

論 説

内湾性貝化石群集と残存種の関係

—長野県北部の鮮新統城下層産貝化石群—

天野和孝*・佐藤春樹**

Relationship between embaymental associations and relict species

—Molluscan fauna from the Pliocene Joshita Formation in the northern part of Nagano Prefecture—

Kazutaka Amano* and Haruki Sato**

Abstract Five Miocene relict species were found in the Pliocene embaymental fauna including many boreal species from the Joshita Formation in the northern part of Nagano Prefecture. The occurrences of these species are confined to the upper sublittoral *Anadara-Neogenella* association. The upper sublittoral zone of cold-water embayment acts as one of the ecological refuges due to the high primary production rate and the lower predation pressure than in the warmer seas.

はじめに

残存種 (relict species) はかつては広範囲に分布し、その後の環境変化などにより、分布域を縮小して限られた範囲に生息している。こうした残存種の生息地域である避難所 (refuge) には地理的避難所と生態的避難所がある。このうち、海生動物の生態的避難所として、深海、海底洞窟などの浅海の暗所、極地域など寒冷な地域が指摘されている (Vermeij, 1986; Hayami and Kase, 1992)。また、これらの地域は捕食者や競争者が少なく、“安全な場所”であると考えられている (Vermeij, 1987)。

一方、天野・唐沢 (1993), Amano (1994), Amano (1995) は長野県北部の鮮新統荻久保層から中新世の残存種, *Mizuhopecten yamasakii* (Yokoyama), *Chlamys ingeniosa tanakai* Akiyama, *Thracia kamayasikiensis* Hatai, *T. higasinodonoensis* Oinomikado などを報告し、

Majima (1989) は中新世の残存種である *Glossaulax didyma coticazae* (Makiyama) を荻久保層および宮城県の鮮新統竜の口層から報告している。これらが産出する鮮新世前期には両地域に寒冷水域の内湾の存在が知られ (Hanzawa, 1950; 影山・鈴木, 1974), 寒冷水域の内湾が生態的避難所となりうることが示唆される。しかしながら、内湾のどの様な群集に残存種が生き残っているのか、種構成および構造 (特に種多様性) 面から詳細には検討されていない。

ここでは、鮮新世前期における群集と残存種の関係を知るため、Yano (1989) により *Crassostrea* や *Anadara-Dosinia* 群集といった竜の口層との内湾性地理的平行群集が報告されている長野県北部の城下層 (八木・八木, 1958) 産貝化石群について検討する。Yano (1989) によれば、城下層の *Anadara-Dosinia* 群集から中新世の残存種である *Mizuhopecten yamasakii* や *Dosinia kaneharai* が報告されているが、詳細な種の検討、産地・産状の検討は行なわれておらず、群集構造についても不明である。そこで、本論文では城下層の貝化石群集の種構成と群集構造について再検討し、群集と残存種の関係について検討する。

* 上越教育大学地学教室 Department of Geosciences, Joetsu University of Education, Joetsu

**太田市教育委員会 Education board of Ohta City
1995年4月19日受付, 1995年10月11日受理

地質概要、産地および産状

城下層は長野県長野市西方の中条町周辺に分布する鮮新統である(図1)。本層下部(層厚約560 m)は主として細粒砂岩および泥岩・砂岩互層からなり、安山岩質凝灰角礫岩からなる久米路火砕岩を挟む。犀川以南の地域では中粒砂岩も認められる。本層上部(層厚約200m)は含礫中粒砂岩、粗粒砂岩を主体とし、礫岩を伴う。垂炭層やクロスラミナも認められる。本層は下位の大久保層を整合に覆い、戸隠地域の荒倉山層に対比されている(加藤・赤羽, 1986)。

調査地域南方模式地周辺の久米路火砕岩の K-Ar 年代は 4.2 ± 0.3 Ma とされ(加藤, 1989), 今回, 本調査地域内の笹平ダム付近の安山岩角礫の K-Ar 年代が 3.5 ± 0.3 Ma と測定された(テレダイン・ジャパン社測定)。笹平ダム付近の安山岩角礫はやや変質しているため, 模式地周辺の久米路火砕岩よりも若い年代となっている可能性もあ

るが, いずれにせよ本層は鮮新世前期に堆積したといえる。

本層下部の34産地, 上部の7産地(Locs. 4, 5, 7, 9, 10, 15, 16)から, 86種の貝化石を採集識別した(図2~5, 表1)。このうち, Locs. 7, 9では, 磨耗した貝化石や破片が密集して産出し, 明らかに他生的産状を示す。また, Locs. 2, 3では離弁した二枚貝が多く, 一部磨耗した汽水性の *Crassostrea* や岩礁性の *Littorina* などが, 後述する *Anadara*, *Dosinia* など多くの砂底種と共に産出し, 他生的産状を示すと考えられる。さらに, Loc. 30ではほぼ同じ大きさの *Anadara amicula* が合弁で, 一種のみ産出するが, 現生の貝類群のリストでは *Anadara* 属が一種のみで産出することはほとんど見られない(例えば, 波部・田中, 1959)ことを考慮すると, やはり他生的産状と考えられる。一方, Locs. 19, 27では *Mya* などの二枚貝が合弁で, 生活姿勢を保った状態で産出し, 自生的産状を示している。以上を除いた他の

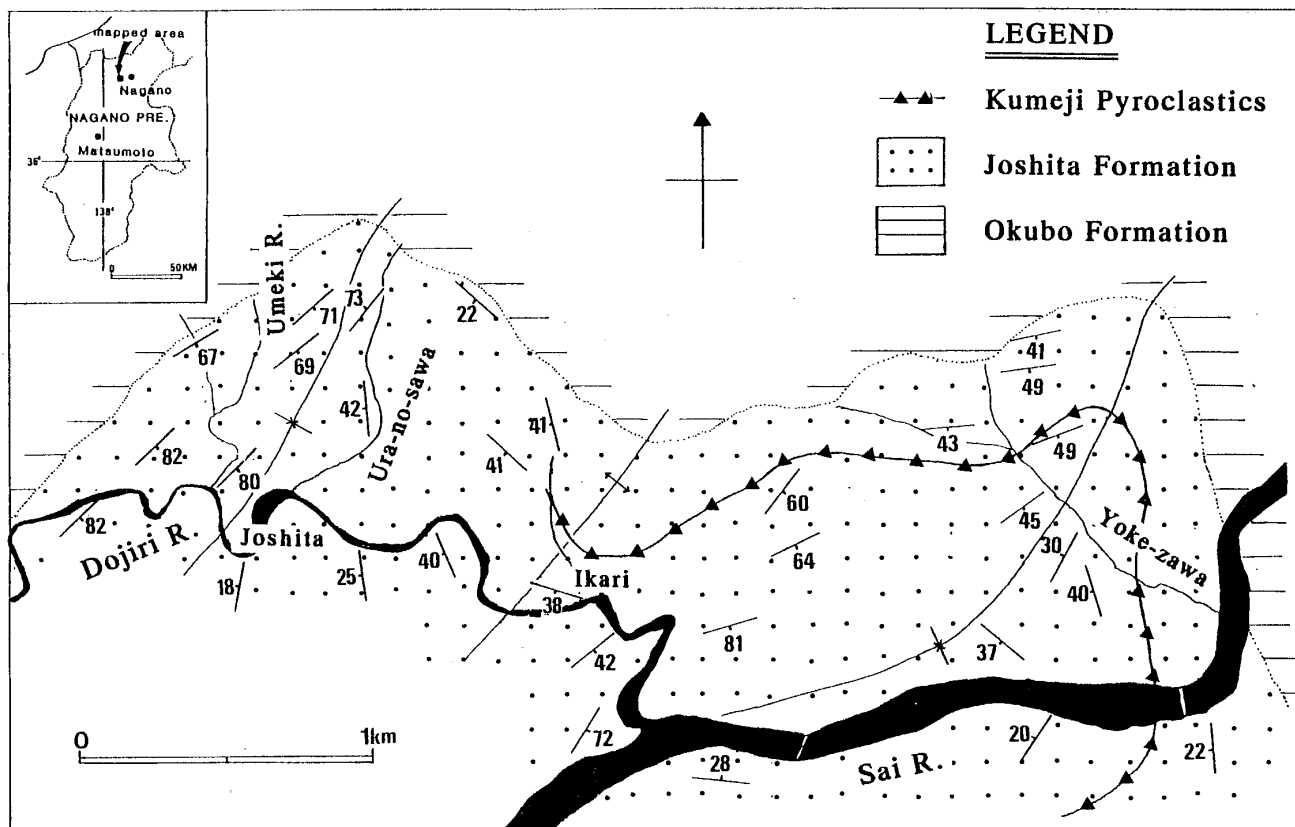


図1. 城下周辺の地質図。

Fig. 1. Geological map of the Joshita area.

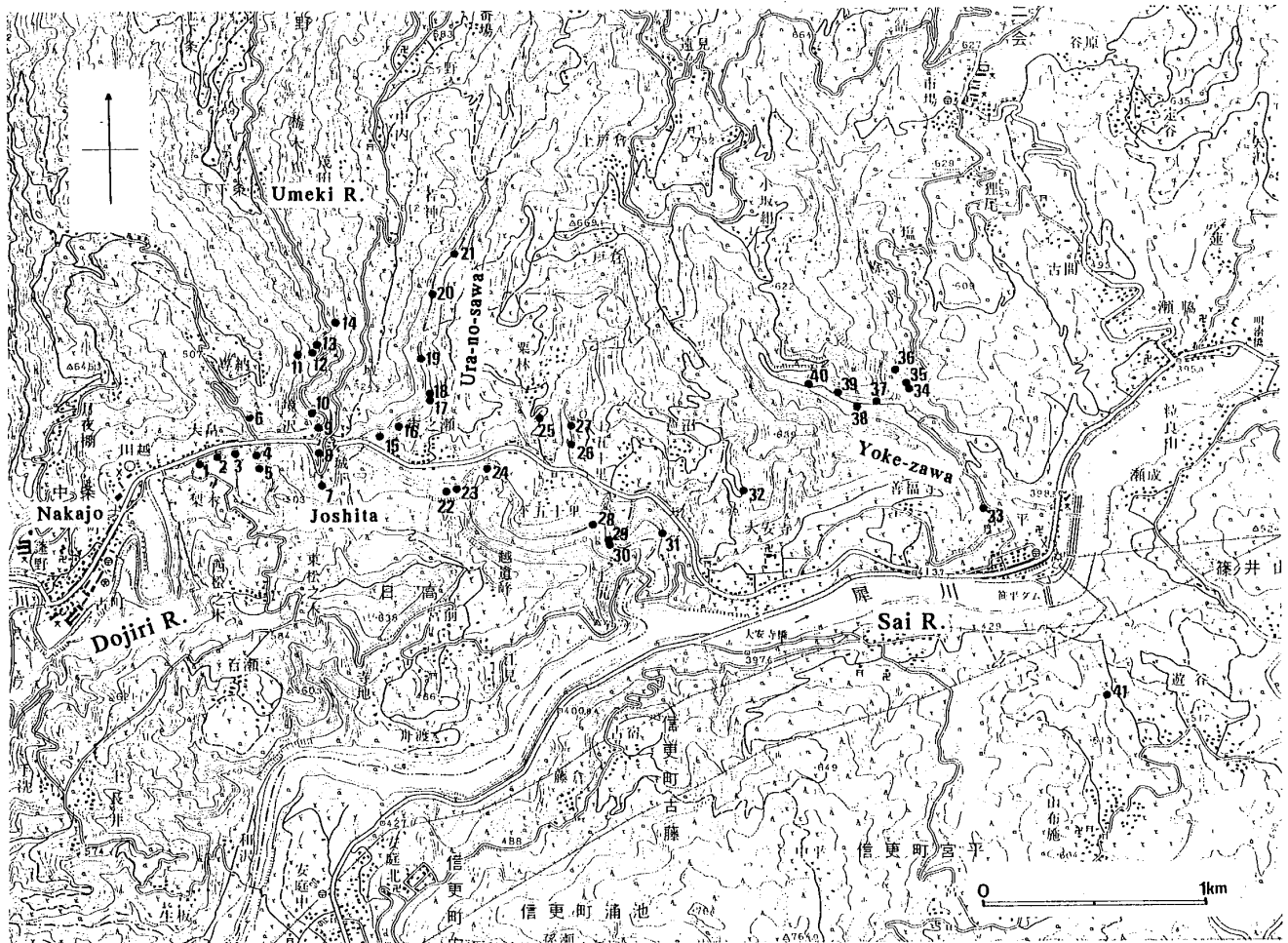


図2. 化石産地 (国土地理院発行 2万5千分の1「信濃中条」使用)。

Fig. 2. Fossil localities (using topographical map of "Shinano-Nakajo" scale 1:25,000 published by Geographical Survey Institute of Japan).

産地では層状に密集して産出するものの合弁の二枚貝化石も含み、保存は良く、種構成などからして準自生的産状と判断される。

貝化石群集と古環境

城下層の貝化石群中には多くの寒流系種が認められる。すなわち、*Glycymeris yessoensis*, *Spisula sachalinensis*, *S. grayana*, *Nuttallia ezonis*, *Solen krusensterni*, *Siliqua alta*, *Mercenaria stimpsoni*, *Thracia kakumana*, *Cryptonatica janthostoma*, *Boreotrophon pacificus*, *Boreoscala greenlandica* などである。一方、天野・唐沢 (1993) により、本調査地域北方戸隠地域の荻久保層から報告されたような明らかな暖流系種は産

出していない。

次に、自生的、準自生的な化石の産状と判断された産地のうち、総個体数30以上の産地について、群集を認定した。総個体数30という単位は、それ以下では新たに加わる種が優占種となる可能性があるからである (首藤・白石, 1971)。その結果、城下層からは次の3群集が認められた。すなわち、*Corbicula*, *Crassostrea*, *Anadara-Neogenella* 群集である。

Corbicula 群集は犀川以南の城下層下部の中粒砂岩 (Loc. 41) 中に認められる。*Corbicula* (*Cyrenobatissa*) *sakaensis* が卓越し、*Mya* sp. を伴う。*Cyrenobatissa* 亜属の現生種は現在河口付近に生息し (丹, 1934), *Mya* sp. を伴うこと

表 1. (つづき)
Table 1. (continued)

Species	Localities																																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41				
<i>Dosinia (Phacosoma) tomikawensis</i> Takagi		3									1	2					2				14						2			10										3					
<i>D. (P.) sp.</i>			4										5				2											1	5																
<i>D. (Kaneharais) ausiensis</i> Iiyama																	11	1				13				4				4										1					
<i>D. (K.) sp.</i>		3										2																																	
<i>D. sp.</i>																				3						2															11				
<i>Mya (Mya) cuneiformis</i> (Böhm)																					16	8									3														
<i>M. (Arenomya) arenaria oonogai</i> (Makiyama)				2	8			14	6			4																														1	1		
<i>M. sp.</i>		1	2							5																			3																
<i>Cryptomya busoensis</i> Yokoyama				13								3					3						1						1						1	1									
<i>Panomya simotomensis</i> Otuka		1																	12			4																							
<i>Panopea japonica</i> A. Adams											1						1	2					3					1																	
<i>P. sp.</i>											2												1						1															1	
<i>Pandora pulchella</i> Yokoyama		2											2					4											5																
<i>P. sp.</i>																				1	1																						1	1	
<i>Thracia kakumana</i> (Yokoyama)		1											1																																
<i>Littorina brevicula</i> (Philippi)			2																																										
<i>L. sitkana</i> Philippi											3																																		
<i>Turritella (Neohaustator) saishuensis motidukii</i> Otuka		5																																											
<i>T. sp.</i>																																													
<i>Batillaria</i> sp.											3																																		
<i>Cryptonatica janthostoma</i> (Deshayes)							9					3	1	4																														1	
<i>C. sp.</i>																																													
<i>Glossaulax didyma coticae</i> (Makiyama)		29	18								2		1									1				10																			
Naticidae gen. et sp. indet.				2																																									
<i>Ocenebra japonica</i> (Dunker)												1																																	
<i>Boreotrophon pacificus</i> Dall																																													
<i>B. solitarius</i> (Yokoyama)		9					5																																						
<i>B. sp.</i>																																													
<i>Mohnia</i> sp.																																													
<i>Ancistrolepis koyamai</i> (Kuroda)		1																																											
<i>Lirabuccinum</i> sp.																																													
<i>Buccinum</i> sp.		1																																											
<i>Neptunea (Neptunea) eos</i> (Kuroda)																																													
<i>N. sp.</i>																																													
<i>Boreoscala greenlandica</i> (Perry)												1																																	
<i>B. sp.</i>																																													
<i>Ophioidermella ogurana</i> (Yokoyama)																																													
<i>O. sp.</i>				1																																									
<i>Odostomia (Odostomia) shimocensis</i> Yokoyama												1																																	

たと思われる。

城下層産貝化石群中の残存種

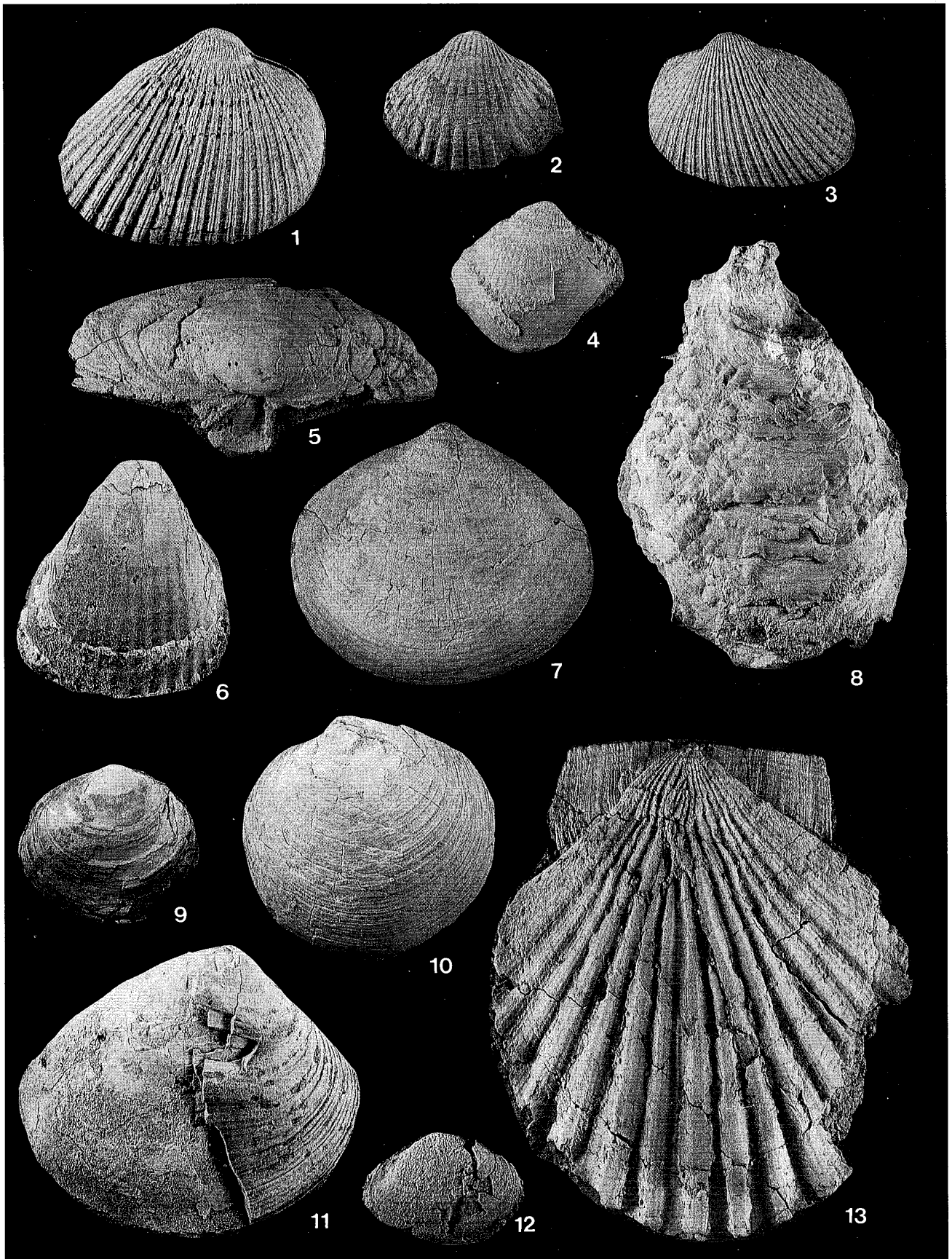
城下層産貝化石群中には鮮新世から更新世前期にかけて日本海側に認められている大桑・万願寺動物群 (Otuka, 1939) の特徴的絶滅種が含まれている。すなわち, *Anadara amacula*, *Dosinia tomikawensis*, *Turritella saishuensis motidukii*, *Ophioidermella ogurana* である。

これらの種に加え, 城下層貝化石群中には中新世に広く分布し, 鮮新世では北部フォッサ・マグナ地域など限定された地域に生き残った残存種が見いだされる。例えば竜の口動物群中にも認められている *Glossaulax didyma coticae* をはじめとし, "*Dinocardium*" *angustum*, *Neogenella hokkaidoensis*, *Dosinia ausiensis*, *Protothaca tateiwai* の 5 種が挙げられる。 *G. didyma coticae* については Majima (1989) の詳細な

記載があるため, ここでは, 二枚貝 4 種の分布等について述べる。

"*Dinocardium*" *angustum* (Yokoyama) (図 3-6) は中新世中期～後期の塩原型動物群 (鎮西, 1963) の特徴種 "*Dinocardium*" *shiobarensis* (Yokoyama) に近縁で, 中新統小川層, 鷺の巣層, 塩坪層から報告されている (Kanno and Tomizawa, 1954; Kanno, 1960; 福島県教育委員会, 1983)。

Neogenella hokkaidoensis (Nomura) (図 4-2, 4, 5, 7) は中新統峠下層, 小川層およびカムチャッカの中新統 Etolon 層から報告されている (Amano, 1983; 天野・小池, 1993)。竜の口層から報告されている *Neogenella sendaica* (Nomura) に形態的に類似しているが, より小型であること, 主歯の形態が若干異なることなどで識別されている (Takagi, 1990)。また, Amano and Karasawa (1988) により荻久保層



から報告されている *Pseudamiantis tauyensis* (Yokoyama) とは、殻表に明瞭な放射脈が発達しないこと、左殻の中主歯が太く、側歯が細長くならず錐状となる点で区別される。

Dosinia (Kaneharaia) ausiensis Ilyina (図 4-3, 6, 12) はサハリン南西部の Ulegor 層 (= 内幌層) から Ilyina (1954) により報告された種である。Masuda (1967) が本種の模式地の標本を *Dosinia (Kaneharaia) kaneharai kannoi* Masuda と同定していることからわかるように肋の形態など *D. (K.) kaneharai kannoi* に酷似している。また、Amano (1983) の *D. (K.) kaneharai rumoiensis* にも類似している。このように分類学的問題点が残されているものの、*Kaneharaia* が中新世塩原型動物群に特徴的に見られる亜属であることは疑いがない。

Protothaca tateiwai Makiyama (図4-1) も中新世塩原型動物群の *Dosinia-Anadara* 群集の特徴種として知られている (Chinzei and Iwasaki, 1967)。楨山 (1927) により本地域を模式地として報告された *Protothaca sakaensis* Makiyama は、すでに Iwasaki (1970) により指摘されているように本種のシノニムである。

群集と残存種

群集と残存種の間を関係を検討する前に、各群集の種多様性について検討した。種多様性指数としては、異なった大きさのサンプルを比較するのに適した Shannon-Weaver 関数 ($H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i; S$

は総種数, P_i は第 i 番目の種の個体数が総個体数に占める割合) および Pielou の均等度指数 ($J' = H' / \log_2 S$) を用いた。計算結果を表 2 に示す。

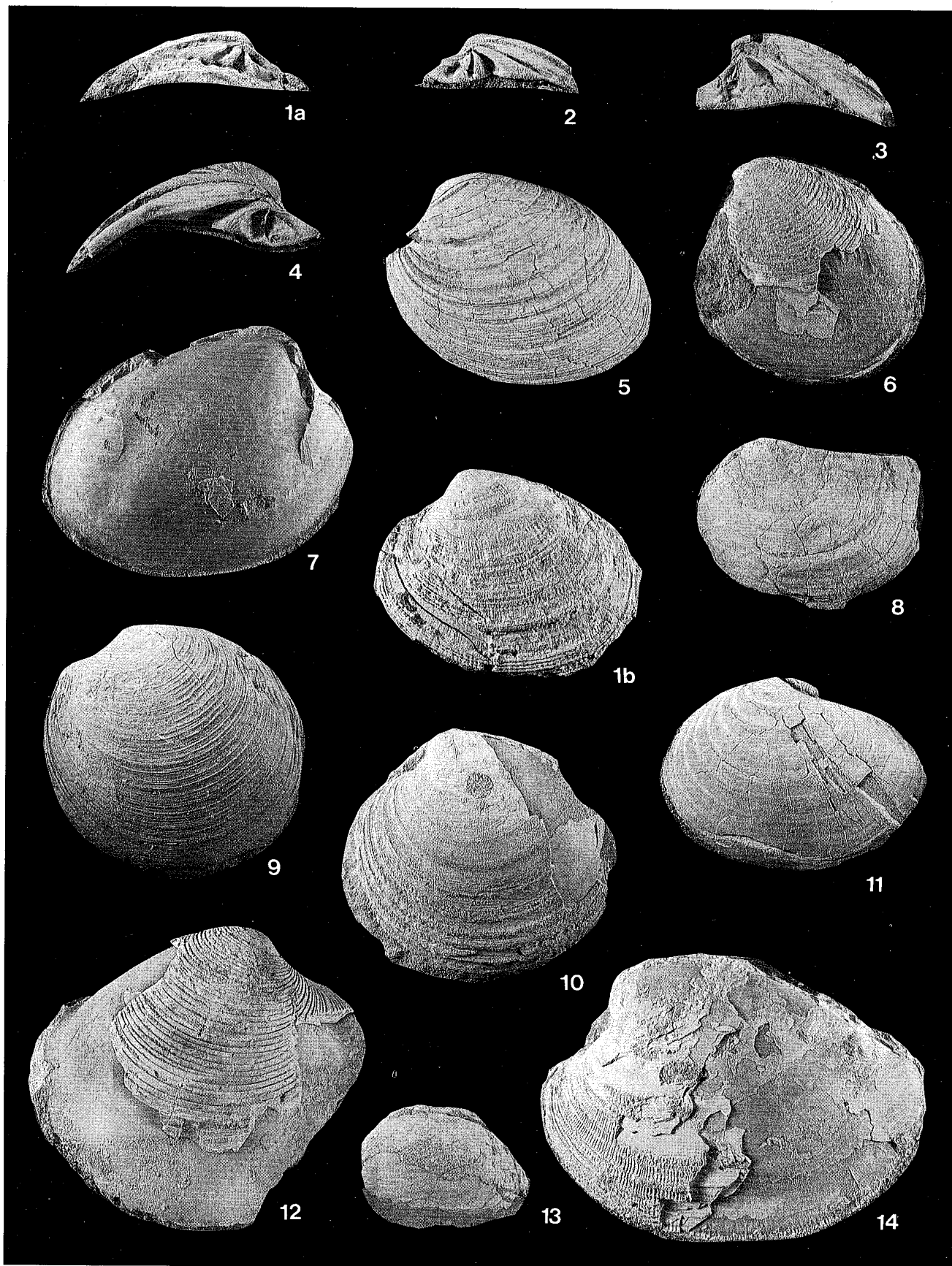
その結果、*Corbicula* 群集は H' , J' とともに 0.17 と最も低く、*Crassostrea* 群集では J' が 0.61 とやや高いものの、 H' は 0.97 と *Anadara-Neogenella* 群集よりも低い。*Anadara-Neogenella* 群集は H' が 1.16~3.28, J' が 0.52~0.86 と 3 群集中で最も高い種多様性指数を示す。また、この結果は天野 (1986) が中新世の下部峠下動物群について検討した結果と類似している。すなわち、下部峠下動物群では *Corbicula* 群集の H' , J' はともに 0.18 と低いのに対し、*Pitar [Neogenella] -Anadara* 群集の H' は 1.02~2.01, J' が 0.38~0.77 とより高くなっている。これは、*Corbicula* 群集の生息する汽水域では物理環境が生物に対して抑圧的なため、種多様性が低くなっているためである (Odum, 1971)。

前述した中新世の残存種は *Anadara-Neogenella* 群集中にのみ認められる。これは、竜の口層産貝化石群でも中新世の残存種が *Dosinia-Anadara* 群集にのみ見いだされることと一致している。また、Amano (1994) は *Chlamys* の中新世の残存種が本地域北方、戸隠地域の鮮新統荻久保層の浅海性群集中に認められることを報告している。すなわち、中新世の残存種は内湾域でも湾奥潮間帯の種多様性の低い群集中にではなく、湾中央部上部浅海域の群集中に認め

← 図 3. 城下層産貝化石 (1) (特別表記のない場合は等倍)。

← Fig. 3. Molluscan fossils from the Joshita Formation (1) (all in natural size unless otherwise stated).

- 1,3. *Anadara (Anadara) amacula* (Yokoyama), JUE nos. 15512-1, 2, Loc. 14.
2. *Clinocardium (Fuscocardium) nomurai* Hayasaka, JUE no. 15513, Loc. 18.
4. *Clinocardium (Clinocardium) decoratum* (Grewingk), JUE no. 15515, Loc. 7.
6. "*Dinocardium*" *angustum* (Yokoyama), JUE no. 15516, Loc. 31.
7. *Glycymeris (Glycymeris) yessoensis* (Sowerby), JUE no. 15517, Loc. 26.
8. *Crassostrea gigas* (Thunberg), x0.6, JUE no. 15518, Loc. 4.
9. *Heteromacoma oyamai* (Kira), JUE no. 15519, Loc. 10.
10. *Lucinoma acutilineata* (Conrad), JUE no. 15520, Loc. 11.
11. *Corbicula (Cyrenobatissa) sakaensis* Makiyama, JUE no. 15521, Loc. 10.
12. *Cryptomya busoensis* Yokoyama, x2.5, JUE no. 15522, Loc. 10.
13. *Mizuhopecten naganensis* (Masuda), x0.8, JUE no. 15523, Loc. 39.



られる。また、同じ *Anadara-Neogenella* 群集中でも残存種は種多様性の高い群集中に多く含まれることがわかる (図 6)。Vermeij (1989) は、地理的避難所となる要因の一つに一次生産量が高

表 2. 貝化石群集の種多様性。

Table 2. Species diversity of the molluscan associations. H': shannon-Weaver Function, J': Pielou's measurement of evenness.

Association	Loc.	H'	J'
<i>Corbicula</i>	41	0.17	0.17
<i>Crassostrea</i>	5	0.97	0.61
<i>Anadara-Neogenella</i>	6	2.01	0.63
	11	2.29	0.60
	12	1.71	0.52
	14	3.03	0.76
	18	2.61	0.73
	19	2.84	0.79
	20	2.91	0.73
	22	1.53	0.59
	23	3.18	0.84
	24	1.16	0.58
	26	3.16	0.81
	28	2.32	0.65
	29	3.06	0.82
	31	3.18	0.78
	32	3.28	0.86
	33	2.22	0.68
	37	3.27	0.84
	38	2.22	0.68

い地域であることを挙げている。*Anadara-Neogenella* の群集の生息する上部浅海域は一次生産量が高いことが知られている (Walsh, 1988) ため、汽水域のような特殊な環境を除き、生態的避難所となっている可能性がある。上部浅海域の軟質底は捕食圧が高く、エピファウナばかりでなくインファウナにとっても“危険な”環境であると考えられる (Amano, 1994) が、本地域を含む寒冷な海域は温暖な海域よりも捕食圧が低く (Hayami and Hosoda, 1988; 速水, 1990), しかも一次生産量が高く種数が多かったため中新世からの種の生存の機会が増したと考えられる。

おわりに

長野県北部の鮮新世城下層産貝化石群集を検討し、中新世の残存種が寒冷な内湾の上部浅海域の群集中に認められることを明らかにした。さらに、寒冷な内湾の上部浅海域が生態的避難所となった原因としては、高い一次生産量と相対的に低い捕食圧が考えられる。

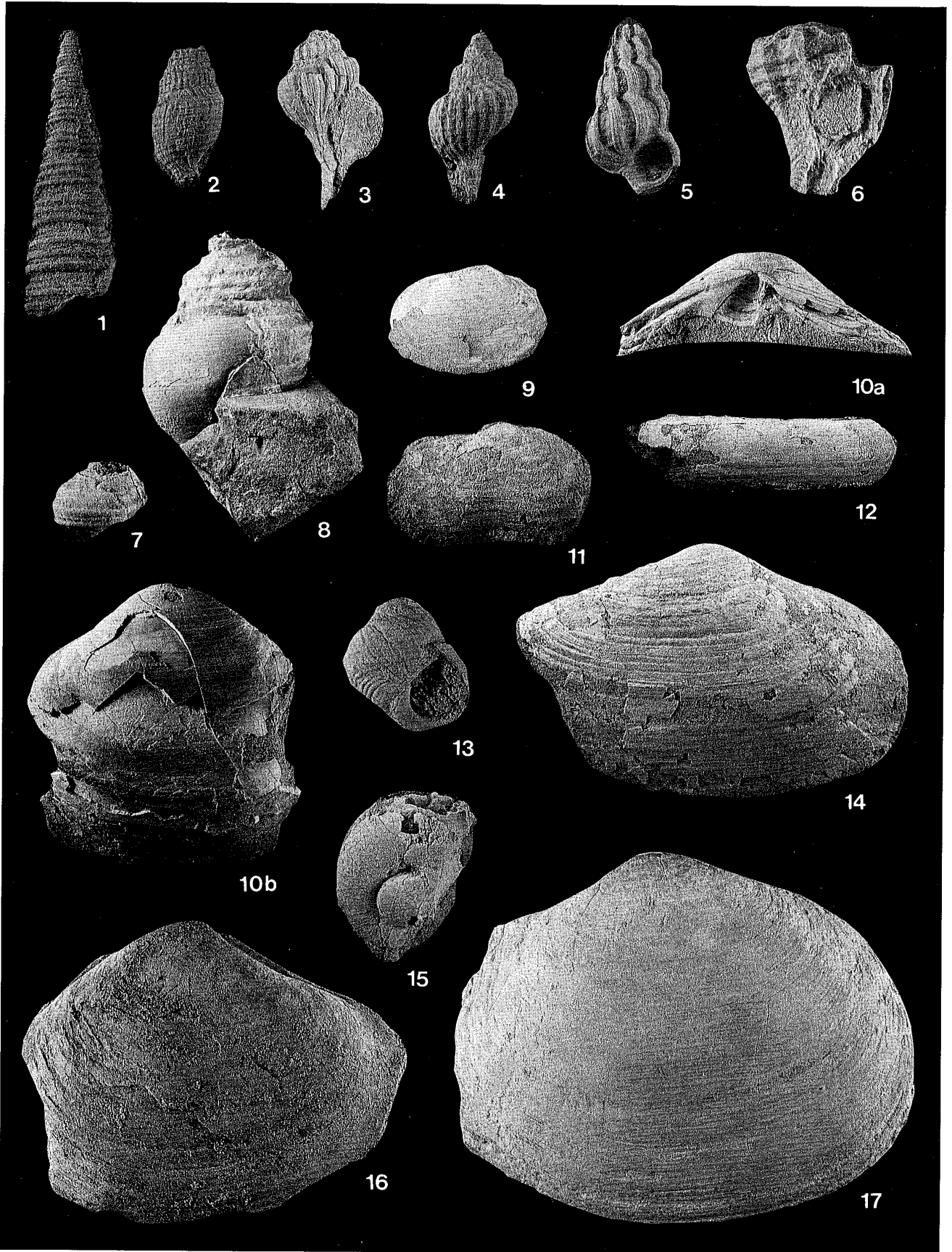
謝 辞

本論文をまとめるにあたり、粗稿をご校閲いただいた筑波大学地球科学系の野田浩司教授、神奈川大学の速水 格教授に厚くお礼申し上げます。また、菅野三郎筑波大学名誉教授には有益なご助言をいただいた。群馬県教育委員会および太田市教育委員会には著者の一人、佐藤の上越教育大学での研鑽の機会をお与えいただいた。以上の諸氏および諸機関に記してお礼申し上げます。

← 図 4. 城下層貝化石 (2) (すべて等倍)。

← Fig. 4. Molluscan fauna from the Joshita Formation (2) (all in natural size).

- 1a-b. *Protothaca tateiwai* Makiyama, JUE no. 15524, Loc. 14.
- 2, 4, 5, 7. *Neogenella hokkaidoensis* (Nomura), JUE nos. 15525-1~4, Loc. 14.
- 3, 6, 12. *Dosinia (Kaneharaia) ausiensis* Ilyina, 3, JUE no. 15526, Loc. 26, 6, JUE no. 15527, Loc. 18, 12, JUE no. 15528, Loc. 31.
8. *Pandora pulchella* Yokoyama, JUE no. 15529, Loc. 14.
9. *Lucinoma motizukii* (Kuroda), JUE no. 15530, Loc. 14.
10. *Dosinia (Phacosoma) tomikawensis* Takagi, JUE no. 15531, Loc. 11.
11. *Nuttallia ezonis* Kuroda et Habe, JUE no. 15532, Loc. 14.
13. *Trapezium (Neotrapezium) liratum* (Reeve), JUE no. 15533, Loc. 10.



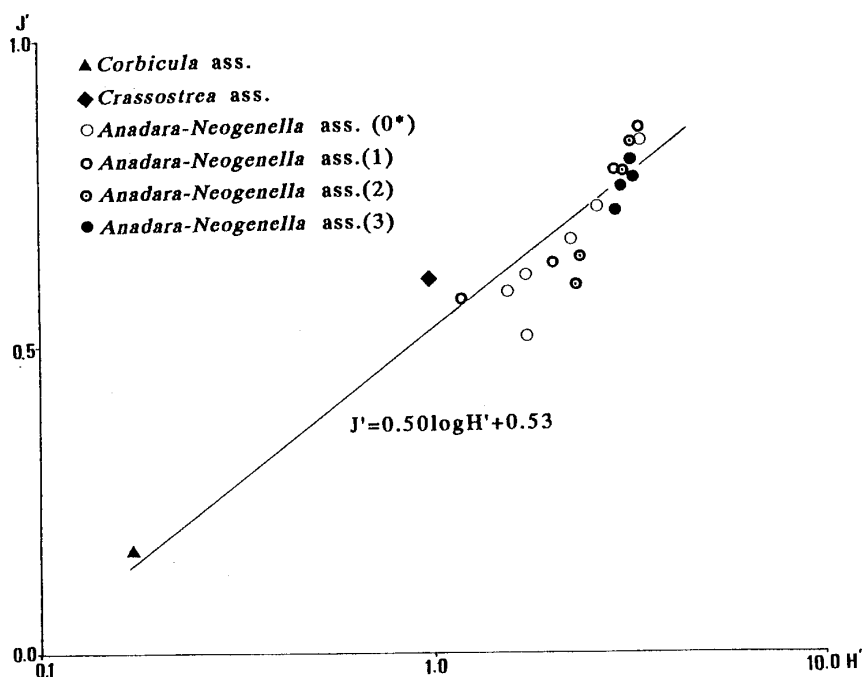


図 6. 城下層産貝化石群集の種多様性. *は残存種の種数を示す. H' は Shannon-Weaver 関数, J' は Pielou の均等度指数.

Fig. 6. Species diversity of the molluscan associations from the Joshita Formation. *shows the number of relicts. H' : Shannon-Weaver function, J' : Pielou's measurement of evenness.

← 図 5. 城下層産貝化石 (3) (特別表記のない場合は等倍).

← Fig. 5. Molluscan fossils from the Joshita Formation (3) (all in natural size unless otherwise stated).

1. *Turritella (Neohaustator) saishuensis motidukii* Otuka, JUE no. 15535, Loc. 19.
2. *Ophiidermella ogurana* (Yokoyama), JUE no. 15536, Loc. 31.
3. *Boreotrophon solitarius* (Yokoyama), JUE no. 15537, Loc. 31.
4. *Boreotrophon pacificus* Dall, JUE no. 15538, Loc. 37.
5. *Boreoscala greenlandica* (Perry), x1.5, JUE no. 15539, Loc. 13.
6. *Ocenebra japonica* (Dunker), x1.5, JUE no. 15540, Loc. 13.
7. *Littorina brevicula* (Philippi), x2.1, JUE no. 15541, Loc. 3.
8. *Neptunea eos* (Kuroda), JUE no. 15542, Loc. 28.
9. *Macoma (Rexithaerus) sector* Oyama, JUE no. 15543, Loc. 6.
- 10a-b. *Spisula (Pseudocardium) sachalenensis* (Schrenck), JUE no. 15544, Loc. 14.
11. *Panomya simotomensis* Otuka, JUE no. 15545, Loc. 19.
12. *Solen krusensterni* Schrenck, JUE no. 15546, Loc. 33.
13. *Littorina sitkana* Philippi, x1.5, JUE no. 15547, Loc. 10.
14. *Mya (Mya) cuneiformis* (Böhm), JUE no. 15548, Loc. 19.
15. *Cryptonatica janthostoma* (Deshayes), x1.4, JUE no. 15549, Loc. 13.
16. *Spisula (Mactromeris) grayana* (Schrenck), x0.8, JUE no. 15550, Loc. 32.
17. *Thracia kakumana* (Yokoyama), JUE no. 15551, Loc. 14.

文 献

- Amano, K., 1983. Paleontological study of the Miocene Togeshita molluscan fauna in the Rumoi district, Hokkaido. *Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, [B], 4, 1-72.
- 天野和孝, 1986. 貝化石群集の内湾から外洋浅海にかけての構造変化—北海道留萌地域の下部峠下動物群(中新世)—. 上越教育大研究紀要, 5, 第3分冊, 209-224.
- Amano, K., 1994. Diversity of *Chlamys* (Bivalvia) from the Pliocene Ogikubo Formation, Central Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 176, 661-676.
- , 1995. Two relict species of *Thracia* (Bivalvia) from the Pliocene Ogikubo Formation in Nagano Prefecture, Central Japan. *Venus*, 54 (2), 143-151.
- and Karasawa, S., 1988. *Yabepecten* and *Pseudamantis* from the Shigarami Formation in Nagano Prefecture, Central Japan. *Saito Ho-on Kai, Spec. Pub.*, no. 2, 507-517.
- 天野和孝・唐沢茂, 1993. 長野県北部に分布する鮮新統荻久保層の貝化石群と古環境. 地学雑, 102 (5), 572-582.
- ・小池かおり, 1993. 長野県長野市西部の中新統小川層産貝化石群. 上越教育大研究紀要, 13 (1), 287-300.
- Amemiya, I., 1928. Ecological studies of Japanese oysters, with special reference to the salinity of their habitats. *Jour. Coll. Agric., Imp. Univ. Tokyo*, 9, 333-382.
- 鎮西清高, 1963. 東北日本第三紀貝化石群集の変遷. 化石, no. 5, 20-26.
- Chinzei, K. and Iwasaki, Y., 1967. Paleocology of shallow sea molluscan fauna in the Neogene deposits of Northeast Honshu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 67, 93-113.
- 福島県教育委員会, 1983. 会津盆地西縁山地より産する化石調査報告. —特に耶麻動物群について. 福島県調査報告, no. 2, 1-21.
- 波部忠重, 1957. 内湾の貝類遺骸の研究. 京都大学生理生態研究業績, no. 111, 1-31.
- ・田中彌太郎, 1959. 有明海の貝類相-I. 有明海研究報告, no. 5, 9-18.
- Hanzawa, S., 1950. Tertiary biogeography of north Japan. *Short Pap., I. G. P. S.*, no. 2, 74-98.
- 速水 格, 1990. “中生代の海洋変革”と二枚貝類の進化. 化石, no. 49, 23-31.
- Hayami, I and Hosoda, I., 1988. *Fortipecten takahashii*, a reclining pectinid from the Pliocene of north Japan. *Palaeontology*, 31 (2), 419-444.
- and Kase, T., 1992. A new cryptic species of *Pycnodonte* from Ryukyu Islands: A living fossil oyster. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 165, 1070-1089.
- Ilyina, A. P., 1954. Molluscs from the Neogene deposits in South Sakhalin. *Trans. All Union Petrol. Sci.-Res. Geol.-Exp. Inst. (VNIGRI)*, vypusuk 10, 188-327. (in Russian).
- Iwasaki, Y., 1970. The Shiobara-type molluscan fauna. An ecological analysis of fossil molluscs. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec. 2*, 17 (3), 351-444.
- 影山邦夫・鈴木尉元, 1974. 信越地向斜の古流系と古地理について. 地調報告, no. 250-1, 285-306.
- Kanno, S., 1960. The Tertiary System of the Chichibu basin, Saitama Prefecture, Central Japan. Part 2. Paleontology. *Japan. Soc. Prom. Sci.*, 123-396.
- and Tomizawa, T., 1959. Fossil molluscan fauna from the environs of the Zenkoji hot-spring, Nagano Prefecture. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 33, 9-14.
- 加藤碩一, 1989. 西頸城—大峰傾動地塊周辺の地質構造. 日本地質学会第96年学術大会講演要旨集, p. 403.
- ・赤羽貞幸, 1986. 長野地域の地質. 地質調査所: 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 120p.
- Majima, R., 1989. Cenozoic fossil Naticidae (Mollusca: Gastropoda) in Japan. *Bull. American Paleont.* 96 (331), 1-159.
- 槇山次郎, 1927. 信濃國上水内郡第三紀化石略報. 地球, 8 (3), 181-188.
- Masuda, K., 1967. *Dosinia kaneharai* Yokoyama and its related species. *Saito Ho-on Kai Mus., Res. Bull.*, no. 36, 19-27.
- Odum, E. P., 1971. *Fundamentals of ecology* (3rd. ed.). 574p. Saunders, Philadelphia.
- Otuka, Y., 1939. Mollusca from Cainozoic System of eastern Aomori Prefecture. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 44 (544), 23-31.
- 首藤次男・白石成美, 1971. 岩屋地区の芦屋動物群の貝化石群集. —群集古生態学への試み—. 九大理研報(地質), 10 (3), 253-270.
- Takagi, T., 1990. Taxonomic and paleozoo-

- geographic significance of Cenozoic hunch-back like venerids. Part 1. *Gigantocallista*, gen. nov. (Mollusca: Bivalvia), a new endemic venerid genus from the Pliocene Tatsunokuchi Formation, Sendai City, Miyagi Prefecture, northeastern Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 159, 541-553.
- 丹桂之助, 1934. *Corbicula maxima* Prime の現生標本と貝塚標本とに現われる変異に就いて. 貝雑, 4 (5), 289-302.
- Vermeij, G. J., 1986. Survival during biotic crises: The properties and evolutionary significance of refuges. In, Elliott, D.K. ed., *Dynamics of extinction*, 231-246, John Wiley & Sons, New York.
- , 1987. *Evolution and escalation; an ecological history of life*. 527p. Princeton Univ. Press, Princeton.
- , 1989. Geographical restriction as a guide to the causes of extinction: the case of the cold northern oceans during the Neogene. *Paleobiology*, 15 (4), 335-356.
- Walsh, J. J., 1988. *On the nature of continental shelves*. 520p. Academic Press, San Diego.
- 八木貞助・八木健三, 1958. 第2編 第5章 南西部地域の地質. 八木貞助・八木健三編, 上水内郡地質誌, 140-159.
- Yano, T., 1989. Late Cenozoic geohistory in the northern Fossa Magna region, Central Japan. *Jour. Sci., Hiroshima Univ., Ser. C*, 9 (1), 81-132.