

報告

福井県南条山地北西部、美濃帯の複成的石灰岩礫岩から産出した上部三畳系石灰岩礫

Upper Triassic limestone clasts of the polymictic limestone conglomerate in the Mino Belt, the northwestern Nanjo Mountains, Fukui Prefecture, central Japan

中川登美雄* 佐野弘好** 上松佐知子***
指田勝男****† 渡辺幸雄****§

Tomio Nakagawa*, Hiroyoshi Sano**,
Sachiko Agematsu***, Katsuo Sashida****† and
Yukio Watanabe****§

2019年3月26日受付.

2019年7月25日受理.

* 福井県立羽水高等学校
Fukui Prefectural Usui Senior High School, Fukui 918-8114, Japan

** 九州大学名誉教授
Professor Emeritus at Kyushu University, 744 Motoooka, Fukuoka 819-0395, Japan

*** 筑波大学大学院生命環境系
Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan

**** 愛知県立起工業高等学校
Aichi Prefectural Okoshi Technical High School, Aichi 494-0007, Japan

† 現所属: 筑波大学名誉教授
Present address: Professor Emeritus at University of Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan

§ 2019年10月29日逝去
Deseased on 29 October 2019

Corresponding author: T. Nakagawa,
tomio1203@yahoo.co.jp

Abstract: This paper describes Upper Triassic limestone clasts of the polymictic limestone conglomerate (Imogadaira Limestone) of the Mino Belt in the Nanjo Mountains, Fukui Prefecture, central Japan. The Imogadaira Limestone occurs as an isolated block in the Middle Jurassic mélange unit in the upper reaches of the Imogadaira River, Nanjo Mountains. The formation exhibits a prevailing conglomerate fabric, characterized by dense packing of limestone clasts within a sparse matrix. The Imogadaira Limestone has a polymictic clast association, dominated by Permian limestones with lime mudstone and limestone clasts containing thin-shelled bivalves. Neither terrigenous clastic grains nor rock fragments occur in the Imogadaira Limestone. Late Triassic conodonts and Late Triassic and Early Jurassic radiolarians were extracted from whole-rock samples of the Imogadaira Limestone. Further examination revealed that the Late Triassic conodonts and radiolarians occurred within limestone clasts containing thin-shelled bivalves.

Keywords: Mino Belt, Nanjo Mountains, polymictic limestone conglomerate, Late Triassic, Imogadaira

はじめに

美濃帯は長野県西部から岐阜県、愛知県西部、福井県南部を経て、滋賀県東部から三重県北部に広がるジュラ紀~最前期白亜紀の沈み込み付加体を主体とする地体で、主な構成岩は玄武岩および同質火山砕屑岩、石灰岩、ドロマイト、珪質粘土岩、層状チャート、珪質泥岩、砂岩および泥岩である。石灰岩は主にペルム系で、玄武岩質岩からなる海山の頂部に堆積したとされている(Sano, 1988)。一方、小規模ながら三畳系石灰岩の産出が数例知られている(小池, 1979; Igo, 1989; 佐野ほか, 2010, 2017)。

芋ヶ平石灰岩は福井県南条山地北西部、芋ヶ平川上流の美濃帯に分布し、Konishi(1952)、中村・伊藤(1985)などがフズリナを含む多くのペルム紀化石を報告した石灰岩である。中川・渡辺(2010)は本石灰岩からペルム紀フズリナ化石に加えて三畳紀コノドントおよび三畳紀放射虫を発見した。ペルム系の石灰岩体に三畳系の砕屑性石灰岩が帯状に含まれることからネプチュニアンダイクとした。しかし、その後の調査から、周囲のペルム系石灰岩も単一の石灰岩体ではなく、石灰岩礫岩であることが明らかになった。また、後期三畳紀コノドント・放射虫は芋ヶ平石灰岩の薄殻二枚貝石灰岩礫岩から産することが明らかになった。さらに、どの岩相から由来したかは特定できなかったが、本石灰岩礫岩の全岩処理によって前期ジュラ紀またはそれ以降に生息期間を持つ放射虫を得た。このような礫質の石灰岩の形成過程は明らかではないが、付加体に含まれる石灰岩の産状としては珍しく、石灰岩の起源や付加様式を考える上で重要と考えられるので、本論文では石灰岩礫の産状および岩相、産出化石について報告する。なお、芋ヶ平石灰岩が礫岩組織をもつことに従えば「芋ヶ平石灰岩礫岩」とよぶべきであるが、本論文では従来の呼称を踏襲して、芋ヶ平石灰岩とよぶことにする。

地質概略

南条山地は、冠山や能後白山を含み、福井・岐阜県境にまたがる越美山地の北西に位置する山塊で、美濃帯の地層群が広く分布している。近年、中江ほか(2013, 2015)は、構造層序に基づいて南条山地北部の美濃帯の地層群を下位より徳山コンプレックス、今庄コンプレックス、刀根コンプレックス、坂内コンプレックス、湯尾コンプレックスに区分した。芋ヶ平石灰岩は湯尾コンプレックスに含まれる石灰岩の岩塊

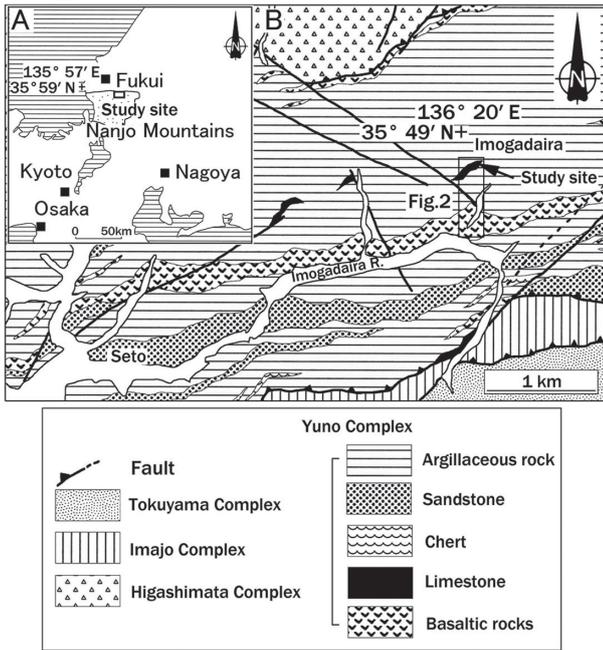


Fig. 1. Locality map (A) and simplified geologic map (B), after Nakae et al. (2015), of the study site in the upper reaches of the Imogadaira River, eastern Nanjo Mountains.

で、南条山地北部の福井県南条郡南越前町東部、芋ヶ平川上流に露出する (Fig. 1A)。当地域には湯尾コンプレックスの地層群が広く分布し (Fig. 1B)、おおむね東北東-西南西の走向をもつ。湯尾コンプレックスは主に泥質岩を基質とし、玄武岩質岩石、石灰岩、チャート、珪質泥岩を大小の岩塊として含むメランジュである (中江ほか, 2015)。湯尾コンプレックスの玄武岩質岩石は石炭系、石灰岩は石炭系~中部ペルム系、チャートは上部ペルム系~上部三畳系、珪質泥岩は下部~中部ジュラ系とされている (服部・吉村, 1982; 中江ほか, 2015)。美濃帯の北には超丹波帯に対比される東保コンプレックスが北傾斜のコンプレックス境界断層を介して接する (中江ほか, 2015)。

芋ヶ平石灰岩の分布・産状と礫岩組織・礫種

芋ヶ平石灰岩 (Konishi, 1952) は芋ヶ平川上流、瀬戸から約 4.5 km 北東に (Fig. 1), 幅約 50 m, 延長約 200 m の長レンズ形の小規模な岩体として露出する (Fig. 2)。中江ほか (2015) によれば、芋ヶ平川流域から下流の田倉川流域にかけて本石灰岩および類似の石灰岩がほぼ東北東-西南西の走向で鱗片状劈開に富む泥質岩中に産出するが、いずれの岩体も側方に不連続なレンズ形である。

中村・伊藤 (1985) は芋ヶ平の石灰岩が礫質であると述べているが、露頭規模での礫岩組織は報告していない。今回の野外調査の結果から芋ヶ平石灰岩は、単一の石灰岩体ではなく、スタイロライト化した少量の基質と石灰岩礫からなる石灰岩礫岩であることが明らかになった。そこで、最も良好に露出する岩体北部の約 10 m × 5 m の範囲を選んで詳細な野外観察と試料採集、研磨片および薄片の観察を行った (Fig.

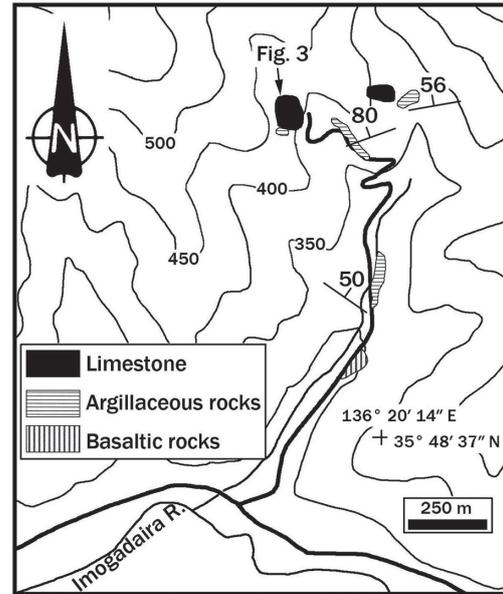


Fig. 2. Detailed map of the study area illustrating the approximate distribution of the Imogadaira Limestone in the upper reaches of the Imogadaira River. The location of the mapped area is shown in Fig. 1.

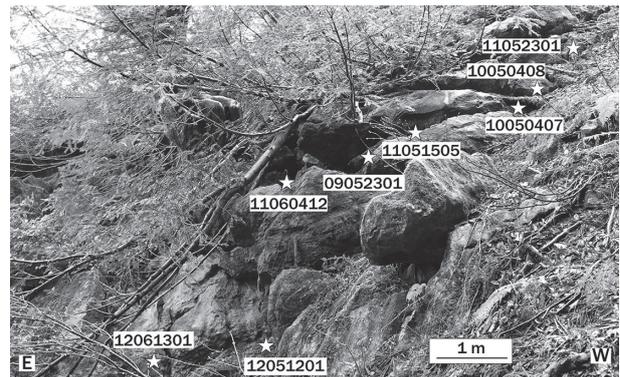


Fig. 3. Outcrop photograph of the Imogadaira Limestone, which consists entirely of massive limestone conglomerate. Sample locations are indicated by stars with numbers. The geographical position of the locality is shown in Fig. 2.

3)。露頭表面を希塩酸で洗浄して観察した結果、色調、含有化石などが明らかに異なる複数種類の石灰岩礫と少量の基質から構成されることが明らかになった。石灰岩礫の大きさは変化に富み、淘汰不良で、基質はごく少量が見られるにすぎない (Fig. 4)。石灰岩礫は径数 mm 程度の細礫から、直径 100 cm 以上の大きさをもつ巨礫までがみられる。石灰岩礫は不規則に角張った形態をもち、ところによって長レンズ形の石灰岩礫がみられる。石灰岩礫どうしが互いにスタイロライト境界で接する場合も多く、石灰岩礫の輪郭はきわめて不規則な凹凸に富んでいる (Fig. 4)。

芋ヶ平石灰岩の色調は主に灰~灰白色で、破断面や方解石脈が数多くみられる。調査範囲 (Fig. 3) には、濃赤~赤紫色、

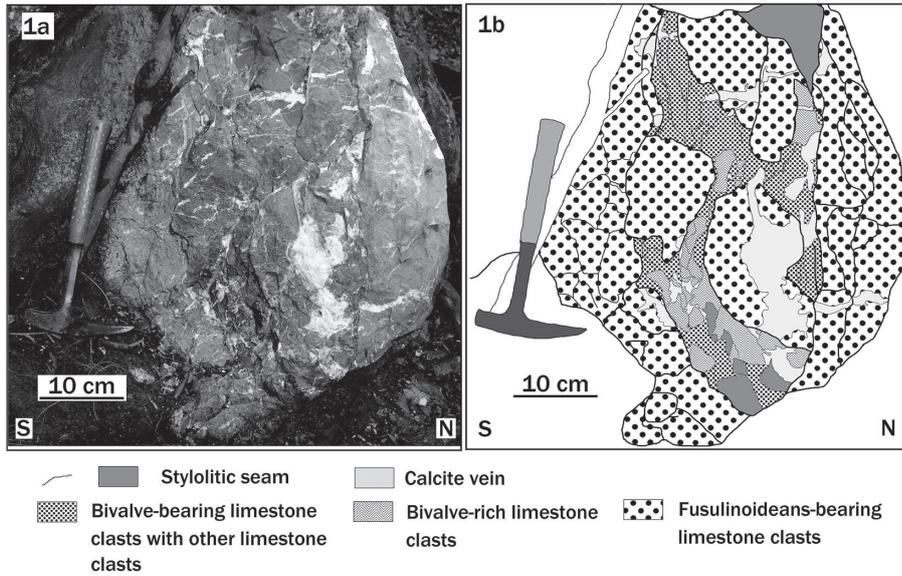


Fig. 4. Outcrop photograph (A) and line drawing (B) showing the conglomerate fabric of the Imogadaira Limestone, which consists of a complex mixture of fusulinoid-bearing limestone clasts, bivalve-rich limestone clasts, and bivalve-bearing limestone clasts with other limestone clasts, all of which are densely packed and separated from one another by heavily stylolitized seams. The location of this sample, 09052301, is shown in Fig. 3.

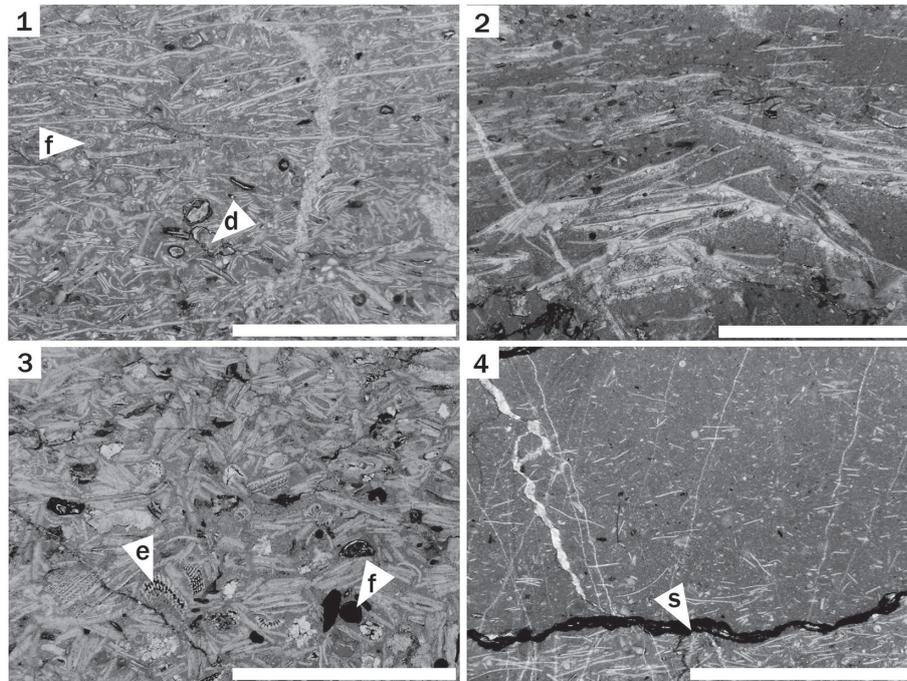


Fig. 5. Thin-section photomicrographs in plane-polarized light of limestone clasts containing thin-shelled bivalves in the Imogadaira Limestone. These samples yielded Upper Triassic conodonts (Table 1). Scale bars = 3 mm. Sample localities are marked in Fig. 3. 1. Packstone rich in thin-shelled bivalves with foraminifera (f) and intraclastic limestone debris (d), set in the micritic matrix. Sample 09052301(6). 2. Peloidal wackestone–packstone including oriented, thin bivalve shells, often with spar-filled voids. Note the shells are much longer than those in Fig. 5-1. Sample 11052301 (2). 3. Packstone containing abundant tiny, thin bivalve shells with echinoid plates (e) and organic-matter-stained foraminifera (f). Sample 09052301 (7). 4. Lime mudstone containing scattered tiny bivalve shells with a micritic matrix containing small pieces of calcitic debris. A stylolite seam (s) separates the limestone clast of bivalve-rich wackestone at the bottom of the view. Sample 09052301 (8).

灰白～淡桃色，暗灰色などの明らかに色調，構成粒子が異なる薄殻二枚貝を含むミクライト質の石灰岩の礫が数種類以上認められ，扁平化した石灰岩礫が基質を欠いて密集して含まれる結果，带状にみえる。

礫間を埋める基質は緑灰～暗灰色の泥質堆積物からなる。基質には細礫～砂サイズの石灰岩片が散点的に含まれる。鏡下では石英，長石などの陸源碎屑粒子は認められない。露頭・研磨面のいずれにおいても，基質は個々の石灰岩礫の輪

Table 1 Radiolarian and conodont fossils extracted from the Imogadaira Limestone. Sample localities are shown in Fig. 3.

Species	Localities	W		I			W: whole rock samples I: individual clasts					
		12061301	12051201	11060412	09052301	11051505		10050407	10050408	11052301	09052301p	09052301w
Radiolarians												
<i>Archicapsa</i> ? sp.					+							
<i>Canoptum</i> ? sp.					+		+	+				
<i>Capnodoce</i> sp.		+		+								+ Late Triassic
<i>Capnodoce</i> ? sp.			+	+				+				
<i>Capnuhosphaera</i> cf. <i>triassica</i> De Wever		+				+	+					Late Triassic
<i>Capnuhosphaera</i> sp.			+	+	+			+				+ Late Triassic
<i>Capnuhosphaera</i> ? sp.						+	+					
<i>Carinaheliosoma</i> ? sp.					+	+		+	+			
<i>Crucella</i> sp. or <i>Triassocrucella</i> ? sp.					+							
<i>Helvetocapsa minoensis</i> (Matsuoka)					+	+						Early Jurassic (Toarcian)
<i>Livalella</i> sp.					+							Late Triassic
<i>Livalella</i> ? sp.		+	+					+				
<i>Loffa</i> ? sp.									+	+		
<i>Syringocapsa</i> sp.					+							
<i>Syringocapsa</i> ? sp.				+	+		+					
<i>Orbiculiforma</i> ? sp.				+	+							
<i>Pantanellium</i> sp.		+	+	+	+							
<i>Paronaella</i> sp.						+		+	+	+		
<i>Paronaella</i> ? sp.					+						+	
<i>Pentactinocarpus</i> cf. <i>tetracanthus</i> Dumitrica					+							
<i>Pentactinocarpus</i> sp.					+							
<i>Sethocapsa</i> ? sp.									+			
<i>Stichocapsa</i> cf. <i>biconica</i> Matsuoka					+							
<i>Tetraporobrachia</i> sp.					+							Middle to Late Triassic
<i>Triactoma</i> sp.		+	+					+				Early Jurassic to Late Cretaceous
<i>Triassocrucella</i> ? sp.												
<i>Tricolocapsa</i> ? sp.					+	+		+				
Conodonts												
<i>Norigondolella navicula</i> (Huckriede)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Late Triassic (Norian)
<i>Norigondolella steinbergensis</i> (Mosher)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Late Triassic (Norian-Rhaetian)
<i>Epigondolella</i> spp.		+		+		+		+				Late Triassic (Norian)

郭を縁取るように幅狭く、線状に分布し、強くスタイロライト化している。多くの場合、線状部の幅は1~2 mmである。基質がほとんどみられず、石灰岩礫どうしが直接に接するように見えることも少なくない。石灰岩礫と基質の境界は明確で、岩相的な漸移は認められない。

本石灰岩の礫として最も多くみられるのは灰~灰白色の含フズリナ石灰岩礫で grainstone と wackestone の両方が見られる。これには *Neoschwagerina* sp. に代表されるペルム紀フズリナ、石灰藻、ウミユリ、腕足類、巻貝などの骨格粒子が含まれる。次に多いのが濃赤~赤紫色、灰白~淡桃色、暗灰色などのミクライト質石灰岩礫で、ミクライト質石灰岩礫には肉眼で薄殻二枚貝化石が認められる。本稿ではこの石灰岩を薄殻二枚貝石灰岩と記述する。

含薄殻二枚貝石灰岩礫を鏡下で観察した。その結果、含薄

殻二枚貝石灰岩礫は、基質は淘汰良好のミクライトからなり、薄殻二枚貝を含むことで特徴づけられ、packstone (Fig. 5-1, -3)、wackestone (Fig. 5-2)、石灰泥岩 (Fig. 5-4) の3つに区分される。

含薄殻二枚貝石灰岩礫から産出した微化石

本石灰岩から採集した石灰岩礫岩 18 試料を用いて蟻酸による全岩処理を行い、コノドントおよび放散虫の個体を抽出した。含薄殻二枚貝を含む複成的な石灰岩礫岩 8 試料からは、三疊紀コノドント・放散虫が産出し、12061301、12051201、09052301、10050407、11052301 の 5 試料からは前期ジュラ紀以降の放散虫が混在する残渣試料が得られた (Table 1)。全岩処理で得られたプレート状のコノドント (Fig. 6) はいずれも表面彫刻まで観察される保存の良い標

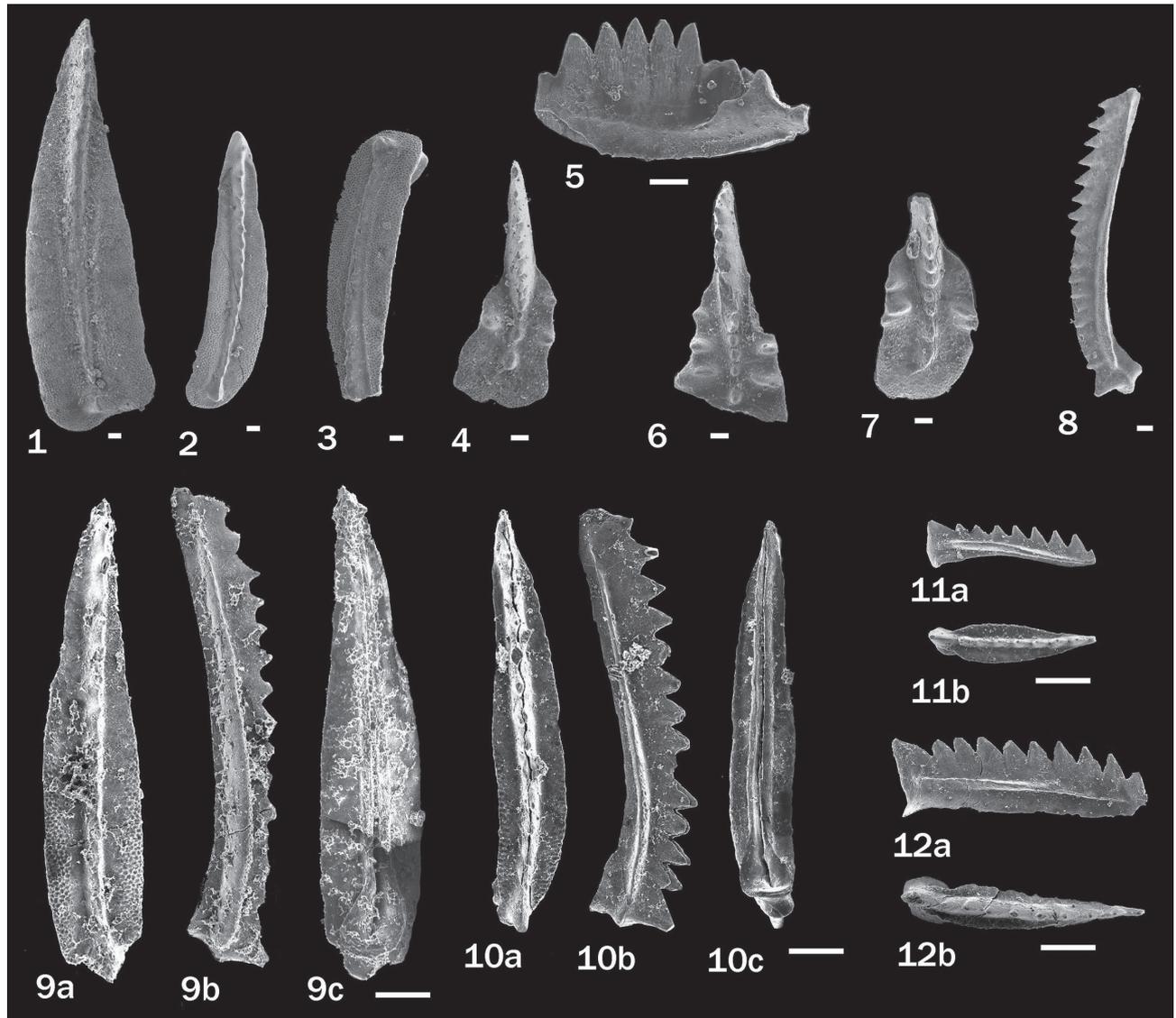


Fig. 6. Representative conodont fossils extracted from the Imogadaira Limestone. Scale bar = 100 μ m. Sample localities are marked in Fig. 3. 1–3. *Norigondolella navicula* (Huckriede), upper view, sample 09052301. 4–7. *Epigondolella* sp., upper view (4, 6, 7) and lateral view (5), sample 09052301. 8–12. *Norigondolella steinbergensis* (Mosher), upper view (9a, 10a, 11b, 12b), lateral view (8, 9b, 10b, 11a, 12a), and lower view (9c, 10c), sample 09052301.

本である。一方、石灰岩中の放散虫殻 (Fig. 7) の大多数は方解石で置換されており、蟻酸処理によって殻が溶脱して内型モールドとして産出することが多い。

全岩処理で得られた微化石のうち、コノドントの *Norigondolella navicula* (Huckriede), *Norigondolella steinbergensis* (Mosher) および *Epigondolella* spp. は後期三畳紀ノーリアン期あるいはレーティアン期を特徴づける種である。

一方、放散虫は属までしか決まらない個体が多いが、*Capnodoce* sp., *Livarella* sp. は後期三畳紀を、*Tetraporobrachia* sp. は中期～後期三畳紀を示す (Bragin, 2007; O'Dogherty et al., 2010)。これらは石灰岩礫岩の全岩試料で得られたため、中期三畳紀～後期三畳紀までのいくつかの

時代にまたがる石灰岩礫が存在するのか、コノドントが示す後期三畳紀ノーリアン期あるいはレーティアン期の石灰岩礫から得られたのかが判断できない。この他に、前期ジュラ紀トアルシアン期に特徴的な *Helvetocapsa minoensis* (Matsuoka, 1991, 1995; Gorican et al., 2006) や前期ジュラ紀～後期白亜紀に生息期間を持つ *Triactoma* sp. (O'Dogherty et al., 2009) が得られた。

複成的石灰岩礫岩の全岩試料から、三畳紀のコノドント・放散虫、ジュラ紀放散虫が産出することが明らかになったが、それらがどの岩相の石灰岩礫または基質から産出したかが不明である。そこで、量的に多く見られる帯赤色含薄殻二枚貝 packstone 礫、白・淡桃色含薄殻二枚貝 wackestone 礫、石灰泥岩礫の3つについて、単一岩相の石灰岩礫を全

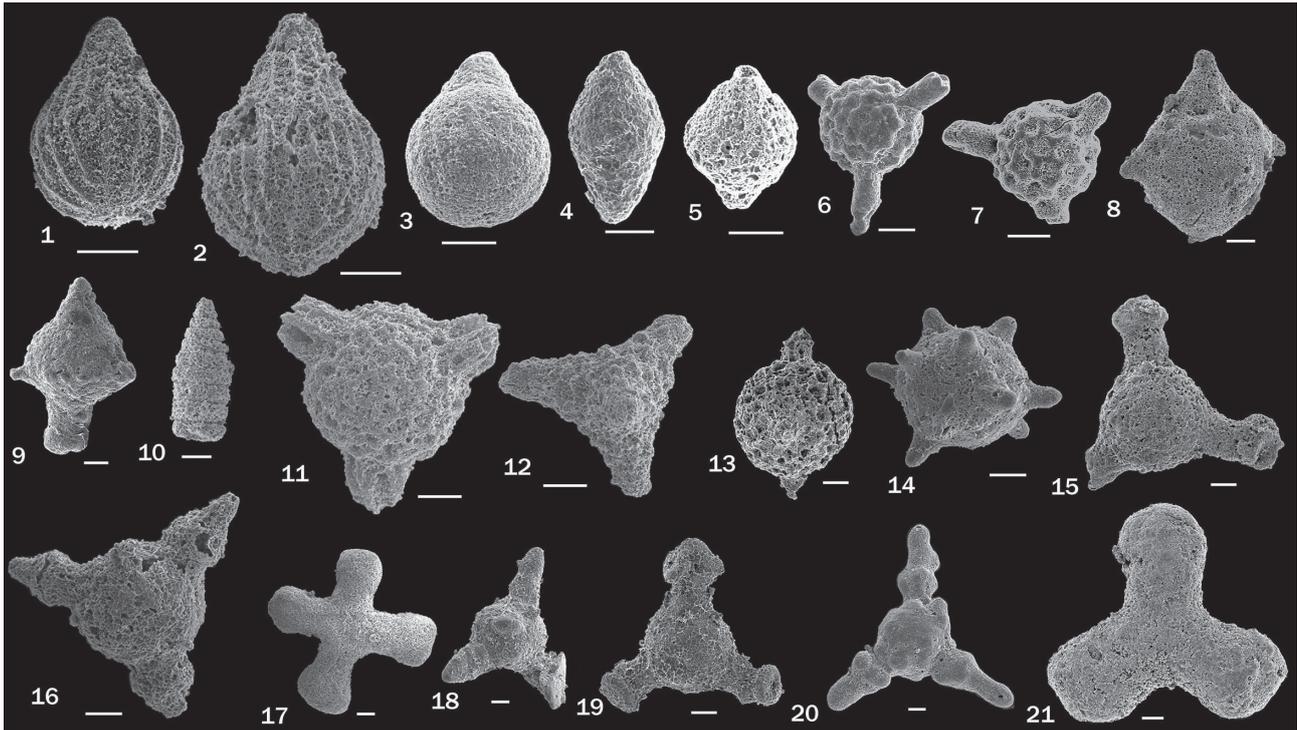


Fig. 7. Representative radiolarian fossils extracted from the Imogadaira limestone. Scale bar = 50 μ m. Sample localities are marked in Fig. 3. 1, 2. *Helvetocapsa minoensis* (Matsuoka), 1: sample 09052301, 2: Loc. 10050407. 3. *Tricolocapsa?* sp., sample 09052301. 4, 5. *Stichocapsa* cf. *biconica* Matsuoka, sample 09052301. 6, 7. *Capnodoce* sp., sample 09052301. 8. *Pentactinocarpus* cf. *tetracanthus* Dumitrica, sample 09052301. 9. *Syringocapsa* sp., sample 09052301. 10. *Canoptum?* sp., sample 09052301. 11. *Triactoma* sp., sample 11052301. 12. *Tetraporobrachia* sp., Loc. 09052301. 13. *Pantanellium* sp., sample 11060412. 14. *Carinaheliosoma?* sp., sample 09052301. 15, 19. *Capnuchosphaera* cf. *triassica* De Wever, 15: sample 10050407, 19: sample 10050408. 16, 20. *Capnuchosphaera* sp., 16: sample 09052301, 20: sample 10050407. 17. *Crucella* sp. or *Triassocrucella?* sp., sample 09052301. 18. *Livarella* sp., sample 09052301. 21. *Paronaella* sp., sample 11052301.

岩試料から分離して微化石抽出を行った。検討に用いたのは、09052301の帯赤色含薄殻二枚貝 packstone 礫 (09052301p) と白・淡桃色の含薄殻二枚貝 wackestone 礫 (09052301w), ならびに暗灰色の石灰泥岩礫 (09052301m) である。各々 10 g を個別に蟻酸処理して微化石の抽出を試みた。

その結果、帯赤色含薄殻二枚貝 packstone 礫 (09052301p) から 10 g あたり 176 個の *N. steinbergensis* と *Epigondolella* spp. からなる後期三畳紀ノーリアン期のコノドント化石群集を得た。また、*Paronaella* sp., *Capnuchosphaera* spp., *Loffa?* sp., *Capnuchosphaera* spp. などの放散虫や底生有孔虫を抽出することができた。白・淡桃色の含薄殻二枚貝 wackestone 礫 (09052301w) からは *N. steinbergensis* がわずかに 1 個抽出されたのみだった。そのため、10 g を追加で処理したが、産出したのは 2 個の *N. steinbergensis* と保存不良の放散虫化石のみであった。石灰泥岩礫 (09052301m) からは 7 個の *N. steinbergensis* をはじめ gondolellid に分類されるエレメントと、*Paronaella?* sp., *Capnuchosphaera* sp., *Triassocrucella?* sp., *Capnodoce* sp., *Loffa?* sp. などの放散虫、底生有孔虫が産出した。含薄殻二枚貝 wackestone 礫 (09052301w) と石灰泥岩礫

(09052301m) から産出したコノドントは *N. steinbergensis* だけであり、ノーリアン期かレーティアン期かを限定することできない。しかしながら、含薄殻二枚貝石灰岩は岩相により産出量は異なるが、同定できたコノドントはすべて後期三畳紀ノーリアン期あるいはレーティアン期を示すことからこの時代に堆積した石灰岩と考えられる。また、石灰岩礫岩の全岩処理で得られた三畳紀放散虫も後期三畳紀を生存期間に含むことから、含薄殻二枚貝石灰岩から得られた可能性が高い。以上の検討結果は、後期三畳紀のコノドントおよび放散虫化石は含薄殻二枚貝石灰岩礫に由来することを示す。

記 載

本研究で得られたコノドント化石について簡易記載を行う。シノニムリストは主要かつ近年のもののみ掲載する。なお本論文に掲載する化石標本はすべて筑波大学に収蔵されている。

Class Conodonta Eichenberg, 1930

Genus *Norigondolella* Kozur, 1989

Type species: *Paragondolella navicula steinbergensis*
Mosher, 1968

Norigondolella navicula (Huckriede, 1958)

Fig. 6, 1–3

1958 *Gondolella navicula* n. sp. Huckriede, p. 147–148, pl. 12, figs. 5, 6, 10.2014 *Norigondolella navicula* (Huckriede). Orchard, p. 71, fig. 49; 1–14. (including synonym list)

比較：本研究で得られた標本は大きな成体の P₁ エレメントである。プラットフォームはエレメント全体に亘り、15個程度の小歯を持つが、それらは特に後方で顕著に癒合して畝状になっている。プラットフォームは後端で最も幅広く、竜骨状突起(carina)後端の主歯は他の小歯よりも大きく、プラットフォームの狭い縁に囲まれている。以上の特徴から、これらの標本は *N. navicula* に同定される。

層序学的分布：ノーリアン階下部(Orchard, 2014).

Norigondolella steinbergensis (Mosher, 1968)

Fig. 6, 8–12

1968 *Paragondolella navicula steinbergensis* n. subsp. Mosher, p. 939, pl. 117, figs. 13–22.2012 *Norigondolella steinbergensis* Mazza et al., 2012, p. 123. (including synonym lists)

比較：本研究で得られた標本は、プラットフォームがエレメント全体におよび、大きな主歯が竜骨状突起の後端にあって後方に突き出ていること、竜骨状突起が低く、成体の標本では小歯の癒合が見られること、エレメント下面のキール(keel)が狭く、その後端が広がって基底孔(basal pit)を囲むことから、*N. steinbergensis* に同定される。プラットフォームが狭い点および主歯がプラットフォーム後縁に突き出ている点で、*N. navicula* とは区別される。Mosher(1968)は本種の幼体から成体までの成長過程を記載しており、本研究でも各成長段階の保存良好な標本が得られた。

層序学的分布：ノーリアン階中部からレーティアン階(Mazza et al., 2012; Rigo et al., 2015).

Genus *Epigondolella* Mosher, 1968Type species. *Polygnathus abneptis* Huckriede, 1958*Epigondolella* spp.

Fig. 6, 4–7

比較：本属の最も顕著な特徴は、プラットフォームの側方あるいは前方縁に背の高い小歯が存在すること、基底孔がプラットフォーム中央に位置すること、キールが強く二岐に分かれること、プラットフォームが比較的平らであり、その長さはエレメント全体の3分の2であることである(例えば、Mazza et al., 2012)。本研究で得られたエレメントは、いずれもプラットフォーム後端の小歯は確認できないものの、上記の特徴を有し、特にプラットフォーム上の小歯が顕著に高いことから、本属に分類できる。ただし保存状態が不良であるため種の特定には至らなかった。

層序学的分布：ノーリアン階(Orchard, 2013).

ま と め

本研究の結果は次のように要約できる。

- (1) 福井県南条山地の芋ヶ平石灰岩体が複成的な雑多な石灰岩礫からなる石灰岩礫岩で、ペルム系以外の石灰岩礫を含むことが明らかになった。石灰岩礫岩はペルム系の含フズリナ石灰岩礫が優勢で、含薄殻二枚貝石灰岩の礫がこれに次ぐ。石灰岩礫は密に含まれ、多くはスタイロライト面で接する。
- (2) 石灰岩礫岩の全岩処理で後期三畳紀のコノドントと放散虫ならびに前期ジュラ紀トアルシアン期の放散虫などが産出した。また、後期三畳紀のコノドントと放散虫が含薄殻二枚貝 packstone 礫、wackestone 礫、石灰泥岩礫などの薄殻二枚貝を含む石灰岩礫から産出することが明らかになった。しかし、前期ジュラ紀のトアルシアン期の *Helvetocapsa minoensis* や前期ジュラ紀～後期白亜紀に生息期間を持つ *Triactoma* sp. を含む放散虫の源岩は明らかにできなかったため、本論文では芋ヶ平石灰岩からの複数の年代を示す化石の産出報告にとどめる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり服部 勇福井大学名誉教授、山本博文福井大学教授、福井市在住の梅田美由紀博士には南条山地の美濃帯の地質や放散虫化石についてご教示いただいた。電子顕微鏡は福井大学教育学部地学教室の設備を利用させていただいた。東北大学西 弘嗣教授ならびに熊本大学長谷川四郎名誉教授には有孔虫について有益なご助言を頂いた。また福岡大学の上野勝美教授、産業技術総合研究所の中澤 努博士からは原稿に対して建設的なコメント・助言をいただいた。これらの方々には記してお礼申し上げる。

文 献

- Bragin, N. Y., 2007, Late Triassic radiolarians of Southern Cyprus. *Paleontol. J.*, **41**, 951–1029.
- Eichenberg, W., 1930, Conodonten aus dem Culm des Harzes. *Paläontol. Z.*, **12**, 177–182 (in German).
- Gorican, S., Carter, E. S., Dumitrica, P., Whalen, P. A., Hori, R. S., De Wever, P.,... Guex, J., 2006, *Catalogue and Systematics of Pliensbachian, Toarcian and Aalenian Radiolarian Genera and Species*. Zalozba, ZRC Publishing, 446p.
- 服部 勇・吉村美由紀, 1982, 福井県南条山地における主要岩相分布と放散虫化石. 大阪化石研究会誌, 特別号, **5**, 103–116. [Hattori, I. and Yoshimura, M., 1982, Lithofacies distribution and radiolarian fossils in the Nanjo area in Fukui Prefecture, central Japan. *News Osaka Micropaleontol. Spec. Vol.*, **5**, 103–116.]
- Huckriede, R., 1958, Die Conodonten der mediterranen Trias und ihr stratigraphischer Wert. *Paläontol. Z.*, **32**, 141–175 (in German).
- Igo, H., 1989, Mixed conodont elements from Hachiman Town, Mino terrane, Central Japan. *Trans. Proc. Palaeontol. Soc. Japan, N. S.*, **156**, 270–285.
- 小池敏夫, 1979, 三畳紀コノドントの生層序. 鹿沼茂三郎教授退官記念会編, 日本の二畳系ならびに三畳系におけるコノドントとナマコの骨片による生層序, トーコー印刷, 21–77. [Koike, T., 1979, Biostratigraphy of Triassic Conodonts. In Professor

- M. Kanuma retirement commemorative organization, ed., *Biostratigraphy of Permian and Triassic Conodonts and Holothurian Sclerites in Japan*, Toko Insatsu, 21–77.]*
- Konishi, K., 1952, Occurrence of *Gymnocodium*, a Permian Alga, in Japan. *Trans. Proc. Palaeontol. Soc. Japan, N. S.*, 7, 215–221.
- Kozur, H., 1989, *Norigondolella* n. gen., eine neue obertriasische Conodontengattung. *Paläontol. Z.*, 64, 125–132 (in German).
- Matsuoka, A., 1991, Early Jurassic radiolarians from the Nanjo Massif in the Mino Terrane, central Japan. *Trans. Proc. Palaeontol. Soc. Japan, N. S.*, 161, 720–738.
- Matsuoka, A., 1995, Jurassic and Lower Cretaceous radiolarian zonation in Japan and in the western Pacific. *Isl. Arc*, 2, 41–49.
- Mazza, M., Rigo, M., and Gullo, M., 2012, Taxonomy and biostratigraphic record of the Upper Triassic conodonts of the Pizzo Mondello section (western Sicily, Italy), GSSP candidate for the base of the Norian. *Riv. Ital. di Paleontol. S.*, 118, 85–130.
- Mosher, L. C., 1968, Triassic conodonts from western North American and Europe and their correlation. *J. Paleontol.*, 42, 895–946.
- 中江 訓・小松原 琢・高橋裕平・吉川敏之, 2013, 今庄及び竹波地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)。産総研地質調査総合センター, 110p. [Nakae, S., Komatsubara, T., Takahashi, Y. and Yoshikawa, T., 2013, *Geology of the Imajo and Takenami District*. Quadrangle Series, 1: 50,000, Geol. Surv. Japan, AIST, 110p.]
- 中江 訓・小松原 琢・吉川敏之, 2015, 冠山地域の地質地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)。産総研地質調査総合センター, 107p. [Nakae, S., Komatsubara, T., and Yoshikawa, T., 2015, *Geology of the Kanmuri Yama District*. Quadrangle Series, 1: 50,000, Geol. Surv. Japan, AIST, 107p.]
- 中川登美雄・渡辺幸雄, 2010, 美濃帯・春日野相のペルム系石灰岩から見つかったトリアス系石灰裂罅充填堆積物。日本古生物学会第159回例会講演要旨, 40. [Nakagawa, T. and Watanabe, Y., 2010, Triassic neptunian dyke from the Permian limestone at the Kasugano Complex, Fukui Prefecture. *159th Annu. Meet. Paleontol. Soc. Japan, Abstr.*, 40.]
- 中村和弘・伊藤政昭, 1985, 南条山地芋ヶ平石灰岩の化石相について。福井市郷土自然科学博物館研究報告, 31, 27–34. [Nakamura, K. and Ito, M., 1985, Biofacies of the Imogadaira limestone, Nanjo Massif, Fukui Prefecture. *Bull. Fukui Municipality Mus. Nat. Hist.*, 31, 27–34.]*
- O'Dogherty, L., Carter, E.S., Goričan, Š, and Dumitrica, P., 2010, Triassic radiolarian biostratigraphy. In Lucas, S. G. ed., *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 334, 163–200.
- O'Dogherty, L., Carter E. S., Dumitrica P., Goričan Š., De Wever, P., Bandini, A. N.,...Matsuoka, A. 2009, Catalogue of Mesozoic radiolarian genera. Part 2: Jurassic-Cretaceous. *Geodiversitas*, 31, 271–356.
- Orchard, M. J., 2013, Five new genera of conodonts from the Carnian–Norian boundary beds of Black Bear Ridge, north-east British Columbia, Canada. In Tanner, L. H., Spielmann, J. A. and Lucas, S. G. eds., *The Triassic System. Bull. N. M. Mus. Nat. Hist. Sci.*, 61, 445–457.
- Orchard, M. J., 2014, Conodont from the Carnian–Norian boundary (Upper Triassic) of Black Bear Ridge, northeastern British Columbia, Canada. *Bull. N. M. Mus. Nat. Hist. Sci.*, 64, New Mexico, 139 p.
- Rigo, M., Bertinelli, A., Concheri, G., Gattolin, G., Godfrey, L., Katz, M. E.,...Zaffani, M. 2015, The Pignola–Abriola section (southern Apennines, Italy): a new GSSP candidate for the base of the Rhaetian Stage. *Lethaia*, 49, 287–306.
- Sano, H., 1988, Permian oceanic-rocks of Mino terrane, central Japan. Part II. Limestone facies. *J. Geol. Soc. Japan*, 94, 963–976.
- 佐野弘好・桑原希世子・八尾 昭・尾上哲治, 2010, 美濃帯西部, 舟伏山地域の三畳系珪質ミクライト。地質雑, 116, 321–340. [Sano, H., Kuwahara, K., Yao, A. and Onoue, T., 2010, Upper Triassic siliceous micrite in the Mt. Funabuseyama area of the western part of the Mino Terrane, central Japan. *J. Geol. Soc. Japan*, 116, 321–340.]
- 佐野弘好・高野敦史・宮本和輝・尾上哲治, 2017, 美濃・丹波帯の上部三畳系珪質ミクライトの堆積場。地質雑, 123, 163–178. [Sano, H., Takano, A., Miyamoto, K. and Onoue, T., 2017, Depositional setting of the Upper Triassic siliceous micrite of the Mino–Tamba Belt. *J. Geol. Soc. Japan*, 123, 163–178.]

* English translation from the original written in Japanese

(著者の貢献)

野外調査を中川・佐野・上松・渡辺が、試料採集を中川・渡辺が、岩石学的な分類を佐野・中川が、放散虫の分類を指田が、コノドントの分類を上松が担当した。原稿執筆は全員で行い、中川がまとめた。

科学論文では、学説の検証可能性を保証することが重要です。そのため、地質学雑誌掲載論文には、重要な証拠となった試料がどこで得られたかを示しているものがあります。言うまでもないことですが、見学や採取を行う場合、各自の責任において地権者や関係官庁への連絡と許可の取得の必要があることにご注意下さい。詳しくは、以下のサイトをご覧ください。

<http://www.geosociety.jp/publication/content0073.html>