遠藤一佳*: 佐渡の沢根層における暖流系動物群の産状と意義

Kazuyoshi ENDO*: Mode of occurrence and significance of warm-water
fauna in the Sawane Formation, Sado Island

はじめに

新潟県佐渡中部、佐和田地域に分布する沢根層は保存の良い軟体動物・腕足動物・ウニ・有孔虫などの化石を多産することで古くから有名である。貝化石については、YOKOYAMA (1926), MAKIYAMA (1958), 菊池 (1958~9), 小林ほか (1976), 大森 (1977) などの研究がある。

これらの研究によれば、沢根層の貝化石群は、いわゆる大桑一万願寺動物群に属すると考えられる。ところが、小林ほか (1976) の化石リストを見ると、大桑一万願寺動物群に特徴的な寒流系の貝化石に混って、*Glycymeris pilsbryi*, *Lima zushiensis* などの明らかな暖流系の種が共存しているように記されている (現生の太平洋側における分布で、主に北緯 35° より北に棲むものを寒流系、南に棲むものを暖流系とした)。大桑一万願寺動物群の中に暖流系の種が産することは、佐渡の沢根層を含め、日本海側の各地で知られている (OGASAWARA, 1981; 小笠原, 1983)。

しかし、現在の貝類の地理的分布からみると、このように明らかな寒流系と暖流系の種が、同一海域に、同時に生息していたとは考え難い。共存して産する原因として、次の2つの可能性が考えられる。

- (1) 化石層の区分が粗すぎるために両者が共存しているようにとらえられた可能性
- (2) 両者は地層中で実際に混在するが、一方または両者が二次的に堆積した誘導化石である可能性

筆者は、本地域の化石群集の調査にあたり、貝化石群の詳細な産出層準と産状に注目しながら、この問題の解決を試みた。また、沢根層から暖流系の種が産出することの意義について若干考察した。以下に調査および考察結果の概要を述べる。

層序

佐和田地域には、新第三系と第四系が分布している。下位から、下戸層 (砂岩・シルト岩)、鶴子層 (珪質頁岩)、中山層 (珪質泥岩)、河内層 (塊状シルト岩)、沢根層 (泥

第1図 地質概略図。

- 1: 河川および段丘堆積物, 2: 沢根層主部,
- 3: 貝立砂岩部層, 4: 河内層以下の地層。

岩・砂岩・礫岩・砂泥互層)と区分される (沢根層団体研究グループ, 1973)。下戸層から河内層までは整合であり、河内層と沢根層の関係は不整合である。

沢根層はさらに細分され、下部は貝立層、上部は質場層と命名されている (新潟県有孔虫研究グループ, 1967; 沢根層団体研究グループ, 1973)。しかし、筆者はこの区分を用いず、下部の粗粒砂岩層を貝立砂岩部層と呼び、泥岩・砂岩・礫岩・砂泥互層からなる沢根層主部から独立させるにとどめた。これは、河内層の上に不整合で重なり貝立から中山にかけて分布する粗粒砂岩層は、質場

1985年6月14日受付。1985年10月18日受理。

* 東京大学理学部地質学教室。Geological Institute, Faculty of Science, University of Tokyo.

第1表 産出化石リスト (Loc. 1 と Loc. 4 は主要種のみ)。

種 名	現生種の地理的分布		生息深度分布	産 地 番 号		
	太平洋側	日本海側		1	2	4
Gastropoda						
<i>Acmaea pallida</i> (Gould)	P35-42	J32-46	N ₁ -3		+	+
<i>Emarginula fragilis</i> Yokoyama	P39	J39			+	
<i>Puncturella</i> (<i>Puncturella</i>) <i>nobilis</i> (Adams)	P39-46	J36-46	N ₁		+	
<i>Turcica coreensis</i> Pease	P31-42	J -45	N ₃ -4		+	
<i>Camitia rotellina</i> Gould	P-0-33				+	
<i>Liostinaria semiclastratula</i> (Schrenck)	P34-35	J -45?			+	
<i>Homalopoma amussitatum</i> (Gould)	P38-51	J36-46				+
<i>Homalopoma nocturnum</i> (Gould)	P33-39				+	
<i>Diala varia</i> Adams	P22-34	J -37	N ₁		+	
<i>Bittium</i> sp.					+	
<i>Epitonium</i> sp.					+	
<i>Amalthea conica</i> Schumacher	P31-42	J -42			+	
<i>Euspira</i> sp. cf. <i>pila</i> (Pilsbry)						+
<i>Proterato</i> (<i>Sulcerato</i>) <i>callosa</i> (Adams & Reeve)	P26-35	J -41	N ₀ -1		+	
<i>Cerastostoma</i> (<i>Ocenebra</i>) <i>aduncum</i> (Sowerby)	P25-39	J -42	N ₃		+	
<i>Mitrella</i> (<i>Mitrella</i>) <i>bicincta</i> (Gould)	P-0-41	J -43	N ₀ -1			+
<i>Admete cancellata</i> (Otuka)					+	
<i>Turbonilla</i> sp.					+	
<i>Solidula</i> sp.					+	
Bivalvia						
<i>Nuculana pernula sadoensis</i> (Yokoyama)	P35-40	J35-41				+
<i>Limopsis</i> (<i>Crenulilimopsis</i>) <i>crenata</i> Adams	P25-41	J -42	N ₃ -4B		+	
<i>Limopsis</i> (<i>Nipponolimopsis</i>) <i>azumana</i> Yokoyama	P33-35	J32-42			+	
<i>Glycymeris</i> (<i>Glycymeris</i>) <i>yessoensis</i> (Sowerby)	P34-44	J34?-46	N ₁	+		+
<i>Glycymeris</i> (<i>Glycymeris</i>) <i>nipponica</i> (Yokoyama)		J40		+	+	
<i>Glycymeris</i> (<i>Tucetilla</i>) <i>pilsbryi</i> (Yokoyama)	P25-41	J -41	N ₂ -4B ₂ -4		+	
<i>Acar plicata</i> (Dillwyn)	P-0-39	J -41	N ₀ -1		+	
<i>Barbatia</i> sp.					+	
<i>Striarca</i> (<i>Galactella</i>) <i>symmetrica</i> (Reeve)					+	
<i>Polynemamussium intuscostatum</i> (Yokoyama)	P31-41	J -41	N ₃ -4B ₂	+		
<i>Chlamys cosibensis</i> (Yokoyama)						+
<i>Chlamys iwakiana</i> (Yokoyama)					+	
<i>Chlamys farreri</i> (Johns & Preston)						+
<i>Patinopecten</i> (<i>Yabepecten</i>) <i>tokunagai</i> (Yokoyama)				+		+
<i>Patinopecten</i> (<i>Mizuhopecten</i>) <i>yessoensis yokoyamae</i> Masuda						+
<i>Cryptopecten vesiculosus</i> (Dunker)	P25-35	J -41	N(2)3-4B ₂ -4		+	
<i>Limatula</i> (<i>Stabilima</i>) <i>japonica</i> Adams	P25-41	J -42	N ₃ -4B ₂ -4		+	
<i>Lima quantoensis</i> Yokoyama	P35	J33			+	
<i>Monia umbonata</i> (Gould)	P25-35	J -43	N ₁ -4B ₂		+	
<i>Monia macrochisma</i> Deshayes	P39-57	J38-46		+		
<i>Pycnodonte musashiana</i> (Yokoyama)	P25-36	J -42	N ₂ -4B ₂ -4		+	
<i>Astarte</i> (<i>Astarte</i>) <i>hakodatensis</i> Yokoyama		J40-42			+	
<i>Astarte</i> (<i>Tridonta</i>) <i>alaskensis</i> Dall	P35?-70	J32-70		+	+	
<i>Astarte</i> (<i>Tridonta</i>) <i>borealis</i> (Schumacher)	P37-50	J35-46		+		+
<i>Venericardia</i> (<i>Cyclocardia</i>) <i>ferruginea</i> ((Adams) Clessin)	P33-42	J32-42		+		
<i>Venericardia</i> (<i>Megacardia</i>) <i>ferruginosa</i> (Adams & Reeve)	P25-35	J -41	N ₁ -4		+	
<i>Venericardia crebricostata</i> (Krause)	P39-72	J35-46		+		
<i>Cardita leana</i> Dunker	P23-41	J -41	N ₀ -1		+	
<i>Diplodonta semiasperoides</i> (Nomura)	P23-35	J -41		+		
<i>Conchocele bisecta</i> (Conrad)	P32,36-56	J35-42				+
<i>Lucinoma concentricum</i> (Yokoyama)	P31-42	J -42				+
<i>Nemocardium</i> (<i>Deenaea</i>) <i>samarangae</i> Makiyama	P32-36	J32-42	N ₃ -4		+	
<i>Mercenaria stimpsoni</i> (Gould)	P36?,37-45	J34-46	N ₁			+
<i>Ezocallista brevisiphonata</i> (Carpenter)	P36-45	J38-46	N ₁ -2	+		
<i>Cadella delta</i> (Yokoyama)	P35-43	J32-36	N ₁			+
<i>Myadora japonica</i> Habe	P34-41	J33-41	N ₁ -2	+	+	+
<i>Eufistulana grandis</i> (Deshayes)	P10-34				+	

現生貝類の地理的分布は、KURODA & HABE (1952), OYAMA (1973) による。数字は緯度 (北緯) を表わす。

垂直分布は、大山 (1952), OYAMA (1973) による。略号は次の通り。N₀: 潮間帯, N₁: 低潮線から 20—30 m,

N₂: 20—30 m から 50—60 m, N₃: 50—60 m から 100—120 m, N₄: 100—120 m から 200—250 m, B:

200—1000 m.

より南では見られず、また、中山と質場の間で沢根層主部のシルト岩と指交していることが観察されたため、貝立砂岩部層は沢根層主部の一部 (主としてその下部) と同

時異相の関係にあると判断されるからである。

沢根層中の重要な化石産出地は、貝立 (Loc. 1, Loc. 2), 田中 (Loc. 3), 質場 (Loc. 4), 羽二生 (Loc. 5) であ

る。Loc. 1~Loc. 3 は貝立砂岩部層に、Loc. 4, Loc. 5 は沢根層主部に属する。

Loc. 1 は、沢根層と中山層の間(河内層は欠如している)の傾斜不整合面から、約 10 m 上の層準に位置し、寒流系種を主体とする貝化石の密集層がある。Loc. 1 と Loc. 2 の間にはゆるい向斜構造があり、両地点間で岩質は異なっており、また鍵層となる特徴的な層も挟まれていないため正確な対比は困難であるが、構造的に、Loc. 1 と Loc. 2 はほぼ同層準か、もしくは、Loc. 2 の方がやや上位の層準にあたると思われる。Loc. 2 の露頭の下部は寒流系の貝化石を、上部は暖流系の貝化石を産する。上部の貝殻層は、グラニユール礫を多く含む特徴的な貝殻層で、東側となりの沢に追跡できる (Loc. 3)。Loc. 3 の化石群も暖流系のものである。Loc. 3 の露頭の上部には厚さ約 1 m のスランプ層が観察される。これと同様のスランプ層は、質場の北 (Loc. 6) の沢根層主部と貝立砂岩部層の境界部において、貝立砂岩部層の最上部にもみられ、両地点の間には各所で同層準に同様のスランプ層が観察され、Loc. 3 のものに続く。Loc. 6 の沢根層主部の基底から約 30 m 上の層準が海岸ぞいの露頭 (Loc. 4) の最下部に位置する。Loc. 4 と Loc. 5 は、ごくゆるやかにうねる各単層を確実に追跡できる全面露頭で、両者はほぼ同層準である。

化石群の種構成と産状

Loc. 1 は、淘汰のよい固結していない粗粒砂層で、小道ぞいの幅 6~7 m、厚さ 50 cm 程度の露頭から多数の貝化石が得られる。二枚貝はすべて離弁で、表面はかなり水磨されている。密集した貝殻は、不明瞭であるが、層理をなして配列している。産出する主要な種を第 1 表に示す。いずれも寒流系種である。第 1 表にあわせて示した現生貝類の地理的分布については、KURODA & HABA (1952) および OYAMA (1973) を参考にした。

Loc. 2 は、地層の厚さにして約 12 m の露頭である。この露頭では、下部から寒流系の貝化石が、上部からは暖流系の貝化石が得られる。この下部は、厚さ 2~10 cm の中粒砂岩層を 50 cm ぐらいおきに挟む暗青色シルト岩で 6 m 以上の厚さがある。このシルト岩中から *Acmaea pallida*, *Chlamys cosibensis* などが散在的に産する。このシルト岩の上位は、貝殻を含む粗粒砂岩層とシルト岩の互層となる。貝殻砂岩層は、グラニユール径の珪角礫を多く含み、貝殻とその破片は密集して平行および斜交する葉理を形成している。二枚貝は、ほとんど離弁であり、貝類は水磨されたものが多い。この暖流系種を主とする化石群は、これまで十分に記載されていない

ので、この化石層から発見された種の大部分を第 1 表に示す。第 1 表にあげた種の他に、腕足動物、単体サンゴ、コケムシなど多様な種がこの化石層に見られる。この化石群は大部分が暖流系の種で占められるが、*Acmaea pallida* や *Astarte alaskensis* など寒流系の要素もいくらか共存することがわかった。

Loc. 3 では、下部が、貝殻・グラニユール径珪角礫を多数含む厚さ 4 m 以上の固結していない粗粒砂層で、その上位に厚さ 1 m 以上の砂泥互層が重なる。この粗粒砂層より産する化石も、大部分が暖流系の要素からなる。二枚貝はすべて離弁で、地層中で殻の配列に方向性はない。貝類は表面が水磨されている。化石群の種構成は、離弁ではあるが保存のよい *Lima zushiensis* が比較的多く見られる点を除いて、Loc. 2 の暖流系動物群の種構成にほぼ等しい。寒流系の要素も多少混在している。

この粗粒砂層の最上部に厚さ 1 m 程度のスランプ層があり、多くは 5~15 cm、大きなもので幅 1 m 程度の泥岩の角礫が多数含まれている。この泥岩の角礫を調べたところ、その中に、*Hiatula diplos*, *Astarte borealis*, *Acmaea pallida*, *Homalopoma amussitatum* などの寒流系の貝類が含まれていた。

このことから、Loc. 2 と Loc. 3 で暖流系の動物群に寒流系の種が混っているのは、下位の固結しかけた泥質堆積物中の寒流系の貝殻が、二次的に洗い出されて混入したためと考えられる。混在する寒流系種が *Acmaea pallida*, *Astarte borealis* など比較的殻の丈夫な種であることも、この考えを裏づけるものである。

Loc. 4 は、質場から海岸ぞいに、高さ 15~20 m で、南に約 2 km 続く崖の北端にあたる。下位より、暗青色シルト岩、粗粒砂岩、塊状シルト岩、砂泥互層、塊状シルト岩と重なり、地層の傾斜は水平に近い。

ここでの最下部の暗青色シルト岩は、ところどころ粗粒な砂質の部分を含み、30~50 cm おきに、厚さ 2 cm の中粒砂岩層を 3 枚以上挟んでいる。このシルト岩中には、両殻のそろった保存のよい *Glycymeris yessoensis*, *Nuculana pernula sadoensis* や、やはり保存のよい *Mitrella bicincta*, *Euspira* sp. などが散在的に含まれている。中粒砂岩中には、合弁で保存のよい *Glycymeris yessoensis* が多数見られる。

この暗青色シルト岩を多少けずり込んで淘汰のよい粗粒砂岩が重なる。この砂岩層は最大層厚が 4 m で、崖に沿って 70 m 程追跡されるが、南北方向にせん滅する。砂岩層の内部には不規則な葉理が見られ、長径 5

第2図 沢根層における動物群の変遷。

cm 程の泥岩の円礫が多数含まれる。この粗粒砂岩の下部に、幅 4~5m, 最大の厚さ 1m 程のレンズ状をした貝化石密集部が2カ所で挟まれる。この密集部は、周囲の粗粒砂岩よりさらに淘汰のよいグラニュール礫と貝殻とからなる。ここには、合弁の *Glycymeris yessoensis* が圧倒的に多いが、その他離弁の二枚貝、巻貝、ウニの殻など化石の種類が豊富で、いずれも保存は良好である。これらの化石は、密集部中で殻の配列に方向性はない。産出する貝類のうち主要なものを第1表に示す。それらは大部分寒流系の種であるが、*Mitrella bicincta* は赤道域にまで分布し寒流系とはいえない。しかし、その分布の北限は日本沿岸太平洋側で北緯 41 度にあり、他の寒流系種と共存してもおかしくはない。

Loc. 5 も海岸の崖である。Loc. 4 の砂泥互層直下の塊状シルト岩の延長部にあたる暗青色シルト岩中に、合弁ではほぼ自生と思われる *Conchocele bisecta* の集合が見られる。*Conchocele bisecta* の個体と個体の間に、合弁の *Lucinoma concentricum* や *Acmaea pallida* が点在している。

生息深度の分布

それぞれの貝化石群について、OYAMA (1973) をもとに、生息深度の分布を調べると、主として寒流系種からなる Loc. 1 では、上部浅海帯 ($N_1 \sim N_2$, 低潮線から 50—60 m) に、Loc. 4 でも N_1 (低潮線から 20—30 m) に集中しているのに対し、Loc. 2 の暖流系動物群では、多くは下部浅海帯 ($N_3 \sim N_4$, 50—60 m から 200—250 m) のものである。すなわち、種の深度分布は、暖流系のものが寒流系のものより 100 m 前後深い。Loc. 2 の貝化石群中にみられる $N_0 \sim N_1$ に要素のうち、寒流系種は、前述のように下位層からの混入と考えられ、*Diala varia*, *Proterato callosa* 等は浅所から流れ込んできたものと考えれば説明がつく。

以上のことをまとめて、各化石群集を層位関係から時間の順に並べると第2図のようになる。

第2図に示したような沢根層の動物群の変遷をもたらした原因として、氷河期の気候変化と海面変動が考えら

れる。暖流系動物群は寒流系動物群に比べて 100 m 前後深所に生息していたものであるが、この深度の差は、氷河期の海面変動量として一般に認められている 100~150 m 程度とほぼ対応している。すなわち、間氷期に大陸氷が溶けることにより海面が上昇して深度を増し、一方、気候の温暖化あるいは閉じていた対馬・朝鮮海峡が開いたのに伴い、暖流(対馬海流)が優勢になったため、より深いところに棲む暖流系の動物群が一時的に出現したと考えることができる。

最後に、御指導、御助言を賜った東京大学理学部速水格教授、鎮西清高助教授に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 菊池勘左エ門, 1958~9: 沢根の化石 (其の一~三). 佐渡博物館々報, 1, 8-12; 2, 1-4; 3, 1-3.
- 小林巖雄・渡辺剛忠・竹田弓子・平井明夫, 1976: 新潟県佐渡, 鮮新統沢根層産貝類化石に関する知見. 新潟大地鉱研究報告, 4, 207-213.
- KURODA, T. and HABE, T., 1952: Check list and bibliography of the recent marine mollusca of Japan. Stach, L. W., Hosokawa Printing Company. Tokyo, 1-210.
- MAKIYAMA, J., 1958: Matajiro Yokoyama's Tertiary fossils from various localities in Japan, Part II, fossil shells from Sado. *Palaeont. Soc. Japan. Spec. Paper.*, no. 4, pl. 44-49.
- 新潟県有孔虫研究グループ, 1967: 佐渡沢根地域の有孔虫化石群集 (予報) — 有孔虫化石群集による“沢根層”の再検討 —. 平松義尚先生退職記念論文集, 113-119.
- OGASAWARA, K., 1981: Paleogeographic significance of the Omma-Manganian fauna of the Japan Sea borderland. *Saito Ho-on Kai Mus. Nat. Hist., Res. Bull.* no. 49, 1-17.
- 小笠原憲四郎, 1983: 大桑万願寺動物群の起源と移動に関する考察. 日本産新生代貝類の起源と移動. 小高・小笠原編, 89-100.
- 大森昌衛, 1977: いわゆる沢根層産の貝化石群 — とくに、イタヤガイ科 (*Pectinidae*) について. 佐渡博物館研究報告, 第7集, 63-91.
- 大山 桂, 1952: 海産貝類の垂直分布について. 貝類学雑誌, 17 (1), 27-35.
- OYAMA, K., 1973: Revision of Matajiro Yokoyama's Type mollusca from the Tertiary and Quaternary of the Kanto area. *Palaeont. Soc. Japan, Spec. Paper*, no. 17.
- 沢根層団体研究グループ, 1973: 佐渡ヶ島におけるいわゆる沢根層の化石生物層序学的研究. 新潟大学高田分校研究紀要, 18, 187-208.
- YOKOYAMA, M., 1926: Fossil shells from Sado. *Jour. Fac. Sci., Imp. Univ. Tokyo*, [II], 1, 249-312.