西南北海道今金地域の新第三系黒松内層から産出した放散虫化石による生層序年代

Radiolarian biostratigraphy from the Neogene Kuromatsunai Formation in the Imakane area, southwestern Hokkaido, Japan

板木拓也* 能條 歩**

Takuya Itaki and Ayumu Nojo

2004年1月20日受付.

2004年3月18日受理.

* 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻
Department of Earth and Planetary Science, University of
Tokyo, Tokyo 113-0033, Japan.

** 北海道教育大学岩見沢校理科教育研究室
Department of Science Education, Iwamizawa College,
Hokkaido University of Education, Hokkaido 068-8642, Japan.

Abstract: Depositional age of the Kuromatsunai Formation was examined on the basis of biostratigraphic study of Neogene radiolarians in the Imakane area, southwestern Hokkaido, Japan. Three radiolarian biozones, the *Lithelius barbatus* Zone (6.8-5.6 Ma), the *Stylocarium aciculatum* Zone (5.6-5.2 Ma), and the *Spongurus pylomaticus* Zone (5.2-4.2 Ma), were recognized from the Sumiyoshi Siltstone Member of the formation. The lowest and the upper most parts of the member were correlated to the middle part of the *L. barbatus* Zone (ca. 6 Ma) and the base of the *S. pylomaticus* Zone (5.2 Ma), respectively.

Key words: Kuromatsunai Formation, Imakane, southwestern Hokkaido, Neogene, Radiolaria, biostratigraphy

はじめに

新第三系黒松内層は、西南北海道に広く分布するシルト岩～細粒砂岩の卓越する地層で、この地域における標準層序のひとつとされてきた。能條ほか (1994b) は、今金地域に分布するシルト岩～細粒砂岩を住吉シルト岩部層と命名し、珪藻化石と放散虫化石などから、その堆積期を前～後期鮮新世と報告した。この堆積年代は主に珪藻化石に基づいており、放散虫化石帯については中世古・菅野 (1973) の従来の化石帯を用いて中新世から鮮新世に位置づけられることを指摘するに留まっていた。しかし近年、北太平洋中・高緯度地域の第三系に関する詳細な放散虫化石層序が提唱され (Motoyama, 1996)、さらに本山・丸山 (1998) により珪藻化石層序および Cande and Kent (1995) (以下 CK95 とする) の古地磁気年代との対応関係も示されており、放散虫化石層序による、中高緯度でのより正確な堆積年代の議論が可能と

Fig.1. Locality of the Imakane area and sampling locations in the study area. This map is from 1:50,000 topographic map "Imakane" published by the Geographical Survey Institute of Japan.

なっている。そこで著者らは、本山・丸山 (1998) の化石帯に基づいて住吉シルト岩部層の放散虫化石層序の再検討を行い、黒松内層のより詳細な堆積年代を明らかにした。

地質概説

黒松内層は、長尾・佐々 (1933) により西南北海道の黒松内町朱太川流域に分布するシルト岩～細粒砂岩に対して命名され、以後西南北海道に広く分布する中新～鮮新統のシルト岩～細粒砂岩層のほとんどは黒松内層と呼ばれるか、あるいは黒松内層に対比されてきた。その後、能條ほか (1994b) は上位および下位の地層との関係が明瞭な今金町地域を中心に黒松内層を再定義し、一部に混乱のあった層序を再編した。この再定義により、黒松内層は下部から住吉シルト岩部層 (最大層厚 780 m) ・サッカルベツ火砕岩部層 (最大層厚 270 m) ・奥沢砂岩部層 (最大層厚 190 m) に再区分され、"硬質頁岩" で特徴付けられる下位の八雲層とは整合漸移関係で一部指交関係、砂岩で特徴付けられる上位の瀬棚層とは不整合関係とされた。本論では、この層序に従うことにする。なお、各地層の分布や構造などに関する詳細は能條ほか (1994b) を参照されたい。

本研究で放散虫化石の検討を行ったのは、能條ほか (1994b) の調査地域と同じ今金町地域である (Fig.1)。この地域の黒松内層住吉シルト岩部層には、能條ほか (1994b) によりそれぞれ Kpt1 ～ 5 と命名された層厚数 m の計 5 枚の軽石凝灰岩層が含まれ、重要な鍵層となっている (Fig.2)。

Fig.2. Stratigraphic correlation of study sections based on radiolarian zones and the Kuromtsunai pumice tuffs (Kpt). These columnar sections are referred from Nojo et al. (1994b).

また、能條ほか (1994b) では、整合漸移関係にある八雲層と黒松内層との境界を定めるにあたって、シルト岩層の下限付近にある Kpt1 を目安として、それより下位を八雲層と再定義している。また、Kpt5 より上位は岩相に基づいてサックルベツ火砕岩部層と定義されているため、Kpt1 の下限と Kpt5 の上限がそれぞれ住吉シルト岩部層の下限と上限にあたる (Fig.2)。

住吉シルト岩部層の堆積年代は、Kpt1 の下位約 80 ~ 60 m 付近に Koizumi (1985) の *Neodenticula kamtschatica* 帯と *Thalassiosira oestrupii* 帯の境界が存在するという珪藻化石の分析結果 (能條ほか, 1994b) および上位のサックルベツ火砕岩部層中の安山岩の K-Ar 年代が約 2Ma であること (能條ほか, 1994a) に基づき、前〜後期鮮新世とされている。

放散虫化石と堆積年代

1. 処理法

放散虫化石の検鏡のため、黒岩川、志文内、および住吉セクションからそれぞれ採取された合計 22 試料について次の処理を行った。約 20 g のシルト岩〜細粒砂岩を細かく砕きビーカーに入れ、これを 15 % 過酸化水素水で反応させた後、250 メッシュ (63 μm) の篩で水洗した。次に、この残渣から沈殿分離法 (板木, 2003) を用いて放散虫化石を効率的に抽出した。ここで抽出された粒子はエンテラン・ニューを用いて 1 ~ 3 枚のスライドに封入した。放散虫化石の観察は、100 ~ 200 倍の光学顕微鏡で行った。群集組成を調べるた

Table 1. Radiolarian fossils from the study sections (K, Kuroiwagawa section; J, Shibunnai section; D and E, Sumiyoshi section). Plus signs (+) indicate presence of specimens in the sample but not counted. Radiolarian biozones: Sp=*S. pyromaticus* Zone; Sa=*S. acquilonium* Zone; Lb=*L. barbatus* Zone.

Section	Sample	<i>Asophrum angelinum</i> (Campbell & Clark)	<i>Cometella profunda</i> Ehrenberg	<i>Cycladophora sakaii</i> Motoyama	<i>Druparctus irregularis</i> Popofsky	<i>Lithelium barbatus</i> Motoyama	<i>Lychnocanoma parallelipes</i> Motoyama	<i>Spongoplegma variabilatum</i> Nakaseko	<i>Spongoplegma</i> (?) sp.	<i>Spongostochus glacialis</i> Popofsky	<i>Spongurus pyromaticus</i> Riedel	<i>Stichocorys delmontensis</i> (Campbell & Clark)	<i>Stichocorys peregrina</i> Riedel	<i>Stichocorys</i> sp.	<i>Stylocanarium acquilinum</i> (Hays)	<i>Stylochlamydim venustum</i> (Bailey)	<i>Stylodictya</i> spp.	<i>Stylodictya japonica</i> Nakaseko	<i>Thecosphaera pseudojaponica</i> Nakaseko	<i>T. aff. pseudojaponica</i>	<i>Thecosphaera redondensis</i> (Campbell & Clark)	Total count	Radiolarian biozone
K	K11	2	56	1	162				21		2	14	9	1	12	21	7	4	2	364	Sa		
	K10	1	1	6	196	13	15		13		2	8	2	2	14	12	1	1	1	324	Lb		
	K9	1	1	21	1	178	13	31		12		2	2	2	3	15		1	1	322	Lb		
	K8	2	1	15	92	8	55		78			2	4	1	65	52			5	398	Lb		
	K5	3	1	26	177	+	4		11		+	7	8	1	5	156			1	2	421	Lb	
	K1'	16	57		20	3	14	1	8			3	4	8			193				1	431	Lb
	K0	1	2	5		5					2					34				1		87	Lb
J	K17	1	3		1				2	38	3		1		8		3	1	2		71	Sp	
	K16		3	1	1				14	22	2		2		8	1	3		2		84	Sp	
	K20	1	1		163		1		15			2	6	4	4	11	1				212	Sa	
	K19	6			177				6	56		17	16		17	6	5	2	1	4	344	Lb	
	K18	1	2		96	3	4	3	19		1	4	3	1	37	5					2	199	Lb
D	K15	2			51	2	2	19				1	3		23	4	5	1	2		147	Sa	
	K21	1	2		178			41							22	10	3	2			296	Sa	
E	K14	2		6	4	38	3	19	19		1				19	40				1	187	Lb	
	K13	2		62	1	101	6	26	33		4	1	23	11						2	6	342	Lb
	K12		30	1	71	5	37		41			1	3	2	36	28				1	3	373	Lb

めに 1 試料につき 71 ~ 431 個体を鑑定・計数し、さらに作成したスライド全てを観察して新たな種が産出すればこれを記録した。

2. 結果

放散虫化石は、検鏡した全ての試料から産出した。このうち、化石帯の同定に至ったのは、放散虫化石の産出リスト (Table 1) に示した 17 試料である。これらの試料の採取地点は Fig.1 に示し、Table 1 で認定した各ルートにおける放散虫化石生層準の層位的位置を鍵層 (Kpt1 ~ 5) の対比とともに Fig.2 に示した。なお、地層区分および柱状図は能條ほか (1994b) に基づき、放散虫化石帯の定義は Motoyama (1996) に、化石帯の年代は CK95 の地磁気年代尺度に基づいた本山・丸山 (1998) を参考にした。

(I) 黒岩川セクション 能條ほか (1994b) の柱状 K に示された 5 試料 (K5, K8, K9, K10, K11) と新たに追加した 2 試料 (K0, K1') について放散虫年代を検討した。なお K0 と K1' は、それぞれ能條ほか (1994b) の K1 の約 20 m 下位と K1 付近に相当する。最も下位の K0 では、5 個体の *Lithelium barbatus* Motoyama (Fig.3.d) が認められた。この試料で計数している放散虫の個体数は少ないものの、本種の全放散虫に対する相対産出頻度は 5.7 % を示した。この試料からは *Lychnocanoma parallelipes* Motoyama (Fig.3.f) は産出しなかったものの、この直上から採取された K1' には認められるため、K0 は *Lithelium barbatus* 帯 (ca. 6.8 ~ 5.6 Ma) に対比される可能性が高い。試料 K1', K5, K8, K9, K10 では、*L. barbatus* が多産し、*L. parallelipes* も同時に産出するため、*Lithelium barbatus* 帯 (ca. 6.8 ~ 5.6 Ma) に対比される。K8, K9, K11 では、*Stylocanarium*

Fig.3. Photomicrographs of Neogene radiolarians from the Kuromatsunai Formation: a and b, *Thecosphaera japonica* Nakaseko, (K16); c, *Spongurus pylomaticus* Riedel, (K17); d, *Lithelius barbatus* Motoyama, (K21); e, *Stylocontarium acquilonium* (Hays), (K13); f, *Lychnocanoma parallelipes* Motoyama, (K14); g, *Theocorys redondoensis* (Campbell and Clark), (K13); h, *Stichocorys* sp., (K5); i, *Stichocorys peregrina* Riedel, (K19). Scale bar shows 100 μ m.

acquilonium (Hays) (Fig.3.e) が産出した。この種の出現層準は *L. barbatus* 帯に存在するとされており、上記の対比と矛盾しない。K11 は、*L. barbatus* の優占、*L. parallelipes* の不産出、*Thecosphaera japonica* Nakaseko (Figs.3.a, 3.b) の産出から *Stylocontarium acquilonium* 帯 (5.6 ~ 5.2 Ma) に対比される。

(2) 志文内セクション 能條ほか (1994b) の柱状 J に示された K16 および新たに採取した 4 試料 (K18, K19, K20, K17) について放散虫年代を検討した。K18 は Kpt3 直上、K19 は Kpt4 の上位 240 m、K20 は K16 の下位 100 m、K17 は Kpt5 の下位 4m にそれぞれ相当する。K18 では、*L. barbatus* が多産し、*L. parallelipes* も同時に産出するため、*L. barbatus* 帯 (ca. 6.8 ~ 5.6 Ma) に対比される。K19 と K20 は、*L. barbatus* の優占、*L. parallelipes* の不産出、*T. japonica* の産出、および *Spongurus pylomaticus* Riedel (Fig.3.c) の不産出から *S. acquilonium* 帯 (5.6 ~ 5.2 Ma) に対比される。K16 と K17 では、*L. barbatus* の産出が僅かで、*S. pylomaticus* が産出する。また、*Stichocorys peregrina* Riedel (Fig.3.i) あるいは *Stichocorys* sp. (Fig.3.h) が産出して、*Stichocorys* group の最終多産出/連続産出層準 (last common or consistent occurrence: LCO) (4.2 Ma) よりも下位にあると考えられることから、これらの試料は *Spongurus pylomaticus* 帯 (5.2 ~ 4.2 Ma) に対比される。K20 と K16 の間には、*L. barbatus* の急減層準 (rapid decrease: RD) (5.3 Ma) と *S. pylomaticus* の出現層準 (first occurrence: FO) (5.2 Ma) が存在する。

(3) 住吉セクション 能條ほか (1994b) の柱状 E から の 2 試料 (K12, K13) と柱状 D に示された 2 試料 (K14, K15) および新たに採取した 1 試料 (K21; Kpt4 の上位約 50 m) の計 5 試料について放散虫化石を検討した。試料 K12, K13, K14 では、*L. barbatus* の頻度が高く、*L. parallelipes* が産出するため、*L. barbatus* 帯 (6.8 ~ 5.6 Ma) に対比される。これらの試料からは、*L. barbatus* 帯で出現したとされる *S. acquilonium* が産出する。K21 と K15 は、*L. barbatus* の優占、*L. parallelipes* の不産出、*T. japonica* の産出から、*S. acquilonium* 帯 (5.6 ~ 5.2 Ma) に対比される。

以上の 3 セクションの結果をまとめると、住吉シルト岩部層は、下部が *L. barbatus* 帯 (ca. 6.8 ~ 5.6 Ma)、中部が *S. acquilonium* 帯 (5.6 ~ 5.2 Ma)、上部が *S. pylomaticus* 帯 (5.2 ~ 4.2 Ma) に対比され、Kpt4 付近には *L. barbatus* 帯と *S. acquilonium* 帯の境界 (5.6 Ma)、Kpt5 直下に *S. pylomaticus* 帯の基底 (5.2 Ma) が存在する (Fig.2)。

考 察

今回の放散虫化石の分析結果は、住吉シルト岩部層の大部分が後期中新世に堆積したことを示している。一方、本研究と同じ調査地域 (一部同じ試料) で珪藻化石の分析を行った能條ほか (1994b) は、この部層が全て Koizumi (1985) の *T. oestrupii* 帯 (5.49 ~ 3.53-3.95 Ma) に対比されることなどからその堆積期は前~後期鮮新世であるとした。なお、*T. oestrupii* 帯の下限は *Thalassiosira oestrupii* (Ostenfeld)

Proshkina-Labrenko の初産出によって規定され、本調査地域でのシルト岩層ではこの基準面が黒岩川セクション（柱状 K）における Kpt1 の下位約 80～60 m（黒松内層基底部直下）に認められている。しかし、電子顕微鏡を用いた *Thalassiosira* 属の最近の分類学的研究によれば、光学顕微鏡観察では *T. oestrupii* と他の *Thalassiosira* 属を区分することが難しい上に、*T. oestrupii* に酷似する種が様々な生存期間を示すことから、最近では *T. oestrupii* 帯を化石帯として用いることの問題性が指摘されている（Shiono and Koizumi, 2000; Maruyama and Shiono, 2003）。

そこで、能條ほか（1994b）で示された *T. oestrupii* 以外の珪藻種をもとに化石層序を再解釈すると、全ての試料で *Neodenticula kamtschatica* (Zabelina) Akiba and Yanagisawa が多産し、*Neodenticula koizumii* Akiba and Yanagisawa が産出しないことから、Maruyama and Shiono (2003) の *N. kamtschatica* 帯（6.4～3.53-3.95 Ma）に対比される。さらに、黒岩川セクション（柱状 K）における Kpt1 の下位約 80 m（本論の K1' 付近）では *Ruxia californica* M. Paragallo が多産することから、この層準は *N. kamtschatica* 帯下限の *R. californica* の LCO（6.4 Ma）に対応すると考えられる。

このように、黒岩川セクション（柱状 K）では、珪藻化石から Kpt1 の下位 80～60 m 付近が 6.4 Ma に対比され、放散虫化石からは Kpt4 付近が 5.6 Ma に対比される。この間の堆積速度を一定と仮定すれば、住吉シルト岩部層の基底である Kpt1 は 6 Ma 付近になる。本部層の上限である Kpt5 直下の年代が放散虫化石から 5.2 Ma とされるため、住吉シルト岩部層の堆積は約 6 Ma に開始し約 5 Ma まで続いたものと考えることができる。

ところで、サックルベツ火砕岩部層上部から得られた安山岩の K-Ar 年代は約 2 Ma（能條ほか, 1994a）と報告されている。また、本調査地域近傍の北松山町と今金町の境界付近には能條ほか（1994b）および高橋ほか（2002）がサックルベツ火砕岩部層下部の“攪乱堆積物”に対比した地層（“五間橋川層”）が存在し、その珪藻化石帯は *N. koizumii*-*N. kamtschatica* 帯（3.53-3.95～2.61-2.68 Ma; Maruyama and Shiono, 2003）とされている（西塚ほか, 1989）。したがって、住吉シルト岩部層最上部とサックルベツ火砕岩部層の間には少なくとも 1 m.y. 以上の年代差が存在する。その原因としては、住吉シルト岩部層上部からサックルベツ火砕岩部層下部にかけて、「堆積速度が前後の層準に比べて遅くなる」、「1～2.5 m.y. 程度の時間間隙（堆積停止）がある」、あるいは

「攪乱の発生に伴う削剥」のいずれかの現象が起こっていた可能性が考えられる。なお、今金地域の黒松内層には、能條ほか（1994b）が指摘するように、「東に向かって急激に層厚を増し、“攪乱堆積物層”が出現する」という傾向があるので、前述の現象は、こうした本地域の黒松内層堆積期の堆積盆構造や火成活動に起因するものと考えられる。

謝 辞 筑波大学の本山 功氏と北海道立地質研究所の嵯峨山 積氏には、生層序に関する多くの有益なコメントを頂いた。北海道教育大学の都郷義寛氏と鈴木明彦氏には地質に関する議論をして頂くとともに野外調査中に様々な便宜を図って頂いた。編集幹事の入月俊明氏、査読者である秋葉文雄氏と竹村厚司氏からの建設的なご意見により本論は著しく改善された。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- Cande, S. C. and Kent, D. V., 1995, Revised calibration of geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and the Cenozoic. *Jour. Geophys. Res.*, **100**, 6093-6095.
- 板木拓也, 2003, 砂質堆積物からの放散虫殻の懸濁分離法. 化石, no.73, 38-41.
- Koizumi, I., 1985, Diatom biochronology for late Cenozoic Northwest Pacific. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **91**, 195-211.
- Maruyama, T. and Shiono, M., 2003, Middle Miocene to Pleistocene diatom biostratigraphy of the Northwest Pacific at sites 1150 and 1151. In Suyehiro, K., Sacks, I. S., Acton, G. D., and Oda, M., eds., *Proc. ODP, Sci. Results*, **186**, http://www-odp.tamu.edu/publications/186_SR/106/106.htm
- Motoyama, I., 1996, Late Neogene radiolarian biostratigraphy in the subarctic Northwest Pacific. *Micropaleontology*, **42**, 221-262.
- 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. 地質雑, **104**, 171-183.
- 長尾 巧・佐々保雄, 1933, 北海道南西部の新生代層と最近の地史 (2). 地質雑, **40**, 750-775.
- 中世古幸次郎・菅野三郎, 1973, 日本新第三紀の化石放散虫分帯. 地質学論集, no. 8, 23-33.
- 西塚知久・片山 肇・中島秀敏・丸山俊明・長谷川四郎, 1989, 北海道渡島半島中部における上部新生界の層序と微化石年代. 日本地質学会第 96 年学術大会講演要旨, 207.
- 能條 歩・鈴木明彦・日下 哉・都郷義寛, 1994a, 西南北海道今金地域の黒松内層今金火山岩類の K-Ar 年代. 地球科学, **48**, 57-62.
- 能條 歩・都郷義寛・鈴木明彦・嵯峨山 積, 1994b, 西南北海道今金地域の第三系黒松内層の岩層層序と年代. 地質雑, **100**, 771-786.
- Shiono, M. and Koizumi, I., 2000, Taxonomy of the *Thalassiosira trifulta* group in late Neogene sediments from the northwest Pacific Ocean. *Diatom Res.*, **15**, 347-374.
- 高橋裕平・能條 歩・岡村 聡・佐藤 明, 2002, 5 万分の 1 地質集成図「瀬棚ー今金ー国縫」地域. 産業技術総合研究所地質調査総合センター研究資料.