
論 説

津軽半島南東部に分布する鮮新統～下部更新統の有孔虫化石群集

畑 元子*・根本直樹**

*十日市場保育園・**弘前大学理工学部地球環境学科

Pliocene to lower Pleistocene foraminiferal assemblages from the southeastern Tsugaru Peninsula, Northeast Japan

Motoko Hata* and Naoki Nemoto**

*Tokaichiba Nursery School, Minami-alps City, Yamanashi 400-0336, Japan; **Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science and Technology, Hirosaki University, Hirosaki, Aomori 036-8561, Japan (nemoto@cc.hirosaki-u.ac.jp)

Abstract. Foraminiferal fossils from the Pliocene Tsukushimoriyama Formation and lower Pleistocene Daishaka Formation in the southeastern Tsugaru Peninsula, Northeast Japan, are examined.

Twelve species of planktonic foraminifers were identified among 13 samples. The occurrence of *Neoglobobulimina pachyderma* (dextral) and a radiometric age of the Otakizawa Tuff Member in the Tsukushimoriyama Formation suggest that the geological age of the formation is the Late Pliocene. The Daishaka Formation is assigned to the Lower Pleistocene on the basis of coiling direction of *N. pachyderma* and K-Ar ages of the formation.

One hundred and sixteen species of benthic foraminifers were identified among 20 samples. Q-mode cluster analysis shows that these samples are divided into four clusters. The samples from the Tsukushimoriyama Formation belong to Clusters 1 and 2. The stratigraphic distributions of these clusters suggest that the middle and upper parts of the Tsukushimoriyama Formation deposited on upper bathyal zone in cool- and mild-temperate areas, respectively. The samples from the Daishaka Formation belong to Clusters 2, 3 and 4. Their stratigraphic distributions indicate that the formation changed in the depositional depth from middle to outer sublittoral zone to upper bathyal zone. Although the most of the formation was deposited under cool- or mild-temperate condition, a short interval in the upper part was affected by warm current. This influence might represent one of the intermittent inflows of the paleo-Tsushima Warm Current to the Japan Sea.

Key words: Foraminifers, Pliocene to Pleistocene, Tsukushimoriyama Formation, Daishaka Formation, Tsugaru Peninsula, Paleoenvironment

はじめに

鮮新世以降の日本周辺では、氷河性海水準変動と日本列島の隆起・離水が相まって海陸分布の急激な変化が起き、それが日本海への暖流の流入とその中断を招いて日本海沿岸地域で様々な環境変化を引き起こした。そのような変化はおもに北陸地域で明らかにされているが（たとえば高田, 2000; Kitamura *et al.*, 2001）、その地理的広がりは十分に解明されていない。また、Kitamura *et al.* (2001) は日本海に流入した暖流の流出口が日本海沿岸地域の環境に与えた重要性も指摘しているが、流出口の位置に関してはいくつかの異なる見解がある（たとえばOgasawara, 1986; 長谷川, 1993）。流出口の候補の1つは、津軽海峡である。その南岸の津軽半島から南方の津軽盆地東縁にかけては、上部鮮新統から下部更新統が広く分布する。著

者らは鮮新世～前期更新世の北日本での環境変動を解明することを目的に、津軽半島南東部において有孔虫化石を検討してきた（根本・千田, 1994; 前田ほか, 1998）。本論では、これらの研究に新たな化石および年代測定データを加え、広域的に古環境の変遷を再検討し、その意義を考察する。

地質概説

津軽半島南東部の鮮新統～中部更新統は、下位より土筆森山層、大沢山層、鶴ヶ坂層、岡町層に区分される（図1）。岡町層が鶴ヶ坂層を一部整合・一部不整合に覆い、それ以外の地層は下位層と不整合関係にある。

土筆森山層は加藤ほか（1957）により命名された。本論の土筆森山層は加藤ほか（1957）の土筆森山層と大滝沢層を合わせたものに相当する。模式地は青森市戸門西方で

Age		Formation	thickness	lithology	
Quaternary	Pleistocene	Okamachi Formation	>120 m	alternation of medium - coarse sand and silt	
		Tsurugasaka Formation	<30 m	massive pumice tuff cross laminated pumice tuff	
		Daishaka Formation	350 - 750 m	medium - coarse sandstone fine - medium sandstone	
Tertiary	Pliocene	Tsukushimoriyama Formation	>1000 m	massive fine sandstone intercalating thin layers of siltstone	
		Otakizawa Tuff Member	260 m	massive pumice tuff	

図 1. 津軽半島南東部の模式柱状図。

Fig. 1. Schematic geologic column of the southeastern Tsugaru Peninsula, Northeast Japan.

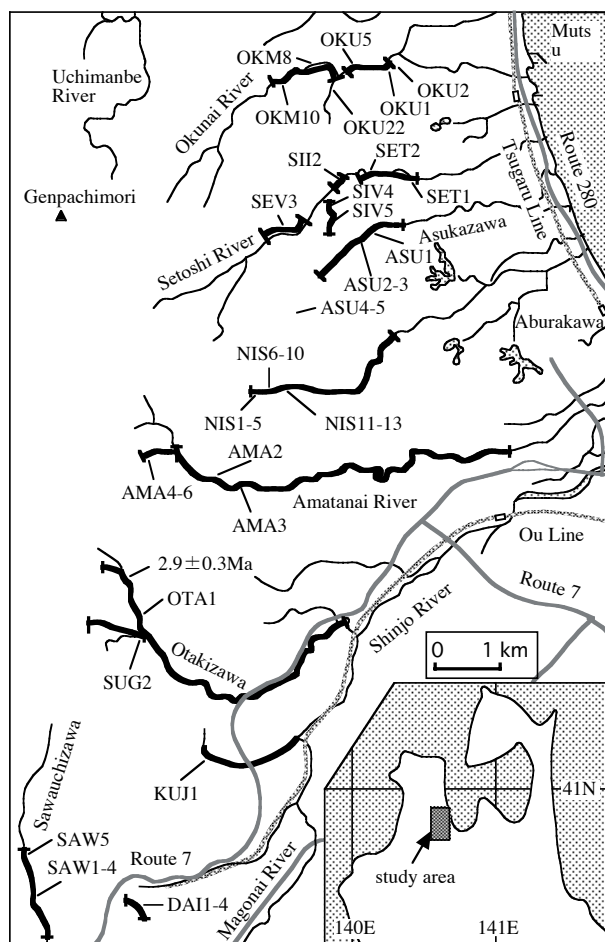


図 2. 研究地域の位置，柱状図作成ルート（太線）および試料採取位置。

Fig. 2. Location map, routes of columnar sections (thick lines) and sample localities.

ある。本層は根本・千田（1994）の大沢迦層から天田内川砂岩部層を除いたもの，前田ほか（1998）の大沢迦層の下半部に相当する。下限が見られず層厚は不明だが，1,000 m 以上と推定される。本層は青灰色～白灰色で塊状の細粒砂岩からなり，しばしば厚さ 3～4 cm の灰白色で成層した泥岩を挟む。また，最上部に生痕化石 *Rosselia socialis* Dahmer が密集する。本層下部に厚い軽石凝灰岩が挟まれ，大滝沢凝灰岩部層と呼ばれる。

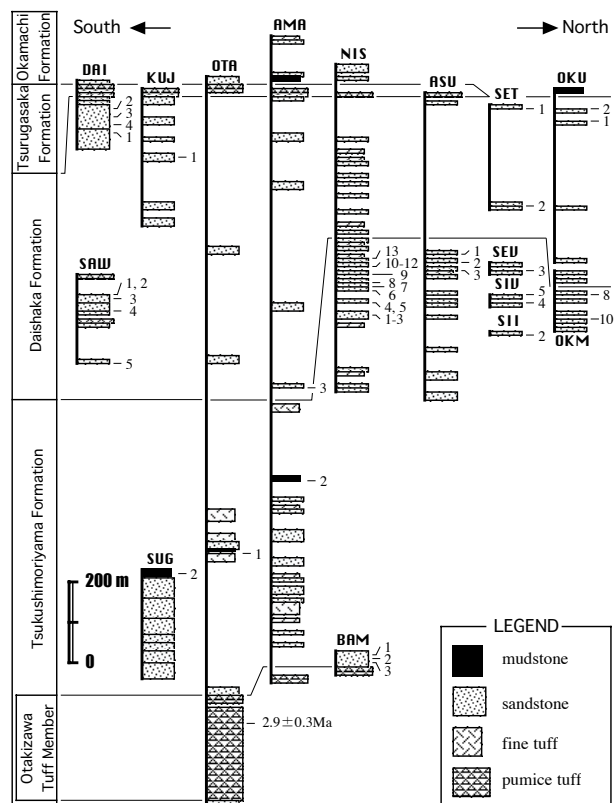


図 3. 各ルートの柱状図および試料採取層準。

Fig. 3. Columnar sections and sample horizons.

大滝沢凝灰岩部層の名称は，加藤ほか（1957）の大滝沢層に由来する。本論の本部層は，加藤ほか（1957）の大滝沢層の定義に従う。模式地は青森市新城川上流大滝沢流域である。層厚は約 260 m で，灰白色～灰色で塊状のデイサイト質軽石凝灰岩よりなる。

大沢迦層の名称は，Nomura and Hatai（1935）の Daisyaka shell-bed に由来する。本論の大沢迦層の定義は根本（2000）の再定義に従い，加藤ほか（1957）の天田内川層，藤井（1981）の沢内沢層，根本・千田（1994）の大沢迦層天田内川砂岩部層，前田ほか（1998）の大沢迦層上部に相当する。模式地は南津軽郡浪岡町大沢迦の大沢迦トンネル付近である。層厚は 750～350 m で，北に向かい薄くなる。下部は斜交層理が発達した細～中粒砂岩，中部は暗灰色で塊状の細～中粒砂岩からなる。上部は灰白色で塊状の中～粗粒砂岩からなり，円礫や貝化石を含む。下位の土筆森山層を不整合に覆う。

鶴ヶ坂層は，飯塚（1930）により命名され，模式地は青森市鶴ヶ坂付近の新城川流域である。層厚は 30 m 以下で，北に向かい薄くなり，瀬戸子川以北には分布しなくなる。本層主部は塊状で灰～灰白色の軽石凝灰岩よりなる。下部では斜交層理が発達することがある。

最上位の岡町層は，加藤ほか（1957）により命名され，青森市岡町西方を模式地とし，層厚は約 250 m である。本層は黄灰色の中～粗粒砂とシルトの互層からなる。下位の鶴ヶ坂層を一部整合・一部不整合に覆う。本層上部には八

表1. 研究地域の土筆森山層および大釈迦層より産出した浮遊性有孔虫化石のリスト.

Table 1. List of planktonic foraminiferal fossils from the Tsukushimoriyama and Daishaka Formations in study area.

	formation	Tsukushimoriyama Formation											Daishaka	
	sample	SUG2	OTA1	AMA2	NIS7	NIS8	ASU2	NIS9	ASU1	NIS10	NIS12	NIS13	SET1	DAI2
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny		65	53	47	54	108	64	64	74	28	84	2	49	27
<i>Globigerina quinqueloba</i> Natland		59	55	102	90	89	76	116	102	84	36	117	27	104
<i>Globigerina umbilicata</i> Orr and Zaitzeff													1	
<i>Globigerina</i> cf. <i>umbilicata</i> Orr and Zaitzeff		1												
<i>Globigerina</i> spp.		4	1		6	5	15	16	11	22	9	14	23	
<i>Globigerina</i> ? sp.													1	
<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)				14	7					3	1			1
<i>Globigerinita iota</i> Parker									1					
<i>Globigerinita uvula</i> (Ehrenberg)		3		3		1			1	8	2	1	8	
<i>Globigerinita</i> spp.			1		1		1		1	4	6	4		
<i>Globigerinita</i> ? sp.		1												
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)			3			5						1	6	
<i>Globigerinoides</i> sp.													1	
<i>Globorotalia crassaformis</i> (Galloway and Wissler)													4	
<i>Globorotalia</i> cf. <i>inflata</i> d'Orbigny												1		
<i>Globorotalia</i> sp.														1
<i>Globorotalia</i> ? sp.								1				1		
<i>Neogloboquadrina dutertrei</i> (d'Orbigny)													4	
<i>Neogloboquadrina incompta</i> (Cifelli)		13	31	52	20	34	12	13	9	12	7	27	15	47
<i>Neogloboquadrina</i> cf. <i>incompta</i> (Cifelli)														3
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenberg) (dextral)		4	2	3	1			1	1	1	6	5		5
<i>Neogloboquadrina</i> cf. <i>pachyderma</i> (Ehrenberg) (dextral)												2		
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenberg) (sinistral)		1						2		1	1		11	51
<i>Neogloboquadrina</i> cf. <i>pachyderma</i> (Ehrenberg) (sinistral)		1	1	1			1				1			4
<i>Neogloboquadrina</i> spp.		1	1	1		2	2				3	4		4
<i>Neogloboquadrina</i> ? sp.					1			2		4	2			
Gen. et sp. indet.		17	13	8	17	23	4	9	2	15	15	12	25	13
Total		170	161	231	196	268	175	224	202	182	173	195	172	259

甲田第2期火砕流堆積物が挟まれる（村岡・高倉，1988）。

試料および方法

試料および処理方法

本研究で用いた試料は奥内川および瀬戸子川で採取した10試料と根本・千田（1994）および前田ほか（1998）で扱った30試料の計40試料である（図2，3）。今回新たに採取した試料は120℃の乾燥器で乾燥後80 gを秤量し、米谷・井上（1973）の硫酸ナトリウム法とナフサ法を併用して処理した。この試料を75 μmのふるいで水洗して乾燥後、底生有孔虫化石が200個体程度になるよう試料を分割した。その分割試料から全有孔虫化石を拾い出し、全底生有孔虫化石を同定するとともに全有孔虫化石に占める浮遊性有孔虫化石の割合（P/T ratio）を算出した。さらにP/T ratioが比較的大きい試料のみ、1分割中に含まれる浮遊性有孔虫化石の個体数が200前後になるように分割して拾い出し、同定した。根本・千田（1994）および前田ほか（1998）の試料に関しては、標本を確認の上一部の種名を変更してそのデータを用いた。

群集解析

底生有孔虫化石群集の組成を明確にするため、各試料につき乾燥重量1 gあたりの底生有孔虫化石の個体数(benthic

foraminiferal number, 以下B.F.N.), P/T ratio, 底生有孔虫の種多様度, 均衡度をそれぞれ算出した。種多様度はShannon-Wiener 情報関数 (Shannon and Weaver, 1963) を用い、均衡度はBuzas and Gibson (1969) に従い求めた。

また、底生有孔虫化石群集の解析のため、Qモードクラスタ分析を行った。石崎（1978）に従えば棄却率を5%とした場合、本論で扱った試料での有意な産出は3個体以上である。そこで、クラスタ分析では、1試料あたり2個体以下の産出は産出しなかったものとして扱った。試料間の距離はユークリッド距離を、クラスタ形成にはウォード法を用いた。

結果

浮遊性有孔虫化石

浮遊性有孔虫化石は土筆森山層の11試料、大釈迦層の2試料から5属12種が同定された（表1，図4）。多くの層準で*Globigerina bulloides* d'Orbigny, *Globigerina quinqueloba* Natland, *Neogloboquadrina incompta* (Cifelli) が優勢であった。*Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) は個体数が少ないが、5個体以上の産出があった試料に着目すると土筆森山層では右巻き個体が75%以上を占め、大釈迦層では左巻き個体が90%以上を占めた。*Globigerinita glutinata* (Egger) および*Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) はそれ

表 2. 研究地域の土筆森山層および大釈迦層より産出した底生有孔虫化石のリスト.

Table 2. List of benthic foraminiferal fossils from the Tsukushimoriyama and Daishaka Formations in the study area.

formation	Tsukushimoriyama Formation												Daishaka Formation									
	sample	SUG2	OTA1	AMA2	NIS7	NIS8	ASU2	NIS9	ASU1	NIS10	NIS12	NIS13	AMA3	SAW5	SAW1	OKU2	OKU1	KUJ1	SET1	DA3	DA2	
AGGLUTINATED FORAMINIFER																						
<i>Gaudryina</i> sp.																			2			
<i>Spiroplectinella higuchii</i> (Takayanagi)																			6			
<i>Textularia candeiana</i> d'Orbigny																			1			
<i>Textularia semialata</i> Cushman																			2			
<i>Textularia?</i> sp.																1						
CALCAREOUS FORAMINIFER																						
<i>Ammonia angulata</i> (Kuwano)													1	1						1	2	
<i>Ammonia</i> cf. <i>angulata</i> (Kuwano)																		1				
<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus)			7				1															
<i>Ammonia japonica</i> (Hada)																		1	1	3		
<i>Ammonia</i> sp.		1										1			1							
<i>Ammonia?</i> sp.																						
<i>Amphicoryna pauciloculata</i> (Cushman)				1																		
<i>Amphicoryna scaralis</i> (Batsch)									1													
<i>Angulogerina angulosa</i> (Williamson)							1															
<i>Angulogerina hughesi</i> (Galloway and Wissler)				2				2			2	3										
<i>Angulogerina ikebei</i> Husezima and Maruhasi			1	1	1	1	1	1	5		1	2	1							1		
<i>Angulogerina</i> sp.											1											
<i>Anomalinoidea carus</i> Belford											1											
<i>Anomalinoidea</i> cf. <i>nobilis</i> Brotzen										1												
<i>Anomalinoidea glabratus</i> (Cushman)		2	7	3		5	2	2											3			
<i>Anomalinoidea</i> sp.												2		1			2	1				
<i>Anomalinoidea?</i> sp.								1														
<i>Astronomion</i> cf. <i>hamadaense</i> Asano											3											
<i>Astronomion</i> sp.			1								1											
<i>Baggina totomiensis</i> Makiyama																1						
<i>Bolivina decussata</i> Brady		1	3	1	13	2	1	7		33	10	22										
<i>Bolivina</i> cf. <i>decussata</i> Brady														1								
<i>Bolivina robusta</i> Brady			4	1	4		5			1												
<i>Bolivina</i> spp.					22	2	5															
<i>Brizalina seminuda</i> (Cushman)			1																			
<i>Brizalina</i> cf. <i>seminuda</i> (Cushman)						1																
<i>Brizalina subangularis</i> ogasaensis (Asano)				1																		
<i>Brizalina</i> sp. A			1	1																		
<i>Brizalina</i> sp.								1			1											
<i>Buccella frigida</i> (Cushman)		1			2	4	3			2								1	1		1	
<i>Buccella</i> cf. <i>frigida</i> (Cushman)												1										
<i>Buccella nipponica</i> (Husezima and Maruhasi)		1	1		3	1		1	2		7				1	2	2		4	1		
<i>Buccella</i> cf. <i>nipponica</i> (Husezima and Maruhasi)																						
<i>Buccella tenerima</i> (Bandy)		10	7	11	4	5	5	6	3	6		5			1	1			1	5	4	
<i>Buccella</i> sp.							3															
<i>Buccella?</i> sp.										2												
<i>Bulimina aculeata</i> d'Orbigny				5																		
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny		3			1																	
<i>Bulimina</i> sp.			2																			
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny)						1																
<i>Burseolina</i> sp.						1																
<i>Cancris auriculus</i>																			1			
<i>Cassidulina carinata</i> Silvestri					1																	
<i>Cassidulina reniforme</i> Thalmann		15	16	48	11	12	9	15	21	26	7	13							1		4	
<i>Cassidulina</i> sp.					1					2						1						
<i>Cassidulina?</i> sp.							2															
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker and Jacob)		3	22	1	8	11	26	21	49	25	17	25	54	65	71	26	4	22	59	20	11	
<i>Cibicides refulgens</i> (Montfort)		10	27	7	11	15	19	2	5	1		10	5	1	5	57	47	3	34	8	1	
<i>Cibicides subdepressus</i> (Asano)			3	2		3			1												7	
<i>Cibicides</i> cf. <i>subdepressus</i> (Asano)												1										
<i>Cibicides</i> spp.		59	50	30	25	31	24	52	31	51	34	51		35	47	11	5	12	23	4	9	
<i>Cibicoides medioclis</i> (Finley)				1									1	1	2		2	2	1	1	7	
<i>Cibicoides</i> sp.																						
<i>Cibicoides?</i> sp.																						
<i>Criboelphidium yabei</i> (Asano)			1	4	6	3	7	2	3		1					2	1			1	3	
<i>Criboelphidium?</i> sp.								1														
<i>Dentalina?</i> Sp.												1										
<i>Eilohedra nipponica</i> (Kuwano)					1			2				1										
<i>Eilohedra?</i> sp.								1														
<i>Elphidiella nagaio</i> Asano			1										6	1				1		4	4	
<i>Elphidium advena</i> (Cushman)			4	2		6	3	1	3	1	5	1				1		1	3	4	4	
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)		3	4		2	4		1	2		3	2	89	60	16	50	35	30	14	26	3	
<i>Elphidium</i> cf. <i>crispum</i> (Linnaeus)											1											
<i>Elphidium excavatum</i> (Terquem)		18	2	2	3	2	3	4	5	2		8		1	1		1		1		5	
<i>Elphidium fimbriatulum</i> (Cushman)							1															
<i>Elphidium hanzawai</i> Asano									2		1					2					1	
<i>Elphidium</i> cf. <i>hanzawai</i> Asano								1														
<i>Elphidium jenseni</i> (Cushman)		3		1									2			1	1	1	3		1	
<i>Elphidium</i> cf. <i>jenseni</i> (Cushman)																				1		
<i>Elphidium kusiroense</i> Asano					1	1																
<i>Elphidium</i> cf. <i>kusiroense</i> Asano									1													
<i>Elphidium sendaiense</i> Takayanagi					2		2	1													6	
<i>Elphidium subarcticum</i> Cushman		28	16	8	4	15	7				12	7		1			1	3		2		
<i>Elphidium</i> cf. <i>subarcticum</i> Cushman													1									
<i>Elphidium</i> sp. A					1					2	2											
<i>Elphidium</i> spp.		8		1	6	6	7	11	1	9	4	4		5	6		2	2	1	3		
<i>Elphidium?</i> sp.								1														
<i>Epistominella pulchella</i> Husezima and Maruhasi		1																				
<i>Evolvocassidulina brevis</i> (Aoki)		7			13		14	1	1		2											
<i>Faujasina?</i> sp.		1																				
<i>Fissurina circulocosta</i> Asano										1												
<i>Fissurina</i> cf. <i>lacunata</i> (Burros and Holland)												1										
<i>Fissurina lucida</i> (Williamson)							1	1		1	1											
<i>Fissurina marginata</i> (Montagu)								2	1	1	1					1			1			
<i>Fissurina orbignyana</i> Seguenza		1				3	2					1										
<i>Fissurina semimarginata</i> (Reuss)										1	1											

表2(つづき).

Table 2. (continued)

sample	SUG2	OTA1	AMA2	NIS7	NIS8	ASU2	NIS9	ASU1	NIS10	NIS12	NIS13	AMA3	SAW5	SAW1	OKU2	OKU1	KUJ1	SET1	DA13	DA12
<i>Glabratella ozawai</i> Asano											1									
<i>Glabratella subopercularis</i> Asano													1	1	20	3	5	5		
<i>Glabratella</i> sp. A					1		1													
<i>Glabratella</i> sp.	6														3	1	2	2		
<i>Glabratella</i> ? sp.		1														1				
<i>Globocassidulina bisecta</i> Nomura						2														
<i>Globocassidulina subglobosa</i> (Brady)						1												2		
<i>Globocassidulina parva</i> (Asano and Nakamura)		9																		
<i>Globocassidulina</i> spp.				3	2	1	2	1		2	1	1								
<i>Globocassidulina</i> ? sp.															2					
<i>Guttulina yabei</i> Cushman and Ozawa											1								1	1
<i>Guttulina</i> sp.																				1
<i>Gyroidina nipponica</i> Ishizaki					1	4														
<i>Gyroidina</i> sp.					4															
<i>Hanzawaia nipponica</i> Asano	4	1		4	2	2		1	1	1		7		2	8	18	10	22	1	3
<i>Hanzawaia</i> spp.		3			2															
<i>Hanzawaia</i> ? sp.				1													1			
<i>Heronallenia stellata</i> Takayanagi	1										1									
<i>Heronallenia</i> sp.									1											
<i>Heterolepa haidingerii</i> (d'Orbigny)		4										3		2	1		13	7		5
<i>Heterolepa praecinctus</i> (Karrer)		1	2			1	3	3			5						15	41	1	2
<i>Heterolepa</i> cf. <i>praecinctus</i> (Karrer)					1															
<i>Heterolepa</i> sp.					2														1	1
<i>Heterolepa</i> ? sp.	1																			
<i>Hoeglundina elegans</i> (d'Orbigny)		1		2						1		1	1		1	1		1		
<i>Hoeglundina</i> sp.							1													
<i>Hyalinea balthica</i> (Schroeter)														1						1
<i>Hyalinea</i> sp.		1																		
<i>Islandiella japonica</i> (Asano and Nakamura)					1			2			3				14	12	1		8	
<i>Islandiella norcrossi</i> (Cushman)		5		1						7	6									
<i>Islandiella</i> cf. <i>norcrossi</i> (Cushman)						13														
<i>Islandiella setanaensis</i> (Asano and Nakamura)												20	2	2			3		3	42
<i>Islandiella sublimbata</i> (Asano and Nakamura)	16	9		2	4	4	21	32	25	93	64	30	19	9	6		3		43	72
<i>Islandiella yabei</i> (Asano and Nakamura)														18	1		1			1
<i>Islandiella</i> spp.	2		2	7		12	1		14	16	3		4	9				2	8	3
<i>Islandiella</i> ? sp.		3				2														
<i>Lagena striata</i> (d'Orbigny)						1														
<i>Lagena sulcata</i> Cushman and McCulloch				1																
<i>Lagena</i> sp.					1	1														
<i>Lenticulina lucidus</i> (Cushman)					1														4	
<i>Lenticulina</i> sp.				1																
<i>Melonis</i> ? sp.						1	1													
<i>Miliolinella circularis</i> (Bornmann)																		1		
<i>Miliolinella oblonga</i> (Schroeter)														1						
<i>Miliolinella</i> ? sp.																				1
<i>Neocoronibina stachi</i> (Asano)							1					1			23	20				
<i>Nonion</i> sp.																			1	
<i>Nonionellina labradorica</i> (Dawson)	1	1	1																	
<i>Nonionellina</i> ? sp.	1			1	2		1		2	1	1									
<i>Oolina catenulata</i> (Williamson)	1																		2	
<i>Oolina costata</i> (Williamson)	1																			
<i>Oridorissaris umbonatus</i> (Reuss)	1					2		1												
<i>Paracassidulina nipponensis</i> (Eade)					1															
<i>Paracassidulina sagamiensis</i> (Asano and Nakamura)											1								42	
<i>Paracassidulina</i> sp.	1							1												
<i>Paracassidulina</i> ? sp.																			1	
<i>Patellinella hanzawai</i> Asano		3	1			2			2											
<i>Polystomellina discorbinoides</i> Yabe and Hanzawa	1						1					2	1						1	1
<i>Polystomellina</i> sp.			1																	
<i>Poroeponides cribrrorepanus</i> Asano and Uchio												1					15	2		
<i>Poroeponides lateralis</i> (Terquem)																	2			
<i>Poroeponides</i> ? sp.															1					
<i>Porosorotalia makiyamae</i> (Chiji)	5		1	2	3	6	6	9	2	3	7	14	5	3		1	6			4
<i>Porosorotalia</i> ? Sp.																			1	
<i>Pseudononion japonica</i> Asano					1		1													
<i>Pseudononion</i> spp.	1	1				3														
<i>Pseudoparrella naraensis</i> Kuwano															1			4		
<i>Pseudoparrella</i> cf. <i>naraensis</i> Kuwano															1					
<i>Pseudoparrella takayanagii</i> (Iwasa)	9	20	9	29		3	3	2	19	1	4						1			1
<i>Pseudoparrella</i> sp.																			1	
<i>Pseudoparrella</i> ? sp.					1															
<i>Pseudorotalia gaimardii</i> (d'Orbigny)															1					
<i>Pullenia apertura</i> Cushman											2									
<i>Pullenia</i> sp.						1														
<i>Pyrgo</i> sp.																	1			
<i>Quinqueloculina</i> cf. <i>agglutinata</i> Cushman								1												
<i>Quinqueloculina akneriana</i> d'Orbigny													1	2		2				2
<i>Quinqueloculina</i> cf. <i>akneriana</i> d'Orbigny																	2			
<i>Quinqueloculina</i> cf. <i>costata</i> d'Orbigny																	3			
<i>Quinqueloculina elongata</i> Natland												1								
<i>Quinqueloculina sawanensis</i> Asano							1							3	1	1	1	1	1	4
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus)									1						1		3			1
<i>Quinqueloculina subarenaria</i> Cushman							1				1									
<i>Quinqueloculina vulgaris</i> d'Orbigny																6	3			1
<i>Quinqueloculina yezoensis</i> Asano																1				
<i>Quinqueloculina</i> spp.													2	5	1		4	1		2
<i>Quinqueloculina</i> ? sp.																1				
<i>Rectobolivina bifrons striatula</i> (Cushman)																			1	
<i>Reussella aculeata</i> Cushman						1														
<i>Rosalina australis</i> (Parr)						1														
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)	3	2		1	1	1	1	1	2		1		1	1	3	3	5	14	4	1
<i>Rosalina</i> cf. <i>hofkeri</i> (Asano)																		2		
<i>Rosalina nitida</i> (Williamson)	2																			
<i>Rosalina</i> cf. <i>nitida</i> (Williamson)																			1	
<i>Rosalina orbicularis</i> Terquem																			9	

表 2(つづき).
Table 2. (continued)

sample	SUG2	OTA1	AMA2	NIS7	NIS8	ASU2	NIS9	ASU1	NIS10	NIS12	NIS13	AMA3	SAW5	SAW1	OKU2	OKU1	KUJ1	SET1	DAI3	DAI2
<i>Rosalina vilardeboana</i> d'Orbigny				1												2	7			1
<i>Rosalina</i> spp.	10	12	1	1	4	4	6	1	9	1	2			2		6	1	13	2	2
<i>Rosalina</i> ? Sp.			1								1									
<i>Sigmoilina sigmoidea compressa</i> Cushman												1					1			1
<i>Sigmomorphina gallowayi</i> Cushman and Ozawa																			1	
<i>Sigmomorphina</i> sp.										1								1		
<i>Sigmomorphina</i> ? sp.											1									
<i>Sphaeroidina</i> ? sp.																	1			
<i>Stainforthia</i> sp.	1			1																
<i>Triloculina tricarinata</i> d'Orbigny																	1			
<i>Triloculina</i> ? sp.																	1			
<i>Uvigerina</i> sp.			1								2									
<i>Valvulineria japonica</i> Asano						1								1						
<i>Valvulineria cf. nipponica</i> Ishizaki																				
Gen. et sp. indet.	23	23	14	6	17	19	8	4	7	8	6	9	2	4	8	11	6	11	2	1
TOTAL	268	286	183	196	205	231	200	200	273	233	275	256	212	218	252	201	204	365	162	228
benthic foraminiferal number (individual/g)	53.6	458	293	78	1312	340	1280	640	1747	93	880	6.4	42.4	43.6	161	123	163	1335	32.4	91.2
P/T ratio(%)	31	41	52	50	57	43	53	50	40	15	41	2.0	3.0	8.0	17	15	5.0	32	4.0	12
diversity	2.8	2.9	2.5	3.0	3.1	3.2	2.8	2.5	2.7	2.2	2.7	2.1	1.9	2.2	2.4	2.5	3.0	2.8	2.6	2.7
equitability	0.38	0.44	0.35	0.49	0.47	0.48	0.36	0.37	0.42	0.30	0.37	0.32	0.30	0.36	0.36	0.38	0.48	0.36	0.44	0.36

ぞれ 3 層準で 1.5% 以上産出した。

底生有孔虫化石

1. 種構成

底生有孔虫化石は土筆森山層の 11 試料、大釈迦層の 9 試料から産出し、69 属 116 種 4 亜種が同定された (表 2, 図 4)。両層からは、*Cibicides lobatulus* (Walker and Jacob), *Cibicides refulgens* (Montfort), *Islandiella sublimbata* (Asano and Nakamura) が普遍的に産出した (図 5)。土筆森山層は *Bolivina decussata* Brady, *Cassidulina reniforme* Norvang, *Elphidium subarcticum* Cushman, *Pseudoparrella takayanagii* (Iwasa), 大釈迦層は *Elphidium crispum* (Linnaeus) の産出によって特徴づけられる。また、大釈迦層上部の SET1 付近の層準では *Heterolepa praecinctus* (Karrer), *Paracassidulina sagamiensis* (Asano and Nakamura) がそれぞれ 10% 以上産出した。

2. 群集組成

土筆森山層の B.F.N. は 53.6 ~ 1,312 個体/g と大きく変動し、上部に 1,000 個体/g を超える試料が 3 試料あった (図 5)。大釈迦層では 1,000 個体/g を超えた試料は SET1 のみで、それ以外は 200 個体/g 未満と土筆森山層に比べ小さい。P/T ratio は一般に土筆森山層に比べ大釈迦層で低い傾向にある。土筆森山層では下部の SUG2 (31%) から NIS8 (57%) まで緩やかに増加し、そこから NIS13 (41%) まで減少する。大釈迦層では下部の AMA3 (1.5%) から上位に向かい増加し、SET1 で 38% に達し、最上部の DAI2 (12%) まで減少する。多様度は、土筆森山層の多くの試料では 3.0 前後の値を示すが、上部では 2.0 ~ 3.0 の範囲で変動する。大釈迦層の下部では 2.0 前後と低いが、上位ほど高くなり、KUJ1 で 3.0 に達する。その上位で多様度はわずかに減少する。均衡度に関しては、土筆森山層では 0.30 ~ 0.49 の範囲で変動し、大釈迦層では下部で 0.30 ~ 0.36 と低く、上部で 0.36 ~ 0.48 と高くなる。しかし、全体として両層の均衡度とも多様度と同様の変動パターンを示す。

3. Q モードクラスター分析

Q モードクラスター分析の結果、4 つのクラスターが

識別された (図 6)。クラスター 1 (ASU2, NIS7, 8, OTA1, SUG2, AMA2) は *C. reniforme* の多産で特徴づけられ、*C. lobatulus*, *C. refulgens* および *P. takayanagii* を伴う。また、P/T ratio は 50% 前後で、多様度、均衡度は相対的に高い。クラスター 2 (NIS9, 10, 13, ASU1, DAI2, 3, NIS12) では、*I. sublimbata*, *C. lobatulus* および *Cibicides* spp. が優勢で、*C. reniforme*, *B. decussata* Brady を伴うことが多い。クラスター 3 (AMA3, SAW1, 5) は、*C. lobatulus* および *E. crispum* が卓越し、*Islandiella* 属を伴う。B.F.N., P/T ratio, 多様度、均衡度ともに低い。クラスター 4 (OKU1, 2, SET1, KUJ1) は、*E. crispum* および *Hanzawaia nipponica* を顕著に含み、*C. lobatulus*, *C. refulgens* を伴う。

考察

地質年代

浮遊性有孔虫 *Neogloboquadrina pachyderma* の産出 (Blow (1969) の N16 以上; Kennett and Srinivasan, 1983) と大滝沢凝灰岩部層の FT 年代 (2.9 ± 0.3 Ma; 根本, 2000) から、土筆森山層は上部鮮新統と推定される。本層の *N. pachyderma* は、個対数は少ないが多くの右巻きであるので、本層は米谷 (1978) の *N. pachyderma* (dextral) / *Globorotalia orientalis* 帯下半部 (佐藤ほか, 1988) に相当する可能性が高い。この化石帯で *N. pachyderma* の巻き方向が右から左へ変化する層準は Takayama and Sato (1987) の石灰質ナノ化石の基準面 13 (*Discoaster pentaradialis* Tan の最終出現層準) と 14 (*Discoaster surculus* Martini and Bramlette の最終出現層準) に挟まれ (花方・渡邊, 2001), それらの年代はそれぞれ 2.38 と 2.54 Ma である (佐藤ほか, 1999)。したがって、*N. pachyderma* の殻の巻き方向は、本層が 2.38 Ma より古い可能性を示唆する。

Blow (1969) の N21 以上から産出する *Neogloboquadrina dutertrei* (Kennett and Srinivasan, 1983) が OKU2, SET1 から産出することから、大釈迦層は N21 の下限の

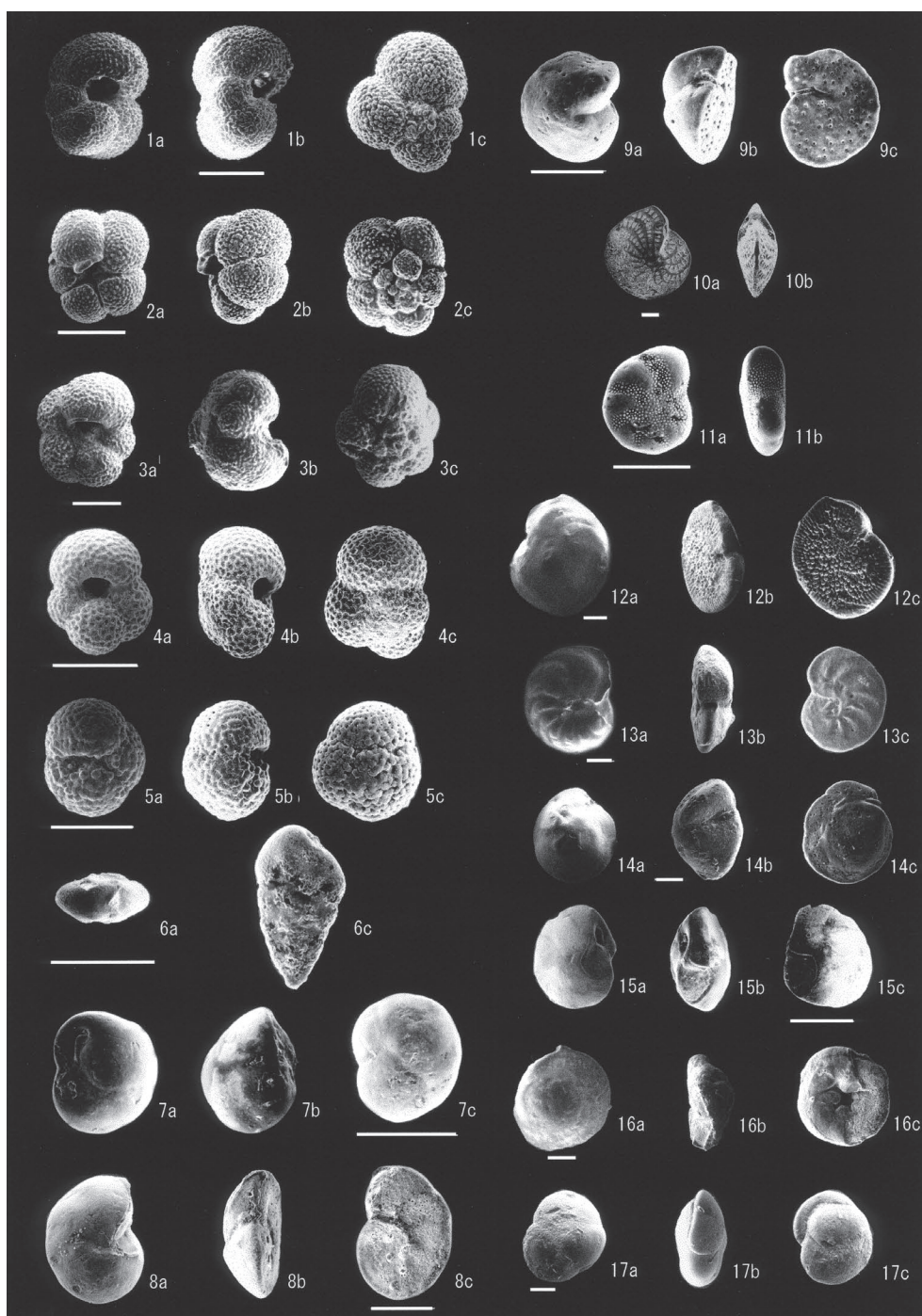


図4. 調査地域の土筆森山層および大釈迦層より産出した主要な有孔虫化石の走査型電子顕微鏡写真。スケールはすべて100 μ m。1a-c. *Globigerina bulloides* d'Orbigny, 試料ASU1; 2a-c. *Globigerina quinqueloba* Natland, 試料ASU1; 3a-c. *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny), 試料SET1; 4a-c. *Neogloboquadrina incompta* (Cifelli), 試料ASU2; 5a-c. *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) (dextral), 試料NIS12; 6a-b. *Bolivina decussata* Brady, 試料NIS10; 7a-c. *Cassidulina reniforme* Norvang, 試料NIS9; 8a-c. *Cibicides lobatulus* (Walker and Jacob), 試料ASU2; 9a-c. *Cibicides refulgens* (Montfort), 試料NIS13; 10a-b. *Elphidium crispum* (Linnaeus), 試料KUJ1; 11a-b. *Elphidium subarcticum* Cushman, 試料NIS10; 12a-c. *Glabratala subopercularis* (Asano), 試料OKU2; 13a-c. *Hanzawaia nipponica* Asano, 試料SET1; 14a-c. *Heterolepa haidengerii* (d'Orbigny), 試料SET1; 15a-c. *Islandiella sublimbata* (Asano and Nakamura), 試料NIS12; 16a-c. *Neonorbina stachi* (Asano), 試料OKU2; 17a-c. *Paracassidulina sagamiensis* (Asano and Nakamura), 試料SET1.

Fig. 4. Scanning electron micrographs of selected species of foraminiferal fossils from the Tsukushimoriyama and the Daishaka Formations in the study area. Scale bars = 100 μ m. 1a-c. *Globigerina bulloides* d'Orbigny, Sample ASU1; 2a-c. *Globigerina quinqueloba* Natland, Sample ASU1; 3a-c. *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny), Sample SET1; 4a-c. *Neogloboquadrina incompta* (Cifelli), Sample ASU2; 5a-c. *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) (dextral), Sample NIS12; 6a-b. *Bolivina decussata* Brady, Sample NIS10; 7a-c. *Cassidulina reniforme* Norvang, Sample NIS9; 8a-c. *Cibicides lobatulus* (Walker and Jacob), Sample ASU2; 9a-c. *Cibicides refulgens* (Montfort), Sample NIS13; 10a-b. *Elphidium crispum* (Linnaeus), Sample KUJ1; 11a-b. *Elphidium subarcticum* Cushman, Sample NIS10; 12a-c. *Glabratala subopercularis* (Asano), Sample OKU2; 13a-c. *Hanzawaia nipponica* Asano, Sample SET1; 14a-c. *Heterolepa haidengerii* (d'Orbigny), Sample SET1; 15a-c. *Islandiella sublimbata* (Asano and Nakamura), Sample NIS12; 16a-c. *Neonorbina stachi* (Asano), Sample OKU2; 17a-c. *Paracassidulina sagamiensis* (Asano and Nakamura), Sample SET1.

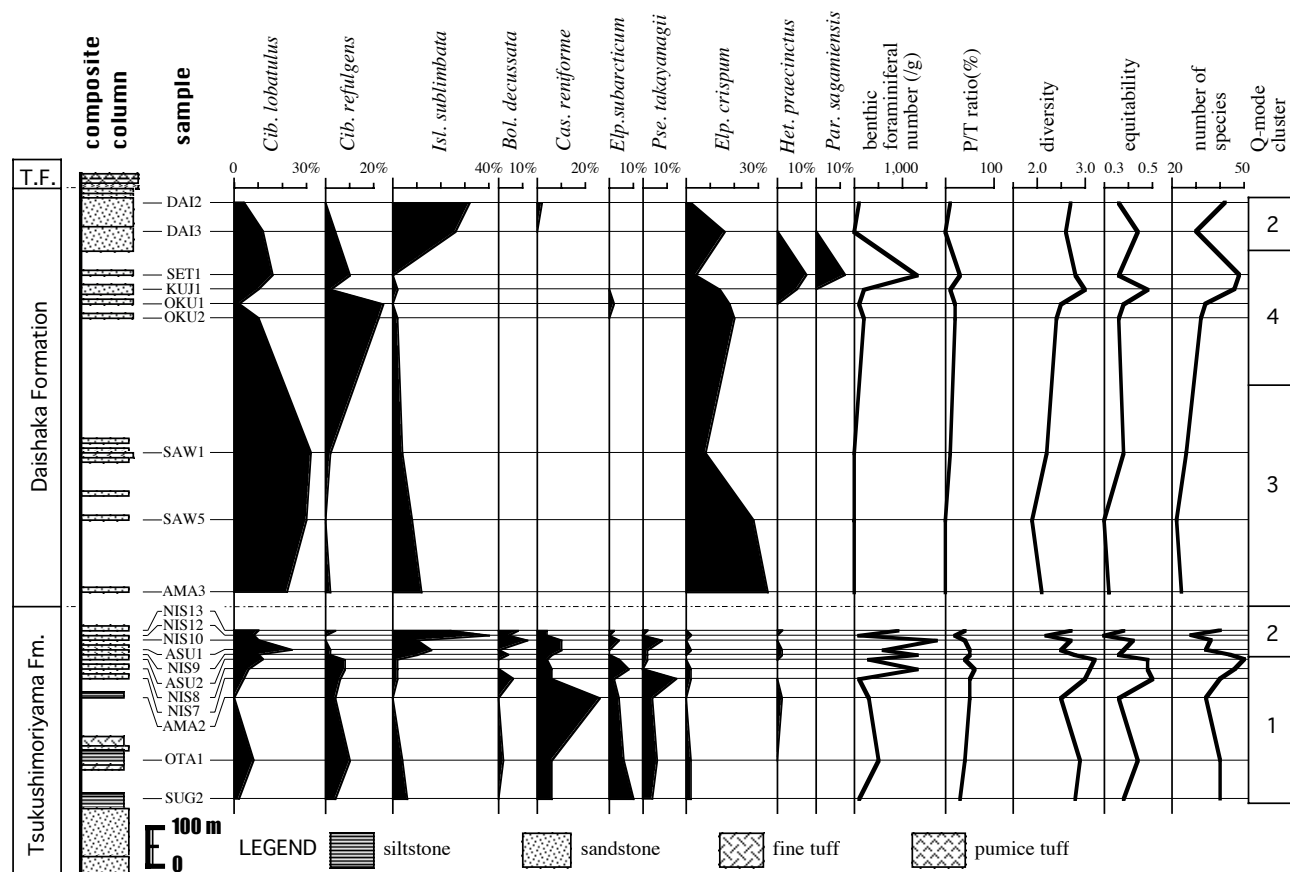


図5. 調査地域の土筆森山層および大釈迦層より産出した主要な底生有孔虫化石タクサの相対頻度および群集組成の層準による変化. Q-モードクラスタの層位分布を右端に示す. Fm.=層, T.F.=鶴ヶ坂層.

Fig. 5. Stratigraphic changes in relative abundance of major taxa and faunal composition of benthic foraminifers from the Tsukushimoriyama and Daishaka Formations in the study area. Right column represents stratigraphic distribution of Q-mode clusters. Fm. = Formation, T.F. = Tsurugasaka Formation.

年代である3.35Ma (斉藤, 1999) より新しい. また, 弘前盆地北東縁の大釈迦層下部から $1.45 \pm 0.21\text{Ma}$, $1.55 \pm 0.20\text{Ma}$ の K-Ar 年代 (根本, 1998), 本層を不整合に覆う鶴ヶ坂層から $0.72 \pm 0.07 \sim 0.55 \pm 0.07\text{Ma}$ の K-Ar 年代 (村岡, 1991) および $0.51 \pm 0.05 \sim 0.55 \pm 0.06\text{Ma}$ の TL 年代 (高島ほか, 1990) が報告されているので, 本層は下~中部更新統と判断される. 大釈迦層の *N. pachyderma* は左巻き個体が優勢となる. この種の巻き方向が右から左に変化するのは, 米谷 (1978) の *N. pachyderma* (dex.) / *G. orientalis* 帯 と *N. pachyderma* (sinistral) / *Globigerina quinqueloba* 帯の境界である. この層準は Takayama and Sato (1987) の基準面 8 (*Helicosphaera selli* Bukry and Bramlette の最終出現層準; 1.27Ma) と 7 (大型の *Gephyrocapsa* の最終出現層準; 1.21Ma) に挟まれる (佐藤ほか, 1988, 1999). よって, 少なくとも今回浮遊性有孔虫化石を検討した SET1 より上位は 1.27Ma より新しいと推定される.

堆積環境

1. 表層の環境

浮遊性有孔虫化石は, 土筆森山層, 大釈迦層を通して *Globigerina bulloides*, *Globigerina quinqueloba*,

Neogloboquadrina incompta が優勢である. 日本近海では *G. bulloides* は広い温度耐性を持ち食料の多い海域, *G. quinqueloba* は沿岸水の影響がある海域, *N. incompta* は津軽暖流域にそれぞれ生息するとされるので (Takemoto and Oda, 1997), 両層はやや温暖な海流が流入する栄養に富んだ沿岸の寒冷な海域に堆積したと推定される. *N. pachyderma* の巻き方向は, 土筆森山層では右が, 大釈迦層では左が優勢であった. 左巻きの *N. pachyderma* は右巻きよりもより寒冷な海域に分布するので (Kitazato, 1978), 大釈迦層堆積時は土筆森山層堆積時に比べより寒冷であったと推定される. 土筆森山層と大釈迦層のいくつかの層準でわずかに *Globigerinoides ruber* と *Neogloboquadrina dutertrei* が認められた. 両種は暖流系種であり (Takemoto and Oda, 1997), 両層堆積期に本地域は間欠的に暖流の影響も受けたと考えられる.

2. クラスタ分析から推定される堆積環境

クラスタ分析の結果に基づいて, 現在の東北日本沿岸域における底生有孔虫の群集と本地域の地層群から産出する群集を比較し, その堆積環境を推定する.

クラスタ 1 では, *Cassidulina reniforme*, *Cibicides lobatulus*, *Cibicides refulgens* および *Pseudoparrella takayanagii*

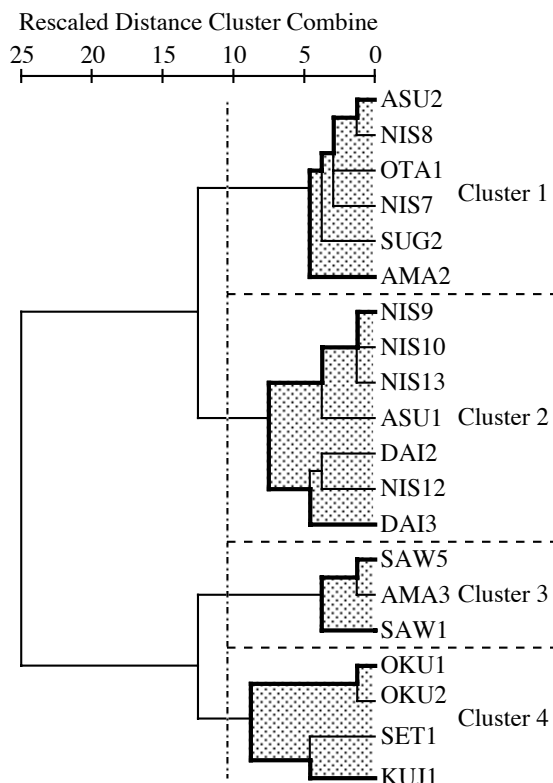


図6. 土筆森山層および大沢迦層の20試料について行ったQ-モードクラスタ分析の結果を示すデンドログラム。

Fig. 6. Result of Q-mode cluster analysis on 20 samples from the Tsukushimoriyama and Daishaka Formations.

が優勢である。類似の群集は北海道西方沖の上部漸深海帯から報告されていることから（長谷川・小亀, 1995），クラスター1は冷温帯の上部漸深海帯に堆積したと推定される。

クラスター2では *Islandiella sublimbata*, *C. lobatulus* および *Cibicides* spp. が優勢で, *C. reniforme*, *Bolivina decussata* を伴うことが多い。 *I. sublimbata* と *C. lobatulus* が優勢な群集は、佐渡島周辺の堆や島棚に見られ (Tsukawaki *et al.*, 1993), 石和田 (1951), Ishiwada (1964) によれば *Cassidulina* 属 (本論の *Islandiella* 属を含む) は堆や島棚で卓越する。一方, *B. decussata* は上部漸深海帯に比較的多く見られることから (たとえば千地・紺田, 1970; Ikeya, 1970), クラスター2は中間温帯域における上部漸深海帯程度の水深の堆や島棚を示唆する。

クラスター3では, *C. lobatulus* および *E. crispum* が卓越し, *Islandiella* 属を伴う。類似の群集は北海道西方沖の中～外部亜沿岸帯から報告されていることから (長谷川・小亀, 1995), クラスター3は冷温帯の中～外部亜沿岸帯に堆積したと推定される。

クラスター4は, *E. crispum* および *Hanzawaia nipponica* を顕著に含み, *C. lobatulus*, *C. refulgens* を伴う。これらの種が多い群集は東北日本周辺では内～外部亜沿岸帯に見られる (Ikeya 1970, 1971a; 長谷川・小亀, 1995)。さらに, このクラスターの試料の一部は *Islandiella japonica* (Asano and Nakamura) を含むが, この種は日本海東縁

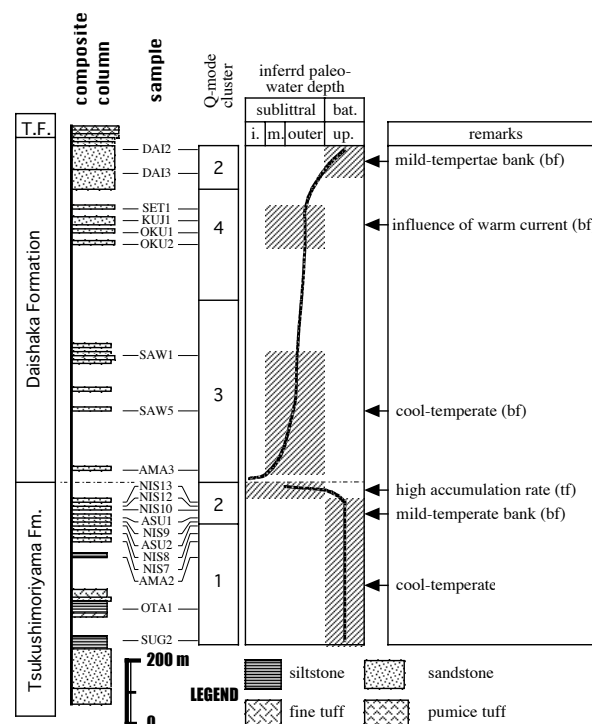


図7. 研究地域の土筆森山層および大沢迦層におけるQ-モードクラスタの層位分布および古環境の変化の概要。Fm.=層, T.F.=鶴ヶ坂層。

Fig. 7. Stratigraphic distribution of Q-mode clusters and summary of paleoenvironmental change of the Tsukushimoriyama and Daishaka Formations in study area. Fm. = Formation, T.F. = Tsurugasaka Formation.

では中部亜沿岸帯～上部漸深海帯に多産する (たとえば石和田, 1951; 桑野, 1953)。なお, *H. nipponica* が優勢な群集は対馬暖流中層水に対応することから (的場・本間, 1986; 長谷川, 1989), クラスター4からは暖流の影響を受けた中～外部亜沿岸帯が推定される。

3. 群集組成の検討

クラスター分析により推定された堆積環境の妥当性について, 群集組成の変化から検討する。B.F.N. は一般に陸棚外部から大陸斜面上部にかけて最大となる (たとえばBandy, 1961; Ikeya, 1971b)。本論で検討した試料の大部分は外部亜沿岸帯または上部漸深海帯で堆積したと推定されたが, クラスター3からは中～外部亜沿岸帯程度の古水深が推定された。クラスター3のB.F.N. が他のクラスターに比べ低いことは, クラスター分析から推定された堆積深度の変化と矛盾しない。

P/T ratioは, 一般に水深が増すと増加する (Grimsdale and Morkhoven, 1955)。P/T ratioは中～外部亜沿岸帯程度を示唆するクラスター3がもっとも低い。また, 外部亜沿岸帯を示唆する大沢迦層の試料に対して, 上部漸深海帯を示唆する土筆森山層の試料が高い値を示す。したがってP/T ratioの変化も, クラスター分析から推定された堆積深度の変化と矛盾しない。

底生有孔虫の種数は陸棚外縁～大陸斜面上部で最大に

なる (Bandy and Arnal, 1957; Uchio, 1960). 本研究では多様度は種数とほぼ同じ変動パターンを示すので (図 5), 本研究での多様度は主に種数の変動を反映していると判断され, 陸棚外縁〜大陸斜面上部で高い値を示すと推定される. 多様度と均衡度はクラスター 3 と NIS12 で低い値を示した. クラスター 3 での低い多様度は, 他のクラスターからは外部亜沿岸帯または上部漸深海帯が推定されるのに対し, クラスター 3 がより浅い古水深を示唆することで説明される. NIS12 は *I. sublimbata* が卓越するため均衡度が低く, それを反映して種多様度も低いと解釈される.

以上のように, クラスター分析から推定された堆積環境は上述の各指標の変化から妥当と判断される.

4. 古環境の変遷

土筆森山層の浮遊性有孔虫化石から, 寒冷な表層水が推定された. 本層の底生有孔虫化石のクラスターは下位より 1 から 2 へと変化し, その上位で生痕化石である *Rosselia socialis* が密集する. 以上から本層の堆積環境は次のように変化したと推定される. 本層中部は冷温帯の上部漸深海帯に堆積し, その後ほぼ同じ水深で陸源物質の供給が減少して, 堆積環境が出現した. 須崎・箕浦 (1992) の古地理図では本地域は津軽半島地域から松前半島地域へ延びる島の南東沖に位置する. これは本論での推定と一致する. *R. socialis* は上部外浜〜外側陸棚の堆積物から報告され, 頻繁な堆積が起こる環境によく適応したフサゴカイの仲間の巣穴と考えられている (Nara, 1995, 1997; 奈良, 1998). *R. socialis* 密集層は土筆森山層上部での堆積速度の上昇と堆積深度の減少を表すと推定される.

大釈迦層の底生有孔虫化石のクラスターは下位より 3 → 4 → 2 と変化する. このことから本層の堆積環境は次のように変化したと推定される. 大釈迦層基底部は冷温帯の中〜外部亜沿岸帯に堆積した. その後, ほぼ同じ古水深で, 本地域は暖流の影響を受けるようになった. この暖流の影響は, この層準で暖流系浮遊性有孔虫化石が産出したことから支持される. 本層最上部堆積時には水深が増加し上部漸深海帯程度となるとともに, 暖流の影響はなくなった. また, 堆積速度が低下し, 堆積環境が出現した.

5. 温暖種の出現

大釈迦層中〜上部に暖流の影響を示す底生有孔虫化石群集が認められ, わずかではあるが暖流の影響を示す浮遊性有孔虫 *Globigerinoides ruber* も産出した. 類似の群集は隣接する浪岡地域の本層上部からも報告されており (亀丸・根本, 1991), その下位に *Globorotalia inflata inflata* (d'Orbigny) の多産層準が見られる (根本, 1997). 浪岡地域の本層下部に含まれる軽石から $1.45 \pm 0.21\text{Ma}$, $1.55 \pm 0.20\text{Ma}$ の K-Ar 年代が報告されており (根本, 1998), 本層の上位の鶴ヶ坂層から $0.55 \pm 0.07 \sim 0.72 \pm 0.07\text{Ma}$ の K-Ar 年代 (村岡, 1991), $0.51 \pm 0.05 \sim 0.55 \pm 0.06\text{Ma}$ の TL 年代 (高島ほか, 1990) が報告されている.

Kitamura *et al.* (2001) は金沢市大桑の大桑層中に 3 層準

の *G. ruber* の多産層準を認め, それらを酸素同位体ステージの 47, 35 および 31 に対比した. *G. inflata* の産出に着目すれば, 大釈迦層の *G. inflata inflata* の多産層準はステージ 47 に対比され, その年代に矛盾はない. 本研究で認められた大釈迦層中〜上部での温暖種の産出はステージ 35 または 31 に対比されると考えられるが, 年代資料が少ないため特定はできない. いずれにせよ, この温暖種の産出は, 前期更新世に日本海に間欠的に流入した対馬暖流の影響を表すと推定される. 大桑層と大釈迦層の浮遊性有孔虫化石群集を比較すると, 青森県の *G. inflata* 多産層準では *G. ruber* がほとんど産出せず, その上位の温暖化層準でも *G. ruber* の相対頻度が低い. これは両地域の緯度差による表層水温の相違のため暖流系種の *G. ruber* の相対頻度が減少したことに起因すると考えられ, 今後両地域間での群集変化を明確にする必要がある. また, 本研究および亀丸・根本 (1991) で認められた温暖種の出現は, 古対馬暖流の影響が今日の弘前盆地北東縁から津軽半島南東部にかけの地域に及んでいたことを示し, この暖流の太平洋への流出口を復元する上で重要な制約条件を与えると考えられる.

結論

津軽半島南東部の土筆森山層, 大釈迦層の有孔虫化石を検討し, 以下の結論を得た.

- 1) 土筆森山層は上部鮮新統, 大釈迦層は下部更新統である.
- 2) 土筆森山層中〜上部は冷〜中間温帯域の上部漸深海帯に堆積し, 上部に向かい陸源性堆積物の供給が減少した. 最上部は堆積速度の速い陸棚環境で堆積した.
- 3) 大釈迦層は冷温帯の中〜外部亜沿岸帯で堆積を開始し, その後水深が外部亜沿岸帯程度を経て上部漸深海帯程度まで増加した. 堆積末期には暖流が流入した.
- 4) 大釈迦層堆積末期の暖流の流入は, 鮮新世以降の日本海への暖流の間欠的流入の 1 つを表している.

謝辞

東北大学の高柳洋吉名誉教授には素稿を読んで頂き, 有益な御助言を頂いた. 匿名査読者の方にも有益な御指摘・御助言を頂いた. 弘前大学理工学部 of 柴 正敏教授には有孔虫化石の写真撮影をご援助頂いた. 記して以上の方々へ深謝する.

文献

- Bandy, O. L., 1961. Distribution of foraminifera, radiolaria and diatoms in sediments of the Gulf of California. *Micropaleontology*, 7, 1-26.
- Bandy, O. L. and Arnal, R., 1957. Distribution of Recent foraminifera off the west coast of Central America. *American*

- Association of Petroleum Geologist, Bulletin, **41**, 2037-2053.
- Blow, W. H., 1969. Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Broennimann, P. and Renz, H. H. ed., *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils, Geneva, 1967*, v. 1, 199-422. E. J. Brill, Leiden.
- Buzas, M. A. and Gibson, T. G., 1969. Species diversity: benthonic foraminifera in western North Atlantic. *Sicence*, **163**, 72-75.
- 千地万造・紺田 功, 1970. 日本海北部奥尻島周辺の底質中における有孔虫群集の深度分布について. 大阪市立自然科学博物館報告, (23), 35-50.
- 藤井敏三, 1981. 油川地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 38p., 地質調査所.
- Grimsdale, T. and Markhoven, F., 1955. The ratio between pelagic and benthonic foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. *Proceedings Fourth World Petroleum Congress*, Section I/D, 473-491.
- 花方 聡・渡邊和恵, 2001. 秋田県秋田市東部「貝の沢温泉井」の鮮新統有孔虫化石および石灰質ナンノ化石層序と古環境. 地質学雑誌, **107**, 620-639.
- 長谷川四郎, 1989. 日本海の沿岸性底生有孔虫群集. 高柳洋吉・石崎国熙編, 日本列島の有孔虫, 131-142. 東光印刷.
- 長谷川四郎, 1993. 底生有孔虫からみた日本の周辺海域の温度分布—新生代海洋構造の解明に向けて—. 化石, (55), 17-33.
- 長谷川四郎・小亀 出, 1995. 日本海東部, 渡島半島西方海域の有孔虫群集(予報). 岡村行信・井内美郎(編)「北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究」, 平成6年度研究概要報告書, 151-166. 地質調査所.
- 飯塚保五郎, 1930. 青森油田の地質に就きて. 地質学雑誌, **38**, 727-731.
- Ikeya, N., 1970. Population ecology of benthonic foraminifera in Ishikari Bay, Hokkaido, Japan. *Records of Oceanographic Works in Japan*, **10**, 173-191.
- Ikeya, N., 1971a. Species diversity of recent benthonic foraminifera off the Pacific coast of north Japan. *Reports of Faculty of Science, Shizuoka University*, **6**, 179-201.
- Ikeya, N., 1971b. Species diversity of benthic foraminifera, off the Shimokita Peninsula, Pacific coast of north Japan. *Records of Oceanographic Works in Japan*, **11**, 27-37.
- 石和田靖章, 1951. 本邦の油田・ガス田における有孔虫化石の応用について. 石油技術協会誌, **16**, 335-348.
- Ishiwada, Y., 1964. Benthic foraminifera off the Pacific coast of Japan referred to biostratigraphy of the Kazasa Group. *Report of the Geological Survey of Japan*, (205), 1-45.
- 石崎国熙, 1978. 解析法: データの処理. 高柳洋吉編, 微化石研究マニュアル, 129-140. 朝倉書店.
- 亀丸文秀・根本直樹, 1991. 青森県浪岡町に分布する大沢層の有孔虫群集. 弘前大理科報告, **38**, 147-161.
- 加藤磐雄・田口一雄・斎川俊明, 1957. 青森県西部地区の地質. 青森県油田調査報告書, 12-17. 青森県水産商工部商工課.
- Kennett, J. P. and Srinivasan, M. S., 1983. *Neogene Planktonic Foraminifera*. 256p., Hutchinson Ross Pub. Co., Stroudsburg.
- Kitamura, A., Takano, O., Takata, H. and Omoto, H., 2001. Late Pliocene-early Pleistocene paleoceanographic evolution of the Sea of Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **172**, 81-98.
- Kitazato, H., 1978. Distribution of the *Globigerina pachyderma* (Ehrenberg) in the Kuril and Japan Basins and the fluctuation of coiling direction of *G. pachyderma* in the Core P109. *Geological Survey of Japan Cruise Report*, **11**, 56-59.
- 桑野幸夫, 1953. 日本近海の現世有孔虫類の研究 I. オホーツク海南部の有孔虫遺骸群集(1). 資源研彙報, (32), 71-83.
- 前田修吾・根本直樹・小幡喜一・島本昌憲, 1998. 青森市油川西方に分布する下部第四系の層序と古環境. 弘前大理工学部研究報告, **1**, 37-53.
- 米谷盛寿郎, 1978. 東北日本油田地域における上部新生界の浮遊性有孔虫層序. 藤田一夫・市川浩一郎・市原 実・千地万造・弘原海清・藤田 嵩・高柳洋吉編, 日本の新生物(池辺展生教授記念論文集), 35-60. 池辺展生教授退官記念事業会.
- 米谷盛寿郎・井上洋子, 1973. 微化石研究者のための効果的岩石処理について. 化石, (25-26), 87-96.
- 的場保望・本間 登, 1986. 西津軽沖日本海の現生底生有孔虫の深度分布. 的場保望・加藤道雄編, 新生代底生有孔虫の研究, 53-78. 秋田大学鉱山学部.
- 村岡洋文, 1991. 八甲田地熱地域の熱源系. 地質調査所報告, (275), 113-134.
- 村岡洋文・高倉伸一, 1988. 10万分の1八甲田地熱地域地質図説明書. 特殊地質図, 27 p., 地質調査所.
- Nara, M., 1995. *Rosselia socialis*: a dwelling structure of a probable terebellid polychaete. *Lethaia*, **28**, 171-178.
- Nara, M., 1997. High-resolution analytical method for event sedimentation using *Rosselia socialis*. *Palaios*, **12**, 489-494.
- 奈良正和, 1998. 中部更新統金剛地層の堆積環境とシーケンス層序学的解析. 地質学雑誌, **107**, 77-91.
- 根本直樹, 1997. 有孔虫化石からみた第四紀前期の津軽海峡周辺の古環境. *Oshimanography*, (4), 22-27.
- 根本直樹, 1998. 浪岡町およびその周辺から得られたカリウム-アルゴン年代. 浪岡町史研究年報, (3), 53-61.
- 根本直樹, 2000. 津軽半島南東部に分布する大滝凝灰岩部層のFT年代. 青森県史研究, (5), 115-118.
- 根本直樹・千田良一, 1994. 青森県津軽半島南端部に分布する大沢層の有孔虫群. 弘前大理科報告, **41**, 259-275.
- Nomura, S., and Hatai, K., 1935. On two species of brachiopoda from the Daisyaka shell-bed of Daisyaka, Aomori-ken. *Saito Hon-Kai Museum, Research Bulletin*, (6), 83-142.
- Ogasawara, K., 1986. Notes on origin and migration of the Omma-Manganzian Fauna, Japan. *Palaeontological Society of Japan, Special Papers*, (29), 227-244.
- 斉藤常正, 1999. 最近の古地磁気層序の改訂と日本の標準微化石層序. 石油技術協会誌, **64**, 2-15.
- 佐藤時幸・亀尾浩司・三田 勲, 1999. 石灰質ナンノ化石による後期新生代地質年代の決定精度とテフラ層序. 地球科学, **53**, 265-274.
- 佐藤時幸・高山俊明・加藤道雄・工藤哲朗・亀尾浩司, 1988. 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序 その4: 総括—太平洋側および鮮新統/更新統境界の模式地との対比. 石油技術協会誌, **53**, 475-491.
- Shannon, C. E. and Weaver, W., 1963. *The mathematical theory of communication*. 125 p., University of Illinois Press, Urbana.
- 須崎俊秋・箕浦幸治, 1992. 青森県地域上部新生界の層序と古地理. 地質学論集, (37), 25-37.
- 高島 勲・本多朔郎・納谷 宏, 1990. 青森県八甲田地域の火砕流堆積物のTL年代. 岩鉱, **85**, 459-468.
- 高田裕之, 2000. 有孔虫化石群集にもとづく富山県小矢部市周辺の大沢層堆積時(後期鮮新世～前期更新世)の古環境変遷. 化石, (67), 1-18.
- Takayama, T. and Sato, T., 1987. Coccolith biostratigraphy of the North Atlantic Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 94. In Ruddiman, W. F., Kidd, R. B., Thomas, E. et al., *Initial Reports of Deep Sea Drilling Project*, Washington (United States Government Printing Office), **94**, 651-702.
- Takemoto A. and Oda, M., 1997. New planktonic foraminiferal transfer functions for the Kuroshio-Oyashio Current region off Japan. *Paleontological Research*, **1**, 291-310.
- Tsukawaki, S., Nemoto, N., Maruyama, T., Shimamoto, M., Sasaki, O., Motoyama, I., Irizuki, T., Kato, H., Chatterjee, D., Fujimoto, E. and Hasegawa, S., 1993. Preliminary results from the *R. V. Tansei-maru* Cruise KT-92-13 (leg 2) in the eastern marginal area of the Japan Sea. *The Science Report of the Hirosaki University*, **40**, 61-99.
- Uchio, T., 1960. Ecology of living benthonic foraminifera from the San Diego area. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication*, (5), 1-72.

(2004年5月13日受付, 2005年4月7日受理)