

## 資 料

### 富山県東部立山町に分布する下～中部中新統 黒瀬谷層から産出した生痕化石群集（補遺）

平澤 聡

920-0376 石川県金沢市福増町北1013

### Supplementary Information to “Trace Fossil Assemblage from the Lower-to-Middle Miocene Kurosedani Formation Distributed in Tatemaya Town, Eastern Toyama Prefecture”

Satoshi Hirasawa

1013 Fukumasu-machi Kita, Kanazawa City,  
Ishikawa Prefecture 920-0376, Japan

Additional ichnological information is provided on the Lower-to-Middle Miocene Kurosedani Formation cropped out in Tatemaya Town, eastern part of Toyama Prefecture. Only unidentified lined horizontal burrows and *Teredolites* are observed in a massive coarse-grained sandstone bed of the Zashubo Conglomerate, Sandstone and Mudstone Alternation Member (lower-to-middle parts of the formation). The lined horizontal burrow exhibits a simple structure that consists of massive coarse-grained sandstone infill surrounded by a thin muddy middle-grained sandstone layer. Its sparse occurrence and circular cross-section indicate that the trace maker had a tolerance under a highly stressed benthic environment and colonized into a coarse sand substrate some after deposition event. Tunnels of *Teredolites* from the sandstone are bored perpendicular or parallel to grain of the fossil wood, whose attitudes are comparable to *T. clavatus* and *T. longissimus*, respectively. Significant diameter size difference is recognized in their tunnels even within an identical fossil wood. This is probably due to difference in parts of a single tunnel, or growth stage of the trace maker.

## 1. はじめに

本稿は平澤ほか（2023）において報告した、下部～中

部中新統黒瀬谷層をなす1部層（座主坊礫岩砂岩泥岩互層部層）<sup>ざしゅぼう</sup>の生痕化石に関する追加資料である。2023年の報文では、富山県東部の立山町長倉に露出する本部層の細粒砂岩層で観察された生痕化石群集について述べた。

ここでは、その細粒砂岩層を覆う粗粒砂岩層に包含された生痕化石（平澤, 2023のp. 78, 83参照）について補記する。

## 2. 地質概説

下部～中部中新統黒瀬谷層（津田・千地, 1950）は、主として粗粒砕屑岩や砂岩、泥質岩の不規則互層から構成される最大層厚約1000 mの地層であり、富山平野を取り囲むように分布する下部～中部中新統八尾層群（横山, 1930；中嶋ほか, 2019再定義；図1A）の中部～上部をなしている（早川・竹村, 1987；富山県編, 1992；金子, 2001；中嶋ほか, 2019）。岩相および黒瀬谷動物群（Tsuda, 1960）あるいは八尾-門ノ沢動物群（鎮西, 1963）に代表される軟体動物化石群集や微化石群集から、本層は周期的な海水準変動の影響を受けた網状河川から内湾の泥底を経て、漸深海域にいたる堆積環境で形成されたと考えられている（Oyama, 1950; Tsuda, 1959, 1960；津田, 1965；千地, 1986；Hasegawa and Takahashi, 1992; Ozawa, 2016; 中嶋ほか, 2019）。

本調査域（図1B）を含む富山県東部の立山町地域に分布する黒瀬谷層は、下位より樫ノ木礫岩部層（泥岩・砂岩を伴う円～亜角礫岩）、座主坊礫岩砂岩泥岩互層部層（泥岩・砂岩・礫岩の互層）、および栃津砂岩泥岩互層部層（泥岩優勢な泥岩・砂岩の不規則互層）から形成され、安山岩溶岩やその火山砕屑岩類からなる八尾層群基底部の岩稲層（藤田・中川, 1948；中嶋ほか, 2019再定義）を不整合に覆う（金子, 2001）。

研究対象の座主坊礫岩砂岩泥岩互層部層（野沢・坂本, 1960, 以下「座主坊部層」と略記）は、立山町座主坊（図1B）を模式地とする最大層厚約550 mの浅海成層である（野沢・坂本, 1960；山田ほか, 1998；金子, 2001）。本部層は下位の岩稲層を整合に被覆するか、樫ノ木礫岩部層から漸移する（野沢・坂本, 1960）。座主坊部層は礫岩、斜交層理をなす青灰色細粒～中粒砂岩および暗灰色塊状泥岩の互層を主体とし、凝灰質砂岩や安山岩溶岩を伴う（野沢・坂本, 1960；金子, 2001）。泥岩や砂岩では泥質ノジュールや生物攪拌、炭質物が認められることもある（金子, 2001）。座主坊部層からは黒瀬谷動物群（あるいは八尾-門ノ沢動物群）に加えて、マングローブ植物の花粉化石も知られている（山野井・津田, 1986；山田ほか, 1998；金子, 2001）。立山町長倉地域（図1B）において、本部層は層厚400 m程度であり、主に砂岩泥岩互層

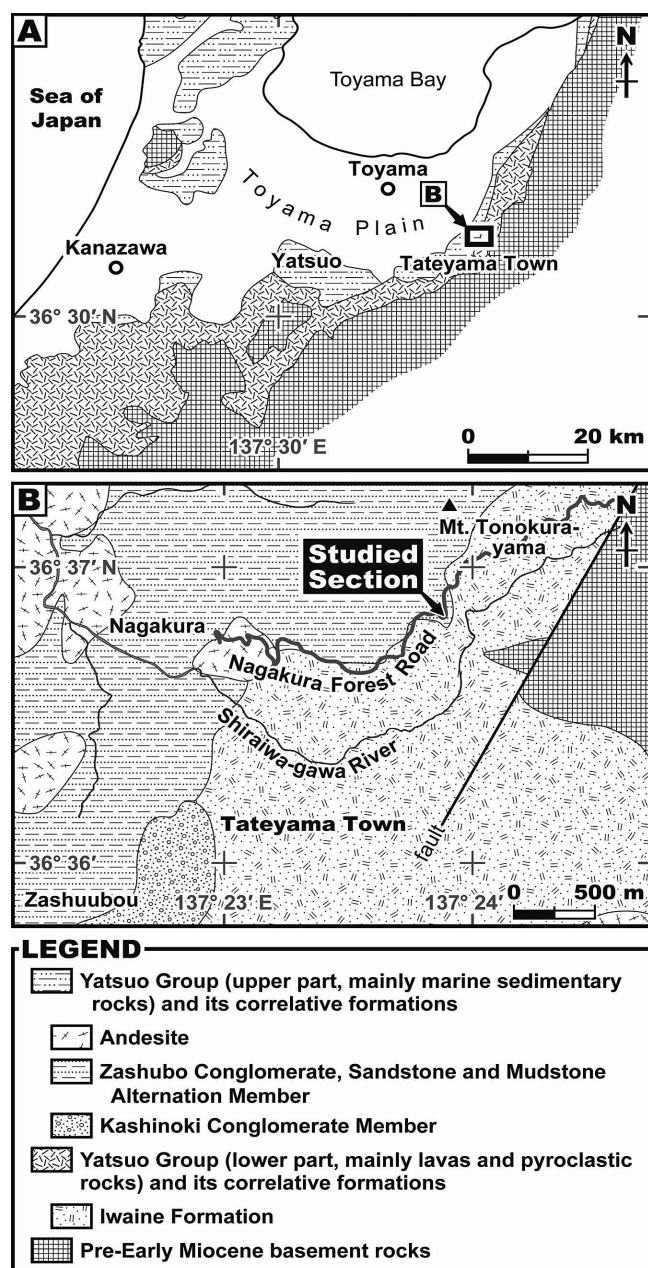


Fig.1 Simplified geological maps showing the studied area of Tateyama Town, eastern Toyama Prefecture (modified after Toyama Prefecture ed., 1992 and Kaneko, 2001).

からなる下部と、泥岩・砂岩と含礫砂岩ないし礫岩の互層した中・上部で特徴づけられる（野沢・坂本, 1960）。

調査地点（36° 36′ 51.8″ N, 137° 23′ 52.6″ E, 標高約460 m）の座主坊部層は、長倉地域東部から延びる長倉林道に沿って連続的に露出しており、明瞭な成層構造を示す細粒砂岩層、細粒砂岩の優勢な細粒砂岩中粒砂岩互層、および中粒砂岩と含礫粗粒砂岩の不規則互層からなる（図1B, 2）。成層した細粒砂岩層には生物源堆積構造が発達する。しかし、細粒砂岩中粒砂岩互層や中粒砂岩含礫粗粒砂岩互層では、初生および生物源堆積構造が

ほとんど認められない。軟体動物などの動物化石は、調査地点の砂岩中に確認されなかった。また、中期中新世の安山岩（山田ほか, 1998）がこれらの砂岩に貫入している（図2）。

### 3. 生痕化石産出露頭の岩相

座主坊部層の生痕化石産出露頭は、細粒砂岩層とこれを侵食的に覆う粗粒砂岩層からなる（図3, 4A）。いずれの砂岩もやや不良から良好な円磨度を示す無色鉱物粒子を主体とし、白色や暗色の岩片を伴う。新鮮な砂岩では灰色を呈するが、風化すると灰白色あるいは褐鉄鉱の沈着により赤褐色を示す。

細粒砂岩層は、平行層理や低角およびスウェール状斜交層理の発達した下位区間と、炭質物に富み生物源堆積構造の卓越した上位区間からなる（図3）。下位区間では初生的な堆積構造が明瞭に認められる一方、生痕化石に乏しい（Taylor and Goldring, 1993によるbioturbation indexの2に相当）。これとは対照的に、上位区間は顕著な生物攪拌や化石棲管（bioturbation indexの5に相当）で特徴づけられ、初生堆積構造をほとんど残していない。なお、下部区間にみられる平行層理の走向傾斜はN34° E/19° Nである。

粗粒砂岩はやや凝灰質かつ淘汰不良であり、下位の細粒砂岩を明瞭な侵食面（見かけの走向傾斜N8° E/25° N）で覆う（図3, 4A）。粗粒砂岩の構成粒子の円磨度は細粒砂岩のそれよりも低い。粗粒砂岩層の基底部は塊状であり、極粗粒砂や最大粒径8 mmほどの安山岩質および流紋岩質火山岩の角礫や亜角礫を含むため、きわめて淘汰不良である。粗粒砂岩層の下部では、平行葉理状に配列した炭質物が複数の層準でみられるほか、最大長40 cm程度の材化石や細礫～中礫大の軽石をわずかに包含する（図4A, B）。また、下部における淘汰度は基底部よりもやや良好である。生物源堆積構造は粗粒砂岩層中にほとんど認められない（図3）。

本調査地点の砂岩層は、ストームの影響を受けた外浜の砂質底（細粒砂岩層）と、海進や堆積物重力流などで供給されたイベント堆積物（粗粒砂岩層）由来と解釈される（平澤, 2023；図3）。

### 4. 生物源堆積構造と生痕化石群集

細粒砂岩層と粗粒砂岩層にみられる、生物源堆積構造および生痕化石群集の構造は大きく異なる（図3）。生物源堆積構造は細粒砂岩層の上位区間で顕著に発達する一方、これを被覆する粗粒砂岩層ではきわめて貧弱であり、特に基底部では全く確認されない（図3）。

細粒砂岩層の生痕化石群集は、主として*Ophiomorpha*,



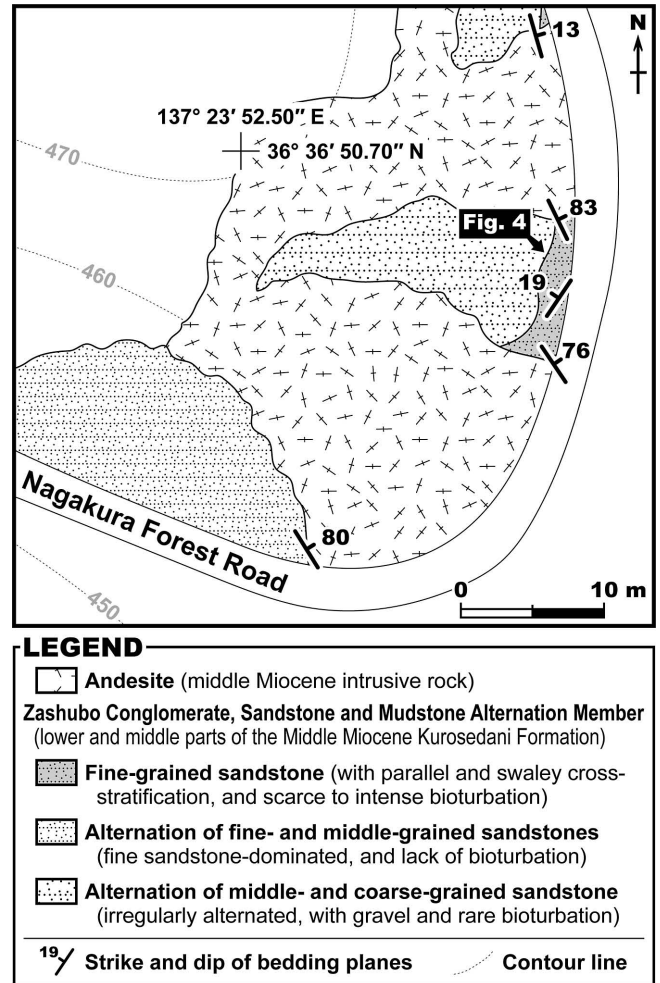
*Palaeophycus*, *Planolites*, *Skolithos* および分岐した細管状の化石棲管から構成される（平澤, 2023; 図3）。これとは対照的に粗粒砂岩層から産する化石棲管は、裏打ちされた水平棲管（lined horizontal burrow: LHB）のみである（図3, 4B, C）。したがって、細粒砂岩層の生痕化石群集は粗粒砂岩層の基底面をkey stratal surface（Taylor *et al.*, 2003）としたfrozen tiered-profile（Savrda and Bottjer, 1986; Orr, 1994）を示す（図3）。また粗粒砂岩層に包含される材化石は、一般に*Teredolites* Leymerie, 1842に穿孔されている（図4A, C~F）。

## 5. 粗粒砂岩層から産する生痕化石

粗粒砂岩層から産出する生痕化石は多様性に乏しいが、それぞれ特徴的な産状および形態を示す。

LHBは粗粒砂岩層中に認められる唯一の化石棲管であり、下部からごく少数かつ散在的に産する（図3, 4B, C）。そのため他の生痕化石と交叉せず、この生痕化石が互いに切りあう産状もみられない。露頭では暗色の裏打ち（厚さ2.0~4.0 mm）のある、ほぼ円形（内径2.2~2.7 cm）の棲管横断面のみ観察される（図4B, C）。この化石棲管は完形浮彫り痕 full relief（Seilacher, 1964; ブロムリー, 大森監訳, 1993）として保存されていて、露頭面から突出した立体的な産状を示さない。充填物は母岩とほぼ同じ岩相の塊状な粗粒砂岩である（図4C）。裏打ちはきわめて淘汰不良な黒灰色泥質中粒砂岩からなる単純な1層構造を示し、内外側とも滑らかである（図4C）。裏打ちをなす泥質中粒砂岩は泥質基質に乏しく、砂粒子が互いに接触することも多い。また、このような岩相の泥質砂岩層は、LHB産出区間の上位には認められない（図3）。

*Teredolites* は、粗粒砂岩層下部に包含された材化石にみられる穿孔痕である（図4A, C, D）。材化石中では散在的に分布することが多いものの、局所的に密集している場合もある（図4C, D）。穿孔痕は木材組織の伸長方向に対して、高角に斜交あるいはほぼ平行して形成されている（図4E, F）。穿孔痕の内側は滑らかであり、母岩と同じ岩相の粗粒砂岩で充填されているが、本生痕属にしばしば認められる石灰質の裏打ち（例えばHuggett and Gale, 1995）を欠いている（図4E, F）。木材繊維と高角に斜交する穿孔痕は算盤玉状あるいは心臓形に近い横断面を示し、穿孔径3~6 mmほどである（図4F）。このタイプの穿孔痕では、縦断面を示す標本はみられない。木材繊維と平行する穿孔痕（保存された部分の最大長2.4 cm, 穿孔径1~5 mm）は直線的であり分岐しない。また単一の穿孔痕において、穿孔径はほぼ一定である（図4F）。

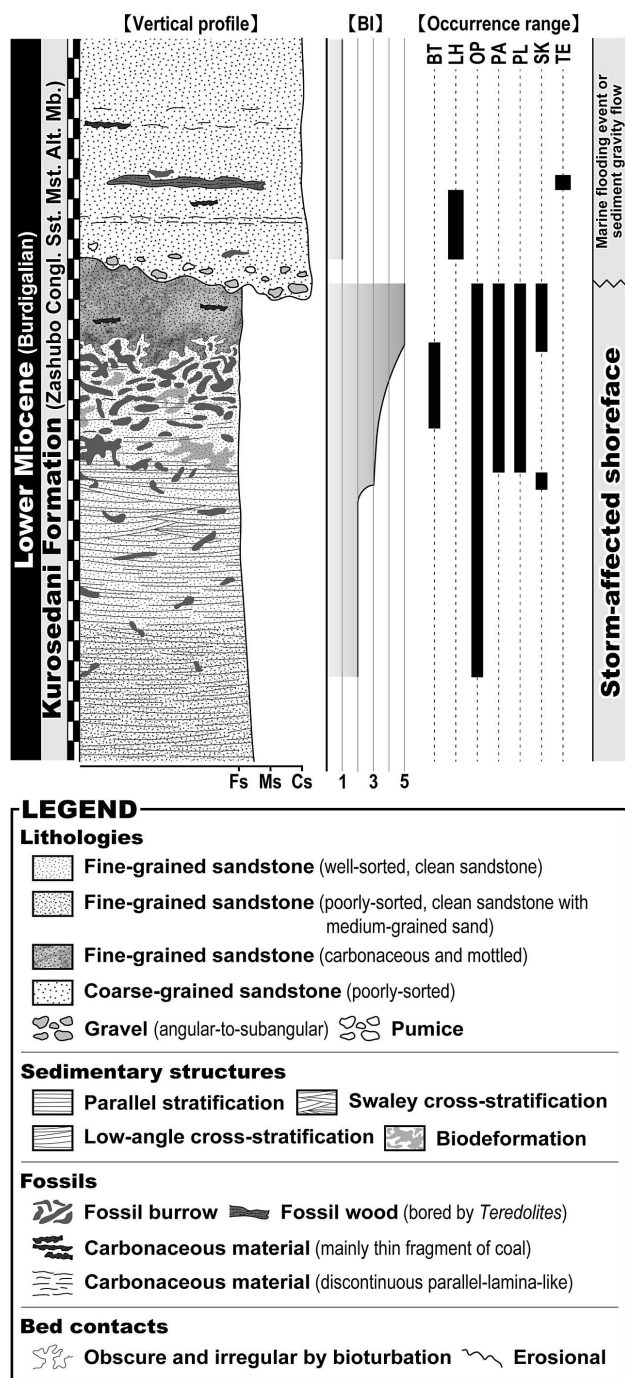


**Fig. 2** Route map of the studied section. Sandstone beds of the Lower-to-Middle Miocene Zashubo Conglomerate, Sandstone and Mudstone Alternation Member (lower-to-middle parts of the Kurosedani Formation) are cropped out along the Nagakura Forest Road. The middle Miocene andesite intruded into the sandstones.

## 6. 考察

粗粒砂岩層の生痕化石は多様性に乏しく保存状態も良好でないが、座主坊部層堆積時の環境や形成者の古生態をある程度推定できる。

LHBの特徴は、水平方向に形成された円形の横断面を示す化石棲管であること、明瞭な裏打ちを有すること、および母岩と同じ岩相の塊状な充填物である。これらはいくつかの生痕属に共通して認められる。例えば、管壁外表面の瘤状構造の不明瞭な*Ophiomorpha*（Pollard *et al.*, 1993のFig. 2B参照）や、同じく裏打ちされた水平棲管である*Palaeophycus*（Pemberton *et al.*, 1992のFig. 11参照）がLHBに比較される。ただし、これらの生痕属は一般に密集して産出する（Pemberton and Frey, 1982; Pollard *et al.*, 1993）ことから、散在的な産状を示すLHBと異なる。LHBは横断面のみを示すごく



**Fig. 3** Vertical profile of the Zashubo Conglomerate, Sandstone and Mudstone Alternation Member with bioturbation index and occurrence ranges of trace fossils. This interval consists of fine-grained sandstones deposited on a storm-affected shoreface and its overlying coarse-grained sandstone resulting from a marine flooding event or sediment gravity flows. Trace fossil assemblage within the fine-grained sandstones exhibits a frozen tier. The coarse-grained sandstone contains only a few trace fossils compared to those of the fine-grained sandstone. Scale bar is in 10 cm divisions. Abbreviations: BI, bioturbation index; BT, branched thin burrow; Cs, coarse-grained sand; Fs, fine-grained sand; LH, lined horizontal burrow; Ms, medium-grained sand; OP, *Ophiomorpha*; PA, *Palaeophycus*; PL, *Planolites*; SK, *Skolithos*; TE, *Teredolites*.

少数の標本しか産出しない (図4B, C). したがって、この化石棲管を生痕属レベルで同定することは非常に困難である. なお、平澤 (2023, p. 83) において「*Palaeophycus* 様の化石棲管」とした生痕化石は、LHBときわめて類似した断面形態を示すため、同一の化石棲管とする.

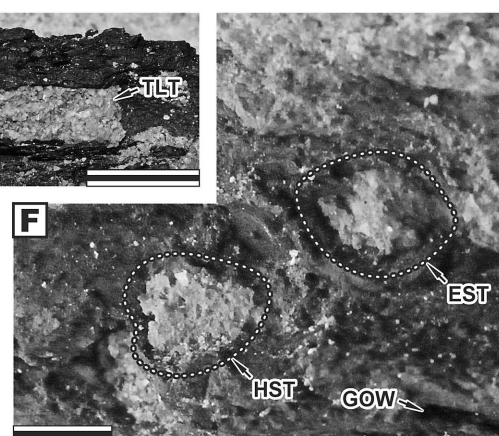
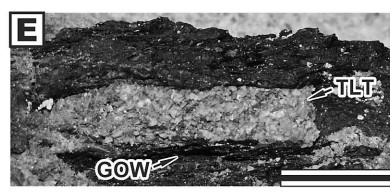
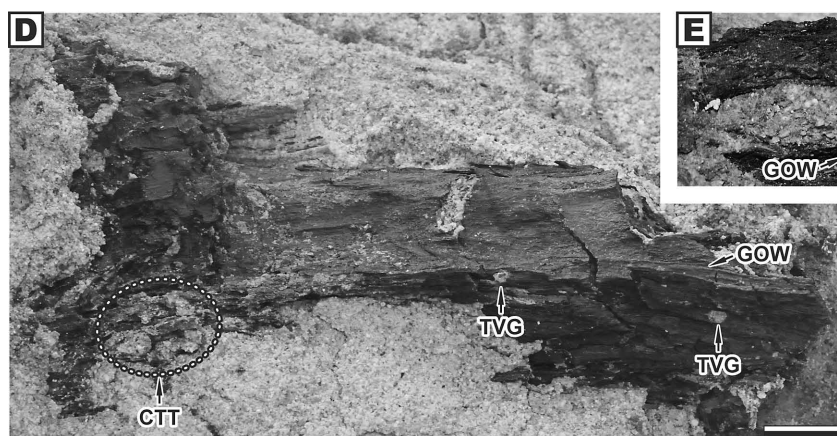
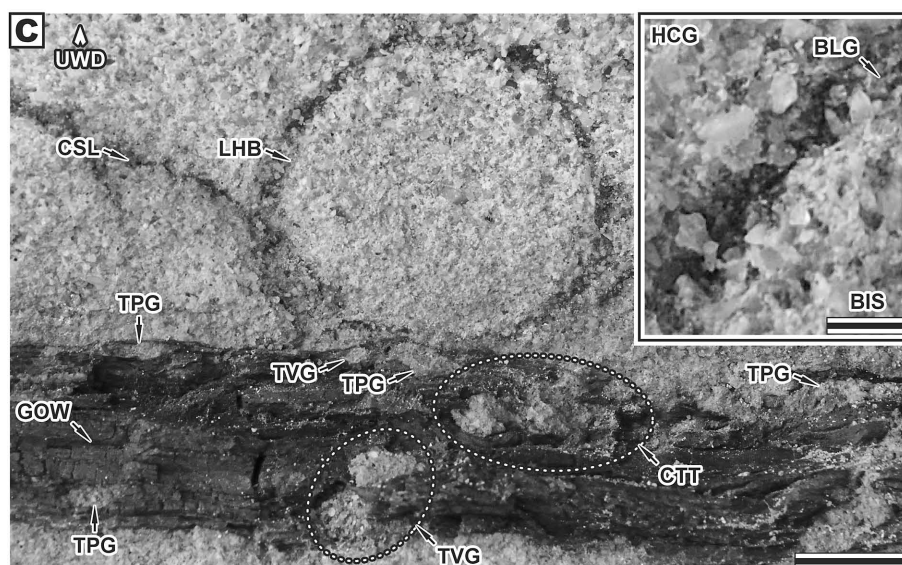
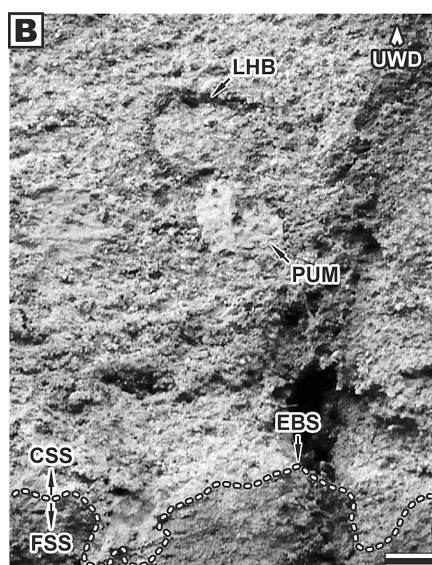
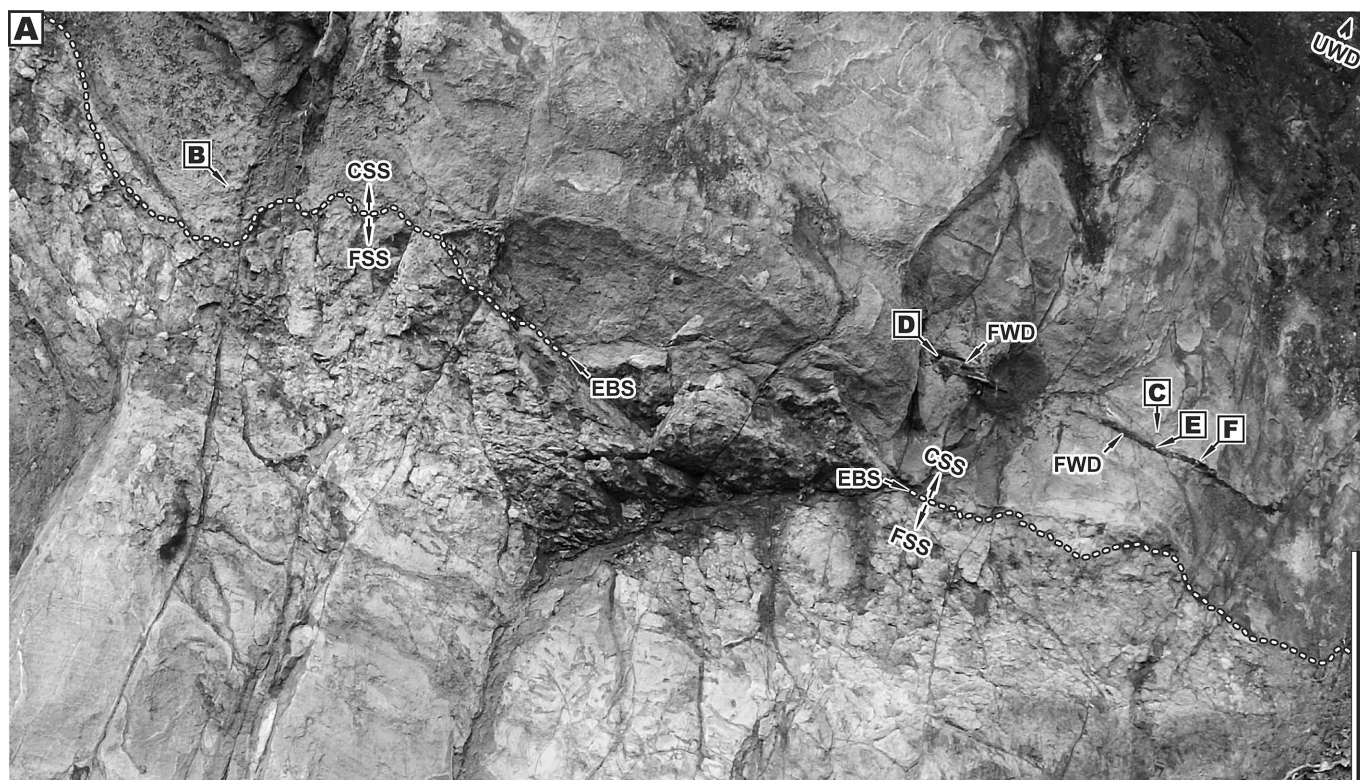
LHB の横断面はほぼ円形であり、層界面と平行した長軸をもつ楕円形ではない (図4B, C). すなわち、LHB は粗粒砂堆積後の圧密変形を被っていない (Ricken, 1986のFig. 4を参照) と判断され、間隙水の排出により半固結状態となった粗粒砂層内に形成されたと考えられる. この砂層は、海進や堆積物重力流などによって供給されたイベント堆積物に由来すると解釈される (平澤, 2023; 図3). したがって、LHB の形成者は粗粒砂の堆積イベント後、ある程度の期間を経てから新たに形成された粗砂底に入植したと考えられる. また、粗粒砂岩層中の化石棲管はごく少数のLHBのみである. このことから、粗粒砂底質は多様性の高い底生群集の成立を妨げるような高い環境ストレス下にあったと推定される.

本調査地点にみられる *Teredolites* は、保存状態不良かつ産出数も少ないため、形態に関する情報に乏しい. しかし、木材繊維の伸長方向に対する穿孔痕の姿勢に基づけば、繊維方向に高角に斜交する穿孔痕と平行する穿孔痕はそれぞれ *T. clavatus* Leymerie, 1842 および *T. longissimus* Kelly and Bromley, 1984に比較される (図4E, F). 横断面を示す穿孔痕では、心臓形の輪郭をなすものがある (図4F). これは、木材穿孔性二枚貝の合弁殻を前方または後方から見たときの断面形態と類似する (Kelly, 1988, Fig. 2e; Haga and Kase, 2011, Fig. 3-3; Villegas-Martin *et al.*, 2012, Fig. 3Cを参照). したがって図4Fのような心臓形の横断面は、溶脱して失われた形成者の殻、あるいは形成者の存在した穿孔の先端部分を示すと考えられる. *T. longissimus* に比較される穿孔痕では、穿孔径の著しく異なるものが同一の材化石に形成されている (図4C). 穿孔性二枚貝は木材を穿孔しつつ成長していくため、穿孔の先端部に向かって内径が増大する (Villegas-Martin *et al.*, 2023). また、形成者の成長段階の違いにより穿孔径が二峰性分布を示す場合も多い (Kříž and Mikuláš, 2006など). ゆえに本調査地点の材化石に認められる穿孔径の大小は、穿孔痕の部位あるいは形成者の成長段階の違いに由来するとみられる.

## 7. まとめ

富山県東部の立山町長倉東方に分布する、下部～中部中新統の黒瀬谷層 (座主坊礫岩砂岩泥岩互層部層) の粗粒砂岩層から産出した生痕化石について報告した. 本報







**Fig. 4 (previous page)** Lithofacies and trace fossils of the coarse-grained sandstone of the Zashubo Conglomerate, Sandstone and Mudstone Alternation Member. (A) Lithofacies of the trace fossil-bearing sandstone beds. Lower fine-grained sandstone is erosionally overlain by upper coarse-grained sandstone. Lower part of the coarse-grained sandstone contains few fossil woods. (B, C) Lined horizontal burrows sparsely occurred from the lower part of the coarse-grained sandstone bed. (B) Specimen near the base of the sandstone bed. (C) Specimen showing almost circular transverse section. The burrow consists of massive coarse-grained sandstone infill (the same lithofacies of the host rock) lined by dark gray, thin muddy medium-grained sandstone. Fossil wood with *Teredolites* is also observed just below the burrow. (C-F) *Teredolites* boring into the fossil wood. (C, D) Mode of occurrence of *Teredolites*. Their tunnels tend to distribute sparsely, but locally exhibit clustered occurrence. (C) Tunnels of *Teredolites*. They are perpendicular or parallel to the grain in woody substrate of a single fossil wood. (D) Isolated and clustered distribution of the tunnels. (E) Longitudinal section of *Teredolites* cf. *longissimus*. This specimen is parallel to the grain of woody substrate and constant diameter of tunnel. (F) Transverse section of *Teredolites* cf. *clavatus*. The tunnels are perpendicular to the grain of woody substrate. Note heart- and abacus bead-shaped outlines of the tunnels. Scale bars equal 0.5 cm (F), 1 cm (B, C, E), 2 cm (D) and 50 cm (A). Abbreviations: BIS, burrow infilled coarse-grained sandstone; BLG, burrow lining (muddy medium-grained sandstone); CSL, crack stained with limonite; CSS, coarse-grained sandstone; CTT, clustered tunnels of *Teredolites*; EBS, erosional base of coarse-grained sandstone; EST, elliptic transverse section of *Teredolites*; FSS, fine-grained sandstones; FWD, fossil wood; GOW, grain of fossil wood; HCG, host coarse-grained sandstone; HST, heart-shaped transverse section of *Teredolites*; LHB, lined horizontal burrow; PUM, pumice; TLT, tubular longitudinal section of *Teredolites*; TPG, *Teredolites* parallel to the grain (cf. *T. longissimus*); TVG, *Teredolites* vertical to the grain (cf. *T. clavatus*); UWD, upward direction of the bed.

告の要旨は以下の3点である。

- (1) 粗粒砂岩層は生痕化石に乏しく、裏打ちされた水平な化石棲管と材化石を穿孔した *Teredolites* をわずかに産するのみである。
- (2) 裏打ちされた水平な化石棲管の同定は困難である。しかし、形成者は粗粒砂の堆積イベント後、ある程度の期間を経てから入植したことや、高い環境負荷への耐性を有していたと推定される。
- (3) *Teredolites* は、木材繊維に対し高角に斜交した *T. clavatus* と、繊維にはほぼ平行する *T. longissimus* に比較される。同一の材化石に穿孔径の著しく異なる *Teredolites* が認められるが、穿孔痕の部位あるいは形成者の成長段階の違いを反映していると考えられる。

## 8. 引用文献

- ブロムリー, 大森昌衛 (監訳), 1993. 生痕化石—生痕の生物学と化石の成因. 364p. 東海大学出版会, 東京.
- 千地万造, 1986. 日本海の形成とそれに伴う地史的イベントに関する2, 3の問題. 海洋科学, 18: 188-191.
- 鎮西清高, 1963. 東北日本の新第三紀貝化石群集の変遷. 化石, (5): 20-26.
- 藤田和夫・中川哀三, 1948. 富山県研波地方の第三紀層 (演旨). 地質学雑誌, 54: 125.
- Haga, T. and Kase, T., 2011. *Opertochasma somaensis* n. sp. (Bivalvia: Pholadidae) from the Upper Jurassic in Japan: A perspective on pholadoidean early evolution. *Journal of Paleontology*, 85: 478-488.
- Hasegawa, S. and Takahashi, T., 1992. Faunal succession of benthic foraminifera in the upper Yatsuo Group of the Hokuriku district, central Japan—A temporal faunal trend during an Early-Middle Miocene transgression in Japan. In: Ishizaki, K. and Saito, T. (eds.), *Centenary of Japanese Micropaleontology*. Terra Scientific Publishing Co., Tokyo: 51-66.
- 平澤 聡, 2023. 富山県東部立山町に分布する下～中部中新統黒瀬谷層から産出した生痕化石群集. 富山県科学博物館研究報告: 47, 75-87.
- 早川秀樹・竹村 厚, 1987. 富山県八尾地域の新第三系. 地質学雑誌, 93: 717-732.
- Huggett, J. M. and Gale, A. S., 1995. Palaeoecology and diagenesis of bored wood from the London Clay Formation of Sheppey, Kent. *Proceedings of the Geologists' Association*. 106, 119-136.
- 金子一夫, 2001. 富山県東部に分布する中新世火山岩—火山砕屑岩の層序と構造発達史. 地質学雑誌, 107: 729-748.
- Kelly, S. R. A., 1988. *Turnus? davidsoni* (de Loriol), the earliest British pholadid wood-boring bivalve, from the Late Jurassic of Oxfordshire. *Proceedings of the Geologists' Association*. 99, 43-47.
- Kelly, S. R. A. and Bromley, R. G., 1984. Ichnological nomenclature of clavate borings. *Palaeontology*, 27: 793-807.

- Kříž, J. and Mikuláš, R., 2006. Bivalve wood borings of the ichnogenus *Teredolites* Leymerie from the Bohemian Cretaceous Basin (Upper Cretaceous, Czech Republic). *Ichnos*, 13, 159-174.
- Leymerie, M. A., 1842. Suite de mémoire sur le terrain Crétacé du Département de l'Aube. Seconde partie (partie paléontologique). *Mémoires de la Société Géologique de France*, 5: 1-34, pls. 1-18.
- 槇山次郎, 1930. 石川富山兩縣下の第三紀層概観. 地球, 14 : 161-174.
- 中嶋 健・岩野英樹・檀原 徹・山下 透・柳沢幸夫・谷村好洋・渡辺真人・佐脇貴幸・中西 敏・三石裕之・山科起行・今堀誠一, 2019. 富山県八尾地域の新生界年代層序の再検討とテクトニクス. 地質学雑誌, 125 : 483-516.
- 野沢 保・坂本 亨 (Nozawa, T. and Sakamoto, T.), 1960. 5 万分の 1 地質図幅「五百石」および同説明書 (*Geological map of Japan and its explanatory text, Gohyakkoku Sheet, Quadrangle Series, scale 1 : 50,000*), 25-33. 地質調査所 (Geol. Surv. Japan). (in Japanese with English summary)
- Orr, P. J., 1994. Trace fossil tiering within event beds and preservation of frozen profiles: An example from the Lower Carboniferous of Menorca. *Palaios*, 9: 202-210.
- 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.
- Oyama, K., 1950. Studies of fossil molluscan biocoenosis, No. 1. Biocoenological studies on the mangrove swamps, with descriptions of new species from Yatsuo Group. *Reports, Geological Survey of Japan*, 132: 1-16, pls. 1-3.
- Pemberton, S. G. and Frey, R. W., 1982. Trace fossil nomenclature and the *Planolites-Palaeophycus* dilemma. *Journal of Paleontology*, 56: 843-881.
- Pemberton, S. G., van Wagoner, J. C. and Wach, G. D., 1992. Ichnofacies of a wave-dominated shoreline. In: Pemberton, S. G. (ed.), *Application of Ichnology to Petroleum Exploration. Society of Economic Palaeontologists and Mineralogists, Core Workshop*, 17: 339-382.
- Pollard, J. E., Goldring, R. and Buck, S. G., 1993. Ichnofabrics containing *Ophiomorpha*. Significance in shallow-water facies interpretation. *Journal of the Geological Society, London*, 150: 149-164.
- Savrda, C. E. and Bottjer, D. J., 1986. Trace fossil model for reconstruction of paleo-oxygenation in bottom waters. *Geology*, 14: 3-6.
- Seilacher, A., 1964. Biogenic sedimentary structures. In: Imbrie, J. and Newell, N. (eds.), *Approaches to Palaeoecology*, Wiley. New York, 296-316.
- Ricken, W., 1986. Diagenetic Bedding: A Model for Marl-Limestone Alternations. *Lecture Notes in Earth Sciences Series*, 6: 210p. Springer-Verlag, Berlin.
- Taylor, A. M. and Goldring, R., 1993. Description and analysis of bioturbation and ichnofabric. *Journal of the Geological Society*, 150: 141-148.
- Taylor, A., Goldring, R. and Gowland, S., 2003. Analysis and application of ichnofabrics. *Earth-Science Reviews*, 60: 227-259.
- 富山県編 (Toyama Prefecture ed.), 1992. 10 万分の 1 富山県地質図および説明書 (*Geological map of Toyama Prefecture and its explanatory text, scale 1:100,000*). 201p. 富山県 (Toyama Prefecture). (in Japanese with English summary)
- Tsuda, K., 1959. New Miocene molluscs from the Kurosedani Formation in Toyama Prefecture, Japan. *Journal of the Faculty of Science, Niigata University. Series II, Biology, Geology and Mineralogy*, 3: 67-110.
- Tsuda, K., 1960. Paleo-ecology of the Kurosedani fauna. *Journal of the Faculty of Science, Niigata University. Series II, Biology, Geology and Mineralogy*, 3: 171-203.
- 津田禾粒, 1965. 東北裏日本の新第三紀動物群と岩相—とくに中新世中期の動物群について. 化石, (10) : 20-23.
- 津田禾粒・千地万造, 1950. 八尾付近の地質学的諸問題 (予報). 地質学雑誌, 56 : 303-304.
- 山田直利・坂本 亨・金子一夫, 1998. 富山県東部に「高峯山火山」は存在するか—K-Ar 年代測定結果. 地球科学, 52 : 235-239.
- 山野井 徹・津田禾粒, 1986. 富山県黒瀬谷層 (中部中新統) に見出されるマングローブ林の様相. 国立科

博專報, (19) : 55-66.

Villegas-Martin, J., de Gibert, J. M., Rojas-Consuegra, R. and Belaústegui, Z., 2012. Jurassic *Teredolites* from Cuba: New trace fossil evidence of early wood-boring behavior in bivalves. *Journal of South American Earth Sciences*, 38: 123-128.

Villegas-Martin, J., Serrano-Brañas, C. I., Rojas-Consuegra, R., Arano-Ruiz, A., Verde, M. and Borges-Sellen, C. R., 2023. Bored log-grounds by teredinid bivalves in marine deposits from the Monos Formation (Upper Cretaceous) in central Cuba. *In: Cónsole-Gonella, C., de Valais, S., Diaz-Martinez, I., Citton, P., Verde, M. and McIlroy, D., (eds.), Ichnology in Shallow-marine and Transitional Environments. Geological Society, London, Special Publications*, 522: 59-75.