo* (*Marmorostoma*) 群集は、*Conus* (*Chelyconus*) *tokunagai*, *C. (Asprella) toyamaensis*, *Mancinella minoensis*, *Turbo* (*Marmorostoma*) *ozawai*, *Monodonta kanzakii*, *Tectus* (*Rochia*) *japonicus*, *Nerita* (*Amphinerita*) *ishidae*, *Cypraea ohiroi* などの熱帯岩礁底に特徴的な巻貝が産出した。これらは、殻の保存も良く現地性と考えられる。

今回数百個以上の *Aturia cubaensis* が産出し、いろいろな成長段階の化石が見られたが、破損個体も多かった。また、その産状も気房部に浮力が残っていた為、フナクイムシに穿孔された流木と似たような重力となり、地層面に平行な産状だけでなく、いろいろな状態で産出した。これは、*Aturia cubaensis* が他の生物による捕食や物理的な破損を受け、地層に堆積したためと考えられ、本地域が *Aturia cubaensis* の生息域であることの証拠と考えられる。

Systematics

Family Trochidae

Subfamily Monodontinae

Genus *Monodonta* Lamarck, 1799

***Monodonta kanzakii* n. sp.**

(Pl. 1, figs. 4a, b, 5a, b)

Material: Two specimens are under examination.

Description: Shell rather large in size, thick, conical with straight outline. Whorls about 7. Suture distinct. Surface sculptured with curved by rather wide spiral grooves and granular ribs. Five spiral ribs on the penultimate whorl, and 13 spiral ribs on the body whorl, granules on ribs roundly beaded. Uppermost band-like rib is about three times wider than other ribs. Aperture is nearly same or slightly longer than spire; inside of aperture thickened by callus; inner lip especially thick by prominent denticles. Inner surface of outer lip sculptured by seven folds without uppermost part.

Measurements (in mm)

	Height	Diam.	H/D
Holotype (FMNHGF-6568)	23.34	18.46	1.26
Konishi collection	21.58	16.94	1.27

Comparisons: The new species - The represents first occurrence of *Monodonta* in the Early to Middle Miocene in Japan. The new species closely resembles *Monodonta labio* (Linnaeus, 1758), living in Amami Island and southern areas, but differs from the former in having a slender and higher shell with smaller granule ribs, and upper margin of the base being more rounded. *Monodonta labio* form *confusa* (Tapparone-Canefri, 1874) differs from the present species in having a small number of elongate and flattened spiral ribs and thin spiral grooves. The present species is similar to *Monodonta australis* Lamarck, 1822, but the former has a large and higher shell.

Etymology: This new species is named in honor of Mr. Kiyosuke Kanzaki, who provided the holotype specimen.

Occurrence: rare.

Family Potamididae

Genus *Terebralia* Swainson, 1840

***Terebralia kannoi* n. sp.**

(Pl. 1, figs. 11a, b, 12)

Tateiwaia s-itoi Nomura and Zinbo; Itoigawa *et al.*, 1974, 135, pl. 41, figs. 2a, b. *Terebralia?* sp., Itoigawa *et al.*, 1981, 1982, 172., pl. 30, figs. 14a-15b.

Material: Four specimens consist of the type specimens.

Description: Shell large in size, thick and highly turreted, more than 12 whorls, regular increasing, subcentrally angulate and projecting. Spire sculptured with one band-like spiral rib uppermost part near the suture; spiral rib become ovate beaded on the body whorl, and 12 to 13 irregularly distinct fine spiral threads, spiral thread present also on spiral rib. About 11 tubercles on the penultimate whorl become beaded on the body whorl. Body whorl provided with about 13 irregular spiral threads and many intercalated spiral lirae, and a blunt varix on the ventral side. Aperture ovate, pointed posteriorly; inner lip seemed to have been covered with thin callus; columell reflected; siphonal canal short, outer lip rather thick.

Measurements (in mm):

	Height	Diam.	Whorls
Holotype(FMNHGF-6504)	72.21+	22.72	12+
Paratype-1 (FMNHGF-6505)	50.58+	19.38	11+
Paratype-2 (FMNHGF-6578)	54.80+	22.42+	11+
Paratype-3 (FMNHGF-6579)	64.78+	22.10+	11+

Comparisons: The present new species described by Itoigawa *et al.* (1981, 1982) as *Terebralia?* sp. Horikoshi (1983) pointed out that this species closely resembles *Terebralia tenkatei* (Schepman, 1893) but it differs from the present species in having a more slender body and many distinct spiral threads. *Terebralia shibatai* Taguchi, 1992, is closely allied to the present species, but the former differs from the new species in having 6 spiral costae and tuberculated axials. *Terebralia itoigawai* Taguchi, Osafune and Obayashi, 1981, described from the Miocene Katsuta Group, Okayama Prefecture, is similar to the present species, but differs from the latter in having a smaller and convex shell with a smaller number of whorls. This species is also allied to *Terebralia kakiensis* Taguchi, Osafune and Obayashi, 1981 described from the Katsuta Group, Okayama Prefecture, but differs from the latter in having 5 broad spiral cords with a smaller number of whorls.

Etymology: The specific name is dedicated to late Dr. Saburo Kanno who gave me much instruction during the course of my study.

Occurrence: common.

Family Mitridae

Subfamily Mitrinae

Genus *Mitra* Lamarck, 1798

***Mitra Hirosei* (Oyama, Nishimoto and Naruse 1994)**

(Pl. 2, figs. 13a, b)

Cancilla Hirosei, Oyama, Nishimoto and Naruse, 1994, 22-23, pl. 7, figs. 4a, b.

Measurements (in mm):

	Height	Diam.	Apertural Height
FMNHGF-6510	28.16	10.46	18.88
FMNHGF-6580	29.36	10.96	19.88

Remarks: Two well-preserved specimens exist. Uchiura specimens closely resemble the holotype specimen in its general features. However, the former slightly differs within species from the present in having obscurar spiral cords and a smaller shell. This species considered to be *Mitra*, based on a more elongate outline, low spire and weak spiral cords. This species closely similar to *Mitra coffea* Schbert and Wagner, 1829, distributed in the lower latitude area than Kii Peninsula but the former can be distinguished from the present in having a slender body and lower spire.

Family Melongenidae

Genus *Pugilina* Schumacher, 1817

***Pugilina mimasakaensis* (Yokoyama, 1929)**

(Pl. 3, figs. 13a, b)

Strombus mimasakaensis Yokoyama, 1929, 366, pl. 70, figs. 1a, b.*Volema osawanoensis* Tsuda, 1959; Kaneko and Goto, 1992, 24, figs. 5a, b; Kaneko and Goto, 1997, 23, pl. 18, figs. 2a, b.*Pugilina* (*Hemifusus*) *sazanami* (Kanehara); Nakagawa and Takeyama, 1985, pl. 20, fig. 3; Ozawa et al., 1986, pl. 15, fig. 5.*Pugilina osawanoensis* (Tsuda); Nakagawa, 1998, p.170, figs. 35-19a-c.*Pugilina mimasakaensis* (Yokoyama); Fujimoto, 1999, p. 113-114, pl. 7, figs. 2a-3b.**Measurements (in mm) :**

	Height	Diam.	N.T.(B.W)	N. T.(B.W)
FMNHGF-6524	115.92	62.06	10	8
FMNHGF-6581	110.50+	83.80+	10	11
FMNHGF-6582	116.3+	73.6+	10	10
FMNHGF-6583	69.96+	50.28+	ca.10	11
FMNHGF-6584	74.40+	50.66+	8	8
FMNHGF-6585	120.08+	89.18	7	8
FMNHGF-6586	82.36+	66.14+	11	10

N.T.: number of tubercles, B.W.: body whorl, P.W.: penultimate whorl

Remarks: Seven juvenile to adult specimens are examined. This species is characterized by the keel-like shoulder of the penultimate whorl, and 7 to 11 prominent upward tubercles on the body whorl. *Pugilina osawanoensis* (Tsuda), from the Kurosedani Formation, Toyama Prefecture is similar to this species, but differs from the former in having a lower spire and bluntly pointed tubercles.

謝辞: 本研究を進めるにあたり、筑波大学地球科学系の小笠原憲四郎教授、上越教育大学の天野和孝教授、福井大学教育地域科学部の山本博文准教授には粗稿を読んで頂き有益なご助言をいただいた。福井県坂井市の Matthew Hauca 氏には英文要旨を見ていただいた。産業総合研究所の柳沢幸夫博士には、珪藻の分析をしていただいた。福井市自然史博物館の安曾潤子学芸員には、小黒飯における化石の産出をお教えいただいた。和歌山県立自然史博物館の小原正顕学芸員には、化石の産状や群集について議論いただいた。大阪自然史博物館の石田 惣博士には現生貝類の文献を教えてくださいました。東北大学東北アジア研究センターの石渡 明教授には基盤岩類の地質についてお教えいただいた。また、筑波大学名誉教授の菅野三郎先生には、これまでの研究の過程で終始ご指導をいただくとともに励ましの言葉をいただいていたので感謝申し上げます。

なお、和歌山県和歌山市の神崎恭祐氏、京都府舞鶴市の渡邊恭平氏、京都府京都市の曾和由雄氏、辻 和夫氏、滋賀県彦根市の大八木和久氏、岐阜県瑞浪市の楓 達也氏、兵庫県川西市の小西逸雄氏、大阪府大阪市の池田哲哉氏には採集された標本を研究に使用させていただいた。今回の研究は、このように多くの化石愛好家の方が採集された標本を快く提供していただくことにより完成できたものである。

本研究を進めるにあたり日本学術振興会補助金(奨励

20916007) を一部使用した。記してお礼申し上げる。

引用文献

- Blow, W. H. (1969), Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy, *Proc. 1st Internat. Conf. Planktonic Microfossils*, E.J. Brill, Leiden, 1, 199-421.
- 永広昌之・佐藤正道・高泉幸浩 (2001), 宮城県仙台市の中新統茂庭層より産出した頭足類化石 *Aturia* とその古環境的意義, *地球科学*, **55**, 183-186.
- Fujimoto, S. (1999), Systematic revision of three species of Melongenidae (Gastropoda: Sorbeoconcha) from the Miocene of Japan. *Bull. Mizunami Fossil Mus.* no. 26, 111-114, pls. 6, 7.
- 広川 治・磯見 博・黒田和男 (1957), 5 万分の 1 地質図幅「小浜」および説明書. 地質調査所, 1-31.
- 広川 治・黒田和男 (1957), 5 万分の 1 地質図幅「鋸崎」および説明書. 地質調査所, 1-23.
- 広川 治・黒田和男 (1958), 5 万分の 1 地質図幅「丹後由良」および説明書. 地質調査所, 1-23.
- 肥後俊一・後藤芳央 (1993), 日本及び周辺地域産軟体動物総目録. エル出版株式会社, 693 p.
- 堀越増興 (1981), 熱帯性沿岸海域における地域生態系の中でのマングローブと珊瑚礁との立地関係, 並びに西太平洋地域の海洋生物地理. *化石*, no. 30, 105-120.
- 堀越増興 (1983), 東南アジア貝類相と日本近海貝類種群の種の分化. 小高民夫・小笠原憲四郎編, 日本産新生代貝類の起源と移動 (総合研究 A 57340045 報告書), 111-125, 東北大学.
- Itoigawa, J. and Shibata, H. (1976), Twelve new Gastropods from the Miocene Mizunami group, Gifu Prefecture, Japan. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, no. 3, 5-15.
- 糸魚川淳二・柴田 博・西本博行 (1974), 瑞浪層群の貝類化石. 瑞浪市化石博研報, no. 1, 43-203, pls. 1-63.
- 糸魚川淳二・柴田 博・西本博行・奥村好次 (1981, 1982), 瑞浪層群の化石. 2. 貝類 (軟体動物), 瑞浪市化石博専報, no. 3-A, 53p., pls. 1-52, no. 3B, 330 p.
- 金子一夫・後藤道治 (1992), 富山県八尾町井栗谷の化石. 富山市科学文化センター収蔵資料目録, no. 5, 86 p.
- 金子一夫・後藤道治 (1997), 富山に生息したいきものたち—黒瀬谷層の貝化石. 特別企画展モノグラフ, 富山県立山博物館, 77 p.
- 加瀬友喜 (1988), 生きている化石モクレンタマガイ *Globularia fluctuata* (Sowerby) の生態学的調査 (フィリピン・パワラン島). *地学雑誌*, **97**, 623-625.
- 加瀬友喜 (1990), 生きている化石モクレンタマガイ *Globularia fluctuata* (Sowerby) の生態学的調査 (フィリピン・パワラン島)・第 2 次. *地学雑誌*, **99**, 398-401.
- Kobayashi, T. and Horikoshi, M. (1958), Indigenous *Aturia* and some tropical gastropods from the Miocene of Wakasa in West Japan. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, **29**, 45-54, pls. 4, 5.
- Lamarck, J.B.P. de M. (1799), *Memoires de la Societe d'Histoire Naturelle de Paris*. 74 p.
- Lamarck, J.B.P. de M. (1822), *Histoire naturelle des Animaux sans Vertebres*. Paris, Verdier, 7, 1-711.
- Linnaeus, C. (1758), *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. L. Salvii, Holmiae (Stockholm). 1-824.
- Mapes, R. H. and Chaffin, D. T. (2003), Predation on Cephalopods. A general overview with a case study from the Upper Carboniferous of Texas, *In* P. H. Kelley, M. Kowalewski and T. A. Hansen (eds.) *Predator-prey interactions in the fossil record*. 177-213, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Masuda, K., (1955), *Miocene Mollusca from Noto Peninsula, Japan*, Part 1. (1).

Plate 1

- Fig. 1. *Tugali* sp. FMNHGF-6501. ×1.5
 Figs. 2a, b. *Trochus* sp. FMNHGF-6567. ×1.0
 Figs. 3a-c. *Tectus (Rochia) japonicus* Horikoshi. T. Kaede collection. ×1.1
 Figs. 4a-5b. *Monodonta kanzakii* n. sp.
 Figs. 4a, b. I. Konishi collection. ×1.4
 Figs. 5a, b. Holotype specimen, collected by K. Kanzaki (FMNHGF-6568). ×1.4
 Figs. 6a, b, 8. *Turbo (Marmorostoma) ozawai* Otuka.
 Figs. 6a, b. FMNHGF-6502. ×1.0
 Fig. 8. K. Kanzaki collection. ×1.0
 Figs. 7a, b. *Turbo (Marmorostoma) ozawai* Otuka (Operculum) FMNHGF-6503. ×1.0
 Figs. 9a, b. *Cellana depressa* Itoigawa and Shibata K. Tsuji collection. ×1.0.
 Figs. 10a, b, 14a, b. *Nerita (Amphinerita) ishidae* Masuda
 Figs. 10a, b. T. Kaede collection. ×1.1
 Figs. 14a, b. K. Kanzaki collection. ×1.0
 Figs. 11a-12. *Terebralia kannoi* n. sp.
 Figs. 11a, b. Holotype specimen, FMNHGF-6504. ×1.0
 Fig. 12. Paratype specimen, FMNHGF-6505. ×1.0
 Figs. 13a, b. *Vicaryella ancisa* (Yokoyama) FMNHGF-6506. ×1.1

- Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 20, 119-127, pl. 19.
 Masuda, K., (1956), Miocene Mollusca from Noto Peninsula, Japan, Part 1 (2).
Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S., no. 21, 161-167, pl. 26.
 Masuda, K., (1966a), Miocene fauna of the Higashi-Innai Formation of Noto Peninsula, Japan, 1. A general consideration of the fauna. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 63, 261-293.
 Masuda, K., (1966b), Miocene fauna of the Higashi-Innai Formation of Noto Peninsula, Japan, 2. Remarks on molluscan assemblage and description of species. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 64, 317-337, pls. 35-36.
 Masuda, K., (1967), Miocene fauna of the Higashi-Innai Formation of Noto Peninsula, Japan, 3. Description of new species and remarks on some species. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 65, 1-18, pls. 1-2.
 Nakagawa, T. (1998), Miocene molluscan fauna and paleoenvironment in the Niu Mountains, Fukui Prefecture, central Japan. *Sci., Rep., Inst. Geosci. Univ. Tsukuba*, **19**, 61-185.
 中川登美雄・千地万造 (1988), 石川県加越地域の中新統から産出した浮遊性有孔虫化石. 金沢大学日本海域研究所報告, no. 20, 93-110, pls. 1, 2.
 中川登美雄・千地万造・三浦 静 (1985), 福井県内浦地域の中新統層序と浮遊性有孔虫化石. 地質雑, **91**, 389-402, pl. 1.
 中川登美雄・竹山憲市 (1985), 福井県内浦層群の貝化石群集と堆積環境. 瑞浪市化石博研報, no. 12, 27-48, pls. 15-24.
 Ogasawara, K., (1976), Miocene Mollusca from Ishikawa-Toyama area, Japan. *Sci. Rep., Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.)*, **46**, 33-78, pls. 11-15.
 小笠原憲四郎・増田孝一郎 (1989), 東北地方新第三系貝類化石の古水深指標とその適用. 地質学論集, no. 32, 217-227.
 奥谷喬司編 (2000), 日本近海産貝類図鑑. 東海大学出版会, 1173 p.
 Otuka, Y. (1938), Mollusca from the Miocene of Tyugoku, Japan. *Jour. Fac. Sci., Imp. Univ. Tokyo, Sec. 2*, **5**, 21-45, pls. 1-4.
 Oyama, K., Nishimoto, H. and Naruse, A. (1994), New fossil molluscs indicating tropical sea elements from the Miocene Bihoku Group, Southwest Honshu, Japan. Part 2. Description of *Cancilla hirosei* n. sp., with notes on some molluscs from the Bihoku Group of Shobara City, Hiroshima Prefecture. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, no. 21, 19-28, pl. 7.
 Ozawa, T., Nakagawa, T. and Takeyama, K. (1986), Middle Miocene molluscan fauna of the Uchiura Group, Wakasa Province, Southwest Japan. *Palaeont. Soc. Japan, S. P.*, no. 29, 135-148, pls. 12-15.
 斎藤文紀 (1989), 陸棚堆積物の区分と暴風型陸棚における堆積相. 地学雑誌, **98**, 350-365.
 Schubert, G. H. and Wagner, J. A.. (1829). Neues Systematisches Conchylien-Cabinet geordnet und beschrieben von F.H.W. Martini, Nurnberg Raspe. **12**, xii+196 p, pls. 214-237.
 Schepman, M. M. (1893), Tijdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging, **2** (4 Part 1), 66.
 清水正之・藤井昭二・葉室俊和 (2000), 北陸層群東別所層から新たに発見された *Aturia* と、これに随伴する軟体動物化石. 地球科学, **54**, 43-48.
 Swainson, W. (1840), A Treatise on Malacology or shells and shell- fish. London, Longman, viii + 419 p.
 角井朝昭 (1983), 内浦層群の浮遊性有孔虫とフィッシュン・トラック年代. *NOM* (大阪微化石研究会誌), no. 10, 22-28.
 Taguchi, E. (1992), Five new species of fossil Mollusca from the Miocene Katsuta Group in Okayama Prefecture, Southwest Japan. *Venus (Japan. Jour. Malacol.)*, **51**, 163-174.
 Taguchi, E., Osafune, T., and Obayashi, A. (1981), New Miocene Mollusca from the Katsuta Group, Nagi-cho, Okayama Prefecture, Southwest Japan. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, no. 8, 1-6, pl. 1.
 Tapparone-Canefri, C., 1874. Zoologia del Viaggio Intorno al Globo della Regia Fregata Magenta. Malacologia. *Mem. R. Acad. Sci. Torino*, **2**, 28, 5-161.
 高橋宏和 (1989), *Vicaryella* 属の再検討. 日本古生物学会 1989 年年会講演予稿集, 85.
 Tomida, S. (1992), Taxonomic revision of Japanese Neogene *Aturia*. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, no. 19, 223-246, pls. 24-28.
 Tomida, S., Okumura, Y., Yamaoka, T., Ohsawa H. and Hamada, N. (2002), Occurrence of *Aturia* (Cephalopoda: Nautilida) from the Miocene Bihoku Group of Hiroshima Prefecture, southwestern Japan. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, no. 29, 151-156.
 Tsuda, K. (1959), New Miocene Molluscs from the Kurosedani Formation in Toyama Prefecture, Japan. *Jour. Fac. Sci., Niigata Univ., Ser. 2, Biol. Geol. Mineral.*, **3**, 67-110, pls. 1-7.
 Yokoyama, M. (1929), Neogene shells from some provinces of Chugoku. *Jour. Fac. Sci. Imp. Univ. Tokyo, Sec. 2*, **2**, 363-368.

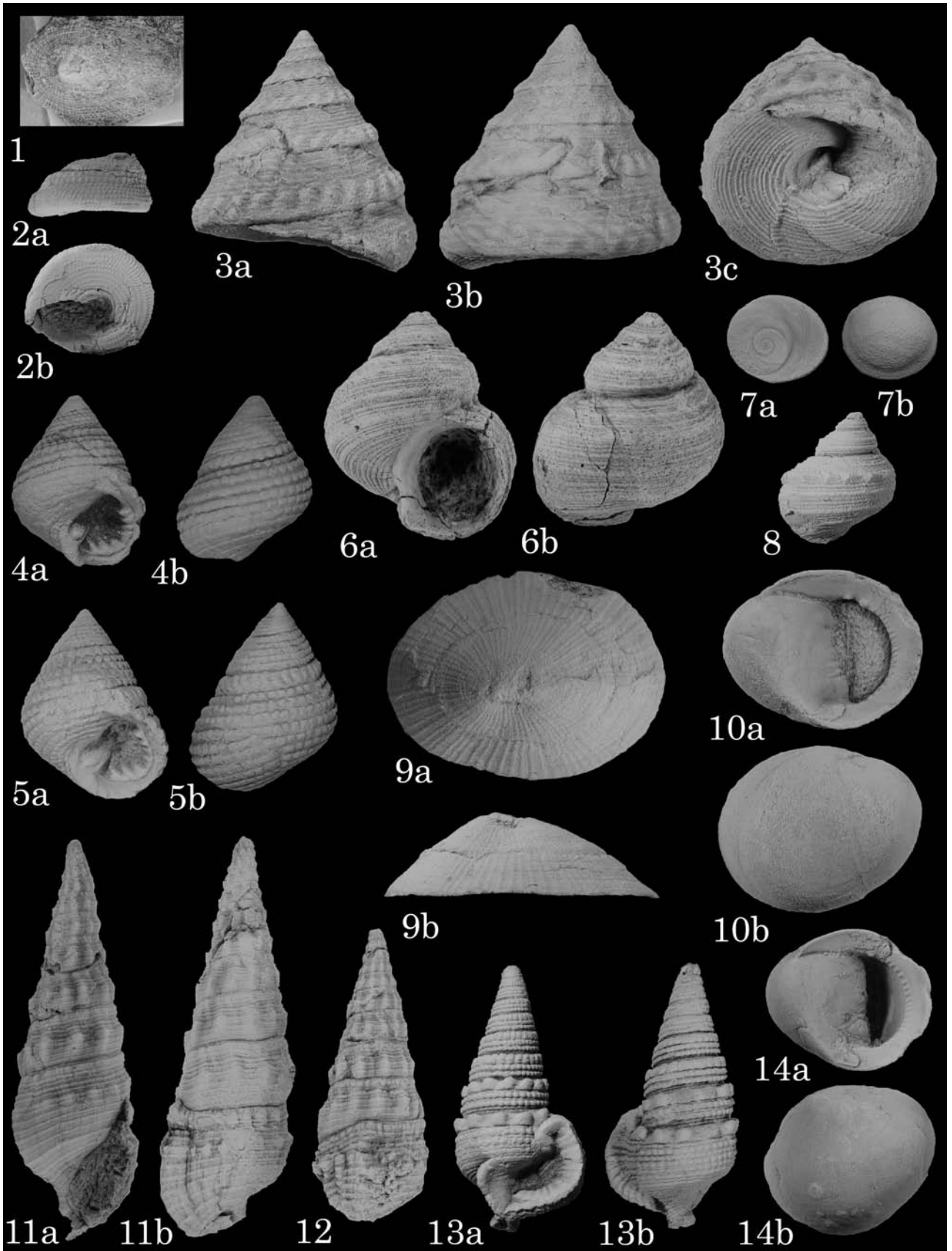


Plate 2

Figs. 1a-2. *Cypraea ohiroi* Masuda

Figs. 1a, b Y. Sowa collection. $\times 1.0$

Figs. 2. T. Ikeda collection. $\times 1.0$

Figs. 3a, b. *Euspira meisensis* Makiyama

T. Kaede collection. $\times 1.2$

Figs. 4a, b. *Glossaulax didyma coticazae* (Makiyama)

T. Kaede collection. $\times 1.2$

Fig. 5. *Murex (Murex)* sp.

I. Konishi collection. $\times 1.1$

Figs. 6a, b. *Gyrineum osawanoensis* (Tsuda)

K. Oyagi collection. $\times 1.0$

Figs. 7a, b. *Rhizophorimurex cf. asanoi* (Masuda)

FMNHGF-6507. $\times 1.0$

Figs. 8a, b. *Rhizophorimurex capucinus nagiensis* (Taguchi, Osafune and Obayashi)

FMNHGF-6508. $\times 1.0$

Figs. 9a, b. *Mitrella (Sulcomitrella)* sp.

FMNHGF-6569. $\times 1.1$

Figs. 10a, b. *Mancinella minoensis* Itoigawa

K. Kanzaki collection. $\times 1.0$

Figs. 11a, b. *Ergalatax?* sp.

K. Kanzaki collection. $\times 1.0$

Figs. 12a, b. *Rhizophorimurex cf. notoensis* (Masuda)

T. Kaede collection. $\times 1.0$

Figs. 13a, b. *Mitra hirosei* (Oyama, Nishimoto and Naruse)

FMNHGF-6510. $\times 1.1$

Fig. 14. *Magilus* sp.

FMNHGF-6570. $\times 1.0$

Figs. 15a, b. *Cernina nakamurai* (Otuka)

FMNHGF-6511. $\times 0.81$

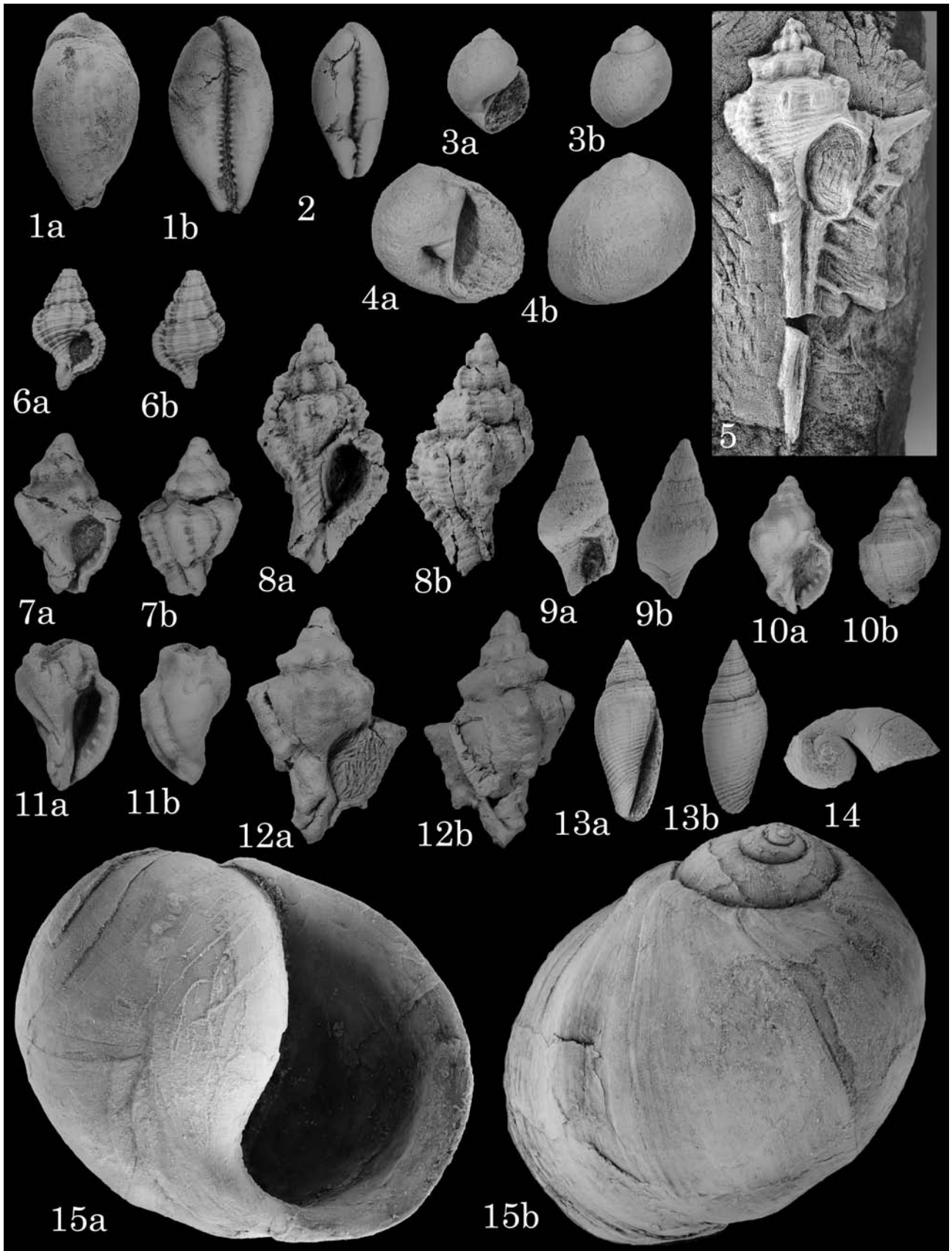


Plate 3

Figs. 1a, b. *Sydaphera* sp.

FMNHGF-6512. $\times 1.8$

Figs. 2a-4. *Siphonalia* sp.

Figs. 2a, b. FMNHGF-6513. $\times 1.0$

Fig. 3. FMNHGF-6514. $\times 1.0$

Fig. 4. FMNHGF-6515. $\times 1.0$

Figs. 5a-c. *Miocenehadra nakamurai* Habe and Itoigawa

FMNHGF-6516. $\times 1.0$

Figs. 6a, b. *Strigatella notoensis* Masuda

FMNHGF-6517. $\times 1.4$

Figs. 7a, b. *Olivella iwakiensis* Nomura and Hatai

FMNHGF-6518. $\times 1.4$

Figs. 8a, b. *Conus (Chelyconus) tokunagai* (Otuka)

FMNHGF-6519. $\times 1.0$

Figs. 9a, b. *Conus (Asprella) toyamaensis* Tsuda

FMNHGF-6520. $\times 1.0$

Figs. 10a, b. *Babylonia kozaiensis kokozurana* Nomura

FMNHGF-6521. $\times 1.0$

Fig. 11. *Reticunassa* sp.

FMNHGF-6522. $\times 2.1$

Fig. 12. *Stigopupa* cf. *hiyoshiensis* (Itoigawa)

FMNHGF-6523. $\times 2.3$

Figs. 13a, b. *Pugilina mimasakaensis* (Yokoyama)

FMNHGF-6524. $\times 1.0$

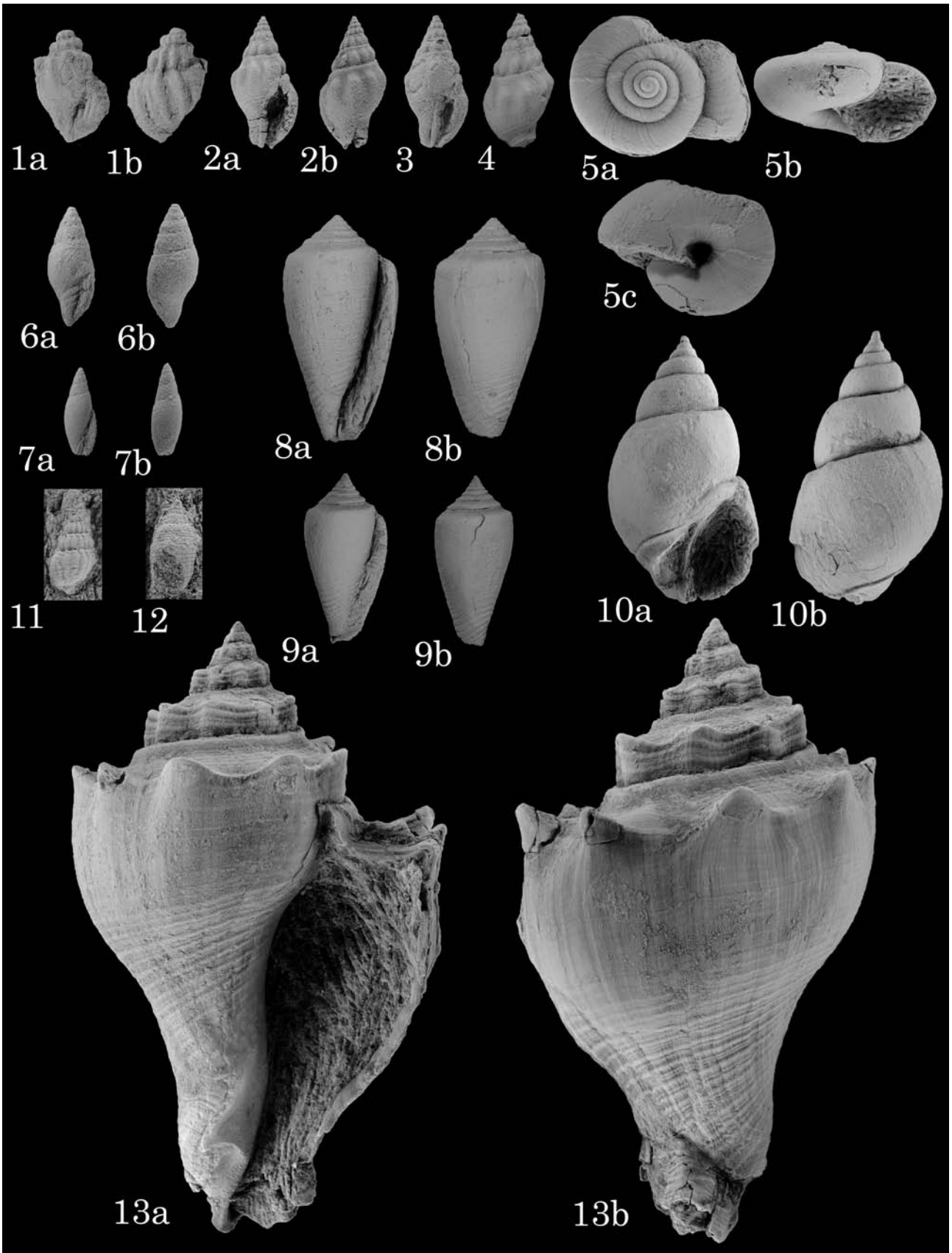


Plate 4

Fig. 1. *Scapharca* sp.

FMNHGF-6525. $\times 1.3$

Fig. 2. *Chlamys* cf. *arakawai* (Nomura).

FMNHGF-6526. $\times 1.0$

Fig. 3. *Chlamys* sp.

FMNHGF-6527. $\times 1.0$

Fig. 4. *Anadara watanabei* (Kanehara)

FMNHGF-6528. $\times 1.0$

Figs. 5a, b. *Cyclocardia siogamensis* (Nomura)

FMNHGF-6529. $\times 1.4$

Fig. 6. "*Placopecten*" cf. *osawanoensis* Tsuda.

FMNHGF-6530. $\times 1.0$

Figs. 7-9. "*Hadecardium*" *ogurai* (Otuka)

Fig. 7. FMNHGF-6531. $\times 1.4$

Fig. 8. FMNHGF-6532. $\times 1.4$

Fig. 9. FMNHGF-6533. $\times 1.2$

Fig. 10. *Clinocardium* sp.

FMNHGF-6534. $\times 1.0$

Fig. 11. *Anomia chinensis* Phillippi

FMNHGF-6535. $\times 1.0$

Fig. 12. *Crassostrea* cf. *gravitesta* (Yokoyama)

FMNHGF-65236 $\times 1.0$

Figs. 13a, b., 15 *Mytilus coruscus* Gould

Figs. 13a, b. FMNHGF-6537. $\times 1.1$

Fig. 15. FMNHGF-6574. $\times 1.0$

Fig. 14. *Crassostrea sunakozakaensis* Ogasawara

FMNHGF-6538. $\times 1.0$

Fig. 16. *Ostrea* cf. *densamellosa* Lischke

FMNHGF-6539. $\times 1.0$

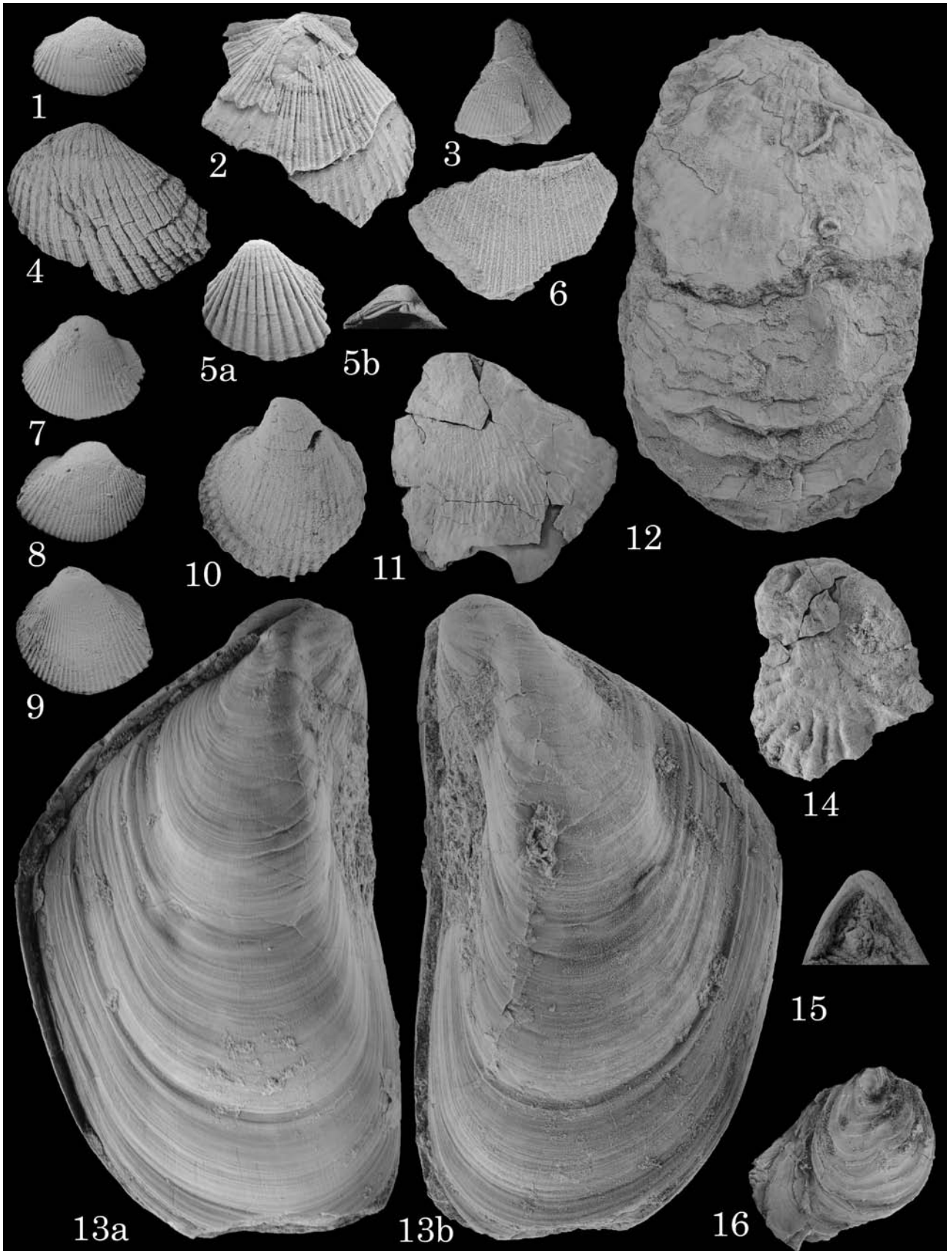


Plate 5

Figs. 1a, b, 3. *Phacosoma* cf. *suketoensis* (Otuka)

Figs. 1a, b. FMNHGF-6540. $\times 1.0$

Fig. 3. FMNHGF-6575. $\times 1.0$

Figs. 2a, b, 4. *Phacosoma akaisiana* (Nomura)

Figs. 2a, b. FMNHGF-6541. $\times 1.0$

Fig. 4. FMNHGF-6576. $\times 1.0$

Fig. 5. *Nipponomarcia*? sp.

FMNHGF-6542. $\times 1.4$

Fig. 6. *Liocyma* cf. *minuta* Nomura and Zinbo

FMNHGF-6543. $\times 1.4$

Figs. 7a, b. *Meretrix* sp.

FMNHGF-6571. $\times 1.0$

Fig. 8. *Epicodakia yokoyamai* (Otuka)

FMNHGF-6544. $\times 1.1$

Fig. 9. *Cycladicama* sp.

FMNHGF-6546. $\times 1.0$

Fig. 10. *Lucinoma*? sp.

FMNHGF-6547. $\times 1.1$

Fig. 11. *Panopea nomurae* Kamada

FMNHGF-6548. $\times 1.2$

Fig. 12. *Cycladicama ferruginata* (Makiyama)

FMNHGF-6545. $\times 1.2$

Fig. 13. *Siratoria siratoriensis* (Otuka)

FMNHGF-6550. $\times 1.0$

Fig. 14. *Callista* (*Callista*) sp. 1

FMNHGF-6551. $\times 1.0$

Figs. 15a, b. *Lutraria osawanoensis* Tsuda

FMNHGF-6554. $\times 1.0$

Figs. 16. *Callista* (*Callista*) sp. 2

FMNHGF-6552. $\times 1.1$

Figs. 17a, b. *Paphia* sp.

FMNHGF-6553. $\times 1.1$

Figs. 18a, b. *Cyclina* (*Cyclinorbis*) *lunulata* Makiyama

T. Ikeda collection. $\times 1.0$

Fig. 19. *Thracia* cf. *watanabei* Itoigawa and Shibata

FMNHGF-6549. $\times 1.0$

Figs. 20a-21. *Paphia* (*Paphia*) *suzuensis* Masuda

Figs. 20a, b. FMNHGF-6555. $\times 1.0$

Fig. 21. FMNHGF-6556. $\times 1.0$

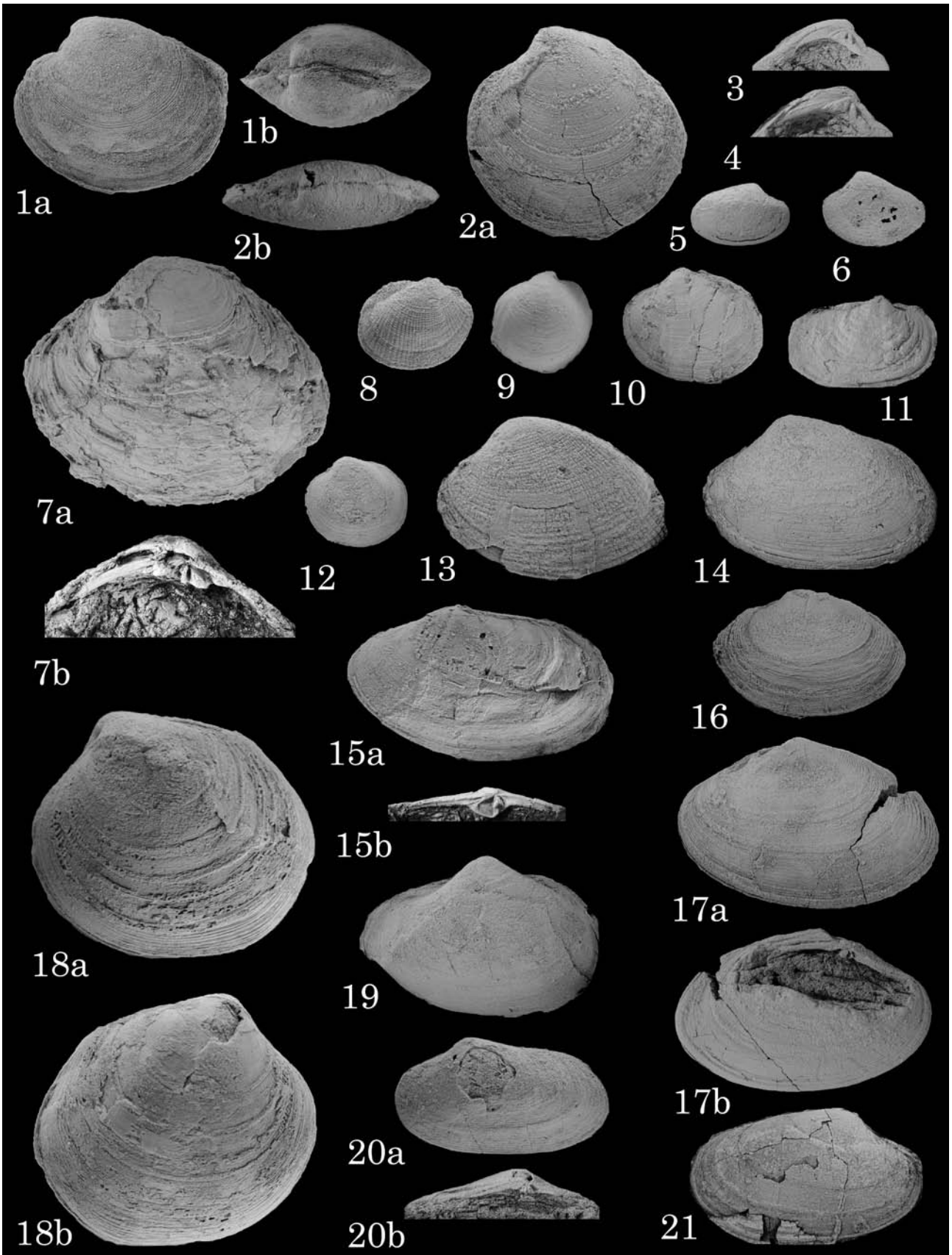


Plate 6

Fig. 1. *Solen (Solen)* sp.

FMNHGF-6558. $\times 1.0$

Fig. 2. *Macoma* sp.

FMNHGF-6559. $\times 1.0$

Figs. 3a, b. *Macoma (Rexithaerus) shiratoriensis* (Matsubara)

K. Watanabe collection. $\times 1.0$

Figs. 4-5b. *Anisocorbula ohiroi* Masuda

Fig. 4. FMNHGF-6561. $\times 1.3$

Figs. 5a, b. FMNHGF-6562 $\times 1.3$

Figs. 6-7b. *Cardilia toyamaensis* Tsuda

Fig. 6. FMNHGF-6563. $\times 1.2$

Figs. 7a, b. FMNHGF-6564 $\times 1.2$

Figs. 8a-9. *Aturia cubaensis* (Lea)

Figs. 8a-c. FMNHGF-6560. $\times 0.90$

Fig. 9. FMNHGF-6565 $\times 1.0$

Fig. 10. *Zirfaea* sp.

FMNHGF-6566. $\times 1.1$

Fig. 11. Polyplacophora

FMNHGF-6572. $\times 1.0$

Fig. 12. *Laevidentalium* sp.

FMNHGF-6573. $\times 1.0$

