

添付資料 12 化石鑑定

1. 未固結堆積物の化石鑑定

1-1 鑑定方法

有孔虫および石灰質ナノ化石の試料処理方法・鑑定方法を以下に述べる。

(1) 有孔虫

試料を 74 μm のふるい上で水洗し、常温で乾燥させた。乾燥後、試料をメッシュ付きのトレイ上に広げ、顕微鏡下で試料に含まれる有孔虫の種の同定および個体数の計測を行った。群集組成を調べるためには、最低 200~300 個体が必要である。このため、1 回の検鏡で個体数が 200 個体に達しない場合、最高 5 回まで化石をトレイに広げる作業を繰り返した。

浮遊性有孔虫に関しては、群集組成を調べるため、150 μm より大きな個体を鑑定対象とした。また、試料中の有孔虫以外の化石や鉱物粒子の有無についても検鏡を実施した。

(2) 石灰質ナノ化石

スミアスライド法を用いて試料処理を行った。まず、試料の新鮮部を粉末の状態にし、カバーガラスに載せた。これに水を一滴滴下し、爪楊枝で広く延ばしホットプレートで乾燥させた。封入剤「光硬化剤」を滴下したスライドガラス上に、乾燥したカバーガラスの試料面を静かに合わせた。紫外線 Box 内でカバーガラスに紫外線を約 2 分照射させ、固結後、ラベルを貼り付けた。

石灰質ナノ化石の観察には、オリンパス偏光顕微鏡 BX-P (一部改良)を使用した。種の同定には倍率 1,500 倍を用いた。下部透光帯種の *Florisphaera profunda* を除く石灰質ナノ化石を無作為に 200 個体を定量同定したあと、それ以外にも定量外で産出する種の有無を調べ、相対頻度を%で表示した。また、石灰質ナノ化石 200 個体に対する *Florisphaera profunda* の産出量についても計測した。

1-2 鑑定結果

有孔虫および石灰質ナノ化石の鑑定結果を以下に示す。

(1) 有孔虫

すべての試料から浮遊性有孔虫化石が多産した。MS12 海山の LC19 の FS01 および FS02 において、火山岩の粒子（パミス）やウニの棘が認められるが、その他の試料ではほとんどすべての粒子が浮遊性有孔虫化石からなる。このうち、MS01 海山の LC15 コアの 1 試料（02MSM01LC15FS02）では、浮遊性有孔虫化石の破片が多く認められ、溶解作用を受けていると考えられる。一方、底生有孔虫の産出は少なく、すべての試料において少量しか認められない（表 1）。産出した有孔虫化石種およびその個体数を表 2 に示す。

表 1 未固結堆積物の岩相および化石の産出状況

海山	採取番号		水深(m)	試料採取深度(cm)	試料内容(岩相)	浮遊性有孔虫の産出頻度	浮遊性有孔虫の保存状態	底生有孔虫の産出頻度	底生有孔虫の保存状態	有孔虫の破片	火山岩片	ウニの棘	地質時代
MS01	02SMS01	LC15	FS01	1542	35-40	有孔虫砂	A	G	R	M	F		Late~Middle Pleistocene (0.12~0.65M)
			FS02		125-130	有孔虫砂	A	G	R	M	A		Early Pleistocene (0.65~1.6Ma)
MS11	02SMS11	LC14	FS01	2075	10-15	有孔虫砂	A	G	R	M			Early Pleistocene (1.6~2.0Ma)
			FS02		55-60	有孔虫砂	A	G	R	M			Early Pleistocene (1.6~2.0Ma)
			FS03		110-115	有孔虫砂	A	G	R	M			Early Pleistocene (1.6~2.0Ma)
		LC19	FS01	1974	15-20	有孔虫砂	A	G	R	M			Early Pleistocene (1.6~1.77Ma)
			FS02		70-75	有孔虫砂	A	G	R	M			E. Pleist. ~ Late Pliocene (1.77~2.0Ma)
MS12	02MSM12	LC19	FS01	1343	0-5	有孔虫砂	A	G	R	M	R	R	Late Pleistocene (~0.12Ma)
			FS02		40-45	有孔虫砂	A	G	R	M		R	Pliocene (3.09~3.12Ma)
			FS03		125-130	有孔虫砂	A	G	R	M			Pliocene (3.09~3.12Ma)
		LC33	FS01	1257	15-20	有孔虫砂	A	G	R	M			Late Pleistocene (0.12~0.22Ma)
			FS02		100-105	有孔虫砂	A	G	R	M			Middle Pleistocene (0.22~0.65Ma)

A: Abundant, C: Common, F: Few, R: Rare, X: Present, G: Good, M: Moderate

産出した浮遊性有孔虫に対して、Berggren et al. (1995) が提唱した年代区分を用いて、地質年代の推定を行った。図 1 に示されている示準面は低緯度地域の群集に適用される。本地域に対してもそのまま適用できる。今回の試料に関連する化石示準面は、下記の 9 示準面である。

- ① *Globigerinoides ruber* のピンク色の個体の消滅 (0.12Ma)
- ② *Globorotalia tosaensis* の消滅 (0.65Ma)
- ③ *Globigerinoides fistulosus* の消滅 (1.6Ma)
- ④ *Globigerinoides extremus* の消滅 (1.77Ma)
- ⑤ *Globorotalia truncatulinoides* の出現 (2.0Ma)
- ⑥ *Globoquadrina altispira* の消滅 (3.09Ma)
- ⑦ *Sphaeroidinellopsis seminulina* の消滅 (3.12Ma)
- ⑧ *Globigerinoides fistulosus* の出現 (3.33Ma)
- ⑨ *Sphaeroidinella dehiscens* の消滅 (5.2Ma)

(2) 石灰質ナノ化石

すべての試料から保存状態のよい石灰質ナノ化石が産出した。産出した種およびその個体数を表 3 に示す。産出した石灰質ナノ化石は全部で 17 属 33 種 (sp.を含む) である。

1) 産出した石灰質ナノ化石群集

A) MS01 海山および MS11 海山

MS01 海山および MS 11 海山の 7 試料は、第四紀石灰質ナノ化石を多産する。これらを詳細にみると、第四紀の示準化石 *Gephyrocapsa oceanica* と、第四紀中期の Jaramillo event 直上(0.95Ma)に出現層準を持つ *G. parallela* が最も多く、これに 4 ミクロンより小型の *Gephyrocapsa* を比較的多く伴う。第四紀末の 25 万年前に出現する *Emiliana huxleyi* は 02SMS01LC15FS01, 02SMS11LC14FS01 と FS02, 02SMS11LC19FS01 と FS02 の 5 試料に認められる。51 万年前に出現し 16 万年前に絶滅する *Helicosphaera inversa* は、02SMS 11LC14-FS02 と 02SMS 11LC14-FS03 に認められ、更新世後期の 41 万年前に絶滅する *Pseudoemiliana lacunosa* は 02SMS01LC15FS02 と 02SMS11LC14FS03 に産出する。

B) MS12 海山

MS12 海山の試料では、02SMS12LC19FS01, 02SMS12LC33FS01 および 02SMS12LC33FS02 の 3 試料において、25 万年前に出現する *Emiliana huxleyi* が認められる。特に 02SMS12LC33FS02 試料では、51 万年前に出現し、16 万年前に絶滅した *Helicosphaera inversa* も同時に産出する。

EPOCH		ZONE		LOCATION OF BIOSTRATIGRAPHIC EVENTS		LOCATION OF BIOSTRATIGRAPHIC EVENTS					
		Tropical	Trans.	Antar.							
PLEISTOCENE	LATE	b	N23	AN7	0.22	Globorotalia flexuosa 0.068 Globigerinella calida calida Globoquadrina pseudofoliata	Mediterranean regional events	Bukry	Martini	Calcareous Nanoplankton	
	MIDDLE	Pt1	N22		0.401	Globorotalia flexuosa 0.401 Globorotalia hirsuta 0.45	Gr. (Tr.) tosaensis excelsa 1.0	CN15	NN21	Gephyrocapsa caribbeanica-E. huxleyi 0.075 (Stage 4) Emiliana huxleyi increase 0.09 (Stage 5a-b) Emiliana huxleyi 0.26 (Stage 8) Pseudoemiliana lacunosa 0.46 (Stage 12)	
EARLY	a	N22	0.75		Globorotalia tosaensis 0.65 Globorotalia crassaformis hessi 0.75	Gr. (Tr.) tosaensis excelsa 1.0	CN14	a	NN20	small Gephyrocapsa spp. end dominance 0.96 (St. 25) medium Gephyrocapsa spp. reentrance 1.03 (Stage 29) Helicosphaera selli 1.22 (Stage 37) large Gephyrocapsa spp. LAD 1.22 1.24 (Stage 37) small Gephyrocapsa spp. beginning dominance	
PLIOCENE	LATE	PL6	N21		2.09	Globorotalia inflata 2.09 (N. Atl.) Globorotalia exilis 2.15 Pulleniatina (Atl.)	Gr. (Tr.) tosaensis excelsa 1.0	CN13	b	NN19	Helicosphaera selli 1.47 (Stage 49) large Gephyrocapsa spp. LAD 1.46 1.48 (Stage 48) Caldiscus macintyreii 1.59 (Stage 55)
	EARLY	PL5	N21		2.58	Gr. micenica (Atl.), Gr. pseudomicenica (In.-Pac.) Gr. truncatulinoides 2.58 (SW Pac.) Gr. perfenius 2.60	Gr. (Tr.) tosaensis excelsa 1.0	CN12	a	NN18	medium Gephyrocapsa spp. FAD 1.67 1.70 (Stage 59/6) Discoaster brouweri, D. triadialus 1.95 Discoaster triadialus Acme 2.18 2.25
MIOCENE	LATE	M14	N17		5.8	Globoquadrina dehiscentis 5.8	Gr. (Tr.) tosaensis excelsa 1.0	CN11	b	NN17	Discoaster pentaradiatus LAD 2.46 2.56 or 2.55 Discoaster surculus LAD 2.55 2.59 or 2.55 Discoaster tamalis 2.78 or 2.73
	EARLY	PL3	N19		3.35	Gds. fistulosus 3.33 Gr. tosaensis 3.35 3.45 Gr. perfenius Pulleniatina (Atl.) Gr. margaritae, 3.58 Gr. micenica (Atl.) 3.55 Pulleniatina primalis 3.65	Gr. (Tr.) tosaensis excelsa 1.0	CN11	a	NN16	Sphenolithus spp. 3.6 or 3.55 3.6 Reticulofenestra pseudoumbilica 3.75 or 3.65 3.7
MIOCENE	EARLY	PL2	N19	3.95	Pulleniatina (S to D) 3.95 Globobulborotalia nepenthes Pulleniatina spectabilis	Gr. (Tr.) tosaensis excelsa 1.0	CN11	b	NN15	Discoaster asymmetricus FCO 4.2, 4.15 (Med.)	
	EARLY	PL1	N18	4.7	Gr. crassaformis, Gr. puncticulata 4.5 Globigerinoides seiglei 4.7	Gr. (Tr.) tosaensis excelsa 1.0	CN10	a	NN13	Ceratolithus rugosus 4.5 (Med.) Amaurolithus primus 4.55 (Med.)	
MIOCENE	LATE	M14	N17	5.6	Globoquadrina dehiscentis 5.8	Gr. (Tr.) tosaensis excelsa 1.0	CN10	a	NN12	Ceratolithus acutus Triquetrorhabdulus rugosus 5.34 5.34 Triquetrorhabdulus rugosus Discoaster quinqueramus 5.6	

FOC, first common occurrence; Gr., Globorotalia; Gds., Globigerinoides; De., Dentoglobigerina; N., Neoglobobulborotalia; S., Sphaeroidinellopsis. J., Jaramillo; O., Olduvai; R., Reunion; K, Kaena; M, Mammoth; C, Cochiti; N, Nunavak; S, Stouffville; T, Thvera

図1 低緯度地域における石灰質微化石の生層基準面と地質年代区分 (Berggren et al., 1995)

表3 未固結堆積物における産出した石灰質ナンノ化石群集

Sample No.	02SMS01LC15FS01	02SMS01LC15FS02	02SMS11LC14FS01	02SMS11LC14FS02	02SMS11LC14FS03	02SMS11LC19FS01	02SMS11LC19FS02	02SMS12LC19FS01	02SMS12LC19FS02	02SMS12LC19FS03	02SMS12LC33FS01	02SMS12LC33FS02
<i>Calcidiscus leptoporus</i>	4	6	8	+	+	1		6	3	1	3	3
<i>Calcidiscus macintyreii</i>									3	+		
<i>Ceratolithus cristatus</i>	1	1	1		+	1		1			1	+
<i>Cyclolithella annula</i>	1	+		1	1	2	1	4	2	1	1	1
<i>Discoaster asymmetricus</i>									+	+		
<i>Discoaster brouweri</i>									1	2		
<i>Discoaster pentaradiatus</i>									4	2		
<i>Discoaster surculus</i>									+	+		
<i>Discoaster tamalis</i>									+	+		
<i>Discolithina japonica</i>						1	+	1			+	+
<i>Discolithina</i> spp.	+	+		+					+			
<i>Discosphaera tubifera</i>	1		1					1			+	
<i>Emiliania huxleyi</i>	3		8	3		39	41	17			44	3
<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i>		4	1	2	4							
<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	27	6	8	20	39	4	6	5			8	39
<i>Gephyrocapsa parallela</i>	10	3	14	14	11	8	2	10			9	12
<i>Gephyrocapsa</i> spp. (small)	17	15	15	19	32	6	7	5	1	1	4	14
<i>Helicosphaera carteri</i>	10	4	5	3	4	3	4	5	+	2	1	2
<i>Helicosphaera hyalina</i>				+		+						
<i>Helicosphaera inversa</i>				1	+							+
<i>Helicosphaera sellii</i>									+	+		
<i>Helicosphaera wallichi</i>											1	+
<i>Oolithotus antillarum</i>	1	1		1					+	+		+
<i>Pseudoemiliania lacunosa</i>		26			+				7	4		
<i>Reticulofenestra ampla</i>									7	5		
<i>Reticulofenestra</i> spp. (small)		3	2	6		2			70	80	1	3
<i>Rhabdosphaera clavigera</i>	3	7	4	1	+	3	1	1			1	4
<i>Rhabdosphaera styliifera</i>				+		1		1			+	+
<i>Scapholithus fossilis</i>	1	+		2	1	+	+	2			2	+
<i>Syracosphaera pulchra</i>	4	5	8	9	1	7	3	5	1	1	2	+
<i>Umbellosphaera irregularis</i>	6	1	7	3		8	11	3			1	+
<i>Umbilicosphaera sibogae</i>	11	18	18	15	7	14	24	33	1	1	21	19
Total no. (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Florisphaera</i> no. vs 200 nannofossils	193	524	148	302	86	502	340	696	16	0	166	56
age	Ple. ~ Hol.	Pleistocene	Ple. ~ Hol.	Pleistocene	Pleistocene	Ple. ~ Hol.	Ple. ~ Hol.	Ple. ~ Hol.	late Pliocene	late Pliocene	Ple. ~ Hol.	Pleistocene

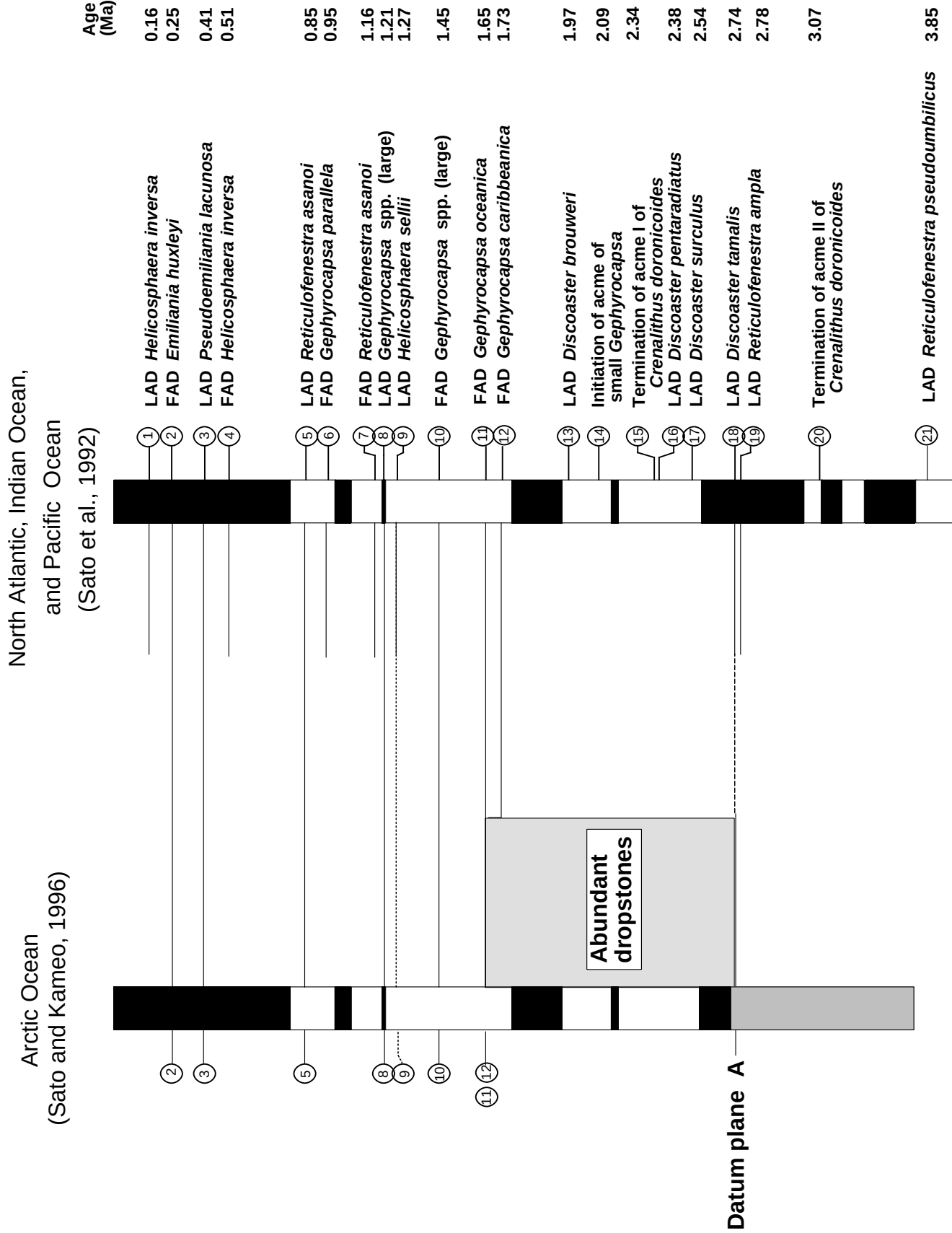


図2 鮮新世～第四紀に認められる石灰質ナノ化石対比基準面と古地磁気層序との関係、およびその年代値 (佐藤他, 1999)

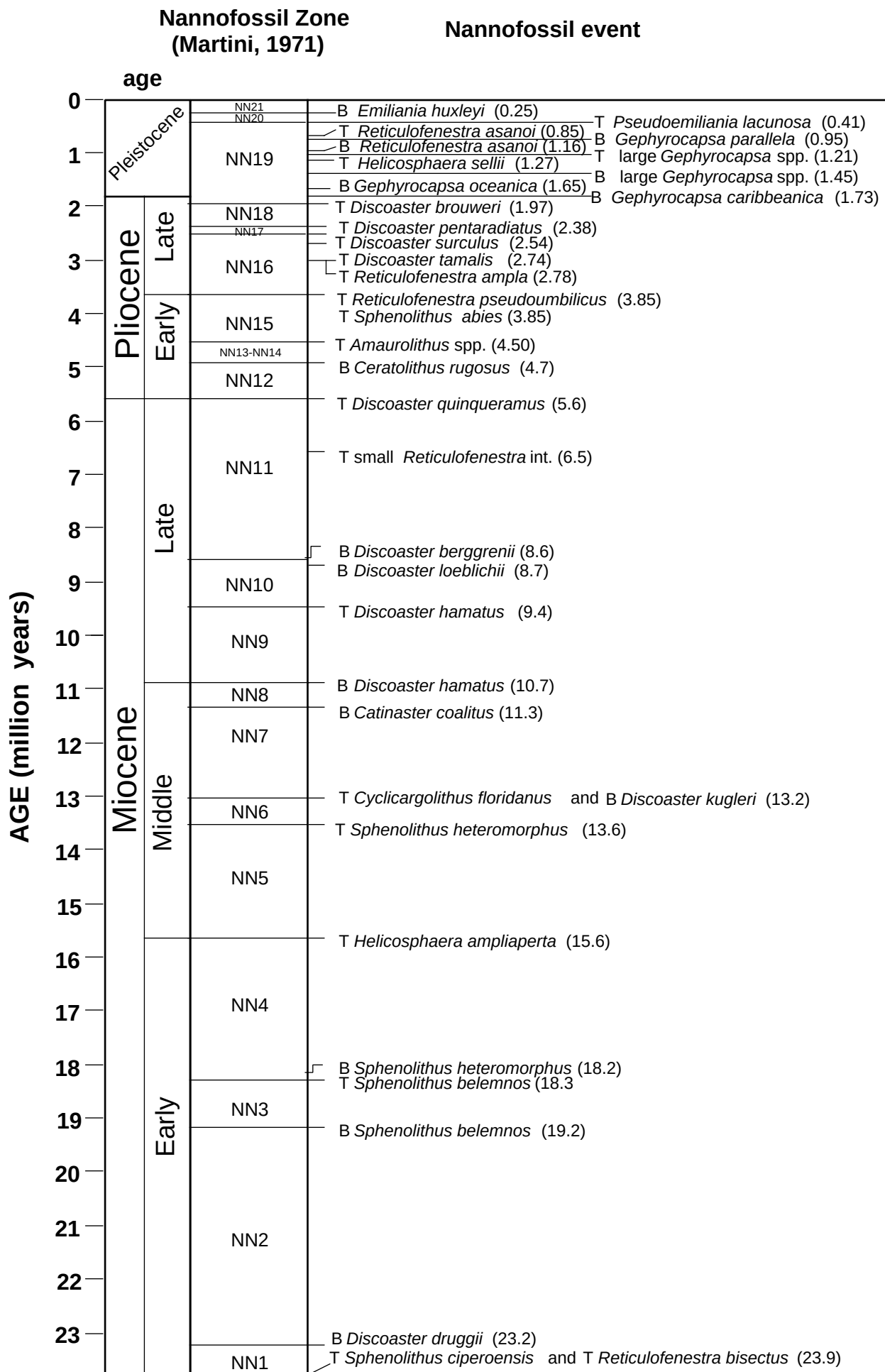


図3 新第三紀～第四紀石灰質ナノ化石帯区分(Martini, 1971)と
その基準面および年代値 (佐藤, 2000)

一方、02SMS12LC19FS02 および FS03 では、更新世の示準化石が全く含まれず、鮮新世中期に出現し更新世後期（41 万年前）に絶滅する *P. lacunosa*, 後期鮮新世に絶滅する *Discoaster brouweri* (197 万年前), *D. pentaradiatus* (238 万年前), *D. surculus* (254 万年前), *D. tamalis* (274 万年前) および *Reticulofenestra ampla* (278 万年前) が特徴的に産出する。なお、この 2 試料では、前期鮮新世の示準化石である *Reticulofenestra pseudumbilicus* と *Sphenolithus abies* のいずれも産しない。

2) 石灰質ナノ化石から推定される地質年代

Takayama and Sato (1987)は、北大西洋で実施された DSDP-IPOD Leg94 によって採取された深海堆積物中の石灰質ナノ化石を調査し、更新統中に 12 の石灰質ナノ化石基準面を設定した。その後、Sato, *et al.*(1991)および Sato and Takayama (1992)は、新たに得られたデータを元に鮮新統中部から第四系に合計 21 の石灰質ナノ化石基準面を設定した。これらの掘削地点では、古地磁気層序が確立されており、基準面と古地磁気層序との関係から各基準面の年代値が算出されている。これらの年代値は、その後、古地磁気の年代スケールが Cande & Kent (1995)によって改訂されたことから、基準面の年代値も改訂されている(図 2 ; 佐藤, 1999)。

一方、新第三紀では、NN のコードナンバーが付された Martini (1971)の化石帯や Bukry (1973 および 1975)の化石帯が設定されている。後者は後に Okada and Bukry(1980)によって新たに CN のコードナンバーが付されたが、現在では上述した二つの化石帯が広く用いられている。今回産出した石灰質ナノ化石群集を佐藤ほか(1999) および Martini の化石帯 (図 3)の基準面に対比する。

2. 岩石試料の化石鑑定

2-1 鑑定方法

肉眼観察後、薄片を作成し、岩石の記載および薄片中の有孔虫化石の同定を行った。

2-2 薄片観察結果

石灰岩の分類は Embry and Klovan (1971)によって改訂された Dunham (1962)の分類による。

Allochthonous limestones original components not organically bound during deposition						Autochthonous limestones original components organically bound during deposition			
Less than 10% > 2 mm components				Greater than 10% > 2 mm components		By organ- isms which act as baffles	By organ- isms which encrust and bind	By organ- isms which build a rigid frame- work	
Contains lime mud (< .03 mm)		No lime mud		Matrix sup- ported	> 2 mm com- ponent sup- ported				
Mud supported		Grain supported							
Less than 10% grains (> .03 mm < 2 mm)	Greater than 10% grains								
Mud- stone	Wacke- stone	Pack- stone	Grain- stone	Float- stone	Rud- stone	Baffle- stone	Bind- stone	Frame- stone	

Amplification of original Dunham (1962) classification of limestones according to depositional texture by Embry and Klovan (1971, Fig. 2), courtesy of Canadian Society of Petroleum Geologists

表 4 石灰岩の分類

2-2 鑑定結果

それぞれの試料の岩相および化石の産出状況を 5 表に示す。

有孔虫化石は MS01 海山の 3 試料, MS11 海山の 5 試料, 合計 8 試料で産出した。産出した有孔虫化石種およびその個体数を表 6 に示す。これらの化石による地質時代の決定は図 4 に示す Berggren et al.(1995)に基づいて行った。岩石試料の化石鑑定結果を表 7 に示す。

3. 化石写真

未固結堆積物の浮遊性有孔虫写真およびナンノ化石の写真を図 5 および図 6 に示し、岩石試料の浮遊性有孔虫写真を図 7 に示す。

表 5 岩石試料の岩相および化石の産出状況

試料番号	試料名	深度(m)	深度(cm)	産出位置	岩相	浅海性化石	浮遊性有孔虫	底生有孔虫	貝形虫	Solenopora	海綿の骨針	ウニ	軟体動物	コケムシ	燧岩	浮遊性有孔虫の記載	時代
MS01	BMS01B	FR01	1385	5-20	山頂部の縁	石灰岩礫岩		A	X	X					C	化石が密集	中期始新世 (P12~14)
	BMS03A	FR01	1286	8-25	山頂部	石灰岩礫岩		A	X				F		C	化石が密集	中期始新世 (P12~14)
	BMS05C	FR01	1586	15-26	山頂部の縁	石灰岩礫岩		A	X						C	密集, 破片化が顕著	中期始新世 (P12~14)
MS11	BMS01D	FR01	1971	0-8	山頂部の縁	石灰岩, クラスト上部		A			X					密集, 破片化, 小型の個体が多い	後期始新世?
	BMS01D	FR02	1971	15-18	山頂部の縁	石灰岩, クラスト下部						X	X	X		-	白亜紀
	BMS03A	FR01	2750	32-47	斜面上部	石灰岩、緻密						X	F	X		-	白亜紀
	BMS03C	FR01	2549	30-43	斜面上部	石灰岩, 緻密部	C	R	R	X		X	F		X	破片化, 小型の個体が多い	白亜紀
	BMS03C	FR02	2549	43-50	斜面上部	石灰岩, 砂質部	C	R	R			X	X	X	C	礫岩のような構造	白亜紀
	BMS04B	FR01	1928	2本目 10-15	山頂部の縁	黄褐色の石灰岩	C	R	F			X	X	X	X	破片化が顕著	古第三紀?
	BMS04B	FR02	1928	2本目 80-100	山頂部の縁	黄褐色の石灰岩	C	R	R			X	X	X	X	破片化が顕著	古第三紀?
MS12	BMS01A	FR01	1371	15-40	山頂部の縁	礫性石灰岩				F		X	F	X		破片化が顕著	白亜紀?
	BMS01C	FR01	1380	30-70	山頂部の縁	礫性石灰岩			R				F			破片化が顕著	白亜紀?

A: Abundant, C: Common, F: Few, R: Rare, X: Present

表 6 岩石試料における産出した有孔虫化石のリスト

海山	地点番号		試料番号	水深(m)	コア深度 (cm)	岩相	Acarinia spp.	Globigerinatheka spp.	Morozovella spp.	Morozovella spinulosa	Subbotina spp.	Truncorotaloides rhori	Truncorotaloides toplensis	Turborotalia cerroazulensis	low-truncorotal forms	truncorotal forms	時代
MS01	02SMS01	BMS01B	FR01	1385	5-20	石灰岩礫岩	R				R	C	C				中期始新世 (P12~14)
		BMS03A	FR01-a	1286	8-25	石灰岩礫岩	R	F	R		F	C	C				中期始新世 (P12~14)
		BMS03A	FR01-b	1286	8-25	石灰岩礫岩	R	F	R		R	C	C				中期始新世 (P12~14)
		BMS05C	FR01	1586	15-26	石灰岩礫岩				R		F	C	F			中期始新世 (P12~14)
MS11	02SMS11	BMS01D	FR01	1971	0-8	石灰岩, クラスト上部		R			C					X	後期始新世?
		BMS03C	FR01	2549	30-43	石灰岩, 緻密部									X		白亜紀?
		BMS03C	FR02	2549	43-50	石灰岩, 砂質部									X		白亜紀?
		BMS04B	FR01	1928	2本目 10-15	黄褐色の石灰岩									X		不明
		BMS04B	FR02	1928	2本目 80-100	黄褐色の石灰岩										X	不明

A: Abundant, C: Common, F: Few, R: Rare, X: Present

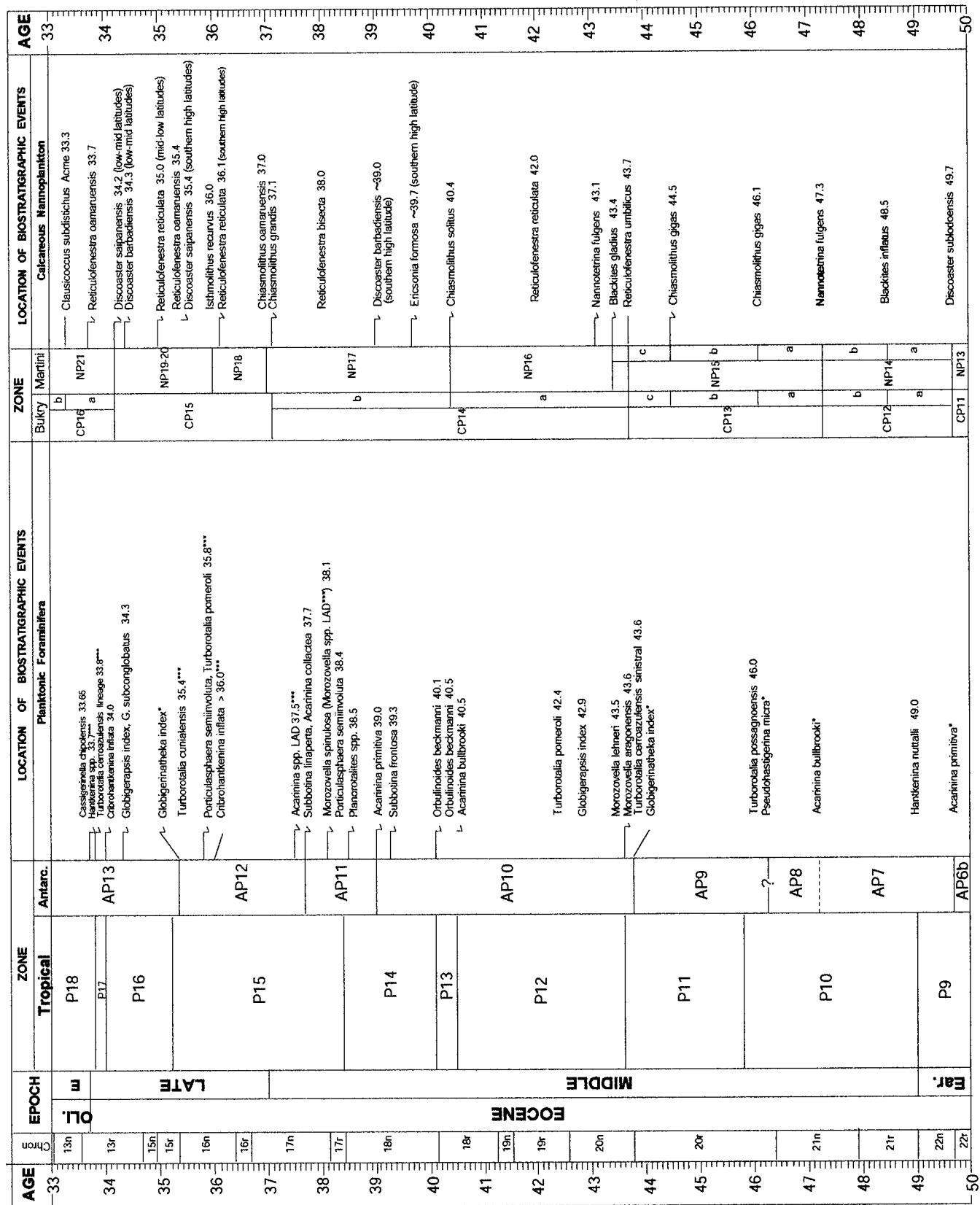


図4 低緯度地域における石灰質微化石の生層序基準面と地質年代区分 (Berggren et al., 1995)

表7 岩石試料の化石鑑定結果 1/5

孔名	水深 (m)	試料番号	採取深度 (cm)	岩石名	肉眼観察	顕微鏡観察
02SMS01 BMS01B	1,385	FR01	5-20	foraminiferal wackestone	玄武岩およびマンガンノジュールを含むし、塊状を呈する。礫はやや扁平であり、中礫大の亜角礫～亜円礫である。礫は基質 (foraminiferal packstone) によって支持された状態にある (matrix-supported)。	火山岩片 (斜長石) を含む。生砕物は浮遊性有孔虫である。Intraclastは有孔虫、貝形虫を含むbioclastic wackestoneである。粒子内および粒子間隙には等粒状セメントが認められる。火山岩片の表面はマンガン鉱物によって覆われている。同定された浮遊性有孔虫化石群集は、 <i>Truncorotaloides topilensis</i> , <i>Truncorotaloides praetopilensis</i> , <i>Acarinina bullbrooki</i> である。 <i>T. topilensis</i> は浮遊性有孔虫化石帯のP12～P14に相当する。本試料の地質時代は中期始新世の後期と判断される。
02SMS01 BMS03A	1,286	FR01	23-40	foraminiferal packstone	玄武岩片を含むforaminiferal packstoneである。礫はやや扁平であり、細礫～中礫大の亜角礫～亜円礫である。礫のサイズはBMS01Bより小さく、コアの下部から上部に向かって相対的に中→小→大と変化する。礫は基質 (foraminiferal packstone) によって支持されている (matrix-supported)。	上部より作成した薄片 (2-a) は、火山岩片 (スコリア?) を含むforaminiferal packstone である。生砕物は浮遊性有孔虫である。火山岩片に発達する割れ目は、foraminiferal packstone で充填されている。この火山岩片内の充填堆積物と岩片の周囲の堆積物の間には、岩相 (構成物や組織) の差異は認められないが、両者の境界部の一部で弱い不連続面が認められる。溶解を受けて生じた粒子内間隙をセメントが充填している。下部より作成した薄片 (2-b) は、上部の薄片とほぼ同じ組織を示すが、二枚貝が生砕物として含まれている。複数の浮遊性有孔虫殻内にgeopetal構造が認められるが、それらによって示される堆積時の上下方向は互いに一致しておらず、有孔虫の少なくとも一部は堆積後に室が部分的に充填され、その後再堆積したものと考えられる。上部の薄片および下部の薄片において、同定された浮遊性有孔虫化石群集は <i>T. rohri</i> , <i>T. topilensis</i> , <i>T. praetopilensis</i> , <i>A. bullbrooki</i> である。その他、 <i>Globigerinatheka</i> , <i>Morozovella</i> , <i>Subbotina</i> 属の個体が確認されるが、種の同定は行えなかった。本試料の地質時代は、 <i>T. topilensis</i> の産出から、浮遊性有孔虫化石帯のP12～P14の範囲 (中期始新世の後期) と考えられる。

表7 岩石試料の化石鑑定結果 2/5

孔名	水深 (m)	試料番号	採取深度 (cm)	岩石名	肉眼観察	顕微鏡観察
02SMS01 BMS05C	1,586	FR01	15-26	bioclastic packstone	火山岩片およびマンガンノジュールを含む上部と、非石灰質砕屑物を含む下部に識別される。岩相は上部と下部の境界付近で急変する。上部に含まれる礫はやや扁平であり、細礫～中礫大の亜角礫～亜円礫である。基質 (foraminiferal packstone) については、下部が赤色を、上半部は白色を呈する。下部の低位において現地性の皮殻型生物がみられ、その上位にサンゴ (<i>Cyphastrea</i> sp.) の礫が含まれる。その他の生物遺骸片として、二枚貝が認められる。	上部は火山岩片、石灰岩片のextraclast (異地性岩片)を含む。生物擾乱を被っている。生砕物は浮遊性有孔虫で、まれに底生有孔虫 (<i>Amphistegina</i> sp.) が認められる。火山岩片 (玄武岩?) はマンガンで被覆され、割れ目の内部はforaminiferal packstoneで充填されている。粒子間空隙にはセメントが認められ、顕著な溶解を受けている。上部の薄片において同定された浮遊性有孔虫化石群集は、 <i>T. rohri</i> , <i>T. topilensis</i> , <i>T. praetopilensis</i> である。また、 <i>Morozovella spinulosa</i> , <i>Turborotalia cerroazulensis</i> が認められる。地質時代は、 <i>T. topilensis</i> の産出から、浮遊性有孔虫化石帯のP12～P14の範囲 (中期始新世の後期) と考えられる。下部は非石灰質砕屑物を含むbioclastic packstoneである。生砕物として造礁サンゴ、分類学的位置の不明なmicroencruster (被覆性有孔虫?)、カギ、二枚貝、貝形虫、陶器質の底生有孔虫 (miliolinid) が観察される。非石灰質砕屑物は安山岩? や鉛色の岩片よりなる。サンゴがmicroencrusterに被覆 (一部で穿孔) されているように見受けられ、サンゴとmicroencrusterからなる部分は、現地性のものではない可能性が考えられる。サンゴは固着性の塊状～被覆状群体であり、中部～西部インド・太平洋に広く分布する非常に分布範囲の広い種である。化石記録は中新世～現世と考えられる。多くの軟体動物殻が溶解し、そのモールド孔隙に等粒状セメントが認められる。サンゴ骨格も溶解しており、そのモールド孔隙は細粒なセメントおよび大牙状～等粒状セメントにより充填されている。以上より、下部の石灰岩部はプラットフォームあるいはそれに隣接する浅海域で堆積し、その後少なくとも一回は干出し、あまり著しくない陸水性続成作用を受けていると推定される。上部礫岩と下部石灰岩の境界付近では岩相が急変するため、急激な堆積環境の変化 (海進) があつたと想定される。コア試料で見える限り、両者は整合的で、双方とも顕著な溶解を被っていることより、①下部石灰岩の堆積→②海進→③礫岩の堆積→④海退→⑤干出および陸水性続成作用という履歴が考えられる。
				foraminiferal packstone / grainstone	細粒砂大のマンガン粒子が点在し、空隙が発達する。	生砕物では浮遊性有孔虫が圧倒的に卓越し、石灰質の骨針 (起源不明) を少量伴う。マンガン粒子が斑点状に散在する。有孔虫殻はあまり溶解していない。細粒セメント (起源不明) の晶出が認められる。浮遊性有孔虫は多産するが、多くの個体は破片化が進んでいる。 <i>Globigerinatheka</i> , <i>Subbotina</i> 属の個体が同定されるが、種の同定は行えなかった。 <i>Acarinina</i> , <i>Truncorotaloides</i> , <i>Morozovella</i> 属の個体が観察されないことから、地質時代は後期始新世 (P15～P17) と考えられる。
02SMS11 BMS01D	1,971	FR01	130-138			生砕物は、軟体動物、ウニ、コケムシ、 <i>Solenopora</i> 類 (絶滅した石灰藻-紅藻) で、ミクライト皮膜 (micrite envelope) が観察される。Intraclastはbioclastic packstone～grainstoneに由来し、基質 (ミクライト) はclotted (斑点状) である。等厚状 (isopachous)、犬牙状セメントが少しみられるが、ほとんどはブロック状セメントである。モールド孔隙内では、中心に向かってセメントが粗粒化している。堆積直後の初期続成過程によるミクライト化作用 (ミクライト皮膜の形成) を受けた後、干出し、陸水性続成作用によりブロック状セメントが形成されたと推定される。
		FR02	145-148	intraclast rudstone	火山岩片を含有する。部分的に、弱く成層している。Intraclastは、細礫大で、亜角礫状の形状を示し、比較的陶太は良い。粒子間空隙は、ほとんどスバーセメントで充填されており、ミクライト基質はみられない。火山岩片は、細礫～中礫大 (長径1cm以下) である。	

表7 岩石試料の化石鑑定結果 3/5

孔名	水深 (m)	試料番号	採取深度 (cm)	岩石名	肉眼観察	顕微鏡観察
02SMS11 BMS03A	2,750	FR01	32-47	bioclastic grainstone	わずかに火山岩片を含む塊状の bioclastic grainstoneである。生砕物の 保存状況は部位によって大きく異なり、 極細粒砂〜砕礫大で、陶太が良い 部分とほとんどが続性によって生じたセ メントで置き換わっている同定できなく なっている部分とがある。肌色を帯びた intraclastが含まれる。粒子間間隙は スパーセメントで充填されていて、ミク ライト基質を欠く。溶解孔隙(dissolution vug)が発達し、空隙内にはスパーセメ ントが認められる。	生砕物は軟体動物、コケムシ、ウニ、カギ、厚歯二枚貝(?)である。これらの生 砕物粒子は亜円礫〜円礫で、比較的陶太は良く、ミクライト被膜が認められる。 Intraclastはbioclastic packstoneに由来し、02SMS01BMS05CFR01と同様の microencrusterが含まれる。粒子間間隙には等粒状〜犬牙状セメントが観察されるが、間 隙はすべて充填されておらず、またミクライト基質を欠く。岩相および構成粒子より、本岩は 高エネルギード下(例えば、プラットフォームの浅部)で堆積し、その後干出と陸水による続成 作用を被ったと考えられる。厚歯二枚貝(?)がみられることより、白亜紀の堆積物である可 能性がある。
02SMS11 BMS03C	2,549	FR01	45-58	bioclastic packstone / grainstone	礁性石灰岩からなる主体部と遠洋性 石灰岩に充填される空隙部に区分さ れる。主体部の礁性石灰岩は、うすい ピンクを帯びた肌色を呈する塊状の bioclastic pack/grainstoneである。 塊状の構造を示し、モールド孔隙が発 達する。生砕物としては軟体動物、底 生有孔虫が認められる。これらの殻は 属性セメントで置換されているため、肉 眼による同定は困難である。空隙は最 大2×3cmで、少なくともコアの2カ所で 認められる。空隙部を充填する遠洋性 石灰岩は石灰岩片(最大で細礫大 (2mm))を含むpackstoneである。	主体部はintraclastを含むbioclastic grainstoneである。生砕物は、軟体動物、ウニ、 microencruster、陶器質の底生有孔虫(miliolid)を含み、これらの粒子表面にはミクライ ト被膜が認められる。粒子間間隙には等厚の大牙状セメントがみられるが、モールド孔隙内 部の方がセメントの晶出が著しく、孔隙の多くは等粒状セメントで充填されている。geopetal 構造の示す堆積時の上下方向は、コア試料の上下方向と一致していないことより、生砕物の 少なくとも一部は再堆積したものと考えられる。粒子間間隙には、本岩が堆積後に干出した 際に、通気帯で形成されたvadose siltおよび生砕物を含むミクライトに富む充填物 (wackestone)が認められる。後者は下記の空隙充填堆積物と岩相が類似する。空隙充填 堆積物が主体部の中まで追跡されるなど、薄片内における連続性も高いため、これらは一連 のものと判断される。なお、生砕物のモールド孔隙中にもvadose siltおよびミクライトに富む 充填堆積物が認められる。したがって、本岩はbioclastic grainstoneに由来し、同岩が堆積 後、陸上で続成作用を被った際に、粒子間間隙やモールド孔隙の一部がvadose siltにより 充填され、その後、海水中で泥質堆積物(ミクライト)が残りの空隙を充填したものと考えられ る。このような過程を経て、本岩は肉眼で、bioclastic packstone/grainstoneと識別されるよ うな見かけを呈するようになった。空隙を充填する堆積物はbioclastic packstoneである。生 砕物として、軟体動物、陶器質底生有孔虫、浮遊性有孔虫、貝形虫、海綿動物 (?)の珪質骨針(溶脱している)が認められる。主体部に比べて溶解の度合いが 低く、異なる続成履歴を経ていると考えられる。すなわち、充填堆積物は陸水によ る続成作用を被っていないと推定される。この充填堆積物はいわゆる遠洋性の石灰 岩(pelagic limestone)であり、主体部をなす礁性石灰岩より深い場所で堆積したもの である。したがって、主体部の堆積と陸上での続成作用後、急激な(急速かつ振幅 の大きな)海進があったと想定される。有孔虫化石では、破壊された個体が多く同定が 難しい。Hedbergella 属の可能性が高く、Hedbergella 属と仮定すると試料の地質年代は 白亜紀に対比される可能性がある。

表7 岩石試料の化石鑑定結果 4/5

孔名	水深 (m)	試料番号	採取深度 (cm)	岩石名	肉眼観察	顕微鏡観察
02SMS11 BMS03C	2,549	FR02	58-65	bioclastic rudstone	弱く成層したintraclastおよび生砕物に富む。火山岩片がわずかに含まれる。他の試料に比べ、固結度は低い。粒子間空隙にはスパーセメントおよびミクライト基質を欠く。生砕物として、軟体動物、底生有孔虫が認められる。	火山岩片, intraclastを伴うbioclastic rudstoneである。生砕物として、軟体動物, ウニ, 底生有孔虫 (<i>Amphistegina</i>), 陶器質底生有孔虫, 浮遊性有孔虫が認められる。これらの粒子にはミクライト被膜が発達する。粒子間空隙には等粒状セメントがわずかにみられる程度で, セメントはほとんど発達していない。ウニの周囲にはsyntaxialセメントが認められる。粒子は, 溶解をほとんど受けていないように見受けられる。Intraclastはbioclastic packstoneおよびwackestoneに由来するものであり, 生砕物として, 軟体動物, microencrusterが含まれている。また, 著しくセメント化を受けたbioclastic grainstoneのintraclastもみられる。本岩は, ミクライト基質を欠くことより, 高エネルギー下で堆積したと考えられる。有孔虫化石では, FR01と同様, 破壊された個体が多い。産出する浮遊性有孔虫の化石は, 低いトロコイド状の形態をもつ個体のみが観察される。これらは <i>Hedbergella</i> 属の可能性が高い。この個体が <i>Hedbergella</i> 属であれば, この試料もFR01と同様, 白亜紀に対比される可能性が考えられる。
02SMS11 BMS04B	1,928	FR01	31-36	bioclastic grainstone	粗粒砂大のマンガン粒子が点在する。生砕物は, 細粒砂大までのサイズで, 陶太は良い。粒子間空隙には, スパーセメントおよびミクライト基質はみられない。	生砕物は, 軟体動物, 陶器質底生有孔虫, ウニ, 浮遊性有孔虫で構成される。これらの粒子はほとんど溶解を受けておらず, 粒子表面には, 微晶セメント, syntaxialセメント(ウニ), 等厚の大牙状セメントが認められる。packstoneまたはwackestoneに由来すると推定されるペロイド状の粒子や鉛色を呈する磷酸塩(?)粒子が点在する。ミクライト基質を欠き, 淘汰が良いため, 高エネルギー下で堆積したと考えられる。有孔虫の破片が散在的に含まれるが, 浮遊性種は個体数が少なく, 保存状態も良くない。トロコイド旋回をした個体が認められるが, 02SMS11BMS03Cの試料とは形態が異なるため, <i>Subbotina</i> 属の可能性が考えられる。底生有孔虫は, <i>Biseria</i> の個体が多いが属・種は不明である。本試料の地質年代は正確には決められないが, <i>Subbotina</i> 属と仮定すれば古第三紀に対比される。
		FR02	101-121	bioclastic grainstone	粗粒砂大のマンガン粒子が点在する。生砕物は, 細粒砂大までのサイズで, 陶太は良い。粒子間空隙には, スパーセメントおよびミクライト基質はみられない。	肉眼観察および顕微鏡観察においては, 02SMS11BMS04B FR01との差異は認められない。塊状を呈し, 粗粒砂大のマンガン粒子が点在する。生砕物の最大粒径は, 細粒砂大程度である。淘汰は良い。スパーセメントおよびミクライト基質は認められない。FR01と同様, 基質の部分に有孔虫の破片が散在的に含まれるが, 浮遊性種は個体数が少なく, 保存状態も良くない。トロコイド旋回をした個体が認められるが, 02SMS11BMS03Cの試料とは形態が異なるため, <i>Subbotina</i> 属の可能性が考えられる。底生有孔虫は, <i>Biseria</i> の個体が多いが属・種は不明である。本試料の地質年代は正確には決められないが, <i>Subbotina</i> 属と仮定すれば古第三紀に対比される。

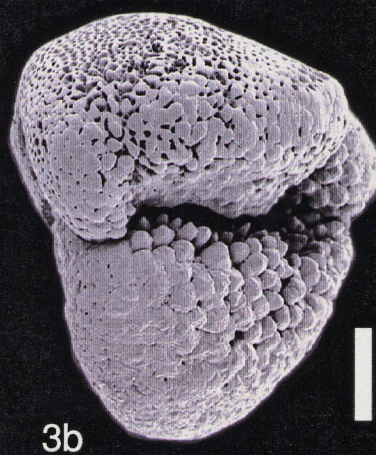
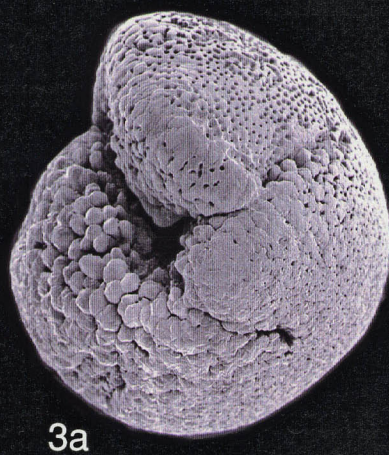
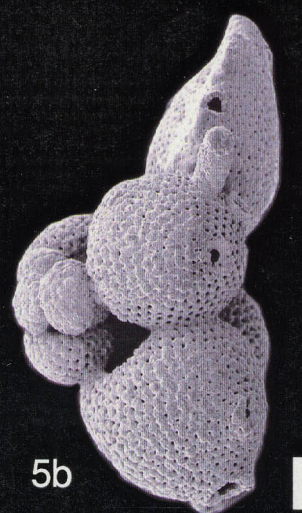
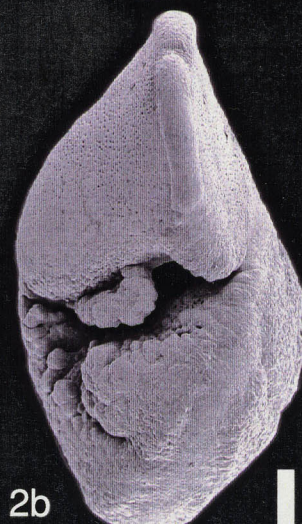
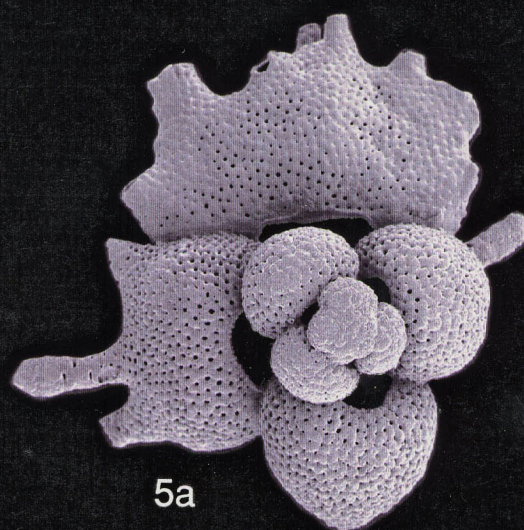
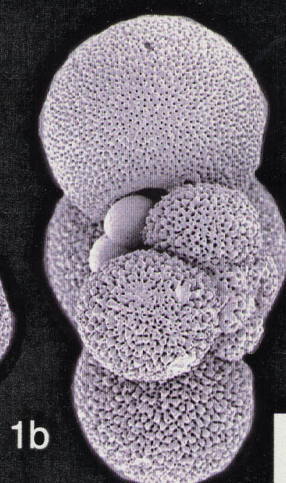
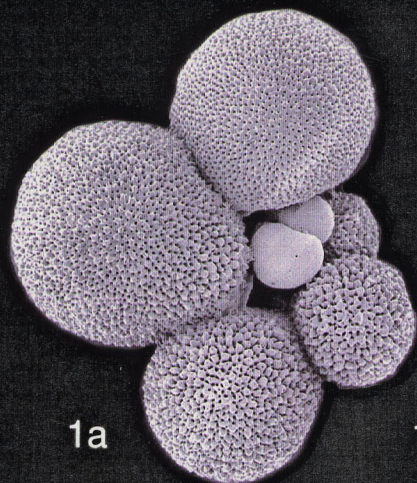
表7 岩石試料の化石鑑定結果 5/5

孔名	水深 (m)	試料番号	採取深度 (cm)	岩石名	肉眼観察	顕微鏡観察
02SMS12 BMS01A	1,371	FR01	16-41	bioclastic rudstone(下部), bioclastic packstone(上部)	上部のbioclastic packstoneと下部のbioclastic rudstoneに区分される。岩相境界は漸移的である。上部(2.5cm)は生砕物として、底生有孔虫、サンゴモ、軟体動物を含む。モールド孔隙と推定される構造が認められる。粒子間隙はスパーセメントで充填されている。下部(10.5cm)は上方細粒化を示す。生砕物として、大きな巻貝、サンゴモ、底生有孔虫が認められる。粒子間隙およびモールド孔隙は、スパーセメントで充填されている。溶解孔隙が発達し、内部においてスパーセメントが認められる。	2mm以上の大きなサイズの生砕物として、二枚貝や巻貝などの軟体動物、Solenoporaが認められる。大きな生砕物の間を充填する2mm以下の小さいサイズの生砕物は、軟体動物、ウニ、コケムシ、Solenoporaから構成される。生砕物にはミクライト皮膜が観察される。Intraclastはbioclastic packstoneに由来し、二枚貝、microencruster、火山岩片等を含む。粒子間隙やモールド孔隙には、等粒状〜ブロック状のセメントが認められる。ウニの周囲にはsyntaxialセメントがみられ、軟体動物殻のほとんどは新生セメントで置換されている。本岩は高エネルギー環境下で堆積し、その後、少なくとも一回は干出し、陸水性続成作用を受けたと考えられる。
02SMS12 BMS01C	1,380	FR01	31-68	bioclastic rudstone	火山岩片をわずかに含む。生砕物は、巻貝、二枚貝、底生(?)有孔虫である。粒子間隙は、スパーセメントで充填されている。モールド孔隙には、スパーセメントの晶出が認められる。火山岩片は、極粗粒砂〜碎礫大である。	生砕物として、軟体動物(巻貝、二枚貝)、底生有孔虫、ウニ、Solenoporaが認められる。intraclastはbioclastic rudstoneに由来し、軟体動物、microencruster、被覆性有孔虫、海綿動物の珪質骨針の生砕物およびペロイド状粒子を含む。基質にはclottedな部分が認められる。また、バクテリアのフィラメント(マイクロバイアライト)が認められる。生砕物およびintraclastにはミクライト被膜が発達する。これらの粒子の表面はカルサイトの等粒状セメントで縁取られている。ウニ片の周囲にはsyntaxialセメントが認められる。本岩は高エネルギー環境下で堆積し、その後少なくとも一回は干出し、陸水性続成作用を受けたと推定される。

図5 未固結堆積物の主要な浮遊性有孔虫化石の走査型電子顕微鏡写真

Scale bars: 200 μm

1. *Bolliella calida calida* (Parker). Umbilical view, Sample from 02SMS012-LC33-FS01.
2. *Globorotalia tumida* (Brady). Spiral view, Sample from 02SMS012-LC15-FS02.
3. *Globorotalia tosaensis* Takayanagi and Saito. Umbilical view, Sample from 02SMS012-LC15-FS02.
4. *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny). Umbilical view, Sample from 02SMS012-LC15-FS02.
5. *Globigerinoides fistulosus* (Schubert). Spiral view, Sample from 02SMS011-LC14-FS03.



scale bar = 100μm

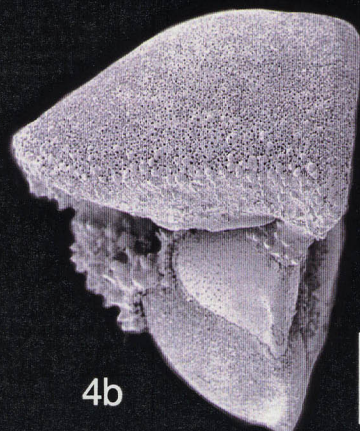
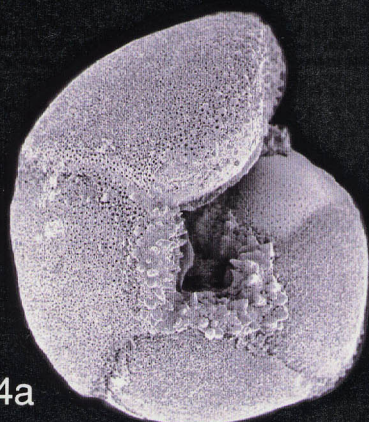


図6 未固結堆積物の主要な石灰質ナノ化石の顕微鏡写真

1. *Emiliana huxleyi* (Lohmann) Hay & Mohler, sample 02SMS12LC33FS01
2. *Pseudoemiliana lacunosa* (Kamptner) Gartner, sample 02SMS12LC19FS02
- 3, 4. *Gephyrocapsa parallela* Hay & Beaudry, sample 02SMS11LC14FS01
5. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner, sample 02SMS11LC14FS01
6. *Calcidiscus macintyreii* (Bukry & Bramlette) Loeblich & Tappan, sample 02SMS12LC19FS02
7. *Umbellosphaera irregularis* Paasche, sample 02SMS11LC14FS01
8. *Oolithotus antillarum* (Cohen) Reinhardt, sample 02SMS12LC19FS02
9. *Umbilicosphaera sibogae* (Weaver-van Bosse) Gaarder, sample 02SMS11LC14FS01
10. *Helicosphaera carteri* (Wallich) Kamptner, sample 02SMS11LC14FS01
11. *Helicosphaera inversa* Gartner, sample 02SMS11LC14FS02
12. *Rhabdosphaera clavigera* Murray & Blackman, sample 02SMS11LC14FS01
13. *Discosphaera tubifera* (Murray & Blackman) Ostenfeld, sample 02SMS12LC19FS01
14. *Syracosphaera pulchra* Lohmann, sample 02SMS12LC19FS02
15. *Scapholithus fossilis* Deflandre, sample 02SMS12LC19FS01
16. *Discoaster brouweri* Tan, sample 02SMS12LC19FS02
17. *Discoaster asymmetricus* Gartner, sample 02SMS12LC19FS02
18. *Discoaster pentaradiatus* Tan, sample 02SMS12LC19FS02
19. *Discoaster surculus* Martini & Bramlette, sample 02SMS12LC19FS02
20. *Discoaster tamalis* Kamptner, sample 02SMS12LC19FS02

Plate



1



2



3



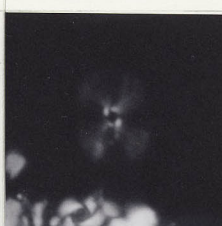
4



5



6



7



8



9



10



11



12



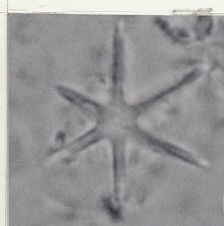
13



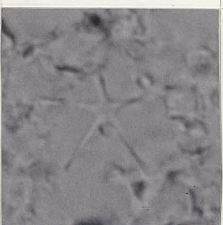
14



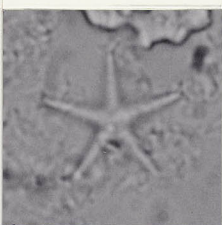
15



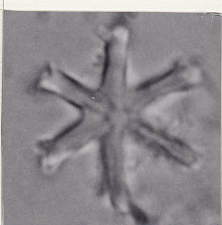
16



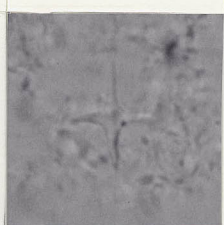
17



18



19

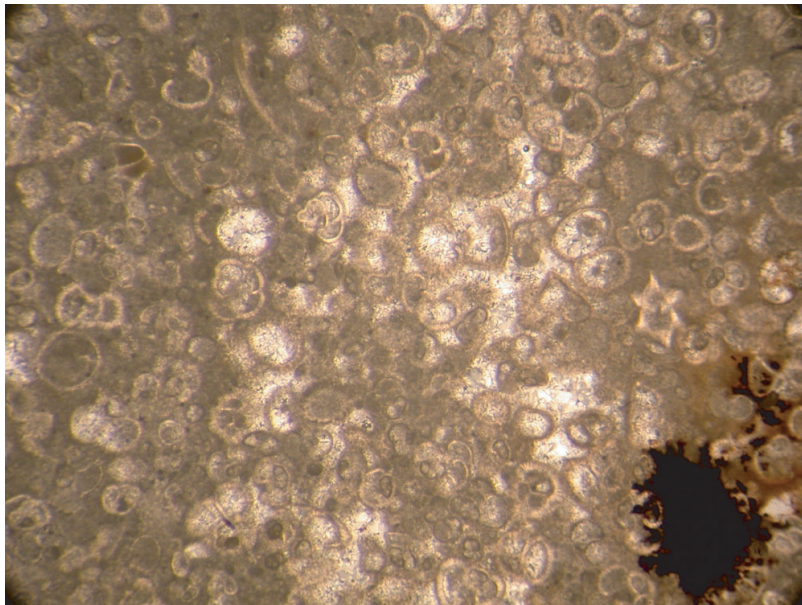


20

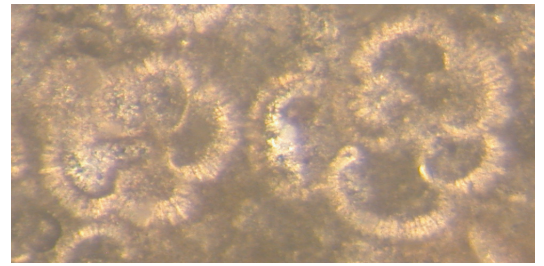
5 μ m

図 7 岩石試料の主要な浮遊性有孔虫化石の薄片顕微鏡写真

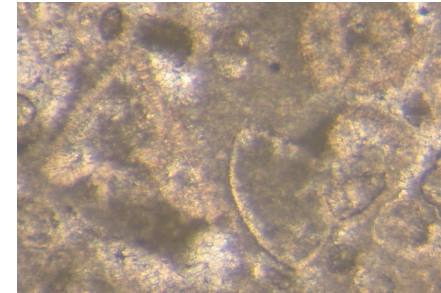
(1) MS01海山 (02SMS01) , コアBMS01B, 試料FR01 (02SMS01-BMS01B-FR01)



Truncorotaloides rohri

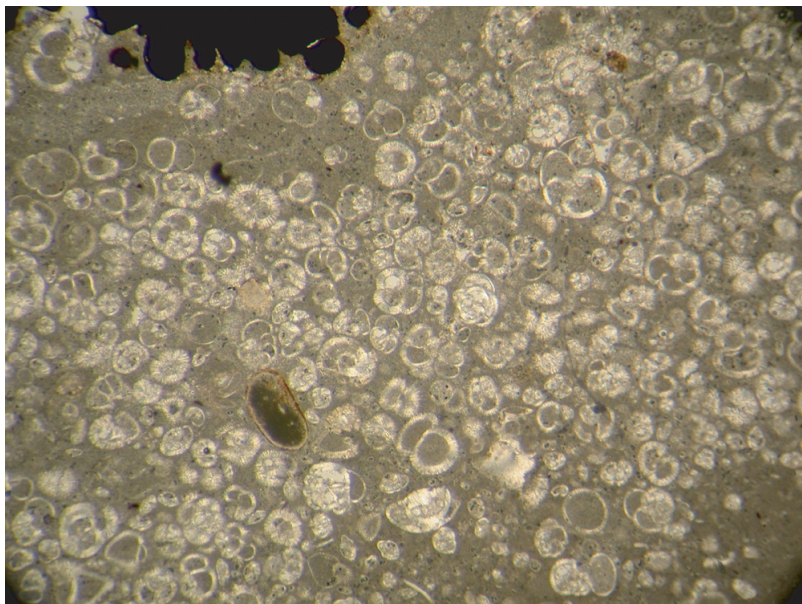


Truncorotaloides topilensis

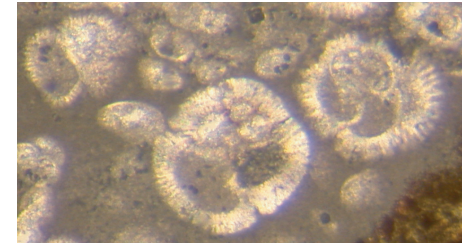


100μm

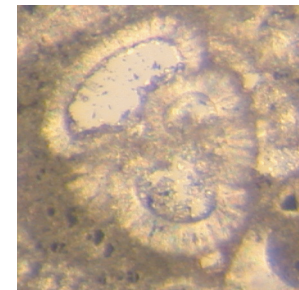
(2) MS01海山 (02SMS01) , コアBMS03A, 試料FR01a (02SMS01-BMS03A-FR01a)



Globigerinatheka spp.

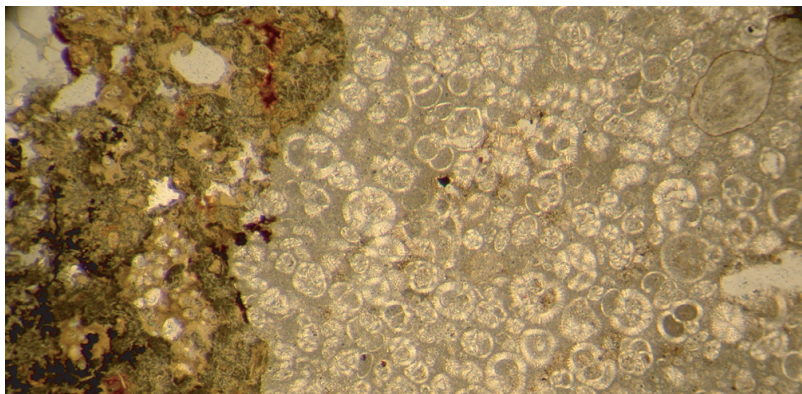


Truncorotaloides topilensis

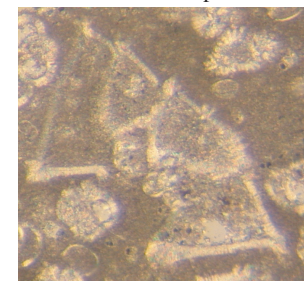


100μm

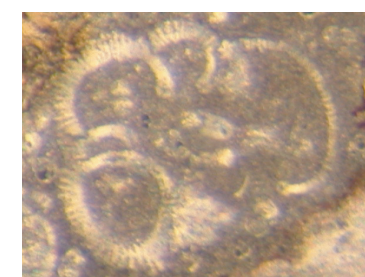
(3) MS01海山 (02SMS01) , コアBMS03A, 試料FR01b (02SMS01-BMS03A-FR01b)



Truncorotaloides topilensis



Truncorotaloides rohri



100μm