

貝化石群集の群集構造による古水深の推定方法 — 中新統瑞浪層群産貝化石群を例として —

天野和孝*・野中孝彦**

A method for estimating paleobathymetric depth from molluscan community structure
— A case study in the Miocene Mizunami Group in central Japan —

Kazutaka Amano* and Takahiko Nonaka**

Abstract Paleobathymetric depth was estimated on the molluscan fauna from the early to early middle Miocene Mizunami Group by using the method based on the living depth of Recent species and genera and the analysis of community structure (species diversity and ratio of protobranch species to total bivalves). The fauna consists of many shallow and warm water species as well as some boreal species, many of which are extinct. Despite including many extinct species, the paleodepth of communities from the Mizunami Group can be estimated from the data of the Recent genera because the generic composition of the fossil community resembles the Recent one. The paleobathymetric depths estimated by both methods are concordant with each other. Thus, the community structure analysis is useful to estimate the paleobathymetric depth of molluscan community which are composed of many extinct species like as the Mizunami fauna. Moreover, this method enables us to recognize more finely subdivided depth zones of shallow water than Hickman's (1984) method in which the ratios of orders of each bivalves and gastropods are used.

はじめに

貝化石による古水深の推定には従来、(1) 現生種の深度分布にもとづく方法、(2) 現生属の深度分布にもとづく方法、(3) 時代的平行群集を利用する方法が用いられてきた。現生種の深度に基づく場合、共通した生息域を求める方法(例えば 間嶋, 1996)や VDM 特性曲線(伊田, 1956)による方法がある。しかし, Stanley *et al.* (1980)によれば, 中新世以前には絶滅種が50%を越え, この方法の適用が困難である。そこで, 中新世以前の化石群については現生属の深度分布に基づく方法がとられてきた(例えば小笠原・増田, 1989)。また, Chinzei and Iwasaki

(1967)による時代的平行群集概念に基づいて新第三紀の群集と現生の群集の属構成の類似性から深度を求める方法も行われている(Amano, 1983; Matsui, 1990; 鈴木, 1997など)。

一方, 古第三紀以前では群集の属構成が新第三紀以降の群集と異なるため(鎮西, 1979), 上記の(2), (3)の方法でさえ適用が困難である。このため, 古第三紀以前の貝化石群集から古水深を推定する際には, 群集構造, 特に食性構造を用いた方法が検討されてきた(Scott, 1974, 1978; Hickman, 1984)。このうち, Hickman (1984)は現生二枚貝および巻貝の目レベルでの分類群では食性がほぼ安定することに注目し, 古水深を推定する上で, 二枚貝, 巻貝それぞれについて分類群(目)の構成比を検討することの有効性を強調した。特に二枚貝については, 原鰓目の種数の二枚貝総種数に対する割合が水深を反映することを重視している。

一方, 群集構造のもう一つの要素として種多様

*上越教育大学地学教室 Department of Geoscience, Joetsu University of Education, Joetsu, Niigata Pref. 943-8512

**岐阜県多治見市多治見中学校 Tajimi Junior High School, Tajimi, Gifu Pref. 507-0803

2001年5月8日受付, 2001年5月28日受理

性がある (Dodd and Stanton, 1981). 貝化石群集について種数および個体数を考慮した種多様性と古水深の関係については, 天野 (1986, 1995) により中新世中期の北方系下部峠下動物群, 上越地域の鮮新統産の北方系貝化石群集について検討され, 潮間帯から上部浅海域にかけて種の多様性が増加し, 下部浅海域へと減少することが指摘されている.

天野ほか (1987) は高安・柚原 (1977), 伊藤 (1978), Tsuchi (1959, 1960, 1966) のリストに基づき対馬暖流や黒潮の影響下にある秋田沖, 佐渡沖, 駿河湾周辺の現生貝類遺骸集団について検討した. その結果, 海域は異なっても水深20~120 m の集団で種多様性が高いこと, 水深が増すにつれ原鰓目の二枚貝総種数に対する種数比は増加することを認めた. また, 天野ほか (1987), 中田・天野 (1991) は, これらを利用して新潟県上越地域の鮮新統谷浜層, 新潟-長野県境富倉地域の鮮新統産の北方系貝化石群集について食性構造および種多様性を検討し, 現生遺骸集団との比較から推定される古水深を検討した. その結果, 北方系の鮮新世の貝化石群集についても, 貝化石群中に含まれる現生種の生息深度から直接推定される古水深と群集構造による方法によって推定される古水深がほぼ一致することが明らかとなった. したがって, 現生貝類遺骸群集と同様に暖流支配海域における貝化石群集では同じような種の多様性と水深の関係が見られると予想される. また, 中新世の群集でもこの食性構造および種多様性両者による方法が適用可能と予想される. しかしながら, これまで暖流支配海域における中新世の貝化石群集について群集構造と古水深については検討されていない. そこで, 本論文では前期中新世から中期中新世初期の暖流支配海域における貝化石群集の構造を検討する. また, 検討結果に基づいて, 現生属・種から推定される古水深と群集構造から推定される古水深が一致するかどうかを明らかにすることを目的とした.

対象と方法

岐阜県南部に分布する下部中新統~中部中新統下部の瑞浪層群は下位より土岐夾炭累層, 明世累

層, 本郷累層, 生俵累層からなる (糸魚川, 1974a). 明世累層および生俵累層からは保存の良い南方系種を主体とする貝化石を産出し, 潮間帯から水深200 m 前後に生息したと考えられる貝化石群集が認められている (Itoigawa, 1960; 糸魚川, 1974b; 糸魚川ほか, 1974; 糸魚川, 1980; 糸魚川ほか, 1981). これらの明世累層および生俵累層産貝化石群を対象に前期中新世~中期中新世初期の南方系種を主体とする貝化石群の群集構造と古水深の関係を検討した.

糸魚川ほか (1981) は明世累層および生俵累層産貝化石の群集を総括し, 産状を述べているが, 他生的な産状を示す産地の貝化石群も群集として扱っている. 群集構造と古水深について検討するためには自生的ないし準自生的産状を示す産地のみを検討する必要があるため, 糸魚川ほか (1981) により自生的ないし準自生的産状と判断されている産地の産状を再検討した. また, その近傍の産地の貝化石の産状も検討した.

本論文中の地層名については糸魚川 (1974a) に, 化石の産地番号は基本的に糸魚川ほか (1980) にしたがった (図1). 糸魚川ほか (1980) と同一の産地で層準が明らかに区別される場合には産地番号の後に上位の層準から01~04の番号を付した. また, 糸魚川 (1980) の近傍の産地の場合, 産地番号の後に方位等を付して表した. なお, 新産地の詳細は下記のとおりである.

- | | |
|--------|------------------------------------|
| 産地45南 | 瑞浪市明世町明世小学校から約100 m 北西の山道沿いの露頭. |
| 産地45上 | 瑞浪市明世町瑞浪市化石博物館から約150 m 西方の道路沿いの露頭. |
| 産地46北上 | 瑞浪市明世町地球回廊から約700 m 北東の沢沿いの露頭. |
| 産地46北 | 瑞浪市明世町地球回廊から約500 m 北東の沢沿いの露頭. |
| 産地46東 | 瑞浪市明世町陸上競技場から約500 m 北東の林道沿いの露頭. |
| 産地46東下 | 瑞浪市明世町陸上競技場から約200 m 北東の遊歩道沿いの露頭. |
| 産地57南 | 瑞浪市日吉町宿の日の宮の祠から |

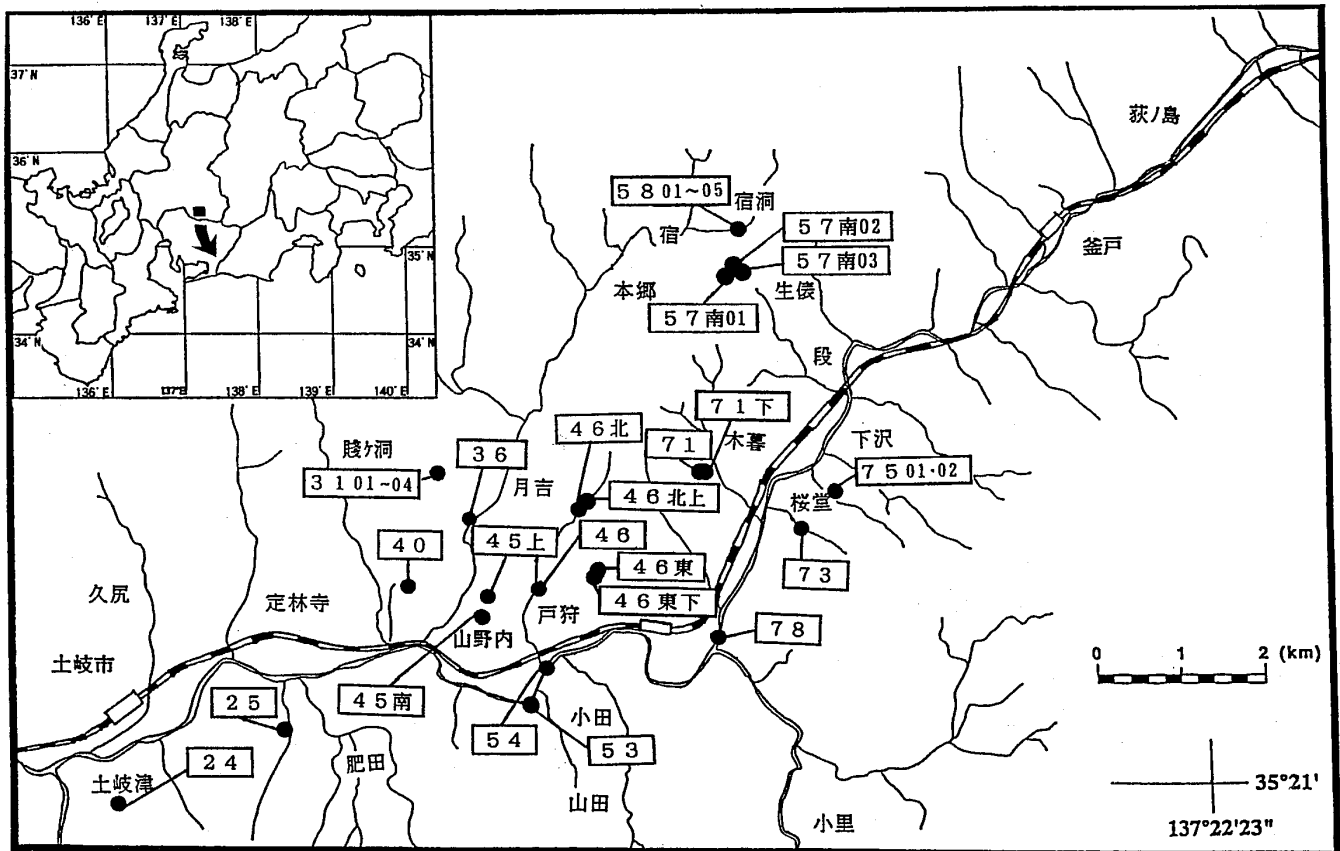


図1. 瑞浪市および土岐市の化石産地.

Fig. 1. Fossil localities in Mizunami and Toki Cities.

約650 m の沢沿いの露頭.

産地71下 瑞浪市土岐町中京短期大学から約800 m 北西の道路沿いの露頭.

上記の産地を含め貝化石の産状の検討を行った. このうち粗粒砂岩より破片状や離弁状の二枚貝を多く産出する糸魚川 (1980) の産地07の産状を他生的と判断した. また, 産地46東下からは二枚貝が塊状泥岩から産出しているが, その中に浮遊性の翼足類 *Euclio cf. balantium* (Rang) が含まれることから他生的と判断される. また, 産地54, 78で一部離弁状の二枚貝を産出するものの散在的に産出し, 比較的殻表の保存が良いことから準自生的と考えられる. これ以外の産地については合弁の二枚貝を含み, 散在的 (産地46では密集) に産出し, 母岩と生息底質に差異がないことから自生的ないし準自生的と判断される.

自生的ないし準自生的と判断された30産地よ

り採集した貝化石群について, 産地ごとに優占種と種構成に着目し, 化石群集を認定した. その際, 総個体数が30個体以下の産地 (産地46東, 57南-01-02, 71) を群集解析の対象から除いた. これは, 新たに加わる種が優占種となる可能性が高いためである (首藤・白石, 1971). 次に, 認定された群集中の現生属, 現生種および属構成の類似する現生貝類群の生息深度から古水深を推定した. 群集構造のうち, 食性構造について, Hickman (1984) は巻貝類, 二枚貝類それぞれについて各目の種数比を検討したが, 巻貝類は産出個体数が少なく, また目レベルでの構成比は深度による差異が二枚貝類に比べて少ない. そのため食性構造については二枚貝類にのみ着目する. 一方, 二枚貝類については, 原鰓目の種数の二枚貝総種数に対する割合が水深が増加するにつれて顕著に増加し, 異歯目は減少する傾向がある. 天野ほか

(1987)と同様に原鰓目の種数の二枚貝総種数に対する割合 (PR/BS; PRは原鰓目の種数, BSは二枚貝総種数) を求める. 種多様性指数については, 単に種数のみとせず, 個体数を考慮した指数 R ($R = (S - 1) / \log N$; S は総種数, N は総個体数) を用いた. この指数では群集の均等度が考慮されない欠点を持つが, 現生遺骸集団を扱った資料では各種の個体数が明らかになっている場合が少ないため, より多くのデータを得るために使用した. これらの計算結果を天野ほか (1987) が現生遺骸集団の水深と群集構造について検討した図にプロットした (図2).

群集の認定

明世累層および生俵累層産貝化石群中に *Zirfaea-Jouannetia* 群集, *Cyclina-Cerithideopsilla* 群集, *Fabulina-Saxolucina* 群集, *Cerithideopsilla-Hiatula* 群集, *Cavilucina* 群集, *Felaniella* 群集, *Nipponomarcia* 群集, *Saccella* 群集, *Macoma-Ennucula* 群集, *Portlandia* 群集の10群集を認めた.

Zirfaea-Jouannetia 群集は明世累層宿洞砂岩相の青灰色粗粒砂岩中 (産地58-05) に認められた. *Zirfaea subconstricta*, *Jouannetia cumingii* が卓越し, *Parapholas minoensis* 等を随伴する (表1). これらの岩石穿孔性二枚貝は合弁で下位の土岐夾炭累層との不整合面に穿孔した状態で産出した.

Cyclina-Cerithideopsilla 群集は明世累層肥田相の中粒砂岩中 (産地24) に認められる. 二枚貝は合弁状態で, 散在的に産出し, 一部には層理面に垂直に近い状態で産出する個体も見られる. *Cyclina japonica* が卓越し, *Cerithideopsilla minoensis* を随伴する.

Fabulina-Saxolucina 群集は明世累層月吉層の凝灰質細粒砂岩, 砂質シルト岩中 (産地31-01~04) に認められる. 二枚貝は多くが合弁状態で, 散在的に産出する. *Fabulina* aff. *pallidula*, *Saxolucina khataii* が卓越し, *Hiatula minoensis*, *Venatomya yamauchii*, *Cerithideopsilla minoensis*, *Tateiwaia yamanarii* 等を随伴する.

Cerithideopsilla-Hiatula 群集は明世累層月吉

層の植物片や礫を含む砂質シルト岩 (産地36) 中に認められる. 二枚貝は合弁状態で, 散在的に産出する. *Cerithideopsilla minoensis*, *Hiatula minoensis*, *Saxolucina khataii* が卓越する. *Fabulina-Saxolucina* 群集に種構成が類似するが, *Fabulina* aff. *pallidula* を産出せず, *Vicarya yokoyamai*, *Vicaryella ishiana* を伴う点で異なる.

Cavilucina 群集は明世累層宿洞砂岩相の粗粒~中粒砂岩中 (産地58-01~04) に認められ, 離弁状態ではあるが保存の良い *Cavilucina kitamurai* が共通して産出し, *Glycymeris* sp., *Veremolpa minoensis*, *Protorotella shukuborensis*, *Turbo* sp. 等を随伴する.

Felaniella 群集は明世累層戸狩層の細粒~中粒砂岩中 (産地46, 46北上, 46北), 久尻相の中粒砂岩中 (産地40) および桜堂相の凝灰質中粒砂岩中 (産地75-02) に認められる. 産地46では, 合弁の *Felaniella usta* がレンズ状に密集し, 圧倒的多数の個体を占める. その他の産地では, *Nipponomarcia nakamurai*, *Siratoria siratoriensis*, *Phacosoma nomurai*, *Turritella sagai*, "Proclava" *otukai*, *Euspira meisensis* 等も随伴する.

Nipponomarcia 群集は桜堂相の生痕化石や植物片を含む中粒~粗粒砂岩中 (産地73) に認められる. *Nipponomarcia nakamurai* が卓越し, *Minolia tsukiyoshiensis*, *Wallucina habei*, *Hiatula minoensis*, *Siratoria siratoriensis* を伴う.

Saccella 群集は明世累層山野内層の凝灰質細粒砂岩中 (産地45南, 45上, 54, 71下, 78), 肥田相の中粒~細粒砂岩中 (産地25) および桜堂相の細粒砂岩中 (産地75-01) に認められる. 合弁の二枚貝を比較的多く含む. *Saccella miensis* が卓越し, *Macoma calcarea*, *Cyclocardia siogamensis*, *Kotorapecten egregius*, *Reticunassa hongoensis* 等を随伴する.

Macoma-Ennucula 群集は明世累層狭間層の凝灰質泥岩中 (産地53) に散在的に認められる. *Macoma calcarea* や *Ennucula akitana* が卓越し, *Portlandia thraciaeformis*, *Serripes notabilis* 等

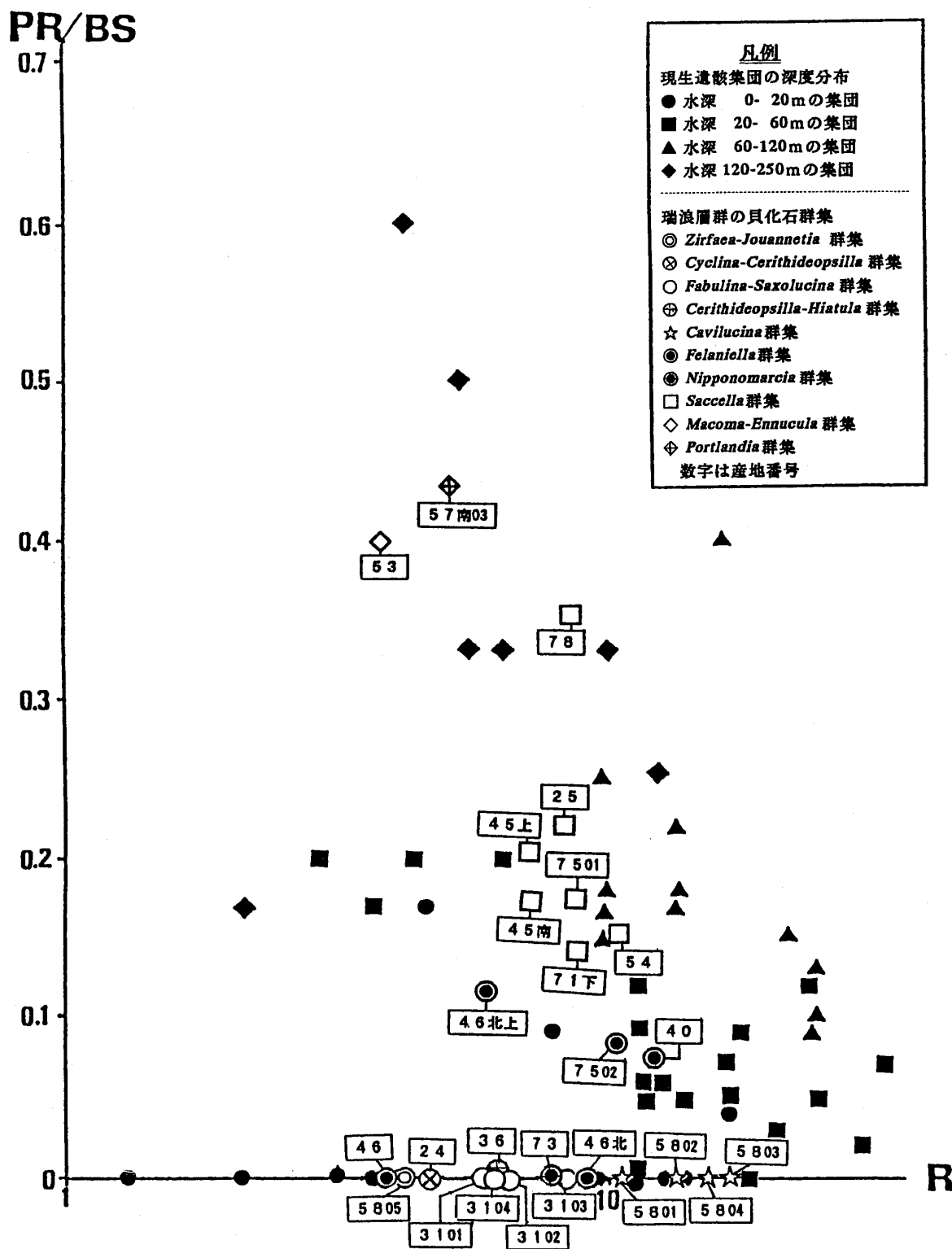


図 2. 現生貝類遺骸集団と瑞浪層群産貝化石群集の R-PR/BS 図 (天野ほか, 1987に加筆). R: 種多様性指数 $R = (S - 1) / \log N$; S は総種数, N は総個体数; PR/BS: 原鰓目の種数 (PR) の二枚貝総種数 (BS) に対する割合.

Fig. 2. R-PR/BS diagram of the Recent thanatocoenoses and fossil communities of molluscs from the Mizunami Group (adding the data on the fossil communities to Amano, 1987). R: Species diversity index $R = (S - 1) / \log N$; S, total number of species; N, total number of individuals.

群集組成から推定される古水深

Zirfaea-Jouannetia 群集は *Zirfaea subconstricta*, *Jouannetia cumingii*, *Parapholas minoensis* 等の岩石穿孔性二枚貝類が卓越している。前二種は潮間帯～水深 4 m の岩礁に生息する現生種であり, *Parapholas* も現生種は潮間帯～潮下帯の岩礁に生息している (Amemiya and Ohsima, 1933). *Cyclina-Cerithideopsilla* 群集中で卓越する *Cyclina* 属は潮間帯～水深 20 m (波部, 1977), *Cerithideopsilla* 属は内湾潮間帯 (肥後・後藤, 1993) に生息している。さらに, *Cyclina* 属の卓越する現生集団が伊勢湾の干潮下に認められる (石山, 1970).

Fabulina-Saxolucina 群集の卓越種に近縁な *Fabulina pallidula* は水深 10 m ~ 80 m に生息することが知られている (波部, 1977). 一方, 随伴種である *Hiatula* 属の現生種の多くは潮間帯または潮間帯～水深 20 m に知られている (波部, 1977). *Venatomya* 属および *Tateiwaia yamanarii* 等のいわゆる Arcid-Potamid フォーナ (津田, 1965) の特徴種を含む。

Cerithideopsilla-Hiatula 群集は *Cerithideopsilla minoensis*, *Hiatula minoensis* が卓越し, *Fabulina-Saxolucina* 群集に種構成が類似する。本群集も *Venatomya* 属および *Vicarya yokoyamai*, *Vicaryella ishiiiana* 等のいわゆる Arcid-Potamid フォーナの特徴種を含む。これらのことから, 以上の 4 群集は潮間帯から上部浅海带上部 (潮下から水深 20~30 m) の群集と考えられる。

Cavilucina 群集で卓越する *Cavilucina* は絶滅属であるため, 随伴種から群集の生息深度を推定する。群集中に随伴する *Veremolpa* 属, *Turbo* 属はほとんどの種が潮間帯から水深 20~30 m までに生息する種からなる。また, *Glycymeris* 属も *G. rotunda* (Dunker) を除き, 水深 5~50 m に生息している (波部, 1977; Higo et al., 1999). *Felaniella* 群集の卓越種 *Felaniella usta* は水深 10~50 m に生息し, 随伴する *Wallucina* 属, *Phacosoma* 属は潮間帯から水深 20~30 m までに生息する種がほとんどである (波部,

1977). *Nipponomarcia* 群集で卓越している *Nipponomarcia* 属も絶滅属であるため, 随伴種から群集の生息深度を推定する。随伴する *Wallucina* 属は潮間帯から水深 20 m に, *Hiatula* 属の現生種の多くは潮間帯または潮間帯～水深 20 m に知られている (波部, 1977). 以上から, これらの 3 群集は上部浅海带上部に生息していたと推定される。

Saccella 群集中で卓越する *Saccella* 属は水深 10~450 m, 随伴する *Cyclocardia* 属は水深 10~400 m に生息し (波部, 1977), *Reticunassa* 属は潮間帯から水深 50 m に生息する (肥後・後藤, 1993). また, 属構成の類似した遺骸集団が佐渡沖の水深 75 m 付近に認められること (伊藤, 1978) も考慮すると, 本群集は上部浅海带 (潮下から 50~60 m) から下部浅海带上部 (水深 50~60 m から 100~120 m) に生息していたと考えられる。

Macoma-Ennucula 群集は卓越する *Macoma calcarea*, 随伴する *Portlandia thraciaeformis*, *Serripes notabilis* 等はいずれも現生種で, それぞれ潮間帯～水深 1000 m, 水深 20~200 m, 水深 29~250 m に生息する (波部, 1977; Scarlato, 1981). 一方, *Ennucula* 属のほとんどの種は水深 50 m 以深に生息すること (波部, 1977) や泥岩中より産出することを考慮すると, 本群集は下部浅海带 (水深 50 m から 200~250 m) の群集と考えられる。

Portlandia 群集中で卓越する *Portlandia* 属は下部浅海带から上部漸深海帯にかけて生息する種が多く, *Fissidentalium yokoyamai* は水深 100~200 m に生息する。また, *Solemya tokunagai* は水深 100~500 m に生息する (波部, 1977). さらに, 本群集に属構成の類似した群集が駿河湾の水深 250 m 付近に認められる (Tsuchi, 1966). 以上から本群集は下部浅海带下部 (水深 100~120 m から 200~250 m) から上部漸深海帯にかけて生息した群集と考えられる。

群集構造から推定される古水深

瑞浪層群産貝化石群集のうち, *Zirfaea-Jouannetia*, *Cyclina-Cerithideopsilla*, *Fabulina-Saxo-*

lucina, *Cerithideopsilla-Hiatula* 群集の 4 群集は PR/BS 値が 0.00 であり, R 値が 4.38-8.37 である (表 2). これは天野ほか (1987) による水深 0~20 m の現生遺骸集団の値と一致する (図 2). 群集組成から推定される古水深は潮間帯または上部浅海帯上部であるので, 群集構造から推定される古水深と一致している.

一方, *Cavilucina* 群集については, PR/BS 値が 0.00 であるが, R 値は 10.01-15.47 と高く, *Felaniella*, *Nipponomarcia* 群集は R 値が 4.04-12.17, PR/BS 値が 0.00-0.11 を示す. これらは, 水深 0~20 m および 20~60 m の現生遺骸集団

表 2. 各群集の群集構造. N, 総個体数; S, 総種数; PR, 原鰓目の種数; BS, 二枚貝総種数; R, 種多様性.

Table 2. Structure of each community. N, total number of specimens; S, total number of species; PR, number of protobranch species; BS, number of bivalve species; R, species diversity.

群集名	産地	N	S	PR	BS	R	PR/BS
<i>Zirfaea-Jouannetia</i>	58 05	113	10	0	9	4.38	0.00
<i>Cyclina-Cerithideopsilla</i>	24	51	9	0	4	4.69	0.00
<i>Fabulina-Saxolucina</i>	31 01	209	15	0	9	6.03	0.00
	31 02	224	16	0	9	6.38	0.00
	31 03	245	21	0	14	8.37	0.00
	31 04	125	14	0	10	6.20	0.00
<i>Cerithideopsilla-Hiatula</i>	36	88	13	0	8	6.17	0.00
<i>Cavilucina</i>	58 01	50	18	0	10	10.01	0.00
	58 02	88	26	0	14	12.86	0.00
	58 03	87	31	0	17	15.47	0.00
	58 04	109	31	0	16	14.72	0.00
<i>Felaniella</i>	46	169	10	0	5	4.04	0.00
	46北上	289	16	1	9	6.10	0.11
	46北	681	29	0	18	9.88	0.00
	40	292	31	1	15	12.17	0.07
	75 02	155	23	1	13	10.04	0.08
<i>Nipponomarcia</i>	73	93	16	0	9	7.62	0.00
<i>Saccella</i>	45南	188	18	2	12	7.47	0.17
	45上	97	15	2	10	7.05	0.20
	54	538	28	3	20	9.89	0.15
	71下	386	24	2	15	8.89	0.13
	78	214	21	5	14	8.58	0.36
	25	139	18	2	9	7.93	0.22
	75 01	109	19	2	12	8.83	0.17
<i>Macoma-Ennucula</i>	53	46	7	2	5	3.61	0.40
<i>Portlandia</i>	57南03	44	9	3	7	4.87	0.43

の値に含まれる. 両群集の群集組成から推定される古水深は上部浅海帯上部であるので群集構造から推定される水深は若干深い深度を示す. *Saccella* 群集は産地 78 を除くと PR/BS 値が 0.13-0.22, R 値は 7.05-9.89 で, 水深 20~60 m および 60~120 m の現生遺骸集団の範囲内に入る. 群集組成から推定される古水深は上部浅海帯~下部浅海帯上部であるので, 構造から推定される古水深と一致している. しかし, 産地 78 の R 値は 8.58 であるが, PR/BS 値が 0.36 と高く, 水深 120~250 m の現生遺骸集団の領域に含まれ, 群集組成から推定される古水深と一致していない.

Macoma-Ennucula, *Portlandia* 群集は PR/BS 値が 0.40-0.43 と高く, R 値は 3.61-4.87 と低い. この値は水深 120~250 m の現生遺骸集団の値と調和的である. 群集組成から推定される古水深はそれぞれ下部浅海帯, 下部浅海帯下部から上部漸深海帯であり, 構造から推定される古水深とほぼ一致している.

おわりに

岐阜県の中新統瑞浪層群から産出する貝化石群集について, 群集組成および群集構造の二点から検討し, 両者にもとづく古水深がほぼ一致することを明らかにした. その結果, 現生種の多い鮮新世以降の北方系群集だけでなく, 絶滅種の多い中新世以前の暖流支配海域における貝化石群集にも種多様性を含めた群集構造の側面からの古水深の検討が可能であることがわかった. Hickman (1984) は食性を考慮した分類群の構成比から古第三紀の貝化石群の古水深を推定したが, 浅海域を陸棚として一括して扱うなど古水深については概略的であった. 食性だけでなく, 種多様性も考慮した本論文での方法を用いることにより, ほぼ絶滅種からなる古第三紀以前の浅海性貝化石群集についても群集構造の側面から, より詳細な古水深が求められると思われる. また, 本論文で使用した群集構造による方法は種の分類さえ正確であれば, 現生種の生息深度を考慮せずに個体数, 種数から化石群集の古水深を求めることができる利点を持っている. しかしながら, 今回の方法は産地 78 のような例外もあること, 水深にあまり依

存していない化学合成群集(間嶋, 1999)には適応が困難であると予想され, これらを考慮しつつ用いる必要があると思われる。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり, 粗稿を校閲していただいた野田浩司筑波大学名誉教授に厚くお礼申し上げます。瑞浪市化石博物館の奥村好次氏には化石採集の際に適切な御助言を頂くとともに便宜を図って頂いた。岐阜県教育委員会ならびに多治見市教育委員会には著者の一人, 野中孝彦の上越教育大学大学院での研鑽の機会を与えて頂いた。記してお礼申し上げます。

文 献

- Amano, K., 1983. Palaeontological study of the Miocene Togeshita molluscan fauna in the Rumoi district, Hokkaido. *Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, Sec. B*, 4, 1-72, pls. 1-8.
- 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)-. 上教大研究紀要, 5, 第3分冊, 209-223.
- 天野和孝, 1995. 内湾から外洋への貝化石群集の種多様性の変化 -新潟県上越地域の鮮新世貝化石群集-. 鎮西清高編, 新生代化石底生動物群集カタログ, 55-58.
- 天野和孝・菅野三郎・市川敦子・柳沢幸夫, 1987. 上越市西部の谷浜層産軟体動物群-新潟県上越地域西部の軟体動物化石の研究(その2). 上教大研究紀要, 6, 第3分冊, 157-170, pls. 1-2.
- Amemiya, I. and Ohsima, Y., 1933. Note on the habitat of rock-boring molluscs on the coast of central Japan. *Proc. Imp. Acad. (Tokyo)*, 9 (3), 120-123.
- 鎮西清高, 1979. 第6章地球の歴史と生物相. 勘米良亀齡・水谷伸治郎・鎮西清高編, 岩波講座地球科学5, 地球表層の物質と環境, 253-296. 岩波書店, 東京.
- 鎮西清高, 1981. 底生貝化石群からみた中新世における日本列島の海洋生物地理. 化石, (30), 7-15.
- Chinzei, K. and Iwasaki, Y., 1967. Paleoecology of shallow sea molluscan faunas in the Neogene deposits of Northeast Honshu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, (67), 93-113.
- Dodd, J. R. and Stanton, R. J., 1981. *Paleoecology, concepts and applications*. 559pp. John Wiley & Sons, New York.
- 波部忠重, 1977. 日本産軟体動物分類学 二枚貝綱/掘足綱. 372pp. 北隆館, 東京.
- Hickman, C. S., 1984. Composition, structure, ecology and evolution of six Cenozoic deep-water mollusk communities. *Jour. Paleont.*, 58 (5), 1215-1234.
- 肥後俊一・後藤芳央, 1993. 日本及び周辺地域産軟体動物総目録. 639pp. エル貝類出版局, 八尾.
- Higo, S., Callomon, P. and Goto, Y., 1999. *Catalogue and bibliography of the marine shell-bearing Mollusca of Japan*. 749pp. Elle Sci. Pub., Yao.
- 伊田一義, 1956. 貝化石群集の特性曲線について. 地調月報, 7 (11), 15-21.
- 石山尚珍, 1970. 伊勢湾・熊野灘・遠州灘方面に生息する貝類とその環境についての研究. 地調月報, 21 (2), 1-51.
- Itoigawa, J., 1960. Paleoecological studies of the Miocene Mizunami Group, central Japan. *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, 8 (2), 246-300, pls. 1-6.
- 糸魚川淳二, 1974a. 瑞浪層群の地質. 瑞浪市化石博物館研報, (1), 9-42.
- 糸魚川淳二, 1974b. 瑞浪層群の古環境・古地理・地史. 瑞浪市化石博物館研報, (1), 365-368.
- 糸魚川淳二, 1980. 瑞浪地域の地質, 付2万5千分の1地質図. 瑞浪市化石博物館専報, (1), 1-50.
- 糸魚川淳二・柴田 博・西本博行, 1974. 瑞浪層群の貝化石. 瑞浪市化石博物館研報, (1), 43-204. pls. 1-63.
- 糸魚川淳二・柴田 博・西本博行・奥村好次, 1981. 瑞浪層群の化石, 2. 貝類(軟体動物). 瑞浪市化石博物館専報, (3) A, 1-53, pls. 1-52.
- 伊藤勝千代, 1978. 佐渡真野湾付近における貝類遺骸の出現分布. 日水研報告, (29), 201-227.
- 間嶋隆一, 1996. 4.1 高鍋層(鮮新統)における貝化石産状の研究. 間嶋隆一・池谷仙之著, 古生物学入門, 56-85. 朝倉書店, 東京.
- 間嶋隆一, 1999. 日本の新生代化学合成群集の産状. 地質学論集, (54), 117-129.
- Matsui, S., 1990. Pliocene-Pleistocene molluscan associations in north-central Japan and their relationship to environments. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, (160), 641-662.
- 中田義則・天野和孝, 1991. 新潟-長野県境富倉地域の鮮新世貝化石群集. 瑞浪市化石博物館研報, (18), 77-91, pls. 5-7.
- 小笠原憲四郎, 1994. 浅海性貝類化石に基づく日本海

- 拡大期の日本列島の古地理と古海洋気候, 月刊地球, **16** (3), 174-180.
- 小笠原憲四郎・増田孝一郎, 1989. 東北地方新第三系貝類化石の古水深指標とその適用. 地質学論集, (32), 217-227.
- Scarlato, O. A., 1981. Bivalve molluscs from the middle latitude of the western part of Pacific Ocean. *Taxonomic monograph on the fauna of USSR*, (126), 1-479, pls. 1-487. (*in Russian*).
- Scott, R. W., 1974. Bay and shoreface benthic communities in the lower Cretaceous. *Lethaia*, **7**, 315-330.
- Scott, R. W., 1978. Approaches to trophic analysis of paleo-communities. *Lethaia*, **10**, 1-14.
- 首藤次男・白石成美, 1971. 岩屋地区の芦屋層群の貝化石群集 - 群集古生態学への試み -. 九大理研報, **10** (3), 253-270.
- Stanley, S. M., Addicott, W. O. and Chinzei, K., 1980. Lyellian curves in paleontology: Possibilities and limitations. *Geology*, **8**, 422-426.
- 鈴木明彦, 1997. 滝川・本別動物群の群集特性. 加藤誠教授退官記念論文集, 63-70.
- 高安泰助・柚原備也, 1977. 男鹿半島沖の現生貝類の分布. 藤岡一男教授退官記念論文集, 385-400.
- Tsuchi, R., 1959. Molluscs and shell-remains from the coast of Chihama in the sea of Enshu, the Pacific side of central Japan. *Rep. Fac. Lib. Art. Sci., Shizuoka Univ.*, **2** (4), 143-152.
- Tsuchi, R., 1960. Molluscs and shell-remains in the vicinity off the mouth of the Oi River in the gulf of Suruga, Central Japan. *Rep. Fac. Lib. Art. Sci., Shizuoka Univ.*, **3** (1), 71-76.
- Tsuchi, R., 1966. Molluscs from Tago-no-ura, Suruga Bay. *Rep. Fac. Sci., Shizuoka Univ.*, **1** (2), 101-106.
- 津田禾粒, 1965. 東北裏日本の新第三紀動物群と岩相 - とくに中新世中期の動物群について -. 化石, (10), 20-23.