

Early Miocene intertidal molluscan fossil associations of the Kunimi Formation in Kunimi-cho, Fukui City, Fukui Prefecture, central Japan

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-12-06 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中川, 登美雄, 福井県立羽水高等学校自然科学部 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10098/00028861">http://hdl.handle.net/10098/00028861</a>

瑞浪市化石博物館研究報告 第 47 号, 65–87, 4 pls., 7 figs., 5 tables.

Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, no. 47, 65–87, 4 pls., 7 figs., 5 tables.

©2020, Mizunami Fossil Museum

Manuscript accepted on July 28, 2020; online published on August 30, 2020

<http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:9B585D15-9165-4165-B83D-59D8E3E9B613>

## 福井県福井市国見町の国見層から産出した 前期中新世潮間帯貝化石群集

中川登美雄\*・福井県立羽水高等学校自然科学部\*\*

\*福井県立羽水高等学校 〒918-8114 福井県福井市羽水 1-302

\*\*高木勇杜・山口大貴・埴 健人・吉崎裕也・大石橋祐也・山田啓之

## Early Miocene intertidal molluscan fossil associations of the Kunimi Formation in Kunimi-cho, Fukui City, Fukui Prefecture, central Japan

Tomio Nakagawa\* and the Natural Science Club of  
Fukui Prefectural Usui High School\*\*

\*Fukui Prefectural Usui High School, 1-302 Usui, Fukui City, Fukui 918-8114, Japan

<tomio1203@yahoo.co.jp>

\*\*Yuto Takagi, Daiki Yamaguchi, Kento Hani, Yuya Yoshizaki, Yuya Oishibashi, and Hiroyuki Yamada

### Abstract

Four molluscan associations, the *Vicarya*, the *Cyclina-Anadara*, the *Sinonovacula-Hiatula*, and the *Crassostrea*, were identified from the Lower Miocene Kunimi Formation in the Ito Quarry, Kunimi-cho, Fukui Prefecture, central Japan. These associations suggest that the Kunimi Formation in Ito Quarry were deposited under the intertidal to subtidal zones. These molluscan associations are comparable to the tropical to subtropical Arcid-Potamid fauna (the lowest part of the Kadonosawa Fauna).

*Key words:* Kadonosawa Fauna, Arcid-Potamid fauna, *Vicarya*, *Sinonovacula*, Lower Miocene

### はじめに

福井県福井市の丹生山地北部に分布する国見層からは、*Vicarya yokoyamai* や *Anadara (Hataiarca) kakehataensis* などの貝化石群集の産出が古くから知られており(竹山, 1933; 鮎野・三浦, 1956), 前期中新世末期の温暖な気候下の干潟やマングローブ沼などの汽水域に生息していた門ノ沢動物群最下部の Arcid-Potamid 動物群(津田, 1965)に対比されている(Potamid は Potamidid とするのが正しいが、通例に倣い Potamid と表記する)。また、Arcid-Potamid

動物群を構成するマングローブ沼群集である *Geloina-Telescopium* 群集(Oyama, 1950)の代表種である *Geloina stachi* が産出している(中川, 1989, 2002; Nakagawa, 1998; 八田, 2003)。

福井市国見町の伊藤採石場(Figs. 1, 2)では、2000年頃まで国見層を東西方向に切断するデイサイト岩床の採石が行われていた。現在は大きな露頭が残され、国見層上部に含まれる化石の産出を観察できる数少ない場所である。福井県立羽水高等学校自然科学部では中川の指導の下、産出する化石群集や堆積相をもとに伊藤採石場跡に分布する国見層上部の古環境の復元を行ってきた(埴ほか、

2017; 高木・山口, 2018). 本論ではその後の検討も踏まえ, 伊藤採石場から産出する Arcid-Potamid 動物群の群集組成や産状を報告し, その産状から推定される古環境について考察する.

門ノ沢動物群(Otuka, 1939)は前期中新世末~中期中新世の熱帯~亜熱帯の貝化石群集(Matsubara, 1995)で, 最下部の潮間帯の Arcid-Potamid 動物群(津田, 1965)と *Dosinia-Anadara* 群集に細分される(Matsubara, 2011). 鎮西(1981), Chinzei(1986)は門ノ沢動物群を海洋古生物地理の面から熱帯環境, 亜熱帯環境, 温帯環境に区分した. Itoigawa(1991)は熱帯群集を黒瀬谷動物群(Tsuda, 1960), 亜熱帯群集を門ノ沢動物群に細分した. Ogasawara and Nagasawa(1992)は, 熱帯環境と亜熱帯環境の境界を日本海側では山形県鶴岡市の大山層, 太平洋側では福島県遠野の中山層を通るラインとした. その後, 岩手県二戸地域の門ノ沢層から *Geloina* が報告されたため(松原ほか, 2004), 熱帯環境と亜熱帯環境の境界はさらに北へ延び, 現在では黒瀬谷動物群と門ノ沢動物群を厳密に区分するのは難しい. そこで本論では, Matsubara(1995, 2011)の再定義に従い, 熱帯から亜熱帯環境の貝化石群集を門ノ沢動物群とし, 今回報告する Arcid-Potamid 動物群はその最下部の層準を占める軟体動物化石群集とする.

従来, 門ノ沢動物群の時代は前期中新世末~中期中新世の 16–15 Ma とされ, 最下部を占める Arcid-

Potamid 動物群は 16 Ma 前後に出現し, この時代がトロピカルスパイクまたは Climatic Optimum と呼ばれてきた(Itoigawa and Yamanoi, 1990; Ogasawara and Nagasawa, 1992). しかし, 珪藻化石を中心とした検討で門ノ沢動物群の時代が 17.0–16.7 Ma に限定され(柳沢・渡辺, 2017), Arcid-Potamid 動物群の産出もこの時代にはほぼ限定されることとなる.

## 地質概要

福井県丹生山地に分布する新第三系は下位から西谷流紋岩類, 糸生層, 国見層, 荒谷層, 市ノ瀬流紋岩類, 国見岳火山岩類に細分される(鹿野ほか, 2007). 今回貝化石群集を報告する国見層は, 北陸地域では黒瀬谷層に対比される地層で(鹿野, 2018; 中嶋ほか, 2019), 主に河川~浅海成の砂岩や泥岩からなり, 多くのデイサイト軽石火山礫凝灰岩や凝灰岩が挟まれる. 凝灰岩類には下位から K 0~K 11 の番号が付けられ, 地質図が作成されている(鹿野ほか, 2007). K 4 から 15.8±1.0 Ma と 17.5±0.6 Ma, K 9 から 16.5±0.6 Ma のジルコンの FT 年代が(鹿野ほか, 2007), K 6~K 7 の間で正帯磁が報告されている(中嶋ほか, 1992). 中嶋ほか(1990)は国見層に整合に重なる荒谷層の安山岩から 15.7Ma±0.5 Ma の K-Ar 年代を報告した. 鹿野ほか(2007)はその安山岩が荒谷層に貫入した岩床であることを明らかにした. 鹿野ほか(2007)の地質図に従えば, 国見町の伊藤採石場の化石産出地点 (Fig. 1)

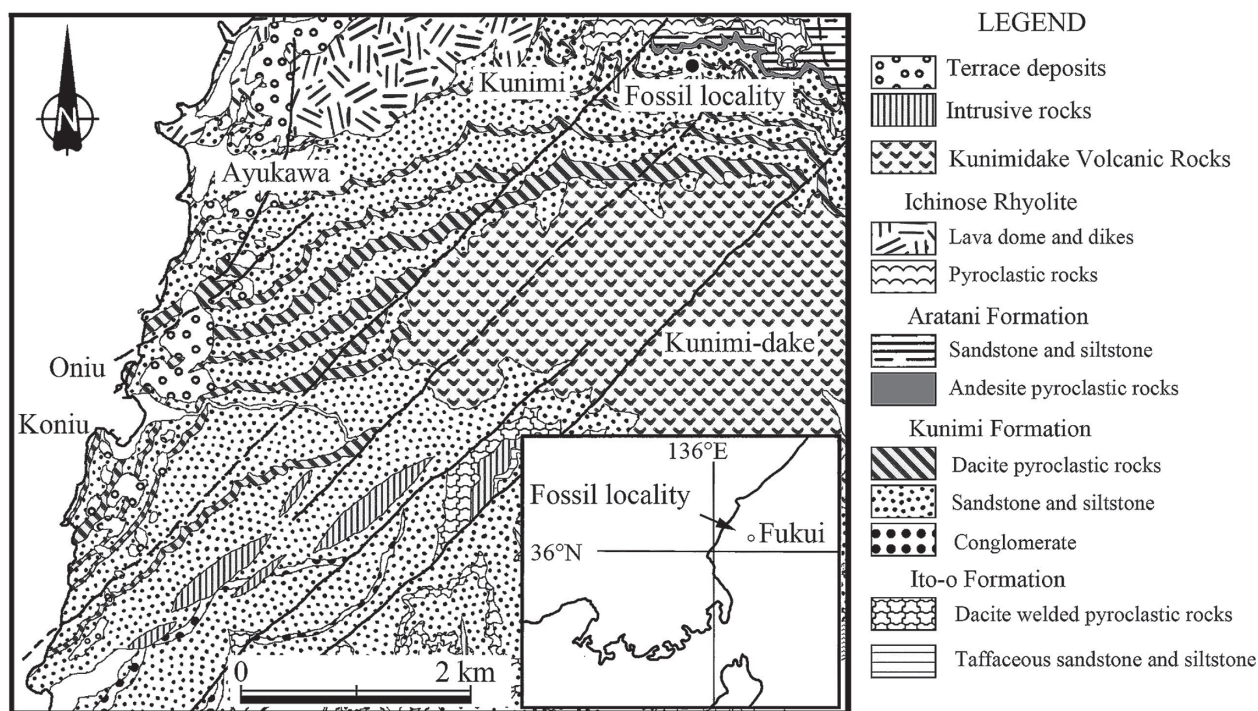


Fig. 1. Geological map and fossil locality of the Kunimi Formation in Kunimi-cho, Fukui Prefecture, central Japan (after Kano et al., 2007).

は国見層上部で海岸地域のK 9とK 11の間の層準に対比される。越前海岸の福井市鮎川の貝化石産地(竹山, 1933; 鮎野・三浦, 1956; 中川 1989, 2002) はK 10とK 11の間の層準に相当し, 両者はほぼ近い層準である。また, 伊藤採石場跡上部の細粒砂岩層からは十脚類の *Neocallichirus hattai* が報告されている(Karasawa and Nakagawa, 2010)。

国見層中～上部は Climatic Optimum に出現したマングローブ沼環境や干潟環境を伴う地層で Arcid-Potamid 動物群が報告され(Nakagawa, 1998; 中川, 2002), *Sonneratia* などのマングローブ花粉も報告されている(山野井, 1992; 安藤ほか, 2007)。柳沢・渡辺(2017)は門ノ沢動物群が 17.0–16.7Ma の短い期間内に生息したとしているが, この年代はこれまで報告されている国見層の年代や化石と整合的である。

### 化石産地の岩相とその堆積環境

化石産地は福井市国見町の旧採石場(伊藤採石場跡)であり, 国見層の堆積岩(厚さ約 70 m)が露出する(Fig. 2)。採石されていたデイサイト岩床(鹿野ほか, 2007)から  $15.0 \pm 0.4$  Ma の K-Ar 年代(中島ほか, 1990)が報告されている。本研究では, 干潟化石群集を産出する下半分を主な調査範囲とした(Fig. 3)。地層の傾斜が 10–15°程度と緩いため, 直

接観察できない層準は転石から判断した。ここでの岩相を(1)亜炭層, (2)薄葉理細粒砂岩と泥岩の互層, (3)中～粗粒砂岩, (4)生物擾乱が著しい凝灰質砂質泥岩, (5)生物擾乱が著しい砂質泥岩, (6)生物擾乱が著しい泥質砂岩, (7)級化構造が認められる礫混じり泥質中粒砂岩～砂質泥岩, (8)極細粒～細粒砂岩ならびに波状葉理や斜交葉理が認められる中粒砂岩, (9)凝灰岩の 9 つに区分した(Fig. 3:Legend の(1)～(9)は下記に対応する)。各岩相の特徴および産出する化石を下記に記載する。

- (1) 亜炭層は厚さ約 40 cm, 黒色, 薄葉理で, 風化すると薄くはがれる。
- (2) 薄葉理細粒砂岩は級化層理を伴い泥岩に漸移する。厚さ 1 mm 未満の炭質物薄を挟み, 植物葉化石を含む。
- (3) 平行葉理や斜交葉理の発達した中～粗粒砂岩が見られ, (2)の細粒砂岩や泥岩を削り込む。
- (4) 凝灰質な砂質泥岩は塊状で生物擾乱が著しい。淡灰色, 凝灰質で(5)と比較し色調がやや白い。生痕化石 *Psilonichinus tubiformis* が見られる。
- (5) 砂質泥岩は塊状で生物擾乱が著しい。淡灰色でまれに不明瞭な葉理や厚さ 1 cm 前後の薄い細粒～極細粒砂岩を挟む。 *Vicarya yokoyamai* に代表される干潟貝化石群集を構成する貝化石や *Crassostrea gravitesta* の密集層, 生痕化石 *Psilonichinus tubiformis* が見られる。

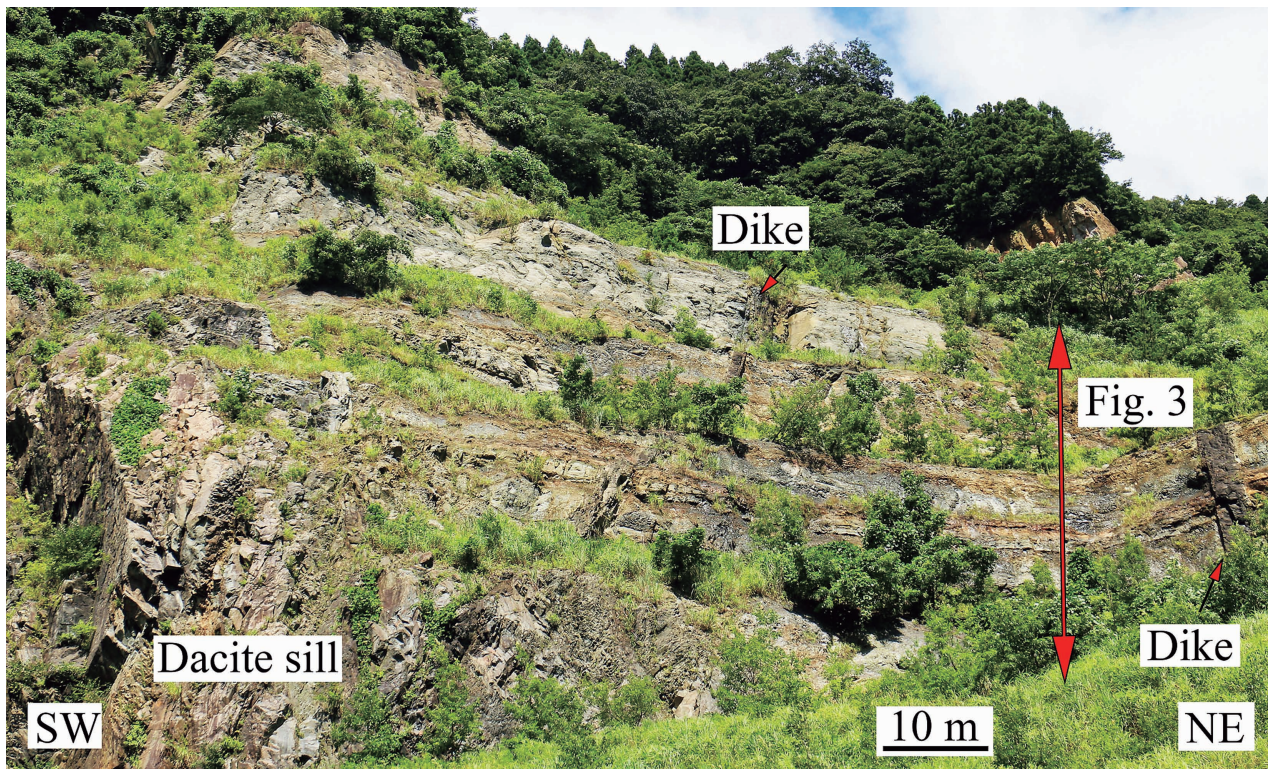
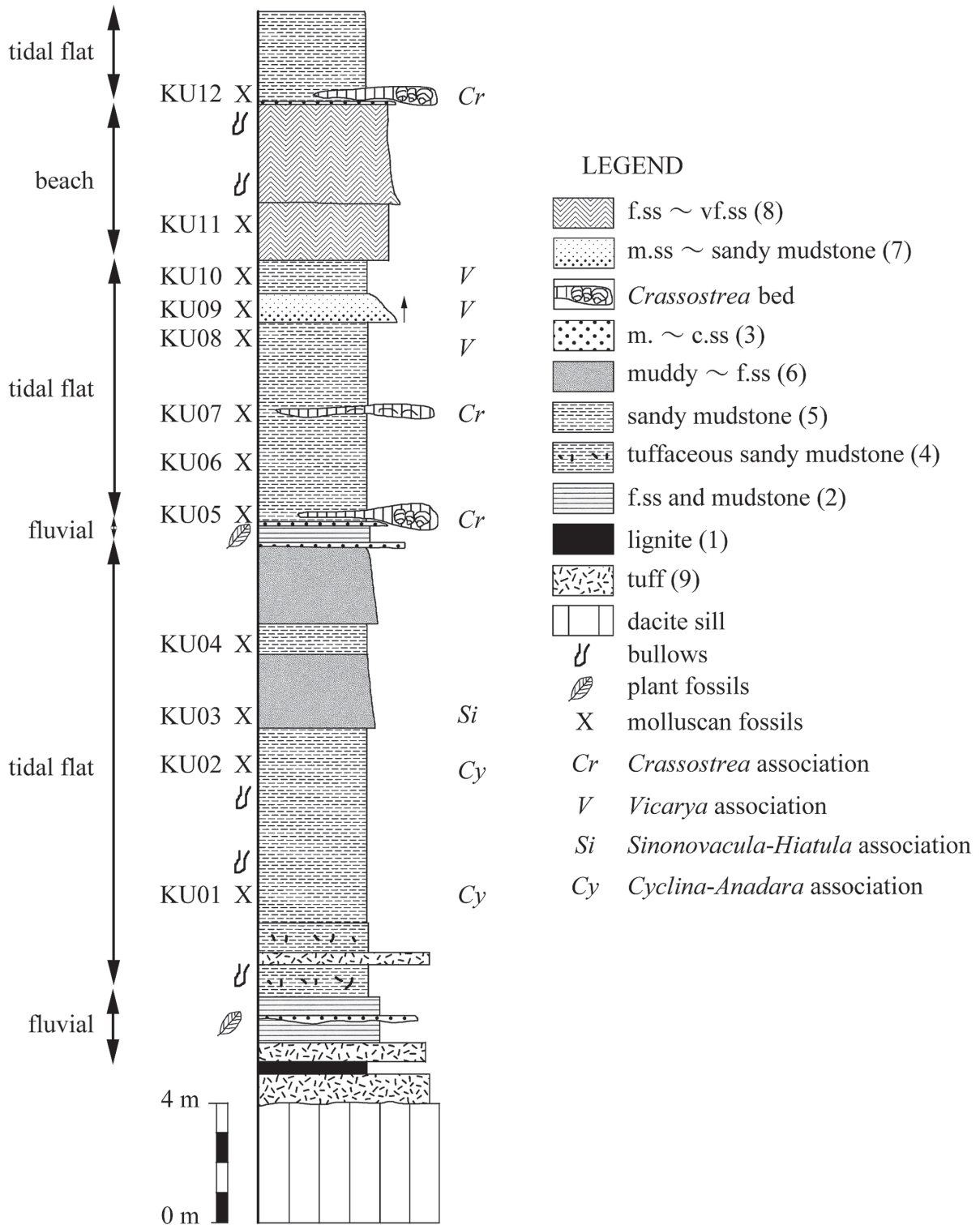


Fig. 2. Outcrop photograph of the fossil locality at the Ito Quarry in Kunimi-cho, Fukui Prefecture, central Japan. Photograph in June 12, 2016.



**Fig. 3.** Columnar section of the Kunimi Formation at the Ito Quarry in Kunimi-cho, Fukui Prefecture, central Japan. The KU- number indicates the horizon of the fossil.

(6) 泥質細粒砂岩も(5)の砂質泥岩と同様に生物擾乱が著しいが、比較すると砂粒の量が多く、部分的に不明瞭な葉理を伴う。*Sinonovacula constricta* や *Hiatula* sp. が直立閉殻の産状で産出するほか、*Vicarya yokoyamai* や *Pirenella yatsuoensis* が産出する。

(7) 厚さ 150 cm の礫混じり泥質中粒砂岩～砂質泥岩からなり、級化構造を持つ。上下を干潟堆積相に挟まれる。最下部には径数 cm の礫や *Crassostrea gravitesta* の破片を含み、上部からは *Vicarya yokoyamai* が産出する。

(8) 極細粒砂岩・細粒砂岩は細粒砂岩を主とし、中粒砂岩、極細粒砂岩、泥岩を伴う。下位層を削り込むチャンネル構造を持つ高角の斜交葉理や波状斜交葉理が見られる。ウェーブリップルが保存された極細粒砂岩も見られる。 *Tellina?* sp. の幼殻を底部に含む垂直型の生痕化石 *Conichnus conicus* や生痕化石 *Ophiomorpha nodosa*, 所属不明の植物種子化石 (*Corpolithes* sp.) が産出する。

(9) 凝灰岩は、やや粗粒な凝灰岩からなり軽石が含まれる。また、不明瞭な葉理が見られると共に薄い泥岩薄層が挟まれる。

以上の特徴から、(1), (2), (3) は河川成の堆積相で、亜炭層と薄葉理細粒砂岩・泥岩は氾濫原や湿地の、(1), (2) を削り込む中～粗粒砂岩はポイントバーの堆積物である (Miall, 1990)。 (4), (5), (6) の生物擾乱が著しい砂質泥岩や泥質細粒砂岩は干潟の潮間帯～潮間帯下の堆積相で (Reineck and Singh, 1980), *Vicarya yokoyamai* に代表される化石や生痕化石 *Psilonichinus tubiformis* を産出する。坂倉 (2004) は、日本の干潟はエスチュアリーの一部とみることもできると指摘している。 (7) の礫混じり泥質中粒砂岩～泥質細粒砂岩は上下を干潟堆積相に挟まれ、級化構造を持ち砂質泥岩に漸移することから干潟環境に流れ込んだ土石流堆積物の可能性が高い。 (8) は下部外浜に特徴的なウェーブリップルを持つ極細粒砂岩・細粒砂岩ならびに上部外浜に特徴的な高角の斜交葉理や波状斜交葉理が見られることから、海浜の堆積物と考えられる (斎藤, 1989; 西村ほか, 1993)。また、前浜～外浜堆積物に多く見られる生痕化石 *Ophiomorpha nodosa* も産出する (Pemberton et al., 2012)。 (9) の凝灰岩は泥岩薄層を含むことから水成環境で、上下に氾濫原や干潟堆積物を含むことからいずれかの環境と推定される。本論ではその中で (5), (6), (7) の *Vicarya yokoyamai* を産出する生物擾乱が著しい砂質泥岩、泥質細粒砂岩、泥質中粒砂岩～泥質細粒砂岩から産出する化石群集について詳しく記載する。

### 化石の産状

二枚貝化石は、生息姿勢を保ったまま産出すれば生没的 (*in situ*)、堆積物から洗い出されたのち生息地から移動せずに再堆積した場合は同相的 (*indigenous*)、生息地から移動して産出した場合は異相的 (*exotic*) という (鎮西・近藤, 1995)。鎮西・近藤 (1995) や高橋ほか (2008) は生没的ないし同相的な化石集団を自生 (*autochthonous*) とし、化石群

集 (*fossil association*) とよび、異地性要素の強い化石集団を他生 (*allochthonous*) とし、化石群 (*fossil assemblage*) とした。

巻貝は底質の表層に生活している種が多く、産状の判断は難しいので次のような観点から自生かどうかを判定した。

- (1) 殻が均一にすり減っていれば摩耗の可能性が高く他生、特定部分がすり減っていれば溶食の可能性が高く自生である。破片としてのみ産出する場合には他生である。
- (2) さまざまな成長段階の個体が産出すれば自生の可能性が高い。ただし、成長に応じて生息域を変える種もある。
- (3) 粗粒な岩相に現生近縁種が泥岩・砂質泥岩や細粒砂岩に生息する巻貝が見つければ、他生の可能性が高い。泥岩・砂質泥岩から産出する巻貝は自生の可能性が高い。ただし、死後、ヤドカリによって殻を使用され、巻貝の分布地域外へ運ばれることもある (田中・前田, 1999)。

今回産出した化石はそのほとんどが生没的または同相的で、それらの混合により形成された自生の化石群集であった。

### 貝類化石群集

KU01～KU12までの12層準から貝化石が産出した (Fig. 3, Table 1)。それらは、産状観察から生没的個体や同相的個体を含む自生の化石群集である。産出量の多い9層準 (KU01-03, KU05, KU07-10, KU12) の化石群集を *Cyclina-Anadara* 化石群集、*Vicarya* 化石群集、*Sinonovacula-Hiatula* 化石群集、*Crassostrea* 化石群集に区分した。これらの化石群集の中で *Cyclina-Anadara* 化石群集、*Vicarya* 化石群集、*Crassostrea* 化石群集は Nakagawa (1998) が記載した化石群集にそれぞれ対比され、*Sinonovacula-Hiatula* 化石群集は本研究で新たに認定されたものである。代表的な産出化石を Plates 1-4 に示す。

(1) *Cyclina-Anadara* 化石群集。

産出化石: *Vicarya yokoyamai*, *Menkrawia notoensis*, *Crepidula* sp., *Pirenella yatsuoensis*, *Chicoreus (Rhizophorimurex) asanoi*, *Reticunassa* sp., *Anadara (Hataiarca) kakehataensis*, *Estellacar uetsukiensis*, *Crassostrea gravitesta*, *Anomia* sp., *Cyclina (Cyclina) takayamai*, *Clementia* sp., *Cycladicama takeyamai*, *Cycladicama* sp., *Apolymetis takaii*, *Paphia?* sp., *Nitidotellina* sp., *Macoma* sp., *Cultellus izumoensis* の巻貝6種、二枚貝13種の計19種の貝化石が産出した。

**Table 1.** Molluscan fossils from the Kunimi Formation in Kunimi-cho, Fukui Prefecture, central Japan. Sample horizons are shown in Fig. 3.

Species	Horizon	KU01 sandy mud	KU02 sandy mud	KU03 vf.ss	KU04 md	KU05 sandy mud	KU06 md	KU07 f.ss	KU08 sandy mud	KU09 m.~ f.ss	KU10 sandy mud	KU11 f.ss	KU12 sandy mud
<b>GASTROPODA</b>													
<i>Vicarya yokoyamai</i> Takeyama		VA	VA	A	A		R		A	A	A		
<i>Menkrawia notoensis</i> (Masuda)		R	R										
<i>Crepidula</i> sp.		R	R										
<i>Pirenella yatsuoensis</i> (Tsuda)		A		C	R				R	R	R		
<i>Chicoreus (Rhizophorimurex) asanoi</i> Masuda		A	VA										
<i>Reticunassa</i> sp.			R										
<b>BIVALVIA</b>													
<i>Anadara (Hataiarca) kakehataensis</i> Hatai and Nisiyama		VA	C										
<i>Estellacar uetsukiensis</i> (Hatai and Nisiyama)		VA	A										
<i>Crassostrea gravitesta</i> (Yokoyama)		R	R			VA		VA		C			VA
<i>Anomia</i> sp.		R	C						R				
<i>Cyclina (Cyclina) takayamai</i> Oyama		VA											
<i>Clementia</i> sp.		C	R										
<i>Cycladicama takeyamai</i> (Otuka)			C										
<i>Cycladicama</i> sp.			R										
<i>Apolymetis takaii</i> Ogasawara and Tanai			C										
<i>Nitidotellina</i> sp.			R						R	R			
<i>Macoma</i> sp.		R	R						R				
<i>Paphia?</i> sp.			R										
<i>Tellina</i> sp.				R									
<i>Tellina?</i> sp.												R	
<i>Hiatula</i> sp.				A	R								
<i>Cultellus izumoensis</i> Yokoyama		C											
<i>Sinonovacula constricta</i> (Lamarck)				VA						R		C	

md: mudstone, vfss: muddy fine grained sandstone~sandy mudstone, fss: fine grained sandstone

m.~f. ss: medium to fine grained sandstone

R: Rare (1 to 2 individuals), C: Common (3 to 5 individuals), A: Abundant (6 to 10 individuals)

VA: Very Abundant (more than 10 individuals)

KU01 では, *Anadara (Hataiarca) kakehataensis*, *Cyclina (Cyclina) takayamai*, *Vicarya yokoyamai* などの大型の貝のほか *Estellacar uetsukiensis*, *Pirenella yatsuoensis* などの小型の貝も多産する。KU02 では, *Chicoreus (Rhizophorimurex) asanoi*, *Cycladicama takeyamai*, *Anadara (Hataiarca) kakehataensis* が多産する。 *Vicarya yokoyamai* は, これらの多産する層準から 1–2 m 上位の層準で多産する。

**岩相:** 生物擾乱が著しい砂質泥岩 (KU01, KU02)。

**産状:** *Anadara (Hataiarca) kakehataensis* は両殻で後端を上に向けた生没的に産出することが多いが, 片殻での産出や両殻で靱帯面がずれた同相的産状の個体も見られる。Ogasawara and Noda (1996) は *Anadara (Hataiarca) kakehataensis* に付着した多毛類やゴカイの付着痕から干潟の泥の上に, 殻の一部を底質から出して生活していたことを指摘した。今回産出した個体の中にも *Crepidula* sp. が殻後部に, 多毛類の付着跡が殻頂部に見られる (Pl.1, Figs. 11a–d)。

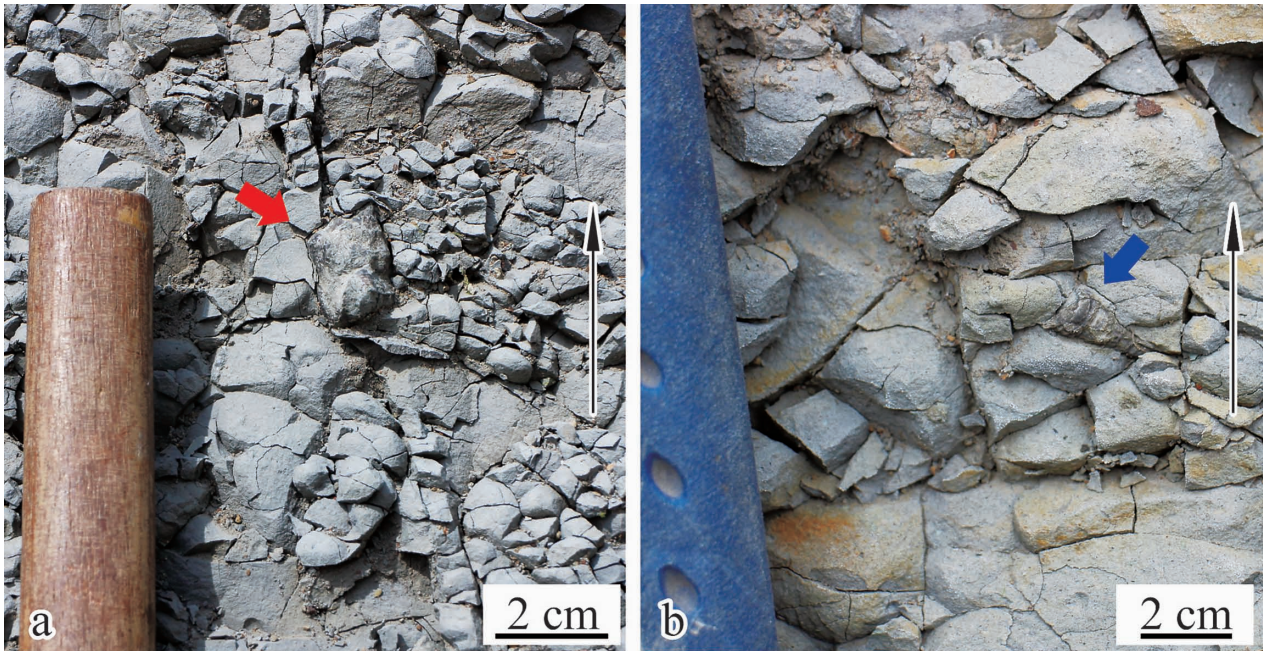
*Cyclina (Cyclina) takayamai* は後部を上にし, 直立閉殻の産状で産出する。これは現生種の *Cyclina sinensis* の生没的産状 (Kondo, 1987) と同じである。その他, 両殻または片殻で地層面に平行な産状を示す個体もある。 *Cultellus izumoensis* は, 片殻で産出する場合もあるが, 両殻で地層面に対して 30–60° 傾いて産出する生没的産状で産出する個体がある。この他, 二枚貝では *Estellacar uetsukiensis*, *Apolymetis*

*takaii*, *Nitidotellina* sp., *Macoma* sp. は両殻で産出するが, 生息姿勢は確認できなかった。 *Crassostrea gravitesta* は破片として産出する。

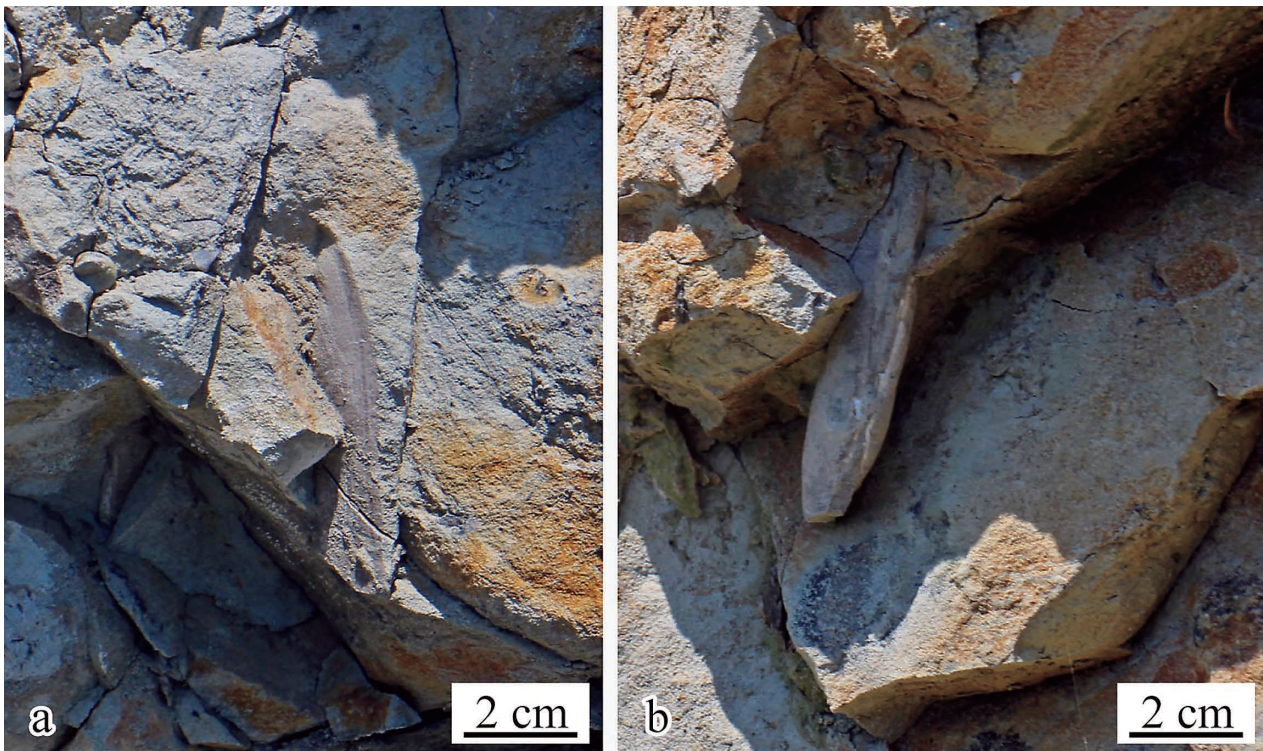
*Vicarya yokoyamai* の殻表面には溶食痕が認められる。溶食した個体の中では二面以上溶食を受けた個体も見られる。なお, KU04 や KU06 などの泥岩から産出した個体は圧密の影響を強く受け, 扁平な個体が多い。産出した *Vicarya yokoyamai* は殻高が 65–80 mm 前後のものが多く (Table 2), 極端に大きい個体や幼殻は見られない。 *Chicoreus (Rhizophorimurex) asanoi* は幼殻~成殻までの多くの標本が産出する。また, 殻表が付着物により広く覆われた個体が多い。巻貝には *Pirenella yatsuoensis* のような小型の巻貝だけでなく, *Chicoreus (Rhizophorimurex) asanoi* の中にはほぼ垂直に傾いた個体や *Vicarya yokoyamai* も地層面に対して 40° 以上下向きに傾いて産出する個体が見られる (Fig. 4)。

産出した *Vicarya yokoyamai*, *Anadara (Hataiarca) kakehataensis*, *Cyclina (Cyclina) takayamai* の一部の個体はバジュール (石灰質団塊) 中に含まれる, または殻表が不完全なバジュールで覆われているため化石の分離が悪い。

**古環境:** *Vicarya yokoyamai*, *Anadara (Hataiarca) kakehataensis*, *Cyclina (Cyclina) takayamai* など干潟の砂泥底に生息していたとされる種が優占するため, 干潟環境と考えられる。また, 二枚貝の産出が多い点で福井市鮎川の *Cyclina-Anadara* 化石群集 (Nakagawa, 1998) と似る。



**Fig. 4.** Photographs of mode of occurrence of molluscan fossils. The photograph on the left (a) shows *Chicoreus (Rhizophorimurex) asanoi* (red arrow) and the photograph on the right (b) shows *Vicarya yokoyamai* (blue arrow). Black arrows point upward.



**Fig. 5.** Photographs of mode of occurrence of *Sinonovacula constricta*.

(2) *Vicarya* 化石群集

**産出化石:** *Vicarya yokoyamai*, *Pirenella yatsuoensis*, *Anomia* sp., *Nitidotellina* sp., *Macoma* sp. の巻貝 2 種, 二枚貝 3 種の計 5 種の貝化石が産出した。*Vicarya yokoyamai*, *Pirenella yatsuoensis* が多産するが, *Nitidotellina* sp. や *Macoma* sp. はそれぞれ 1 個体が産出したのみである。

**岩相:** 生物擾乱が著しい砂質泥岩 (KU08, KU10), 礫混じりの泥質中粒砂岩～泥質細粒砂岩 (KU09)。

**産状:** *Vicarya yokoyamai* の殻表面に *Anomia* sp. が付着した個体が産出する。産出した *Vicarya yokoyamai* は殻長が 65–80 mm 前後のものが多く, 極端に大きい個体や幼殻は見られない。



**古環境:** *Vicarya yokoyamai*, *Pirenella yatsuoensis* など干潟の砂泥底に生息していた種が優占するため、干潟環境と考えられる。 *Anadara (Hataiarca) kakehataensis* や *Cyclina (Cyclina) takayamai* などの二枚貝や *Chicoreus (Rhizophorimurex) asanoi* が産出しない。 Nakagawa (1998) の *Vicarya* 化石群集に対比される。

### (3) *Sinonovacula-Hiatula* 化石群集

**産出化石:** *Sinonovacula constricta*, *Hiatula* sp., *Tellina* sp., *Vicarya yokoyamai*, *Pirenella yatsuoensis*.

**岩相:** 泥質細粒砂岩 (KU03).

**産状:** *Sinonovacula constricta* や *Hiatula* sp. が生没的産状で産出する (Fig. 5). *Sinonovacula constricta* を地層断面で観察すると、幅 1 m、高さ 40 cm の範囲に 3–10 個体見られる。 *Pirenella yatsuoensis* と *Vicarya yokoyamai* は地層面にほぼ平行に産出する個体が多く、同相的である。

**古環境:** 現生種の *Sinonovacula constricta* は瀬戸内海～九州、朝鮮半島、中国大陸縁岸の内湾。潮間帯下部の泥底に生息する (奥谷 (編), 2017)。 *Hiatula* sp. は現生種のムラサキガイ (*Hiatula diplos*) に似る。ムラサキガイは水深 20 m 以浅の亜潮間帯泥底に生息する (奥谷 (編), 2017)。 *Anadara*

(*Hataiarca*) *kakehataensis* や *Cyclina (Cyclina) takayamai* などの干潟を代表する二枚貝は共産しない。巻貝の産状は不明だが *Pirenella yatsuoensis* や *Vicarya yokoyamai* も産出することから近隣に干潟を伴う潮間帯～潮間帯下の環境と推定される。

### (4) *Crassostrea* 化石群集

**産出化石:** *Crassostrea gravitesta*

**岩相:** 砂質泥岩 (KU05, KU12), 細粒砂岩 (KU07)。

**産状:** 砂質泥岩には *Crassostrea gravitesta* が、最大で厚さ 70 cm、幅 5 m でレンズ状に密集する (Fig. 6)。これらの密集はカキ礁の状態が保存されたものと考えられる。両殻が揃った個体が見られ、採集した個体は不完全であるが最大殻長が 30 cm を超える。また、穿孔貝による径 5–10 mm の穿孔痕があげられた個体も多い。しかし、密集部の縁辺や内部の一部では横向きに堆積している。一方 KU07 は細粒砂岩中に見られ、厚さが約 20–30 cm と薄く、側方へは 5 m 前後続く。また、観察する限り離弁し地層面に平行に産出することから、カキ礁が少し流されて形成されたものである。

**古環境:** KU05, KU12 はいずれも上下の砂質泥岩から *Vicarya yokoyamai* を産出することから、干潟周辺の環境で礁を形成していたと考えられる。 KU07 も

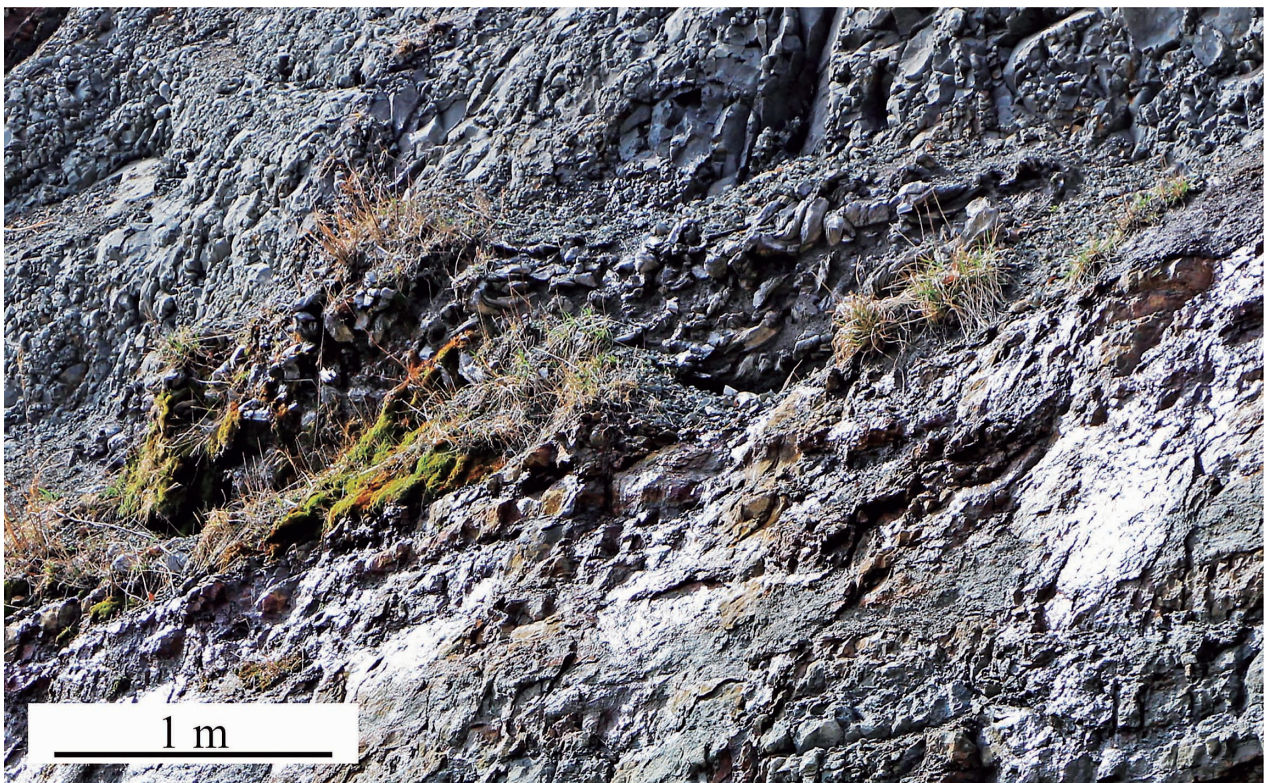


Fig. 6. Outcrop photograph of the *Crassostrea gravitesta* bed (KM05). Photograph in February 28, 2015.

似た環境であるが, *Crassostrea gravitesta* の礁が形成後流されて他所に集積したと考えられる。

記 載

産出した貝化石の中で代表的な種について簡単に記載する。シノニムについては主に模式標本ならびに国見層について示した。なお, 今回使用した標本は標本番号 (FCMNH-GF) が付与され, 福井市自然史博物館に収蔵される。

*Vicarya yokoyamai* Takeyama, 1933

(Pl. 4, Figs. 1–6)

*Vicarya verneuili yokoyamai* Takeyama, 1933, p. 134–137, pl. 13, fig. 4; 鮎野・三浦, 1956, p. 8, pl.4, figs. 17a, b.

*Vicarya yokoyamai* Takeyama; Kanno, 1986, p. 44–46, pl.4, figs. 1–8, pl. 5, figs. 1–11, pl. 6, figs. 1–6, pl. 7, figs. 1–6, 8; 中川, 1989, pl. 3, figs. 1–4b; Nakagawa, 1998, p. 156–157, figs. 33–1–6.

Table 2 と 3 に示す 14 個体を含め 24 個体の標本を検討した。

殻は大きく塔型。螺層は膨れず, 11 層以上保存されている。各螺層に 6 本の螺肋があり, 体層から 4–5 層は最上部の縫合直下の螺肋の顆粒は体層に向かって次第に強くなり棘状になる。体層の周縁はふくれて何本かの螺状糸をもつ。殻口は亜円形。殻軸は短く 1 本の弱い褶がある。外唇には深い湾入がある。殻口部は老成すると厚くなり, 化石として保存されやすいが, 今回採集した標本は溶脱や採集時の破損のため不完全である。

各螺層に 9–11 個前後, 棘の総数は 30–35 個前後の個体が多い。殻の溶食が広範囲に及ぶ FCMNH-

GF9713 では 7 個, FCMNH-GF9720 では 20 個と棘の発達が悪い。一方, 溶食をあまり受けていない FCMNH-GF9714 は 39 個, FCMNH-GF9716 は 38 個と比較的棘の発達が良い (Table 2)。 *Vicarya yokoyamai* の圧密による変形は砂質泥岩ではその程度が小さいが泥岩では大きい (Table 3)。

KU02 から産出した 10 個体の *Vicarya yokoyamai* は全個体が溶食を受けていた。それらは幼殻のみが 7 個体, 側面と殻が 1 個体, 全体の装飾が 2 個体であった。溶食を受けた代表的な個体を Plate 4 に示す。

東條・坂倉 (1998), Tojo and Masuda (1999) は成長線の研究から *Vicarya* が潮間帯に生息していたことを明らかにした。岡本・松尾 (1994) は溶食された個体が見られることから, 酸性環境下に生息していたことを示した。今回観察した個体のすべてで幼殻の表面彫刻が失われることから, 岡本・松尾 (1994) の指摘のように *Vicarya yokoyamai* の殻の溶食は幼殻部分からその影響が現れる。 *Geloina* で報告されているように, 殻の溶食は干上がり, 殻皮が失われることで進む (伊左治, 1995) ことから *Vicarya* でも殻皮の薄い先端部から溶食されたと考えられる。また, 全体が溶食されている個体は 2 面以上溶食や磨耗を受けている。このような現象は現生種のキバウミニナ (*Terebralia palustris*) で知られており, ヤドカリの 1 種であるツメナガヨコバサミ (*Clibanarius longitarsus*) が殻を利用することによるダメージと考えられている (田中・前田, 1999)。 *Vicarya* に見られる 2 面以上の溶食・磨耗もヤドカリ類によると考えられる (田中, 2000; 岸本, 2019)。

なお, 本化石産地から産出した化石の中で溶食を受けているのは *Vicarya yokoyamai* のみである。

**Table 2.** Relationship of number of tubercles and eroded surface in *Vicarya yokoyamai* Takeyama. All specimens were obtained from KU02.

Sample No.	Height (mm)	Diameter (mm)	P.W.	Number of tubercles					Total	eroded surface
				B	2th	3th	4th	5th		
FCMNH-GF9713	77.4	33.6	10+	7	0	0	0	0	7	BW and upper W.
FCMNH-GF9785	77.2	33.7	11	8	8+	5?	0	0	21+	BW and upper W.
FCMNH-GF9720	71.2	31.1	11+	7	11	2	0	0	20	3th and upper W.
FCMNH-GF9719	63.4	28.3	9+	9	9	10	2	0	30	4th and upper W.
FCMNH-GF9717	75.5	33.0	11+	9	9	9	8	0	35	5th and upper W.
FCMNH-GF9715	71.9	34.4	9+	8	8	8	10	1	35	6th and upper W.
FCMNH-GF9718	69.3	31.0	7+	9	10	10	1	0	30	6th and upper W.
FCMNH-GF9721	73.6	35.8	9+	7	8	9	6	0	30	6th and upper W.
FCMNH-GF9716	70.6	33.3	10+	9	9	10	10	0	38	7th and upper W.
FCMNH-GF9714	71.6	32.7	10+	9	10	9	9	2	39	8th? and upper W.

P.W.: number of preserved whorls

**Table 3.** Difference in deformation due to facies in *Vicarya yokoyamai* Takeyama.

Sample No.	Penultimate whorls		S/L	
	Long (mm)	short (mm)		
mudstone (KU04)	FCMNH-GF9761	21.24	14.35	0.68
	FCMNH-GF9762	20.39	14.22	0.70
	FCMNH-GF9764	23.64	17.70	0.75
	FCMNH-GF9765	24.69	16.83	0.68
sandy mudstone (KU02)	FCMNH-GF9713	23.19	22.29	0.96
	FCMNH-GF9714	25.26	24.90	0.99
	FCMNH-GF9715	25.45	24.25	0.95
	FCMNH-GF9716	23.75	21.81	0.92
	FCMNH-GF9717	25.15	24.18	0.96
	FCMNH-GF9718	25.29	23.08	0.91
	FCMNH-GF9719	21.77	20.19	0.93
	FCMNH-GF9720	22.11	20.64	0.93
	FCMNH-GF9721	25.05	23.01	0.92
	FCMNH-GF9785	25.64	22.37	0.87

In order to avoid the influence of the shell mouth, the width of the uncrushed part (L) and the collapsed thickness (S) were measured for the penultimate whorls.

### *Chicoreus (Rhizophorimurex) asanoi* Masuda, 1956

(Pl. 1, Figs. 1a–2b)

*Chicoreus asanoi* Masuda, 1956, p. 163, pl. 26, figs. 10–11; 鮎野・三浦, 1956, p. 9, pl. 4, fig. 23.

*Chicoreus* cf. *asanoi* Masuda; 鮎野・三浦, 1956, pl. 4, fig. 24.

*Chicoreus (Rhizophorimurex) asanoi* Masuda; 中川, 1989, pl. 3, 7a, b, Nakagawa, 1998, p. 165–167, figs. 34-1a–c, 3–4b.

*Chicoreus notoensis* Masuda, 1956, p. 163–164, pl. 26, figs. 12a–c.

*Chicoreus* cf. *notoensis* Masuda; 鮎野・三浦, 1956, p. 9, pl. 4, fig. 25.

40 個体の標本を検討した。検討した個体数の殻は紡錘形で螺層は 6 層あり、急に大きくなる。殻口部は殻高の 1/2 以上を占める。水管は少し曲がる。11 本の縦肋が見られ、体層ではその中の 3 本が特に強い。*Chicoreus (Rhizophorimurex) nagiensis* に比べ、殻頂角がやや大きく、縦張肋に丸みを帯び、肋がちぢみ状にならないこと、肋間肋が丸みを帯び幅が広いことから区分される。本種は、Masuda (1956) が能登半島の東印内層産の標本を基に新種記載した種である。同じ論文で、本種に比べ殻頂角が大きいこと、殻口部下位に強い肋が見られることから本種とは別に *Chicoreus (Rhizophorimurex) notoensis* が記載されたが、今回多くの標本が得られ 2 種を再検討したところ、殻口部の突起とそれにつながる強い螺層は成長と共に強くなることを確認した。したがって、本論で両者は同一種であると判断し、

*Chicoreus (Rhizophorimurex) notoensis* は *C. (Rhizophorimurex) asanoi* のシノニムとなる。

### *Anadara (Hataiarca) kakehataensis* Hatai and Nisiyama, 1949

(Pl. 1, Figs. 6a–7b, 11a–d)

*Anadara (Anadara) kakehataensis* Hatai and Nisiyama, 1949, p. 88–89, pl. 23, figs. 8–10.

*Anadara kakehataensis* Hatai and Nisiyama; 鮎野・三浦, 1956, p. 7, pl. 1, fig. 2.

*Anadara (Hataiarca) kakehataensis* Hatai and Nisiyama; 中川, 1989, pl. 1, fig. 1; Nakagawa, 1998, p. 115–118, figs. 20-9–12.

13 個体の標本を検討した。殻は中～大型で厚く箱形でよく膨れる。殻頂は前方に強く傾く。靱帯面は広い。24–25 本の顆粒のある放射肋が見られる。肋間は肋とほぼ同じ広さである。

*Vicarya yokoyamai* は 18 Ma の明世動物群 (Itoigawa, 1991) から産出しているが、本種は門ノ沢動物群になって初めて産出する (Ogasawara and Noda, 1996)。門ノ沢動物群の時代は 17.0–16.7 Ma の短い期間におさまることから (柳沢・渡辺, 2017)、本種は国見層の時代を決める上で重要な示準化石である。

### *Cyclina (Cyclina) takayamai* Oyama, 1950

(Pl. 3, Figs. 3a–7c)

*Cyclina sinensis* Otuka, 1938, p. 32, pl. 11, figs. 13, 15.

*Cyclina (Cyclina) takayamai* Oyama, 1950, p. 463–464.

*Cyclina (Cyclina) japonica* Kamada, 1952, p. 168, pl. 15, figs. 1a–2, 4.

*Cyclina japonica* Kamada, 1952; 鮎野・三浦, 1956, p. 8, pl. 2, figs. 8a–d; 中川, 1989, pl. 1, figs. 1–3; Nakagawa, 1998, p. 149–150, figs. 30-6–8c.

*Cyclina (Cyclinorbis) yatsuoensis* Tsuda, 1959, p. 76, pl. 2, figs. 10, 11.

Table 4 に示す 5 個の標本を含め 22 個体を検討した。

殻は厚く、殻高が殻長より大きく楕円形で良く膨れる。殻頂部は前に傾く。不規則な成長脈のほか、低くて不明瞭な放射肋が全面にあり布目状になる。小月面はない。腹縁は細かく刻まれる。

前期～中期中新世の *Cyclina* 属は *Cyclina (Cyclina) japonica* Kamada, 1952, *Cyclina (Cyclina) takayamai* Oyama, 1950, *Cyclina (Cyclinorbis) yatsuoensis* Tsuda, 1959 (本種は *Cyclina* 亜属である) の 3 種が報告されている。*Cyclina (Cyclina) takayamai* は Otuka (1938) の *Cyclina sinensis* を基に大山 (1950) が新種として記載したものである。その

ほか *Cyclina (Cyclinorbis) lunulata* Makiyama, 1926 が報告されているが、前後縁付近のみに放射肋が見られ、殻頂があまり傾かないなどの特徴から区分される。

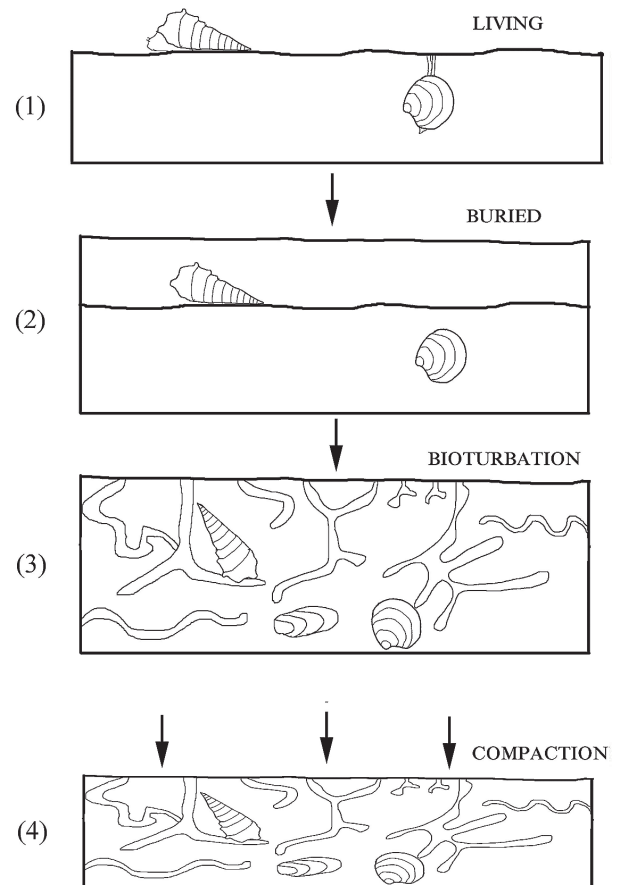
Nakagawa (1998)は、*Cyclina (Cyclina) yatsuoensis* は *Cyclina (Cyclina) japonica* の変形した個体であると述べた。Matsubara (2011)は *Cyclina (Cyclina) takayamai* が有効名であることを示すとともに、これら3種が同一種で、埋積後の変形により別種とされた可能性を指摘した。そこで本論では、最初に命名された *Cyclina (Cyclina) takayamai* をこの種の有効名とした。本種の計測結果を Table 4 に示す。

KU01 からは、*Cyclina (Cyclina) takayamai* の生没的産状の標本を得ることができた。地層の傾斜が  $10^\circ$  前後のため、ほぼ上下方向に圧縮された形で産出した。FCMNH-GF9697–9700 はいずれも両殻で産出したが、殻幅/殻長、殻幅/殻高、殻高/殻長の値が大きく異なる。このような“変異”は圧密に伴う変形が原因と考えられる。また、標本ごとに変形のされ方が異なり、計測値にも大きな“変異”が見られることから、圧密による変形を受ける前に個体ごとに埋積された姿勢が異なっていたと判断される。また、FCMNH-GF9698 と FCMNH-GF9699 は殻頂部付近がゆがんでいる。FCMNH-GF9700 の標本は殻頂が真上または真下の状態で埋没したため殻幅が広い。FCMNH-GF9701 は洗い出され、地層面に平行に埋積していた。そのため、殻幅/殻長、殻幅/殻高の値が他の標本に比べ小さい。このような変形による形態の違いが前期～中期中新世に3種類の *Cyclina* 属化石が報告された原因の可能性が高い。

本産地における *Chicoreus (Rhizophorimurex) asanoi* の中には殻頂部がほぼ垂直に上方を向いたものや、殻頂部が  $40^\circ$  以上、下に傾いた *Vicarya yokoyamai* が見られる (Fig. 4)。堆積姿勢は死後の生物擾乱によるものと判断され、*Cyclina* も同様に生物擾乱の影響を受けたと考えられるので、化石化の過程について次のように考えられる。①生物が死ぬと、堆積物中に潜って生息している二枚貝は生息姿勢(直立閉殻)で、巻貝は海底面にほぼ平行で埋積される。②殻は生物擾乱によって堆積時の姿勢から傾く。干潟は特に生物擾乱が著しいので、葉理が不明瞭になり塊状の砂質泥岩になる。③次に圧密により殻の変形がおこる。このとき岩相により変形のされ方が違う (Fig. 7)。また、ノジュール(炭酸塩団塊)に含まれる化石は変形が少ない。これは堆積後、続成作用の初期段階でノジュールが形成されたためと考えられる。

**Table 4.** Mesearment of *Cyclina (Cyclina) takayamai* Oyama. All specimens were obtained from KU01.

Sample No.	Length (mm)	Height (mm)	Width (mm)	W/L	W/H	H/L
FCMNH-GF9697	31.23	39.89	30.36	0.97	0.76	1.28
FCMNH-GF9698	41.08	48.11	26.36	0.64	0.55	1.17
FCMNH-GF9699	36.75	43.99	24.07	0.65	0.55	1.20
FCMNH-GF9700	45.34	38.31	28.32	0.62	0.74	0.84
FCMNH-GF9701	49.11	50.75	23.26	0.47	0.46	1.03



**Fig. 7.** Sedimentary process of molluscan fossils in the Kunimi Formation.

- (1) *Cyclina* and *Vicarya* lived in the muddy and muddy sand bottom.
- (2) Those shells were accumulated in autochthonous.
- (3) An autochthonous molluscan fossils changed the posture by strong bioturbation. Mud and fine-grained sand resulted in sandy mud by various kinds of bioturbation.
- (4) Many sediments are piled up, and the fossils are transformed.

***Crassostrea gravitesta* (Yokoyama, 1926a)**

(Pl. 2, Figs. 1a–c)

*Ostrea gravitesta* Yokoyama, 1926a, p. 388, pl. 45, figs. 1–2.*Ostrea* (*Crassostrea*) *gravitesta* Yokoyama; Kaseno and Miura, 1956, p. 7, pl. 1, figs. 5a–c.*Crassostrea gravitesta* (Yokoyama); Nakagawa, 1998, p. 125–126, figs. 23-1a–d.

5 個体の標本を検討した。殻は大型で厚い。細長い船形だが、変異が大きい。左殻は非常に膨れ、右殻は平坦である。殻表には層状の成長線がある。内側靱帯部分は長く、多くの細かい成長線を伴う。

***Sinonovacula constricta* (Lamarck, 1835)**

(Pl. 2, Figs. 4a–c, 10a–c; Pl. 3, Fig. 2)

Table 5 に示す 10 個体を含め、21 個体の標本と比較のため 2 個の現生種の標本を検討した。

殻は小型で殻高の高いマテガイ型で殻の前後端は丸い。殻頂は極めて低く、前方 1/3 に寄る (Table 5)。殻は薄質、平滑で弱い成長線が見られる。殻の前後端は開口する。殻頂から腹縁中央へ浅いくびれが走る。保存はあまり良くないが、殻頂下に 3 本の歯があり、左殻では前歯は細く、後歯は 2 本が癒合し太い。鉸板は細長い。これらの特徴は現生種の特徴と一致する。

現生種の *Sinonovacula constricta* は瀬戸内海～九州、朝鮮半島、中国大陸沿岸の内湾、潮間帯下部の泥底に生息する (奥谷 (編), 2017)。有明海で採集された福井市自然史博物館所蔵の *Sinonovacula constricta* (FCMNH-SZC2982-1, FCMNH-SZC2982-2A) と比較した結果、長さが 87 mm と本標本より大型であるが、殻の外形はよく似る (pl. 3, figs. 1a, b)。左殻では 3 本の歯、右殻では 2 本の歯が見られる。化石として Ogasawara et al. (1989) は、後期中新世の藤峠層から *Sinonovacula constricta* を報告している。本属の化石は日本の下部～中部中新統からは初産出である。 *Novaculina chinensis* に似るが、淡水性種であることや、歯の形が異なる。 *Cultellus izumoensis* に似るが、殻高が低く区別される。

***Hiatula* sp.**

(Pl. 2, Figs. 11a–12c)

10 個体の標本を検討した。殻は長楕円形。薄質。殻頂は低く、背縁ほぼ中央にある。殻後部が前部よりやや細い。殻表は細かい成長線を除き平滑である。

Yokoyama (1926b) は *Soletellina minoensis* を記載した。その後、糸魚川ほか (1974) は本種を *Hiatula minoensis* とした。その後 Matsubara (2013) は *Hiatula* 属が有効であることを示した。本種は *Hiatula minoensis* に比べ、殻高が低く L/H が大きく

小型で外形は現生種のムラサキガイ (*Hiatula diphos*) に似る。ムラサキガイは水深 20 m 以浅の垂潮間帯泥底に生息する (奥谷 (編), 2017)。

**Table 5.** Mesurement of *Sinonovacula constricta* Lamarck. FCMNH-SZC2982-1 and FCMNH-SZC2982-2A (Suzuma sample of Fukui City Museum of Natural History) were collected from the Ariake Sea. All fossil specimens were obtained from KU03.

Sample No.	Height (mm)	Length (mm)	Width (mm)	H/L	AMU (mm)	AMU/L
FCMNH-GF9805	15.99	50.29	11.62	0.32	14.58	0.29
FCMNH-GF9808	15.39	46.69	7.29	0.33	12.79	0.27
FCMNH-GF9809	19.83	60.33	11.65	0.33	18.37	0.30
FCMNH-GF9810	12.17	37.87	7.02	0.32	11.38	0.30
FCMNH-GF9811	17.53	51.79	9.95	0.34	15.80	0.31
FCMNH-GF9812	18.02	54.31	10.62	0.33	16.15	0.30
FCMNH-GF9813	19.03	59.86	11.46	0.32	17.98	0.30
FCMNH-GF9814	16.19	53.84	9.68	0.30	16.22	0.30
FCMNH-GF9818	47.71	84.81	8.48	0.32	13.90	0.29
FCMNH-GF9825	17.62	48.02	9.72	0.37	11.64	0.24
FCMNH-SZC2982-1	28.20	87.86	19.36	0.32	25.95	0.30
FCMNH-SZC2982-2A	28.03	87.53	19.36	0.32	27.78	0.32

AMU: Apical margin to umbo AMU/L: AMU/Length

**考 察**

Nakagawa (1998) は、国見層の *Vicarya yokoyamai* を含む化石群集を構成種の違いから *Vicarya* 化石群集と *Cyclina-Anadara* 化石群集に区分した。 *Vicarya* 化石群集は巻貝が優占し、 *Vicarya yokoyamai* と *Pirenella yatsuoensis* を主とし、 *Striarca elongata* や *Cultellus izumoensis* を除くと二枚貝化石の産出量が少ない。 *Cyclina-Anadara* 化石群集は二枚貝を多く含み、上記の化石のほか、 *Cyclina* (*Cyclina*) *takayamai*, *Anadara* (*Hataiarca*) *kakehataensis*, *Chicoreus* (*Rhizophorimurex*) *asanoi*, *Estellacar uetsukiensis* などが自生で産出する。この 2 群集間には中間的な組成の産地も見られるが、概ね区分可能である。また、Plaziat (1984) はマングローブ沼～干潟と海浜の境界部に二枚貝が多く産出するゾーンがあることを指摘しているが、 *Vicarya* 化石群集はマングローブ沼ないし干潟の、 *Cyclina-Anadara* 化石群集は二枚貝帯を代表していると推定される。

今回報告した KU01, KU02 は *Cyclina-Anadara* 化石群集に対比され *Vicarya yokoyamai*, *Pirenella yatsuoensis*, *Chicoreus* (*Rhizophorimurex*) *asanoi* などの巻貝だけではなく、 *Cyclina* (*Cyclina*) *takayamai*, *Anadara* (*Hataiarca*) *kakehataensis*, *Cycladicama takeyamai* を産出する。KU08, 09, 10 は *Vicarya* 化石群集に対比され *Vicarya yokoyamai*, *Pirenella yatsuoensis* を除くと化石の産出は少ない (Table 1)。

KU03 の *Sinonovacula-Hiatula* 化石群集は, *Sinonovacula constricta* や *Hiatula* sp. が直立閉殻の生没的産状で産出するが, *Anadara (Hataiarca) kakehataensis* や *Cyclina (Cyclina) takayamai* は産出ししない。また, *Vicarya yokoyamai* や *Pirenella yatsuoensis* と共産するが *Sinonovacula constricta* は潮間帯泥底に, *Hiatula* sp. は潮間帯下に産出する属であり(奥谷(編), 2017), *Cyclina-Anadara* 化石群集や *Vicarya* 化石群集に比べやや海側または干潟の水路の化石群集と判断される。

*Crassostrea* 化石群集は *Crassostrea gravitesta* が礁を形成し, 殻表面には穿孔貝の穿孔跡が見られる。*Crassostrea* 化石群集の下位には氾濫原や流路のような河川成堆積物が見られることがあり, 塩分濃度がやや低い場所で堆積した可能性がある。また, 上下の砂質泥岩から *Vicarya yokoyamai* が産出することから干潟付近で小さな礁を形成していたものと考えられる。

Arcid-Potamid 動物群を個々の化石の産状を基に群集区分した例は多くない。Taguchi (1981) はマングローブ沼から干潟の化石群集を, 優占種を基に, *Geloina* 化石群, *Vicarya-Crassostrea* 化石群, *Cerithidea-Vicarya* 化石群, *Anadara-Tateiwaia* 化石群に細分した。優占種は異なるが, 種の構成から *Vicarya* 化石群集と *Cyclina-Anadara* 化石群集は, *Cerithidea-Vicarya* 化石群に, *Crassostrea* 化石群集は *Vicarya-Crassostrea* 化石群に概ね対応する。今後, 個々の化石の産状を把握した上で群集を細分していくことで, より詳細な古環境の復元が可能になると考えられる。

## 謝 辞

本論は, 福井県立羽水高等学校自然科学部の生徒が中川の指導のもと, 福井県理科クラブ研究発表会で発表した内容を中川が再検討し, まとめたものである。故菅野三郎博士には生前 *Vicarya* の古生態についてお教えいただいた。上越教育大学の天野和孝博士, 瑞浪市化石博物館の安藤佑介博士には原稿を読んでいただき有益なご助言をいただいた。三重大学の栗原行人博士には原稿をていねいに査読いただき, 有益なご助言をいただき原稿が大幅に改善した。国立科学博物館の矢部 淳博士には植物種子化石を見ていただいた。福井市の八田真毅氏には化石の産出について教えていただいた。英文要旨については福井県坂井市の Matt Hauca 氏に見ていただいた。なお, 福井県坂井市三国町の伊藤建設株式会社には野外調査の許可をいただいた。記してお礼申し上げます。

## 引用文献

- 安藤佑介・齊藤 毅・中川登美雄. 2007. 1600 万年前の熱帯的古環境～福井県丹生山地中新統国見層と荒谷層の花粉分析～. 日本花粉学会第 48 回大会講演要旨集. p. 61.
- 鎮西清高. 1981. 底生貝化石群から見た中新世における日本列島の海洋生物地理. 化石 30: 7–15.
- Chinzei, K. 1986. Marine biogeography in Northern Japan during the early Middle Miocene as viewed from benthic Molluscs. In T. Kotaka ed., Japanese Cenozoic Molluscs –Their Origin and Migration–. Palaeontological Society of Japan, Special Papers 29. p. 161–171.
- 鎮西清高・近藤康生. 1995. 化石の産状記載と化石群集の認定. 平成 5・6 年度科学研究費補助金総合研究(A) 成果報告書, 新生代化石底生動物群集カタログ(代表 鎮西清高). p. 2–3.
- 伊左治鎮司. 1995. 軟体動物殻体にみられる溶蝕現象の進化古生態学における有用性—*Geloina* を例として—. 瑞浪市化石博物館研究報告 22: 109–114.
- Itoigawa J. 1991. Miocene sedimentary basins and molluscan faunas in Southwest Japan. Saito Ho—on Kai Special Publication 3: 295–302.
- 糸魚川淳二・柴田 博・西本博行. 1974. 瑞浪層群の貝類化石. 瑞浪市化石博物館研究報告 1: 43–203.
- Itoigawa J., and T. Yamanoi. 1990. Climatic Optimum in the Mid-Neogene of the Japanese Islands. In R. Tsuchi ed., Pacific Neogene Events. Their Timing, Nature and Interrelationship. University of Tokyo Press. p. 3–14.
- Hatai, K., and S. Nisiyama. 1949. New Tertiary Mollusca from Japan. Journal of Paleontology 23: 87–94.
- 埴 健人・吉崎裕也・大石橋祐也・山田啓之. 2017. 福井県福井市国見町産中新世化石群集. 福井県高等学校理科教育会誌 59: 124–137.
- 八田真毅. 2003. 福井県丹生山地の国見層(中期中新世)から産出した *Turritella* 化石. 福井市自然史博物館研究報告 50: 63–64.
- Kamada, Y. 1952. On some species of *Cyclina* from Japan and Korea. Transactions and Proceedings of the Paleontological Society of Japan, New Series 6: 167–173.
- Kanno, S. 1986. Revision of genus *Vicarya* (Gastropoda) from the Pacific Region. Bulletin of Joetsu University of Education 5, Sec. 3: 31–57.
- 鹿野和彦. 2018. グリーンタフの層序学的枠組みと地質学的事象. 地質学雑誌 124: 781–803.

- 鹿野和彦・山本博文・中川登美雄. 2007. 福井地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター. 68 p.
- Karasawa, H., and T. Nakagawa. 2010. A new species of ghost shrimp (Decapoda: Thalassinidea) from the Miocene Kunimi Formation, Fukui Prefecture, Japan. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum* 36: 31–36.
- 鮎野義夫・三浦 静. 1956. 福井県産化石図譜第一集-改訂-(鮎川付近). 福井市理科部会・福井市郷土自然科学博編. p. 1–18.
- 岸本眞五. 2019. 1600 万年前の巻貝化石“ピカリア”に見られるヤドカリの空殻利用. 共生のひろば(兵庫県立人と自然の博物館) 14: 39–43.
- Kondo, Y. 1987. Burrowing depth of infaunal bivalves – observation of living species and its relation to shell morphology. *Transactions and Proceedings of the Paleontological Society of Japan, New Series* 148: 306–323.
- Lamarck, J. B. P. A. 1835. *Histoire Naturelle des Animaux sans Vertebres*. Tom. 6. J. B. Bailliere, Lib., Paris. 600 p.
- Makiyama, J. 1926. Tertiary fossils from North Kankyo-do, Korea. *Memoirs of the College of Science, Kyoto Imperial University, Ser. B* 2(3) art. 8: 143–160.
- Masuda, K. 1956. Miocene Mollusca from Noto Peninsula, Japan Part 1 (2). *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series* 21: 161–167.
- Matsubara, T. 1995. Miocene Mollusca from the Lower Miocene Yotsuyaku Formation in the Ninohe district, Iwate Prefecture, northeast Japan Part 1. General consideration of the fauna. *Transaction and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series* 180: 303–320.
- Matsubara, T. 2011. Miocene shallow marine molluscs from the Hokutan Group in the Tajima area, Hyogo Prefecture, southwest Japan. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum* 37: 51–113.
- Matsubara, T. 2013. Validity of *Hiatula* Modeer, 1793 (Bivalvia: Psammobiidae). *Malacologia* 56: 309–313.
- 松原尚志・小守一男・大石雅之. 2004. 岩手県二戸地域の中新統門ノ沢層から発見された *Geloina* (二枚貝綱: シジミガイ科) とその古生物地理学的意義. *地質学雑誌* 110: 765–770.
- Miall, A. D. 1990. *Principles of sedimentary basin analysis* (second edition). Springer-Verlag, New York. 668 p.
- 中川登美雄. 1989. 福井県丹生山地北部の中新統, 国見累層産潮間帯性貝類化石群集. 福井県立博物館紀要 3: 23–45.
- Nakagawa, T. 1998. Miocene molluscan fauna and paleoenvironment in the Niu Mountains, Fukui Prefecture, central Japan. *Science Reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Sec. B, Geological Sciences* 19: 61–185.
- 中川登美雄. 2002. 福井県丹生山地の国見層(中期中新世)から産出した *Geloina* 化石. 福井市自然史博物館研究報告 49: 79–82.
- 中嶋 健・岩野英樹・檀原 徹・山下 透・柳沢幸夫・谷村好洋・渡辺真人・佐脇貴幸・中西 敏・三石裕之・山科起行・今堀誠一. 2019. 富山県八尾地域の新生界年代層序の再検討とテクトニクス. *地質学雑誌* 125: 483–516.
- 中島正志・中川登美雄・渡辺美子・今澤泰秀. 1992. 福井県北部国見累層の古地磁気層序. *地質学雑誌* 98: 975–978.
- 中島正志・沢田順弘・中川登美雄・林 昌代・板谷徹丸. 1990. 福井県北部新第三系の K–Ar 年代と古地磁気. 岩鉱(岩石鉱物鉱床学会誌) 85: 45–59.
- 西村瑞恵・渡辺大輔・保柳康一. 1993. 波浪卓越沿岸の堆積相—北部フォッサマグナ中期中新世の礫質堆積物から—. *信州大学理学部紀要* 29: 71–77.
- Ogasawara, K., and K. Nagasawa. 1992. Tropical molluscan association in the Middle Miocene marginal sea of the Japanese Islands: An example of molluscs from the Oyama Formation, Tsuruoka City, Northeast Honshu, Japan. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series* 167: 1224–1246.
- Ogasawara, K., and H. Noda. 1996. Miocene *Hataiarca* (Mollusca, Bivalvia) invasion event in the Japanese Islands from a viewpoint of Indo-Pacific connection. In H. Noda and K. Sashida eds., *Professor Hisayoshi Igo Commemorative Volume on Geology and Paleontology of Japan and Southeast Asia*. Gakujyutsu Tosho Insatsu, Tokyo. p. 133–139.
- Ogasawara, K., K. Suzuki, and O. Kouchi. 1989. Late Miocene brackish water molluscs from the Fujitoge Formation, western mountainous region of the Aizu basin, northeast Honshu, Japan. *Saito Ho-on Kai Museum of Natural History Research Bulletin* 57: 27–37.
- 岡本和夫・松尾幸子. 1994. 庄原および津山中新統からの *Vicarya* の shell corrosion について. 瑞浪市化石博物館研究報告 21: 13–17.

- 奥谷喬司(編). 2017. 日本近海産貝類図鑑(第二版). 東海大学出版会. 1375 p.
- Otuka, Y. 1938. Mollusca from the Miocene of Tyugoku, Japan. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo, Sec. 2* 5: 21–45.
- Otuka, Y. 1939. Tertiary crustal deformation in Japan (with short remarks on Tertiary paleogeography). In Yabe Hisakatsu Kyoju Kanreki Kinen-Kai, ed., *Jubilee Publication in the Commemoration of Professor Hisakatsu Yabe, M.I.A., Sixtieth Birthday, vol. 1*. Yabe Hisakatsu Kyoju Kanreki Kinen-Kai, Sendai. p. 481–519.
- Oyama, K. 1950. Studies of fossil molluscan biocoenosis, no. 1, Biocoenological studies on the mangrove swamps, with descriptions of new species from Yatsuo Group. *Report of the Geological Survey of Japan* 132: 1–15.
- 大山 桂. 1950. 変更された化石貝類の学名. *鉱物と地質* 3 (6): 1–4.
- Pemberton, S. G., J. A. MacEachern, S. E. Dashtgard, K. L. Bann, M. K. Gingras, and J.-P. Zonneveld. 2012. Shoreface. Development in *Sedimentology* 64. In D. Knaust, et al., eds. *Trace fossils as indicators of sedimentary environments*. Elsevier. p. 563–603.
- Plaziat, J. C. 1984. Mollusk distribution in the mangal. In F. D. Por, and I. Dor, eds., *Hydrobiology of the Mangal*. Dr. W. Junk Publishers. p. 111–143.
- Reineck, H. E., and I. B. Singh. 1980. *Depositional sedimentary environments* (Second, revised and updated edition). Springer-Verlag, New York. 551 p.
- 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.
- 坂倉範彦. 2004. 潮汐環境の堆積物: 日本の干潟の理解に向けて. *化石* 76: 48–62.
- Taguchi, E. 1981. *Geloina/Telescopium* bearing molluscan assemblages from the Katsuta Group, Okayama Prefecture—with special reference to brackish faunal zonation in the Miocene of Japan. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum* 8: 7–20.
- 高木勇社・山口大貴. 2018. 福井市国見町産中新世化石群集. *福井県高等学校理科教育会誌* 60: 91–109.
- 高橋健一・近藤康生・小竹信宏. 2008. 中部中新統下部唐鐘累層における海進海退サイクルの内部構造と堆積作用の変化に応答した底生動物化石群集の変遷. *地質学雑誌* 114: 474–492.
- Takeyama, T. 1933. Notes on the genus *Vicarya*, with description of two Japanese forms. *Japanese Journal of Geology and Geography* 10(3–4): 129–143.
- 竹山俊雄. 1933. 越前丹生山地北部の新第三紀層. *地球* 20: 202–207.
- 田中秀典. 2000. 庄原地域から産出するビカリヤの保存状態とその分布. *日本地質学会第107年学術大会講演要旨*. p. 29.
- 田中秀典・前田晴良. 1999. 現生マングローブ干潟におけるキバミウミニナの殻の保存状態と分布. 小笠原憲四郎・近藤康生編, *地質学論集(タフオノミーと堆積過程—化石層からの情報解読)* 54: 151–160.
- 東條文治・坂倉範彦. 1998. *Vicarya yokoyamai* が潮間帯に生息していたことを示す新しい証拠. *瑞浪市化石博物館研究報告* 25: 47–52.
- Tojo, B., and F. Masuda. 1999. Tidal growth patterns and growth curves of the Miocene potamidid gastropod *Vicarya yokoyamai*. *Paleontological Research* 3: 193–201.
- Tsuda, K. 1959. New Miocene molluscs from the Kurosedani Formation in Toyama Prefecture, Japan. *Journal of the Faculty of Science, Niigata University, Series II* 3: 67–110.
- Tsuda, K. 1960. Paleoecology of the Kurosedani fauna. *Journal of the Faculty of Science, Niigata University, Series II* 3: 171–203.
- 津田禾粒. 1965. 東北裏日本の新第三紀動物群と岩相—とくに中新世中期の動物群について—. *化石* 10: 20–23.
- 山野井 徹. 1992. 中部日本における中期中新世初期の花粉群集. *瑞浪市化石博物館研究報告* 19: 103–112.
- 柳沢幸夫・渡辺真人. 2017. 大佐渡地域南部に分布する新第三系の海生珪藻化石層序. *地質調査報告* 68: 287–339.
- Yokoyama, M. 1926a. Fossil Mollusca from the oil-fields of Akita. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo, Section 2, Geology, Mineralogy, Geography, Seismology* 1: 377–389.
- Yokoyama, M. 1926b. Molluscan fossils from the Tertiary of Mino. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo, Section 2, Geology, Mineralogy, Geography, Seismology* 1: 213–227.



**Plate 1**

Photographs of selected molluscan fossils from the Ito Quarry in Kunimi-cho, Fukui Prefecture. All scale bars represent 10 mm.

**Figs. 1a–2b. *Chicoreus (Rhizophorimurex) asanoi* Masuda.**

Figs. 1a, b, FCMNH-GF9827.

Figs. 2a, b, FCMNH-GF9723.

**Fig. 3. *Menkrawia notoensis* (Masuda).** FCMNH-GF9707.**Fig. 4. *Crepidula* sp.** FCMNH-GF9793.**Figs. 5a, b. *Pirenella yatsuoensis* (Tsuda).** FCMNH-GF9829.**Figs. 6a–7b, 11a–d. *Anadara (Hataiarca) kakehataensis* Hatai and Nisiyama.**

Figs. 6a, b, FCMNH-GF9703.

Figs. 7a, b, FCMNH-GF9704.

Figs. 11a–d, FCMNH-GF9790. C: *Crepidula* sp.; P: polychaetes.

**Figs. 8a, b. *Estellacar uetsukiensis* (Hatai and Nisiyama).** FCMNH-GF9830.**Figs. 9, 10, 12. *Apolymetis takaii* Ogasawara and Tanai.**

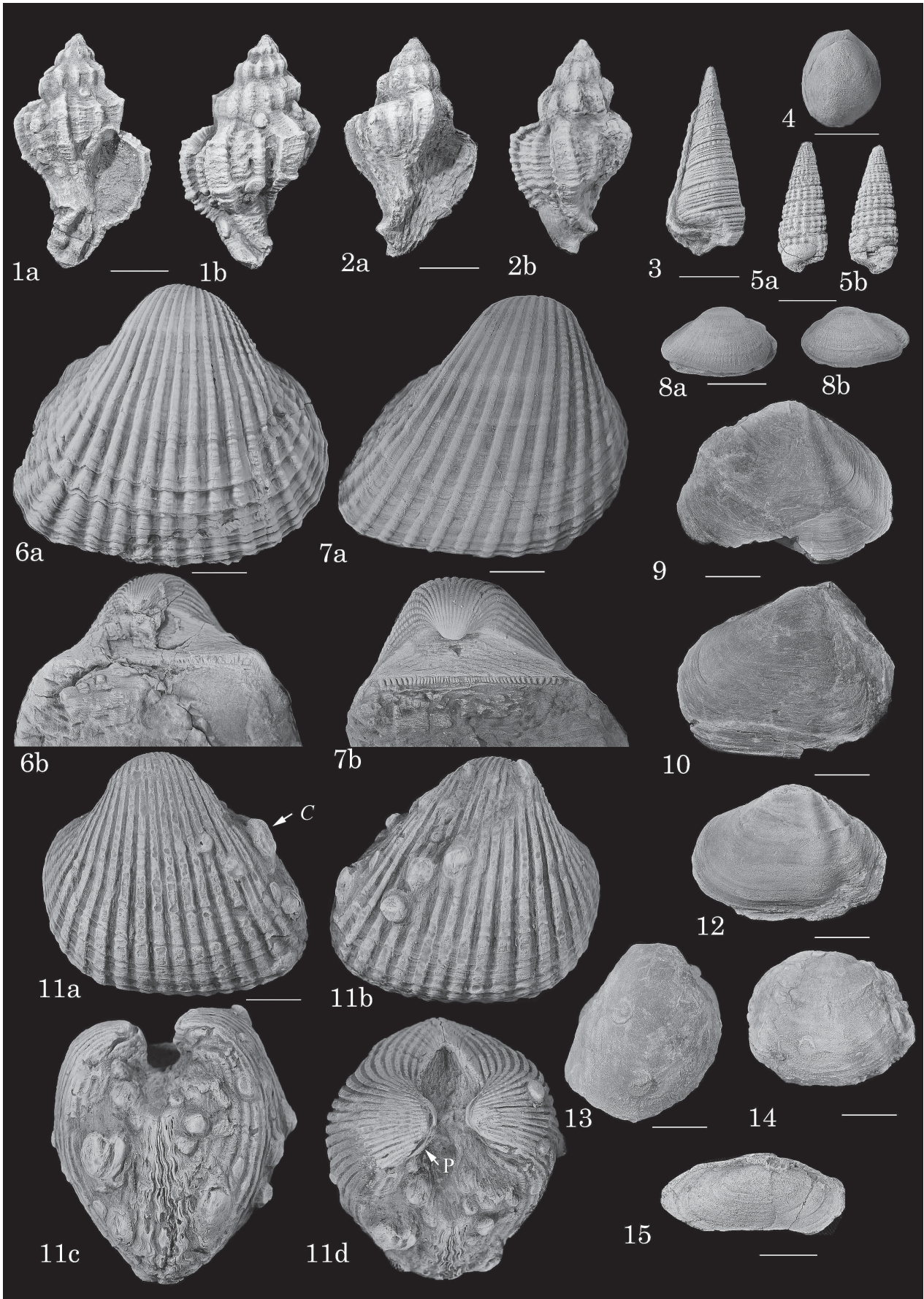
Fig. 9, FCMNH-GF9792.

Fig. 10, FCMNH-GF9831.

Fig. 12, FCMNH-GF9767.

**Fig. 13. *Anomia* sp.** FCMNH-GF9797.**Fig. 14. *Anomia?* sp.** FCMNH-GF9709.**Fig. 15. *Tellina* sp.** FCMNH-GF9832.

Plate 1



**Plate 2**

Photographs of selected molluscan fossils from the Ito Quarry in Kunimi-cho, Fukui Prefecture. All scale bars represent 10 mm.

**Figs. 1a–c.** *Crassostrea gravitesta* (Yokoyama). FCMNH-GF9828.

**Figs. 2a–c.** *Cycladicama* sp. FCMNH-GF9708.

**Figs. 3a–c.** *Cycladicama takeyamai* (Otuka). FCMNH-GF9755.

**Figs. 4a–c, 10a–c.** *Sinonovacula constricta* (Lamarck).

Figs. 4a–c, FCMNH-GF9825.

Figs. 10a–c, FCMNH-GF9811.

**Figs. 5a, b.** *Nitidotellina* sp. FCMNH-GF9760.

**Figs. 6, 7a, b.** *Macoma* sp.

Fig. 6, FCMNH-GF9758.

Figs. 7a, b, FCMNH-GF9798.

**Fig. 8.** *Clementia* sp. FCMNH-GF9799.

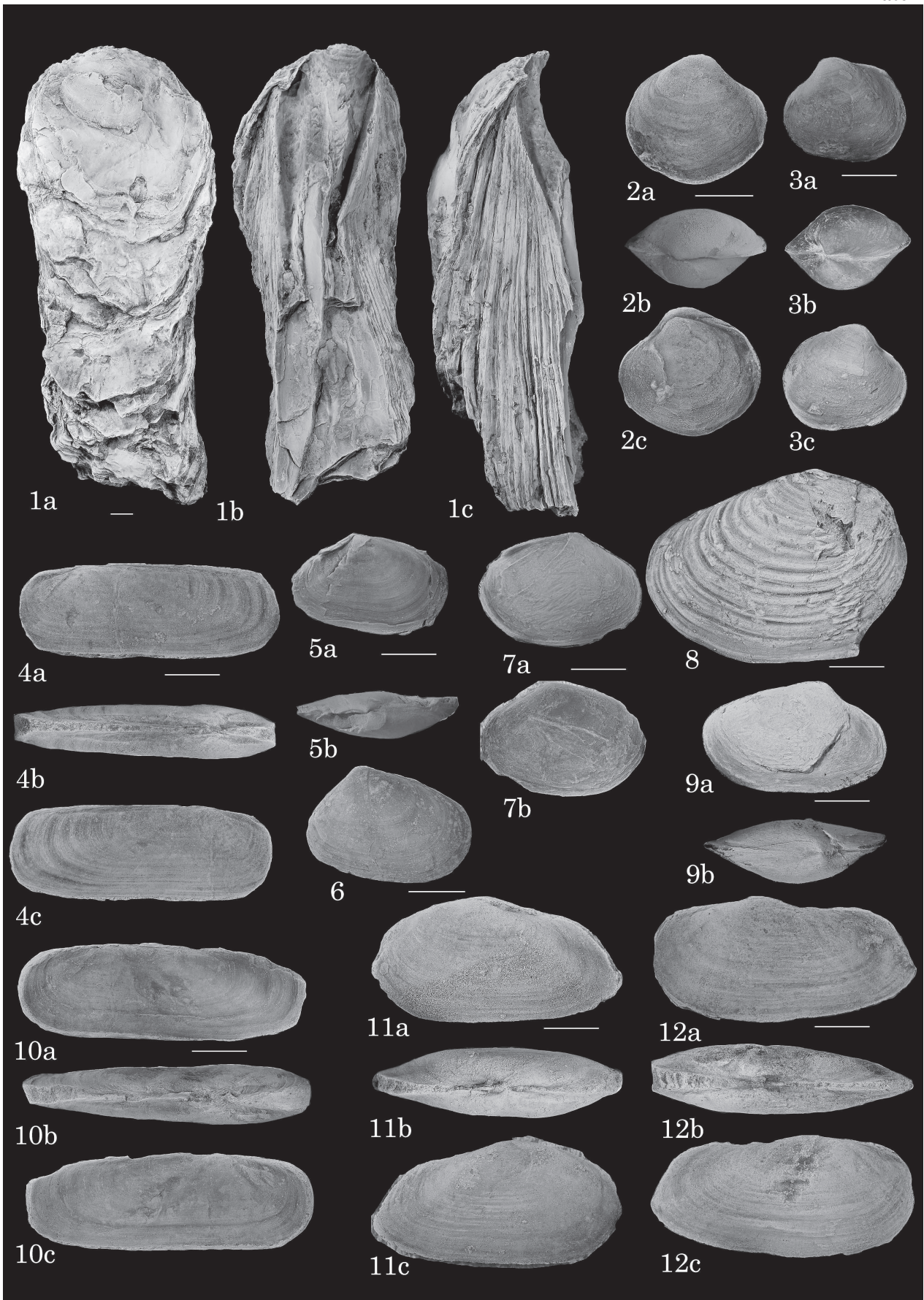
**Figs. 9a, b.** *Paphia?* sp. FCMNH-GF9759.

**Figs. 11a–c, 12a–c.** *Hiatula* sp.

Figs. 11a–c, FCMNH-GF9804.

Figs. 12a–c, FCMNH-GF9800.

Plate 2



**Plate 3**

Photographs of selected molluscan fossils from the Ito Quarry in Kunimi-cho, Fukui Prefecture and recent molluscan specimen. The cause of the morphological change is considered to be the posture when buried. All scale bars represent 10 mm.

**Figs. 1a–c. *Sinonovacula constricta* (Lamarck).**

FCMNH-SZC2982-1 (Recent specimens collected by Mr. Suzuma stored at Fukui City Museum of Natural History).

**Fig. 2. *Sinonovacula constricta* (Lamarck).** FCMNH-GF9818.**Figs. 3a–7c. *Cyclina* (*Cyclina*) *takayamai* Oyama.**

Figs. 3a–c, FCMNH-GF9697.

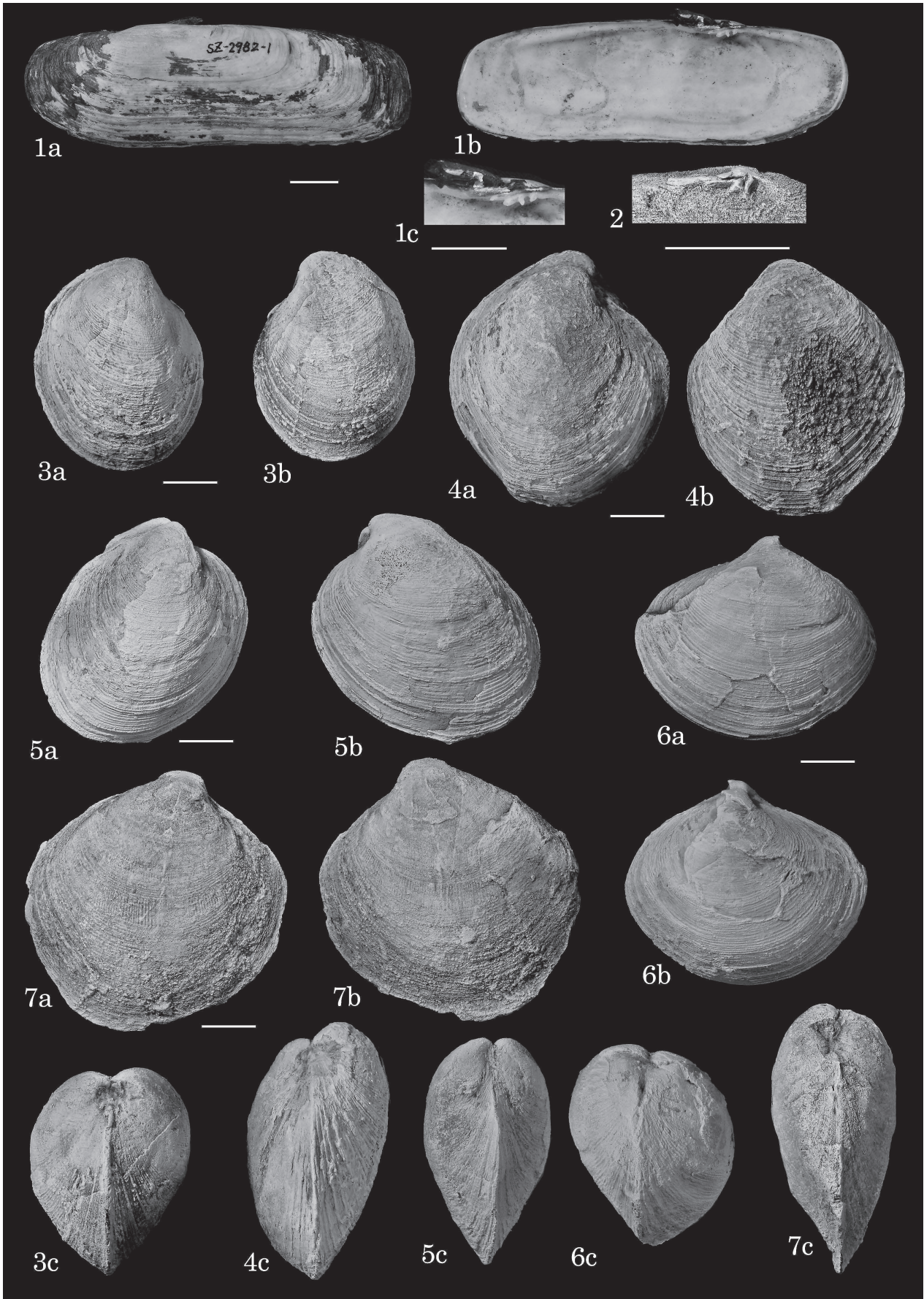
Figs. 4a–c, FCMNH-GF9698.

Figs. 5a–c, FCMNH-GF9699.

Figs. 6a–c, FCMNH-GF9700.

Figs. 7a–c, FCMNH-GF9701.

Plate 3



**Plate 4.**

Eroded surface of *Vicarya yokoyamai* Takeyama. All specimens from the Ito Quarry in Kunimi-cho are somewhat eroded on the apical whorls. All scale bars represent 10 mm.

**Figs. 1a–3b, 5a, b.** The erosion is more advanced on the dorsal side than on the ventral side.

Figs. 1a, b, FCMNH-GF9717.

Figs. 2a, b, FCMNH-GF9716.

Figs. 3a, b, FCMNH-GF9719.

Figs. 5a, b, FCMNH-GF9714.

**Figs. 4a, b.** Ventral side of body whorl displays strong erosion, but other whorls still have ornamentation. The dorsal side is severely eroded. FCMNH-GF9720.

**Figs. 6a–7c.** Entirely eroded.

Figs. 6a, b, FCMNH-GF9785.

Figs. 7a–c, FCMNH-GF9713.

Plate 4

