

介形虫化石群からみた群馬県富岡市南西部に分布する中部中新統の特異な岩相の堆積環境

The depositional environment of the singular Middle Miocene strata from southwestern Tomioka City, Gunma Prefecture, central Japan, from the view point of fossil ostracod assemblage

Abstract

田中源吾^{*1} 伊丹美穂^{*2} 黒澤幸愛^{*2}
吉岡あゆみ^{*2} 横田麻莉^{*3}
新井理菜^{*3} 出原祐樹^{*4} 林 広樹^{*4}

Gengo Tanaka^{*1}, Miho Itami^{*2},
Sachie Kurosawa^{*2}, Ayumi Yoshioka^{*2},
Mari Yokota^{*3}, Rina Arai^{*3}, Yuki Idehara^{*4}
and Hiroki Hayashi^{*4}

2012年4月16日受付.

2012年9月10日受理.

^{*1} 群馬県立自然史博物館
Gunma Museum of Natural History, Kami-
kuroiwa, Tomioka 370-2345, Japan.

^{*2} 群馬県立富岡東高等学校
Tomioka-higashi High School, Tomioka 370-
2316, Japan.

^{*3} 群馬県立高崎女子高等学校
Takasaki Girl's High School, Takasaki 370-
0062, Japan.

^{*4} 島根大学大学院総合理工学研究科
Interdisciplinary Graduate School of Science
and Engineering, Shimane University, 1060,
Nishikawatsucho, Matsue City, Shimane 690-
8504, Japan.

Corresponding author; G. Tanaka,
tanaka@gmnh.pref.gunma.jp

We present a micropaleontological re-examination of the depositional environment of the 'Kojyakui-sho' sediments of the Middle Miocene Obata Formation, part of the Tomioka Group, located along the Kabura-gawa River near Tajima, Tomioka City, western Gunma Prefecture, central Japan. These sediments contain sublittoral and bathyal ostracods, and were deposited in the bathyal zone on a quartz-porphry bedrock seafloor during the late Early to early Middle Miocene. Planktonic foraminifera and ostracods within these samples indicate that the 'Kojyakui-sho' sediments formed during the Miocene Climatic Optimum; this is the second reported occurrence of these Miocene Climatic Optimum bathyal ostracod species in Japan.

Keywords: bathyal zone, Kojyakui-sho, Miocene Climatic Optimum, ostracods, planktonic foraminifera, Middle Miocene, Obata Formation

はじめに

中新世(23.0~5.3 Ma, Walker and Geissman, 2009)は、新生代の動物相の変遷を議論するうえで最も重要な地質時代の1つである。中新世の間には、今日よりも平均して4°C暖かかったと推定されている「中新世熱帯海中気候事件」(Miocene Climatic Optimum: 約17~15 Ma)をピークに、その後、気温は今日とほぼ変わらない程度まで徐々に低下していったと考えられている(Zachos et al., 2008)。Walker and Geissman(2009)によると、中新世には6つの動物群ステージが認められている。一方、日本では軟体動物化石群に基づき以下の5つの動物群ステージが認められている。すなわち(1)亜熱帯性の明世-櫛平動物群(20.0~16.4 Ma)、(2)熱帯性ないしは亜熱帯性の八尾-門ノ沢動物群(16.4~15.3 Ma)、(3)亜熱帯性ないしは暖温帯性の茂庭動物群(15.3~15.0 Ma)、(4)温暖性の古期塩原-耶麻動物

群(15.0~11.0 Ma)、(5)暖温帯性ないし冷温帯性の新期塩原-耶麻動物群(11.0~5.3 Ma)である(Ogasawara et al., 2008)。日本列島におけるこれらの動物群の変遷は先に述べた汎世界的な気候の寒冷化と対応している。

介形虫は1 mmにも満たない微小な甲殻類でオルドビス紀以降、淡水から海水まで、様々な環境の水域で堆積した地層から多数見つかる(Whatley et al., 1993)。日本列島周辺の中新世の介形虫化石群については、これまでいくつかの研究報告がある(Ishizaki, 1963, 1966; Yajima, 1988, 1992; Irizuki, 1994; 入月・松原, 1994; Irizuki and Matsubara, 1995; Ishizaki et al., 1996; Irizuki et al., 1998; 山田ほか, 2001; Yamaguchi and Hayashi, 2001; Tanaka et al., 2002; Tanaka, 2003; Irizuki et al., 2004; 田中ほか, 2004; 高 葉・塚越, 2005; Tanaka, 2009; Tanaka and Nomura, 2009; 田中・野村, 2009; Tanaka et al., 2012; Yamaguchi et al., 2012)。しかしこれらの研究の多くは浅海域の介形虫

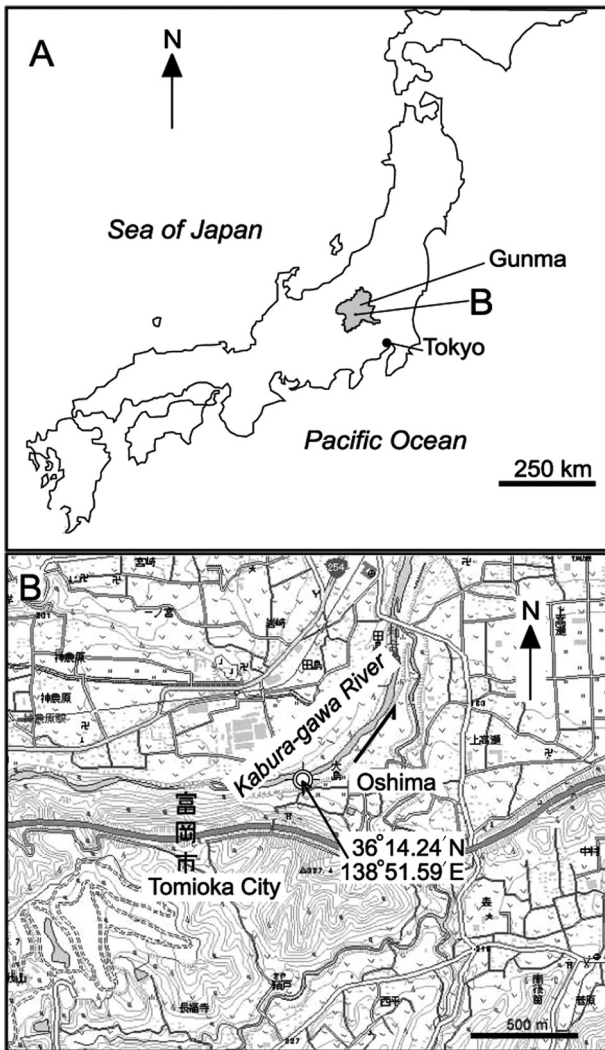


Fig. 1. A. Location of the study area in Gunma Prefecture. B. Study area (outlined using a double circle) of the 'Kojyakui-sho' sediments; base map is from the "Shimonita" 1:2,5000 scale topographic map, published by the Geospatial Information Authority of Japan.

化石群を報告したものであり、特に「中新世熱帯海中気候事件」期における漸深海性介形虫化石群の報告は入月・松原(1994)以外にない。

今回、群馬県富岡市南西部の大島付近の^{かぶら}鉤川流域(Figs. 1, 2)に露出するいわゆる「古蛇崩い礁」(星野, 1952)と呼ばれる黒褐色の泥質砂岩～粗粒砂岩よりなる特異な岩相から、漸深海性の介形虫化石群とともに浮遊性有孔虫化石群を発見した。本研究では、その結果について述べるとともに、「古蛇崩い礁」の堆積環境と年代について、新たな知見が得られたのでここに報告する。

地質概説

群馬県西部には中新統の海成層が広く分布し、精力的に微古生物学的および地質学的研究が行われてきた(詳細は、高橋・林, 2004の研究史の項目を参照)。当該地域の海成中新

統は、下位より^{うしぶせ}牛伏層、^{おばた}小幡層、^{いどざわ}井戸沢層、^{はらたじの}原田篠層、^{にわや}庭谷層、^{はらいち}原市層および^{いたはな}板鼻層から構成される(大石・高橋, 1990)。高橋・林(2004)は浮遊性微化石層序および凝灰岩において測定された放射年代値に基づき、下位の牛伏層、小幡層(高橋・林, 2004は、大石・高橋, 1990の小幡層と井戸沢層の岩相の側方変化が激しいことから両層を一つにまとめた)および原田篠層については富岡層群と定義し、それより上位の庭谷層、原市層および^{あんなか}板鼻層については安中層群と定義した。本研究では高橋・林(2004)の層序区分に従った(Fig. 3A)。

調査地域は群馬県富岡市南西部の大島付近の鉤川右岸である(Fig. 1)。高橋・林(2004)で示された地質図に基づく、本調査地域は小幡層の中部に相当する。高橋・林(2004)によれば、小幡層は砂岩・シルト岩の単調な互層からなるタービダイトで、約17～15 Maの年代値を示す。「古蛇崩い礁」は古くから地元の人々が呼んでいる当該露頭の呼び名「蛇崩い」に由来し(星野, 1952)、「古蛇崩い礁」堆積物は本調査地域のみ分布する。星野(1952)によると、「古蛇崩い礁」とは、この地域だけに分布する石英斑岩を礁とし、カキなどの礁性貝類の化石を含む黒色頁岩からなる礁上堆積物とされている。この石英斑岩およびその上位の堆積岩の露頭は、小幡層中部のシルト岩と露頭両側で断層によって境されている(星野, 1952)。小幡層中部のシルト岩は灰色で葉理が発達しており、大型化石をほとんど含まないことから、「古蛇崩い礁」は隣接する地域の小幡層と比較して特異的な岩相を呈する。

野外観察の結果、調査地域の石英斑岩は、表面が緑灰～灰色で、無数の小断層によって著しく変形しマイロナイト化している部分と、風化により石英斑岩がマサ化している部分が認められた。石英斑岩の上位には、層厚数mm～25cm程の黒褐色の泥質砂岩が見られる(Figs. 2A–2D)。石英斑岩の表面は起伏に富んでいるため、凹面には厚く、凸面には薄く泥質砂岩が重なっているが、泥質砂岩上面はほぼ平坦である(Figs. 2A, 2B)。鉤川右岸において、石英斑岩の表面およびその上位に重なる泥質砂岩層は走向N10°W傾斜10°Sを示す。星野(1952)は「古蛇崩い礁」堆積物を石英斑岩直上の層厚約20cmの黒色頁岩としたが、今回の調査では石英斑岩直上に黒色頁岩は認められなかった。しかし、今回観察された黒褐色の泥質砂岩を化石などの産状の類似性から、「古蛇崩い礁」堆積物に相当すると判断した。

黒褐色の泥質砂岩層は層厚約25cmで、主として塊状細粒砂岩からなる中～巨礫が散在し、木片やカキなどの二枚貝、巻貝などの大型化石が含まれている(Fig. 3B)。二枚貝は離弁で破片化している。この地層は石灰化が著しく、一部方解石が晶出するという小幡層のほかの産地に見られない特異な産状を呈している。泥質砂岩は上位に向かって泥質細粒砂岩～粗粒砂岩へと粗粒化し、大型化石の産出頻度が低くなる。石英斑岩の基盤上より20～35cm上位になると、泥質砂岩層は円磨された中～大礫を含む礫岩層へ漸移する。礫岩層は、粗粒砂を基質とし、中～大礫は基質支持で観察される。大局的には石英斑岩の表面より上位35cmまでは、泥質砂岩から礫岩へと逆級化を示す(Fig. 3B)。石英斑岩表面から約35～40cm上位には、二枚貝や十脚類の化石を含む

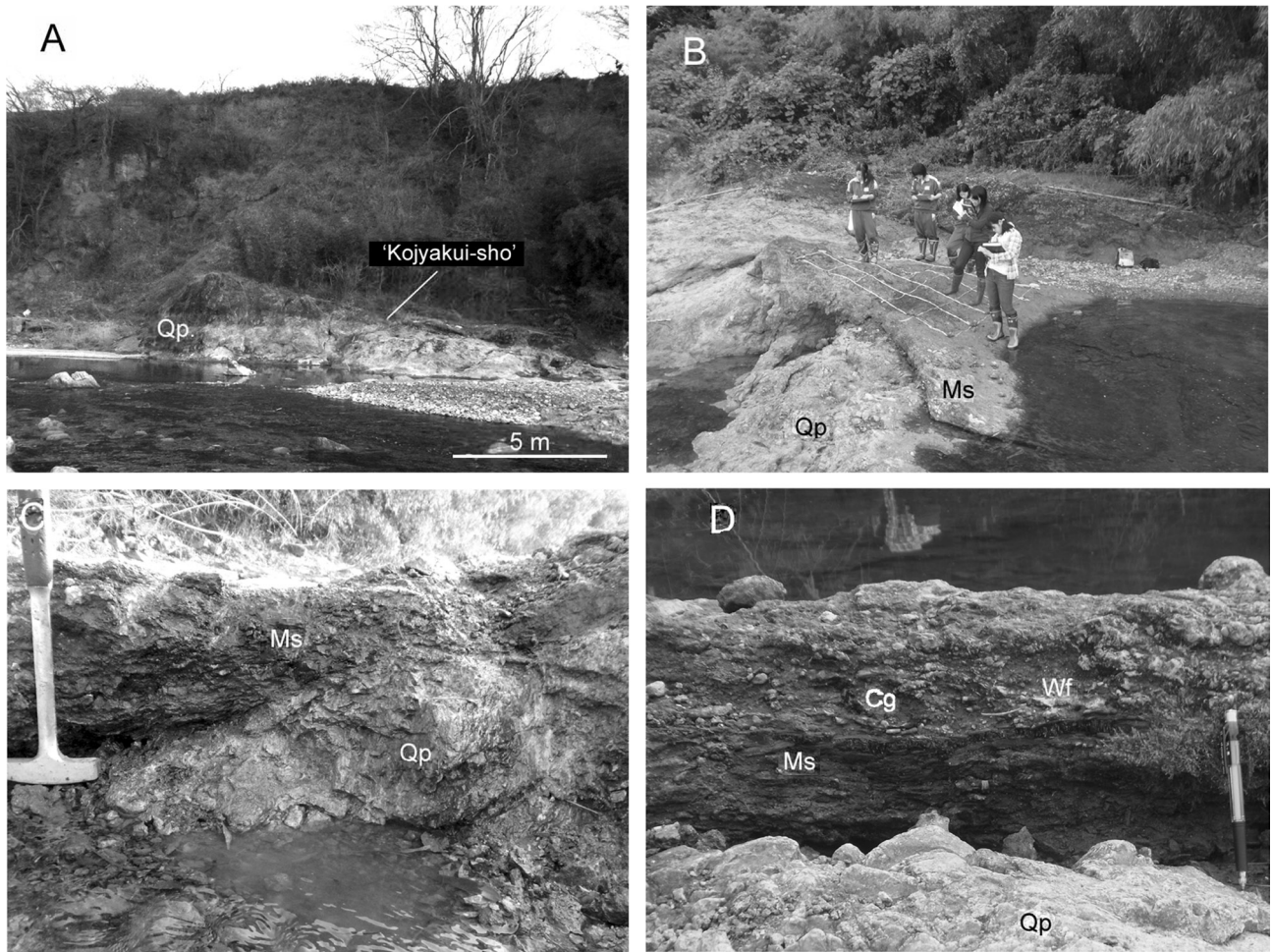


Fig. 2. Photographs of exposed 'Kojyakui-sho' sediments. A. Exposure of the 'Kojyakui-sho' sediments photographed from the left bank of the Kabura-gawa River; right side of image is upstream, and Qp indicates quartz porphyry bedrock. B. 'Kojyakui-sho' muddy sandstone (Ms) sediments associated with conglomerates and abundant fossils overlying quartz porphyry bedrock. C. Close-up of a cross-section of the 'Kojyakui-sho' sediments, showing muddy sandstones overlying quartz porphyry bedrock; thickness of the muddy sandstone layer varies laterally. D. Close-up of a cross-section of the 'Kojyakui-sho' sediments in a different location to that shown in C; here, sediments overlying the quartz porphyry bedrock are dominantly muddy sandstones with pebble- to boulder-sized conglomerates, and with wood fragments (Wf) within the uppermost horizon of the muddy sandstone. The pencil for scale is 15 cm long.

粗粒砂岩層が見られる。二枚貝化石はいずれも離弁であり、層理面に対してさまざまな方向で堆積物中に含まれている。十脚類化石は、鋏脚と背甲が分離した状態で見つかり、二枚貝化石と同様、地層中に様々な方向で含まれている。石英斑岩表面から40~105 cm 上位には、青灰色の中粒砂岩~細粒砂岩へと正級化を示す地層が重なり、僅かながら二枚貝や巻貝、十脚類などの大型化石を含む。石英斑岩表面から105~148 cm 上位には暗灰色の砂質泥岩層が見られ、下位の地層とは小断層で境されており、層序関係は明確ではない。それより上位の地層は河川礫に覆われているため確認できないが、石英斑岩表面から185~210 cm に相当する層位には、暗灰色の砂質泥岩層が確認できた。この砂質泥岩層は層厚約5 cm の泥質砂岩を挟在する。

微化石試料と分析方法

浮遊性有孔虫化石および介形虫化石用試料として、'古蛇崩い礫' 堆積物に相当する石英斑岩直上の黒褐色の泥質砂岩(試料 J-01)、およびそれより上位の粗粒砂岩(試料 J-02)と細粒砂岩(試料 J-03)よりツルハシを用いて層厚約30 cm 間隔で、各試料につき約2 kg の堆積物を採取した(Fig. 3B)。細粒砂岩と小断層で境される砂質泥岩層(試料 J-04)からも採取した(Fig. 3B)。

微化石用試料は乾燥重量80 g を基準とし、恒温器(60°C)で乾燥させた後、5%の過酸化水素水で処理した。その後、16メッシュ(開口1 mm)と115メッシュ(開口125 μm)の篩を連結させ水洗した。残渣を乾燥させた後、双眼実体顕微鏡下で微化石を抽出した。介形虫化石については、両殻、片殻いずれも1個体として計数した。

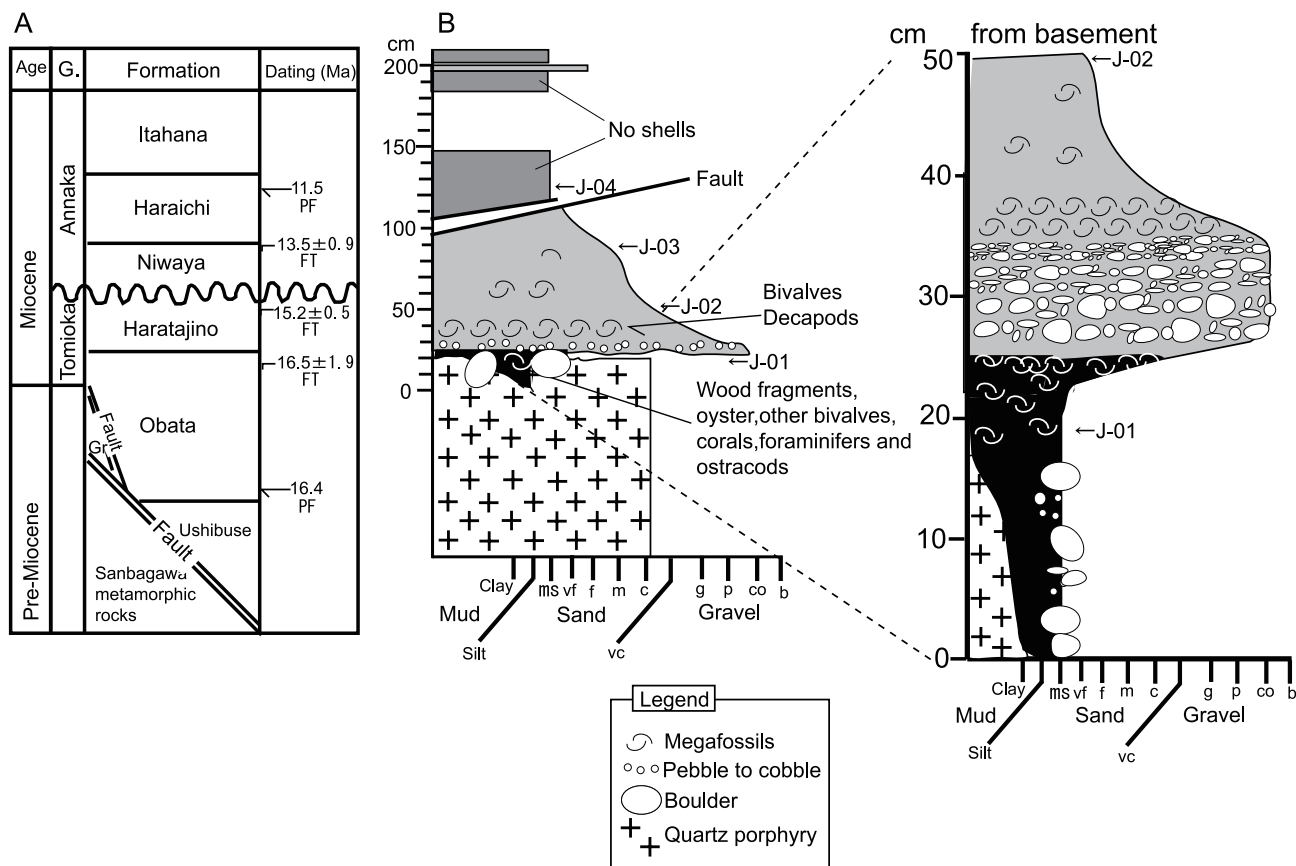


Fig. 3. A. Summary of the geology of Neogene sediments around Tomioka City, Gunma Prefecture, central Japan, based on Takahashi and Hayashi (2004). Abbreviations are as follows: FT = Fission track; G = Group; Gr = Granitic rocks; PF = Planktonic foraminifer. B. Columnar section of the 'Kojakui-sho' sediments; abbreviations are as follows: ms = muddy sand; vf = very fine; f = fine; m = medium; c = coarse; vc = very coarse; g = granule; p = pebble; co = cobble; b = boulder. J-number indicates the location of samples used for micropaleontological research in this study.

結 果

1. 浮遊性有孔虫化石

採取した4試料についてそれぞれ乾燥重量80gの試料を処理し検鏡した結果、試料J-02より保存不良な浮遊性有孔虫化石を認めた。有孔虫化石のほとんどは、石英と推定される黄褐色半透明の鉱物によって置換され、外側雄型(outer cast)の状態で産出した。しかし、走査型電子顕微鏡観察によると、微細な殻表面構造の一部が保存されており、種レベルの同定が可能であった。

同定の結果、*Globigerina angustumbilicata* Bolli, *Globigerina praebulloides* Blow, *Globigerinita glutinata* (Egger), *Globigerinoides bollii* (Blow), *Praeorbulina sicana* (De Stefani)の5種を認めた(Fig. 4)。このうち、*G. angustumbilicata*, *G. bollii*, *P. sicana*は熱帯～亜熱帯に分布中心をもつ暖流種である(Kennett et al., 1985)。また、*P. sicana*はその初産出がBlow(1969)の化石帯N.8帯の下限を定義する年代指標種である。Gradstein et al. (2004)の年代尺度によると、本種の初産出は16.97 Ma、終産出は14.53 Maである。したがって、本種を産出した

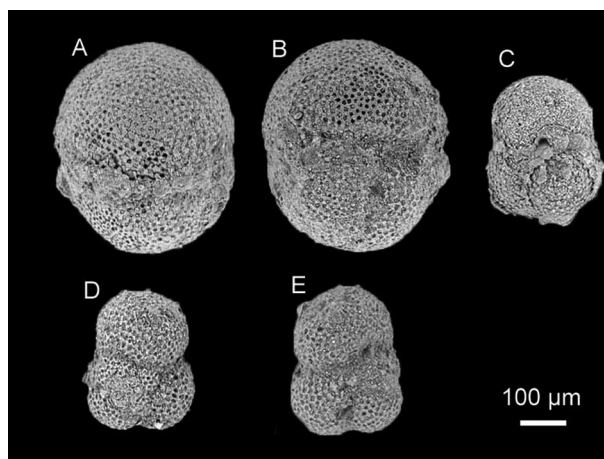


Fig. 4. Scanning electron micrographs of fossilized planktonic foraminifers within sample J-02. A, B. *Praeorbulina sicana* (De Stefani); C. *Globigerinita glutinata* (Egger); D, E. *Globigerina praebulloides* Blow.

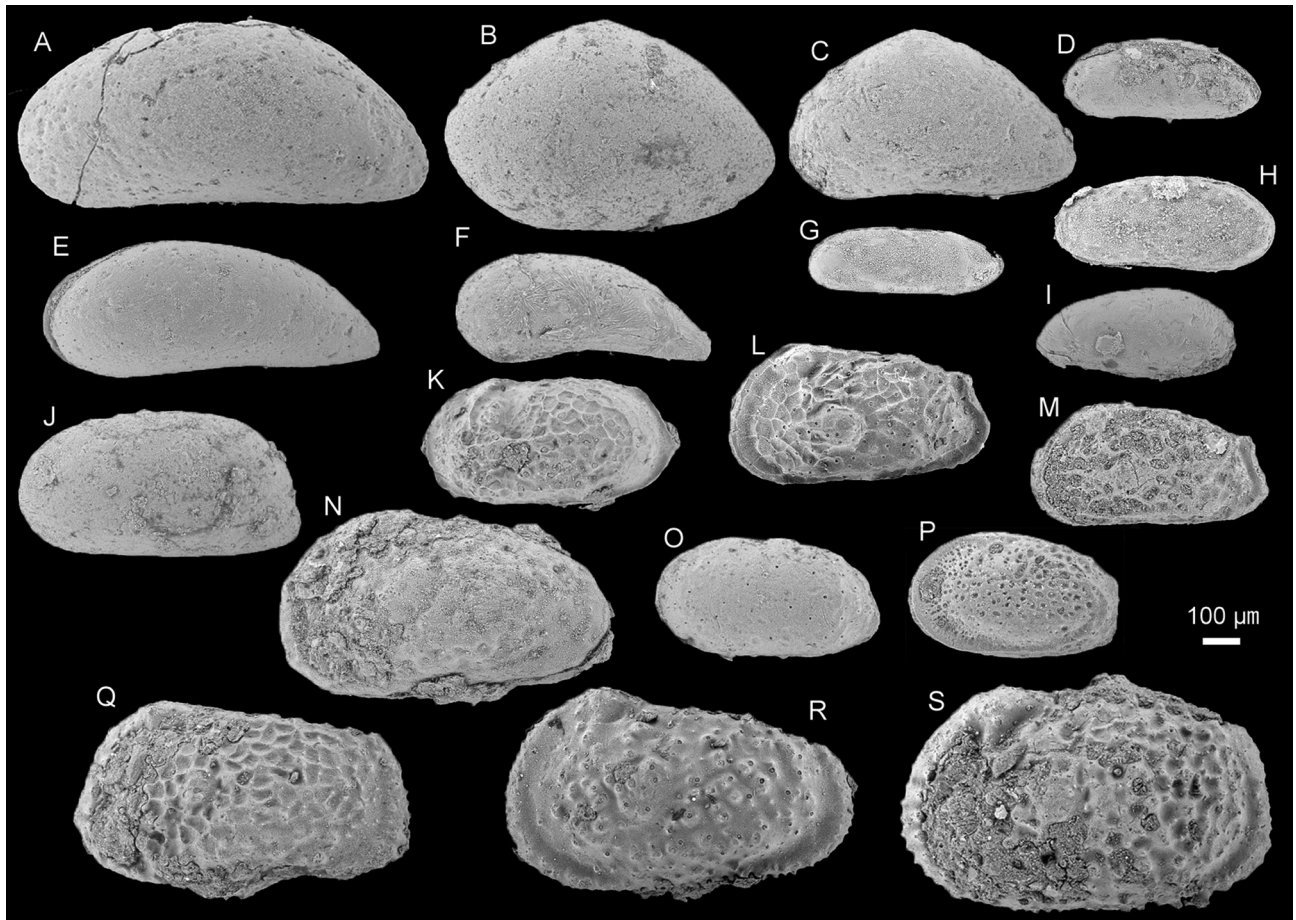


Fig. 5. Scanning electron micrographs of fossil ostracods within sample J-02; all images show a left lateral view of the carapace of adult specimens. A: *Macrocypris* sp.; B: *Neonesidea* sp.; C: *Propontocypris* sp.; D: *Argilloecia* sp.; E: *Pontocypris* sp.; F: *Paracypris* sp.; G: *Copypus* sp.; H: *Sclerochilus*? sp. I. Paradoxostomatidae gen. et sp. indet.; J: *Krithe* sp.; K: *Spinileberis* sp.; L: *Laperousecythere* sp.; M: *Cornucoquimba saitoi* (Ishizaki); N. Trachyleberididae gen. et sp. indet.; O: *Ambtonia* sp.; P: *Pacambocythere* aff. *similis* Malz; Q: *Acanthocythereis* cf. *quadrata* Irizuki and Yamada; R: *Trachyleberis*? sp.; S: *Acanthocythereis* sp.

試料 J-02 は、16.97~14.53 Ma の年代区間に限定される。

2. 介形虫化石

試料 J-01 および J-02 から 18 属 19 種の介形虫化石が産出した (Fig. 5)。このうち試料 J-01 からは、乾燥重量 80 g の試料中に 2 個体 (*Krithe* sp., *Neonesidea* sp.) のみが産出した。試料 J-02 について乾燥重量 1580 g の堆積物を処理し、検鏡した結果、計 134 個体の介形虫化石が産出した (Table 1)。合弁個体が多く産したが、分類基準となる殻表面の装飾の保存が悪く、種まで正確に同定できたのは 1 種だけだった。試料 J-02 は *Krithe* sp., *Neonesidea* sp., *Pacambocythere* aff. *similis*, *Sclerochilus*? sp. および *Acanthocythereis* sp. で特徴づけられる。*Krithe* 属については、現在の東シナ海や北太平洋の水深 100 m から 600~800 m 前後の下部浅海帯から漸深海帯で報告されている (入月・石田, 2007)。*Pacambocythere similis* は台湾南部の鮮新統~更新統の馬鞍山泥岩層から報告されており (Malz, 1982)、著者の一人 (田中) の予察的な調査によって、馬鞍山泥岩層から産出する介形虫化石群は漸深海性の種を多く含ん

でいることが分かっている。一方、*Neonesidea* 属や *Copypus* 属は現在、熱帯~温帯域の岩礁地や砂底に (Hou and Gou, 2007; 鶴見・神谷, 2007; Tanaka et al., 2009), *Spinileberis* 属は東アジア沿岸の内湾域に生息している (Tanaka et al., 2011)。また、化石種である *Cornucoquimba saitoi* は、初期~中期中新世最初期のいわゆる「中新世熱帯海中気候事件」期に堆積した地層、例えば門ノ沢層 (入月・松原, 1994)、砂子坂層 (Ishizaki, 1963; 田中ほか, 2004) および緑町層 (Tanaka et al., 2012) の浅海性の地層から報告されている。*Acanthocythereis quadrata* はやや寒冷な浅海に生息していたと考えられている (Irizuki et al., 2004)。

以上のように試料 J-02 に見られる介形虫化石群集は、熱帯~亜熱帯の漸深海に生息するあるいは生息していたと考えられる種の他に、潮間帯~浅海性の種も少なからず混在した群集といえる。

考察とまとめ

‘古蛇崩い礁’の堆積環境について、星野 (1952) は、「石英

Table 1. List of fossil ostracods from the sample J-02 of the 'Kojyakui-sho', Tomioka City, Gunma Prefecture, central Japan.

Species	Carapace	Valve
<i>Acanthocythereis</i> cf. <i>quadrata</i> Irizuki and Yamada, 2004 (in Irizuki et al., 2004)	1	0
<i>Acanthocythereis</i> sp.	10	0
<i>Ambtonia</i> sp.	6	0
<i>Argilloecia</i> sp.	4	0
<i>Copytus</i> sp.	1	0
<i>Cornucoquimba saitoi</i> (Ishizaki, 1963)	4	0
<i>Krithe</i> sp.	43	0
<i>Laperousecythere</i> sp.	4	0
<i>Macrocypris</i> sp.	5	1
<i>Neonesidea</i> sp.	12	4
<i>Pacambocythere</i> aff. <i>similis</i> Malz, 1982	12	0
<i>Paracypris</i> sp.	1	0
Paradoxostomatidae gen. et sp. indet.	1	0
<i>Pontocypris</i> sp.	7	0
<i>Propontocypris</i> sp.	12	0
<i>Sclerochilus</i> ? sp.	2	0
<i>Spinileberis</i> sp.	1	0
<i>Trachyleberis</i> ? sp.	3	0
Trachyleberididae gen. et sp. indet.	5	0
Total	134	5

斑岩に附着するカキによつて推測させられるような環境の海に岩礁として存在し、その海は、次第に礁上に泥質物の堆積するような海況の海であつたと述べている。つまり、カキ礁が形成され、泥が堆積する潮間帯～潮下帯の浅海環境と解釈される。さらに隣接する井戸沢層(本論における小幡層)から大型有孔虫 *Lepidocyclina* が発見されていること、'古蛇崩い礁' から産出する貝化石が寒冷な海水温を指示するものであることから、'古蛇崩い礁' の堆積年代は井戸沢層(本論における小幡層)よりも古い、おそらく漸新世末期または中新世初期ではないかと考察している(星野, 1952)。

今回の野外調査の結果、星野(1952)が'古蛇崩い礁' の礁上堆積物と定義した石英斑岩直上の泥質砂岩(試料 J-01)から個体数が極めて少ないものの、現在、熱帯～温帯域の岩礁地や砂底に生息している *Neonesidea* 属のほかに、下部浅海帯～中部漸深海帯で報告されている *Krithe* 属が産出した。また含まれるカキ類などの二枚貝は離弁で破片化し、カニは関節が外れた状態で産出しているため、大型化石はすべて他生的な産状を示すことが確認された。つまり、この層準の化石群集は浅海と漸深海帯の混在群集といえる。その上位の粗粒砂岩からの試料(J-02)の介形虫化石群集も、上部～中部漸深海性の群集に潮間帯～浅海の要素が含まれる混在群集となっている。以上より、上述した層準の化石群集は、浅海の群集が漸深海へ流れ込み、漸深海の群集と混在したものであると判断できる。大石・高橋(1990)によれば、同層準の小幡層は深海(上部～中部漸深海帯)に堆積したことが指摘されており、上述の化石群集に基づく堆積環境と調和的である。したがって、星野(1952)による'古蛇崩い礁' は浅海の礁上堆積物ではなく、堆積当初から礁としての性質は無かつたと

考えられる。さらに'古蛇崩い礁' 堆積物の上位に連続して、泥質砂を基質とした円摩された中～巨礫を含む基質支持の礫岩層が見られる。この地層は逆級化を示し、堆積物重力流である土石流による堆積物(八木下, 2004)に類似する。以上の特徴から、'古蛇崩い礁' 堆積物は、堆積物重力流によって浅海から漸深海へと流れ込んだ堆積物であるといえる。また、材化石を含むことから、陸域から海域への土石流の可能性もある。'古蛇崩い礁' 堆積物の下面は石英斑岩表面の凹凸に沿っており、その上面は比較的平らであることから、'古蛇崩い礁' 堆積物は石英斑岩が岩盤として露出した海底面に流れ込んで堆積した可能性が高い。

堆積年代については、'古蛇崩い礁' 堆積物の層準 J-01 からは直接明らかにはならなかったが、その上位に位置する一連の堆積物である粗粒砂層層準 J-02 においては、浮遊性有孔虫化石から、16.97～14.53 Ma の区間に制約されることが明らかとなった。この堆積年代は富岡層群の堆積期にほぼ相当し、動物群としては八尾門ノ沢動物群、すなわち「中新世熱帯海中気候事件」の年代と一致する。したがって、'古蛇崩い礁' 堆積物も同様の堆積年代である可能性が高い。そして、'古蛇崩い礁' とその一連の堆積物に見られる介形虫群集は、本邦における「中新世熱帯海中気候事件」期の漸深海性介形虫化石群として2例目の報告にあたる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、Translations Group の Alicia Moguilevsky 博士には英文校閲をして頂いた。匿名の2名の査読者と、山路 敦編集委員長、ならびに中島 礼担当編集委員には、本稿を改善する上で多くのご指摘を頂いた。本研

究は独立行政法人科学技術振興機構のサイエンスパートナーシッププロジェクト(群馬県立富岡東高等学校・群馬県立自然史博物館)およびスーパーサイエンスハイスクールプロジェクト(群馬県立高崎女子高等学校・群馬県立自然史博物館)の一貫としておこなわれた。

引用文献

- Blow, W. H., 1969, Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Brönnimann, P. and Renz, H. H., eds., *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils, Geneva, 1967*, 1, 199–421.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G. and Smith, A. eds., 2004, *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 589p.
- 星野通平(Hoshino, M.), 1952, 古蛇崩い礁—礁上堆積物の一例—。趣味の地学(*Syumi-no-tigaku*), 5, 314–318.
- Hou, Y. and Gou, Y., 2007, *Fossil Ostracoda of China, vol. 2, Cytheracea and Cytherellidae*. Science Press, Beijing, 798p.
- Irizuki, T., 1994, Late Miocene ostracods from the Fujikotogawa Formation, northern Japan: with reference to cold water species involved with trans-Arctic interchange. *Jour. Micropaleontol.*, 13, 3–15.
- 入月俊明・石田桂(Irizuki, T. and Ishida, K.), 2007, 日本海沿岸の鮮新世貝形虫群集と海洋環境との関係, 化石(*Fossils*), 82, 13–20.
- Irizuki, T., Ishizaki, K., Takahashi, M. and Usami, M., 1998, Ostracode faunal changes after mid-Neogene climatic optimum elucidated in the Middle Miocene Kobana Formation, central Japan. *Paleontol. Res.*, 2, 30–46.
- 入月俊明・松原尚志(Irizuki, T. and Matsubara, T.), 1994, 貝形虫化石群集解析に基づく下—中部中新統門下沢層の堆積環境の垂直変化, 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), 100, 136–149.
- Irizuki, T. and Matsubara, T., 1995, Early Middle Miocene ostracodes from the Suenomatsuyama Formation, Ninohe City, Northeast Japan and their paleoenvironmental significance. *Trans. Proc. Palaeontol. Soc. Japan, N. S.*, no. 177, 65–78.
- Irizuki, T., Yamada, K., Maruyama, T. and Ito, H., 2004, Paleogeology and taxonomy of Early Miocene Ostracoda and paleoenvironments of the eastern Setouchi Province, central Japan. *Micropaleontology*, 50, 105–147.
- Ishizaki, K., 1963, Japanese Miocene ostracodes from the Sunakosaka Member of the Yatsuo Formation, east of Kanazawa City, Ishikawa Prefecture. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, 34, 19–34.
- Ishizaki, K., 1966, Miocene and Pliocene ostracodes from the Sendai area, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser.*, 37, 131–163.
- Ishizaki, K., Fujiwara, O. and Irizuki, T., 1996, Ostracod faunas from the Upper Miocene Tsunaki Formation near the southern border of Sendai City, Northeast Japan. *Proc. Second Europ. Ostracodologist Meeting*, 113–120.
- Kennett, J. P., Keller, G. and Srinivasan, M. S., 1985, Miocene planktonic foraminiferal biogeography and paleoceanographic development of the Indo-Pacific region. In Kennett, J. P., ed., *The Miocene Ocean*, The Geological Society of America, 197–236.
- Malz, H., 1982, Plio-/Pleistozäne Bunttoniini von SW-Taiwan. *Senckenberg. Lethaea*, 63, 377–411.
- Ogasawara, K., Takano, M., Nagato, H. and Nakano, T., 2008, Cenozoic molluscan faunas and climatic changes in the northern Pacific related to Pacific gateways: **review and perspective**. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 59, 355–364.
- 大石雅之・高橋雅紀(Oishi, M. and Takahashi, M.), 1990, 群馬県高崎地域に分布する中新統—とくに庭谷不整合形成過程について—。東北大地質古生物研報(*Contrib. Inst. Geol. Paleontol. Tohoku Univ.*), no. 92, 1–17.
- 高橋雅紀・林広樹(Takahashi, M. and Hayashi, H.), 2004, 群馬県富岡地域に分布する中新統の地質と複合年代層序, 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), 110, 175–194.
- 高桑祐司・塚越哲(Takakuwa, Y. and Tsukagoshi, A.), 2005, 群馬県安中市に分布する富岡層群原田篠層(中部中新統)産出の貝形虫化石。群馬県立自然史博研報(*Bull. Gunma Mus. Nat. Hist.*), 9, 87–91.
- Tanaka, G., 2003, Middle Miocene ostracods from the Omori Formation, Izumo City, Southwest Japan: Its implications for paleoenvironment of the Proto-Japan Sea. *Earth Sci. (Chykyu Kagaku)*, 57, 111–127.
- Tanaka, G., 2009, Re-examination of type specimens, Miocene and Pliocene ostracods from the Sendai Area (by Ishizaki, 1966). *Bull. Gunma Mus. Nat. Hist.*, 13, 35–45.
- Tanaka, G., Komatsu, T. and Nguyen, D. P., 2009, Recent ostracod assemblages from the northeastern coast of Vietnam and the biogeographical significance of the euryhaline species. *Micropaleontology*, 55, 365–382.
- Tanaka, G., Kuroda, S. and Ikeya, N., 2011, Taxonomy and microhabitats of the genus *Spinileberis* (Ostracoda, Crustacea) from Japan. *Paleontol. Res.*, 15, 213–232.
- 田中源吾・野村律夫(Tanaka, G. and Nomura, R.), 2009, 西南日本島根県中部中新統古江層から産出した介形虫化石群。地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), 115, 261–265.
- Tanaka, G. and Nomura, S., 2009, Late Miocene and Pliocene Ostracoda from the Shimajiri Group, Kume-jima Island, Japan: **Biogeographical significance of the timing of the formation of back-arc basin (Okinawa Trough)**. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 276, 56–68.
- Tanaka, G., Nomura, S. and Hasegawa, Y., 2012, Miocene ostracods from the Midorimachi Formation, Ota City, Gunma Prefecture, central Japan. *Bull. Gunma Mus. Nat. Hist.*, 16, 31–40.
- Tanaka, G., Seto, K., Mukuda, T. and Nakano, Y., 2002, Middle Miocene ostracods from the Fujina Formation, Shimane Prefecture, Southwest Japan and their paleoenvironmental significance. *Paleontol. Res.*, 6, 1–22.
- 田中源吾・塚脇真二・陰地章仁(Tanaka, G., Tsukawaki, S. and Ooji, A.), 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(*Ann. Res. Inst. Japan Sea Region*), 35, 53–64.
- 鶴見厚史・神谷隆宏(Tsurumi, A. and Kamiya, T.), 2007, 日本・東南アジア産 *Neonesidea* 属(甲殻亜門, 貝形虫綱, ポドコピーダ目)8種の系統関係と生物地理, タクサ(*TAXA*), 23, 19–31.
- Walker, J. D. and Geissman, J. W., 2009, Geologic time scale. *Geol. Soc. America*.
- Whatley, R. C., Siveter, D. J. and Boomer, I. D., 1993, Arthropoda (Crustacea: Ostracoda). In Benton, M. J., ed., *The Fossil Record 2*. Chapman & Hall, London, 343–356.
- 八木下晃司(Yagishita, K.), 2004, 岩相解析および堆積構造(Facies Analyses and Sedimentary Structures), 古今書院(Kokon Shoin Co. Ltd.), 222p.
- Yajima, M., 1988, Preliminary notes on the Japanese Miocene Ostracoda. In Hanai, T., Ikeya, N. and Ishizaki, K., eds., *Evolutionary Biology of Ostracoda: Its Fundamentals and Applications*. Kodan-sha, Tokyo, 1073–1085.
- Yajima, M., 1992, Early Miocene Ostracoda from Mizunami, Central Japan. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, 19, 247–268.
- 山田桂・入月俊明・中嶋祥江(Yamada, K., Irizuki, T. and Nakajima, S.), 2001, 中部中新統富草層群新木田層(長野県)の貝形虫化石群集と堆積相の時空分布, 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), 107, 1–13.
- Yamaguchi, T. and Hayashi, H., 2001, Late Miocene ostracodes from the Kubota Formation, Higashi-Tanagura Group, Northeast Japan, and their implications for bottom environments. *Paleontol. Res.*, 5, 241–257.

Yamaguchi, T., Mashiba, H. and Kamiya, T., 2012, Miocene ostracodes from the Osaki Formation, Kuginaga Group, Tanegashima, Southwest Japan, and their significance of the biogeography of the Indo-West Pacific. *Paleontol. Res.*, **16**,

107-123.

Zachos, J. C., Dickens, G. R. and Zeebe, R. E., 2008, An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. *Nature*, **451**, 279-283.

(要 旨)

田中源吾・伊丹美穂・黒澤幸愛・吉岡あゆみ・横田麻莉・新井理菜・出原祐樹・林 広樹, 2013, 介形虫化石群からみた群馬県富岡市南西部に分布する中部中新統の特異な岩相の堆積環境. 地質雑, **119**, 17-24. (Tanaka, G., Itami, M., Kurosawa, S., Yoshioka, A., Yokota, M., Arai, R., Idehara, Y. and Hayashi, H., 2013, The depositional environment of the singular Middle Miocene strata from southwestern Tomioka City, Gunma Prefecture, central Japan, from the view point of fossil ostracod assemblage. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **119**, 17-24.)

群馬県富岡市南西部の大島付近の鑛川沿いに分布する中部中新統富岡層群小幡層において‘古蛇崩い礁’と呼ばれる隣接地域とは岩相が著しく異なった地層が露出している。今回、微化石群集を用いて、当該地層の堆積年代と堆積環境の再検討を行った。介形虫化石および岩相解析の結果、‘古蛇崩い礁’は、漸深海の石英斑岩の海底面上に浅海からの堆積物重力流による流れ込みで形成された堆積物であることが明らかとなった。また有孔虫と介形虫化石から、当該地層は前期中新世後期～中期中新世前期のいわゆる「中新世熱帯海中気候事件」期に堆積したものであることが判明した。本邦における「中新世熱帯海中気候事件」期の漸深海性介形虫化石群としては2例目の報告となる。