

GB21-1 航海においてトカラ列島周辺海域で採取された堆積物および堆積岩の石灰質微化石に基づく年代推定

有元 純^{1,*}・宇都宮 正志¹

ARIMOTO Jun and UTSUNOMIYA Masayuki (2022) Depositional ages of sediment and sedimentary rock samples obtained from the seafloor around the Tokara Islands during GB21-1 cruise, based on calcareous microfossil assemblages. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 73(5/6), p. 267–274, 1 figure, 2 tables.

Abstract: Calcareous nannofossil and planktic foraminiferal assemblages were examined to determine the depositional ages for some seafloor sediments and sedimentary rock samples obtained during GB21-1 cruise at around the Tokara Islands, northern Ryukyu arc. Seven samples from three localities, one in the forearc side and two in the back-arc, were prepared for biostratigraphic study. Unconsolidated and partially consolidated muddy samples from the back-arc sites represent the depositional age younger than Middle Pleistocene (0–0.29 Ma). On the other hand, the depositional age of latest Early to Middle Pleistocene is indicated for calcareous microfossil assemblages in the sedimentary rocks dredged at both forearc and back-arc sites, most likely constrained from 0.9 or 0.8 Ma to 0.43 Ma.

Keywords: biostratigraphy, biochronology, Quaternary, Pleistocene, calcareous nannofossil, planktic foraminifera, Tokara Islands, Ryukyu arc, GB21-1

要 旨

GB21-1航海においてトカラ列島周辺海域から採取された海底堆積物・堆積岩試料について、年代決定に有効な石灰質微化石(石灰質ナノ化石・浮遊性有孔虫)の検討を行った。前弧側1地点および背弧側2地点から得られた計7試料のうち、背弧側で得られた採泥試料およびドレッジ試料の一部は0.29 Ma以降の堆積年代を示し、未固結部は現世の表層堆積物と考えられる。一方、前弧側のドレッジ試料および背弧側のドレッジ試料の一部は下部-中部更新統に対比される可能性が高く、示準化石の産出状況から堆積年代は約0.9 Ma(一部は0.8 Ma以降)から0.43 Maの間に制約される。

1. はじめに

新生界の海成層において、石灰質ナノ化石や浮遊性有孔虫化石などの石灰質微化石は年代決定に有効である。2021年3月に琉球弧北部トカラ列島周辺海域において実施されたGB21-1航海では、ドレッジャーあるいはグラブ採泥器を用いて、複数地点の海底から試料採取が行われた(石野ほか, 2022; 石塚ほか, 2022; 鈴木ほか, 2022, 本特集号)。本概報ではこれらの堆積物・堆積岩試料に含まれる石灰質微化石群集を検討し、堆積年代に

ついて考察を行う。

2. 試料と方法

2.1 試料

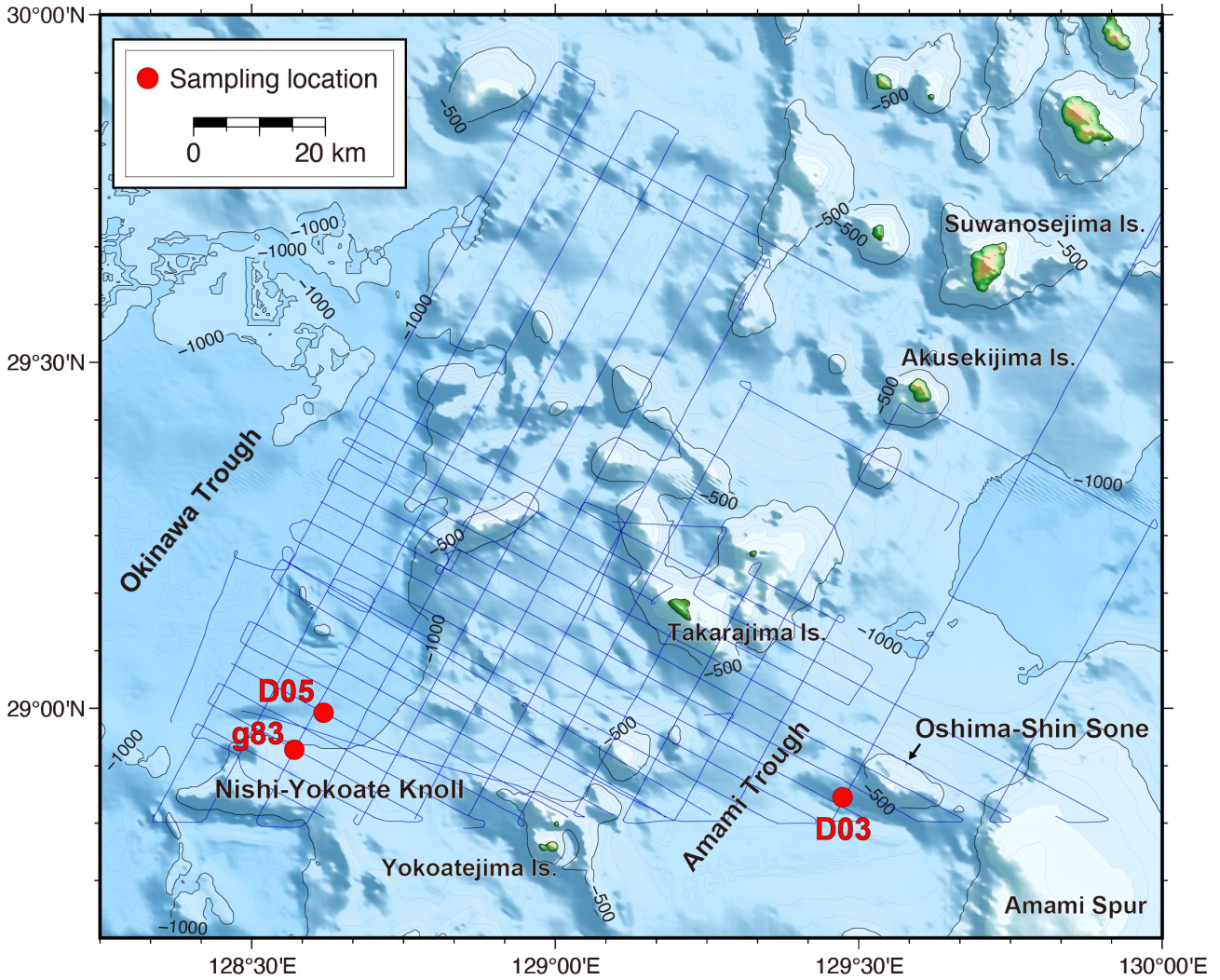
検討に用いた堆積物・堆積岩試料は、GB21-1航海調査海域における3地点の海底から採取されたものである(第1図)。海底地形の記載や試料採取地点の詳細な位置情報については、石野ほか(2022, 本特集号)、石塚ほか(2022, 本特集号)および鈴木ほか(2022, 本特集号)を参照されたい。

前弧側のドレッジ地点D03は、横当島東方約50 kmに位置する、大島新曾根の南西部である(第1図)。水深646–791 mの海底崖から、やや固結したシルト岩あるいは砂質シルト岩と少量の軽石が得られた(石塚ほか, 2022)。これらのうち堆積岩試料から岩相の異なる4種類を識別し、それぞれについて検討を行った(D03-R01, D03-other-A, D03-other-BおよびD03-other-C)。

背弧側のドレッジ地点D05は、横当島北西方約43 kmの沖繩トラフ東縁部に位置する小規模な海底崖である(第1図)。水深1,041–1,131 mの海底からやや固結した砂質シルト岩が得られた(石塚ほか, 2022)。D05地点では堆積岩試料(D05-R03)に加えて、ドレッジャーに取り付けた海底観察用カメラケースに付着した未固結の泥質堆

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

* Corresponding author: ARIMOTO, J., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: j-arimoto@aist.go.jp



第1図 調査海域図と試料採取地点. 等深線(単位:m)は岸本(2000)に基づく. 青の実線は航走観測時の航跡を示す.
 Fig. 1 Map showing sampling localities for this study and ship tracklines (blue line) during GB21-1 survey. Water depth contourlines (in meter) are based on Kishimoto (2000).

積物 (D05-others)についても検討を行った。

なおドレッジャーによる試料採取は、急傾斜部において着底から離底までの区間の海底を削り取るように行われたため、試料採取層準にある程度の不確実性がある。各々の検討試料の分取に際しては、1試料あたりひとかたまりの岩石から必要量を取るようにして、異なる層準の微化石群集が1つの検討試料内に混在しないよう注意を払った。

一方、グラブ採泥地点g83は横当島西北西約43 kmの西横当海丘東部に位置する(第1図)。試料採取地点の水深は852 mであり、やや固結した泥岩と未固結の泥が混在した不均質な試料が得られた(鈴木ほか, 2022)。

2.2 方法

計7試料の堆積物・堆積岩について、石灰質微化石群

集を検討するため試料処理、同定を行った。以下、石灰質ナノ化石と浮遊性有孔虫化石に分けて記述する。

2.2.1. 石灰質ナノ化石

計7試料のそれぞれについて、新鮮な面から米粒大の量を取り、スミアスライドを作成した後、偏光顕微鏡を用いて1,500倍の倍率で観察を行った。産出量について、0.1 mm²内に観察される平均的な個数が10個より多い場合をAbundant、1-10個をCommon、1個未満の場合をFewとして評価した。保存の程度については、溶解または再結晶により同定が困難な個体がおよそ3割以下の場合Good、3-6割を占める場合はModerate、6割よりも多い場合はPoorとして評価した。

2.2.2. 浮遊性有孔虫化石

試料が少量のみ得られたD03-other-Aを除く計6試料の

第1表 GB21 航海で採取された堆積物・堆積岩試料から産出した石灰質ナノ化石。産出頻度は次のように示す; A: abundant (多産), C: common (普通), F: few (少産)。保存状態は次のように示す; G: good (良好), M: moderate (中程度), P: poor (悪い)。産出状況は次のように示す; +: 産出が確認された種, R: 再堆積と判断される種。

Table 1 Distribution chart of calcareous nannofossil identified from GB21-1 samples. Abundance; A: abundant, C: common, F: few. Preservation; G: good, M: moderate, P: poor. Occurrence; +: present; R: rework.

Sample ID	g83	D03-R01	D03-other-A	D03-other-B	D03-other-C	D05-R03	D05-others
Abundance	A	A	A	A	A	A	A
Preservation	G	G	G	G	M	G	G
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray and Blackman)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann)	+						+
<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gephyrocapsa parallela</i> Hay and Beaudry	+	+	+	+	+	+	+
<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich)			+	+	+	+	
<i>Helicosphaera wallichii</i> (Lohman)	+						+
<i>Helicosphaera hyalina</i> Gaader	+			+		+	+
<i>Helicosphaera inversa</i> (Gartner)		+		+		+	
<i>Pseudoemiliana lacunosa</i> (Kamptner)	R	+	+	+	+	+	
<i>Syracosphaera</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
Small placolith (<2 μm)	+	+	+	+	+	+	
<i>Umbilicosphaera</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+
CN zone (Okada and Bukry, 1980)	CN15	CN14a	CN14a	CN14a	CN14a	CN14a	CN15

それぞれについて、乾燥重量3–14 g程度を処理に用いた。やや固結した試料については、風化面を極力除いて1–2 cm大まで碎き、ボロン法 (Hanken, 1979) により堆積粒子間の膠結の分解を促進させた。その後、開口径63 μmの篩上で水洗し、40 °Cの恒温乾燥機内で一晚以上乾燥させた。水洗後の砂サイズ粒子になお粘土鉱物の付着が認められた場合、処理の前で生物源粒子の著しい破損が起きないことを慎重に確認した上で、超音波洗浄機 (40 kHz) を用いて15秒程度、残渣の洗浄を行った。一方、未固結の堆積物試料については凍結乾燥の後、同様に開口径63 μmの篩上で水洗、乾燥して残渣化した。得られた残渣のうち125 μm以上のサイズの粒子について適宜分割し、実体顕微鏡下において200個体以上を目安に浮遊性有孔虫化石を抽出した。産出量については、検討画分内の堆積物粒子に占める浮遊性有孔虫化石の割合を基準として、Dominant (>50 %), Abundant (>30–50 %), Common (>10–30 %), Few (>5–10 %), Rare (>1–5 %), Present (>0–1 %) およびBarren (0 %) の7段階で評価した。各試料に含まれる個体の平均的な保存状態は、定性的観察に基づく溶解・破損・染色等の程度によりVery Good, Good, Moderate, Poor, Very Poorの5段階を基本として評価した。抽出した全ての個体について種レベルまで同定し、種ごとに個体数を計数した。その際、化石表面に染色や鉱物粒子による被覆が認められるなど、著しく保存状態の悪い個体は別個に計数を行った。さらに、産出頻度が少ない大型の示準種を取りこぼさないよう、残渣全量の1/4–1/2程度に含まれる180 μm以上のサイズの粒子について検鏡を行った。形態種分類にあたって、mikrotaxデータベース (<https://www.mikrotax.org/pforams>;

Young *et al.*, 2017) および当データベースに引用されている各種文献を参照した。

3. 結果

各試料における産出量、保存状態および産出した化石群集の概要を、石灰質ナノ化石と浮遊性有孔虫に分けてそれぞれ第1表と第2表に示す。

3.1 石灰質ナノ化石

検討した7試料には石灰質ナノ化石が豊富に含まれており、保存状態はいずれも良好であった (第1表)。全体として7属9種が同定されたほか、長径2 μm未満のプラコリスをsmall placolithとして扱った (第1表)。このうち、*Emiliana huxleyi*, *Pseudoemiliana lacunosa* および *Gephyrocapsa oceanica* は更新統の主な示準化石として重要であるほか、*Ge. parallela* や *Helicosphaera inversa* も年代推定において有効である。年代推定に直接的に関与しない随伴種としては、*Calcidiscus leptoporus* や *He. carteri* などが全ての検討試料から産出した。

3.2 浮遊性有孔虫化石

検討した6試料のうち、D03およびD05地点の検討試料には浮遊性有孔虫化石が豊富に含まれ、やや固結した試料についても保存状態は良好であった (第2表)。残渣の分割数、抽出個体数および試料乾燥重量から計算された個体密度は試料ごとに異なるが、乾燥試料1 gあたり約2,900–8,400個体であった。一方g83地点で得られた試料については、乾燥試料1 gあたり約200個体程度と、他地点に比べて個体密度が少ないことが特徴である。また

第2表 GB21航海で採取された堆積物・堆積岩試料から産出した浮遊性有孔虫化石。産出頻度は次のように示す;D: dominant (卓越), A: abundant (多産), C: common (普通), F: few (少産), R: rare (極めて少産), P: present (稀産), B: barren (産出なし)。保存状態は次のように示す;VG: very good (極めて良好), G: good (良好), M: moderate (中程度), P: poor (悪い), VP: very poor (極めて悪い)。産出状況は、定量的検討において確認された個体数をアラビア数字で、>180 μmの残渣の定性的検討でのみ確認された種について+で示したほか、見かけ上保存状態の著しく悪い個体は丸括弧で括って区別した。

Table 2 Distribution chart of planktic foraminifera identified from GB21-1 samples. Abundance; D: dominant, A: abundant, C: common, F: few, R: rare, P: present, B: barren. Preservation; VG: very good, G: good, M: moderate, P: poor, VP: very poor. In the case a species was missed in the quantitative count and only qualitatively checked by rough scanning, it is represented by the signature +. The number of apparently dirty specimens (e.g., heavily coated by some kinds of minerals) are separately indicated within parentheses.

Sample ID	g83	D03-R01	D03-other-B	D03-other-C	D05-R03	D05-others
Abundance	C	D	D	D	D	D
Preservation	M-P	VG	VG	G	G-M	M
<i>Candeiina nitida</i> d'Orbigny		+		(1)		
<i>Dentoglobigerina altispira</i> (Cushman and Jarvis)	(1)			+		
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny	2 (2)		9	7	7 (1)	17 (11)
<i>Globigerina falconensis</i> Blow	21 (73)	58 (5)	60 (2)	27 (3)	64 (11)	33 (27)
<i>Globigerinella adamsi</i> (Banner and Blow)		+				
<i>Globigerinella calida</i> (Parker)			+		+	2
<i>Globigerinella obesa</i> (Bolli)			+		1 (1)	
<i>Globigerinella pseudobesa</i> Salvalorini					2	1
<i>Globigerinella siphonifera</i> d'Orbigny	(2)			(1)	+	+ (2)
<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)	10 (19)	35 (3)	58 (1)	28 (4)	50 (6)	38 (30)
<i>Globigerinita minuta</i> (Natland)						(1)
<i>Globigerinita parkerae</i> (Bermúdez)						2
<i>Globigerinita uvula</i> (Ehrenberg)		2	2	2		3
<i>Globigerinoides bollii</i> (Blow)	(3)				1	1
<i>Globigerinoides conglobatus</i> (Brady)			+	2	+	1 (1)
<i>Globigerinoides elongatus</i> (d'Orbigny)	(5)	1	1	4 (2)	7	5 (6)
<i>Globigerinoides eoconglobatus</i> Stainbank, Spezzaferri, Kroon, de Leau and	(1)					1
<i>Globigerinoides extremus</i> Bolli and Bermúdez				+	2	
<i>Globigerinoides cf. italicus</i> Mosna and Vercesi				1		
<i>Globigerinoides kennetti</i> (Keller and Poore)	1 (5)			2	2 (1)	2 (2)
<i>Globigerinoides obliquus</i> Bolli				+	1	
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)	(17)	22	22 (1)	19 (5)	17 (3)	38 (17)
<i>Globigerinoides tenellus</i> Parker	1 (10)	3 (1)	5	9	1 (1)	8 (3)
<i>Globigerinoides cf. tenellus</i> Parker	(2)					
<i>Globigerinoides</i> sp.					1 (2)	
<i>Globoconella inflata</i> (d'Orbigny)	(2)	2	3	4 (1)	4 (1)	3 (1)
<i>Globoconella puncticulata</i> (Deshayes)	+	4	3		3	
<i>Globoconella triangula</i> (Theyer)	(1)		5	5	7	(2)
<i>Globorotalia bermudezi</i> Rögl and Bolli					2	
<i>Globorotalia crassaconica</i> Hornibrook				+		
<i>Globorotalia crassaformis</i> (Galloway and Wisler)	(+)	4	6	+	2 (2)	+
<i>Globorotalia cf. crassaformis</i> (Galloway and Wisler)		2				
<i>Globorotalia hirsuta</i> (d'Orbigny)		+				+
<i>Globorotalia limbata</i> (Fornasini)					(1)	
<i>Globorotalia margaritae</i> Bolli and Bermúdez	(1)					
<i>Globorotalia menardii</i> (Parker, Jones and Bradt)		+		2	2	+ (1)
<i>Globorotalia cf. merotumida</i> Blow and Banner			+			
<i>Globorotalia pachythea</i> Blow					1	
<i>Globorotalia ronda</i> Blow						1
<i>Globorotalia scitula</i> (Brady)	(+)	7	10	1	6	
<i>Globorotalia tenuitheca</i> Blow					1	
<i>Globorotalia tosaensis</i> Takayanagi and Saito		+	+	+ (1)	+	
<i>Globorotalia truncatulinoides</i> (d'Orbigny)	(1)	+		+	+	(+)
<i>Globorotalia cf. truncatulinoides</i> (d'Orbigny)						(1)
<i>Globorotalia tumida</i> (Brady)	(1)	+	+	1	+	1 (2)
<i>Globorotalia unguolata</i> Bermúdez		+	+	3	+	
<i>Globorotalia viola</i> Blow		2	2	2 (1)	2	
<i>Globorotaloides hexagonus</i> (Natland)			1			
<i>Globorotaloides variabilis</i> Bolli				1		
<i>Globorotaloides</i> sp.				1	3	
<i>Globoturborotalita cf. connecta</i> (Jenkins)		2		1		
<i>Globoturborotalita decoraperta</i> (Takayanagi and Saito)		6 (2)	3	7	11	
<i>Globoturborotalita cf. nepenthes</i> (Todd)	(2)			1 (1)		

第2表 続き.

Table 2 Continued.

Sample ID	g83	D03-R01	D03-other-B	D03-other-C	D05-R03	D05-others
Abundance	C	D	D	D	D	D
Preservation	M-P	VG	VG	G	G-M	M
<i>Globoturborotalita rubescens</i> (Hofker)	4 (1)					4
<i>Globoturborotalita woodi</i> Jenkins	2 (5)	8	9	19 (2)	21 (3)	
<i>Globoturborotalita</i> cf. <i>woodi</i> Jenkins	6	2		4	3	6
<i>Hastigerina pelagica</i> (d'Orbigny)						+ (1)
<i>Neogloboquadrina acostaensis</i> (Blow)	2 (1)	1			1	(1)
<i>Neogloboquadrina dutertrei</i> (d'Orbigny)	1 (6)		3	5 (4)	7 (1)	6 (8)
<i>Neogloboquadrina humerosa</i> (Takayanagi and Saito)	(2)	1	2	1	7	(1)
<i>Neogloboquadrina incompta</i> (Cifelli)	2 (7)	22 (3)	22 (1)	13	29 (4)	14
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenberg)			3			
<i>Orbulina universa</i> d'Orbigny		3	+	+	+	+ (2)
<i>Paragloborotalia contiua</i> (Blow)				(1)		
<i>Pulleniatina finalis</i> Banner and Blow	(1)		+		+	
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parker and Jones)	2 (7)	+	1	11 (1)	3	6 (3)
<i>Pulleniatina</i> cf. <i>obliquiloculata</i> (Parker and Jones)	(1)					
<i>Pulleniatina okinawaensis</i> Natori	1 (5)	3	2	4 (2)	6 (1)	5 (5)
<i>Pulleniatina primalis</i> Banner and Blow	3 (4)	1	3	1	2	1 (2)
<i>Sphaeroidinella dehiscentes</i> (Parker and Jones)		+	+	+	+	
<i>Tenuitella fleischeri</i> Li	2					
<i>Tenuitella iota</i> (Parker)	3 (3)	1	9	2	5	1 (2)
<i>Tenuitella parkerae</i> (Brönnimann and Resig)	2 (1)	4	5		2	1
<i>Trilobatus immaturus</i> (LeRoy)	+ (1)			2 (1)	1	2 (3)
<i>Trilobatus quadrilobatus</i> (d'Orbigny)	1 (1)		2	1		2
<i>Trilobatus sacculifer</i> (Brady)	(3)	1		(1)	2	2 (1)
<i>Trilobatus trilobus</i> (Reuss)	(7)			2 (2)	2	2 (6)
<i>Turborotalita clarkei</i> (Rögl and Bolli)	1					
<i>Turborotalita humilis</i> (Brady)	2				1	2 (1)
<i>Turborotalita quinqueloba</i> (Natland)	(1)	2 (2)	1		2	1
Total examined PF specimens*	277	221	259	232	339	358
PF identified (non-stained)	69	204	252	195	294	210
PF identified (stained)	208	17	5	36	41	147
PF indet. (non-stained)			2	1		
PF indet. (stained)					4	1
Bulk sample weight (g)	14.1	11.4	11.5	3.3	8.3	5.4
Total PF density (#/g)	157	4982	2891	4545	5145	8427
PF zone (Wade et al., 2011)	PT1b	PT1a	PT1a	PT1a	PT1a	PT1b

*Not includes specimens with occurrence "+". (産出数"+"の個体は含まない)

変色あるいは鉱物による被覆が著しく、保存状態の悪い個体も他に比べて多かった。保存状態の悪い個体や、定性的検討により産出のみ確認された種も含め、全体として19属73種が同定された(第2表)。重要な示準種としては*Dentoglobigerina altispira*, *Globorotalia margaritae*, *Gt. tosaensis*および*Gt. truncatulinoides*が認められたが、いずれも産出は稀であった。また*Globigerinoides extremus*, *Gs. obliquus*, *Globoconella puncticulata*および*Tenuitella iota*など年代推定の参考となる種が産出した。その他、ほとんどの検討試料で*Globigerina falconensis*, *Globigerinita glutinata*, *Gs. ruber*, *Globoturborotalita woodi*および*Neogloboquadrina incompta*が産出した。検討試料群に産した*Gs. ruber*は全て白色あるいは無色の個体であった。

4. 議論

示準化石の産出に基づく国際標準化石帯との対比についてタクサごとに記述し、得られた試料群の堆積年代を

考察し、その地質学的意義について簡単に述べる。石灰質ナノ化石について、Okada and Bukry (1980)による帯区分(CNシリーズ)を適用した。浮遊性有孔虫化石については、Wade et al. (2011)による帯区分(PL/PTシリーズ)を用いた。化石帯境界やその他の示準面の数値年代較正は、原則としてGeologic Time Scale 2020 (Raffi et al., 2020)に従った。その他、Kameo et al. (2006)による千葉県銚子地域で掘削された大深度ボーリングコアのデータや、Lam and Leckie (2020)による北西太平洋シャツキー海台におけるODPコアのデータも参考とした。

4.1 石灰質ナノ化石帯

試料g83(グラブ採泥、未固結部分)とD05-others(ドレッジ試料の表層部、未固結)は*Emiliania huxleyi*を含むことから、同種の初産出(0.29 Ma)を下限とするCN15帯に対比される(第1表)。g83には*Pseudoemiliania lacunosa*がわずかに含まれるが、同種の終産出層準(0.43 Ma)は

CN14a亜帯上限(あるいはCN14b亜帯下限)を定義する示準面であり*E. huxleyi*の産出と矛盾するため、再堆積による混入と判断される。

半固結のドレッジ試料D03シリーズおよびD05-R03は、*Ps. lacunosa*と*Gephyrocapsa oceanica*および*Ge. parallela*の共産が認められる一方、*E. huxleyi*を含まない。*Ge. oceanica*の初産出はCN14a亜帯下限を規定し、*Ps. lacunosa*の終産出は同亜帯の上限を規定することから、これらの試料群はCN14a亜帯に対比される(第1表)。さらに、CN14a亜帯上部(1.25 Ma)に終産出層準をもつ大型の*Gephyrocapsa*属(ココリスの長径が5.5 μm以上)と、CN14a亜帯下部に終産出層準(~0.9 Ma)をもつ*Reticulofenestra asanoi*が産出しなことから、これらの試料群はCN14a亜帯の上部に対比され、堆積年代下限は約0.9 Maに制約される。

また上記試料のうちD03-R01, D03-other-Bおよび-Cには、*Helicosphaera inversa*の産出が確認された。本種はCN14a亜帯上部に産出することが知られているが、その産出下限は最も古い太平洋低緯度海域で約0.8 Ma、北大西洋中緯度海域では0.51 Ma以降と数10万年の地域差があり、温暖な海域で低塩分な水塊を好む本種の生態特性により解釈されている(Maiorano *et al.*, 2013)。本調査海域において本種の産出下限の年代は明らかでないが、海洋酸素同位体ステージ(MIS)との関係が明らかにされている千葉県銚子地域のポーリングコアにおいては、本種の産出下限はMIS16(約0.6–0.7 Ma)とされる(Kameo *et al.*, 2006)。本種を年代示準として用いるならば、D03-R01, D03-other-Bおよび-Cの堆積年代は0.8 Maより若いと考えられる。

4.2 浮遊性有孔虫化石帯

今回得られた試料群の浮遊性有孔虫化石に基づく分帯において、最も重要な決め手となるのは*Globorotalia tosaensis*の産出である。同種の終産出層準はPT1b亜帯下限を定義し、試料g83およびD05-othersは同種の産出を欠くことからPT1b亜帯に対比される(第2表)。同種の終産出年代は、北西太平洋中緯度の黒潮統流域において、およそ0.4–0.6 Maと見積もられている(Lam and Leckie, 2020)。

一方D03シリーズおよびD05-R03試料には、わずかながら*Gt. tosaensis*の産出が認められることと、その終産出がPT1a亜帯の下限を定義する*Globigerinoidesella fistulosa*が産出しなかったことから、PT1a亜帯に対比される(第2表)。下限の解釈を支持する根拠として、全ての試料に*Tenuitella iota*が産出する(第2表)ことが挙げられる。本種は一般的には年代示準として利用されないものの、北西太平洋中緯度では初産出の下限(1.3–1.4 Ma)がPT1a亜帯相当層準に位置することが明らかになっている(Lam and Leckie, 2020)。また下部更新統(標準化石帯のPL6

帯近傍)に初産出層準をもつ*Gt. truncatulinoides*が、D03-other-Bを除く全ての試料で認められる(第2表)ことも整合的である。化石帯上限の解釈については、試料によって産出状況にむらがあるものの、*Globigerinoides extremus*, *Gs. obliquus*および*Globoconella puncticulata*など、いずれも下部更新統(PT1a亜帯)に終産出層準をもつ種が認められる(第2表)ことにより支持される。

その他に、下部–中部鮮新統に終産出をもつ重要な示準化石である*Dentoglobigerina altispira*, *Gt. margaritae*および*Globoturborotalita nepenthes*類似種などがわずかに認められたが、再堆積による混入と判断される。

4.3 堆積年代と地質学的意義

今回検討した試料について、g83およびD05-othersはCN15帯/PT1b亜帯に対比され、石灰質ナノ化石*E. huxleyi*の産出から堆積年代は0.29 Ma以降に制約される。一樣に未固結のD05-othersについては、試料の状態からも堆積岩が破碎されたものではなく、表層堆積物であると考えられる。g83試料の未固結部も同様に表層堆積物と考えられるが、試料全体としてはやや固結した部分を含む不均質な状態である。しかしながら、石灰質微化石群集において中期更新世以前の絶滅種は明らかに多くは認められない。このことから、g83試料は表層あるいは中期更新世以降の堆積物であるが、何らかの原因により部分的に続成作用による固結が進行したものである可能性がある。

一方、ドレッジにより得られた堆積岩試料D03シリーズ(-R03, -other-A, -other-B, -other-C)およびD05-R03は、いずれもCN14a亜帯/PT1a亜帯に対比されることが明らかとなり、数値年代は約0.43–0.9 Maあるいは0.43–0.8 Maと見積もられる。試料採取地点間および各試料(各試料採取層準)の層位関係は、石灰質微化石の観点からは識別し難い。しかし、初産出が約0.8 Ma以降である石灰質ナノ化石*He. inversa*の産出の有無から、D03-R01, -other-BおよびD05-R03採取層準はD03-other-Aおよび-Cよりも上位に位置する可能性がある。

Geologic Time Scale 2020に基づく最新の年代層序区分では、今回得られた堆積岩試料の年代は前期更新世カラブリアン期の末期から中期更新世チバニアン期の中頃に相当し(Gibbard and Head, 2020)、房総半島東部に露出するチバニアン階基底の模式層序断面を含む上総層群上部(Suganuma *et al.*, 2018ほか)と同時代に形成されたといえる。琉球弧における石灰質ナノ化石CN14a亜帯のシルト岩相は、宮古島から与那国島周辺にかけての南琉球弧海域にも広く分布していることが報告されている(宇都宮, 2019, 2020)。一方、琉球弧陸域には同亜帯相当層準として、琉球層群主部の礁性石灰岩相が広域に分布していることが知られている(Iryu *et al.*, 2006)。すなわち今回検討された堆積岩試料の属する地質体は、琉球弧

における下部-中部更新統を代表する陸棚相(浅海性石灰岩)と対をなす沖合相(海成シルト岩)として位置付けることができる。そして、琉球弧の陸-海に広く追跡される同時代の堆積体は、北半球氷床拡大に伴う中期更新世の大規模気候遷移(Mid-Pleistocene Transition : MPT ; Elderfield *et al.*, 2012ほか)を背景とする環境変動や、いわゆる島尻変動(氏家, 1980 ; 兼子, 2007)以降の琉球弧テクトニクス・堆積作用を解明するために重要であるといえる。

5. まとめ

トカラ列島周辺海域において実施された、GB21-1航海で得られた採泥・ドレッジ試料の一部について、石灰質ナノ化石および浮遊性有孔虫化石群集の検討を行った。3地点で回収された計7試料の泥質あるいはシルト質の堆積物・堆積岩には、いずれも豊富に石灰質微化石が含まれており、特にドレッジ試料の堆積岩に含まれる微化石は保存状態が良好であった。ドレッジ地点D05(背弧側、沖縄トラフ東縁部)において得られた堆積物、および採泥地点g83(背弧側、西横当海丘北部)において得られた堆積岩試料は、石灰質ナノ化石帯CN15帯および浮遊性有孔虫化石帯PT1b帯帯に対比され、中期更新世(古くとも0.29 Ma)以降現世にかけての堆積物と解釈される。一方、ドレッジ地点D03(前弧側、大島新曾根南西部)およびD05で得られた堆積岩試料は、下部-中部更新統(カラブリアン期末期-チバニアン期中期)に相当するCN14a帯上部およびPT1a帯に対比され、堆積年代はおおよそ0.9 Ma(一部試料は0.8 Ma以降)から0.43 Maの間に制約される可能性が高い。今年代が明らかとなった堆積岩試料の相当層準は、琉球弧陸域および周辺海域に広域に分布しており、更新世以降の琉球弧周辺における環境変動・テクトニクスなど地史を検討する上で重要と考えられる。

謝辞 : GB21-1航海音波探査・採泥調査の各主任である石野沙季研究員・鈴木克明研究員には、堆積物および堆積岩試料をご提供いただきました。また石野沙季研究員には、第1図の原図である航跡および試料採取位置図をご提供いただきました。上河内信義船長をはじめとする望星丸の乗組員および東海大学実習生の皆様、また本調査航海の乗船研究者および学生の皆様には、調査の実施に関してご尽力いただきました。査読者である田中裕一郎博士、及び担当編集委員である井上卓彦研究グループ長の有益なご指摘により、本稿は改善されました。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

Elderfield, H., Ferretti, P., Greaves, M., Crowhurst, S., McCave, I. N., Hodell, D. and Piotrowski, A. M. (2012) Evolution of ocean temperature and ice volume through

the mid-Pleistocene climate transition. *Science*, **337**, 704–709.

Gibbard, P. L. and Head, M. J. (2020) The Quaternary Period. *In Geologic Time Scale 2020*, 1217–1255, Elsevier.

Hanken, N. M. (1979) The use of sodium tetraphenylborate and sodium chloride in the extraction of fossils from shales. *Journal of Paleontology*, **53**, 738–741.

Iryu, Y., Matsuda, H., Machiyama, H., Piller, W. E., Quinn, T. M. and Mutti, M. (2006) Introductory perspective on the COREF Project. *Island Arc*, **15**, 393–406.

石野沙季・三澤文慶・有元 純・井上卓彦(2022)トカラ列島南西沖におけるGB21-1航海の反射法音波探査概要. 地質調査研究報告, **73**, 219–234.

石塚 治・石野沙季・鈴木克明・横山由香・三澤文慶・有元 純・高下裕章・井上卓彦(2022)トカラ列島南部海域で得られた海底岩石試料の特徴. 地質調査研究報告, **73**, 249–265.

Kameo, K., Okada, M., El-Masry, M., Hisamitsu, T., Saito, S., Nakazato, H., Ohkouchi, N., Ikehara, M., Yasuda, H., Kitazato, H. and Taira, A. (2006) Age model, physical properties and paleoceanographic implications of the middle Pleistocene core sediments in the Choshi area, central Japan. *Island Arc*, **15**, 366–377.

兼子尚知(2007)沖縄島および琉球弧の新生界層序. 地質ニュース, no. 633, 22–30.

岸本清行(2000)海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成 : Japan250m.grd. 地質調査所研究資料集, no. 353 (CD).

Lam, A.R. and Leckie, R.M. (2020) Subtropical to temperate late Neogene to Quaternary planktic foraminiferal biostratigraphy across the Kuroshio Current Extension, Shatsky Rise, northwest Pacific Ocean. *PLoS One*, **15**, e0234351.

Maiorano, P., Tarantino, F., Marino, M. and Girone, A. (2013) A paleoecological and paleobiogeographic evaluation of *Helicosphaera inversa* (Gartner) Theodoridis and the diachrony of its First Occurrence. *Marine Micropaleontology*, **104**, 14–24.

Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry 1973, 1975). *Marine Micropaleontology*, **5**, 321–325.

Raffi, I., Wade, B. S., Pälike, H., Beu, A. G., Cooper, R., Crundwell, M. P., Krijgsman, W., Moore, T., Raine, I., Sardella, R. and Vernyhorova, Y. V. (2020) The Neogene Period. *In Geologic Time Scale 2020*, 1141–1215, Elsevier.

Suganuma, Y., Haneda, Y., Kameo, K., Kubota, Y., Hayashi, H., Itaki, T., Okuda, M., Head, M.J., Sugaya, M., Nakazato, H., Igarashi, A., Shikoku, K., Hongo, M., Watanabe,

- M., Satoguchi, Y., Takeshita, Y., Nishida, N., Izumi, K., Kawamura, K., Kawamata, M., Okuno, J., Yoshida, T., Ogitsu, I., Yabusaki, H. and Okada, M. (2018) Paleoclimatic and paleoceanographic records through Marine Isotope Stage 19 at the Chiba composite section, central Japan: A key reference for the Early–Middle Pleistocene Subseries boundary. *Quaternary Science Reviews*, **191**, 406–430.
- 鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・山崎 誠・徳田悠希・千徳明日香 (2022) 宝島及び諏訪之瀬島周辺海域の底質分布とその制御要因. 地質調査研究報告, **73**, 275–299.
- 氏家 宏 (1980) 南琉球弧“500 m島棚”の第四紀地史上の意義. 第四紀研究, **18**, 209–219.
- 宇都宮正志 (2019) GH18航海及びGK18-1航海において宮古島・石垣島・西表島周辺海域で採取された堆積物に含まれる石灰質ナノ化石. 井上卓彦(編)「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成30年度研究概要報告書—宮古島・石垣島・西表島周辺海域—. 地質調査総合センター速報, no. 77, 67–70.
- 宇都宮正志 (2020) GH19航海及びGK19航海において石垣島・西表島周辺海域で採取された堆積物に含まれる石灰質ナノ化石. 井上卓彦(編)「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」令和元年度研究概要報告書—石垣島・西表島・与那国島周辺海域—. 地質調査総合センター速報, no. 80, 75–78.
- Wade, B. S., Pearson, P. N., Berggren, W. A. and Pälike, H. (2011) Review and revision of Cenozoic tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and calibration to the geomagnetic polarity and astronomical time scale. *Earth-Science Reviews*, **104**, 111–142.
- Young, J. R., Wade, B. S. and Huber B. T., eds. (2017) pforams@mikrotax. <http://www.mikrotax.org/pforams> (閲覧日: 2021年8月2日)
- (受付: 2021年12月22日; 受理: 2022年9月6日)