

瑞浪市化石博物館研究報告 第 50 卷, 第 3 号, 81–89, 1 fig., 3 pls., 3 tables.
Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, vol. 50, no. 3, 81–89, 1 fig., 3 pls., 3 tables.
©2024, Mizunami Fossil Museum
Manuscript accepted on January 31, 2024; published on March 29, 2024.

パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本産地の瑞浪層群宿洞層から 産出した貝形虫化石と有孔虫化石

入月俊明¹⁾・林 広樹¹⁾・辻本 彰²⁾

1) 島根大学学術研究院環境システム科学系 〒690-8504 島根県松江市西川津町 1060

2) 島根大学学術研究院教育学系 〒690-8504 島根県松江市西川津町 1060

Fossil Ostracoda and Foraminifera from the locality of the “Paleoparadoxiid Mizunami-Kamado specimen” of the Miocene Shukunohora Formation, Mizunami Group, Mizunami City, central Japan

Toshiaki Irizuki¹⁾, Hiroki Hayashi¹⁾, and Akira Tsujimoto²⁾

1) Institute of Environmental Systems Science, Academic Assembly, Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho,
Matsue City, Shimane 690-8504, Japan < irizuki@riko.shimane-u.ac.jp >

2) Institute of Education, Academic Assembly, Shimane University, Nishikawatsu-cho, Matsue City,
Shimane 690-8504, Japan

Abstract

Twenty-seven species of fossil Ostracoda, 17 species of planktonic Foraminifera, and 18 species of benthic Foraminifera were found in sandstones around the paleoparadoxiid-bearing horizon of the Miocene Shukunohora Formation, Mizunami Group, central Japan. Based on the results of the microfossil analysis, the depositional age was assigned to the lower part of planktonic foraminiferal zone N8 (~17.0–16.0 Ma) during the Mid-Miocene Climatic Optimum. The paleoenvironment is thought to have been sandy sea bottoms in upper sublittoral zone (~20–50 m) near seaweed or seagrass beds under the influence of strong warm currents.

Key words: Ostracoda, planktonic Foraminifera, benthic Foraminifera, Shukunohora Formation, Mizunami Group, MMCO

1. はじめに

2022年(令和4年)6月5日に岐阜県瑞浪市釜戸町で発掘されたパレオパラドキシア瑞浪釜戸標本(安藤ほか, 2023)について, 本論では標本発掘とその後の剖出作業時に化石産出層準とその周辺において, 微化石分析用として採取された試料より抽出した貝形虫化石と浮遊性・底生有孔虫化石について分析結果を報告する. その結果を基に

この個体が生息していた年代および当時の古環境の復元を行う. 微化石の貝形虫(Ostracoda)は節足動物門甲殻亜門の1綱で, 体長は1mm前後, 石灰質の2枚の殻を有するため, これが化石としてオルドビス紀以降の地層から世界中で産出する(例えば, 大塚・田中, 2020). 化石として多産する分類群(Podocopa)は主に淡水, 汽水, および浅海域に生息する底生種で, 示相化石として有用である. 一方, 有孔虫(Foraminifera)はリザリア界の1門で, 多くは石灰質や膠着質の殻を有する

ため、これが化石としてカンブリア紀以降の海成層から多産する。浮遊性と底生があり、示準化石としても示相化石としても重要な分類群である。

本研究で対象とした瑞浪層群宿洞層の貝形虫化石と浮遊性・底生有孔虫化石に関する研究はいくつかとなされてきた。Yajima (1988) は宿洞層の貝形虫化石を予察的に報告し、その後、Yajima (1992) は分類学的研究を行なって、26 属 31 種を報告し、6 種の新種記載を行った。浮遊性有孔虫化石に関しては、Saito (1963) や茨木 (1981) の予察的研究がある。底生有孔虫化石に関しては、多井 (1958) や瀬戸 (1992) の研究があり、宿洞層からは熱帯-亜熱帯性の大型有孔虫である *Miogypsina* や *Operculina* が報告されている。

2. 試料と方法

本研究で使用した岩石試料は 8 試料 (SH-1-6, SH-6a, 6b) で、全て宿洞層の砂岩からなり、以下のような層準から採取された (Fig. 1)。試料 SH-1 は試料採取をおこなった最下部の層準にあたり、パレオパラドキシア科化石産出層準 (土岐川河床) から 80 cm 掘削した底面から採取された。試料 SH-2 は最下部から 20 cm 上位の粗粒砂岩の薄層から採取された。試料 SH-3 は試料 SH-2 と同じ層準で貝化石がレンズ状に挟まれる部分から採取された。試料 SH-4 は最下部から 40 cm 上位の層準から採取された。試料 SH-5 は最下部から 70 cm 上位、すなわち、パレオパラドキシア科化石産出層準の 10 cm 下位から採取され、この層準より上位では化石が多く含まれていた。試料 SH-6 はパレオパラドキシア科化石産出層準から採取され、また、試料 SH-6a はパレオパラドキシア科の肋骨付近を覆っている砂岩から、試料 SH-6b はパレオパラドキシア科化石産出地点からやや離れた同じ層準の場所から採取された。

本研究では、採取した試料を 60°C の恒温乾燥器に入れ、十分乾燥させ秤量した後、乾燥重量約 80 g の試料に対して硫酸ナトリウム法とナフサ法の併用により、構成サイズ粒子まで細粒化した (山崎・堂満, 2013)。硫酸ナトリウム法では、飽和して沸騰した硫酸ナトリウム溶液を試料が浸る程度に注ぎ、ホットプレート上で 1 時間熱したのち、余分な溶液を回収し、室温下で 1 週間程度放置した。硫酸ナトリウムの結晶化が進んだ試料に熱湯を注ぎ、1-2 時間煮沸させた後、200 メッシュの篩 (篩目のサイズは 75 μm) 上で水洗した。篩上の試料を回収し、60°C の恒温乾燥器で乾燥させた。ナフサ法では、硫酸ナトリウム法により細粒化し、60°C の恒温乾燥器で十分乾

燥させた試料に石油ナフサ (沈澱ナフサ) を浸る程度注ぎ、約 1 時間放置した。その後、余分なナフサを回収後、熱湯を注ぎ、ホットプレート上で約 2 時間煮沸させた後、硫酸ナトリウム法と同様に水洗し、残渣を回収した。

回収した試料は、60°C の恒温乾燥器で十分乾燥させた後、80 メッシュの篩 (篩目のサイズは 180 μm) により選別し、粗い試料に対して簡易分割器を用いて適宜分割を行った。双眼実体顕微鏡下で分割試料から貝形虫化石と浮遊性・底生有孔虫化石を全て抽出した。貝形虫殻の個数に関して、片殻は 1、両殻は 2 として計数した。貝形虫と有孔虫の種多様度の算出には Shannon-Wiever 関数を使用し、均衡度の算出には Buzas and Gibson (1969) の式を使用した。

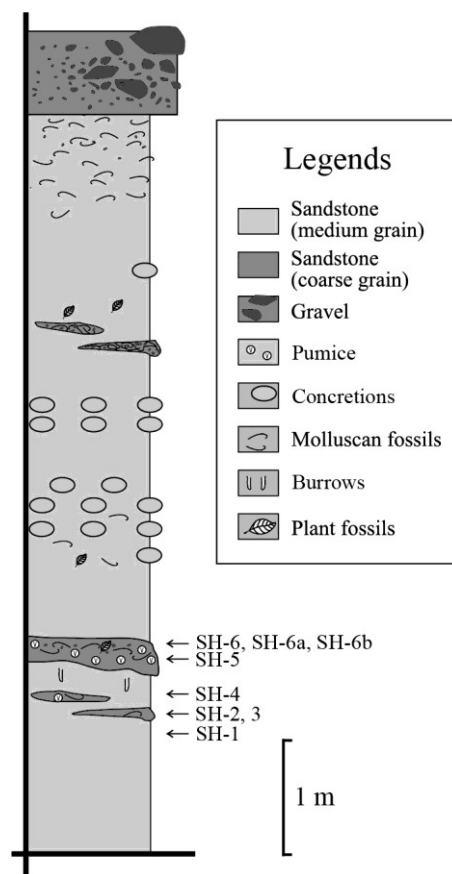


Fig. 1. 研究露頭の柱状図と試料採取層準。

Fig. 1. Columnar section and sample horizons.

3. 結果

貝形虫化石は、分析した 8 試料全てから 27 種、総殻数 1067 個が産出した (Table 1)。その一部を Pl. 1 に図示する。多産種 (総殻数が 100 以上) は *Pseudoaurila*

okumurai, *Pseudoaurila ishizakii*, *Pontocythere* sp. および *Australimoosella hanaii* であった。随伴種(総殻数が 50–100)としては, *Cornucoquimba moniwenensis*, *Cornucoquimba saitoi* s.l., *Loxoconcha* sp. 1, *Trachyleberis mizunamiensis* であった。他にも *Callistocythere* 属, *Schizocythere* 属, *Xestoleberis* 属貝形虫が産出した。貝形虫化石の種数は 14–19 と低く, 種多様度は約 2.39–2.64 の範囲内で中程度であり, 均衡度は 0.65–0.87 の間で高かった (Table 1)。試料間に群集構造や種構成に関する大きな違いは認められなかった。

浮遊性有孔虫化石は, 全試料から産出を確認したが, パレオパラドキシアの産出層準から採取された 1 試料 (SH-6) のみから抽出と分類学的検討を行った。結果として, 17 種の浮遊性有孔虫化石が産出したが, 100 個体に満たなかった (Table 2)。種多

様度は 2.42, 均衡度は 0.66 であった。主な種は *Globigerina praebulloides*, *Globigerina angustiumbilitata*, *Globoquadrina dehiscens*, *Trilobatus quadrilobatus*, *Globigerinoides subquadratus* などで, 年代指標種として重要な *Fohsella peripheroronda*, *Praeorbulina sicana*, *Globorotalia praescitula* も僅かに産出した (Pl. 2)。

底生有孔虫化石は, 全試料から産出を確認したが, 浮遊性有孔虫化石と同様にパレオパラドキシア科化石産出層準から採取された 1 試料 (SH-6) のみから抽出と分類学的検討を行った。結果として, 18 種, 総個体数 157 個の底生有孔虫化石が産出した (Table 3)。種多様度は 1.77, 均衡度は 0.61 であった。*Cibicidoides pseudoungerianus* が多産し, *Ammonia tochiensis* や *Hanzawaia tagaensis* などが随伴した (Pl. 3)。

Table 1. 宿洞層から産出した貝形虫化石の産出リスト。

Table 1. List of fossil ostracods from the Shukunohora Formation.

| Ostracoda | SH-1 | SH-2 | SH-3 | SH-4 | SH-5 | SH-6 | SH-6a | SH-6b | Sum. |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| <i>Acanthocythereis munechikai</i> Ishizaki | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Australimoosella hanaii</i> Yajima | 15 | 17 | 6 | 9 | 21 | 10 | 25 | 7 | 110 |
| <i>Bythocythere</i> sp. | 2 | | | | 2 | | | | 4 |
| <i>Callistocythere kuwanoki</i> Tanaka | | | | | | | 2 | | 2 |
| <i>Callistocythere kyongjuensis</i> Huh & Whatley | 4 | 11 | 2 | 2 | 4 | 5 | 6 | 1 | 35 |
| <i>Coquimba</i> sp. | 2 | | 2 | 6 | | | 2 | 2 | 14 |
| <i>Cornucoquimba moniwenensis</i> (Ishizaki) | 8 | 10 | 4 | 5 | 14 | 11 | 26 | 6 | 84 |
| <i>Cornucoquimba saitoi</i> (Ishizaki) s.l. | 13 | 7 | 10 | 2 | 8 | 10 | 26 | 6 | 82 |
| <i>Cornucoquimba</i> cf. <i>tosaensis</i> (Ishizaki) | | | 2 | | | | | | 2 |
| <i>Hanaiborchella ikeyai</i> (Irizuki & Yamada) | 10 | 10 | 2 | | 2 | 2 | 6 | 3 | 35 |
| <i>Hemicytheria</i> ? sp. | 2 | | | | 4 | 4 | 2 | 2 | 14 |
| <i>Hemicytherura</i> sp. | | | 2 | | 1 | | | | 3 |
| <i>Loxoconcha nozokiensis</i> Ishizaki | | | | | | | 1 | | 1 |
| <i>Loxoconcha</i> sp. 1 | 15 | 12 | 1 | 2 | 11 | 6 | 26 | 2 | 75 |
| <i>Loxoconcha</i> sp. 2 | | | | | 4 | | | | 4 |
| <i>Munseyella</i> cf. <i>simplex</i> (Chen) | | | 4 | 2 | | 1 | | | 7 |
| <i>Neonesidea</i> sp. | 4 | 4 | 6 | 2 | 12 | 6 | 10 | 1 | 45 |
| <i>Pectocythere</i> cf. <i>ishizakii</i> (Irizuki & Yamada) | | 2 | | 1 | 1 | | | | 4 |
| <i>Pontocythere</i> sp. | 26 | 9 | 5 | 6 | 11 | 26 | 36 | 8 | 127 |
| <i>Pseudoaurila ishizakii</i> (Irizuki & Yamada) | 25 | 17 | 9 | 7 | 26 | 21 | 23 | 6 | 134 |
| <i>Pseudoaurila okumurai</i> (Yajima) | 28 | 15 | 9 | 12 | 23 | 25 | 38 | 7 | 157 |
| <i>Schizocythere</i> sp. | | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 5 | 3 | 16 |
| <i>Semicytherura</i> sp. 1 | | | 4 | | 3 | 1 | 6 | 1 | 15 |
| <i>Semicytherura</i> sp. 2 | | | | | | | 2 | | 2 |
| <i>Trachyleberis mizunamiensis</i> Yajima | 9 | 14 | 5 | 11 | 10 | 10 | 18 | 10 | 87 |
| <i>Xestoleberis</i> cf. <i>hanaii</i> Ishizaki | 2 | | | | 2 | | 1 | | 5 |
| <i>Xestoleberis</i> cf. <i>sagamiensis</i> Kajiyama | | | 1 | | | 1 | | | 2 |
| Number of valves | 165 | 131 | 73 | 69 | 161 | 141 | 261 | 66 | 1067 |
| Number of species | 15 | 14 | 17 | 14 | 19 | 16 | 19 | 16 | 27 |
| Species diversity | 2.40 | 2.45 | 2.64 | 2.39 | 2.58 | 2.39 | 2.52 | 2.52 | |
| Equitability | 0.79 | 0.83 | 0.87 | 0.78 | 0.74 | 0.73 | 0.65 | 0.78 | |
| Dry weight of sample (g) | 80.01 | 80.01 | 80.05 | 80.07 | 80.20 | 80.00 | 80.07 | 80.05 | |
| Dry weight of sample from which ostracods were picked up (g) | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 20.0 | 10.0 | |

Table 2. 宿洞層から産出した浮遊性有孔虫化石の産出リスト.**Table 2.** List of fossil planktonic foraminifers from the Shukunohora Formation.

| Planktonic Foraminifera | SH-6 |
|---|------|
| <i>Fohsella peripheroronda</i> (Blow & Banner) (dextral form) | 1 |
| <i>Globigerina angustiumbilocata</i> Bolli | 8 |
| <i>Globigerina falconensis</i> Blow | 1 |
| <i>Globigerina praebullicoides</i> Blow | 17 |
| <i>Globigerinita glutinata</i> (Egger) | 2 |
| <i>Globigerinoides bollii</i> (Blow) | 1 |
| <i>Globigerinoides subquadratus</i> Brönnimann | 4 |
| <i>Globigerinoides</i> sp. | 1 |
| <i>Globoquadrina dehiscens</i> (Chapman, Parr & Collins) | 6 |
| <i>Globorotalia praescitula</i> Blow | 1 |
| <i>Globorotalia quinifalcala</i> Saito & Maiya | 3 |
| <i>Globoturborotalita woodi</i> Jenkins | 2 |
| <i>Praeorbulina sicana</i> de Stefani | 1 |
| <i>Sphaeroidinellopsis seminulina</i> (Schwager) | 3 |
| <i>Trilobatus quadrilobatus</i> (d'Orbigny) | 6 |
| <i>Trilobatus trilobus</i> (Reuss) | 2 |
| gen. et sp. indet. | 3 |
| Number of specimens | 62 |
| Number of species | 17 |
| Species diversity | 2.42 |
| Equitability | 0.66 |
| Dry weight of sample | 80 |
| Dry weight of sample from which forams were picked up (g) | 10 |

Table 3. 宿洞層から産出した底生有孔虫化石の産出リスト.**Table 3.** List of fossil benthic foraminifers from the Shukunohora Formation.

| Benthic foraminifera | SH-6 |
|---|-------|
| <i>Ammonia tochiensis</i> (Uchio) | 19 |
| <i>Ammonia</i> sp. | 1 |
| <i>Bolivina robusta</i> Brady | 1 |
| <i>Bolivina</i> sp. | 2 |
| <i>Buccella frigida</i> (Cushman) | 4 |
| <i>Cibicides</i> cf. <i>lobatulus</i> (Walker & Jacob) | 2 |
| <i>Cibicoides pseudoungerianus</i> (Cushman) | 83 |
| <i>Elphidiella momiyamensis</i> Uchio | 2 |
| <i>Florilus manpukuziensis</i> (Otuka) | 1 |
| <i>Globocassidulina</i> sp. | 9 |
| <i>Hanzawaia tagaensis</i> Asano | 17 |
| <i>Hanzawaia</i> ? sp. | 1 |
| <i>Lenticulina</i> sp. | 1 |
| <i>Nonion</i> cf. <i>pacificum</i> (Cushman) | 1 |
| <i>Nonion kidoharaense</i> Fukuta | 2 |
| <i>Pararotalia nipponica</i> (Asano) | 4 |
| <i>Pseudononion japonicum</i> Asano | 5 |
| <i>Pseudononion</i> sp. | 2 |
| Number of specimens | 157 |
| Number of species | 18 |
| Species diversity | 1.77 |
| Equitability | 0.61 |
| Dry weight of sample (g) | 80 |
| Dry weight of sample from which forams were picked up (g) | 0.625 |

4. 考察

4.1. 年代

宿洞層の年代に関しては、茨木(1981)が浮遊性有孔虫化石を予察的に報告し、Blow(1969)の浮遊性有孔虫化石帯の N8 帯であるとした。また、入月・細山(2006)や入月ほか(2021)は宿洞層に不整合で重なる上位の生俵層が Yanagisawa and Akiba(1998)の珪藻化石帯 NPD4A 帯に当たるので(Yanagisawa, 1993; 河邑ほか, 2011 など), 宿洞層は N8 帯の下部に対比されるとしている。今回の浮遊性有孔虫化石群集中にも N8 帯の下限を規定し、茨木(1981)でも報告された *Praeorbulina sicana* が産出し、従来の見解と矛盾しない結果となった。すなわち、Watanabe and Yanagisawa(2005)と Hoshi et al.(2019)の生層序帯の年代を考慮すると、宿洞層は約 17.0–16.0 Ma の間に堆積し、汎世界的な中期中新世気候最温暖期(Mid-Miocene Climatic Optimum: MMCO, 例えば Flower and Kennett, 1994)に対比される。また、本考察はストロンチウム同位体年代測定の結果(約 16.5 Ma; 荒岡ほか, 2024)と調和的な年代である。

4.2. 古環境

貝形虫化石の最多産種である *Pseudoaurila okumurai* は Yajima(1992)により宿洞層から新種として記載された種であり、*Pseudoaurila ishizakii* とともに前期から中期中新世の代表的な浅海性種である(Yajima, 1992; Irizuki et al., 2004; Tanaka et al., 2012 など)。Irizuki et al.(2004)はこれらの種が沿岸の海藻や海草などに生息していた葉上種であった可能性を指摘している。*Pontocythere* sp. は Irizuki et al.(2004)の瑞浪層群明世層から報告された *Pontocythere* sp. 1 と同一種で、沿岸砂底種と考えられる。*Australimoosella hanaii* も Yajima(1992)により宿洞層から新種として記載された種で、MMCO に対比される他の地層からも産出する(例えば、田中ほか, 2004; Tanaka et al., 2012)。随伴種も全て暖流影響下の浅海砂底に生息していたと推定されている種である(Irizuki et al., 2004)。下位の層準である瑞浪層群明世層や岩村層群遠山層の群集(Irizuki et al., 2004)と比較すると、共通種が多いが、これらの地層から産出した *Elofsonella*, *Kotoracythere*, *Laperousecythere* などの現在冷温な海域に生息する分類群は全く産出しなかった。

このように、貝形虫化石群集からは、暖流の影響を受ける浅海砂底で、海藻や海草が付近の沿岸に生い茂っている環境が示唆される。貝形虫の群集構造に関しては、種数が少なく、均衡度が高い結果に

なり、種多様度が 2.5 前後の中程度を示したことは、主に均衡度の高さが影響していると推定された。種数が少ない原因は今回の試料は粗粒～中粒砂岩が主体で、貝形虫殻も表面が摩耗している個体が多く (Pl. 1)、これらのことから殻が脆弱な種は破壊されて保存されておらず、殻の頑丈な種の成体や後期幼体が流れの影響を受けて集積し、運搬過程などで摩耗したと推定される。しかしながら、中部亜沿岸帯 (水深約 50–100 m) に多産するような種は *Acanthocythereis munechikai* が僅か 1 個体しか産出しなかった。以上のことを合わせると、砂底種や葉上種の多くは沿岸からやや沖合に運搬されたと推定されるが、中部亜沿岸帯の種は稀であることから、堆積環境は上部亜沿岸帯 (水深約 20–50 m) で外洋からの海流の影響を受ける開放的な海域が推定される。

底生有孔虫化石に関しては、*Cibicidoides pseudoungerianus* の多産 (52.9%) によって特徴づけられ、*Ammonia tochiensis* や *Hanzawaia tagaensis* が 10% 程度で随伴し、長谷川ほか (1989) による内部浅海帯の環境を示す種が主である。このような、*Cibicidoides pseudoungerianus* の多産によって特徴づけられる群集は、瀬戸 (1992) によって瑞浪層群の宿洞砂岩相から報告されており、温暖な水の影響を受けた内湾中部の環境が推定されている。

浮遊性有孔虫化石に関しては、最も多産した *Globigerina praebuloides* は湧昇域に卓越したと推定されている (Anderson and Prell, 1993)。また、高温かつ貧栄養の海域に生息し、強い暖流の影響を示唆する *Globigerinoides* 属の種や亜熱帯から暖温帯の表層に分布の中心を持つ *Globigerinoides angustumbilicata* (例えば、Kennett et al., 1985) が、今回比較的多く産出した。このことから海中気候は熱帯から亜熱帯が示唆され、強い暖流の影響があったと推定される。さらに、比較的多く産出した *Globoquadrina dehiscens* は、Keller (1985) によると中層水に生息していたと推定されており、浮遊性有孔虫の種数も比較的多いことから、少なくとも沿岸帯 (水深 0–20 m) より沖合の深い海域を示唆すると推定され、貝形虫化石や底生有孔虫が示す古環境と調和的である。

5. 結論

1. 瑞浪市釜戸町の土岐川河床に分布する瑞浪層群宿洞層のパレオパラドキシア科全身骨格化石産出層準およびその周辺から採取された 8 試料より 27 種の貝形虫化石が産出し、1 試料から 17 種の浮遊性有孔虫化石と 18 種の底生有孔虫化石が産出した。

2. 産出層準の堆積年代は従来の報告と同様、Blow (1969) の浮遊性有孔虫化石帯 N8 帯下部と推定された。

3. 貝形虫化石と浮遊性・底生有孔虫化石の結果から、堆積環境は強い暖流の影響を受ける、やや沖合の上部亜沿岸帯 (約 20–50 m) の砂底で、付近の沿岸には海藻や海草が繁茂していたと推定された。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、島根大学大学院自然科学研究科の濱田真実氏には、微化石処理に関してお世話になった。田中源吾博士 (熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター) と長谷川善和博士 (横浜国立大学名誉教授、群馬県立自然史博物館名誉館長) には、原稿を査読していただき有益なコメントをいただいた。

以上の方に御礼申し上げます。

7. 引用文献

- Anderson, D. M., and W. L. Prell. 1993. A 300 kyr record of upwelling off Oman during the Late Quaternary: Evidence of the Asian Southwest Monsoon. *Paleoceanography* 8(2): 193–208. DOI: 10.1029/93pa00256
- 荒岡大輔・吉村寿紘・中島 礼. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本産地から産出した貝化石のストロンチウム同位体年代 (予察). 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 13–16. DOI: 10.50897/bmf.50.3_13
- Blow, W. H. 1969. Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In P. Brönniman, and H. H. Renz, eds., *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils*, Geneva, 1967, 1, E. J. Brill. Leiden. p. 199–421.
- Buzas, M. A., and T. G. Gibson. 1969. Species diversity: benthonic foraminifera in western North Atlantic. *Science* 163(3862): 72–75. DOI: 10.1126/science.163.3862.72
- Flower, B. P., and J. P. Kennett. 1994. The middle Miocene climatic transition: East Antarctic ice sheet development, deep ocean circulation and global carbon cycling. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 108(3-4): 537–555. DOI: 10.1016/0031-0182(94)90251-8
- 長谷川一郎・秋元和実・北里 洋・的場保望. 1989. 底生有孔虫にもとづく日本の後期新生代古水深指標. *地質学論集* 32: 241–253.

- Hoshi, H., H. Iwano, T. Danhara, H. Oshida, H. Hayashi, Y. Kurihara, and Y. Yanagisawa. 2019. Age of the N7/N8 (M4/M5) planktonic foraminifera zone boundary: constraints from the zircon geochronology and magnetostratigraphy of early Miocene sediments in Ichishi, Japan. *Chemical Geology* 530: 119333.
DOI: 10.1016/j.chemgeo.2019.119333
- 茨木雅子. 1981. 30. 岐阜県瑞浪地域. 土隆一編, 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料「続編」, 文部省科学研究費総合研究(B) 530612「日本の新第三系の生層序・年代層序の総括」. 静岡大学. p. 81.
- Irizuki, T., K. Yamada, T. Maruyama, and H. Ito. 2004. Paleocology and taxonomy of Early Miocene Ostracoda and paleoenvironments of the eastern Setouchi Province, central Japan. *Micro-paleontology* 50(2): 105–147.
DOI: 10.2113/50.2.105
- 入月俊明・細山光也. 2006. 15.6 瑞浪層群宿洞層と生俵層: 熱帯浅海から最大海進期の海成層. 日本地質学会編, 日本地方地質誌4 中部地方. 中部地方. 朝倉書店. 東京都. p. 370–371.
- 入月俊明・柳沢幸夫・木村萌人・加藤啓介・星博幸・林広樹・藤原祐希・赤井一行. 2021. 近畿地方の瀬戸内区に分布する下-中部中新統の生層序と対比. *地質学雑誌* 127(7): 415–429.
DOI: 10.5575/geosoc.2021.0002
- 河邑圭太・須藤 斎・柳沢幸夫. 2011. 岐阜県瑞浪地域中部中新統生俵層の珪藻化石. *Diatom* 27: 17–32.
DOI: 10.11464/diatom.27.17
- Keller, G. 1985. Depth stratification of planktonic foraminifers in the Miocene Ocean. In J. P. Kennett, ed., *The Miocene Ocean: Paleocenography and Biogeography*, Geological Society of America Memoirs 163: 177–196.
DOI: 10.1130/mem163-p177
- Kennett, J. P., G. Keller, and M. S. Srinivasan. 1985. Miocene planktonic foraminiferal biogeography and paleoceanographic development of the Indo-Pacific region. In J. P. Kennett, ed., *The Miocene Ocean: Paleocenography and Biogeography*, Geological Society of America Memoirs 163: 197–236.
DOI: 10.1130/mem163-p197
- 大塚 攻・田中隼人. 2020. 顎脚類(甲殻類)の分類と系統に関する研究の最近の動向. *タクサ 日本動物学会誌* 48: 49–62.
DOI: 10.19004/taxa.48.0_49
- Saito, T. 1963. Miocene planktonic foraminifera from Honshu, Japan. *Science Report of Tohoku University, 2nd Series (Geology)* 35: 123–209.
- 瀬戸浩二. 1992. 瑞浪層群の底生有孔虫化石群集. 瑞浪市化石博物館研究報告 19: 165–191.
- 多井義郎. 1958. いわゆる戸狩階について—瀬戸内中新統の微化石層位学—. *地質学雑誌* 64(757): 516–525.
DOI: 10.5575/geosoc.64.516
- 田中源吾・塚脇真二・陰地章仁. 2004. 石川県金沢市南部下-中部中新統砂子坂層から産出した介形虫化石群(予報). *日本海域研究* 35: 53–63.
- Tanaka, G., S. Nomura, and Y. Hasegawa. 2012. Miocene ostracods from the Midorimachi Formation, Ota City, Gunma Prefecture, central Japan. *Bulletin of the Gunma Museum of Natural History* 16: 31–40.
- Watanabe, M., and Y. Yanagisawa. 2005. Refined Early to Middle Miocene diatom biochronology for the middle- to high-latitude North Pacific. *Island Arc* 14: 91–101.
DOI: 10.1111/j.1440-1738.2005.00460.x
- Yajima, M. 1988. Preliminary notes on the Japanese Miocene Ostracoda. In T. Hanai, N. Ikeya, and K. Ishizaki, eds., *Evolutionary Biology of Ostracoda—Its Fundamentals and Applications*. Kodansha. Tokyo and Elsevier. Amsterdam. p. 1073–1085.
DOI: 10.1016/s0920-5446(08)70240-1
- Yajima, M. 1992. Early Miocene Ostracoda from Mizunami, central Japan. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum* 19: 247–267.
- 山崎 誠・堂満華子. 2013. 2.1 有孔虫・貝形虫. In 尾田太良・佐藤時幸, 編, 新版 微化石研究マニュアル. 朝倉書店. p. 20–27.
- Yanagisawa, Y. 1993. Phylogenetic significance of a new araphid diatom species, *Delphineis kame-nooensis* sp. nov. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series* 172: 251–263.
- Yanagisawa, Y., and F. Akiba. 1998. Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Journal of the Geological Society of Japan* 104(6): 395–414.
DOI: 10.5575/geosoc.104.395

Plate 1. 宿洞層から産出した貝形虫化石の走査型電子顕微鏡写真. スケールは 200 μm .

Plate 1. SEM photographs of selected species of fossil ostracods from the Miocene Shukunohora Formation.

Scale bar = 200 μm .

- 1, *Pontocythere* sp., right lateral view of female carapace, sample SH-6a.
- 2, *Munseyella* cf. *simplex* (Chen), left lateral view of male carapace, sample SH-3.
- 3, *Callistocythere kuwanoki* Tanaka, left lateral view of female carapace, sample SH-6a.
- 4, *Callistocythere kyongjuensis* Huh & Whatley, female right valve, sample SH-6a.
- 5, *Schizocythere* sp., male right valve, sample SH-6a.
- 6, *Hanaiborchella ikeyai* (Irizuki & Yamada), lateral view of male carapace, sample SH-5.
- 7, 8, *Hemicytheria?* sp., 7, left lateral view of male carapace, sample SH-5, 8, right lateral view of female carapace, sample SH-6.
- 9, *Pseudoaurila ishizakii* Irizuki & Yamada, female right valve, sample SH-5.
- 10, *Pseudoaurila okumurai* (Yajima), female right valve, sample SH-6.
- 11, *Cornucoquimba moniwensis* (Ishizaki), female right valve, sample SH-6a.
- 12, *Cornucoquimba saitoi* (Ishizaki) s.l., right lateral view of female carapace, sample SH-6a.
- 13, 14, *Trachyleberis mizunamiensis* Yajima, 13, female right valve, sample SH-6, 14, male right valve, sample SH-6.
- 15, 16, *Australimoosella hanaii* Yajima, 15, female right valve, sample SH-5, 16, male right valve, sample SH-5.
- 17, *Semicytherura* sp. 1, female right valve, sample SH-6.
- 18, *Loxoconcha* sp. 1, right lateral view of female carapace, sample SH-6a.

Plate 1

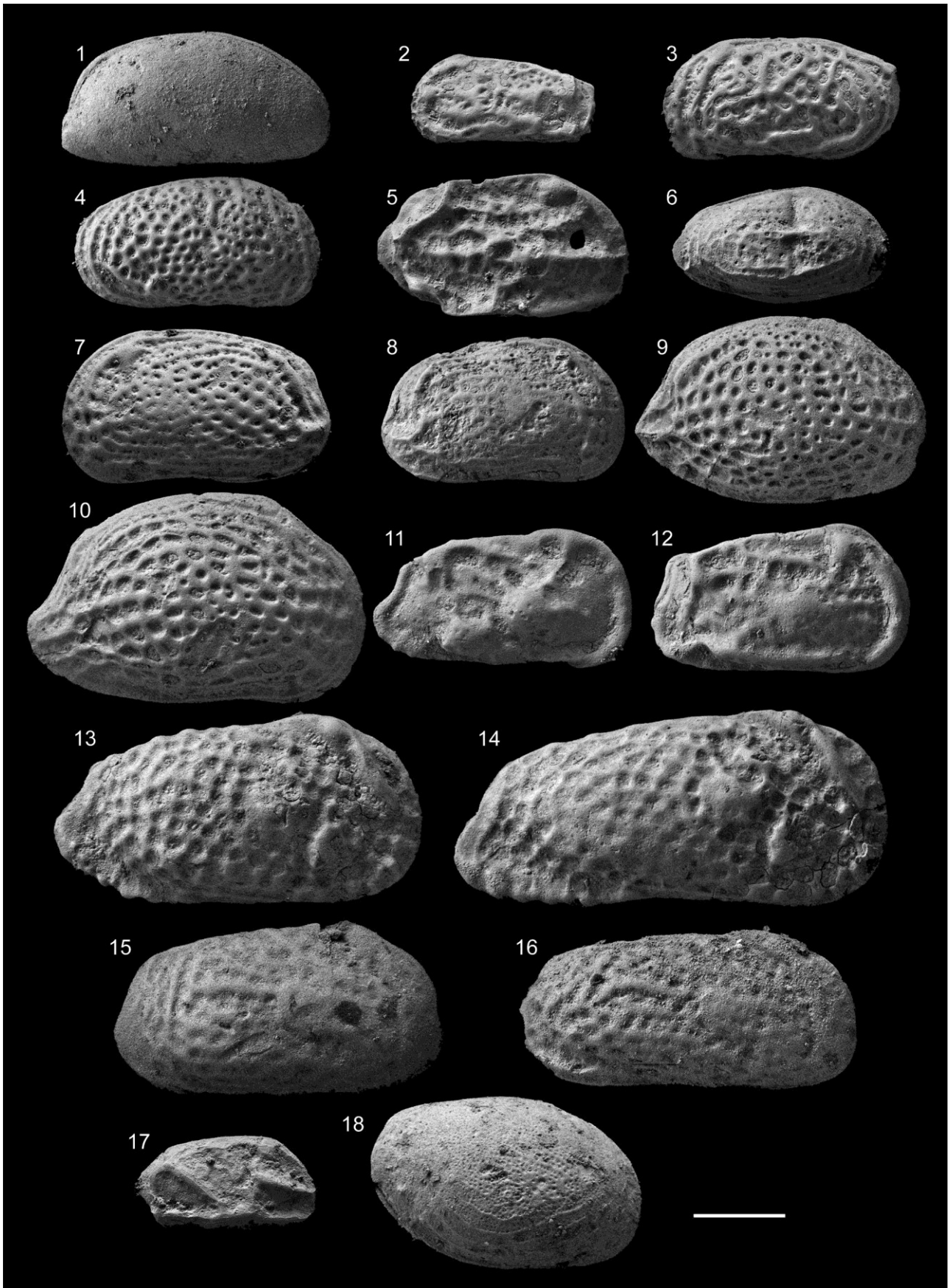


Plate 2. 宿洞層から産出した浮遊性有孔虫化石の走査型電子顕微鏡写真. スケールは 100 μm .

Plate 2. SEM photographs of selected species of fossil planktonic foraminifers from the Miocene Shukunohora Formation. Scale bar = 100 μm .

1a, b, *Fohsella peripheroronda* Blow & Banner, sample SH-6.

2a, b, *Globorotalia praescitula* Blow, sample SH-6.

3a, b, *Praeorbulina sicana* de Stefani, sample SH-6.

4, *Globigerina angustiumbilicata* Bolli, sample SH-6.

5, *Globigerina praebuloides* Blow, sample SH-6.

6, *Globigerinoides subquadratus* Brönnimann, sample SH-6.

7, *Globoquadrina dehiscens* (Chapman, Parr & Collins), sample SH-6.

8, *Trilobatus quadrilobatus* (d'Orbigny), sample SH-6.

Plate 2

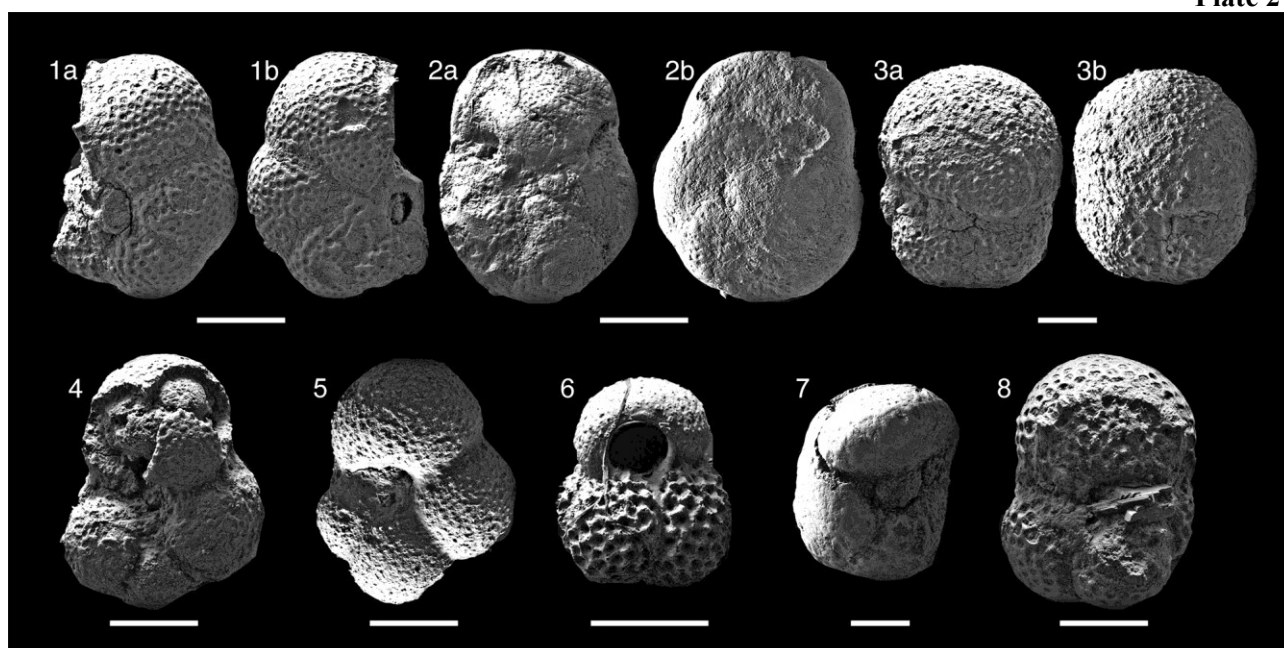


Plate 3. 宿洞層から産出した底生有孔虫化石の光学顕微鏡写真. スケールは 100 μm .

Plate 3. Light micrographs of selected species of fossil benthic foraminifers from the Miocene Shukunohora Formation. Scale bar = 100 μm .

1a, b, *Ammonia tochigiensis* (Uchio), sample SH-6.

2a, b, *Hanzawaia tagaensis* Asano, sample SH-6.

3a, b, *Cibicidoides pseudoungerianus* (Cushman), sample SH-6.

Plate 3

