

## 利尻島の新第三系と第四系より産出した放射虫化石

本山 功<sup>1)</sup>・岩井 雅夫<sup>2)</sup>・佐藤 雅彦<sup>3)</sup>

Radiolarians from Neogene and Quaternary sediments of Rishiri Island, Hokkaido, Japan

MOTOYAMA Isao<sup>1)</sup>, IWAI Masao<sup>2)</sup> and SATO Masahiko<sup>3)</sup>

- 1) 筑波大学大学院生命環境科学研究科地球進化科学専攻 (Department of Earth Evolution Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan)
  - 2) 高知大学理学部自然環境科学科 (Department of Natural Environmental Science, Kochi University, Akebono-cho, Kochi, 780-8520, Japan)
  - 3) 利尻町立博物館 (Rishiri Town Museum, Rishiri-cho, Hokkaido 097-0311, Japan)
- Corresponding author: I. Motoyama (isaomoto@sakura.cc.tsukuba.ac.jp)

(2007 年 3 月 28 日受付, 2007 年 3 月 28 日第一回査読終了, 2007 年 5 月 22 日受理)

### Abstract

Neogene marine deposits exposed on Rishiri Island consist mainly of tuff breccia, lava and diatomaceous mudstone and compose basement rocks of the Quaternary Rishiri Volcano. Radiolarians were studied from diatomaceous mudstone of the Oshidomari Formation cropped out on seaside cliffs of the northeastern part of the island and additionally from Quaternary sediments of the Notchu Formation distributed on the southern part. Some of the samples taken from the Oshidomari Formation yielded radiolarians characteristic of the lower part of the *Lychnocornuta magnacornuta* Zone (ca. 11.7-9.9 Ma) and some yielded radiolarians indicative of the upper part of this zone (9.9-9.1 Ma). These ages indicate that this formation is correlated with the upper Miocene Wakkanai Formation of the northern Hokkaido, which consists of siliceous sediments, and that the deposition of diatomaceous mudstone was initiated around the island at the same time with deposition of the basal part of the Wakkanai Formation in the Magribuchi area, northern Hokkaido. The radiolarian assemblage extracted from the Notchu Formation was a mixture of assemblages characteristic of the *L. magnacornuta* Zone to *Lipmanella redondoensis* Zone (ca. 11.7-7.3 Ma) and of the *Lithelius barbatus* Zone (6.8-5.6 Ma). This mixed assemblage is due to reworked specimens derived from older sediments, at least indicating that there was marine biosiliceous sedimentation in late Late Miocene time near the island although no outcrops of such age are known on the island.

**Key words:** Radiolaria, Miocene, diatomaceous sediments, Rishiri Island, Wakkanai Formation, Koetoi Formation, Hokkaido

### はじめに

利尻島りしりとうは日本海側における本邦最北端に位置する有史以来噴火記録のない火山島であるが、小範囲に海成新第三系の露出が認められる (Fig. 1)。その中には珪藻質泥岩も含まれている。北海道北部地域は、今から約 1200 ~ 500 万年後の後期中新世の時代には、珪藻や放射虫といった珪質プランクトンの遺骸が海底に多く降り積もってできる珪質堆積物が堆積する海洋性の環境が広がっていたことが知られている (高橋ほか, 1984; 福沢, 1987, 1988)。利尻島の珪藻質泥岩は、そういった過去の海洋環境や堆積環境の地理的な広がりや変遷史, すなわち時空分布を考察する上で、ひとつの手がかりになると考えられる。そこで、本報告では、放射虫化石に基づ

いて地層の堆積年代の決定を試みる。今回のデータは、これまであまり知られることのなかった日本海最北部の中新世放射虫群集についての貴重な記録でもある。

利尻島の新第三系については、すでに松井ほか (1967) と嵯峨山 (2002) により珪藻化石の産出が報じられている。嵯峨山 (2002) によると、おしどまり 鷲泊層と呼ばれる珪藻質泥岩は *Denticulopsis dimorpha* 帯に対比され、その堆積年代は 9.16 ~ 9.9 Ma とされている。利尻島南部には野中層のつちゆうと呼ばれる第四系があり、その中に珪藻質泥岩岩片が含まれるため、これも今回の調査対象とした。

日本海側と太平洋との間では放射虫群集に地理的な相違があるため、Sakai (1980) や Morley (1985) に代表されるよ

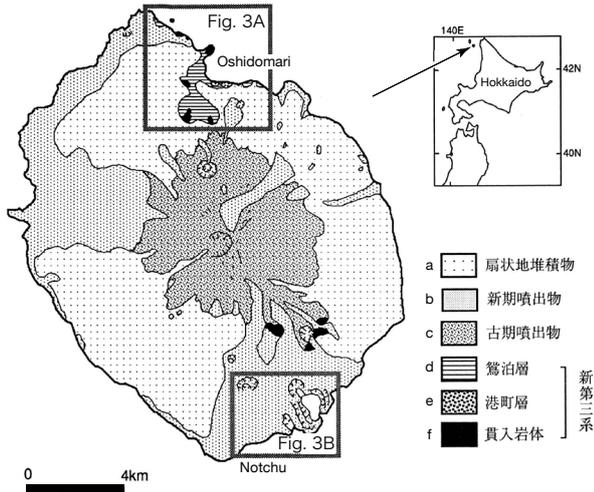


Fig. 1. Simplified geological map of Rishiri Island (based on Kobayashi, 1987). Lithostratigraphic units: a, fan deposits; b, post-erosion sequence; c, main stratovolcano; d, Oshidomari Formation; e, Minatomachi Formation; f, intrusive rocks; a-c, Quaternary; d-f, Neogene.

うな北太平洋における標準的な放散虫化石帯をそのまま利尻島など日本海側の新第三系に適用するのは難しい。そこで、日本海側においては、中世古・菅野 (1973), 船山 (1988), Motoyama (1996) などにより地域的な分帯が行われてきた。さらに、本山・丸山 (1998) や Kamikuri et al. (2004) により古地磁気層序や他の微化石層序との対応関係の検討がなされ、世界標準の地磁気年代尺度 (Cande and Kent, 1995; Berggren et al., 1995) に対応づけられた。これにより、放散虫化石を用いて具体的な年代値を議論することが容易になった。

地質概説

利尻火山の基盤岩を構成する新第三系は北東海岸部の小範囲に露出し、港町層とそれに不整合に重なる鴛泊層に区分される (松井ほか, 1967; 小林, 1987)。港町層は凝灰角礫岩や溶岩からなる。鴛泊層は主に無層理の珪藻質泥岩からなり、一部に硬質泥岩を伴い、基底部は礫質である。鴛泊層は全体的には北東に傾斜している様相を示すが、明確な層理面を検出し詳細な構造を把握するには至っていない。今回調査を行った富士岬、ペシ岬、港町、湾内4ヶ所の地質柱状図を Fig. 2 に示す。嵯峨山 (2002) は港町海岸における本調査とほぼ同じ露頭から5試料を採取し、珪藻分析の結果 *D. dimorpha* 帯に同定している。

利尻島南部の海岸付近には上部更新統ないし完新統の野中層が分布しており (松井ほか, 1967), 今回この地層も調査対象とした。野中層は火山砂礫～シルトからなる軟弱な地層であり、珪藻質泥岩岩片を含んでいる。松井ほか

(1967) によると、野中層は利尻火山主体をなす安山岩やそれより新しい仙法志溶岩を不整合に覆うとされる。また、松井ほか (1967) は野中層中の珪藻質泥岩岩片の珪藻群集を調べ、鴛泊層の珪藻群集に比較できるものと、それよりも新しい時代を示す群集の2種類の群集を認めている。

試料および方法

鴛泊層については利尻島北東部から12試料を採取した (Fig. 3A)。内訳は、利尻島北端の富士岬付近より3試料 (9390102, 9390103, 9390104)、港町北方のペシ岬より2試料 (9383001, 9383002)、港町付近から5試料 (9383003, 9383004, 9383004B, 9383004C, 9390101)、港町東方の湾内より1試料 (9383007) (以上、岩質については Fig. 2 を参照)、ボン山より1試料 (9383104, 硬質泥岩) である。野中層については利尻島南部の野中より1試料 (9383101, 砂質泥), 沼浦より1試料 (9383103, 凝灰質泥岩) を採取した (Fig. 3B)。

試料は、数 mm 以下の大きさに砕いて乾燥させてから、ピロリン酸ナトリウム (Na<sub>4</sub>O<sub>7</sub>P<sub>2</sub>) の粉末を溶かした約 10% の濃度の過酸化水素水 (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) に浸して加熱した。試料が十分に軟化・分散したところで、63μm メッシュの篩で水洗した。水洗後篩の上に残った残渣は、乾燥させた後エンテ

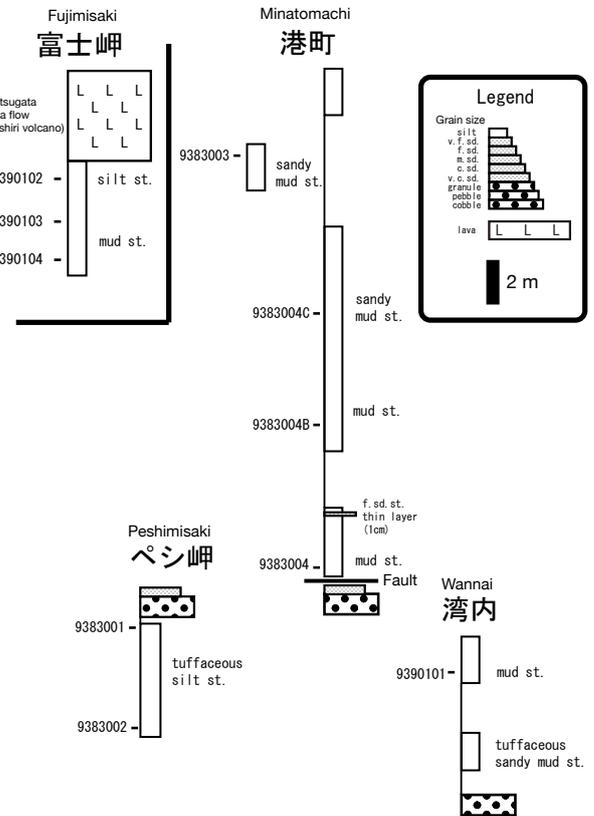


Fig. 2. Columnar sections with sample horizons.

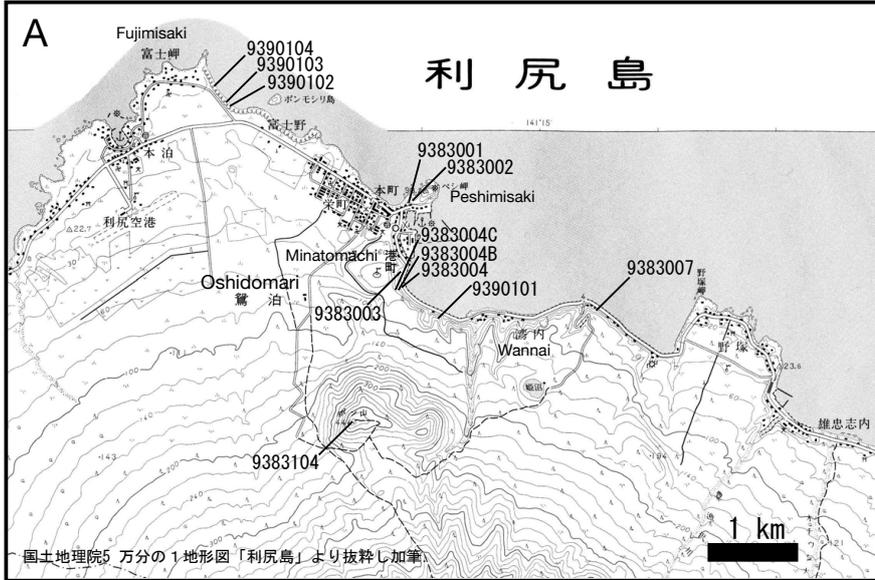
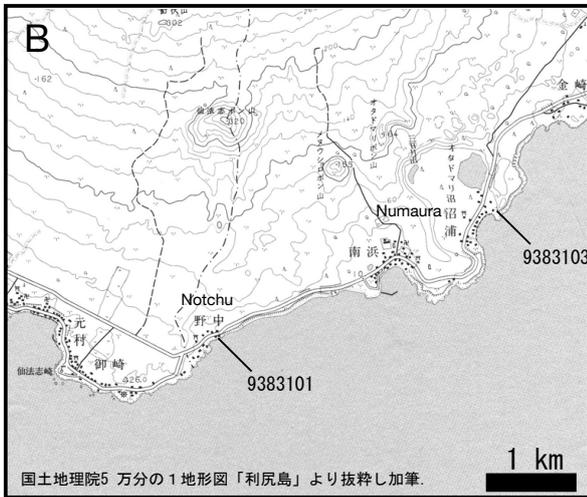


Fig. 3. Map showing the localities of the samples. Maps A and B are from 1:50,000 topographic map “Rishiri” published by Geographical Survey Institute of Japan.



産出しなかった。産出した放散虫は、機械的な破損は認められたが続成作用による劣化は認められず、全般に保存状態は良好であった。放散虫の産出リストを Table 1 に、特徴種の写真を Fig. 4 に示す。

### 1. 堆積年代

以下、各試料の年代を述べるに当たり、放散虫化石帯の年代値は Kamikuri et al. (2004) と Motoyama et al. (2004) に従い、標準地磁気年代尺度は Berggren et al. (1995) に従う。

鴛泊層から採取した 9383001, 9383002, 9383003, 9383004, 9383004B の 5 試料は、いずれも *Lychnocanoma magnacornuta* Sakai を産出するが *Cycladophora nakasekoi* Motoyama を産出しないことから、*C. nakasekoi* の出現 (9.9 Ma) より下位の *L. magnacornuta* 帯に相当すると考えられる (Fig. 5)。したがって、その年代値は約 11.7 ~ 9.9 Ma であると推定される。これら 5 試料のうちのペシ岬から採取された 9383001 と 9383002 の 2 試料は、他の 3 試料に比べて Spongodiscidae genn. et spp. indet. の含有量が半分以下であるとともに、*Lipmanella redondoensis* (Campbell and Clark) をずっと多く含み、さらに他の 3 試料には見られない *Dendrospyrus?* sp. を産する。このような群集組成上の違いはおそらく層位的な群集の違いを表しているものと思われる。*Dendrospyrus?* sp. は、稚内市曲淵の稚内層最下部から報告された *Dendrospyrus?* sp. A (本山・仲村, 2002, pl. 1, figs. 15, 16) と同種と見られる。この形態種は試料により産出の有無が明瞭であるため、*L. magnacornuta* 帯を細分する新たな鍵種となりうる。これが正しければ、9383001 と 9383002 の 2 試料は稚内層下部に対比できることになる。

ラン・ニューを用いてスライドガラスに封入した。観察は光学顕微鏡下 100 ~ 400 倍で行った。放散虫の含有量が多い試料では、1 試料あたり 200 個体まで個体数の計測を行い、200 個体を超えて産出の認められた種は Table 1 において + の記号で示した。一般に放散虫群集は多様度高いため、群集構造を知るのにはもっと多い計測数 (700 個体程度) が必要とされるが (鈴木・木田, 2004)、今回は群集組成の定量分析が目的ではないので、200 個体程度にとどめた。放散虫の含有量が著しく少ない試料では、1 試料につきスライドガラス 1 枚を検鏡して種の産出の有無のみを記録し、Table 1 ではそれを + の記号で示した。

### 結果と考察

検討を行った 14 試料のうち 7 試料からは比較的豊富な放散虫が得られたが、硬質泥岩の 1 試料 (9383104) からは放散虫が産出せず、残りの 6 試料からは少量の個体しか

富士岬付近の鴛泊層から採取された 9390104 は、*L.*

利尻島の新第三系と第四系より産出した放射虫化石

Table 1. Radiolarians from the Neogene and Quaternary formations of Rishiri Island, northern Hokkaido.

Formation	Oshidomari Formation						Notchu F.		Oshidomari Formation					
	Sample No. (93-)	83001	83002	83003	83004A	83004B	83004C	83007	83101	83103	90101	90102	90103	90104
Abundance	C	C	C	C	C	C	R	VR	VR	C	R	VR	R	C
Preservation	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
<i>Collosphaera</i> sp.														2
<i>Actinomma medianum</i>					3	1				12				1
<i>Cenosphaera compacta</i>						1				3				
<i>Thecosphaera akitaensis</i> ?	5	3												
<i>Thecosphaera</i> aff. <i>pseudojaponica</i>	5	1								1				
<i>Thecosphaera</i> spp.										3				
Actinommidae gen. et spp. indet.										6				2
<i>Porodiscus circularis</i>					4	2								
<i>Stylodictya camerina</i>					9	2		+	+	1		+	+	9
Porodiscidae gen. et spp. indet.	3	5	2				+			9				7
Spongodiscidae gen. et spp. indet.	44	42	152	109	109		+	+		51	+	+	+	101
<i>Larcopyle polyacantha</i>	9	69	29	12			+			8	+		+	10
<i>Lithelius barbatus</i>										12				
<i>Soreuma</i> sp.										1				2
Litheliidae gen. et spp. indet.	52	20	10	18	46					44				15
<i>Dendrospyris</i> ? sp.	15	13												
Spyrida gen. et spp. indet.	1	3								6				6
Arachnocorallium group										1				
<i>Lipmanella redondoensis</i>	17	23	2	1	3					5				14
<i>Lipmanella</i> aff. <i>redondoensis</i>		+										+		
Lophophaena group	2			1										1
<i>Pseudodictyophimus</i> group	2													
<i>Cornutella profunda</i>	+	1												
<i>Cycladophora nakasekoi</i>										30				17
<i>Cycladophora sakaii</i>										2				
<i>Cycladophora</i> spp.	2	+												2
<i>Cyrtocapsella tetrapera</i>														1
<i>Gondwanaria</i> sp.	1													
<i>Lychnocanoma magnacornuta</i>	6	12	+	43	36	+	+			3	+		+	6
<i>Lychnocanoma parallelipes</i>										+				
<i>Stichocorys delmontensis</i>										+				+
<i>Stichocorys peregrina</i>										+				
<i>Stichocorys</i> spp.			+							2				4
<i>Dictyocryphalus papillosus</i>										2				
total radiolarians counted	200	200	200	200	200					200				200
radiolarian zone	Lm	Lm	Lm	Lm	Lm	Lm?	Lm?	?	?	Lb	Lm?	?	Lm?	Lm

Lm: *Lychnocanoma magnacornuta* Zone, Lb: *Lithelius barbatus* Zone

*magnacornuta* と *C. nakasekoi* が共に産出するため、*L. magnacornuta* 帯上部に相当し、その年代値は 9.9 ~ 9.1 Ma であると考えられる。

鴛泊層の 9383004C, 9383007, 9390101, 9390103 の 4 試料は、*L. magnacornuta* が産出するため、*L. magnacornuta* 帯に対比されうが、産出量が少ないため断定することは難しい。また、鴛泊層の 9390102 の 1 試料はほとんど放射虫を産出しなかったため放射虫からは年代を特定できない。

野中層の試料 9383103 から産出した放射虫群集は、*Lychnocanoma parallelipes* Motoyama に伴って *Lithelius barbatus* Motoyama を比較的多く (6%) 産出するため、*L. barbatus* 帯の群集に比較できる。しかし、この試料からは同時に、*L. magnacornuta* 帯の指標種である *L. magnacornuta* が産出し、さらに *L. magnacornuta* 帯上部から *L. redondoensis* 帯にかけて多産する *C. nakasekoi* が 15% もの割合で産出している。したがって、試料 9383103 の放射虫群集は、*L. magnacornuta* 帯 (約 11.7 ~ 9.1 Ma) から

*L. redondoensis* 帯 (9.1 ~ 7.3 Ma) にかけての群集が再堆積により *L. barbatus* 帯 (6.8 ~ 5.6 Ma) の群集に混合した結果と考えられる。このことは、野中層の珪藻質泥岩片には鴛泊層とそれより若い 2 種類の珪藻化石群集が認められるとする松井ほか (1967) の観察結果を補強するものである。

野中層のもう一つの試料 (9383101) はほとんど放射虫を産出しなかったため年代を特定できなかった。

## 2. 広域対比および鴛泊層の堆積場

嵯峨山 (2002) と本研究の結果を合わせると、鴛泊層が北海道北部地域の稚内層に対比されることはほぼ間違いない (Fig. 5)。ただし、嵯峨山 (2002) が検討した港町海岸の鴛泊層の基底の年代が *D. dimorpha* 帯 (9.9 ~ 9.16 Ma) に相当するのに対して、本研究では 9.9 Ma よりも古い *L. magnacornuta* 帯下部の年代が推定されたことから、場所によって鴛泊層の堆積開始年代に違いがあるものと考えられる。さらに、ペシ岬の鴛泊層からは稚内市曲淵の稚内層最下部と共通する *Dendrospyris*? sp. が認められたため、そこ

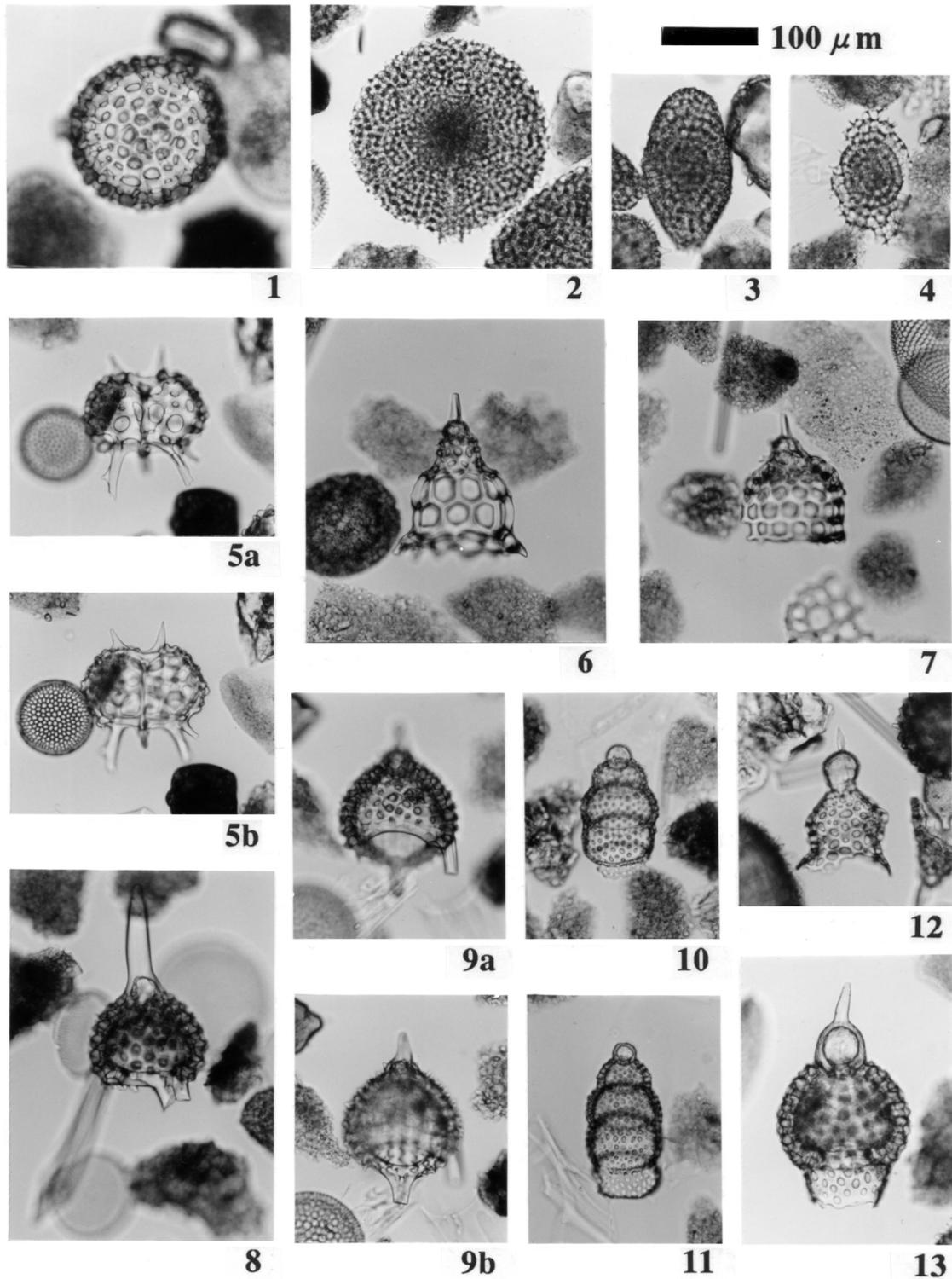


Fig. 4. Photographs of radiolarians. Locality of the illustrated specimens on the slides is indicated by England Finder positions.

- 1: *Actinomma medianum* Nigrini (9383004, sl. 1, T29/4), 2: Spongodiscidae gen. et sp. indet. (9383001, sl. 1, P42/0), 3: *Larcopyle polyacantha* (Campbell and Clark) (9383002, sl. 1, P42/0), 4: *Lithelius barbatus* Motoyama (9383103, sl. 3, P34/1), 5: *Dendrospyris?* sp. (9383002, sl. 1, M28/1), 6: *Cycladophora nakasekoi* Motoyama (9383103, sl. 3, M27/0), 7: *Cycladophora sakaii* Motoyama (9383103, sl. 3, Y35/3), 8: *Lychnocanoma magnacornuta* Sakai (9383001, sl. 1, Q39/4), 9: *Lychnocanoma parallelipes* Motoyama (9383103, sl. 3, Q48/3), 10: *Stichocorys delmontensis* (Campbell and Clark) (9383103, sl. 3, P41/3), 11: *Stichocorys peregrina* (Riedel) (9383103, sl. 3, Z29/2), 12: *Gondwanaria* sp. (9383001, sl. 1, E33/2), 13: *Lipmanella redondoensis* (Campbell and Clark) (9383002, sl. 1, W43/0).

利尻島の新第三系と第四系より産出した放射虫化石

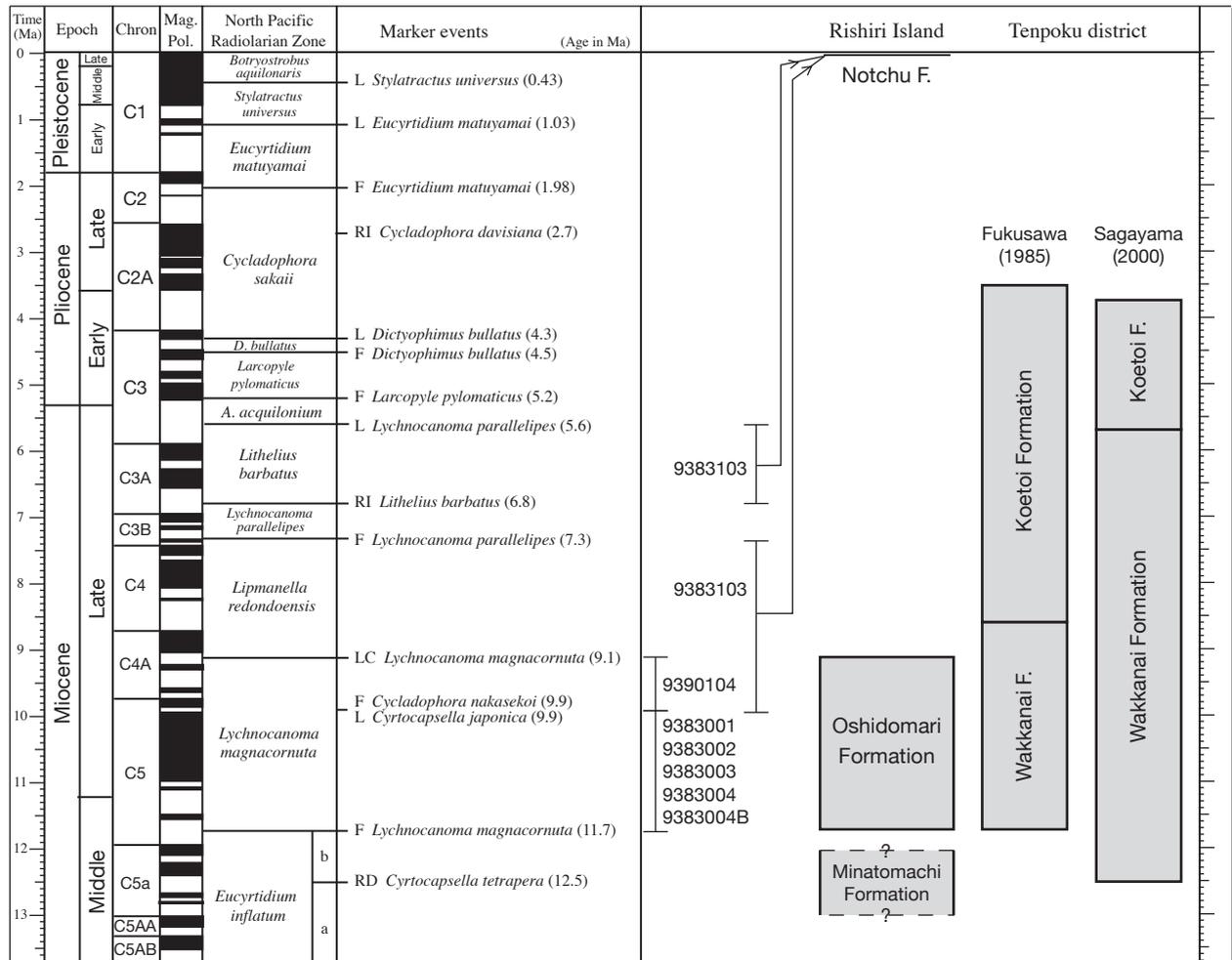


Fig. 5. Radiolarian age control for the Oshidomari Formation and the possible source of assemblages extracted from the diatomaceous mudstone clasts embedded in the Notchu Formation. Correlation to the Neogene formations of the Tempoku district, northern Hokkaido, is also shown. Magnetic polarity time scale after Berggren et al. (1995). Radiolarian zones after Kamikuri et al. (2004) and Motoyama et al. (2004).

での鴛泊層の堆積開始時期は稚内層のそれとあまり変わらない可能性が出てきた。松井ほか(1967)によると、鴛泊層の下位の港町層は凝灰角礫岩や溶岩からなり、火山円礫岩中にわずかだが海棲貝化石が見つかったので、一部は海成層と考えられる。鴛泊層はこの港町層を不整合に覆うとされているが、おそらくは、かなり起伏のある不整合面(港町層の上面)を埋めるようにして堆積したため、場所により鴛泊層の堆積開始に時間差が生じた可能性が考えられる。

前述のように、野中層からは *L. barbatus* 帯(6.8 ~ 5.6 Ma)の特徴を持つ群集が産出した。したがって、現在利尻島にその時代の地層の露出はないが、利尻島の地表下、あるいは近傍の海底下には、北海道北部地域の稚内層上部ないし声問層に相当する海成層(おそらくは珪藻質泥岩)が存在していると考えられ、また当時利尻島付近が珪質堆積物の堆積場であったことを物語っていると思われる。

さらに、利尻島の南西沖合の日本海に目を転じると、海洋調査により複数地点の海底から珪藻質泥岩が回収され、

珪藻や放射虫により後期中新世~鮮新世の年代が示されている(渡辺, 1999, 2000; 本山, 1999, 2000; 能條ほか, 2003)。これらの事実と利尻島の結果とを合わせてみると、稚内層と声問層およびそれらの相当層の分布は、天塩地方海岸から西方沖合へ少なくとも60 kmに及ぶ範囲にまで広がっている可能性がある。

なお、蛇足になるが、稚内層と声問層の境界の認定と年代については未だ定説がない。例えば、福沢(1985)は稚内層と声問層を再定義した上で、声問層を今日で言う珪藻化石帯の *Thalassionema schraderi* 帯(NPD6B) ~ *Neodenticula kantschatica* 帯(NPD7Bb)(8.6 ~ 3.5 Ma)に対比しているが、嵯峨山(2000)は声問層の年代を5.7 ~ 3.8 Maとしており、両者の間には、下限の年代におよそ300万年もの隔りがある(Fig. 5)。そのため、本研究では、野中層から得られた *L. barbatus* 帯(6.8 ~ 5.6 Ma)の群集を稚内層と声問層のいずれに対比すべきか判断がつかなかった。福沢(1985)により議論されているように、稚内層と声

問層はともに珪藻質堆積物を起源として埋没後の続成作用によって硬質泥岩化したものが稚内層と呼ばれているため、両層はしばしば同時異相の関係にある。このことが、北海道北部とその周辺地域における広域対比を難しくしている。稚内層と声問層は時代論についても決して十分とは言えないため、微化石などの年代データの一層の蓄積が求められる。

## おわりに

放散虫化石を検討した結果、利尻島の海成新第三系鴛泊層は、後期中新世(約 11.7 ~ 9.1 Ma)の時代を示す放散虫が得られたことにより北海道北部地域の稚内層に対比され、また鴛泊層の最も早い堆積開始は稚内市曲淵における稚内層のそれとほぼ同じであると推定された。第四系の野中層からは後期中新世の約 11.7 ~ 5.6 Ma の範囲の年代を示す放散虫が産出したことにより、利尻島の陸上に露出しない稚内層~声問層相当層の存在が推定された。しかしながら、稚内層と声問層の岩相区分や年代論の不明瞭さのため、広域対比に疑問を残すことになった。今後の課題と考えられる。

**謝辞:** 東北大学の鈴木紀毅氏には査読を通じて有益なコメントを頂いた。本研究は、平成5年度の利尻島調査研究事業「利尻島新第三系の微化石層序と古環境解析」(代表岩井雅夫)の研究成果の一部である。国立公園内からの試料採取に当たっては環境庁の許可を得た(環自北許第535号)。

## 引用文献

- Berggren, W.A., Kent, D.V., Swisher, C.C., III and Aubry, M.-P., 1995, A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *In* Berggren, W. A., Kent, D. V., Aubry, M.-P., and Hardenbol, J. eds., *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*, SEPM Special Publication, no. 54, 129-212.
- Cande, S.C. and Kent, D.V., 1995, Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research*, **100**, 6093-6095.
- 福沢仁之, 1985, 北海道天北-羽幌地域の上部新第三系層序の再検討 -とくに“稚内”・“声問”層について。地質学雑誌, **91**, 833-849.
- 福沢仁之, 1987, 北海道北部, 新第三紀後期の層状珪質岩の堆積場。地質学雑誌, **93**, 37-55.
- 福沢仁之, 1988, 新第三紀層状珪質岩の堆積機構 -北海道北部, 上部中新統稚内層を例として。地質学雑誌, **94**, 669-688.
- 船山政昭, 1988, 能登半島珠洲地域の第三系の新第三系の岩相および放散虫化石層序。東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, no. 91, 15-41.
- Kamikuri, S., Nishi, H., Motoyama, I. and Saito, S., 2004, Middle Miocene to Pleistocene radiolarian biostratigraphy in the Northwest Pacific, Ocean Drilling Program Leg 186. *The Island Arc*, **13**, 191-226.
- 小林哲夫, 1987, 利尻火山の地質。地質学雑誌, **93**, 749-760.

- 松井和典・一色直記・秦 光男・山口昇一・吉井守正・小野晃司・佐藤博之・沢村孝之助, 1967, 5 万分の 1 地質図幅「利尻島」および同説明書。北海道開発庁, 25pp.
- Morley, J.J., 1985, Radiolarians from the Northwest Pacific, Deep Sea Drilling Project Leg 86. *In* Heath, G.R., Burckle, L. H., et al. eds., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **86**, Washington (U.S. Government Printing Office), 399-422.
- Motoyama, I., 1996, Late Neogene radiolarian biostratigraphy in the subarctic Northwest Pacific. *Micropaleontology*, **42**, 221-262.
- 本山 功, 1999, GH98 航海で採取された泥岩試料の放散虫化石による年代分析。池原 研・岡村行信編, 北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究, 平成 10 年度研究概要報告書, 工業技術院地質調査所, 199-202.
- 本山 功, 2000, GH99 航海により日本海海底から採取された岩石・堆積物試料の放散虫化石による年代分析。池原 研・岡村行信編, 北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究, 平成 11 年度研究概要報告書, 工業技術院地質調査所, 94-98.
- 本山 功・丸山俊明, 1998, 中・高緯度北西太平洋地域における新第三紀珪藻・放散虫化石年代尺度: 地磁気極性年代尺度 CK92 および CK95 への適合。地質学雑誌, **104**, 171-183.
- 本山 功・仲村佐知子, 2002, 北海道稚内市宇流谷川における中新統増幌層と稚内層の放散虫化石層序と不整合境界の再認定。地質学雑誌, **108**, 219-234.
- Motoyama, I., Niitsuma, N., Maruyama, T., Hayashi, H., Kamikuri, S., Shiono, M., Kanamatsu, T., Morishita, C., Aoki, K., Hagino, K., Nishi, H. and Oda, M., 2004, A Middle Miocene to Pleistocene magnetobiostratigraphy of ODP Sites 1150 and 1151, northwest Pacific: sedimentation rate and updated regional geologic time scale. *The Island Arc*, **13**, 289-305.
- 中世古幸次郎・菅野耕三, 1973, 日本新第三紀の化石放散虫分帯。地質学論集, no. 8, 23-33.
- 能條 歩・板木拓也・石村豊穂, 2003, 北海道における新生界の微化石研究-1990 年以降の研究成果の総括と今後の課題。地球科学, **27**, 343-355.
- 嵯峨山積, 2000, 北海道の新生界中部中新統~鮮新統層序と堆積盆の動き。北海道立地質研究所報告, no. 71, 59-102.
- 嵯峨山積, 2002, 北海道利尻島および積丹半島の第三系の地質年代対比。北海道立地質研究所報告, no. 73, 99-106.
- Sakai, T., 1980, Radiolarians from Sites 434, 435, and 436, Northwest Pacific, Leg 56, Deep Sea Drilling Project. *In* Scientific Party ed., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **56**, 57: Washington (U.S. Government Printing Office), 695-733.
- 鈴木紀毅・木田真太郎, 2004, 相対産出頻度から推定母集団値を得る方法と必要な観察個体数について。大阪微化石研究会誌, 特別号, no. 13, 221-227.
- 高橋功二・福沢仁之・和田信彦・保柳康一・岡 孝雄, 1984, 北海道北部, 日本海沿岸地域の第三系 -- その層序と古地理について。地球科学, **38**, 299-313.
- 渡辺真人, 1999, GH98 航海で採取されたロックコアラー・グラブ採泥試料の珪藻化石に基づく年代。池原 研・岡村行信編, 北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究, 平成 10 年度研究概要報告書, 工業技術院地質調査所, 195-198.
- 渡辺真人, 2000, GH99 航海で採取された泥岩試料の珪藻化石に基づく年代。池原 研・岡村行信編, 北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究, 平成 11 年度研究概要報告書, 工業技術院地質調査所, 90-93.

