

原著論文

群馬県邑楽郡明和町で掘削された温泉井の中新統産貝形虫化石

小沢広和<sup>1</sup>・金子 稔<sup>2</sup>・石川博行<sup>3</sup>・野村正弘<sup>4</sup>

<sup>1</sup>日本大学生物資源科学部一般教養地球科学研究室: 〒252-0880 神奈川県藤沢市亀井野1866  
(ozawa.hirokazu@nihon-u.ac.jp)

<sup>2</sup>群馬県立自然史博物館特別研究員

<sup>3</sup>群馬県太田市在住

<sup>4</sup>駿河台大学メディア情報学部: 〒357-8555 埼玉県飯能市阿須698

**要旨:** 群馬県邑楽郡明和町において、温泉開発用温泉井ボーリング掘削(掘進長1500 m)で得られた中新統・富岡層群相当層で、BlowのN8帯(約1640万年前~1510万年前)の可能性の高い泥岩3試料から、7属の貝形虫化石が産出した。これらは*Schizocythere*属を特徴とする群集で構成されている。本研究の標本と同種および形態の類似する種が、栃木県に分布する中部中新統・小埜層の外洋浅海生貝形虫化石群に最も多く含まれることから、本地域の当時の堆積環境は外洋浅海域であり、その海中気候は亜熱帯~暖温帯で、現在の関東沿岸(暖温帯~中間温帯)とほぼ同じか、それよりもやや温暖であった可能性がある。現在の関東平野北西部(足尾山地と関東山地の間の地域)における中新世の古環境・古地理の復元と、日本列島沿岸の底生生物の古生物地理の考察において、これらの明和町産貝形虫化石群は重要である。

**キーワード:** 貝形虫, 中新世, 富岡層群, 温泉井ボーリング, 群馬県邑楽郡明和町, 関東平野北西部

Miocene ostracods from the deep hot-spring well drilled in Meiwa Town, Ora-gun, southeastern Gunma Prefecture, central Japan

OZAWA Hirokazu<sup>1</sup>, KANEKO Minoru<sup>2</sup>, ISHIKAWA Hiroyuki<sup>3</sup> and NOMURA Masahiro<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Earth Sciences Laboratory, College of Bioresource Sciences, Nihon University: 1866 Kameino, Fujisawa, Kanagawa 252-0880, Japan

<sup>2</sup>Research Fellow of Gunma Museum of Natural History

<sup>3</sup>Resident in Ota City

<sup>4</sup>Faculty of Media and Information Resources, Surugadai University: 698 Azu, Hanno, Saitama 357-8555, Japan

**Abstract:** Fossil ostracods belonging to seven genera, including *Schizocythere*, were reported from mudstone, correlated to the Early–Middle Miocene Tomioka Group (possibly Zone N8 of Blow; ca. 16.4–15.1 Ma), from the three slime cutting samples obtained from a 1500-m-deep hot spring well drilled in Meiwa Town, Ora-gun, southeastern Gunma Prefecture, northwestern Kanto Plain, central Japan. Based on previous study of Miocene ostracods in Japan, this species composition and the morphologically-similar species have been mostly reported from the Middle Miocene Kobana Formation (ca. 14–13 Ma) in eastern Tochigi Prefecture, central Japan. The fossil ostracod assemblages in the shallow marine environment of the Kobana Formation indicated sublittoral zones under subtropical to warm-temperate conditions. Therefore, the shallow-marine palaeoclimate in the northwestern Kanto Plain between the Kanto and Ashio Mountains may have also had subtropical to warm-temperate conditions. The water temperature in this period, in the area studied, may have been almost the same or slightly higher than the temperature at the present Kanto coast, which is under warm- to mild-temperate conditions. The fossil ostracods from Meiwa in this study are significant for understanding the palaeogeography and palaeoenvironment of the present northwestern Kanto Plain as well as the palaeobiogeography of the shallow-marine benthic fauna along the Japanese Islands in the Miocene.

**Key Words:** Ostracoda, Miocene, Tomioka Group, deep hot spring well, Meiwa Town in Gunma Prefecture, northwestern Kanto Plain

はじめに

群馬県邑楽郡明和町において、2020年7月~12月に東武線川俣駅周辺の整備事業として、新規の温泉開発を目的と

した大深度ボーリング調査が行われ、地下深度1500 mまで温泉井が掘削された(図1; 群馬県邑楽郡明和町, 2020)。その際に得られた、中新統・富岡層群相当層の可能性の高い堆積岩試料の一部から、有孔虫化石が産出した(群馬県

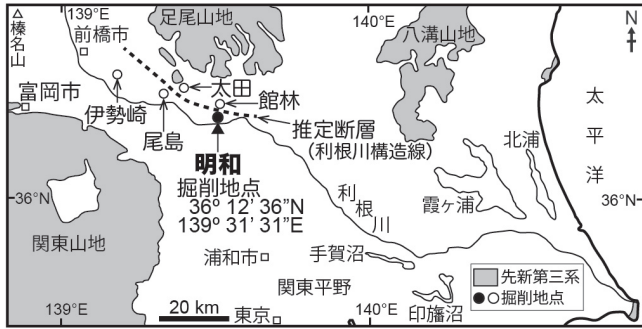


図1. 本研究の対象地域(明和町)の温泉開発用の掘削地点(黒丸)および周辺地域の温泉開発・地震観測井の掘削地点(白丸). 群馬県温泉協会(2022)を改編. 推定断層の位置:高橋ほか(2006)に基づく.

温泉協会, 2022; 野村ほか, 2023). 明和町から50 kmほど西方に位置する富岡地域の富岡層群については, 複数の丘陵地や河床等の地表に堆積岩が比較的良好に露出し, 多くの中新統産化石が報告されている(Matsumaru, 1967; 松丸, 1977; 群馬県立自然史博物館, 2002, 2005; 高橋・林, 2004; 田中ほか, 2013; Tanaka and Hasegawa, 2013aなど). 一方, 関東平野北西部の関東山地と足尾山地の間に位置する明和町とその周辺(図1)では, 富岡地域とは異なり, 中新統の大部分は厚い新第三紀・第四紀の堆積物に覆われて地下に分布し, 富岡地域に比べて地上の露頭はごく少ない(高橋・柳沢, 2003; 林ほか, 2004a, 2004b, 2006; 高橋, 2006; 高橋ほか, 2006; 武井・野村, 2006; Tanaka et al., 2012a; 納谷ほか, 2013). そのため明和町と周辺における, 中新統の地下地質構造や年代層序については不明な点も多く, 化石の報告例もごく少ない.

そこで筆者3名(金子・石川・野村)は, 明和町の温泉井掘削によって地下から新たに得られた堆積岩試料について, 有孔虫以外の石灰質微化石の産出を検討した. その結果, 個数は少ないものの複数の貝形虫化石を抽出した. 本稿では今回新たに得られた貝形虫化石について, それらの特徴と産出の意義を述べる.

### 群馬県南部の地下地質の概要

関東平野は日本最大の平野であり, 新第三紀中新世以降に大規模な堆積盆が発達し, 新第三紀以前の花崗岩・変成岩などの基盤岩が, 新第三紀・第四紀の厚い堆積物で覆われている(群馬県農政部土地改良課, 1996; 群馬県地質図作成委員会, 1999; 林ほか, 2006; 群馬県温泉協会, 2022). これらの堆積物は, 厚い地域では層厚3000 m以上に達する(林ほか, 2006; 高橋ほか, 2006など). 関東平野の地下地質については, 2000年代に大深度ボーリングデータと反射

法地震探査記録の解釈に基づいて, 地下地質層序が総括され(林ほか, 2004a, 2004b; 高橋, 2006; 高橋ほか, 2006), 地表地質層序との対比が検討された(林ほか, 2004aなど). その結果, 地下の新第三系・第四系の層序について, 2つの大きな不整合(約15 Maの庭谷不整合, 約3 Maの黒滝不整合)を含む3層構造モデルが提唱され(林ほか, 2004a; 高橋ほか, 2006), 関東平野の地下について, 深度1000 m以深に分布する基盤岩の先新第三系を含む規模で, 地質の概要が初めて示された.

関東平野北西部に位置する群馬県南部では, 温泉開発や地震観測用の複数の掘削井が掘削され(群馬県温泉協会, 2022), これらの地下地質データから, 太田・伊勢崎・館林地域では, 基盤岩の先新第三系の上に, 層厚1000 m以上の新第三系・第四系が厚く堆積していることが判明した(高橋, 2006など). 明和町とその周辺については, 深度1000 m~2000 m規模の大深度掘削井の本数はそれほど多くないが, 太田・尾島地域で温泉井が掘削され, 伊勢崎・館林地域では地震観測井が掘削されている(図1). これらの掘削井データから, 群馬県南部では, 層厚1000 m~2000 m以上の新第三系・第四系の堆積岩が分布し, 館林地域のみ地下1000 m以深に基盤岩の花崗岩が存在することが判明した(高橋, 2006; 高橋ほか, 2006). なおこれらの掘削井の堆積岩および基盤岩(花崗岩など)の地下分布深度と, 周辺の地表地質データおよび反射法地震探査記録の解釈に基づいて, 太田地域と伊勢崎地域の間には, 落差2000 m以上の大規模な南落ち伏在断層の存在が指摘され, この断層が利根川構造線に相当すると考えられている(高橋, 2006; 高橋ほか, 2006).

### 明和町の温泉開発用ボーリングの概要

本研究で用いた試料は, 群馬県邑楽郡明和町において, 温泉掘削を目的としたボーリング調査時にスライム(堀りくず・切削物)として得られた岩石試料である. この温泉掘削については, 東武線川俣駅周辺整備事業として明和町が企画し, 2020年7月に株式会社ベルパックスが, ローター工法(トリコンビット掘削)によって, 川俣駅北西方約150 mの明和町中谷地区北部(明和町中谷114番地1; 図1; 36° 12' 36" N, 139° 31' 31" E; 標高18 m; 標高値は国土地理院, 2012に基づく)において, 地下深度1500 mまで掘削した(群馬県邑楽郡明和町, 2020; 群馬県温泉協会, 2022). その際に, 深度10 mごとにスライム試料を回収し, その一部が岩相観察用試料として保管された(群馬県温泉協会, 2022).

この温泉井の岩相については, 群馬県温泉協会(2022)が,

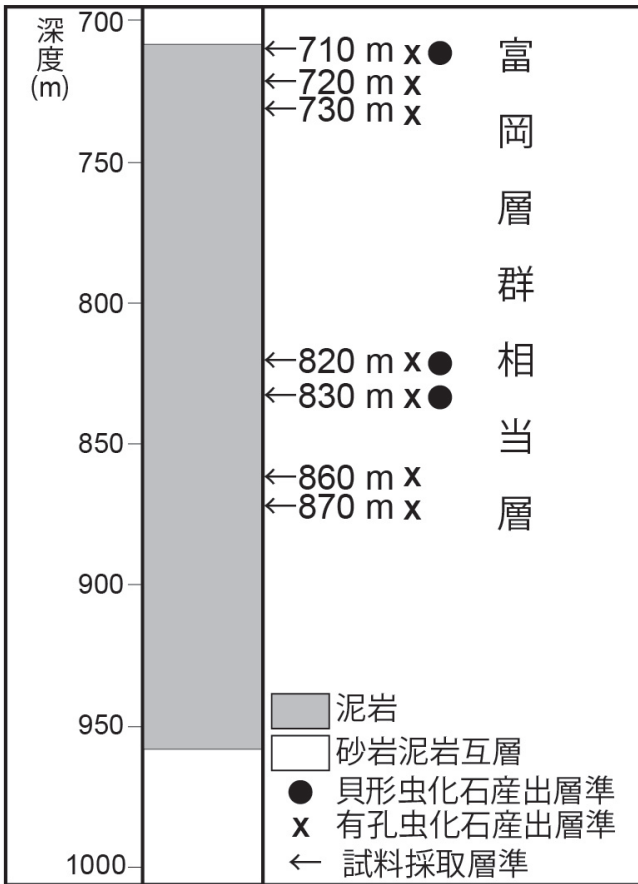


図2. 明和町温泉井(深度1000 m ~ 700 m)柱状図および微化石(貝形虫・有孔虫)用試料採取層準。群馬県温泉協会(2022)を簡略化。

株式会社ベルパックスの2020年発行の資料「川俣駅周辺整備事業温泉掘削工事報告書」を基に記述している。それによると、この地域では地下深度1500 mまで堆積岩のみが存在し、周辺域の一部では基盤岩となっている花崗岩等の貫入岩類は認められていない。この温泉井の堆積岩は下位・中位層準は主に砂岩・泥岩互層および泥岩から成り、上位層準は主に砂岩・泥岩互層およびレキ岩から成る。これらの堆積岩を、明和町周辺(伊勢崎・館林)の掘削井の岩相・年代層序と比較すると、三浦層群相当層(富岡層群相当層・安中層群相当層)、上総層群相当層、下総層群相当層に対応することが、群馬県温泉協会(2022)の柱状図と層序表に図示されている。ただしこの温泉井における各層群間の境界や不整合面の層準については、群馬県温泉協会(2022)の柱状図には具体的に図示されていない。また群馬県温泉協会(2022)はこの温泉井の岩相について、堆積岩の種類のみを組み合わせから、おおまかに1000 m以深、500 ~ 1000 m、500 m以浅という3つの深度帯に区分しているが、柱状図にはこの3つの深度帯と各層群相当層との対応関係は示されていない。

この温泉井における化石産出については、この地点で最

も厚い泥岩が観察された深度957 ~ 710 mのうち、深度870 ~ 710 mの7層準から採取された泥岩7試料から、群馬県温泉協会(2022)および野村ほか(2023)が、浮遊性有孔虫と底生有孔虫化石の産出を確認した(図2)。さらに野村ほか(2023)は浮遊性有孔虫化石層序を検討し、「特に深度870 ~ 820 mの試料は、Blow(1969)のN.8帯(約1640 ~ 1510万年前)の堆積物であり、富岡層群に相当する」と述べた(N.8帯の年代値はGradstein et al., 2012に基づいて、筆者が今回記述した)。図3に、明和町から約50 km西方の富岡地域に分布する富岡層群を含む、富岡地域の中新統の層序表を示す。なおこれらの泥岩7試料採取層準が、富岡層群の3累層(牛伏層、小幡層、原田篠層)のいずれに相当するののかについては、現時点では判明していないが、野村ほか(2023)は「深度870 ~ 820 mの層準は、小幡層か原田篠層に対比される」と述べている。またこれらの有孔虫以外の化石産出と年代層序に関するデータは、明和町のこ

時代	地層名	年代(Ma)
中新世	板鼻層	
	中市層	←11.6 PF ←11.8±0.1 Ar
	庭谷層	←13.5±0.9 FT ←15.5±0.8 FT
	庭谷不整合	
	原田篠層	←15.2±0.5 FT
中新世以前	小幡層	←16.5±1.9 FT
	牛伏層	←16.4 PF
中新世以前	三波川変成岩(断層)	

図3. 群馬県富岡地域の中新統の層序と年代。高橋・林(2004)および田中ほか(2013)を簡略化。PF: 浮遊性有孔虫化石層序に基づく年代。FT: フィッシュントラック年代。Ar: <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar年代。PFの年代値: Gradstein et al. (2012)の年代値に基づく。



の温泉井からは今のところ報告されていない。

### 試料の分析方法

本研究では、野村ほか（2023）の検討した明和町温泉井のスライム泥岩7試料（採取深度870 m, 860 m, 830 m, 820 m, 730 m, 720 m, 710 m；図2）各20 gについて、硫酸ナトリウム・ナフサ法（山崎・堂満，2013）で構成粒子に分解した。水洗処理には200メッシュ（目開き0.074 mm）のふるいをを使用した。ふるい上の残渣を電気定温器で乾燥し、検鏡用試料とした。双眼実体顕微鏡を用いて、この試料から115メッシュ（目開き0.125 mm）以上のサイズの貝形虫化石を抽出した。なお筆者3名（金子・石川・野村）が、これらの一連の作業を行った。

### 結果

7試料を検討した結果、3試料（採取深度830 m, 820 m, 710 m；図2）から計7属9種の12個の貝形虫化石が得られた（表1）。今回は得られた貝形虫化石の標本個数が少ないため、破片も1個として数えた。産出個数および種数は深度710 mの試料で最も多く、産出密度もこの試料で最も高い。本研究で抽出した貝形虫化石については、比較的保存の良い標本が多い。ただし成体より幼体の方が多いため、一部の標本については属レベルの鑑定に留めた。ここでは本研究で得られた12個の標本について検討し、以下に各標本の特徴を述べる。標本サイズは、欠損していない2種の標本についてのみ示した。各標本については、群馬県立自然史博物館所蔵の走査型電子顕微鏡（SEM；日立ハイテクノ

表1. 本研究の産出種リスト。

種名／試料採取深度	830 m	820 m	710 m
<i>Aurila</i> sp.	1		
<i>Coquimba</i> sp.	1		
<i>Finnarchinella nealei</i>			1
Hemicytheridae gen. sp. indet.			1
<i>Loxococoncha nozokiensis</i>			1
<i>Hanaiborchella</i> sp.		1	
<i>Paracytheridea neolongicaudata</i>	1		
<i>Schizocythere</i> sp.	1		3
Trachyleberidae gen. sp. indet.			1
合計	4	1	7
種数	3	1	5
試料の重量 (g)	20	20	20
産出密度 (個数/g)	0.2	0.05	0.35

ロジーズ製TM-1000) を用いて、筆者1名（金子）が画像を撮影した（図版1）。これらの標本は、群馬県立自然史博物館に登録・保管されている。

### 古生物学的記載

Class Ostracoda Latreille, 1806 貝形虫綱  
Subclass Podocopa Sars, 1866 ポドコーパ亜綱  
Order Podocopida Sars, 1866 ポドコピーダ目  
Superfamily Cytheroidea Baird, 1850 シセレ上科  
Family Cytheridae Baird, 1850 シセレ科  
Genus *Schizocythere* Triebel, 1950

*Schizocythere* sp.

(図版1, 1, 2, 3, 4)

研究標本：GMNH-PI-6351（図版1, 1），GMNH-PI-6352（図版1, 2），GMNH-PI-6353（図版1, 3），GMNH-PI-6354（図版1, 4）

標本サイズ：GMNH-PI-6351・殻長0.43 mm，殻高0.29 mm，GMNH-PI-6353・殻長0.40 mm，殻高0.29 mm，

備考：殻サイズおよび殻全体の表面装飾（リッジ・突起・凹み・斑点）の発達程度から、いずれも幼体の標本であると判断した。殻のアウトラインと殻全体の表面装飾（リッジ・突起・凹み・斑点）のパターンは、中新統・八尾層群産の*Schizocythere* sp. 2（Ozawa, 2016, p. 133, Figure 9.16）の成体に似る。*Schizocythere*属は、現在の日本列島沿岸の浅海帯（Hanai, 1970；Ikeya and Suzuki, 1992；Zhou, 1995；Tsukagoshi and Briggs, 1998；Ozawa et al., 2004a；Ozawa and Tsukawaki, 2008；Tanaka et al., 2012bなど）で多くの遺骸殻が報告され、日本の中新統等から化石が産出し（表2, 3, 4），主に外洋浅海生の貝形虫化石群に多く含まれる（Ozawa, 1996；Irizuki et al., 1998, 2001, 2004；山田ほか，2001；田中ほか，2004；Yamaguchi, 2006；Ozawa, 2016など）。

Genus *Hanaiborchella* Gründel, 1976

*Hanaiborchella* sp.

(図版1, 5)

研究標本：GMNH-PI-6355

備考：殻サイズと殻全体の表面装飾（網目・リッジ・凹み・斑点）の発達程度から、幼体の標本であると判断した。*Hanaiborchella*属は、現在の日本列島沿岸の浅海帯で遺骸殻が報告され（Ikeya and Itoh, 1991；Ikeya and Suzuki, 1992；Zhou, 1995；Tsukawaki et al., 1997；Kamiya et al., 2001；Ozawa et al., 2004a；Ozawa and Tsukawaki, 2008；Tanaka et al., 2012b），日本の中新統等から産出し（表2, 3,

4), 主に浅海生の貝形虫化石群に含まれる (Hanai, 1970 ; Irizuki, 1994 ; Irizuki et al., 2001 ; Yamaguchi and Hayashi, 2001 ; Yamaguchi et al., 2005 ; Yamaguchi, 2006 ; Tanaka and Hasegawa, 2013b ; Ozawa and Ishii, 2014など).

Family Hemicytheridae Puri, 1953 ヘミシセレ科

Genus *Aurila*, Pokorný, 1955

*Aurila* sp.

(図版1, 6)

研究標本：GMNH-PI-6356

備考：本標本は一部が欠損しているが、殻サイズおよび殻全体の表面装飾（斑点・リッジ）の発達の程度から、幼体の標本であると判断した。殻のアウトラインおよび殻全体の表面装飾（斑点・リッジ）のパターンが中新統・小埴層産の*Aurila* sp. (Irizuki et al., 1998, p. 35, Figure 5.11) の成体に似る。*Aurila*属は、現在の日本列島沿岸の浅海帯で多くの遺骸殻が報告され (Ishizaki, 1968 ; Ikeya and Suzuki, 1992 ; Zhou, 1995 ; Ozawa et al., 2004a ; Ozawa and Tsukawaki, 2008 ; Tanaka et al., 2012bなど), 日本各地の中新統等から産出し (表2, 3, 4) 主に外洋浅海生化石群に多く含まれる (入月・松原, 1994 ; Irizuki et al., 1998, 2001 ; Yamaguchi and Hayashi, 2001 ; Ozawa et al., 2008 ; Ozawa and Kamiya, 2009 ; Tanaka et al., 2012c ; Tanaka and Hasegawa, 2013bなど).

Genus *Coquimba* Ohmert, 1968

*Coquimba* sp.

(図版1, 7)

研究標本：GMNH-PI-6357

備考：本標本は殻前縁部の破片であるが、殻サイズと殻表面の表面装飾（リッジ・突起・凹み）の発達の程度から、成体であると判断した。殻のアウトラインおよび表面装飾（リッジ・突起・凹み）のパターンが*Coquimba ishizakii* Yajima, 1978の成体メスに似る。*C. ishizakii*は、現在の日本列島沿岸の浅海帯で多くの遺骸殻が報告され (Ikeya and Suzuki, 1992 ; Zhou, 1995 ; Kamiya et al., 2001など), 日本各地の中新統等から産出し (表2, 4), 主に外洋浅海生化石群に含まれる (Irizuki et al., 1998, 2001 ; Kamiya et al., 2001 ; Tanaka and Nomura, 2009など).

Genus *Finmarchinella* Swain, 1963

*Finmarchinella nealei* Okada, 1979

(図版1, 10)

研究標本：GMNH-PI-6360

備考：本標本は殻前縁部の破片であるが、殻のアウトライ

ンおよび表面装飾（突起・凹み・網目・リッジ）のパターンと発達の程度から、*Finmarchinella nealei*の成体であると判断した。*F. nealei*は、現在の日本列島沿岸の浅海帯で多くの遺骸殻が報告され (Ikeya and Cronin, 1993 ; 小沢ほか, 1999 ; Ozawa et al., 2004a, 2004b ; Ozawa and Tsukawaki, 2008など), 日本各地の中新統等から産出し (表2, 4), 主に外洋浅海生化石群に含まれる (Okada, 1979 ; Yajima, 1988 ; Ozawa, 1996 ; Irizuki et al., 1998, 2001など).

Hemicytheridae gen. sp. indet.

(図版1, 8)

研究標本：GMNH-PI-6358

備考：本標本は殻前縁部の破片であるが、殻サイズと殻全体の表面装飾（網目・リッジ）のパターンから、ヘミシセレ科の*Baffinicythere*属、*Elofsonella*属、*Urocythereis*属のいずれかの成体の可能性があると判断した。これらの属は、日本各地の中新統等から産出する (Irizuki, 1993, 1996 ; Ozawa, 1996 ; Tanaka, 2003 ; Irizuki et al., 2004など).

Family Trachyleberididae Sylvester-Bradley, 1948

トラキレベリス科

Trachyleberididae gen. sp. indet.

(図版1, 9)

研究標本：GMNH-PI-6359

備考：本標本は殻のごく一部の破片であるが、殻の突起の形態・表面装飾（網目）パターンから、トラキレベリス科の*Acanthocythereis*属および*Trachyleberis*属のいずれかの成体の殻後腹縁部の可能性があると判断した。これらの属は、日本各地の中新統等から産出する (Yajima, 1988, 1992 ; 山田ほか, 2001 ; Tanaka et al., 2002 ; Tanaka, 2003 ; Irizuki et al., 2004 ; Ozawa, 2016など).

Family Loxoconchidae Sars, 1925 ロクソコンカ科

Genus *Loxoconcha* Sars, 1866

*Loxoconcha nozokiensis* Ishizaki, 1963

(図版1, 11)

研究標本：GMNH-PI-6361

備考：殻全体の表面装飾（網目・斑点・リッジ）のパターンから、*Loxoconcha nozokiensis*の幼体であると判断した。*L. nozokiensis*は、日本各地の中新統から産出し (表2, 3, 4), 主に外洋浅海生化石群に含まれる (Irizuki et al., 1998, 2004 ; Yamaguchi and Hayashi, 2001 ; 田中ほか, 2004 ; Yamaguchi et al., 2012 ; Ozawa, 2016など).

Family Paracytherideidae Puri, 1957 パラシセリデア科

Genus *Paracytheridea* Müller, 1894

*Paracytheridea neolongicaudata* Ishizaki, 1966

(図版1, 12)

研究標本：GMNH-PI-6362

標本サイズ：殻長0.44 mm, 殻高0.21 mm

備考：殻のアウトラインおよび殻全体の表面装飾（リッジ・網目・凸凹）のパターンから、*Paracytheridea neolongicaudata*の幼体であると判断した。*P. neolongicaudata*は主に日本列島沿岸の浅海帯（Zhou, 1995など）で遺骸殻が報告され、日本各地の中新統等から産出し（表2, 3, 4）、主に外洋浅海生化石群に含まれる（Yajima, 1988；Irizuki et al., 1998, 2004；山田ほか, 2001；Ozawa, 2009, 2016；Tanaka and Hasegawa, 2013bなど）。

### 考察

前述のように、野村ほか（2023）が富岡層群相当層と判断した明和町の堆積岩試料から、今回*Schizocythere*属、*Hanaiborchella*属、*Coquimba*属、*Aurila*属、*Finnarchinella*属、*Loxoconcha*属、*Paracytheridea*属が産出した（表1）。これらの属については、日本列島とその沿岸で多くの現生種が上～下部浅海帯の外洋的な環境に主に分布する（Ikeya and Itoh, 1991；Ikeya and Suzuki, 1992；Tsukawaki et al., 1997；Nakao et al., 2001；Ozawa et al., 2004a, 2004b；Ishii et al., 2005；Ozawa and Tsukawaki, 2008）。この結果は、今回の化石産出地の地層の分布域は、中新世に存在したと推測されている複数の小地塊間に位置する外洋的な浅海域（Iijima and Tada, 1990；Chinzei, 1991；Ogasawara, 1994；野田・後藤, 2004など）であった可能性を示唆する（図4）。野村ほか（2023）によると、特に830 mと820 mの2試料から浮遊性有孔虫化石が多産し、20 gの試料からそれぞれ300個体以上が産出していることから、外洋水の影響の強い古環境が推測されており、本研究の結果と整合的である。

これまでの日本列島の中新統産貝形虫化石の研究によると、本研究の標本と同種・同属あるいは形態の類似する種は、各地の中新統から産出し（表2～4；*Aurila*属、*Hanaiborchella*属、*Schizocythere*属の3属については、幼体殻のみによる種分類が困難な場合も多いため、表2～4では属の産出のみを示した）、特に栃木県東部に分布する中部中新統・小埜層（14–13Ma）から最多の7分類群（2属と5種）が産出している（表2；Irizuki et al., 1998, 2001）。小埜層と富岡層群は堆積年代がやや異なるものの、本研究の試料採取地点から小埜層の分布域までは、直線距離で北東方へ約70 kmの

距離である。分布域と緯度も比較的近いことから、両地域に種構成の類似した群集が分布していた可能性はある。

小埜層からは、Irizuki et al.（1998, 2001）が外洋的な浅海帯の貝形虫化石群を報告し、主要構成種の中の現生種の分布域に基づいて、小埜層堆積当時の浅海帯の海中気候を亜熱帯～暖温帯と推定した。そのため本地域の対象層準である堆積岩の堆積時も、浅海の海中気候は（小埜層の研究例に比べ産出個体数もかなり少ないが）亜熱帯～暖温帯であった可能性がある。現在の関東地方（神奈川県～茨城県）の太平洋沿岸の浅海の海中気候は、暖温帯～中間温帯に区別されている（Ogasawara, 1994など）。したがって当時の明和町とその付近は、現在に比べてやや温暖な環境であっ

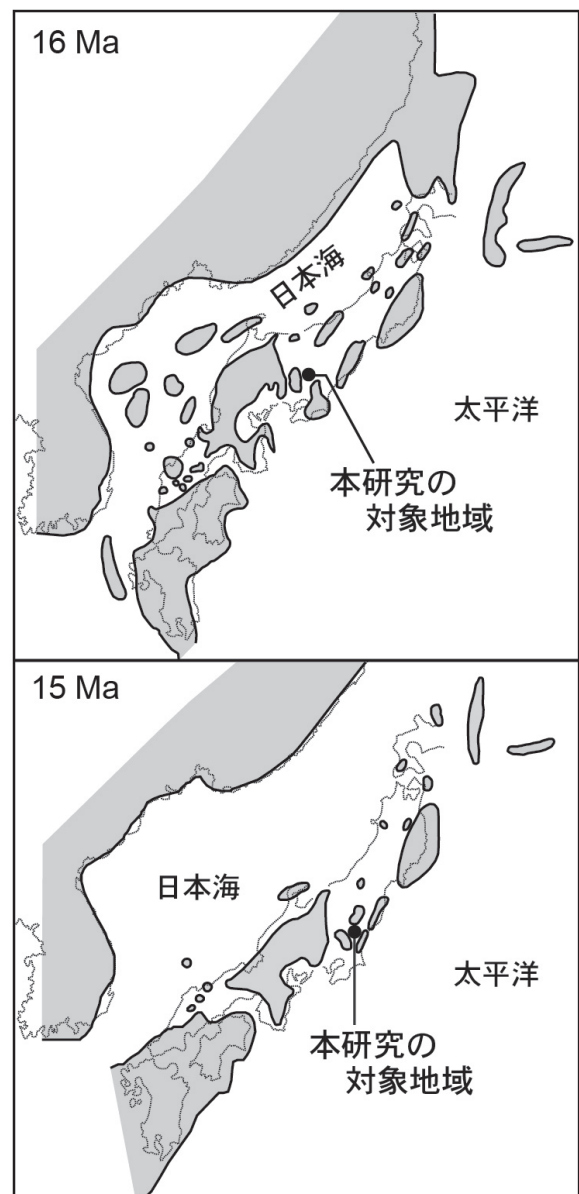


図4. 日本列島と周辺の1600万年前および1500万年前の古地理図。野田・後藤（2004）を改編。





た可能性がある。野村ほか(2023)は、浮遊性有孔虫化石の種構成から「特に830 mと820 mの層準では、暖流の影響の強い古環境であった」と述べており、本研究の結果と調和的である。

小埦層以外の地層で5～6の同種・同属または類似種が産出するのは、日本海沿岸の東北地方(秋田県)の10Maの1地層と8～7 Maの1地層、太平洋沿岸の関東地方(群馬)・東北地方(秋田県・福島県)の14–11 Maの3地層である。これらの産出状況を大まかに見ると、やや新しい年代(14–13 Ma)で比較的緯度の近い栃木県の小埦層に最も同種・同属または類似種が多く、その他の地層では11～10 Ma以降の関東(群馬県)・東北地方(秋田県・福島県)の地層で同種・同属または類似種の産出例が多い。それ以外の西南日本および中部地方の地層や、日本各地の14 Maより古い年代の地層では、同種・同属および類似種が0～4と少ない。

なお表2には示していないが、金子(1976 MS)が群馬県富岡市西部の富岡層群(高橋・林, 2004の定義の富岡層群・安中層群を含む)の21試料について貝形虫化石を予察的に検討し、計93個を報告した。その中で庭谷不整合(図3)付近の地層の1試料(計8種9個産出)から、*Aurila*属、*Loxoconcha nozokiensis*、*Schizocythere*属の3分類群が1～2個ずつ産出し、今回扱った試料と産出した分類群の共通性が最も高い。そのため今回扱った試料は庭谷不整合付近の地層に相当し、富岡層群の中でも比較的上位の層準で、年代が15 Ma付近と新しい可能性もある。野村ほか(2023)は、深度730～710 mの層準については、Blow(1969)のN.9帯(約1510～1420万年前)である可能性も述べており(N.9帯の年代値はGradstein et al., 2012に基づいて、筆者が今回記述した)、本研究の結果と矛盾しない。

また今回産出した*Aurila*属は、現在の日本列島沿岸の浅海に多くの種が分布し、多様性の高い分類群である(Ishizaki, 1968; Ikeya and Suzuki, 1992; Zhou, 1995; Ozawa et al., 2004a; Ozawa and Tsukawaki, 2008; Tanaka et al., 2012bなど)。しかし本属の化石は16–15 Maの地層と、16 Maより古い地層からは産出例が比較的少なく、今回の明和町からの産出は、群馬県を含む関東地方および群馬県の近隣の県では、最古の産出例である(表2)。日本列島の中新世前期・中期境界付近(特に18–16 Ma)の地層では、*Aurila*属と同科で殻形態が比較的似る*Pseudoaurila*属の2種(*Pseudoaurila okumurai*, *Pseudoaurila ishizakii*)が多産し、この2種は当時の浅海の主要構成種と考えられている(入月・丸山, 2001; 入月, 2003; 田中ほか, 2004; Irizuki et al., 2004など)。これらの*Pseudoaurila*属2種は、中新世の間

に絶滅した可能性があり、筆者が*Aurila*属とこれらの*Pseudoaurila*属2種および本属の現生種*Pseudoaurila japonica*の産出例を、表2～4に総括したところ(入月・松原, 1994の岩手県の18 Maの1地層の化石記録を除けば)日本海沿岸および太平洋沿岸の中部地方とそれ以西では、大まかに見ると16 Ma頃に*Aurila*属が*Pseudoaurila*属2種と入れ替わるように出現し、16 Ma以降には各地の多くの地層で産出し始める。ただし関東地方北部と東北地方の一部の地域では例外的に、*Pseudoaurila*属2種が14 Ma頃まで*Aurila*属の種と共に生息し続け、*Pseudoaurila*属2種は、11 Ma以降に絶滅したように見える(表2～4)。

さらに表2～4によると、現生する*Pseudoaurila*属の1種*P. japonica*は、沖縄県産の化石(8–7 Ma; Tanaka and Nomura, 2009)が现阶段では最古の産出記録で、*Pseudoaurila*属2種(*P. okumurai*, *P. ishizakii*)の絶滅から300万～400万年後に、日本列島南部の琉球列島に突然出現したように見える。*P. japonica*は、*Aurila*属の種に比べると産出個体数はごく少ないが、九州・四国・本州の鮮新世～完新世の地層から化石が産出し(Ishizaki and Kato, 1976; Ishizaki, 1983; 神谷・中川, 1993; Ozawa et al., 1995; Ozawa, 1996; Irizuki, 2004; 岩谷・入月, 2008)、現在の日本列島沿岸の複数の浅海域から遺骸殻が報告されている(Ishizaki, 1968; Ikeya and Suzuki, 1992; Zhou, 1995; Kamiya et al., 2001; Tanaka et al., 2012b)。このような産出状況から、これらの2属の中新世における出現・交代および生存・絶滅の歴史を今後議論する上で、明和町における*Aurila*属の化石の産出は重要になるかもしれない。

ここまで述べてきたことから、新第三紀中新世中期(約1600～1500万年前)における関東地方北西部相当地域の古地理・古環境や、当時の日本列島沿岸における貝形虫相の古生物地理(特に*Aurila*属の出現と*Pseudoaurila*属3種の絶滅・出現および両属の種分布変遷史)を議論する上で、本研究の貝形虫化石は重要である。ただし本研究の多くの貝形虫標本については幼体と破片が多く、産出個体数も浮遊性有孔虫化石(野村ほか, 2023)に比べてかなり少ない。そのため、当時の古地理・古環境および古生物地理を詳しく考察するためには、この地域でさらに多くの貝形虫化石を、今後も収集し続ける必要があると、筆者は考えている。



## 謝辞

群馬県邑楽郡明和町には、貴重な温泉井の調査報告書および堆積岩試料を提供していただいた。スライム試料の調査研究において、中島啓治氏・中村庄八氏・吉川和男氏・矢島祐介氏・大澤澄可氏・西村 豊氏・関 茂雄氏・飯島静男氏にお世話になった。群馬県立自然史博物館には、標本画像撮影時に館所蔵の走査型電子顕微鏡（日立ハイテクノロジーズ製TM-1000）を使用させていただいた。熊本大学の田中源吾氏には原稿を査読していただいた。ここに記して、感謝を申し上げる。

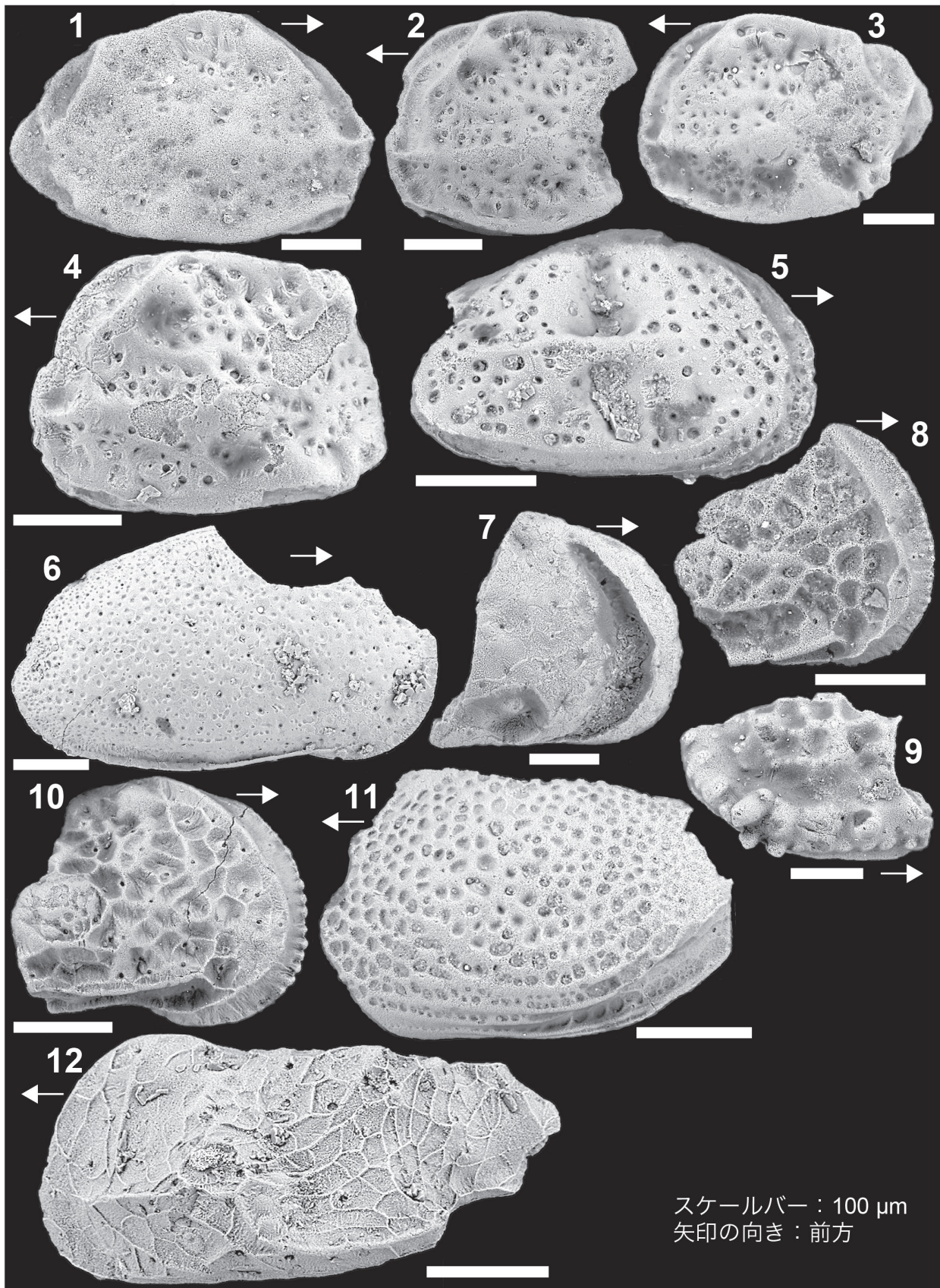
## 引用文献

- Baird, W. (1850) : The Natural History of the British Entomostraca. The Ray Society, London, 364pp.
- Blow, W. H. (1969) : Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Brönnimann, P. and Renz, H. H. (eds.) Proceeding of the First International Conference on Planktonic Microfossils (Geneva, 1967). E. J. Brill, Leiden, p. 199-421.
- Chinzei, K. (1991) : Late Cenozoic zoogeography of the Sea of Japan area. *Episodes*, 14 : 231-235.
- 藤原 治・鈴木紀毅・林 広樹・入月俊明 (2013) : 仙台南西部に分布する東北日本太平洋側標準層序としての中・上部中新統および鮮新統. *地質学雑誌*, 119 : 96-119.
- 後藤隆嗣・入月俊明 (2019) : 岡山県津山市の中新統勝田層群から産出した貝形虫化石 (予報). *地質技術*, 9 : 5-11.
- 後藤隆嗣・入月俊明・林 広樹・田中裕一郎・松山一馬・岩谷北斗 (2013) : 岡山県新見市田治部地域に分布する中新統の層序と堆積環境. *地質学雑誌*, 119 : 321-333.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. and Ogg, G. M. (2012) : The Geologic Time Scale 2012, 1st Edition. Elsevier, Amsterdam, Boston, 1176pp.
- Gründel, J. (1976) : Neue taxonomische Einheiten der Cytherocopina Gründel, 1967 (Ostracoda). *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften*, 4 : 1295-1304.
- 群馬県地質図作成委員会 (1999) : 群馬県10万分の1地質図解説書 (新井房夫監修). 内外地図, 東京, 114pp.
- 群馬県温泉協会 (2022) : 群馬県明和町の新規掘削温泉の温泉地質. 学術調査研究報告書 : 温泉科学 : 1-23.
- 群馬県邑楽郡明和町 (2020) : 明和温泉が誕生しました! . 明和町長コラム令和2年12月25日号. <https://www.town.meiwa.gunma.jp/material/files/group/2/chouchoucoramu73.pdf> (閲覧日2022-11-18).
- 群馬県立自然史博物館 (2002) : II. 富岡層群の地質学的・古生物学的研究. 群馬県立自然史博物館自然史調査報告書, (2) : 43-86.
- 群馬県立自然史博物館 (2005) : II. 富岡層群の古生物学的研究. 群馬県立自然史博物館自然史調査報告書, (3) : 34-75.
- 群馬県農政課土地改良課 (1996) : 土地分類基本調査 (国土調査) 「古河」 (群馬県内) 5万分の1図幅. 北海道地図・北関東支店, 浦和, 35pp.
- Hanai, T. (1970) : Studies on the ostracod subfamily Schizocytherinae Mandelstam. *Journal of Paleontology*, 44 : 693-729.
- 林 広樹・高橋雅紀・笠原敬司 (2004a) : 関東平野の地下における新第三系の分布. *石油技術協会誌*, 69 : 574-586.
- 林 広樹・堀内誠示・高橋雅紀・笠原敬司 (2004b) : 関東平野地下に分布する新第三系の層序と対比. *石油技術協会誌*, 69 : 404-416.
- 林 広樹・笠原敬司・木村尚紀 (2006) : 関東平野の地下に分布する新第三系基盤岩類. *地質学雑誌*, 112 : 2-13.
- Iijima, A. and Tada, R. (1990) : Evolution of Tertiary sedimentary basins of Japan in reference to opening of the Japan Sea. *Journal of Faculty of Sciences, the University of Tokyo*, 22 : 121-171.
- Ikeya, N. and Cronin, T. M. (1993) : Quantitative analysis of Ostracoda and water masses around Japan: Application to Pliocene and Pleistocene paleoceanography. *Micropalaeontology*, 39 : 263-281.
- Ikeya, N. and Itoh, H. (1991) : Recent Ostracoda from the Sendai Bay region, Pacific coast of northeastern Japan. *Reports of the Faculty of Science, Shizuoka University*, 25 : 93-141.
- Ikeya, N. and Suzuki, C. (1992) : Distributional patterns of modern ostracodes off Shimane Peninsula, southwestern Japan Sea. *Report of the Faculty of Sciences, Shizuoka University*, 26 : 91-137.
- Irizuki, T. (1993) : Morphology and taxonomy of some Japanese hemicytherin Ostracoda—with particular reference to ontogenetic changes of marginal pores. *Transactions and Proceedings of Palaeontological Society of Japan*, (170) : 186-211.
- Irizuki, T. (1994) : Late Miocene ostracods from the Fujikotogawa Formation, northern Japan—with reference to cold water species involved with trans-Arctic interchange. *Journal of Micropalaeontology*, 13 : 3-15.
- Irizuki, T. (1996) : Ontogenetic change in valve characters in three new species of *Baffinicythere* (Ostracoda, Crustacea) from Northern Japan. *Journal of Paleontology*, 70 : 450-462.
- 入月俊明 (2003) : 瀬戸内区東部における中新統の層序と微化石群集. *島根県地学会会誌*, (18), 1-5.
- Irizuki, T. (2004) : Fossil Ostracoda from the lower Pleistocene Masuda Formation, Tanega-shima Island, southern Japan. *Geoscience Reports of Shimane University*, 23 : 65-77.
- 入月俊明・丸山 徹 (2001) : 前期中新世後期の古伊勢湾に生息した貝形虫と海洋環境. *月刊海洋* / 号外, (26) : 190-196.
- 入月俊明・松原尚志 (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. *地質学雑誌*, 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. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, (177) : 65-78.
- Irizuki, T., Yamada, K., Maruyama, T. and Ito, H. (2004) : Paleocology and taxonomy of Early Miocene Ostracoda and paleoenvironments of the eastern Setouchi Province, central Japan. *Micropalaeontology*, 50 : 105-147.
- 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. *Paleontological Research*, 2 : 30-46.
- Irizuki, T., Yamaguchi, T., Takahashi, M. and Yanagisawa, Y. (2001) : Miocene temperate Ostracoda from the Tochigi and Fukushima District, Central to Northeastern Japan. In Ikeya, N. (ed.), *Field Excursion Guidebook; 14th International Symposium of Ostracoda*, Shizuoka. Organising Committee of 14th ISO, Shizuoka, p. 73-106.
- 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 : 415-429.
- Ishii, T., Kamiya, T. and Tsukagoshi, A. (2005) : Phylogeny and evolution of *Loxocochna* (Ostracoda, Crustacea) species around Japan. *Hydrobiologia*, 538 : 81-94.
- Ishizaki, K. (1963) : Japanese Miocene ostracodes from the Sunakosaka Member of the Yatsuo Formation, east of Kanazawa City, Ishikawa Prefecture. *Japanese Journal of Geology and Geography*, 34 : 19-34.
- Ishizaki, K. (1966) : Miocene and Pliocene ostracodes from the Sendai area,

- Japan. *The Science Reports of the Tohoku University, Second Series (Geology)*, 37 : 131-163.
- Ishizaki, K. (1968) : Ostracodes from Uranouchi Bay, Kochi Prefecture, Western Honshu, Japan. *The Science Reports of the Tohoku University, Second Series (Geology)*, 37 : 1-45.
- Ishizaki, K. (1983) : Ostracoda from the Pliocene Ananai Formation, Shikoku, Japan—Description. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, (131) : 135-158.
- Ishizaki, K. and Kato, M. (1976) : The basin development of the Diluvium Furuya Mud Basin, Shizuoka Prefecture, Japan, based on faunal analysis of fossil ostracodes. In Takayanagi, Y. and Saito, T. (eds.) *Progress in Micropaleontology*. Micropaleontology Press, New York, 118-143.
- 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. *Proceedings of the Second European Ostracodologist Meeting* : 113-120.
- 岩谷北斗・入月俊明 (2008) : 宮崎平野北部の鮮新統宮崎層群の地質と貝形虫化石群集. 化石, 84 : 61-73.
- 神谷隆宏・中川登美雄 (1993) : 福井県大飯郡高浜町の完新世自然貝層中の介形虫化石群. 福井市自然史博物館専報, (1) : 115-133.
- Kamiya, T., Ozawa, H. and Obata, M. (2001) : Quaternary and Recent marine Ostracoda in Hokuriku district, the Japan Sea coast. In Ikeya, N. (ed.) *Field Excursion Guidebook for the 14th International Symposium of Ostracoda*, Shizuoka. Organising committee of 14th ISO, Shizuoka, p. 73-106.
- 金子 稔 (1976MS) : 群馬県富岡市西部の地質. 東北大学地質古生物卒論.
- 鹿野和彦 (2018) : グリーンタフの層序学的枠組みと地質学的事象. 地質学雑誌, 124 : 781-803.
- 国土地理院 (2012) : 標高がわかるWeb地図. <http://saigai.gsi.go.jp/2012-demwork/checkheight/index.html>. (閲覧日2022-12-19).
- Latreille, P. A. (1806) : *Genera crustaceorum et insectorum*. p. 1-303.
- Matsumaru, K. (1967) : Geology of the Tomioka Area, Gunma Prefecture, with a note on "*Lepidocyclus*" from the Abuta Limestone Member. *The Science Reports of the Tohoku University, Second Series (Geology)*, 39 : 113-147.
- 松丸国照 (1977) : 関東山地北縁～北東縁の新第三系の層序. 地質学雑誌, 83 : 213-225.
- 宮沢 謙 (1997) : 富草層群, 恩沢層の介形虫 (Ostracoda) 化石—富草層群の化石誌の一資料として—. 飯田市美術博物館研究紀要, 7 : 123-136.
- Müller, G. W. (1894) : Die Ostracoden des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte. In Zoologischen Station zu Neapel (ed.) *Fauna und Flora Golf von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte*. Berlin, p. 1-404.
- Nakao, Y., Tanaka, G. and Yamada, S. (2001) : Pleistocene and Living marine Ostracoda in Shizuoka district, Japan. In Ikeya, N. (ed.) *Field Excursion Guidebook for the 14th International Symposium of Ostracoda*, Shizuoka. Organising committee of 14th ISO, Shizuoka, p. 127-147.
- 納谷友規・平松 力・古澤 明・柳沢幸夫・山口和雄 (2013) : 関東平野中央部埼玉県大利根町で掘削された1505m温泉ボーリングの年代層序. 地質学雑誌, 119 : 375-395.
- 野田芳和・後藤道治 (2004) : 日本列島の古地理復元と恐竜博物館における展示. 福井県立恐竜博物館紀要, 3 : 47-63.
- 野村正弘・金子 稔・石川博行・小沢広和 (2023) : 群馬県邑楽郡明和町に掘削された温泉井より産出した浮遊性有孔虫化石. 群馬県立自然史博物館研究報告, (27) : 43-48.
- Ogasawara, K. (1994) : Neogene paleogeography and marine climate of the Japanese Islands based on shallow-marine mollusks. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 108 : 335-351.
- Ohmert, W. (1968) : Die Coquimbinae eine neue Unterfamilie der Hemicysteridae (Ostracoda) aus dem Pliozän von Chile. *Mitteilungen der Bayerischen Staatsammlung für Palaeontologie und Historische Geologie*, 8 : 127-165.
- Okada, Y. (1979) : Stratigraphy and Ostracoda from Late Cenozoic strata of the Oga Peninsula, Akita Prefecture. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, (115) : 143-173.
- 尾崎正紀 (2010) : 能登半島北部20万分の1地質図, 海陸シームレス地質情報集「能登半島北部沿岸域」, 数値地質図, S-1. 産総研地質調査総合センター, 筑波, p. 1-15.
- Ozawa, H. (1996) : Ostracode fossils from the late Pliocene to early Pleistocene Omma Formation in the Hokuriku district, central Japan. *Science Reports of Kanazawa University*, 4 : 77-115.
- Ozawa, H. (2009) : Middle Pleistocene ostracods from the Naganuma Formation in the Sagami Group, Kanagawa Prefecture, central Japan: palaeo-biogeographical significance of the bay fauna in Northwest Pacific margin. *Paleontological Research*, 13 : 231-244.
- Ozawa, H. (2016) : Early to Middle Miocene ostracods from the Yatsuo Group, central Japan: Significance for the bathyal fauna between Japan Sea and Northwest Pacific Ocean during the back-arc spreading. *Paleontological Research*, 20 : 121-144.
- Ozawa, H. and Ishii, T. (2014) : Shallow-marine ostracods from the Lower Pleistocene Kazusa Group in the Tama Hills, central Japan, with their biogeographical significance in the Northwest Pacific coast. *Paleontological Research*, 18 : 189-210.
- Ozawa, H. and Kamiya, T. (2009) : A new species of *Aurila* (Crustacea: Ostracoda: Cytheroidea: Hemicysteridae) from the Pleistocene Omma Formation on the coast of the Sea of Japan. *Species Diversity*, 14 : 27-39.
- Ozawa, H. and Tsukawaki, S. (2008) : Preliminary report on modern ostracods in surface sediment samples collected during R. V. *Tansei-maru* Cruise KT04-20 in the southwestern Okhotsk Sea and the northeastern Japan Sea off Hokkaido, north Japan. *Bulletin of the Japan Sea Research Institute*, (39) : 31-48.
- 小沢広和・池原 研・片山 肇 (1999) : 日本海北東部・北海道北西方沖の現生介形虫群集. 池原 研・岡村行信編, 北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究 (平成10年度研究概要報告書), 工業技術院地質調査所, 筑波 : 103-117.
- Ozawa, H., Kamiya, T., Kato, M. and Tsukawaki, S. (2004a) : A preliminary report on the Recent ostracodes in sediment samples from the R. V. *Tansei-maru* Cruise KT01-14 in the southwestern Okhotsk Sea and the northeastern Japan Sea off Hokkaido. *Bulletin of Japan Sea Research Institute*, 35 : 33-46.
- Ozawa, H., Kamiya, T., Itoh, H. and Tsukawaki, S. (2004b) : Water temperature, salinity ranges and ecological significance of the three families of Recent cold-water ostracods in and around the Japan Sea. *Paleontological Research*, 8 : 11-28.
- Ozawa, H., Kamiya, T. and Tsukagoshi, A. (1995) : Ostracode evidence for the paleoceanographic changes of the middle Pleistocene Jizodo and Yabu Formations in the Boso Peninsula, central Japan. *Science Reports of the Kanazawa University*, 40 : 9-37.
- Ozawa, H., Nagamori, H. and Tanabe, T. (2008) : Pliocene ostracods (Crustacea) from the Togakushi area, central Japan; palaeobiogeography of trans-Arctic taxa and Japan Sea endemic species. *Journal of Micropalaeontology*, 27 : 161-175.
- 小沢広和・金子 稔・石川博行・野村正弘・高柴祐司 (2022) : 群馬県下仁田町・碓氷峠南方の中部中新統産貝形虫化石. 群馬県立自然史博物館研究報告, (26) : 63-74.
- Pokorný, V. (1955) : Contribution to the morphology and taxonomy of the subfamily Hemicysterinae Puri, 1953 (Crustacea, Ostracoda). *Acta Universitatis Carolinae, Geologica*, 3 : 1-35.
- Puri, H. S. (1953) : The ostracode genus *Trachyleberis* and its ally *Actinocythereis*. *American Midland Naturalist*, 49 : 171-187.
- Puri, H. S. (1957) : Notes on the ostracode subfamily Cytheroidea Puri. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 47 : 305-306.
- Sars, G. O. (1866) : Oversigt af Norges marine Ostracoder. *Forhandlinger i Videnskabs-Selskabet i Kristiania*, volume 1865, p. 1-130.
- Sars, G. O. (1925) : An Account of the Crustacea of Norway. Volume 9.

- Ostracoda. Parts 11, 12. Cytheridae (continued). Bergen Museum, Bergen, p. 177-208.
- 島本昌憲・太田 聡・林 広樹・佐々木理・斎藤常正(2001): 仙台市南西部に分布する中新統旗立層の浮遊性有孔虫層序. 地質学雑誌, 107 : 258-268.
- Swain, F. M. (1963): Pleistocene Ostracoda from the Gubik Formation, Arctic Coastal Plain, Alaska. *Journal of Paleontology*, 37 : 798-835.
- Sylvester-Bradley, P. C. (1948): The ostracod genus *Cythereis*. *Journal of Paleontology*, 22 : 792-797.
- 高橋雅紀(2006): 日本海拡大時の東北日本弧と西南日本弧の境界. 地質学雑誌, 112 : 14-32.
- 高橋雅紀・林 広樹(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. 地質学雑誌, 110 : 175-194.
- 高橋雅紀・林 広樹・笠原敬司・木村尚紀(2006): 関東平野北西縁の反射法地震探査記録の地質学的解釈—特に吉見変成岩の露出と利根川構造線の西方延長. 地質学雑誌, 112 : 33-52.
- 高橋雅紀・柳沢幸夫(2003): 群馬県太田地域, 金山丘陵に分布する海成中新統の層序と年代. 地質学雑誌, 109 : 648-660.
- 武井暁朔・野村 哲(2006): 関東山地と足尾山地の間の中新統堆積盆地(前橋—熊谷堆積盆地)の地下構造. 地球科学, 60 : 13-20.
- 高桑祐司・塚越 哲(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. 群馬県立自然史博物館研究報告, (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 Science (Chikyū Kagaku)*, 57 : 111-127.
- Tanaka, G. (2009): Re-examination of type specimens, Miocene and Pliocene ostracods from the Sendai Area (by Ishizaki, 1966). *Bulletin of Gunma Museum of Natural History*, (13) : 35-45.
- Tanaka, G. and Hasegawa, Y. (2013a): Early Middle Miocene ostracods from 'Kojyakui-sho', Tomioka City, Gunma Prefecture, central Japan. *Bulletin of Gunma Museum of Natural History*, (17) : 1-18.
- Tanaka, G. and Hasegawa, Y. (2013b): Miocene ostracods from the Itahana Formation in the Tomioka District, Gunma Prefecture, central Japan: Palaeoenvironmental significance and systematics. *Paleontological Research*, 17 : 138-172.
- 田中源吾・野村律夫(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. 地質学雑誌, 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). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 276 : 56-68.
- Tanaka, G., Nomura, S. and Hasegawa, Y. (2012a): Miocene ostracods from the Midorimachi Formation, Ota City, Gunma Prefecture, central Japan. *Bulletin of Gunma Museum of Natural History*, (16) : 31-40.
- 田中源吾・塚脇真二・陰地章仁(2004): 石川県金沢市南部—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) : 53-64.
- 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. *Paleontological Research*, 6: 1-22.
- Tanaka, G., Zhou, B. -C., Ikeya, N. and Hasegawa, Y. (2012b): Recent ostracod assemblages from Suruga Bay, central Japan. *Bulletin of Gunma Museum of Natural History*, (16) : 1-30.
- Tanaka, G., Iwai, Y., Ueno, Y., Kanbe, I., Furuichi, S. and Nomura, S. (2012c): Two new ostracod species from the late Miocene formations of Japan. *Bulletin of Gunma Museum of Natural History*, (16) : 91-96.
- 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. 地質学雑誌, 119 : 17-24.
- Triebel, E., 1950 : Homöomorphe Ostracoden-Gattungen. *Senckenbergiana*, 31 : 313-330.
- Tsukagoshi, A. and Briggs, W. M. Jr. (1998) : On *Schizocythere ikeyai* Tsukagoshi & Briggs sp. nov. *Stereo-Atlas of Ostracod Shells*, 25 : 43-52.
- Tsukawaki, S., Kamiya, T., Kato, M., Matsuzaka, T., Naraoka, H., Negishi, K., Ozawa, H. and Ishiwatari, R. (1997) : Preliminary results from the R. V. *Tansei-maru* Cruise KT95-14 Leg 2 in the southern marginal area in the Japan Sea-Part I : sediments, benthic foraminifers and ostracodes. *Bulletin of the Japan Sea Research Institute*, (28) : 13-43.
- Yajima, M. (1978) : Quaternary Ostracoda from Kisarazu near Tokyo. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, (112) : 371-409.
- 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, p. 1073-1085.
- Yajima, M. (1992) : Early Miocene Ostracoda from Mizunami, Central Japan. *Bulletin of Mizunami Fossil Museum*, (19) : 247-268.
- 山田 桂・入月俊明・中嶋祥江(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. 地質学雑誌, 107 : 1-13.
- Yamaguchi, T. (2006) : Eocene ostracodes from the Iojima Group, Nagasaki Prefecture, southwestern Japan. *Journal of Paleontology*, 80 : 902-918.
- Yamaguchi, T. and Hayashi, H. (2001) : Late Miocene ostracodes from the Kubota Formation, Higashi-Tanagura Group, Northeast Japan, and their implications for bottom environments. *Paleontological Research*, 5 : 241-257.
- Yamaguchi, T., Matsubara, T and Kamiya, T. (2005) : Eocene ostracodes from the Iwaya Formation on Awaji Island, southwestern Japan. *Paleontological Research*, 9 : 305-318.
- Yamaguchi, T., Mashiba, H. and Kamiya, T. (2012) : Miocene ostracodes from the Osaki Formation, Kakinaga Group, Tanegashima, Southwest Japan, and their significance of the biogeography of the Indo-West Pacific. *Paleontological Research*, 16 : 107-123.
- Yamaguchi, T., Nagao, R. and Kamiya, T. (2006) : Paleogene ostracodes from the Kishima Formation, Kishima Group, Saga Prefecture, southwestern Japan. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, (33) : 87-101.
- 山崎 誠・堂満華子(2013): 有孔虫・貝形虫. 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, 東京, p. 20-27.
- Zhou, B. -C. (1995) : Recent ostracode fauna in the Pacific off Southwest Japan. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of Geology and Mineralogy*, 57 : 21-98.





スケールバー：100  $\mu\text{m}$   
 矢印の向き：前方

図版1. 明和町温泉井の中新統産貝形虫化石のSEM画像。

1-3, 8-10: 採取深度710 m; 5: 採取深度820 m; 4, 6, 7, 12: 採取深度830 m. 7-10: 成体; 1-6, 11, 12: 幼体. 矢印の向きは前方を示す.  
 1: *Schizocythere* sp. (GMNH-PI-6351); 2: *Schizocythere* sp. (GMNH-PI-6352); 3: *Schizocythere* sp. (GMNH-PI-6353); 4: *Schizocythere* sp. (GMNH-PI-6354); 5: *Hanaiborchella* sp. (GMNH-PI-6355); 6: *Aurila* sp. (GMNH-PI-6356); 7: *Coquimba* sp. (GMNH-PI-6357); 8: *Hemicytherididae* gen. sp. indet. (GMNH-PI-6358); 9: *Trachyleberididae* gen. sp. indet. (GMNH-PI-6359); 10: *Finmarchinella nealei* Okada, 1979 (GMNH-PI-6360); 11: *Loxoconcha nozokiensis* Ishizaki, 1963 (GMNH-PI-6361); 12: *Paracytheridea neolongicaudata* Ishizaki, 1966 (GMNH-PI-6362).