

短 報

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

野村正弘¹・金子 稔²・石川博行³・小沢広和⁴

¹駿河台大学メディア情報学部: 〒357-8555 埼玉県飯能市阿須698
(nomura@surugadai.ac.jp)

²群馬県立自然史博物館特別研究員

³群馬県太田市在住

⁴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

要旨: 群馬県邑楽郡明和町において掘削された温泉井(掘進長1,500 m)から得られた中新統泥岩7試料から、11属24種の浮遊性有孔虫化石が産出した。これらの中に、地層の時代決定に有効な*Praeorbulina*属が含まれ、870~820 mはN.8帯(Blow, 1969)に相当すること示唆された。また、占有種の構成から本地域は暖流の影響を強く受けていたことが推定された。明和温泉井中にN.8帯に相当する地層が認められたことから、館林観測井と明和温泉井の間に構造的・時間的ギャップが明らかとなった。その結果、両井の間に断層(利根川構造線)が伏在するという指摘を裏付けるデータとなった。

キーワード: 浮遊性有孔虫, 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

Planktonic foraminiferal fossils from hot spring well drilled in Meiwa Town,
Ora-gun, Gunma Prefecture, central Japan

NOMURA Masahiro¹, KANEKO Minoru², ISHIKAWA Hiroyuki³ and OZAWA Hirokazu⁴

¹Surugadai University, Faculty of Media and Information Resources: 698 Azu, Hanno, Saitama 357-8555, Japan

²Research Fellow of Gunma Museum of Natural History

³Resident in Ota City

⁴Earth Sciences Laboratory, College of Bioresource Sciences, Nihon University: 1866 Kameino, Fujisawa, Kanagawa 252-0880, Japan

Abstract: Planktonic foraminiferal fossils of 24 species belonging to 11 genera were obtained in seven Miocene mudstone samples from a hot spring well (drilling depth 1,500 m) in Meiwa Town, Ora-gun, Gunma Prefecture, Japan. The genus *Praeorbulina*, which is effective for age determination, is included. Its suggests that the 870 to 820 m depth mudstone corresponds to the N.8 zone (Blow, 1969). From the composition of the occupying species, it is presumed that this area was strongly affected by warm currents. The N.8 zone sediments were found in the Meiwa hot spring well, revealing a structural and age gap between the Tatebayashi observation well and the Meiwa hot spring well. As a result, the data supported the indication that a large fault (Tonegawa Tectonic Line) lies between the two wells.

Key Words: Planktonic foraminifera, Miocene, Tomioka Group, hot spring well, Meiwa Town in Gunma Prefecture, northwestern Kanto Plain

はじめに

明和町は群馬県邑楽郡明和町中谷114-1において、2020年7月より温泉掘削を行った。同年11月には掘削深度は1,500 mに達し、揚湯試験で得た試料を同年12月に成分分析を行い、ナトリウム一塩化物温泉と公表している(明和町, 2020)。群馬県温泉協会(2022)は、この温泉井中の試料について諸分析を行い、中新統相当層から有孔虫化石を報告している。

一方、筆者らはこれまで関東平野地下に分布する更新統

について、ボーリングコア試料を中心に研究を行ってきた。その中心は、埼玉・茨城・千葉県である(金子ほか, 2018など)。その結果、コア試料中に認められる古東京湾の堆積物についてその古環境が明らかになった。群馬県南東部地域は古東京湾の湾奥に位置し、海進・海退の影響が明瞭に現れる地域であるため、これを解析できる分析試料を探索していたがこれまで実現していなかった。

今回、明和町で掘削が行われるとのことで、古東京湾堆積物分析が得られることを期待し、スライム試料の分与を受けた。しかし概査の結果、更新統に相当すると考えられ

る層準からは有孔虫化石の産出は無く、下位の中新統相当層と推定される層準から多数の有孔虫化石が産出した。産出した有孔虫化石の中でも、浮遊性有孔虫化石は地層の時代決定に有効である。また、この地域において中新統は地表に分布しないため試料入手がきわめて困難であり、関東平野における中新世の古環境推定および造構運動復元に有効な基礎資料を提示できると考えられる。そこで、浮遊性有孔虫化石分析結果に若干の考察を加えて報告する。

明和町温泉ボーリングの概要

この温泉掘削は、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リー工法(トリコンビット掘削)によって掘削した。場所は、川俣駅北西方約150 mの明和町中谷地区北部(孔口標高18 m, 図1; 36°12'36"N, 139°31'31"E)で、深度1,500 mまで掘

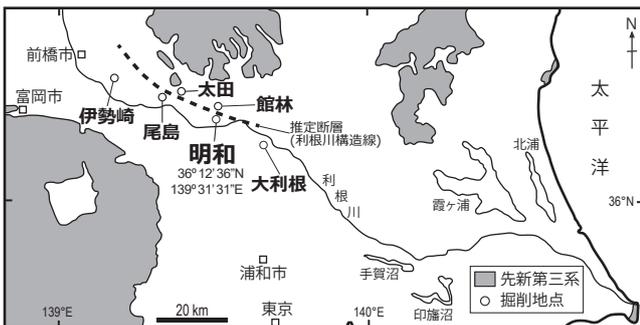


図1. 明和町周辺の温泉開発・地震観測用ボーリング掘削地点
群馬県温泉協会(2022)に、納谷ほか(2013)を加えて修正・加筆。

削している(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が回収され、その一部が岩相観察用試料として保管されている(群馬県温泉協会, 2022)。

この温泉井の地質は以下のとおりである。地下深度1,500 mまで基盤となる花崗岩等の貫入岩類は認められず、堆積岩のみで構成されている。下位・中位層準は主に砂岩・泥岩互層および泥岩からなり、上位層準は主に砂岩・泥岩互層および礫岩からなっている。これらの堆積岩は、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報告されている(群馬県温泉協会, 2022)。しかし、この温泉井の岩相について、群馬県温泉協会(2022)はおおまかに1,000 m以深、500 ~ 1,000 m、500 m以浅という3つの深度帯に区分しているが、各深度帯の境界層準や前述の各層群相当層との対応関係は示されていない。

化石については、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)が有孔虫化石の産出を確認している。その結果から、これらの試料はBlow(1969)のN.8帯、富岡層群に相当すると推定した。これらはあくまで概査であり、詳細な検討は行われていない。また、小沢ほか(2023)はこのうち3試料から貝形虫化石を報告している。

試料と分析方法

試料は深度10 mごとのスライム試料を肉眼で岩相を観察し、有孔虫分析用に深度1,500 ~ 60 m間より各20 g程度35試料を採取した。なお、試料がオールコアでないため、採取した試料の深度数値は若干の誤差を含むものと推定される。

試料20 gを計量し硫酸ナトリウム・ナフサ法(山崎・堂満, 2013)で構成粒子に分解した後、200メッシュ(目開き0.074 mm)の篩上で水洗した。篩上の残渣を電気定温器で乾燥して、検鏡用試料とした。検鏡にあたっては、115メッシュ(目開き0.125 mm)以上の個体を摘出・同定した。

代表的な種は、群馬県立自然史博物館所有の走査型電子顕微鏡(日立ハイテクノロジーズ製TM-1000)を使用して撮影した。当機は低真空モードを備え、金属蒸着を行わずとも観察できるため、観察試料をステージからの剥離・

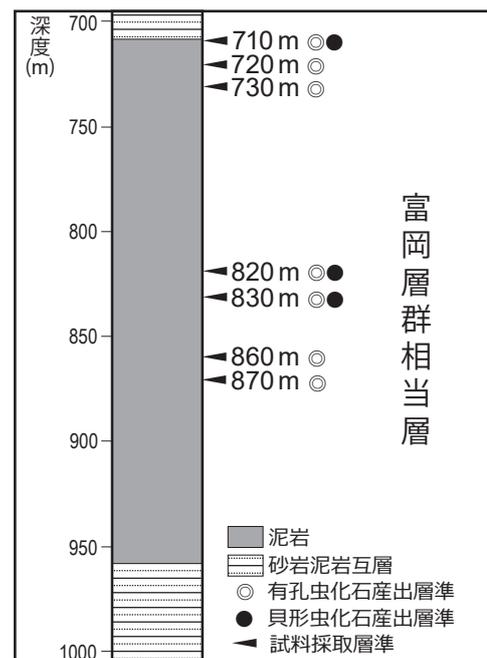


図2. 明和町温泉井(深度1,000 ~ 700 m)の柱状図および微化石(貝形虫・有孔虫)用試料採取層準。

群馬県温泉協会(2022)を簡略化。

再接着が可能である。そこで、同一個体について方向を変えて写真撮影を行ってある。図版に掲載された写真の番号が同じであれば、同一個体の別方向からの写真である。

結果

提供された35試料中、深度710 m, 720 m, 730 m, 820 m, 830 m, 860 m, 870 mの7試料から11属24種の浮遊性有孔虫化石の産出を認めた(図2)。820 mおよび830 mの試料からは幼体の産出が多く、さらに一部破損・口孔への堆積物充填など種の同定が困難な個体が多く、属のレベルでまとめて表示してある(表1)。

今回の研究で使用した試料はスライムで、これに含まれるカッティングス(掘削層構成粒子)の含有割合が不明である。さらに、掘削ビットや検査機器の上下、ケーシングの挿入等による孔壁面の剥離落下は十分考えられ、上位層からの粒子の落ち込みは否定できない。よって、個体数を使った詳細な比較検討は行えない。これを踏まえ、特徴的な種と相対的な産出個体数の比較を中心に記載する。

特徴種の産出状況と産出個体数により、A帯(870 m, 860 m)、B帯(830 m, 820 m)、C帯(730 m, 720 m, 710 m)の3帯に分けることができる。

A帯: 870 mは18個体、860 mは10個体と産出個体数は少ない。*Globigerina*属、*Globigerinoides*属を中心とした単調な群集である。870 mからは時代決定に有効な、*Praeorbulina curva* (Blow) が1個体産出した。また、870 mの試料から殻表面に補孔群をもつ球状の1個体が見いだされ、*Orbulina suturalis* Brönnimannと同定した。

B帯: 830 mは306個体、820 mは441個体と浮遊性有孔虫が多産することが特徴である。両試料ともに、*Globigerina praebulloides* Blow, *Globigerinoides bollii* Blow, *Globigerinoides triloba* (Reuss) が優占種になっていることが共通している。また、*Praeorbulina curva* (Blow), *Praeorbulina glomerata* (Blow) も両試料から産出した。さらに、*Praeorbulina*属の進化系列に属する(Kennett and Srinivasan, 1983)とされる*Globigerinoides sicanus* (De Stefani) が1個体産出した。

C帯: 730 mは25個体、720 mは1個体、710 mは40個体と

表1. 明和町温泉井産浮遊性有孔虫化石リスト。

上位層からの落ち込みと考えられる種の個体数に網かけをして示した。

Species \ Sample Name(m)	870	860	830	820	730	720	710
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny					3		3
<i>Globigerina praebulloides</i> Blow	2	3	21	67	2		5
<i>Globigerina umbilicata</i> Orr and Zaitzeff			1				
<i>Globigerina</i> sp.	2				2		3
<i>Globigerina</i> spp.			4	52			
<i>Dentoglobigerina altispira altispira</i> (Cushman and Jarvis)	1						
<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)			3	11	11		4
<i>Globigerinita uvula</i> (Ehrenberg)	1	1	1				
<i>Globigerinoides bollii</i> Blow	2	2	74	78			1
<i>Globigerinoides immaturus</i> (Reroy)			1	5			6
<i>Globigerinoides japonicus</i> Saito and Maiya	3	2	28	37	4	1	2
<i>Globigerinoides mitra</i> Todd			1				
<i>Globigerinoides quadrilobatus</i> (d'Orbigny)			7				1
<i>Globigerinoides sicanus</i> (De Stefani)				1			
<i>Globigerinoides triloba</i> (Reuss)			59	26	1		1
<i>Globigerinoides</i> sp.		1			1		2
<i>Globigerinoides</i> spp.			53	59			
<i>Globorotalia archeomenardii</i> Bolli			1	5			
<i>Globorotalia</i> cf. <i>archeomenardii</i> Bolli				2			
<i>Globorotalia iwaiensis</i> Takayanagi and Oda			1	7			
<i>Globorotalia</i> cf. <i>iwaiensis</i> Takayanagi and Oda				1			
<i>Globorotalia quinifalcata</i> Saito and Maiya			7	12			
<i>Globorotalia mayeri</i> Cushman and Ellisor			12	8			
<i>Globorotalia</i> sp.			2	1			
<i>Globoquadrina dehiscens dehiscens</i> (Chapman, Parr and Collins)			1				1
<i>Globoquadrina</i> cf. <i>dehiscens dehiscens</i> (Chapman, Parr and Collins)				1			
<i>Globoquadrina venezuelana</i> (Hedberg)	1		1	3			
<i>Globoquadrina</i> sp.				1			
<i>Neogloboquadrina continua</i> (Blow)	1		7		1		
<i>Praeorbulina curva</i> (Blow)	1		1	2			
<i>Praeorbulina glomerata</i> (Blow)				2	2		
<i>Orbulina suturalis</i> Brönnimann	1						
<i>Sphaeroidinellopsis disjuncta</i> (Finlay)			5				
<i>Sphaeroidinellopsis seminulina</i> (Schwager)			1	1			
Miscellaneous	3	1	12	59			11
Total number	18	10	306	441	25	1	40

産出個体数が減少する。830 mおよび820 mで産出していた*Globorotalia*属が消え、下位層準では連続産出していた*Gds. bollii*の産出が激減する。時代決定に有効な*Praeorbulina*属の産出も認められない。

考察

前述のように870 mの試料からの1個体を*Orb. suturalis*と同定した。本種はN.9帯 (Blow, 1969) の基底を規定する種であり、定義に従えば、これ以浅はN.9帯に相当することになる。しかし、この個体は明らかに殻の透明度が低く白化していること、この個体のみ内部に黄鉄鉱が生じていること、共産する他の個体に同様な状態のものが認められないことから、上位層準からの落ち込みが強く示唆される。*Praeorbulina*属の産出はBlow (1969) のN.8帯～N.9帯下部に限られる。したがって、この属が産出する深度870～820 mの深度区間はN.8帯～N.9帯に確実に限定される。一方で、その産出がN.9帯の下限を規定する*Orb. suturalis*が深度870 mの試料から1個体のみ産出したが、この個体は先述のような産状により上位層からの落ち込みと判断した。深度820 mの試料において、441個体もの浮遊性有孔虫の検討にも関わらず*Orb. suturalis*の検出に至らなかったことから、この深度においても*Orb. suturalis*の初産出層準に至っていない可能性が高い。

また、830 mおよび820 mにおいて*Globorotalia iwaiensis* Takatanagi and Odaが産出した (表1)。この種もN.8帯では産出しない種である。保存状態は良好とは言えないものの、*Orb. suturalis*と同様に不良という状態ではない。保存状態から落ち込みと判断するのは困難である。しかし、830 mでは306個体、820 mでは441個体もの浮遊性有孔虫の検討にも関わらずN.9帯を規定する*Orb. suturalis*の検出に至らなかったことから、*Gr. iwaiensis*も落ち込みと考え、本報告では深度870～820 mの区間をN.8帯相当層としておく。よって、本層準は富岡地域の原田篠層・小幡層 (高橋・林, 2004)、比企丘陵の市ノ川層・荒川層 (高橋・柳沢, 2004) に対比される。

深度730～710 mの試料については、時代決定に有効な種の産出がない。*Gna. bulloides*と*Gna. praebulloides*が共産することから、N.9帯に相当する可能性もある (Kennett and Srinivasan, 1983)。

明和温泉井からN.8帯 (約1640～1510万年前; Gradstein et al., 2020) が見いだされたので、野田・後藤 (2004) の古地理図 (16 Ma) に孔井位置をプロットすると、日本列島に存在した複数の小地塊間に位置する (図3)。浮遊性有孔



図3. 日本列島と周辺の1,600万年前の古地理図。野田・後藤 (2004) を修正・加筆。

虫が多産する820 mおよび830 mの試料の堆積時には、陸域に囲まれた位置になるものの、外洋水の影響が大きかったと推定される。また、本層準の優占種である*Gna. praebulloides*は熱帯～温帯、*Gds. bollii*は熱帯～亜熱帯、*Gds. triloba*は熱帯～温帯の種とされている (Kennett and Srinivasan, 1983)。よって、明和地域は暖流優勢な海洋環境であったことが推定され、貝形虫の結果 (小沢ほか, 2023) と整合的である。

明和温泉井の周辺地域に掘削された坑井を見ると、伊勢崎観測井 (鈴木・小村, 1999) は深度2,040 mまで掘削されたが、安中層群板鼻層と原市層相当層のみが確認され、富岡層群には達していない。館林観測井では第四紀層下位の海成中新統は石灰質ナンノ化石 (鈴木・堀内, 2002) により、安中層群原市層に対比されているが、深度約1,080 mで基盤の花崗岩に達している。これらの情報から高橋 (2006) は、基盤深度が急変することから館林観測井と伊勢崎観測井の間には、南落ちの断層を推定し、その断層が利根川構造線であるとした。さらに、高橋 (2006) は群馬県太田地域に足尾帯の基盤岩が地表に露出していることから、太田地域と伊勢崎観測井の間の地下にも落差が2,000 mに達する断層が伏在すると推定している。群馬県温泉協会 (2022) も館林観測井と明和温泉井の地質の比較から、両坑井の間に断層の存在を指摘している。一方、納谷ほか (2013) は、明和温泉井から約15.1 km南東に深度1,500 m掘削された大和根温泉井は基盤に達していないことを報告しており、利根川構造線は大和根温泉井の北側に伏在することが示唆される。

明和温泉井は深度1,500 mまで掘削されたが基盤には到達していないのに対し、約4 km北北東に掘削された館林観

測井では深度約1,080 mで基盤に達している。加えて、館林観測井ではN.8帯に相当する中新統は確認されていないのに対し、今回、明和温泉井の深度約870～820 mにN.8帯相当層を認めたことにより、構造的・年代的ギャップが明らかとなり、断層（利根川構造線）の存在と位置がより明確になった。

まとめ

1. 明和温泉井の深度約870～820 mはN.8帯に相当し、富岡層群原田篠層・小幡層（高橋・林，2004）、比企丘陵の市ノ川層・荒川層（高橋・柳沢，2004）に対比される。
2. 820 mおよび830 mの試料からは浮遊性有孔虫が多産することから、明和地域は外洋水の影響が大きく、暖流優勢な海洋環境であったことが推定される。
3. 明和温泉井中にN.8帯相当層を認めたことにより、利根川構造線は館林観測井と明和温泉井の間に存在し、伊勢崎観測井・尾島温泉井・大利根温泉井は構造線の南側に位置していることが強く示唆される。

太田・尾島地域で尾島温泉「利根の湯」温泉井が掘削され（図1）、掘削深度は1,600 mに達している（村松ほか，2013）。このほかにも、太田天然温泉「野間の湯」・新田温泉「やくしの湯」・伊勢崎天然温泉「招美の湯」の掘削深度は1,000 mを超えている（群馬県温泉協会，2022）。これらの温泉井データは公刊された資料がなく、参照することができていない。今から微化石の分析は困難かも知れないが、岩相比較だけでも行い、利根川構造線の確度の高い位置推定を行っておく必要がある。

ボーリング試料を使った微化石分析では、掘り上げて時間が経つと一部の種が消失し、データが変化してしまうことが多い。今回は、掘削から時間を経ずに試料を入手できたことにより、質の高い分析が可能になっている。基礎科学の発展のみならず、伏在断層の推定のような地盤災害対策の観点からも、時間を置かずに可能な分析が行われ、その情報は蓄積されて行くべきである。

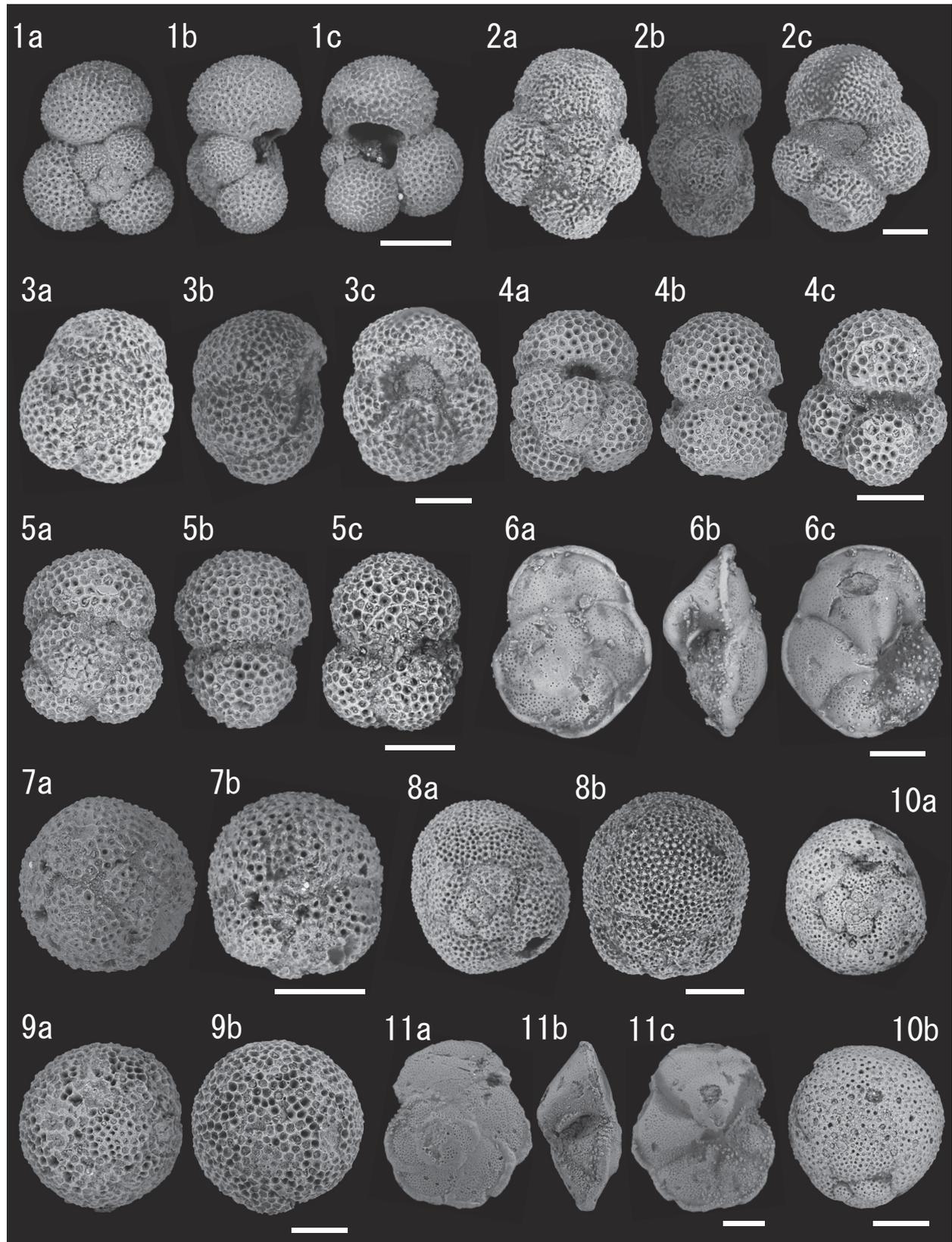
謝辞

本研究を進めるにあたり、明和町には温泉掘削スライムを分与していただき、分析の許可をしていただいた。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・飯島静男氏には、スライム試料の調査研究のご協力をいただいた。群馬県立自然史博物館には、走査型電子顕微鏡の使用を許諾していただいた。査読者の

島根大学林 広樹教授には、有益なご指摘をいただき原稿が改善された。記して心より感謝申し上げる。

引用文献

- 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 : 199-421.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. and Ogg, G. M. (2020) : *The Geologic Time Scale 2020*, vol.2. Elsevier, Amsterdam, 1357pp.
- 群馬県温泉協会 (2022) : 学術調査報告書 温泉科学 群馬県明和町の新規掘削温泉の温泉地質. 23pp.
- 金子 稔・石川博行・野村正弘・中澤 努 (2018) : 埼玉県さいたま市で掘削された浦和GS-UR-1コアの更新統下総層群産有孔虫化石群集. *地質調査研究報告*, 69(4) : 211-232.
- Kennett, J. P. and Srinivasan, M. S. (1983) : *Neogene Planktonic Foraminifera*. Hutchinson Ross Publishing Co., Stroudsburg, Pennsylvania : 1-265.
- 明和町 (2020) : 明和温泉が誕生しました！. 明和町町長コラム令和2年12月25日号. <https://www.town.meiwa.gunma.jp/life/soshiki/somu/seisaku/5/tyoutyoukoramu/2553.html> (閲覧日2021-12-26).
- 村松容一・大平 孟・片山秀雄・千葉 仁・早稲田 周 (2013) 足尾山地、赤城火山、利根川中流低地帯における温泉の水質および安定同位体比とその地質鉱物学的解釈. *温泉科学*, 63 : 118-140.
- 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.
- 小沢広和・金子 稔・石川博行・野村正弘 (2023) : 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. *群馬県立自然史博物館研究報告*, 27 : 71-82.
- 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・柳沢幸夫 (2004) : 埼玉県比企丘陵に分布する中新統の層序—複合年代層序に基づく岩相層序の総括—. *地質学雑誌*, 110, 290-308.
- 鈴木宏芳・小村健太郎 (1999) : 関東地域の孔井データ資料集. *防災科学研究資料*, 191 : 1-80.
- 鈴木宏芳・堀内誠示 (2002) : 関東平野の深層観測井地質試料のナンノ化石分析・防災科学研究資料, 225 : 1-71.
- 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 : 20-27.



図版1. 明和町温泉井産浮遊性有孔虫化石のSEM写真.

スケールバーは100 μ m.

1abc *Globigerina bulloides* d'Orbigny; 深度710 m

2abc *Globigerina praebulloides* Blow; 深度820 m

3abc *Globigerinoides bollii* Blow; 深度820 m

4abc *Globigerinoides japonicus* Saito and Maiya; 深度830 m

5abc *Globigerinoides triloba* (Reuss); 深度820 m

6abc *Globorotalia archeomenardii* Bolli; 深度820 m

7ab *Globigerinoides sicamus* (De Stefani); 深度830 m

8ab *Praeorbulina curva* (Blow); 深度820 m

9ab *Praeorbulina glomerosa* (Blow); 深度820 m

10ab *Orbulina suturalis* Brönnimann; 深度870 m

11abc *Globorotalia iwaiensis* Takayanagi and Oda; 深度820 m