

福井県福井市荒谷層の前期中新世末～中期中新世初頭の底生有孔虫と古環境

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-03-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中川, 登美雄, 中村, 洋喜, 野村, 律夫 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/00028610

福井県福井市荒谷層の前期中新世末～中期中新世初頭の 底生有孔虫と古環境

Latest Early Miocene to earliest Middle Miocene Benthic Foraminifers and
paleoenvironment of the Aratani Formation in Fukui Prefecture, Japan

中川 登美雄*

(福井県立羽水高等学校・福井大学地域環境研究
センター学外協力メンバー)

中村 洋喜**

(福井県立羽水高等学校自然科学部)

野村 律夫***

(島根大学名誉教授)

Abstract: The paleoenvironment of the Aratani Formation (Latest Early Miocene to earliest Middle Miocene) was reconstructed based on molluscan and foraminiferal fossils. The paleo-water depth of the Aratani Formation rapidly increased to the flood plain to upper shallow zone (water depth 0-30 m), the middle to upper shallow zone (water depth 50-100 m), the lower shallow zone to bathyal zone (water depth 100-200 m) in ascending order, and became an oceanic environment containing a large amount of planktonic foraminifera. After the deposition of AT-2 pyroclastic rocks, it gradually changed to a bay-like environment in the middle-upper shallow sea area (water depth 30-100 m) that did not contain planktonic foraminifera. Foraminiferal assemblages of the Aratani Formation are mixed with various paleo-water depths from the upper shallow marine to bathyal. This is a characteristic feature observed during the expansion period of the Sea of Japan, where shallow sediments were scraped and transported to the deep sea area due to rapid subsidence (or transgression) at the time of deposition.

I はじめに

北陸地域の新第三紀は下位から楡原期，岩稲・医王山期，黒瀬谷期，東別所期，下部音川期，上部音川期，阿尾期，藪田期，大桑期に区分される（藤井ほか，1992）．鹿野（2018）は東北地域から山陰地域のグリーンタフ相当層を下位から上部始新統～下部漸新統（44～28 Ma），上部漸新統（28～23 Ma），下部中新統下部（23～20 Ma），下部中新統中部（20～18 Ma），下部中新統上部（18～15.3 Ma），中部中新統下～中部（15.3～12.3 Ma）の6つの時期に区分し，それぞれの時期に見られる地質事象を明らかにした．その中で荒谷層は下位の国見層と共に，下部中新統上部（18～15.3 Ma）に相当し，北陸地域の標準層序である富山県八尾地域（中嶋ほか，2019）の黒瀬谷層と東別所層に対比される．しかし，北陸地域西部に位置する福井県丹生山地の新第三系は富山県八尾地域の標準的な層序とその枠組みが似ているが古環境の変遷において差異がある．中でも，日本海の拡大が終了した，中部中新統初頭に市ノ瀬流紋岩類や国見岳火山岩類などの火山活動にともない，陸域（侵食域）とな

（キーワード：荒谷層，福井県，底生有孔虫，前期中新世末～中期中新世初頭）

* Tomio Nakagawa (tomio1203@yahoo.co.jp)

(Fukui Prefectural Usui High School. Off-campus cooperation members)

** Hiroki Nakamura

(Science Club of Usui High School)

*** Ritsuo Nomura

(Professor Emeritus at Shimane University)

り、それ以降、新第三系の地層や岩石が分布しない。本研究の主題である化石群集の変遷から見ると、丹生山地においては国見層から門ノ沢動物群最下部の群集である Arcid-Potamid 動物群は報告されているが、東別所層のような漸深海生の動物群ははっきりしていない。Nakagawa (1998) は貝化石群集から荒谷層の *Operculina* を産出する層準を境に古水深が急に深くなることを示したが、下部浅海帯～漸深海帯のデータが少なく十分な議論ができなかった。今回、福井市市ノ瀬南 (Fig. 1) の荒谷層から貝化石の追加標本を得るとともに、底生有孔虫を分析することで古水深や古環境の変遷がより詳細に明らかになり、北陸の他地域との共通性や差異が明瞭になったので報告し、その意義を考察する。

II 地質概説

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)。荒谷層は国見層に整合に重なる砂岩・泥岩層で AT-1 と AT-2 に代表される安山岩質火砕岩や最上部に流紋岩質火砕岩が含まれる (中川・田原, 1991; 鹿野ほか, 2007)。2 枚の火砕岩は側方へ行くにつれて層厚が変化し AT-1 は最大層厚が 200 m, AT-2 は 100 m あり、共に側方に薄化する (鹿野ほか, 2007)。中島ほか (1990) は荒谷層の安山岩から 15.7 ± 0.5 Ma という K-Ar 年代を報告したが、鹿野ほか (2007) はこの安山岩が貫入岩類で荒谷層の時代はこれより古いと指摘している。荒谷層下部の粗粒砂岩から大型有孔虫の *Operculina complanata japonica* と *Miogypsina kotoi kotoi* の共産が知られている (松丸ほか, 1979)。中川・田原 (1991) は、*Operculina* 層準が荒谷層下部の同じ層準から広範囲に見られる鍵層であることを示した。また、*Praeorbulina transitoria* と *Praeorbulina* cf. *sicana* を含む浮遊性有孔虫を報告し、その時代を Blow (1969) の N8 帶上部とした。このほか、荒谷層の上位の市ノ瀬流紋岩や国見岳火山岩類に対比される火山岩類からは 14.4 ± 0.3 Ma, 15.0 ± 0.4 Ma の K-Ar 年代が報告されている (中島ほか, 1990)。下位の国見層は Arcid-Potamid 動物群を含む (Nakagawa, 1998)。最近の研究から門ノ沢動物群が 17.0 ～ 16.7 Ma の短い時期に形成されたとされている (柳沢・渡辺, 2017)。これらの放射年代や化石から、荒谷層は下部中新統末～中部中新統初頭の短い期間に形成された。

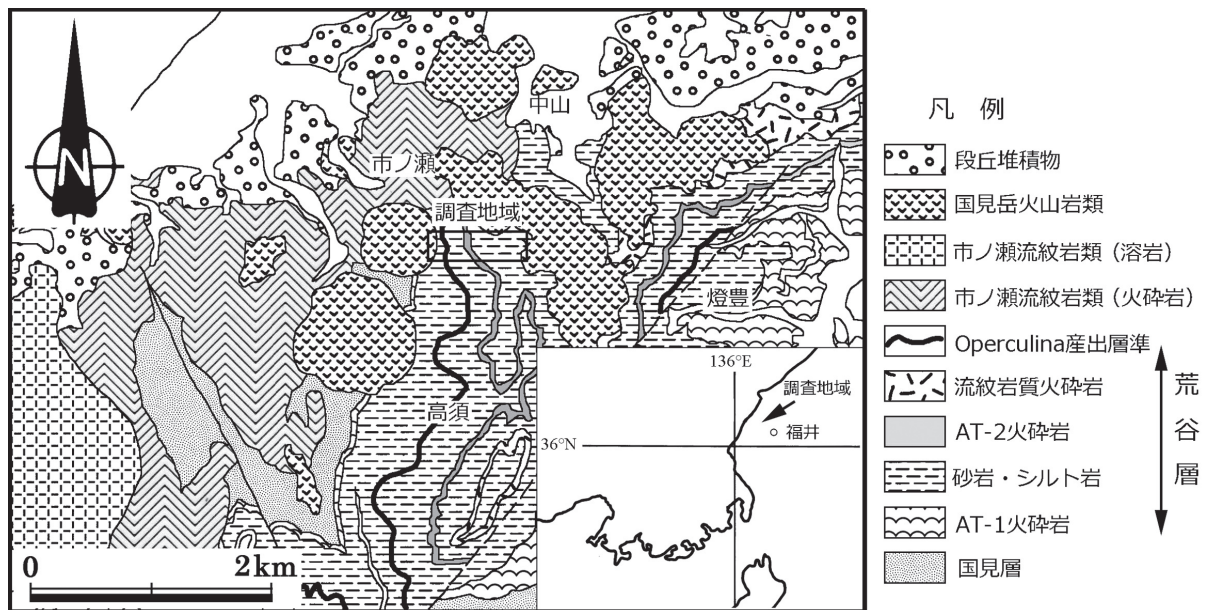


Fig. 1 調査地点。地質図は鹿野ほか (2007) を使用。

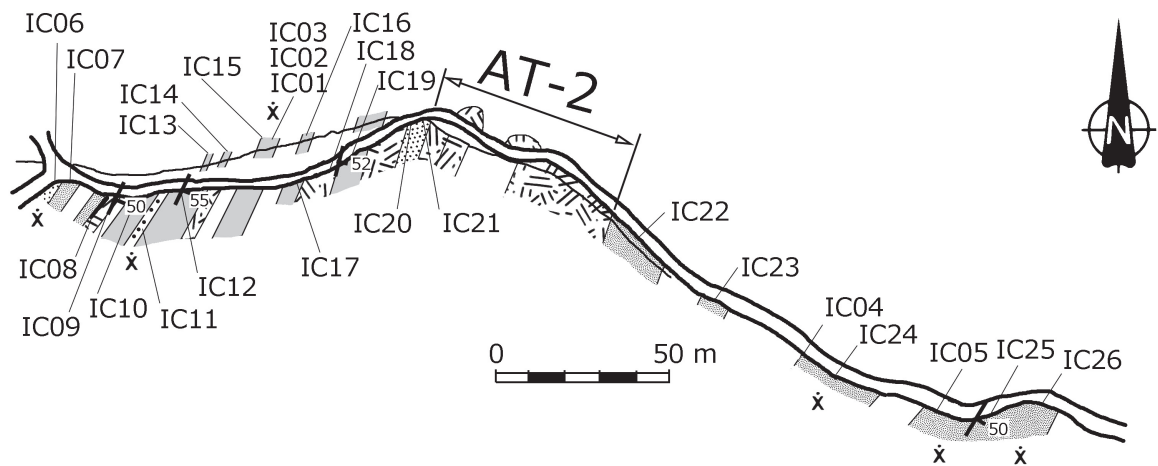


Fig. 2 調査地域のルートマップならびに試料産出層準。
ルートマップは中川・田原 (1991) を一部修正して用いた。

Ⅲ 福井市市ノ瀬南の岩相と貝化石

福井市市ノ瀬南の林道ならびに河床には荒谷層中～上部の地層が分布する (Fig. 1)。ここでは、厚さ約 170 m の地層がほぼ連続的に露出する (Figs. 2, 3)。地層の走向は N30 ~ 40° E、傾斜は 45 ~ 60° SW である。観察した地層は下位から便宜上 (1) ~ (5) の 5 つに区分した。なお、今回産出した貝化石のリストを Table 1 に、化石の写真を Plate 1 に示す。

(1) 主に礫混じりの中粒砂岩、細粒砂岩、凝灰岩がみられ、凝灰岩中に亜炭層が挟まれる。中粒砂岩 (IC06) からは、*Glycymeris* sp., *Diplodonta* cf. *ferruginata*, "*Cardium*" sp., *Anisocorbula* sp. や保存不良の幅 10 mm 前後のマルスダレガイ科の二枚貝化石が片殻の産状で含まれていた。また、その上位に厚さ 10 ~ 15 cm 前後の亜炭層が挟まれている。亜炭層の上位にある凝灰岩は砂質な火山礫凝灰岩と細粒な凝灰岩からなり、細粒凝灰岩には火山豆石が含まれていた (Fig. 4)。火山豆石には破損したものも多く見られる。

(2) 基底部に 2 ~ 4 cm 大の円礫を含む厚さ 2 m 前後の凝灰質な粗粒～中粒砂岩で級化構造が見られる。凝灰質粗粒砂岩には 1 ~ 2 mm 前後の長石粒を多く含む。中川・田原 (1991) はこの砂岩から *Operculina complanata japonica* の産出を報告している。この砂岩の上部 (IC11) からは *Chlamys nisataiensis*, *Placopecten protomollitus*, *Chlamys* sp., *Glycymeris* sp. などの貝化石が異地性の産状 (片殻) で産出するほか、*Kewia* cf. *minoensis* (ウニ化石) が産出した。

(3) 主に泥岩からなり、薄い泥質細粒凝灰岩や火山礫凝灰岩を挟む。泥岩中に級化構造を伴う細粒砂岩 (IC02) も見られる。この岩相は (2) の凝灰質粗粒砂岩の下位にも分布し、厚さは全体で 40 m 前後である。中川・田原 (1991) は IC01 から *Limatula* sp. と *Fissidentalium* sp. を報告したが、今回の調査で *Calliostoma simane*, *Propeamussiidae* (ワタゾコツキヒガイ科) が産出した。

(4) AT-2 の下部はこぶし大の安山岩～デイサイトの角礫を含む凝灰角礫岩からなり、上部は級化して火山礫・軽石凝灰岩になる。

(5) 灰白色ないし青色の極細粒砂岩～細粒砂岩からなる。IC24 の極細粒砂岩からは片殻の *Chlamys* sp. が産出した。また、IC05 はスコリアを含む。また、穿孔貝に穿たれた流木や *Mizuhopecten kimurai*, *Panopea tyugokuensis* が産出した。このほか、*Yoldia* sp. が両殻で産出した。極細粒砂岩と細粒砂岩の境界部に厚さ約 3 m の凝灰質礫岩が見られる。下部では径数 cm の円礫を含み上部に向け級化する。

Ⅳ 有孔虫化石の分析結果

荒谷層の泥岩、細粒砂岩から IC01 ~ 26 までの 26 地点から試料を採集し、硫酸ナトリウム法 (高柳,

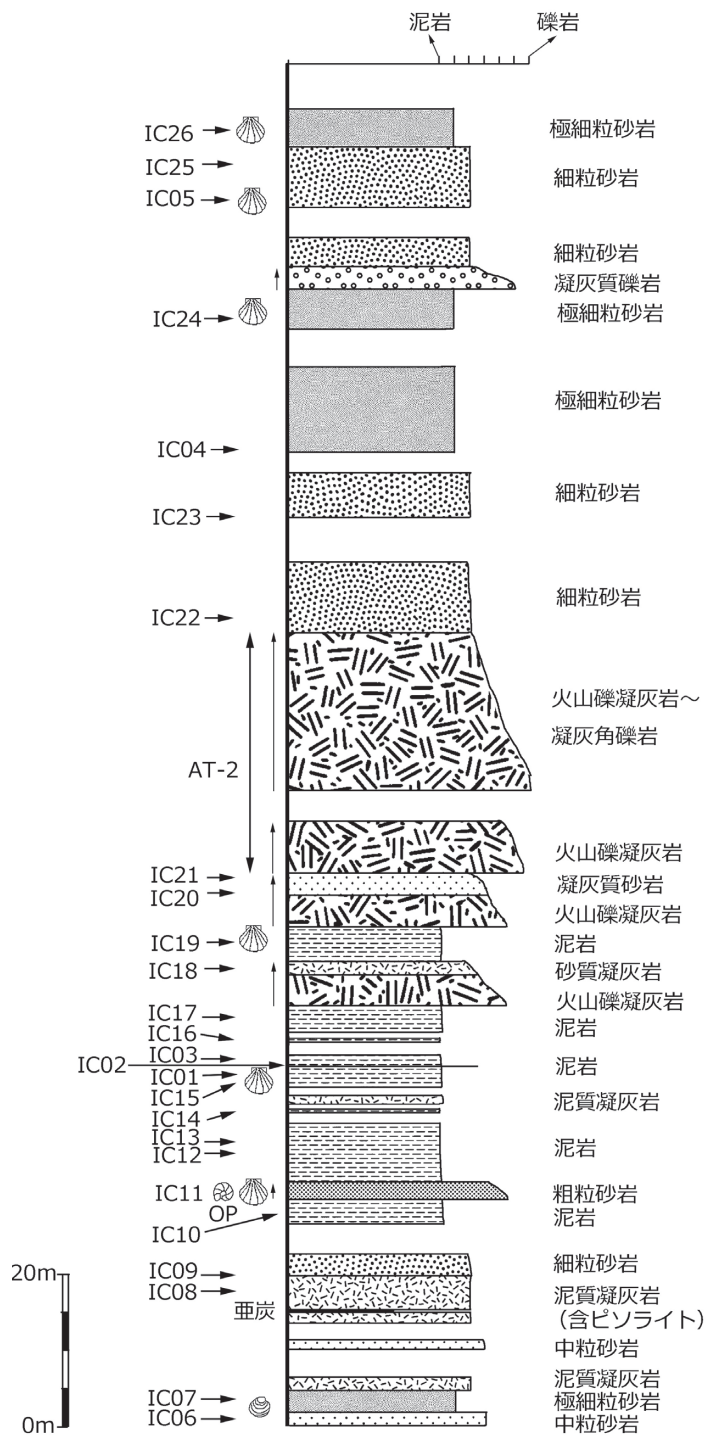


Fig. 3 調査地域の柱状図と試料採集層準.
 この中で有孔虫が産出したのは下位からIC 14,
 IC 15, IC 01, IC 02, IC 03, IC 16, IC 19,
 IC 04, IC 24, IC 05, IC 25, IC 26の12層準.

1979) を用いて岩石を処理し, 200 mesh のナイロンメッシュで水洗し試料を得た. 風化した試料もあり, 12 地点から有孔虫を得た (Fig. 3).

はじめに IC01 ~ IC05 までの 5 地点についてそれぞれ試料 8 g を泥化し, 300 個体以上を抽出し, 定性的な分析を行った. この方法では大きくて目立つ標本を多く拾うため, 群集を把握できない. そこで, 化石群集を明らかにすることを目的に, 試料を 2 g 泥化し, 全個体を抽出した. 200 個体に満たない場合は試料を 4 g, 8 g になるよう追加した. また, 数が多い場合には簡易分割を行い, 200 個以上になるよう調整した. 有孔虫の同定には Asano (1950-51), Matoba (1967, 1970), Matoba et al. (1990), Finger (1992, 2015), Kender (2008), Hasegawa (1979) ならびに World Foraminifera Database (www.marinespecies.org/foraminifera/) を用いた.

産出した有孔虫の中には破片として産出する個体, 変形や表面の溶食のために同定できない個体, 属だけで種不明の個体も多数存在する. 浮遊性有孔虫の割合は古水温や古環境を推定する上で重要であることから, 種の同定は行わなかったが, 個体数を数え, 不明種を含めた全個体数の中での浮遊性有孔虫の存在率を求めた.

有孔虫が産出した 12 試料の中で IC14 と IC05 は部分的に溶脱した個体が見られた. IC25 は 4 g で 200 個体以上の個体を得られた. これら 3 試料を除くと 2 g で 200 個体以上の有孔虫が得られた. 特に IC15 は 1499 個体 / 2 g, IC04 は 2758 個体 / 0.25 g, IC26 は 1965 個体 / 2 g と非常に多くの有孔虫が含まれていた. 浮遊性有孔虫の割合は AT-2 より下位の泥岩である IC15, IC01,

Table 1 荒谷層から産出する貝化石ならびにウニ・大型有孔虫化石.
産出地点と層準はFigs. 2, 3に示す.

Species/ Horizons	IC06	IC11	IC01	IC19	IC24	IC05	IC26	
<i>Yoldia</i> sp.						R		<i>Yoldia similis</i> に似る(70～300m)
<i>Yoldia</i> (<i>Cnesterium</i>) sp.							F	
<i>Glycymeris</i> sp.	R	R						浅海帯上部(5～30m)
<i>Chlamys</i> sp.		C			R			一般に北方系の貝だが、この種類は亜熱帯に生息していた(100m以浅).
<i>Chlamys nisataiensis</i> Otuka		F						
<i>Diplodonta</i> cf. <i>ferruginata</i> (Makiyama)	R							浅海帯上部(10～30(50)m)
<i>Mizuhopecten kimurai</i> (Yokoyama)			*	R		R	R	
" <i>Placopecten</i> " <i>protomollitus</i> Nomura		F						
" <i>Cardium</i> " sp.						R		
<i>Vepricardium</i> sp.	R						R	
" <i>Clinocardium</i> " sp.		F				R		
<i>Limatula</i> sp.			*			R		浅海帯中部～深海帯上部(25～670m)
Propeamussiidae (ワタゾコツキヒガイ科)			F					深海帯上部(200～400m)
<i>Oxyperas</i> ? sp.		R						
<i>Lucinoma</i> cf. <i>annulatum</i> (Reeve)						R		浅海帯中部～深海帯上部(25～670m)
<i>Panopea tyugokuensis</i> (Otuka)						R		浅海帯上部(30m以浅)
<i>Anisocorbula</i> sp.	R							
<i>Fissidentulum yokoyamai</i> (Makiyama)			*					浅海帯下部～深海帯最上部(100～200m)
" <i>Teredo</i> " sp.						R		フナクイムシのすみあと
<i>Calliostoma simane</i> Nomura and Hatai			R					<i>C. heliarchus</i> (50～200m) に似る
<i>Kewia</i> cf. <i>minoensis</i> Morishita		R						
<i>Operculina complanata japonica</i> Hanzawa		R						

R: 稀(1～2個), F: わずか(3～4個), C: 普通(5個以上) * 中川・田原(1991)

IC03, IC16, IC19 では 17.8 ～ 42.6 % と高率で, AT-2 より上位の IC05, IC24, IC25, IC26 では 0.5 ～ 2.8 % と 3 % 未満で, 岩相による違いが明瞭である. IC04 は極細粒砂岩で, わずかな試料中に多くの有孔虫が含まれ特異である. 代表的な有孔虫の写真を Plate 2 ～ 4 に示す.

荒谷層を通して多産するのは *Bolivina* 属と *Cibicides* 属である. 泥岩中に特徴的に産出し, 細粒砂岩から産出しない, またはほとんど産出しないのは *Amphicoryna fukushimaensis*, *Gyroidina orbicularis*, *Guttulina* spp., *Vaginulina* spp., *Lenticulina* sp., *Lagena* spp. などのほか, 膠着質殻有孔虫の *Glaudryina* spp. や *Pseudogaudryina ishikiensis* などである. 一方, 細粒砂岩から多産するが泥岩から産出しない, またはほとんど産出しないのは *Buccella mansfieldi* や "*Glabratella*" sp. のほか, 全体に産出が少ないが *Rosalina* sp. や *Reussella* spp. も細粒砂岩に特徴的な種である. また,

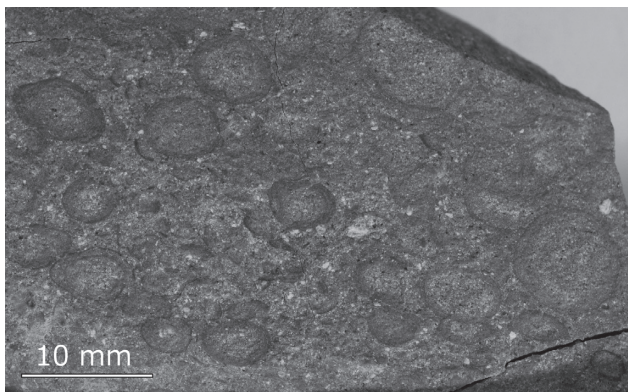


Fig. 4 火山豆石を含む凝灰岩. 火山豆石は破片も多い.

Bolivina 属は, 泥岩からは *Bolivina alta* が多産し, 細粒砂岩からは *Bolivina robusta* や *Bolivina asanoi* が多産する. *Cibicides* 属については種まで同定できなかった個体が多いが, 細粒砂岩中には *Cibicides* cf. *refulgens* や *Cibicides* cf. *lobatulus* などの若狭湾の海浜砂で見られる種 (中川・中村, 2019) に似た形態の種も含まれていた. また, *Quinqueloculina* 属などの陶質殻有孔虫は IC02 を除くと少ない.

Table 2 荒谷層から産出する有孔虫化石. 産出地点, 層準はそれぞれFigs. 2, 3に示す.

種名	産地・粒度	IC 14	IC 15	IC 01	IC 02	IC 03	IC 16	IC 19	IC 04	IC 24	IC 25	IC 26	IC 01	IC 02	IC 03	IC 04	IC 05
	処理した試料	16g	2g	1g	2g	2g	4g	2g	0.25g	2g	2g	2g	定性	定性	定性	定性	定性
磁器質殻有孔虫																	
<i>Quinqueloculina</i> cf. <i>elongata</i> Natland						3											
<i>Quinqueloculina</i> sp.			2		84	1								1			
石灰質殻有孔虫																	
<i>Alabamina japonica</i> (Asano)		1	6							130			2				
<i>Alabamina</i> sp.			11	4		3				10							
<i>Ammonia inflata</i> (Seguenza)						2	4	6					8		6	1	
<i>Ammonia beccarii hatatensis</i> (Takayanagi)			3			1					25	7	1		1		7
<i>Ammonia</i> sp.				1			9	2	2			11	1	3	5		21
<i>Amphicoryna fukushimaensis</i> (Asano)			2		1	1	4	3					7	8	17	2	
<i>Amphicoryna</i> sp.			1	1		3		1	4					1			
<i>Amphisyegina</i> sp.					2					23							
<i>Anomalinoidea grabrata</i> (Cushman)							4		2								1
<i>Baggina notoensis</i> Asano				2													
<i>Bolivina alata</i> (Seguenza)		29	38	16		38	4	17	12	3			2		16	10	
<i>Bolivina asanoi</i> Uchio									8	19		107					
<i>Bolivina</i> cf. <i>compacta</i> Sidebottom									48			13					
<i>Bolivina masudai</i> Asano													3				
<i>Bolivina striatula</i> Cushman																1	
<i>Bolivina</i> cf. <i>pseudospissa</i> Kleinpell			6	4									13	1		24	
<i>Bolivina robusta</i> (Brady)			2		2	8			160	46	20	434	6				
<i>Bolivina</i> sp.		8	123	7		2	17	94	90	66	16	29		8	10	3	7
<i>Buccella</i> cf. <i>frigida</i> (Cushman)		2								1			4		2		
<i>Buccella mansfieldi</i> (Cushman)								1		41							
<i>Buccella</i> sp.		1	7	4		11	1	14	8	6	5	26			1	1	14
<i>Bulimina</i> sp.		32	101	42		21	23	77	29	33	47	282	31	6	17		6
<i>Cancris</i> sp.		5	7										4		4		
<i>Cibicides</i> cf. <i>lobatulus</i> (Walker and Jacob)					4				130				1			38	
<i>Cibicides</i> cf. <i>refulgens</i> Montfort					30				11	5				68	7	145	
<i>Cibicides</i> sp.		5	15	11	193	23	8	5	632	227	114	465	24	13	2		105
<i>Cibicidoides pseudoungeriana</i> (Cushman)		2	7	2	44	4	3	13	120	4	6		30	28	9	21	4
<i>Cibicoides</i> sp.													5		2		
<i>Criboelphidium imanishii</i> (Asano)							8			2			1		2		3
<i>Criboelphidium</i> sp.				1									1				
<i>Cymbaloporeta</i> sp.														1			
<i>Dentalina inecta</i> (Cushman & Applin)			3	4		11	2						19	6	12		
<i>Dentalina</i> sp.		13				2		22	5				2		4	2	
<i>Discorbinella convexa</i> (Takayanagi)						2		2	1								
<i>Discorbis</i> sp.												1		2			
<i>Ehrenbergina</i> sp.					5	1		1									
<i>Elphidium subarcticum</i> Cushman		13	22	11		10	39	8	2				43	32	19	4	
<i>Elphidium</i> sp.		1	5		2	6			5	50		3	3	1	11		7
<i>Epistominella</i> sp.		2				8	1						1		3		8
<i>Eponides cribroripandus</i> (Asano and Uchio)				1						1			3				
<i>Eponides</i> sp.							3	3	21			11		9		4	
<i>Fissurina</i> cf. <i>annectens</i> (Burrows and Holland)												1					
<i>Fissurina natlandi</i> Finger and Lipps			1														
<i>Fissurina</i> sp.			2			2			8								
<i>Fursenkoina ishikiensis</i> (Asano)			27	6		22	3	12	3		5		3				
<i>Fursenkoina</i> sp.		54	22	20		6			3						7		
" <i>Glabratella</i> " sp.				6		5			56			26		2			1
<i>Glandulina laevigata</i> (d'Orbigny)			3													1	
<i>Glandulina</i> sp.				1													
<i>Glandulina nipponica</i> Asano		1													1		
<i>Globobulimina pacifica</i> Cushman																2	
<i>Globobulimina perversa</i> (Cushman)															1		
<i>Globobulimina</i> sp.													7				
<i>Globocassidulina</i> sp.				1	7	5		16	19	23	8	82	15	22	2	7	1
<i>Globulina landesi</i> (Hanna and Hanna)															1		
<i>Guttulina ikebei</i> Chiji					1								2				
<i>Guttulina irregularis nipponensis</i> Cushman and Ozawa							2								1		
<i>Guttulina kishinouyei</i> Cushman and Ozawa															1		
<i>Guttulina</i> sp.			4	1			1	2					1				
<i>Gyroidina orbicularis</i> d'Orbigny			31	4		14	16		44				42		17	7	
<i>Gyroidina</i> sp.		1	4	3		9	3	10	43				6	2			
<i>Hanzawaia nipponica</i> Asano			4				2		6	42		171		2	7	7	

福井県福井市荒谷層の前期中新世末～中期中新世初頭の底生有孔虫と古環境

<i>Hanzawaia tagaensis</i> Asano	20				8			4	7	2	17			1	2	
<i>Hanzawaia</i> sp.			2		6			27	5							2
<i>Heterolepa praecincta</i> (Karrer)			1													
<i>Laevidentalina</i> sp.			1													
<i>Lagena sulcata</i> (Walker and Jacob)			5	2				4	2	3	1					
<i>Lagena</i> cf. <i>distoma</i> (Parker and Jones)													7			
<i>Lagena striata</i> (d'Orbigny)			2			1				1			1	1	1	
<i>Lagena</i> sp.	5	1	1		6			7	4				1		1	4
<i>Lenticulina pseudorotulata</i> (Asano)													2			
<i>Lenticulina</i> cf. <i>lucida</i> (Cushman)	1								8				2		3	3
<i>Lenticulina</i> sp.	2	5	2		1	16	27						8	2	9	5
<i>Marginulina sendaiensis</i> Asano													2			
<i>Marginulina</i> sp.				1												
<i>Mucronina advena</i> (Cushman)				1												
<i>Nodogeneria</i> sp.								1	18							
<i>Nodosaria</i> sp.						1										
<i>Nonion kidoharaense</i> Fukuta	42				7	30	11	2					52		49	19
<i>Nonion</i> sp.	7	67	15	1	21	11		19	5	14	42				1	
<i>Nonionella miocenica</i> Cushman	2					1			8						1	
<i>Nonionella</i> sp.	4	1							11	20	12	3	3		1	1
<i>Oridorsalis umbonatus</i> (Reuss)								2								
<i>Oolina apiopleura</i> (Loiblich and Tappan)						1		2				1			5	
<i>Pararotalia</i> sp.												24				
<i>Planocassidulina praeheleae</i> Nomura	8					2	58				2				4	
<i>Planocassidulina</i> sp.	1			1	1	15	25	25		2	7			2	4	
<i>Planoglabratella opercularis</i> (d'Orbigny)				1					13							
<i>Planoglabratella subopercularis</i> (Asano)												13		1		
<i>Plectofrondicularia californica</i> Cushman and Stewart							8	5								
<i>Porosorotalia makiyamai</i> (Chiji)										4	2			6		
<i>Porosorotalia</i> sp.				6												
<i>Pseudononion japonicum</i> Asano						5	17				92	38			2	22
<i>Pseudononion</i> sp.	4	40			5		14	2	2			3		2		34
<i>Pseudononion</i> ? sp.			2		14											
<i>Pseudoparrella</i> sp.	1							11								
<i>Pseudopolymorphia</i> sp.					1											
<i>Pyrulina</i> sp.															1	1
<i>Reussella haizumensis</i> Asano										9	4					
<i>Reussella pacifica</i> Cushman and McCulloch												5			1	2
<i>Reussella</i> sp.	1											13			1	
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)												3	1	2		
<i>Rosalina</i> sp.										1	2	1			1	1
<i>Sigmoidella pacifica</i> Cushman and Ozawa								1							2	
<i>Sigmomophina</i> sp.					1											
<i>Trifarina</i> sp.									108				2		9	
<i>Uvigerina peregrina</i> Cushman									24						4	
<i>Uvigerina</i> sp.							2			2					15	
<i>Vaginulina</i> cf. <i>yoshihamaensis</i> Inoue and Nakaseko															2	
<i>Vaginulina mimataensis</i> Asano	1	1				1										
<i>Vaginulina</i> sp.	2	2				2									1	
膠着質殻有孔虫																
<i>Cyclammina</i> ? sp.															4	
<i>Gaudryina yabei</i> Asano		2							1					1	5	
<i>Gaudryina</i> sp.		1		2						1						1
<i>Martinottiella</i> ? sp.															3	
<i>Pseudogaudryina ishikiensis</i> Asano	20	22	10	2	18	3	3	15								
<i>Textularia agglutinans</i> d'Orbigny														2		
<i>Textularia</i> sp.			1										1			
浮遊性有孔虫	27	638	73	3	195	54	233	820	24	4	10		703	48	80	117
不明種(底生有孔虫)	27	176	10	16	36	0	99	56	195	76	92		123	64	23	87
総個体数	269	1499	275	409	543	303	886	2758	868	450	1965		1199	345	383	562
浮遊性有孔虫の割合(%)	10.0	42.6	26.5	0.7	35.9	17.8	26.3	29.7	2.8	0.9	0.5		58.6	13.9	20.9	20.8

V 考察

V-1 荒谷層の古環境の変遷

今回得られた貝化石や岩相をもとに荒谷層の古環境の変遷を考察する。便宜上下位から (1) 礫混じりの中粒砂岩, 細粒砂岩, 凝灰岩 (IC06, IC07, IC08, IC09), (2) *Operculina* を含む凝灰質粗粒～中粒砂岩 (IC11), (3) 泥岩 (IC12～19, IC01～03), (4) 灰白色ないし青色の極細粒砂岩～細粒砂岩 (IC22～26, IC04, 05) に分け古環境を考察する。AT-2 は水中へ流れ込んだ火砕流堆積物であるがそれ以上のことは不明なのでここでは省略する。貝化石による古水深の推定は (小笠原, 増田, 1989; 奥谷編, 2017) にしたがった。

(1) から *Glycymeris* sp., *Diplodonta* cf. *ferruginata*, "*Cardium*" sp., *Anisocorbula* sp. が産出した。これらは水深 10～30 (50) m 以浅に生息環境を持つ二枚貝からなり (奥谷編, 2017), 浅海帯上部の群集である。また, 湿地帯などの潟や氾濫原などで形成される亜炭層が見られる。凝灰岩には火山豆石が含まれるが, これは噴火した火山灰が雨や水蒸気爆発による凝集によってできた (照井・照井, 1992) と考えられる。破壊された火山豆石が多く含まれることから陸域でおこった水蒸気爆発で形成された可能性が高い。これらのことから河川 (氾濫原) から上部浅海帯で形成されたと判断される。

(2) の凝灰質粗粒～中粒砂岩からは大型有孔虫の *Operculina complanata japonica* の産出が知られている (中川・田原, 1991)。福井市高須では同様の岩相から *Operculina complanata japonica* と *Myogypsina kotoi kotoi* との共産が知られている (松丸ほか, 1979)。これら二種は上部浅海帯の指標種 (Hasegawa and Takahashi, 1992; 野村・松本, 1990) である。貝化石の中では *Chlamys nisataiensis* や *Placopecten protomollitus* などのイタヤガイ科の化石が産出するほか, *Oxyperas*? sp., *Glycymeris* sp. や *Clinocardium* sp. が産出する。これらは水深 30～50 m 以浅に生息環境を持つ二枚貝からなり (小笠原・増田, 1989), IC06 に比べやや深い環境が推定される。ただし, (2) の岩相は級化構造を持ち, 上～中部浅海帯から (3) の泥岩の堆積した環境へ海底土石流として運ばれて堆積したと考えられる。福井市高須でも同様な岩相が見られ, 凝灰質粗粒砂岩から *Operculina* が産出し, それに重なる中粒砂岩の軽石の一部が, 海緑石に置換されている (鹿野ほか, 2007)。

(3) 主に泥岩からなる地層 (IC14, IC15, IC01～03) で, 薄い泥質細粒凝灰岩や火山礫凝灰岩を挟む。IC01 の泥岩からは *Limatula* sp. や *Fissidentalium* sp. が報告されていたが (中川・田原, 1991), 今回 *Calliostoma simane* と Propeamussiidae (ワタゾコツキヒガイ科) が産出した。その他, IC01 や IC19 の中からは破損した *Mizuhopecten kimurai* が産出する。本種は大型のイタヤガイ科であり上部浅海帯 (30 m 以浅) の古水深が考えられるが (小笠原・増田, 1989), 異地性の産状であり古環境は不明である。Propeamussiidae は上部漸深海帯 (水深 200～400 m 前後) に多い二枚貝であり, *Calliostoma* 属は *Calliostoma heliarchus* のように水深 50～200 m 前後に生息する (奥谷編, 2017)。 *Limatula* sp., *Fissidentalium* sp., *Calliostoma simane*, Propeamussiidae などが産出する化石は下部浅海帯～上部漸深海帯 (100-200 m) から広く知られている (中川・竹山, 1985; 上田, 1991)。

(4) AT-2 の上位は泥岩から極細粒～細粒砂岩へと岩相が変化する。IC24 からは *Chlamys* sp. が, IC05, IC26 からは *Lucinoma* cf. *annulatum*, *Yoldia* sp. などが産出した。 *Lucinoma* cf. *annulatum* や *Yoldia* sp. の中には浅海帯～漸深海帯に生息域を持つ種もいるが, フナクイムシによって穿たれた流木や比較的保存の良い *Mizuhopecten kimurai*, *Panopea tyugokuensis*, *Nitidotellina* sp. など, 上部浅海帯 (水深 30m 以浅) を示す構成種も産出する。 *Lucinoma* cf. *annulatum* や *Yoldia* sp. は水深 200m 付近まで分布するが (奥谷編, 2017), 細砂底では 30m 前後でも生息することから IC05, IC26 は上～中部浅海帯 (水深 10～50 m) 前後の砂泥底で堆積したと考えられる。また, IC24 は上浅海帯部の化石が認められないことや岩相が極細粒砂岩であることから, 泥岩よりは浅く IC05, IC25, IC26 より深い古環境が推定される。

V-2 化石有孔虫から見た荒谷層の古水深

貝化石の群集は産出地点, 産出化石の数が少ないこともあり, 泥岩や細粒砂岩の古環境の推定には

不確実な点が見られる。一方、(3) 泥岩 (IC14, IC15, IC01, IC02, IC03, IC16, IC19) と (4) 灰白色ないし青色の極細粒砂岩～細粒砂岩 (IC04, IC24, IC05, IC25, IC26) からは、多くの有孔虫が産出したので、それらをもとに詳細な古環境を復元する。

秋元・長谷川 (1989) は現生種について、長谷川ほか (1989) は化石種について有孔虫化石群集と水深との関係を明らかにした。有孔虫は水塊によって生息する深度が異なる。また、上部浅海帯は水深 0 ～ 30 m 前後、中部浅海帯は水深 30 ～ 100 m 前後、下部浅海帯は水深 100 ～ 200 m、漸深海帯は水深 200 ～ 3500 m 以深とされている (秋元・長谷川, 1989)。一般に有孔虫は堆積した砂の移動に伴って浅い環境から深い環境へと運ばれるので、有孔虫が産出する上限深度帯から古水深を推定している (長谷川ほか, 1989)。

荒谷層から産出した有孔虫で上限深度帯が上部浅海帯にあるのは *Amphistegina* sp., *Buccella frigida*, "*Glabratella*" spp., *Hanzawaia tagaensis*, *Nonion kidoharaense*, *Pseudononion japonicum*, *Quinqueloculina* spp., *Rosalina* spp. で、cf. 付きの同定だが、*Cibicides* cf. *lobatulus*, *Cibicides* cf. *refulgens* がある。上部浅海帯の種はどの試料にも量的は少ないが含まれている。上限深度帯が中部浅海帯の種としては *Albamina japonica*, *Ammonia beccarii hatatensis*, *Amphicoryna fukushimaensis*, *Bolivina robusta*, *Cibicidoides* spp., *Guttulina* spp., *Heterolepa* spp. が産出する。上限深度帯が下部浅海帯の種としては *Dentalina* spp., *Fursenkonia* sp., *Gaudryina* spp., *Glandulina laevigata* が産出する。上限深度帯が漸深海帯上部の種としては *Baggina notoensis*, *Fursenkoina ishikiensis*, *Lenticulina* sp., *Marginulina* spp. が産出した。中部漸深海帯に上限深度帯がある種では *Gyroidina orbicularis* が産出した。長谷川ほか (1989) も指摘するようにそれぞれの種の上限深度帯は水塊や時代によっても異なり、研究者によっても多少古水深に対する考えは異なる。たとえば、*Gyroidina orbicularis* 中部浅海帯以深から産出する (野村ほか, 2018)。

浮遊性有孔虫の存在率は IC15, IC01, IC03, IC16, IC19 の泥岩ならびに IC04 の極細粒砂岩からは 20 % 以上を占め、強い暖流が流れていた外洋で堆積したことを示す。一方、IC24, IC05, IC25, IC26 は 3 % 未満であり内湾の浅い海の可能性が高い (Hasegawa and Takahashi, 1992)。

IC14 ～ IC19 までの層準は IC02 を除くと泥岩であり、*Guttulina* spp., *Vaginulina* spp., *Amphicoryna fukushimaensis* のほか、*Gaudryina* spp. や *Pseudogaudryina ishikiensis* などの膠着質殻有孔虫を含む。これらは主に下部浅海帯以深に生息する種が多く、上限深度帯に着目すると *Fursenkoina ishikiensis*, *Lenticulina* sp. はいずれも上部漸深海帯に、*Globubulimina* sp. や *Gyroidina orbicularis* は中部漸深海帯の特徴種とされる (長谷川ほか, 1989; Hasegawa and Takahashi, 1992)。IC14 ～ IC19 までの層準の泥岩の堆積環境は、浮遊性有孔虫の存在比が高く、*Fursenkoina ishikiensis*, *Lenticulina* sp., などの上部漸深海帯以深に上限深度帯をもつ種や属の化石を含み、上部漸深海帯で堆積したと判断できる。これは貝化石では議論できなかった上部漸深海帯の存在を有孔虫化石から指摘できることを示す。ただし、富山県の黒瀬谷層では *Martinottiella nodulosa* を上部漸深海帯の指標種としているが、荒谷層からは *Martinottiella*? sp. が IC03 から定性試料から 2 個体産出しているのみである。*Globubulimina* spp. も定性試料からのみ産出した。これらのことから荒谷層の泥岩 (IC15, IC01, IC03, IC16, IC19) は下部浅海帯より深い海域で堆積したと考えられる。

IC04 は 0.25 g 中に 2758 個と今回最も化石の産出密度が高い。*Cibicides* spp. の数がきわめて多く、28.2 % を占め、*Cibicidoides* spp. も数%を占める。そのほか上部浅海帯に特徴的な *Amphistegina* sp., *Buccella frigida*, *Cibicides* cf. *lobatulus*, *Cibicides* cf. *refulgens*, *Glabratella* spp. など多産する。しかし、上限深度帯が漸深海の *Gyroidina orbicularis* や *Uvigerina peregrina* が産出し、浮遊性有孔虫の割合も 29.7 % と多いことから上部漸深海帯で堆積している。

IC04 より上の層準である IC24, IC05, IC25, IC26 からは上限深度帯が漸上部深海帯の化石は産出しない。下部浅海帯に上限深度帯をもつのは *Gaudryina* sp. 1 個体が IC24 で産出するのみである。したがってこれらは浅海帯中～上部に堆積したと判断される。多産した *Cibicides* spp. は背側と腹側の形態が異なり、海藻に付着して生息していたことが知られているので (北里, 1986)、その多くは光の

届く 30 m 以浅に生息していたと推定される。量的に少ないが *Glabratella* spp., *Rosalina* spp. も同様の環境に生息していたと考えられる。

荒谷層の泥岩から産出する有孔虫は上部浅海帯から上部漸深海帯までの様々な古水深を示す有孔虫が混在していることが特徴である。これらの異なる古環境を示す底生有孔虫の混合は、特定の層準で見られ北陸地域では富山県の黒瀬谷層 (Hasegawa and Takahashi, 1992) から、山陰では島根県の成相寺層からも報告されている (野村ほか, 2018)。このような群集の混在は前期中新世末～中期中新世にかけての地層からは数多く報告されている (的場, 1992, 野村, 1986)。これは野村ほか (2018) も指摘するように、日本海拡大末期に地殻の沈降が急速に進むことで (山路・佐藤, 1989)、古水深が増大し、浅海の堆積物が削られ深海域に運ばれることによっておきる現象で、大陸棚が発達せず、上部浅海帯と漸深海帯が接するような特殊な環境であった可能性が高い (Fig. 5)。Bruun (1962) は完新世初期には海水準の上昇速度が大きく、海進により外浜侵食が起こることを明らかにした。この現象は Bruun の法則と呼ばれている (斎藤, 1989) が、日本海の拡大末期にはそれ以上の大きなスケールの海水準上昇があったと考えられる。荒谷層の上部浅海帯の有孔虫化石が上部漸深海帯に混入したのは、このような特有の環境変動と関係がある (Fig. 5)。

また、山陰地域や備北層群では膠着質有孔虫からなる群集が知られているが、荒谷層からは産出しなかった。これは荒谷層が無酸素に近い環境にならなかったことを意味する。AT-2 を境に泥岩から極細粒砂岩ないし細粒砂岩に変化することから環境がやや浅くなったと考えられるが、前述のように IC04 は上部漸深海帯と下部浅海帯の境界付近であったと考えられ、IC24～IC26 にかけて古水深が浅化している。

V - 3 荒谷層の古水温

長谷川 (1999) は底生有孔虫の生息する古水温をもとに、亜熱帯区、暖温帯区、中間温帯区、冷温帯区に区分した。産出した有孔虫のほとんどは亜熱帯区、暖温帯区のものである。亜熱帯区とされる *Hanzawaia tagaensis*, *Amphicoryna fukushimaensis*, *Pseudononion* sp. は多産したが、“*Glabratella*” sp., *Rosalina* sp., *Quinqueloculina* sp. はあまり産出しなかった。この 3 種は上部浅海帯の海藻に付着して生活する種であり、荒谷層は 30 m 以深に堆積したためと考えられる。また、暖温帯区に特徴的な *Buccella* sp., *Nonionella miocenica*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *Cibicides lobatulus*, *Bolivina robusta*, *Hanzawaia nipponica*, *Ammonia hatatensis* は個々の種の古水温としては亜熱帯域にも生息する種である。一方冷温帯区グループの中では *Criboelphidium* sp. 1 種のみの産出が認められる。しかし、この種は亜熱帯区と暖温帯区の境界付近まで産出しており、今回の研究でその生息範囲が亜熱帯区まで伸びると考えてよいのであろう。このような種構成は荒谷層が放射年代や浮遊性有孔虫から推定される中新世の最温暖期である MNCO 期 (Mid-Neogene Climatic Optimum) に形成されたことを裏付けるものである。

V - 4 IC02 から産出する有孔虫の解釈

IC02 は泥岩に挟まれた厚さ 30 cm の細粒砂岩であり、有孔虫の組成を見ると上下の泥岩に含まれる *Fissurina* 属, *Glandulina* 属, *Globobulimina* 属, *Guttulina* 属, *Vaginulina* 属を含まず、膠着質有孔虫の産出もわずかである。また、浮遊性有孔虫の量比も 0.7 % と周囲の泥岩に比べ著しく低い。上部浅海帯の海藻に多く見られる *Quinqueloculina* sp. を多く含む。これらの特徴から復元される古水深は周囲の泥岩に比べ浅く中～上部浅海帯である。しかし、直上や直下の泥岩層から産出する有孔虫が上部漸深海帯であることや級化構造が見られることから、IC02 の細粒砂岩は浅海域から海底土石流などで深海帯に運ばれた堆積物と判断される。荒谷層には細粒砂岩 (IC02) のほか、何枚もの凝灰岩や凝灰質砂岩や礫岩が泥岩や細粒砂岩に挟まれることから、頻繁に火山活動や地震があり、それに伴い海底土石流や AT-2 のような水中火砕岩やその再堆積物が見られ、多くの堆積物が浅海域から深い海域まで運ばれたと考えられる。

V-5 北陸・山陰地域との比較

今回、大型有孔虫の *Operculina* の産出した岩相は凝灰質粗粒砂岩で風化が進んでいるため底生有孔虫を摘出することはできなかった。しかし、富山県の八尾層群（千地, 1961; Hasegawa and Takahashi, 1992）からは *Operculina* と共産する有孔虫が報告されていて上～中部浅海帯の環境を示す。鳥取県の鳥取層群（松本・瀬戸, 1994）においては *Chlamys nisataiensis*, *Dosinia* (*Phacosoma*) *nomurai*, *Oxyperas osawanoensis* などの浅海生の貝化石が異地性の産状で共産する。一方 *Operculina* の産出する砂岩層の上下の泥岩からは漸深海帯の有孔虫が産出する（野村・松本, 1990）。したがって、*Operculina* を含む粗粒砂岩もまた、海底土石流により浅海域から深海へ運ばれて堆積した可能性もある。福井市高須では *Operculina* 層準直上の中粒砂岩に海緑石を含む（鹿野ほか, 2007）。海緑石砂岩は金沢周辺の七曲層と朝ヶ屋層の境界からも報告されている（柳沢, 1999）。海緑石は堆積速度が遅く有機物が供給される環境で形成される自生鉱物である。*Operculina* 層準が海底土石流の形成後に無堆積の時期があったのか、海退によって形成されたかは明らかではない。1600 万年前頃の一時的な寒冷化や海水面の低下は岩手県の門ノ沢層でも報告されており（入月・松原, 1994）、*Operculina* を含む粗粒砂岩には MNCO 期における一時的な寒冷化や海水面の低下といった古環境変動を記録している可能性がある。

次に *Operculina* 層準の上位では貝化石からも有孔虫化石からも急速な古水深の増大が認められる。このような古環境の変遷は富山県の八尾層群（Tsuda, 1960）、石川県金沢市の七曲層・朝ヶ屋層（齊藤, 1988; 柳沢, 1999）、石川県加賀市（尾藤ほか, 1980; 中川・千地, 1988）、福井県鳥取県の鳥取層群（松本・瀬戸, 1994）や岡山県～広島県の備北層群（上田, 1991）などから報告されている。*Operculina*

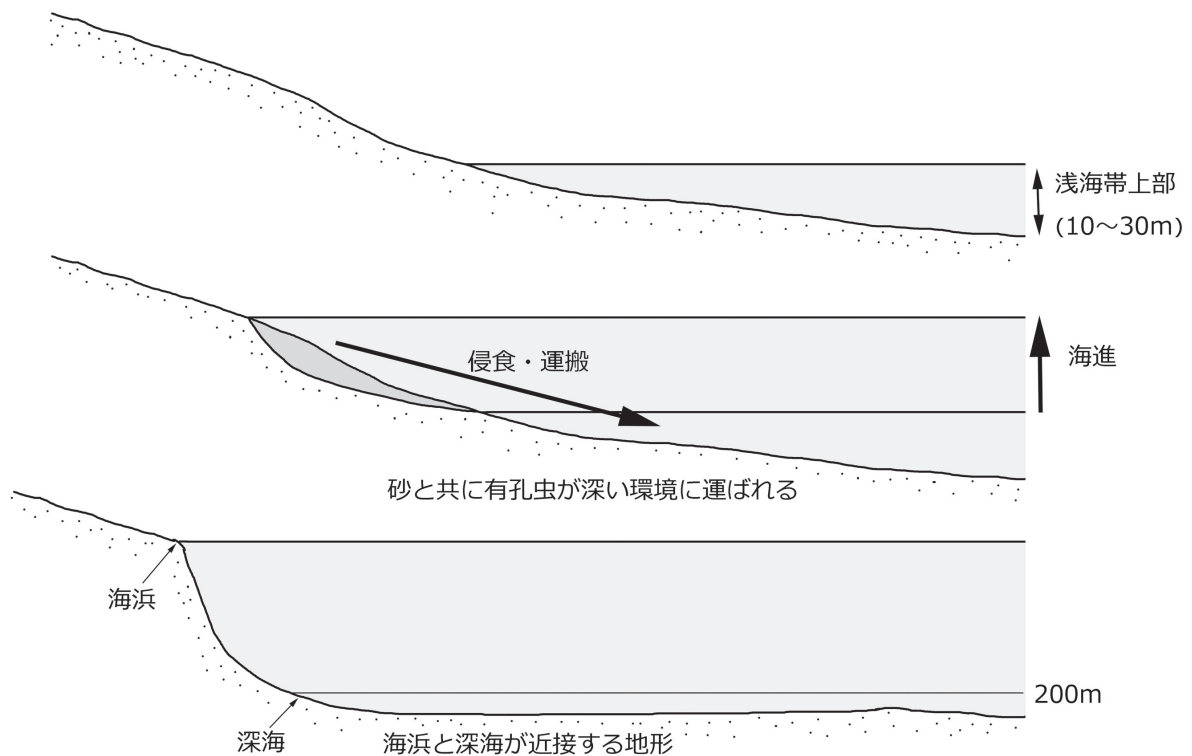


Fig. 5 急速な海進に伴う有孔虫化石の混合を示す模式図。

荒谷層下部では浅海上部の環境であった。急速な海進がおこることで、浅海堆積相が侵食され、漸深海帯（200 m以深）に運ばれた。また、海浜と漸深海が地理的に近い位置になり、浅い環境に生息していた有孔虫が漸深海の泥岩と混合されて群集が形成された。

は報告されていないが、高浜町の内浦層群（中川・竹山, 1985）においても古水深の増大が認められる。このような海進に伴う古水深は八尾層群のように漸深海帯でも水深 1000 m を超える（千地, 1961）場所から、備北層群のように下部浅海帯～上部漸深海帯（水深 150 ～ 200 m 前後）と場所によりその差は大きい。荒谷層については貝化石から下部浅海帯以深とされ、確実に水深 200 m 以深とはいえなかった（Nakagawa, 1998）。今回の有孔虫の検討からその最大古水深が漸深海帯に及ぶことが明らかになった。今回の研究では貝化石ならびに有孔虫化石から *Operculina* 層準の上位で急に深くなり漸深海帯になりその後、AT-2 の活動後、IC04 より上位で水深が浅くなるとともに外洋水の影響が小さくなることが明らかになった。このような現象は荒谷層堆積時ならびにその後の市ノ瀬流紋岩類や国見岳火山岩類などの活動と深く関係し、日本海拡大に伴う引っ張り応力場からフィリピン海プレート沈み込みによる圧縮応力場への転換に対応する現象（鹿野ほか, 1991）と考えられる（鹿野ほか, 2007）。

VI まとめ

福井市市ノ瀬町北に分布する荒谷層（前期中新世末）から産出する貝化石と有孔虫化石をもとに古環境の復元を行った。荒谷層の古水深は下位から氾濫原～上部浅海帯、中～上部浅海帯、下部浅海帯～上部漸深海帯へと急速に深くなり、浮遊性有孔虫を多く含む外洋的な環境になった。その後、AT-2 火砕岩の堆積後、次第に浮遊性有孔虫を含まない浅海帯中～上部（水深 30 ～ 100 m）の内湾的な環境に変化した。荒谷層堆積時には、火砕岩の活動や頻繁に海底土石流があった。荒谷層には浅海帯上部から上部漸深海帯までの様々な古水深を示す有孔虫が混在している。これは、堆積当時の急速な沈降（または海進）により、浅海の堆積物が削られ深海域に運ばれることによっておきた日本海拡大期に見られる特徴である。

謝 辞

福井大学の山本博文先生には原稿を読んでいただき、有益なご助言をいただいた。茨城県つくば市の鹿野和彦博士、瑞浪市化石博物館の安藤佑介博士には野外調査の際、有益なご助言をいただいた。福井県立羽水高等学校自然科学部の山田千貴氏には調査に協力いただいた。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。記してお礼申し上げる。

文 献

- 秋元和実・長谷川四郎（1989）日本近海における現生底生有孔虫の深度分布 - 古水深尺度の確立に向けて -。地質学論集（新生代東北本州弧のジオテクニクス）, no. 32, 229-240.
- Asano, K. (1950-51) Illustrated catalogue of Japanese Tertiary smaller foraminifera. Stach, L.W., comp. Part 1-15.
- 尾藤章雄・早川俊之・鮎野義夫・小笠原憲四郎・高山俊昭（1980）石川県加賀市付近の新第三系層序。金沢大教養部論集, 自然科学, 17, 45-70.
- Blow, W. H. (1969), Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Bronnimann, P. and Renz, H. H., eds., *Proc. 1st Intern. Conf. Planktonic Microfossils*, (Geneva, 1967), 1, 199-422.
- Bruun, P. (1962) Sea level rise as a cause of shore erosion. *Proc. ASCEJ. Water. Harbors Div.*, 88, 117-130.
- 千地万造（1961）富山積成盆地新第三系の底棲有孔虫による化石層序学的研究。大阪市立自然科学博物館研究報告, no. 14, 1-88.
- Finger, K. L. (1992) Biostratigraphic atlas of Miocene foraminifera from the Monterey and Modelo Formations, central and southern California. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, special Pub.*, 29, 179p.

- Finger, K. L. (2015) Miocene foraminifera from the south-central coast of Chile. *Micropaleontology*, **59**, 341–492.
- 藤井昭二・鮎野義夫・中川登美雄 (1992) 北陸地域における新第三系の層序対比と新第三紀古地理. 地質学論集 – 古日本海東縁の新第三系. 層序・古地理・古環境 -, no. 37, 85-95.
- Hasegawa, S. (1979) Foraminifera of the Himi Group, Hokuriku Province, Central Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Sec. Ser. (Geol.)*, **49**, 89–163.
- 長谷川四郎 (1999) 底生有孔虫化石層序に関する古海洋学的観察 – 北海道の新第三系を例にして –, 石油技術協会誌, **64**, 40–48.
- 長谷川四郎・秋元和実・北里 洋・的場保望 (1989) 底生有孔虫にもとづく日本の後期新生代古水深指標. 地質学論集 (新生代東北本州弧のジオテクトニクス), no. 32, 241–253.
- Hasegawa, S. and Takahashi, T. (1992) Faunal Succession of Benthic Foraminifera in the Upper Yatsuo Group of the Hokuriku District, Central Japan -A Temporal Faunal Trend During an Early-Middle Miocene Transgression in Japan-. *Centenary of Japanese Micropaleontology: Contributed Papers in honor of Professor Yokichi Takayanagi*, 51–66.
- 入月俊明・松原尚志 (1994) 貝形虫化石群集解析に基づく下 - 中部中新統門ノ沢層の堆積環境の垂直変化. 地質学雑誌, **100**, 136–149.
- 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・加藤碩一・柳沢幸夫・吉田史郎編集 (1991) 日本の新生界層序と地史. 地質調査所報告, no. 274, 114 p.
- 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, 68p.
- Kender, S., Kaminski, M.A. and Jones, R. W. (2008) Early to middle Miocene foraminifera from the deep-sea Congo fan, offshore Angola. *Micropaleontology*, **54**, 477–568.
- 北里 洋 (1986) 岩礁地生底生有孔虫類の生態. 的場保望・加藤道雄編「新生代底生有孔虫の研究」, 1–12.
- 松本俊雄・瀬戸浩二 (1994) 鳥取層群からの *Operculina* の産出とその生層序学的・古生物地理学的意義. 島根大学地質学研究報告, no. 13, 47–56.
- 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, Section B: Geological Sciences*, **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. 金沢大日本海域研報, no. 20, 93–110.
- 中川登美雄・中村洋喜 (2019) 福井県西部の若狭湾の海浜砂に見られる底生有孔虫. 福井市自然史博物館研究報告, no. 66, 15–21.
- 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. 瑞浪市化石博物館研究報告, no. 12, 27–48.
- 中川登美雄・田原憲博 (1991) 福井県丹生山地北部中新統の岩相層序. 三浦 静教授退官記念論集, 11–27.
- 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・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. 岩石鉱物床学会誌, **85**, 45–59.
- 野村律夫 (1986) 島根半島中央部中新統の地質 – その 2 底生有孔虫化石群集について. 地質学雑誌, **92**, 461–475.

- 野村律夫・松本俊雄（1990）鳥取層群の底生有孔虫化石．山陰地域研究（自然環境），no. 6, 57-63.
- 野村律夫・田中裕一郎・辻本 彰（2018）島根半島中新統，成相時層下部から産出した有孔虫群集とその意義．地質学雑誌，**124**, 95-109.
- Matoba, Y. (1967) Younger Cenozoic Foraminiferal Assemblages from the Choshi District, Chiba Prefecture. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Sec. Ser. (Geol.)*, **38**, 221-263.
- Matoba, Y. (1970) Distribution of Recent Shallow Water Foraminifera of Matsushima Bay, Miyagi Prefecture, Northeast Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Sec. Ser. (Geol.)*, **42**, 1-85.
- 的場保望（1992）東北本州日本海地域の後期新生代底生有孔虫化石の変遷．地質学論集，no. 37, 125-138.
- Matoba, Y., Tomizawa, A., Maruyama, T., Shiraishi, T., Aita, Y. and Okamoto, K. (1990) *Guidebook for Field Trip No.2. Benthos' 90, the Fourth International Symposium on Benthic Foraminifera*, Sendai, B1-63.
- 松丸国照・東 洋一・竹山 憲市（1979）福井県丹生山地の中新統からの *Miogypsina*, *Operculina* の発見とその意義．地質学雑誌，**85**, 771-774.
- 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応．地質学論集，no. 32, 217-227.
- 奥谷喬司編著（2017）日本近海産貝類図鑑（第二版）．東海大学出版会，1375 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.
- 齊藤 毅（1988）金沢市南部の中新統七曲層産貝類化石．瑞浪市化石博物館研究報告，no.15, 139-144.
- 高柳洋吉編（1979）微化石研究マニュアル．朝倉書店，155p.
- 照井一明・照井佳代子（1991）火山豆石の特徴と教材の開発－北上川流域の鮮新世瀬美温泉凝灰岩を例として－．地学教育，**44**, 155-164.
- Tsuda, K. (1960) Paleo-Ecology of the Kurosedani Fauna. *Jour., Fac. Sci., Niigata Univ. Ser. 2, Biology, Geology. and Mineralogy*, **3**, 171-203.
- 上田哲郎（1991）広島県三次・庄原地域の中新統備北層群－軟体動物化石群集と古環境．地質学雑誌，**97**, 279-295.
- 山路 敦・佐藤比呂志（1989）中新世における東北日本弧の沈降運動とそのメカニズム．地質学論集（新生代東北本州弧のジオテクトニクス），no. 32, 339-349.
- 柳沢幸夫（1999）金沢市南部地域に分布する中新統の珪藻化石層序．地質調査所月報，**50**, 49-65.
- 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.

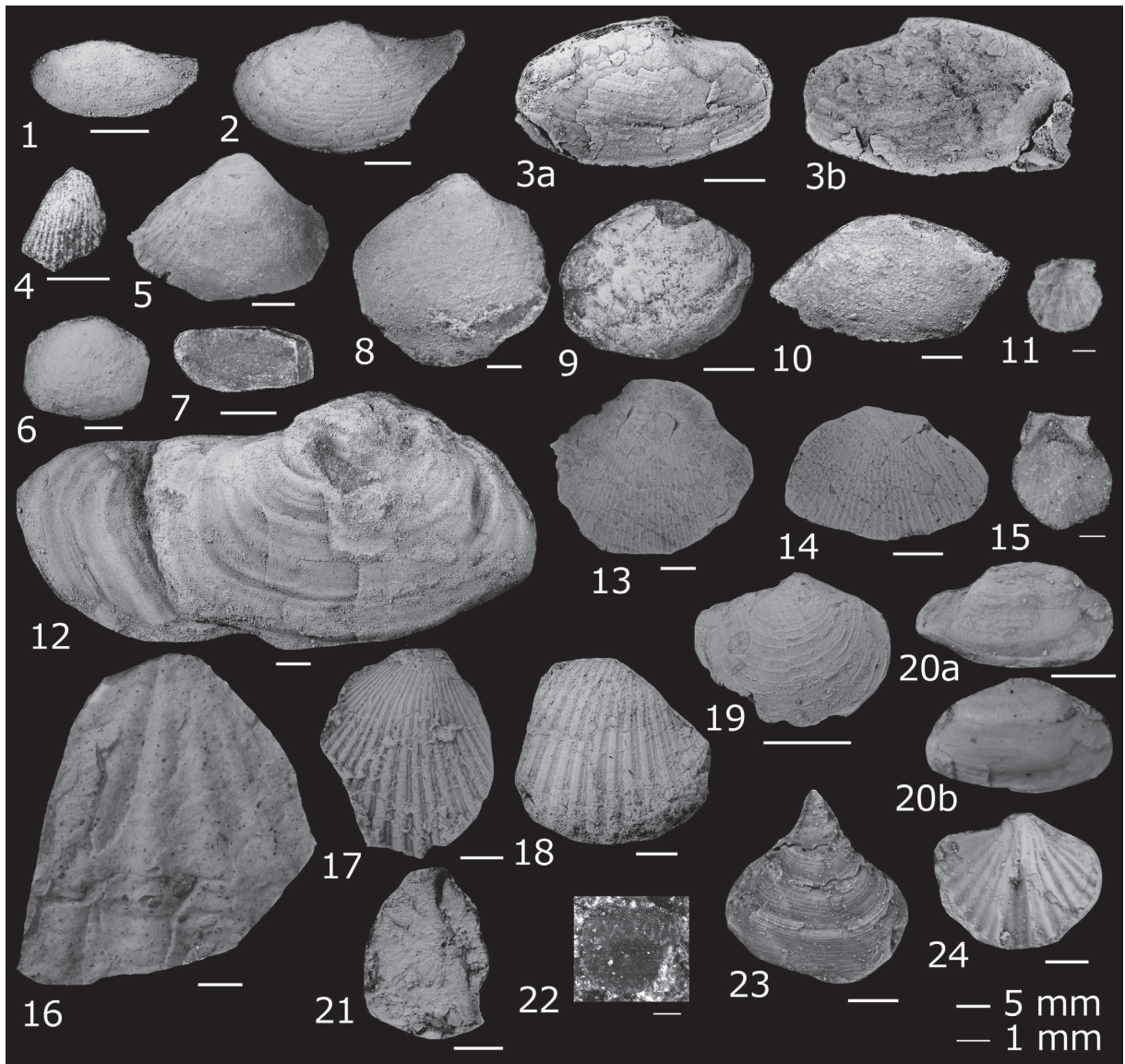


Plate 1. 荒谷層市ノ瀬南から産出した貝化石ならびに大型有孔虫.

1, 2, 3a, b. *Yoldia* sp. (IC05). 1: FCMNH-GF9884, 2: FCMNH-GF9885, 3: FCMNH-GF9886, 4. "*Cardium*" sp. (IC05). FCMNH-GF9887, 5. *Vepricardium* sp. (IC06). FCMNH-GF9888, 6. *Diplodonta* cf. *ferriginata* (IC06). FCMNH-GF9889, 7. *Nitidotellina* sp. (IC05). FCMNH-GF9890, 8. *Clinocardium* sp. (IC11). FCMNH-GF9891, 9. *Mactra*? sp. (IC11). FCMNH-GF9892, 10. *Oxyperas*? sp. (IC11). FCMNH-GF9893, 11, 15. Propeamussiidae (IC01). 11: FCMNH-GF9894, 15: FCMNH-GF9895, 12. *Panopea tyugokuensis* (IC05). FCMNH-GF9896, 13, 14. "*Placopecten*" *protomollitus* (IC11). 13: FCMNH-GF9897, 14: FCMNH-GF9898, 16. *Mizuhopecten kimurai* (IC05) FCMNH-GF9899, 17. *Chlamys nisataiensis* (IC11). FCMNH-GF9900, 18. *Chlamys* sp. (IC11). FCMNH-GF9901, 19. *Lucinoma* cf. *annulatum* (IC05). FCMNH-GF9902, 20a, b. *Anisocorbula* sp. (IC06). FCMNH-GF9903, 21. ウニ (*Kewia* cf. *minoensis*) (IC11). FCMNH-GF9904, 22. *Operculina complanata japonica* (IC11). FCMNH-GF9905. 23. *Calliostoma simane* (IC01). FCMNH-GF9906, 24. 腕足類 (IC03). FCMNH-GF9907. FCMNH-GF は福井市自然史博物館の登録番号.

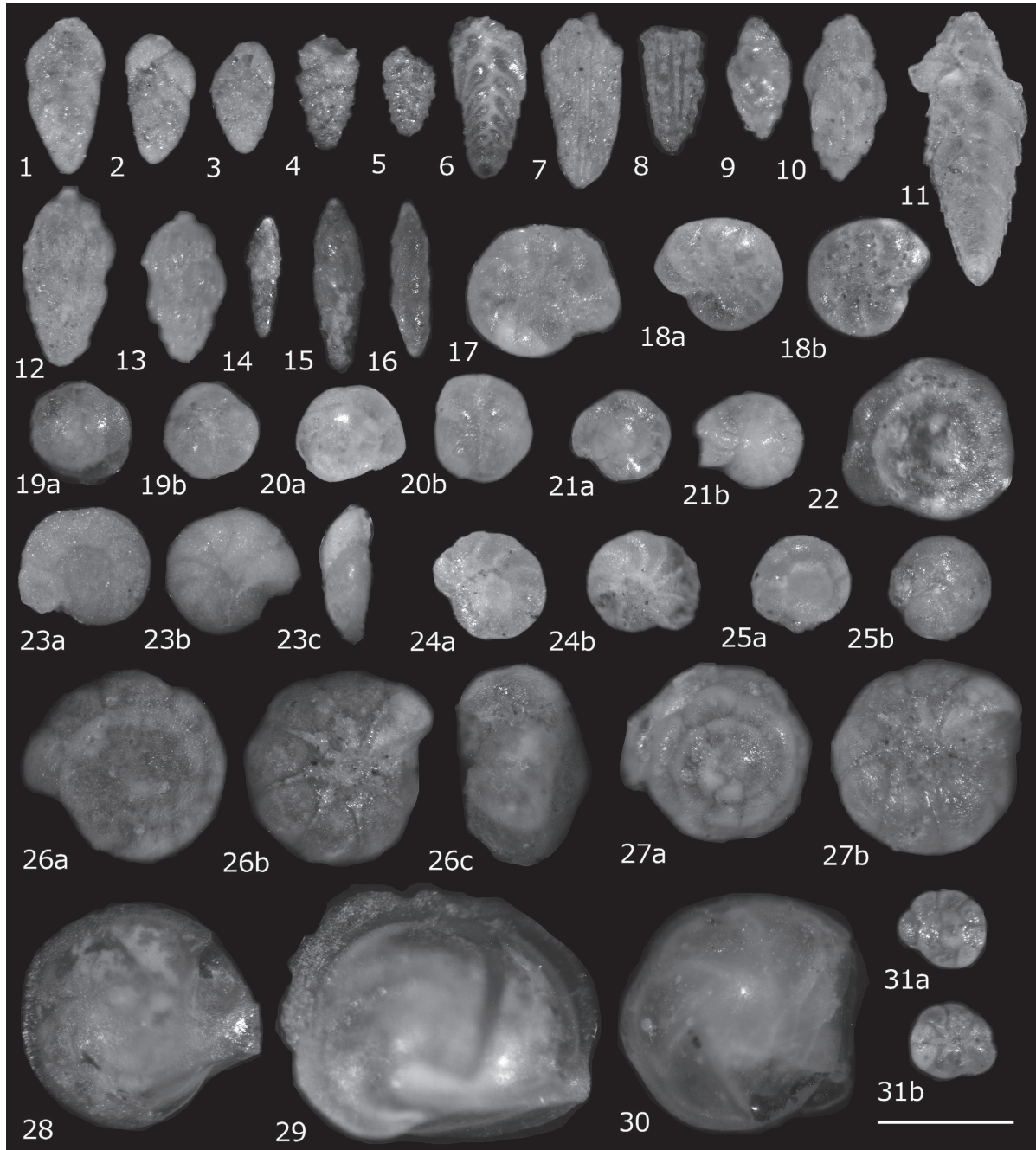


Plate 2. 荒谷層市ノ瀬南から産出した有孔虫 (スケールは0.2 mm).

1, 2. *Bolivina robusta* (IC01), 3. *Bolivia masudai* (IC01), 4, 5. *Bolivina asanoi* (IC26), 6, 11. *Bolivina alata* (6: IC26, 11: IC04), 7. *Bolivina striatula* (IC04), 8. *Plectofrondicularia californica* (IC19), 9, 10. *Bulimina* sp. (IC26), 12, 13. *Uvigerina peregrina* (IC04), 14, 16. *Fursenkoina* sp. (14: IC19, 16: IC15), 15. *Fursenkoina ishikiensis* (IC15), 17. *Elphidium subarcticum* (IC01), 18a, b. *Criboelphidium imanishii* (IC03), 19a-20b. *Buccella* sp. (IC26), 21a-22, 25a, b. *Gyroidina orbicularis* (IC24), 23a-24b. *Cibicides* sp. (IC04), 30a-31b. *Ammonia inflata* (IC16), 28, 29. *Lenticulina pseudorotulata* (IC01), 30. *Lenticulina cf. lucida* (IC03), 31a, b. *Ammonia beccarii hatatensis* (IC26).

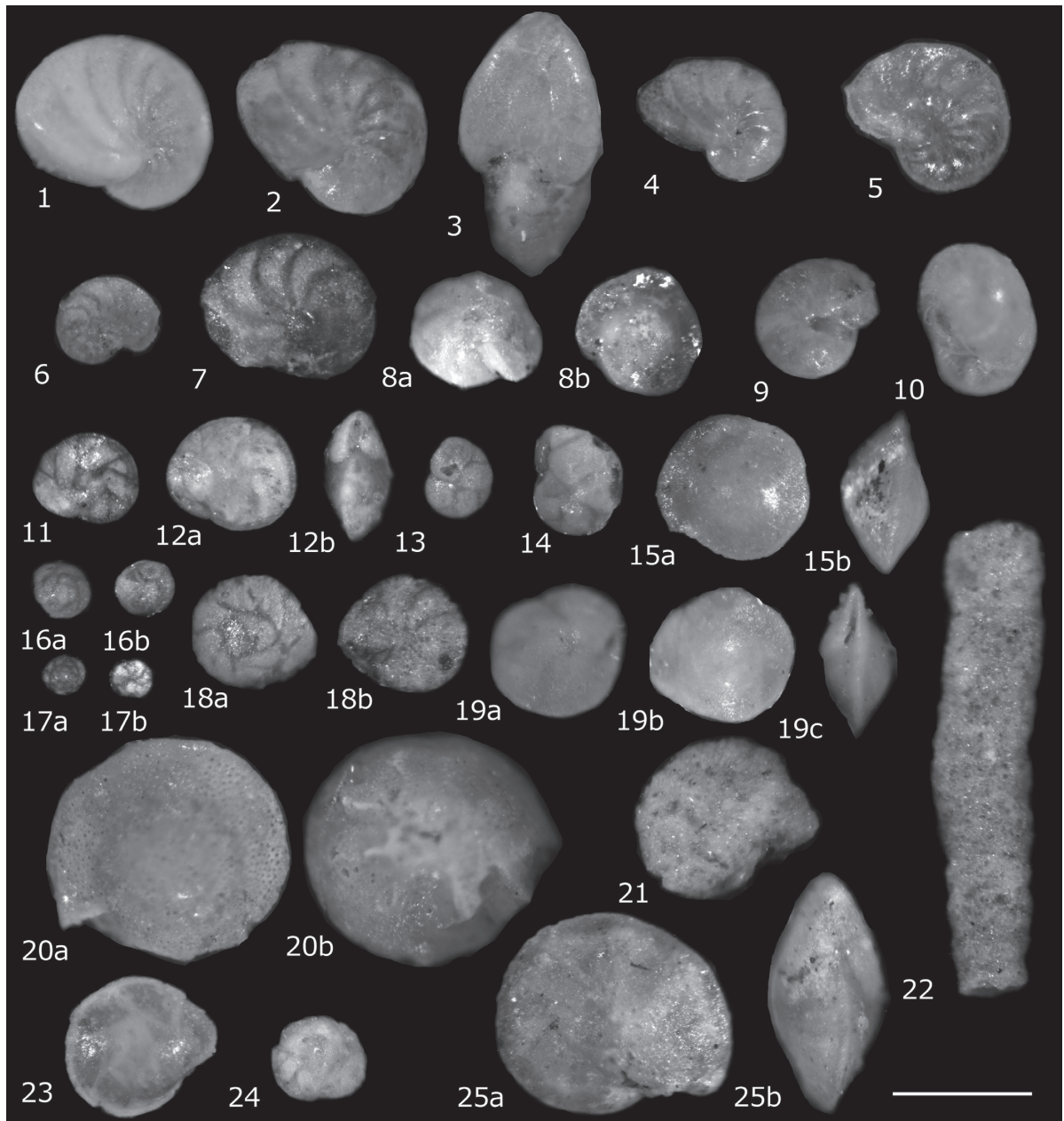


Plate 3. 荒谷層市ノ瀬南から産出した有孔虫（スケールは 0.2 mm）.

1-3. *Nonion kidoharaense* (IC01), 4. *Nonionella* sp. (IC01), 5. *Hanzawaia nipponica* (IC01), 6. *Hanzawaia tagaensis* (IC26), 7. *Discorbinella convexa* (IC19), 8a, b. *Cibicides* sp. (IC16), 9. *Anomalinoides grabrata* (IC05), 10. *Cancris* sp. (IC01), 11-12b. *Planocassidulina praeheleae* (IC19), 13, 14. *Globocassidulina* sp. (IC26), 15a, b. *Oridorsalis umbonatus* (IC19), 16a, b. “*Glabratella*” sp. (IC26), 17a, b. *Discorbis* sp. (IC02), 18a, b. *Buccella mansfieldi* (IC24), 19a-c. *Alabamina japonica* (IC15), 20a, b. *Heterolepa praecincta* (IC01), 21. *Cyclammina*? sp. (IC03), 22. *Martinottiella*? sp. (IC01), 23. *Lenticulina* sp. (IC01), 24. *Planocassidulina* sp. (IC26), 25. *Lenticulina* sp. (IC19).

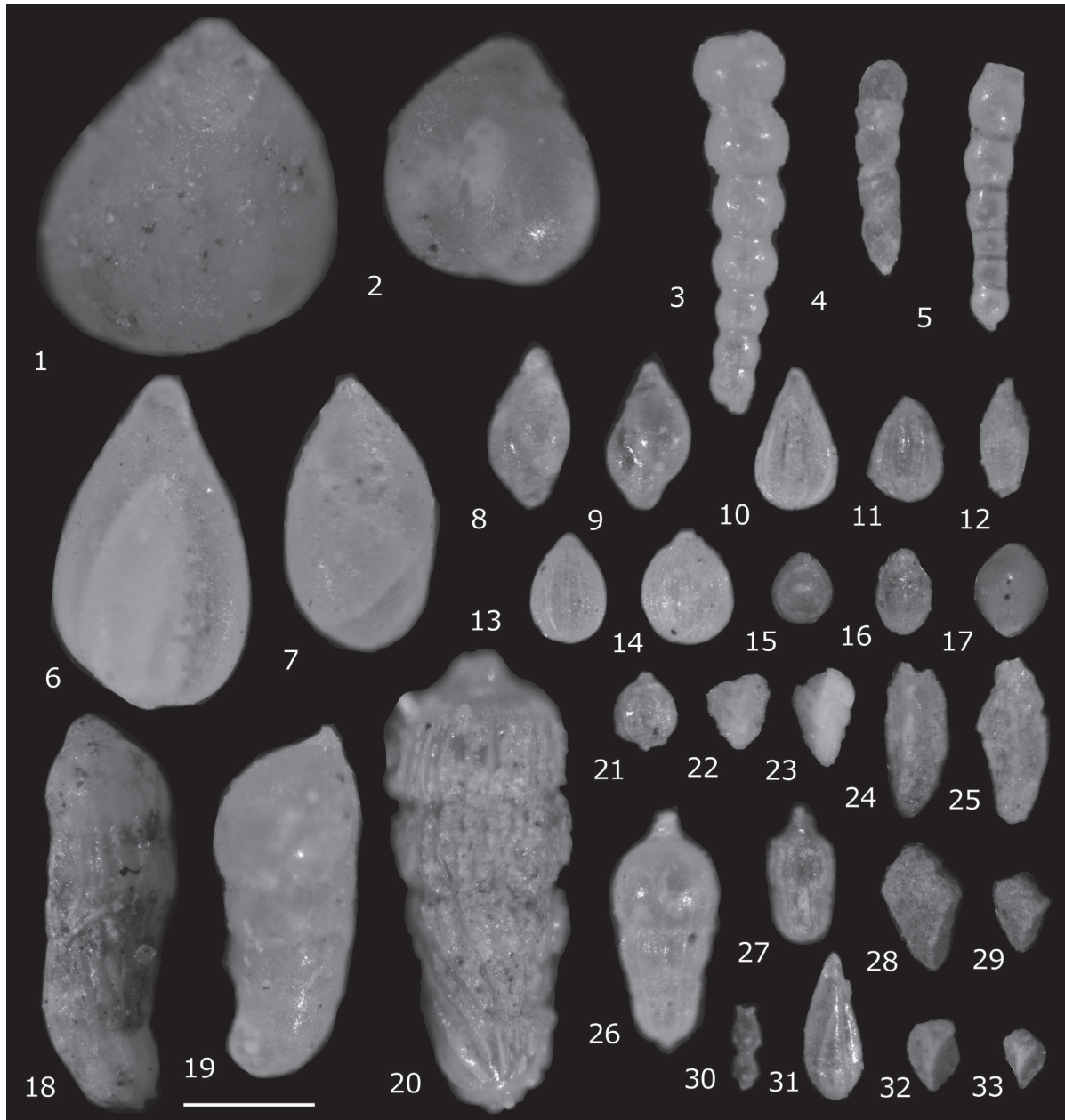


Plate 4. 荒谷層市ノ瀬南から産出した有孔虫（スケールは 0.2 mm）.

1. *Guttulina irregularis nipponensis* (IC03), 2. *Globulina landesi* (IC01), 3. *Dentalina insecta* (IC04), 4, 5. *Dentalina* spp. (IC04), 6. *Guttulina pacifica* (IC04), 7. *Pyrulina* sp. (IC03), 8, 9. *Guttulina ikebei* (IC01), 10, 11. *Oolina apiopleura* (IC04), 12. *Lagena* sp. (IC19), 13. *Lagena sulcata* (IC04), 14, 21. *Lagena striata* (IC01), 15. *Fissurina natlandi* (IC15), 16. *Fissurina* sp. (IC15), 17. *Glandulina laevigata* (IC15), 18. *Vaginulina mimataensis* (IC16), 19. *Vaginulina* sp. (IC16), 20. *Marginulina sendaiensis* (IC01), 22, 23. *Reussella pacifica* (IC04), 24, 25. *Trifarina* sp. (IC04), 26. *Amphicoryna fukushimaensis* (IC04), 27. *Amphicoryna* sp. (IC04), 28, 29. *Gaudryina yabei* (IC15), 30. *Nodosaria* sp. (IC15), 31. *Guttulina* sp. (IC16), 32, 33. *Pseudogaudryina ishikiensis* (IC15).