北海道能取湖付近の上部中新統呼人層の放散虫・珪藻化石層序

Radiolarian and diatom biostratigraphy of the Upper Miocene Yobito Formation near Lake Noto, Hokkaido, Japan

Abstract

本山 功* 丸山俊明* 五十嵐 滯*
江口瑞紀* 須藤めぐみ* 鈴木政文*

Isao Motoyama*, Toshiaki Maruyama*,
Mio Igarashi*, Mizuki Eguchi*,
Megumi Suto* and Masafumi Suzuki*

2017年6月13日受付.

2018年3月7日受理.

* 山形大学理学部地球環境学科

Department of Earth and Environmental Sciences,
Yamagata University, Yamagata 990-8560, Japan

Corresponding author: I. Motoyama,
i-motoyama@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

Radiolarian and diatom fossils recovered from diatomaceous sediments of the Yobito Formation in the northern region of Lake Noto, eastern Hokkaido, enable the correlation of two stratigraphic sections, the West and East sections. Integrated radiolarian and diatom data suggest ages of 11.4–6.5 and 7.0–3.5 Ma for the West and East sections, respectively. This finding indicates that the diatomaceous sequence of the West Section is stratigraphically equivalent to the siliceous hard mudstone facies (Noto Formation) and pyroclastic rocks (Abashiri Formation) that underlie the Yobito Formation of the East Section. This facies correlation between the Yobito and Noto Formations probably reflects regional differences in the diagenetic history associated with silica phase transformations. Diatom data also reveal an unconformity within a sandstone layer in the diatomaceous sequence of the Yobito Formation of the West Section. This unconformity is represented by the absence of Neogene North Pacific Diatom zones (NPD) 5D and 6A. The occurrence in the interval above the unconformity of reworked radiolarian and diatom specimens of older (Miocene) age and gravel clasts of indurated mudstone suggest that the hinterland became exposed to an erosive environment at ~10 Ma.

Keywords: biostratigraphy, diatom, diatomite, Hokkaido, Miocene, Okhotsk, Radiolaria, siliceous sediment

はじめに

北海道東部網走地域の中新統は下位から、車止内層・網走層・能取層・呼人層に区分される(佐々・井上, 1939; 島田・矢崎, 1956, 1958; 島田, 1961)。これらの地層からは珪藻化石の産出が知られ、中期中新世から鮮新世にかけての化石帯が報告されているが(佐藤, 1922; 千谷, 1930; 沢村・山口, 1961; 秋葉, 1979; 小泉, 1988; 福沢, 1989; 嶋田, 1993)、試料採取地点や層準、群集組成の詳細は明らかにされていない。一方、これらの地層から放散虫化石の産出は報告されていない。本研究では、珪藻質泥岩を主体とする呼人層の堆積年代を明らかにすることを目的として、能取湖北部地域において地質調査とサンプリングを実施し(Fig. 1)、放散虫化石と珪藻化石について分析を行った。その結果、能取層の一部および呼人層について生層序学的データが得られ、さらに呼人層中の不整合や呼人層と下位層との同時異相関係が明らかになったので、ここに報告する。

地質概説

網走地域の第三系は下位から、車止内層、網走層、能取層、呼人層、美岬層に区分される(佐々・井上, 1939; 島田・

矢崎, 1956, 1958; 島田, 1961) (Fig. 2)。

車止内層は網走市車止内の沢付近に模式的に露出する、砂岩・シルト岩を主体とする地層であり、層厚は1,000 m以上あるとされる(島田・矢崎, 1956, 1958; 島田, 1961)。命名者は特定できない。車止内層の最上部から *Denticulopsis praedimorpha* 帯を示す珪藻化石が報告されている(嶋田, 1993)。

網走層は佐々・井上(1939)により網走市市街地西方の丘陵地を模式地として命名され、能取岬から南へ海岸沿いに分布する。車止内層を不整合に覆い、おもに砂岩、礫岩、安山岩質集塊岩からなる。層厚は650 mとされる。網走層の同時異相とされる鱒沢層(島田・矢崎, 1956, 1958; 島田, 1961)は層厚0~230 mで砂岩と泥岩からなるとされ、*D. praedimorpha* 帯を示す珪藻化石が報告されている(秋葉, 1979; 嶋田, 1993)。また、網走層の火山岩類から後期中新世に相当する放射年代(10.62±0.92 Ma, 11.19±1.25 Ma, 9.96±0.39 Ma)が報告されている(国分ほか, 1994; 八幡ほか, 1995)。

能取層は佐々・井上(1939)により能取半島を模式地として命名され、おもに珪質泥岩からなり、能取湖の東西両岸に分布する。層厚は550 m、網走層に整合に重なる。能取層

Fig. 1. Index maps of the study area. A, B. Location of the study area within Hokkaido. C. Locations of the West and East sections.

Series	Formation (Thickness)	Column	Lithology
Pliocene	Misaki (200 m)		sandstone conglomerate
Miocene	Yobito (300 m)		diatomaceous mudstone
	Noto (550 m)		siliceous hard mudstone
	Abashiri (650 m)		sandstone conglomerate
	Kurumatomanai (1000 m ⁺)		mudstone sandstone
	Masuura (230 m)		volcanic breccia sst. mdst.

Fig. 2. Summary of the stratigraphy in the Abashiri region.

からは, *Denticulopsis hyalina* 帯~*Crucidentacula nico-barica* 帯, *D. praedimorpha* 帯を示す珪藻化石が報告されている(嶋田, 1993).

呼人層は佐々・井上(1939)により網走湖東岸の呼人駅付

近を模式地として命名され, 模式地から能取湖北部にかけて分布する. おもに無層理の珪藻質泥岩からなる. 能取層を整合に覆い, 層厚は 300 m とされる. 珪藻化石帯の *Denticulopsis katayamae* 帯から *Thalassiosira oestrupii* 帯に相当するとされている(小泉, 1988; 福沢, 1989; 嶋田, 1993). なお, 呼人層の珪藻質泥岩は, 工業用資源としても注目され, 道内に分布する新第三系「珪藻土」の中では比較的粘土分が少ない良質なものを含むとされている(佐藤, 1922; 番場ほか, 1967; 藤原, 1976).

美岬層はおもに固結度の低い砂質礫岩・砂岩からなり, 呼人層を不整合に覆う(日本の地質「北海道地方」編集委員会, 1990). 層厚は 200 m とされる. 美岬層の基底部付近は珪藻化石の *Neodenticula koizumii*–*Neodenticula kamtschatica* 帯に相当するとされている(嶋田, 1993).

調査ルートの地質

本研究では, 能取湖とオホーツク海を結ぶ湖口の約 2 km 西側に位置するオホーツク海に面した海食崖と, 湖口の約 2.2 km 東側の海岸沿いの海食崖と林道脇の崖を調査対象とした. 以下, 前者を西ルート, 後者を東ルートと呼ぶことにする. 西ルートには呼人層と美岬層が, 東ルートには能取層上部と呼人層が露出する. Fig. 3 と Fig. 4 にルートマップを, Fig. 5 と Fig. 6 に柱状図を示す. これらの図を見て分

Fig. 4. Geologic route map of the East Section. See Fig. 1 for location.

かるように、調査ルートは露出がよく、微化石層序学的研究に適している。なお、呼人層の模式地の呼人付近においても若干の調査を行ったが、呼人層から試料を得ることはできなかった。

西ルートに露出する呼人層と美岬層は、北北東–南南西の走向で、東に $22\sim44^\circ$ の傾斜を示す (Fig. 3)。露出の下限 (西端) から上限 (東端) までの層厚は 220 m で、そのうち上部の 160 m は連続露頭からなる。西ルートの呼人層は珪藻質泥岩を主体として、数層の火山灰層を挟む。珪藻質泥岩は塊状で新鮮部は緑灰色を呈し、風化すると黄土色になり、露出面には黄色い粉を吹くことが多い。また、珪藻質泥岩には砂粒～小礫サイズの軽石が含まれていたり、硬質泥岩の垂角礫が少量含まれていたりすることがある。火山灰層の多くは厚さ数 10 cm ほどで主に白色の細粒～粗粒の火山ガラスや軽石からなる。層位的深度 180 m の火山灰層は 250 cm 以上の厚さがあり平行葉理やコンポルトラミナが発達する。深度 95 m に厚さ約 10 cm の細粒～中粒の砂岩層が挟在し、その下底面は波打っているため、侵食面の可能性がある。この砂岩層の上位 70 cm は軽石を含む砂質泥岩からなり、その上に厚さ約 20 cm の細粒～中粒の白色の火山灰層が重なる。その上位の厚さ 90 cm はやや砂質の珪藻質泥岩ないし軽石を含む砂質泥岩からなる。層位的深度 70～85 m 付近には硬質泥岩礫が含まれていた。西ルートに露出する美岬層は層厚 36 m で、砂岩ないし砂質礫岩からなる。砂質礫岩にはブロック状の珪藻質泥岩の礫が含まれている。呼人層最上部の珪藻質泥岩と美岬層基底の礫質砂岩との境界は明瞭で、境界面は波打っている。美岬層中には呼人層に由来すると見られる珪藻質泥岩の礫・ブロックが含まれることも考慮すると、両層の関係は不整合と考えられる。

東ルートには能取層上部と呼人層が露出し、北東–南西方向の走向を持ち、 40° 程度西傾斜している (Fig. 4)。層厚にして下部約 60 m は主に硬質泥岩、上部約 100 m は主に珪藻質泥岩からなり、層位的深度 33～41 m と 42～49 m は砂岩からなる (Fig. 6)。層位的深度 90～100 m は硬質泥岩と珪藻質泥岩が互層をなす。本研究ではそのうちの一番下位の珪藻質泥岩を呼人層の基底とみなす。硬質泥岩は、層理が発達し、新鮮部は灰色～暗灰色を、風化面は茶色を呈する。珪藻質泥岩は塊状で、新鮮部は緑灰色を、風化して黄土色を呈し、露出面には黄色い粉を吹く。

なお、西ルートの呼人層は東傾斜、東ルートの呼人層は西傾斜であり、全体として能取湖の湖口付近に向斜軸をもつ向斜構造をなしている。この向斜構造は千谷 (1930) によって報告され、島田 (1961) によって能取向斜と呼ばれている。

試料および方法

西ルートの呼人層から 75 試料 (NTR00～70, 101～104) を採取し (Fig. 3)、そのうちの 36 試料と 17 試料を放散虫化石と珪藻化石の分析にそれぞれ用いた (Fig. 5)。美岬層の試料 NTR00 は、珪藻質泥岩のブロック状の礫から採取した。NTR01 は砂質礫岩中に挟在する厚さ 50 cm の礫質泥岩層から採取した。東ルートの能取層から 3 試料 (MSK05～07)、呼人層から 5 試料 (MSK00～04) を採取して合計 8 試料について放散虫化石と珪藻化石を分析した (Figs. 1, 4, 6)。これらのうち MSK00～05 は林道脇の崖から (Fig. 4)、MSK06 と 07 は波打ち際の海食崖から (Fig. 1; Fig. 4 のルートマップの範囲外) 採取したものである。

試料は、数 mm の大きさに砕いてから過酸化水素水に浸して反応させ、ある程度泥化したところで少量の懸濁液 (泥水) を取り分けて珪藻用試料とした。残った懸濁液は、孔径 $45\ \mu\text{m}$ のふるいで水洗してから、ピロリン酸ナトリウムを溶かした過酸化水素水に浸して十分に泥化させ、再びふるいで水洗して放散虫用試料とした。放散虫用試料は、乾燥後にスライドガラス上に散布してエンテランニユーを用いて封入し、観察用プレパラートとした。珪藻用試料は、懸濁液をスポイトを用いてカバーガラス上に盛りつけ、乾燥後に光硬化剤を用いて封入し、観察用プレパラートとした。放散虫用、珪藻用それぞれ、1 試料につき 1～2 枚のプレパラートを作成し、光学顕微鏡を使用して検鏡と写真撮影を行った。

放散虫の検鏡の際には、西ルートの呼人層からおおむね等間隔になるように選んだ 10 層準 (NTR02, 10, 20, 30, 32, 41, 50, 64, 67, 70) と 100 番台の 4 試料 (NTR101～104)、美岬層の 2 試料 (NTR00, 01)、および東ルートの 6 試料 (MSK00～05) については 100 個体に達するまで個体数の計数を行った。100 個体計数後は 1 枚のプレパラートを走査し終えるまで種の産出の有無のみを記録した。1 枚のプレパラートを走査して 100 個体に満たない場合は、そこで計数を打ち切った。なお、100 個体計数するのに要した走査面積の割合から 1 枚のプレパラート全体の含有個体の概数

Fig. 5. Geologic column and stratigraphic distribution of selected radiolarian and diatom species of the Yobito and Misaki Formations in the West Section.

Fig. 6. Geologic column and stratigraphic distribution of selected radiolarian and diatom species of the Noto and Yobito Formations in the East Section. Diatom species abundance is categorized based on numbers in a total 100-valve assemblage.

を推定することができる。その他の試料については、顕微鏡下で1試料につき1枚のプレパラート全面を観察し、主要種の産出の有無のみを記録した。ここで言う主要種とは、*Lithelius barbatus*, *Thecosphaera japonica*, *Cornutella profunda*, *Eucyrtidium inflatum*, *Lipmanella redondoensis*および*Cycladophora*属、*Cyrtocapsella*属、*Lychnocanoma*属、*Stichocorys*属に属する種であり、いずれも時代や古環境の指標になる種である。珪藻については、西ルートの試料に関しては顕微鏡下である程度の視野を観察して種の産出量を準定量的に見積もった(極多, 多, 普通, 少, 極少)。東ルートの試料については100蓋殻に達するまで計数を行った。

放散虫・珪藻ともにルートや試料によってデータの定量性が違っていたり、放散虫と珪藻で分析試料数が異なっているのは、一部のデータの質を落としたり試料間隔を粗くしてでも限られた時間内に呼人層全体の化石帯を認定することを優先させたためである。以下の議論においては、定量性や試料

間隔の精度が許す範囲の議論となるが、結果的に十分に化石帯を認定することができた。多産の認定などの定量性が問題になる場合には、そのことに言及しつつ論述する。

放散虫化石

検鏡を行った43試料のうち42試料から放散虫化石が産出したが(Table 1)、個体数計測を行った22試料の産出量はプレパラート1枚あたり1個体から最大でも500個体程度であった。西ルートの呼人層の下部(NTR70~104)は中程度の保存の個体が比較的豊富に産出したが、呼人層上部と美岬層(NTR103~00)は全体的に産出量が少なく、計数を実施した9試料はすべてプレパラート1枚当たり100個体に達しなかった。また破損した個体が多かった。東ルートの能取層(MSK05, 06)と呼人層(MSK00~04)からは放散虫はあまり多く産出せず、プレパラート1枚当たり最大でも94個体であり、破損した個体が多かった。MSK06は溶解の影響も加わって保存不良であり、MSK07からは産出し

Table 1. Radiolarian occurrences in the Yobito and Notoro Formations near Lake Notoro. Crosses (+) indicate occurrence after the 100th specimen counted. Asterisks (*) indicate occurrences without counts.

Biozone	Sample name	Spumellaria/Entactinaria																								
		<i>Actinomma miocenica</i> (Campbell and Clark)	<i>Cenosphaera</i> spp.	<i>Heliodiscus</i> sp.	<i>Hexacontium dionysus</i> Kamikuri	<i>Hexacontium minerva</i> Kamikuri	<i>Hexacontium</i> spp.	<i>Larcopyle buetschlii</i> Dreyer	<i>Larcopyle polyacantha</i> (Campbell and Clark)	<i>Lithellus barbatus</i> Motoyama	<i>Lithellus</i> cf. <i>babatus</i> Motoyama	<i>Lithellus minor</i> Jørgensen	<i>Pentactinosphaera hokurikuensis</i> (Nakaseko)	<i>Porodiscus circularis</i> Clark and Campbell	<i>Rizosphaera mediana</i> (Nigrini)	<i>Spongodiscus cauleti</i> Kamikuri	<i>Spongopyle osculosa</i> Dreyer	<i>Stylactonarium bispiculum</i> Popofsky	<i>Stylactractus universus</i> Hays	<i>Stylodictya camerina</i> Campbell and Clark	<i>Stylosphaera neptunus</i> Haeckel	<i>Thecosphaera japonica</i> Nakaseko?	<i>Actinommaceae</i> /Entactinaria spp.	<i>Pyloniaceae</i> /Sponguracea spp.	<i>Spongodiscidae</i> spp.	
?	MSK00																							4	13	
?	MSK01																						3	26		
?	MSK02						1											1			1	1		15		
?	MSK03							1			2					1					+	2	15	49		
<i>L. barbatus</i> – <i>A. acquilonium</i>	MSK04		1	1				+	3	2		+					1			1		2	16	66		
<i>L. barbatus</i> – <i>A. acquilonium</i>	MSK05								4		1						1				+	+	20	16		
?	MSK06							*																		
barren zone	MSK07																									
<i>L. magnacornuta</i> ?	NTR00							2								1								3		
?	NTR01																						1			
?	NTR02	1				1																5	13	37		
<i>L. barbatus</i> – <i>A. acquilonium</i> ?	NTR05								*																	
?	NTR08																									
?	NTR10	2						2							3		1				+	2	13	38		
<i>L. barbatus</i> – <i>A. acquilonium</i> ?	NTR13								*																	
<i>L. barbatus</i> – <i>A. acquilonium</i> ?	NTR15								*																	
<i>L. barbatus</i> – <i>A. acquilonium</i> ?	NTR17								*																	
<i>L. magnacornuta</i> ?	NTR20							1							1							5	23	51		
<i>L. magnacornuta</i> ?	NTR22																									
<i>L. magnacornuta</i> ?	NTR24																									
<i>L. magnacornuta</i> ?	NTR26																									
<i>L. magnacornuta</i> ?	NTR27																									
<i>L. magnacornuta</i> ?	NTR28																									
<i>L. magnacornuta</i> ?	NTR29																									
<i>L. magnacornuta</i> ?	NTR30		4												20		4			1		3	2	44		
?	NTR101		1					1							2									5		
?	NTR102														1							1	1	2		
?	NTR103		1																			2				
<i>L. magnacornuta</i>	NTR104		1					7							2		1					5	18	46		
<i>L. magnacornuta</i>	NTR31																									
<i>L. magnacornuta</i>	NTR32				5		3	7			1				2	4		+		+	+	2	18	33		
<i>L. magnacornuta</i>	NTR34																									
<i>L. magnacornuta</i>	NTR36																									
<i>L. magnacornuta</i>	NTR38																									
<i>L. magnacornuta</i>	NTR41		1		+		+	1							5		1	+		3			12	28		
<i>L. magnacornuta</i>	NTR45																									
<i>L. magnacornuta</i>	NTR48																									
<i>L. magnacornuta</i>	NTR50				3	1	2									1				2			3	7		
<i>L. magnacornuta</i>	NTR52																									
<i>L. magnacornuta</i>	NTR55																									
<i>L. magnacornuta</i>	NTR59																									
<i>L. magnacornuta</i>	NTR64		2		1	8	1	1	3						1	2				8		2	17	11		
<i>L. magnacornuta</i>	NTR67		7				3		4			1		3			1			1	2	1	14	15		
<i>L. magnacornuta</i>	NTR70		2		3		5	2	1						1	1			2			1	8	38		

Table 1. Continued.

Sample name	Collodaria			Nassellaria																							total						
	<i>Collosphaera mars</i> Kamikuri	<i>Collosphaera reynoldsi</i> Kamikuri	<i>Collosphaera</i> spp.	<i>Botryostrobus</i> spp.	<i>Carpocanarium papillosum</i> (Ehrenberg)	<i>Ceratocytis stoermeri</i> Goll and Björklund	<i>Comutella profunda</i> Ehrenberg	<i>Cycladophora conica</i> Lombardi and Lazarus	<i>Cycladophora cornuta</i> (Bailey)	<i>Cycladophora cosma cosma</i> Lombardi and Lazarus	<i>Cycladophora funakawai</i> Kamikuri	<i>Cycladophora nakaseko</i> Motoyama	<i>Cycladophora sakaii</i> Motoyama	<i>Cycladophora sakaii</i> Motoyama?	<i>Cyrtocapsella japonica</i> (Nakaseko)?	<i>Eucyrtidium inflatum</i> Kling	<i>Lipmanella redondobensis</i> (Campbell and Clark)	<i>Lychnocanoma cf. paralleipes</i> Motoyama	<i>Lychnocanoma magnacornuta</i> Sakai	<i>Lychnocanoma</i> spp.	<i>Peripyramis circumtexta</i> Haeckel	<i>Siphocampe arachnea</i> (Ehrenberg)	<i>Stichocorys delmontensis</i> (Campbell and Clark)	<i>Stichocorys peregrina</i> (Riedel)	<i>Stichocorys wolffii</i> Haeckel	<i>Stichopera</i> sp.		<i>Plagiacanthidae</i> spp.	<i>Acanthodesmiidae</i> spp.	<i>Artostrobiidae</i> spp.	<i>Eucyrtidiacea</i> spp.	<i>Nassellaria</i> spp.	
MSK00											1						1															19	
MSK01					1																											30	
MSK02																																19	
MSK03																1	+														1	72	
MSK04			+		+		+										+												1	+		94	
MSK05																	+			1												43	
MSK06																	*															-	
MSK07																																-	
NTR00											4								3									7				20	
NTR01																																1	
NTR02												1					4									1						63	
NTR05												*	*	*	*	*	*		*				*	*								-	
NTR08													*	*	*	*	*	*														-	
NTR10												1			1	1	3	1	1									1				70	
NTR13													*	*	*	*	*											1				-	
NTR15													*	*	*	*	*															-	
NTR17												*	*	*	*	*	*	*														-	
NTR20											2		*	*	3		7		1	1								1				96	
NTR22												*	*		*	*	*	*	*													-	
NTR24													*	*	*	*	*	*	*													-	
NTR26													*	*	*	*	*	*	*													-	
NTR27													*	*	*	*	*	*	*													-	
NTR28												*	*	*	*	*	*	*	*													-	
NTR29												*	*	*	*	*	*	*	*													-	
NTR30					2							5			1	8		1														95	
NTR101																2																11	
NTR102																1																6	
NTR103																																3	
NTR104											4						1		8	1		1						1	3	1		100	
NTR31						*					*					*	*	*	*													-	
NTR32	+	+	1		1	+		1			3					1		16		+							+	2				100	
NTR34						*					*					*	*	*	*													-	
NTR36						*					*					*	*	*	*													-	
NTR38						*					*					*	*	*	*													-	
NTR41	1	2	7	1	+	1					13					4		10			1							6	3			100	
NTR45						*					*					*	*	*	*									6	3			-	
NTR48						*					*					*	*	*	*													-	
NTR50				1		3					8					1		3			1							47	3			86	
NTR52						*					*					*	*	*	*													-	
NTR55						*					*					*	*	*	*													-	
NTR59											*					*	*	*	*													-	
NTR64		1	2		1		1				10					4		4			1							17		1		100	
NTR67			1	1			1	+			12					3		22										4	4			100	
NTR70	+	+	3		1		1		+	1	13					+		6										1	7	+		3	100

Fig. 7. Photographs of radiolarians. 1, *Stylacontarium bispiculum* Kling, NTR41; 2, *Stylatractus universus* Hays, NTR70; 3, *Hexacontium* sp., NTR32; 4, *Thecosphaera japonica* Nakaseko?, NTR10; 5, *Spongodiscus cauleti* Kamikuri, NTR32; 6, *Spongodiscidae* sp., NTR32; 7, *Lithelius barbatus* Motoyama, MSK05; 8, *Larcopyle polyacantha* (Campbell and Clark), NTR32; 9, *Carpocanarium papillosum* (Ehrenberg), NTR41; 10, *Botryostrobus* sp., NTR41; 11, *Cornutella profunda* Ehrenberg, NTR64; 12, *Lipmanella redondoensis* (Campbell and Clark), NTR24; 13, *Lychnocanoma magnacornuta* Sakai, NTR34; 14, *Cycladophora funakawai* Kamikuri, NTR41; 15, *Cycladophora nakasekoi* Motoyama, NTR10; 16, *Cycladophora sakaii* Motoyama, NTR29; 17, *Eucyrtidium inflatum* Kling, NTR27; 18, *Stichocorys peregrina* (Riedel), NTR05.

なかった。産出した特徴種の写真を Fig. 7 に示す。

日本を含む北西太平洋域における新第三紀放散虫化石層序学は、本邦含油新第三系の石油探鉱に伴って 1960 年頃から発展し、これに 1970 年代以降の国際深海掘削計画の成果が加わって、種の層序的産出の調査と化石帯の分帯が進められ、年代決定ツールとしての実用性が高められてきた。その経緯は本山・丸山(1998)、本山(1999a, b, 2014)などによって紹介されている。本研究では、本山(2014)によって示された、標準年代尺度 ATNTS2004 (Lourens et al., 2004) に準拠して計算された数値年代を用いる。珪藻化石層序との対応関係は、小布施(2014)によって編纂された複合微化石層序年代表に示されている。

1. 西ルート

Fig. 5 に特徴種の層位分布と認定された化石帯を示す。特徴種として *Lithelius barbatus*, *Cornutella profunda*, *Cycladophora funakawai*, *Cycladophora nakasekoi*, *Eucyrtidium inflatum*, *Lipmanella redondoensis*, *Lychnocanoma magnacornuta* の産出が認められた。そのうち *C. funakawai*, *L. redondoensis*, *L. magnacornuta* の 3 種は西ルートの呼人層のほぼ全層準にわたって産出したが、上部で産出が散点的になる傾向がある。

最下部の試料 NTR70 から上部の NTR17 にかけて、ほぼ連続的に *L. magnacornuta* が産出した。NTR70 から NTR104 にかけては *C. funakawai* が共産するが、*C. nakasekoi* は産出しなかった。このことから、NTR70 から NTR104 にかけての層序区間は、*C. nakasekoi* の出現 (10.1 Ma) 以前の *L. magnacornuta* 帯下部 (11.8~10.1 Ma) に対比される。NTR103 から NTR101 にかけては特徴種の産出が認められなかったため化石帯は不明である。NTR30 から NTR08 にかけて *L. magnacornuta* が産出し、NTR29 から NTR02 まで *C. nakasekoi* が散点的に産出した。これにより NTR30 を *L. magnacornuta* 帯の下部、NTR29 から NTR08 までを *L. magnacornuta* 帯の上部 (10.1~9.0) に対比することが可能である。しかしながら、これとほぼ同じ層序区間から中期中新世の指標種である *E. inflatum* や、後述するように再堆積と考えられる珪藻の *Denticulopsis dimorpha* が産出することから、*L. magnacornuta* もそれらと同様に下位層準からもたらされた再堆積個体(誘導化石)の可能性もある。そのため、Fig. 5 では NTR30~20 の層序区間の化石帯 (*L. magnacornuta* 帯) に疑問符(?) を付して表示した。

NTR17 から NTR05 にかけて *L. barbatus* の産出が認め

られた。 *L. barbatus* は北西太平洋において *L. barbatus* 帯から *Axoprimum acqulonium* 帯にかけてアクメ状に多産する種である (Motoyama, 1996; Kamikuri et al., 2004, 2007)。しかし、認められた産出は 1 スライド中 1~2 個体で、1 スライド中の総個体数も少なかったため (計数していないが 100 個体に満たない)、産出頻度の見積もりが難しく、多産だと断定しきれなかった。仮に *L. barbatus* の多産に当たるとすれば、この区間を *L. barbatus* 帯~*A. acqulonium* 帯に対比することができる。ただし、定量的なデータに基づかないため Fig. 5 では疑問符を付けて表示した。

NTR02 および NTR01 は特徴種の産出が認められなかったため化石帯は不明である。NTR00 は産出個体数が少なかったため確定できないが、*L. magnacornuta* が産することから、おそらく *L. magnacornuta* 帯に相当する。

2. 東ルート

Fig. 6 に特徴種の層位分布と認定された化石帯を示す。特徴種として *L. barbatus*, *C. funakawai*, *E. inflatum*, *L. redondoensis* が産出した。いずれも産出は散点的であった。このうち *L. barbatus* は MSK05 から 43 個体中 4 個体の割合 (10%弱) で、MSK04 から 94 個体中 3 個体 (3%) 産出した。上述のように、この種の多産は *L. barbatus* 帯~*A. acqulonium* 帯の指標になる。そのため MSK05 と MSK04 は *L. barbatus* 帯~*A. acqulonium* 帯に相当すると考えられる。MSK03~00 および MSK06 は、特徴種が産出しなかったため、化石帯は分からなかった。東ルートの呼人層から産出した、前期中新世~中期中新世初期の特徴種である *Pentactinosphaera hokurikuesis* のほか、*E. inflatum* および *C. funakawai* は再堆積した個体だと考えられる。

珪藻化石

検鏡を行った 25 試料のうち 22 試料から珪藻化石が産出した (Table 2)。全体に産出量は普通ないし豊富で、保存状態は良好ないし不良であった。

日本を含む北太平洋域における新第三紀珪藻化石層序学は、国際深海掘削計画を契機に 1970 年代になって発展し、有用種の分類や化石帯の分帯が進められ、年代決定ツールとしての実用性が高められてきた。その経緯は本山・丸山 (1998)、Yanagisawa and Akiba (1998)、秋葉ほか (2012) などによって紹介されている。本研究では、小布施 (2014) によって示された、標準年代尺度 ATNTS2004 (Lourens et al., 2004) に準拠して計算された数値年代を用いる。

1. 西ルート

Fig. 5 に特徴種の層位分布と認定された化石帯を示す。特徴種として *Denticulopsis dimorpha*, *Denticulopsis katayamae* s.l., *Denticulopsis simonsenii* s.l., *Neodenticula kamtschatica*, *Rouxia californica*, および *Thalassionema schraderi* の産出が認められた。なお、本論の *Denticulopsis hustedtii* (elliptical form) (Maruyama, 1984a) は Yanagisawa and Akiba (1990) による *Denticulopsis hustedtii* s.str. に相当すると考えられる。

NTR70 から NTR104 に至る呼人層の層位区間は *D. si-*

monsenii s.l. の多産で特徴づけられる。また、NTR70 から NTR50 にかけて *D. hustedtii* (elliptical form) が産出した。Maruyama (1984b) および Yanagisawa and Akiba (1990) によると、この形態の産出は *Thalassiosira yabei* 帯に限られるとされる。それゆえ西ルートから産出した *D. praedimorpha* はすべて再堆積と判断できる。また、NTR70~104 の区間に *D. dimorpha* の産出は認められなかった。これらの特徴を総合すると NTR70 から NTR104 までの層厚 120 m はすべて *Thalassiosira yabei* 帯 (NPD5C) に認定でき、NTR103 層準の砂岩層の直下まで安定した一連の堆積相であると判断される。

試料 NTR103~101 と NTR30 の 4 試料は *T. schraderi* の産出で特徴づけられる。さらに *D. katayamae* s.l. が産出しないことを考慮に入れると、これら 4 試料は *T. schraderi* 帯 (NPD6B) と認定できる。このことにより、NTR30~10 における *D. dimorpha* の産出は明らかに再堆積によるものと考えられる。NTR20 から NTR02 までの 4 試料は *T. schraderi* が検出されず、*R. californica* の産出が特徴的なことから *R. californica* 帯 (NPD7A) と判断することができる。

以上より、NTR70~104 が *T. yabei* 帯、NTR103~02 が *T. schraderi* 帯~*R. californica* 帯とされたことから、層位的深度約 95 m の砂岩層の下底面で、*D. dimorpha* 帯~*D. katayamae* 帯 (NPD5D~6A) の 2 帯が欠如しているものと推察される。

美岬層下部の NTR01 は、*N. kamtschatica* が多産する一方で *R. californica* が産出しなかったことから、*N. kamtschatica* 帯 (NPD7B) に当たると考えられる。しかしながら、嶋田 (1993) によって美岬層の基底部付近は珪藻化石の *N. koizumii*-*N. kamtschatica* 帯に相当するとされている。本研究では 1 試料だけのデータであることから、ここでは化石帯を断定することは避けて、*N. kamtschatica* 帯がそれよりも若い時代であることを指摘するにとどめておく。その上位の砂質礫岩層中の珪藻質泥岩ブロックから得られた試料 NTR00 からは *D. dimorpha* と *D. katayamae* s.l. の共産が認められたが、*N. kamtschatica* やより若い年代を示唆するタクサは検出されなかった。よって、NTR00 は *D. dimorpha* 帯 (NPD5D) に起源を有し、しかも NPD5D/6A 境界直下付近から由来したものと推論できる。

2. 東ルート

能取層から採取した 3 試料 (MSK07~05) からは珪藻化石は産出しなかった。Fig. 6 に特徴種の層位分布と認定された化石帯を示す。特徴種として *Coscinodiscus marginatus* と *N. kamtschatica* の産出が認められた。*C. marginatus* は MSK04 から MSK00 までこのルートの呼人層全体にわたって豊富に産出した。*N. kamtschatica* は MSK03 から MSK00 にかけて産出し、とくに上部の 3 試料から豊富に産出した。*R. californica* は 1 試料 (MSK00) に少量産出したのみであった。これらの特徴により、*N. kamtschatica* が多産した MSK02 から MSK00 までの層序区間は、*N. kamtschatica* 帯 (NPD7B) に相当し、その下位の MSK 03

Table 2. Continued.

Sample name	NPD: North Pacific Diatom Zone	NPD: Zone Code	<i>Nitzschia fossilis</i> (Frenquell) Kanaya ex Schrader s.l.	<i>Nitzschia heteropolia</i> Schrader	<i>Nitzschia</i> cf. <i>miocenica</i> Burckle	<i>Nitzschia plicocena</i> (Brun) Mertz	<i>Nitzschia</i> cf. <i>porterii</i> Freguelli	<i>Nitzschia rolandii</i> Schrader emend. Koizumi	<i>Nitzschia</i> spp.	<i>Raphoneis</i> sp.	<i>Rhizosolenia hebetata</i> (Bailey) Gran s. l.	<i>Rouxia californica</i> M. Peragallo in Tempère et Peragallo	<i>Paralia sol</i> (Ehrenberg) R.M. Crawford s.l.	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	<i>Proboscia barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle	<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville et Arnott) Ralits	<i>Stephanopyxis</i> spp.	<i>Synedra</i> spp.	<i>Thalassionema hiroakienensis</i> (Kanaya) Schrader	<i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grunow) Mereschkowsky	<i>Thalassionema nitzschoides</i> var. <i>parva</i> Heiden in Heiden et Kolbe	<i>Thalassionema schraderi</i> Akiba	<i>Thalassionema</i> cf. <i>schraderi</i> Akiba	<i>Thalassiosira antiqua</i> (Grunow) Cleve-Euler	<i>Thalassiosira</i> aff. <i>convexa</i> Mukhina	<i>Thalassiosira temperei</i> (Brun) Akiba et Yanagisawa	<i>Thalassiosira lineata</i> Jousé	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>manifesta</i> Sheshukova-Poretzkaya	<i>Thalassiosira nidulus</i> (Tempère et Brun) Jousé	<i>Thalassiosira yabei</i> (Kanaya) Akiba et Yanagisawa	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow	<i>Triceratium</i> spp.	Total valves								
MSK00	<i>N. kamtschatica</i> Zone	NPD7B						1	3	1	1	1		2	1			1	21	6					2	9					6							100				
MSK01	<i>N. kamtschatica</i> Zone	NPD7B						1	1	1	1				1			1	8						1	14					21							100				
MSK02	<i>N. kamtschatica</i> Zone	NPD7B						3	1		1														2	8					8							100				
MSK03	<i>R. californica</i> Zone	NPD7A												6		1			4						3		2				4							100				
MSK04	<i>R. californica</i> Zone	NPD7A								1			6	21		1											5	1										100				
MSK05	barren zone																																						100			
MSK06	barren zone																																						100			
MSK07	barren zone																																						100			
NTR00	<i>D. dimorpha</i> Zone	NPD5D		R			VR		VR			VR				VR								VR																100		
NTR01	<i>N. kamtschatica</i> Zone?	NPD7B?						R								VR									A	VR														100		
NTR02	<i>R. californica</i> Zone	NPD7A				R						R		R	R	R												R												100		
NTR05	<i>R. californica</i> Zone	NPD7A						R				C	R	R	R	R									R															100		
NTR10	<i>R. californica</i> Zone	NPD7A						R				C		R																											100	
NTR20	<i>R. californica</i> Zone	NPD7A	R									C		R																											100	
NTR30	<i>T. schraderi</i> Zone	NPD6B	R					VR				C		R	R		VR																								100	
NTR101	<i>T. schraderi</i> Zone	NPD6B										R	R	R	R	R												R													100	
NTR102	<i>T. schraderi</i> Zone	NPD6B	VR						VR			VR	VR	VR	VR	VR												VR													100	
NTR103	<i>T. schraderi</i> Zone	NPD6B													R	R																										100
NTR104	<i>T. yabei</i> Zone	NPD5C										R		R	R	R																										100
NTR32	<i>T. yabei</i> Zone	NPD5C										VR							C	A																						100
NTR41	<i>T. yabei</i> Zone	NPD5C	R						VR			R																														100
NTR50	<i>T. yabei</i> Zone	NPD5C										C																														100
NTR64	<i>T. yabei</i> Zone	NPD5C	R									C																														100
NTR67	<i>T. yabei</i> Zone	NPD5C	R	R			VR					C																														100
NTR70	<i>T. yabei</i> Zone	NPD5C	R	R								A				R																										100

Fig. 8. Biostratigraphic correlation of the siliceous sedimentary sequences of the West and East sections. Biochronologic time scale is after Obuse (2014), adapted to the geochronologic time scale of Lourense et al. (2004).

～04 の層序区間は *R. californica* 帯(NPD7A)に相当すると考えられる。

考 察

1. 堆積年代およびルート間の対比

以上より、西ルートの呼人層の下部(層位的深度 95～220 m)は放散虫の *L. magnacornuta* 帯の下部(11.8～10.1 Ma)と珪藻化石帯の *T. yabei* 帯(NPD5C, 11.4～10.0 Ma)に相当することから、その堆積年代は 11.4～10.1 Ma の範囲内であると推定される(Fig. 8)。層位的深度約 95 m の砂岩層の層準において珪藻の *D. dimorpha* 帯(NPD5D, 10.0～9.3 Ma)と *D. katayamae* 帯(NPD6A, 9.3～8.7 Ma)の 2 帯が欠如していると推定された。このことから、この砂岩層の下底で年数にして少なくとも 130 万年間に及ぶ地層を欠く不整合の存在が推定される。この砂岩層よりも上位の呼人層は珪藻化石の *T. schraderi* 帯(NPD6B, 8.7～7.7 Ma)、*R. californica* 帯(NPD7A, 7.7～6.5 Ma)に対比されることから、その年代は 8.7 Ma から 6.5 Ma の範囲と考えられる。放散虫からは深度約 40～70 m の層位区間が *L. barbatus* 帯(7.0～6.1 Ma)ないし *A. acqulonium* 帯(6.1～5.3 Ma)に対比される可能性が示唆された。これは珪藻化石による化石帯年代と矛盾しない。また、深度 70～92 m の区間が *L. magnacornuta* 帯の上部(10.1～9.0 Ma)に対比される可能性も示唆されたが、これは珪藻化石帯よりも古い時代を示すことになり、明らかに矛盾する。このことから西ルートの呼人層上部から産出した *L. magnacornuta* が誘導化石であることが示唆される。

なお、放散虫化石では *Larcopyle pylomaticus* 帯以新を明示する種の産出は認められなかった。また、珪藻化石では

NPD7Bb 亜帯以新を明示する種の産出は認められなかった。これらのことから、西ルートの呼人層は鮮新世に及んでいないと考えられる(Fig. 8)。

東ルートにおける能取層の最上部は放散虫の *L. barbatus* 帯～*A. acqulonium* 帯(7.0～5.3 Ma)に相当し、珪藻の *N. kamtschatica* 帯の基底(6.5 Ma)よりも下位に相当することを考慮すると、結果的に *L. barbatus* 帯に限定され、その年代は 7.0～6.5 Ma に入ると考えられる。能取層と呼人層の境界の年代も、同様に 7.0～6.5 Ma の範囲内と考えられる。さらに、東ルートの呼人層の上部は珪藻の *N. kamtschatica* 帯(NPD7B, 6.5～3.5 Ma)に相当することから、東ルートの呼人層の年代は 7.0～3.5 Ma の範囲に入る。なお、東ルートについても、放散虫の *L. pylomaticus* 帯以新および珪藻の NPD7Bb 亜帯以新を積極的に示す種の産出は認められなかった。これをふまえると、東ルートの呼人層は鮮新世に及んでいないと考えられる(Fig. 8)。

以上より、西ルートと東ルートの呼人層を比較すると、東ルートの呼人層は西ルートの呼人層の最上部に対比されるとともに、西ルートの呼人層の上部は層序的に東ルートの能取層に相当し、両者は互いに同時異相の関係にあると考えられる(Fig. 8)。呼人層と能取層が部分的に同時異相関係にあることは、福沢(1989)によっても図示されている。一方、八幡ほか(1995)は、本研究の東ルートの東方延長の能取岬における網走層上部の玄武岩から 10.62 ± 0.92 Ma の K-Ar 放射年代を報告している。網走層上部の年代がおよそ 10 Ma であるとする、西ルートの呼人層の下部は網走層に対比される(Fig. 8)。東ルート～能取岬における能取層については MSK05 試料以外に直接の年代データが知られていないため、Fig. 8 における能取層の年代範囲を点線で示した。八

幡ほか(1995)によると能取岬の能取層の基底は海緑石砂岩からなるとされているので、もしそれが堆積速度の低下や無堆積に関係するものであるならば、その層準が西ルートの呼人層中の不整合層準に相当するのかもしれない。

ところで、日本の新第三系に広く認められる女川層や稚内層を特徴づけるいわゆる硬質泥岩(ポーセラナイト)・チャートといった珪質堆積物の多くは、埋没続成作用によって珪藻土などの珪藻質堆積物が変質して後生的に生じた性質を帯びるものとされる(例えば, Mitsui and Taguchi, 1977; 水谷, 1978; Tada and Iijima, 1983; 福沢, 1985)。今回能取湖北部地域において認められた呼人層上部と能取層の層序関係も、堆積物の初生的な差を表すものではなく、堆積時にはいずれも珪藻質泥だったものが、その後生じた堆積量や熱履歴の違いによって、東ルートでは埋没が進むにつれて西ルートよりも強い続成作用を経験したために硬質泥岩化(非品質珪酸のポーセラナイト化)がより若い層準にまで及んだものと考えられる。

2. 堆積環境と不整合

上述のように、西ルートの不整合層準より上位の呼人層からは、*E. inflatum* や *D. dimorpha* といった中部～上部中新統由来の再堆積個体の産出が認められた。呼人層の上部は下部に比べて粗粒であり、少量だが硬質泥岩礫を含んでいる。これらのことから、およそ 10 Ma を境に後背地が侵食域となり、下位層が剝削され、岩石片や含有化石が堆積域へもたらされた可能性がある。西ルートでも東ルートでも *E. inflatum* と *D. dimorpha* の再堆積は NPD7A 帯に及ぶことから、その傾向はおおむね 7 Ma 頃まで続いたと考えられる。ところで、Fig. 5 に示した放散虫特徴種のうち *Cornutella profunda* は、呼人層下部(NTR70～31)に産出が限られている。この種は、いくつかのプランクトンネット調査や底質調査によって生息深度が比較的深いことが知られている(畠田, 2009)。北太平洋では、たとえば、北海道近海の底質調査データ(板木, 2004; 鈴木ほか, 2007)や、亜北極域のプランクトン調査(Tanaka and Takahashi, 2008)によると、この種の産出は水深 1,000 m 以深に限られている。こういった事実は、*C. profunda* の主な生息水深が 1,000 m よりも深いことを示唆していると考えられる。すなわち、呼人層の下部の堆積場は *C. profunda* が生息するのに十分な水深が保たれていたが、上部になるとそうではなくなった可能性がある。不整合が陸化剝削によるものか海底での侵食や無堆積によるものか明らかではないが、この層準を境に岩相が変化すること、*C. profunda* が産出しなくなることから、堆積場の環境が変化したこと、おそらくは浅海化したものと考えられる。

これまで珪藻層序学的研究により、北海道各地から *D. katayamae* 帯の欠如や *D. katayamae* 帯層準の浅海化シグナルが知られ、広域的なハイエタスや海水準の低下に関連づけた考察がなされてきた(Akiba, 1986; 嵯峨山・保柳, 1993; 嵯峨山, 2000)。このことを踏まえると、今回認められた呼人層中の不整合は、少なくとも北海道全域に及ぶ広域的なイベントの能取地域における表れであると考えることが

できる。一方、呼人層の一部には *D. katayamae* 帯の存在が知られ(小泉, 1988)、また、今回美岬層中に *D. dimorpha* 帯の珪藻質泥岩ブロックが認められた。つまり、近隣地域において *D. dimorpha* 帯～*D. katayamae* 帯の時期に呼人層が堆積し、少なくともその一部は残存するものと見られ、したがって、今回認められた不整合は、それほど広域的ではなく、比較的局地的な現象なのではないかとも考えられる。このように、広域性と局地性を兼ね備えているように見えることから、この不整合に関係する地史的イベントについての理解を深めるためにも、網走地域全体での呼人層の水平・垂直的な岩相の変化と堆積年代との関係を詳細に調査する必要があるのではないと思われる。

ま と め

能取湖北部に分布する能取層と呼人層について放散虫化石と珪藻化石の検討を行い、堆積年代を明らかにした。能取湖の湖口より西側(西ルート)の呼人層の下部は、*L. magnacornuta* 帯と *T. yabei* 帯(NPD5C)に対比され、その堆積年代は 11.4～10.1 Ma と考えられる。呼人層の上部は *T. schraderi* 帯～*R. californica* 帯(NPD6B～7A)に相当することから、その堆積年代は 8.7～6.5 Ma と考えられる。呼人層下部と上部の境界の砂岩層の下底の層準には、*D. dimorpha* 帯～*D. katayamae* 帯(NPD5D～6A, 10.0～8.7 Ma)の欠損により不整合が推定された。能取湖の湖口より東側(東ルート)の呼人層は、*R. californica* 帯(NPD7A, 7.7～6.5 Ma)から *N. kamtschatica* 帯(NPD7B, 6.5～3.5 Ma)に対比された。また、東ルートにおける能取層と呼人層の境界は *L. barbatus* 帯中に位置づけられ、その年代は 7.0～6.5 Ma の範囲にあると考えられた。ただし、いずれのルートにおいても放散虫・珪藻ともに鮮新世を明示する種の産出は認められなかった。西ルートと東ルートを比較すると、西ルートの呼人層の上部は能取層と、呼人層の下部は網走層と同時異相の関係にあると推定される。また、西ルートにおける呼人層の堆積年代と岩相変化や誘導化石を考慮すると、10 Ma 頃を境に後背地が侵食域へ転じたことが推定される。

謝 辞

山形大学理学部地球環境学科(当時)の福原健文氏には試料採取の際にご協力いただいた。オホーツク総合振興局には網走国定公園内における土石の採取について許可していただいた(才環生第 104-55 号指令および同 56 号指令)。査読者の秋葉文雄氏と匿名の査読者ならびに編集委員の山崎 誠氏による査読・ご指摘により、本論文は大幅に改善された。ここに記して厚く御礼申し上げる。

文 献

- 秋葉文雄(Akiba, F.), 1979, *Denticula dimorpha* とその類縁種の形態, および新第三系珪藻化石層序区分(The morphologies of *Denticula dimorpha* and its related species, and the Neogene diatom biostratigraphy of Japan)*. 石資技研所報(Bull. Tech. Lab. JAPEX), 22, 148-189.
Akiba, F., 1986, Middle Miocene to Quaternary diatom biostra-

- tigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench, and modified Lower Miocene through Quaternary diatom zones for middle-to-high latitudes of the North Pacific. In Kagami, H., Karig, D. E., Coulbourn, W. T., eds., *Init. Rept., DSDP, 87*, Washington (U. S. Govt. Printing Office), 393–481.
- 秋葉文雄・柳沢幸夫・谷村好洋 (Akiba, F., Yanagisawa, Y. and Tanimura, Y.), 2012, 6.2 北太平洋の珪藻化石層序の誕生から完成まで (North Pacific diatom stratigraphy)*. 谷村好洋・辻彰洋編著, 国立科学博物館叢書 13 微化石—顕微鏡で見るプランクトン化石の世界 (*A Book Series from the National Museum of Nature and Science No. 13, Microfossils: Their Microscopic World Explored*), 東海大出版 (Tokai Univ. Press), 297–311.
- 番場猛夫・丸山修司・山屋政美・村瀬 正・池田国昭 (Bamba, T., Maruyama, S., Yamaya, M., Murase, T. and Ikeda, K.), 1967, 網走市能取湖周辺の砂鉄・珪藻土鉱床 (Deposits of iron sand and diatomite in the area surrounding Lake Notoro, Abashiri)*. 北海道地下資源調査資料 (*Rep. Min. Res. Hokkaido*), **108**, 1–7.
- 千谷好之助 (Chitani, Y.), 1930, 北海道北見國網走町附近に於ける石油徴候と地質に就いて (Oil indications and geology of Abashiri region, Kitami, Hokkaido)*. 地学雑誌 (*Jour. Tokyo. Geogr. Soc. (Chigaku Zasshi)*), **42**, 32–39.
- 藤原哲夫 (Fujiwara, T.), 1976, 北海道における珪藻土資源 (Diatomite resources in Hokkaido). 地下資源調査所報告 (*Rep. Geol. Surv. Hokkaido*), **48**, 123–127.
- 福沢仁之 (Fukusawa, H.), 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”・“声間”層について (Late Neogene formations in the Tempoku-Haboro region, Hokkaido, Japan: Stratigraphic reinvestigation of the “Wakkanai” and “Koetoi” Formations). 地質雑誌 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **91**, 833–849.
- 福沢仁之 (Fukusawa, H.), 1989, Biosiliceous shale の時空分布からみた日本海・オホーツク海の形成 (予報) (Distribution of biosiliceous shale and development of Japan Sea and Okhotsk Sea)*. 月刊地球 (*Chikyu Monthly*), **11**, 284–291.
- 畠田健太朗 (Hatakeda, K.), 2009, 現世放散虫に関する生態情報リスト (Compiled ecological data on living Polycystine radiolarians). 大阪微化石研究会誌, 特別号 (*News Osaka Micropaleontol., Spec. Vol.*), **14**, 31–41.
- 板木拓也 (Itaki, T.), 2004, GH03 航海で採取したプランクトン試料および表層堆積物中に認められる親潮域の放散虫群集 (Radiolarian assemblages from plankton-net and surface sediments collected by GH03 cruise in Oyashio region)*. 地質調査総合センター速報 (*GSI Interim Rep.*), **30**, 104–111.
- Kamikuri, S., Nishi, H. and Motoyama, I., 2007, Effects of late Neogene climatic cooling on North Pacific radiolarian assemblages and oceanographic conditions. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **249**, 370–392.
- 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. *Island Arc*, **13**, 191–226.
- 小泉 格 (Koizumi, I.), 1988, 北海道東部地域における珪藻層序. 日本古生物学会 1988 年年会予稿集 (1988 Annu. Meet. Palaeontol. Soc. Japan, Abstr.), 91.
- 国分公貴・岡村 聡・八幡正弘・古山勝彦・長尾敬介 (Kokubu, K., Okamura, S., Yahata, M., Furuyama, K. and Nagao, K.), 1994, 北海道東部, 新第三紀火山岩類の岩石学的性質の変遷 (Petrological variation with time and space in the Neogene volcanic rocks from east Hokkaido). 地質雑誌 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **100**, 658–674.
- Lourens, L., Hilgen, F., Shackleton, N. J., Laskar, J. and Wilson, D., 2004, The Neogene Period. In Gradstein, F., Ogg, J. and Smith, A., eds., *A Geologic Time Scale 2004*, Cambridge Univ. Press, 409–440.
- Maruyama, T., 1984a, Miocene diatom biostratigraphy of on-shore sequences on the Pacific side of Northeast Japan, with reference to DSDP Hole 438A (Part 1). *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser.*, **54**, 141–164.
- Maruyama, T., 1984b, Miocene diatom biostratigraphy of on-shore sequences on the Pacific side of Northeast Japan, with reference to DSDP Hole 438A (Part 2). *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser.*, **55**, 77–140.
- Mitsui, K. and Taguchi, K., 1977, Silica mineral diagenesis in Neogene Tertiary shales in the Tempoku district, Hokkaido, Japan. *Jour. Sediment. Petrol.*, **47**, 158–167.
- 水谷伸治郎 (Mizutani, S.), 1978, 珪質堆積岩の続成作用初期にみられる珪酸鉱物の変化 (Silica minerals in the early stage of diagenesis of siliceous sediments). 地質学論集 (*Mem. Geol. Soc. Japan*), **15**, 81–90.
- Motoyama, I., 1996, Late Neogene radiolarian biostratigraphy in the subarctic Northwest Pacific. *Micropaleontology*, **42**, 221–262.
- 本山 功 (Motoyama, I.), 1999a, 本邦含油新第三系をめぐる放散虫化石層序の進歩—化石帯区分の進歩 (A review of radiolarian biostratigraphy for the oil-bearing Neogene of Japan: Advances in biostratigraphic resolution). 石技誌 (*Jour. Japan. Assoc. Petrol. Technol.*), **64**, 28–39.
- 本山 功 (Motoyama, I.), 1999b, 本邦含油新第三系をめぐる放散虫化石層序の進歩—石油探鉱への適用 (A review of radiolarian biostratigraphy for the oil-bearing Neogene of Japan: Application to petroleum geology). 石技誌 (*Jour. Japan. Assoc. Petrol. Technol.*), **64**, 268–281.
- 本山 功 (Motoyama, I.), 2014, 2.7.1.4 放散虫 (Radiolaria)*. 石油鉱業便覧 (*Petroleum Technology Handbook 2013*), 石油技術協会 (Japan. Assoc. Petrol. Technol.), 229–231.
- 本山 功・丸山俊明 (Motoyama, I. and Maruyama, T.), 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 (Neogene diatom and radiolarian biochronology for the middle-to-high latitudes of the Northwest Pacific region: Calibration to the Cande and Kent's geomagnetic polarity time scales (CK92 and CK95)). 地質雑誌 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **104**, 171–183.
- 日本の地質「北海道地方」編集委員会編 (Editorial Committee of Hokkaido, Regional Geology of Japan, ed.), 1990, 日本の地質 I「北海道地方」 (*Regional Geology of Japan, Vol. 1 Hokkaido*). 共立出版 (Kyoritsu Shuppan), 337p.
- 小布施明子 (Obuse, A.), 2014, 2.7.1.1 古生物分析総論 (Paleontological methods)*. 石油鉱業便覧 (*Petroleum Technology Handbook 2013*), 石油技術協会 (Japan. Assoc. Petrol. Technol.), 221–223.
- 嵯峨山積 (Sagayama, T.), 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 (Middle Miocene to Pliocene stratigraphy and movement of sedimentary basin in Neogene of Hokkaido, Japan). 北海道立地質研究所報告 (*Rep. Geol. Surv. Hokkaido*), **71**, 59–102.
- 嵯峨山積・保柳康一 (Sagayama, T. and Hoyanagi, K.), 1993, 北海道北部地域の新第三系珪藻生層序と 10Ma 前後の低海水準期の検討 (Neogene diatom biostratigraphy and the sea-level fall around 10 Ma in the northern Hokkaido, Japan). 地球科学 (*Earth Sci. (Chikyu Kagaku)*), **47**, 423–438.
- 佐々保雄・井上 武 (Sasa, Y. and Inoue, T.), 1939, 北見國網走町附近の第三系層序 (The stratigraphical study of the Tertiary formations at Abashiri, Hokkaido). 石技誌 (*Jour. Japan. Assoc. Petrol. Technol.*), **7**, 418–429; 519–523; 547–557.
- 佐藤伝蔵 (Sato, D.), 1922, 北海道珪藻土調査邦文 (Diatom-earth in the Hokkaido). 工業原料用礦物調査報告 (*Industrial Mineral Surv. Rep.*), **12**, 1–25.
- 沢村孝之助・山口昇一 (Sawamura, K. and Yamaguchi, S.), 1961, 網走—浦幌地域の硬質頁岩層の珪藻による対比 (Correlation of the hard shales by diatom in the Abashiri-Urahoro area, East Hokkaido). 地調月報 (*Bull. Geol. Surv. Japan*), **12**, 885–890.
- 嶋田智恵子 (Shimada, C.), 1993, 北海道東部網走市能取半島付近の

- 新第三系珪藻層序(Diatom biostratigraphy of the Neogene around Noto Peninsula, Abashiri, eastern Hokkaido, Japan)*. 日本古生物学会 1993 年年会予稿集(1993 *Annu. Meet. Palaeontol. Soc. Japan, Abstr.*), 24.
- 島田忠夫(Shimada, T.), 1961, 5 万分の 1 地質図幅「網走」および同説明書(*Geological Map of Japan, Scale 1: 50,000, 'Abashiri', and its Explanatory Text*). 地質調査所(Geol. Surv. Japan), 20p.
- 島田忠夫・矢崎清貫(Shimada, T. and Yazaki, K.), 1956, 網走市附近地質調査報告(Geological report in the environs of Abashiri, Hokkaido). 石技誌(*Jour. Japan. Assoc. Petrol. Technol.*), **21**, 225–231.
- 島田忠夫・矢崎清貫(Shimada, T. and Yazaki, K.), 1958, 北海道網走市附近地質調査報告(Geologic surveys of natural gas and oil near Abashiri City, East Hokkaido). 地調月報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **9**, 169–178.
- 鈴木紀毅・鹿納晴尚・曾野明洋(Suzuki, N., Kano, H. and Sono, A.), 2007, GH06 航海で採取された日高沖の表層堆積物中の放散虫群集からみた生息上限水深(予報) (Preliminary report of depth-related distribution of radiolarians in surface sediments off Hidaka, GH06 cruise)*. 地質調査総合センター速報(*GSJ Interim Rep.*), **39**, 112–118.
- Tada, R. and Iijima, A., 1983, Petrology and diagenetic changes of Neogene siliceous rocks in northern Japan. *Jour. Sediment. Petrol.*, **53**, 911–930.
- Tanaka, S. and Takahashi, K., 2008, Detailed vertical distribution of radiolarian assemblage (0–3000 m, fifteen layers) in the central subarctic Pacific, June 2006. *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D, Earth Planet. Sci.*, **32**, 49–72.
- 八幡正弘・西戸裕嗣・岡村 聡(Yahata, M., Nishido, H. and Okamura, S.), 1995, 東部北海道, 網走—阿寒地域の新第三紀火山岩類の K–Ar 年代—阿寒—屈斜路隆起帯の形成について(K–Ar ages of Neogene volcanic rocks from the Abashiri-Akan district, eastern Hokkaido, Japan: with special reference to the formation of the Akan-Kutcharo Uplift Zone). 地球科学(*Earth Sci. (Chikyū Kagaku)*), **49**, 7–16.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F., 1990, Taxonomy and phylogeny of the three marine diatom genera, *Crucidenticula*, *Denticulopsis* and *Neodenticula*. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **41**, 197–301.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F., 1998, Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **104**, 395–414.

* English translation from the original written in Japanese

(著者の役割)

本論文は本山・五十嵐・江口・須藤・鈴木による現地調査, 本山・五十嵐・須藤による放散虫分析, および丸山・江口・鈴木による珪藻分析の結果をまとめたものである。

(要 旨)

本山 功・丸山俊明・五十嵐 滯・江口瑞紀・須藤めぐみ・鈴木政文, 2018, 北海道能取湖付近の上部中新統呼人層の放散虫・珪藻化石層序. 地質雑, **124**, 517–532. (Motoyama, I., Maruyama, T., Igarashi, M., Eguchi, M., Suto, M. and Suzuki, M., 2018, Radiolarian and diatom biostratigraphy of the Upper Miocene Yobito Formation near Lake Noto, Hokkaido, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **124**, 517–532.)

能取湖北部に分布する呼人層から抽出した放散虫化石と珪藻化石に基づいて, 湖口の東西(西ルートと東ルート)の対比を行った. 両化石データを総合すると, 西ルートと東ルートの呼人層の年代は, それぞれ 11.4~6.5 Ma と 7.0~3.5 Ma と見積もられた. これは, 西ルートの珪藻質堆積物の上部の大部分は層序的に東ルートの硬質泥岩相(能取層)に相当すること, また, 西ルートの珪藻質堆積物の下部は能取岬の網走層の火山岩類に相当することを示している. このうち呼人層と能取層の同時異相関係は, シリカの相転移を伴う続成過程の地域差を反映していると考えられる. また, 珪藻データは, 呼人層中部の砂岩層の層準に不整合が存在することを示している. 不整合層準よりも上位の地層から放散虫および珪藻の誘導化石と硬質泥岩礫が産出することを考慮すると, 10 Ma 頃を境に後背地が侵食域へ転じたことが推定される.

科学論文では, 学説の検証可能性を保証することが重要です. そのため, 地質学雑誌掲載論文には, 重要な証拠となった試料がどこで得られたかを示しているものがあります. 言うまでもないことですが, 見学や採取を行う場合, 各自の責任において地権者や関係官庁への連絡と許可の取得の必要があることにご注意下さい. 詳しくは, 以下のサイトをご覧ください.

<http://www.geosociety.jp/publication/content0073.html>

一般社団法人日本地質学会