

Preliminary Report on a Trace Fossil Assemblage from the Lower Miocene Akahotani Formation Exposed in the “Takigahara-ishi” Tuff Quarry Remain, Western Komatsu, Central Japan

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-04-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Hirasawa, Satoshi, Tsukawaki, Shinji メールアドレス: 所属: |
| URL | https://doi.org/10.24517/00061703 |

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



石川県小松市西部「滝ヶ原石」石切り場跡の 下部中新統赤穂谷層から産出した生痕化石群集 (予報)

平澤 聡^{1*}・塚脇真二²

2020年9月30日受付, Received 30 September 2020
2020年12月22日受理, Accepted 22 December 2020

Preliminary Report on a Trace Fossil Assemblage from the Lower Miocene Akahotani Formation Exposed in the “Takigahara-ishi” Tuff Quarry Remain, Western Komatsu, Central Japan

Satoshi HIRASAWA^{1*} and Shinji TSUKAWAKI²

Abstract

In this study, for the first time, a poorly developed trace fossil assemblage from the Lower Miocene Akahotani Formation is analyzed. This was cropped out of an excavated wall of the Nishiyama Quarry Remains at Takigahara, western Komatsu, in central Japan. The Akahotani Formation is mainly composed of non-fossiliferous greenish grey tuff related to intensive volcanic activities during the opening of the Sea of Japan from the Oligocene to middle Miocene Epochs. The trace fossils were yielded from pale-colored coarse-grained tuff and overlying dark-grey muddy fine-grained tuff layers. Both were intercalated with greenish-grey lapilli tuff called “Takigahara-ishi” which is used in construction materials.

The assemblage consists of deposit-feeding burrows filled with grey muddy fine tuff, specifically phycosiphoniform and *Planolites*. Both of them are sub-grouped into large and small morphospecies. Vertical modes of occurrences of phycosiphoniform are characterized by small clusters containing sparsely distributed, indistinct cores (U-shaped, streak- and dot-like morphologies) with or without very pale mantles. *Planolites* exhibit circular, elliptical and slightly curved, horizontal pellet-like configurations in the vertical section. The large form of phycosiphoniform sometimes cross-cuts the small phycosiphoniform and *Planolite* burrows. The occurrence of phycosiphoniform strongly indicates the Akahotani Formation at least partly experienced under marine condition which is significant because it reveals the sedimentary facies and benthic paleoecology of this pyroclastic deposit.

Key Words: Akahotani Formation, Komatsu, Phycosiphoniform/*Planolites* Takigahara, tuff, trace fossil assemblage

キーワード: 小松市滝ヶ原, 赤穂谷層, 凝灰岩, Phycosiphoniform/*Planolites* 生痕化石群集

¹中部地質株式会社技術2部 〒921-8061 石川県金沢市森戸1丁目228番地 (Engineering Division 2, Chubu Civil Technology Service, Co. Ltd., 228 Morito 1-chome, Kanazawa, 921-8061 Japan)

²金沢大学環日本海域環境研究センター研究領域部門陸域環境領域 〒920-1192石川県金沢市角間町 (Division of Terrestrial Environmental Studies, Department of Environmental Research, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

*連絡著者 (Author for correspondence)

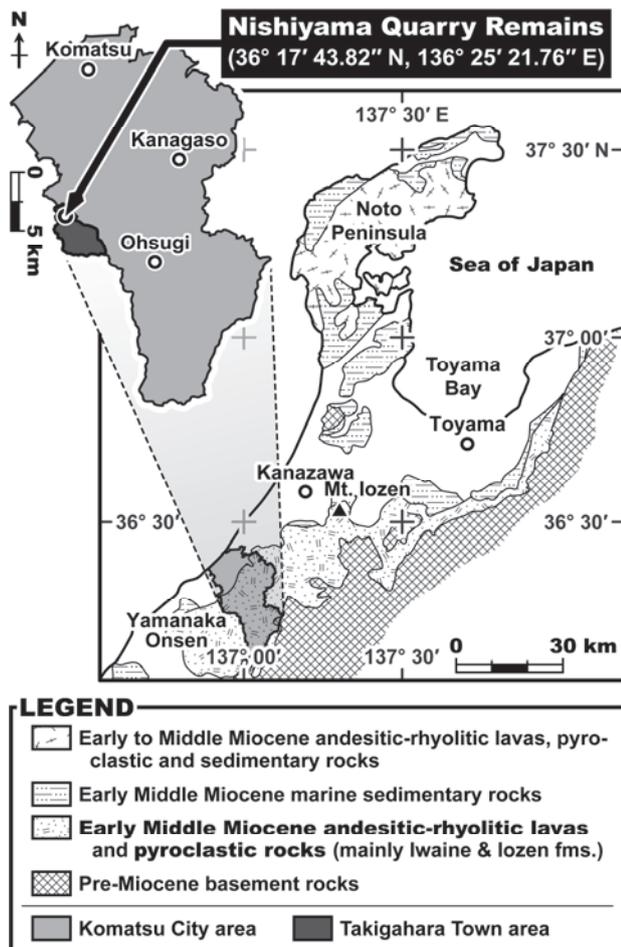


図1 北陸地域北部における前～中期中新世の溶岩類、火砕岩類および堆積岩類の分布と西山石切り場跡の位置図。地質略図は金子（2001）より編図。

Fig. 1 Simplified geological map showing the Early-Middle Miocene lavas, pyroclastics and sedimentary rocks in the northern Hokuriku region with an index map indicating locality of the Nishiyama Quarry Remains. The geological map is modified after Kaneko (2001).

I. はじめに

石川県小松市の市街地南方に発達する丘陵地域は、主として新第三紀前期中新世に噴出した流紋岩溶岩とその火砕岩類（凝灰角礫岩や軽石凝灰岩、細粒凝灰岩など）で構成されている（北村，1989；紺野，1993；鹿野ほか，1999；鹿野，2018）。これらは日本海開裂イベント（漸新世～中新世中期）に関連した火成活動の産物であり、新生代の中期における日本列島のテクトニクスや当時の環境を記録している（鹿野ほか編，1991；金子，2001；中嶋ほか，2019）。しかしながら、すでに北村（1989）で指摘されているように、本地域に分布する火砕岩類の岩相は2000年代

初期においても詳細に報告されておらず、地質調査総合センターの5万分の1地質図幅も刊行されていない。

他方で、小松市内の碧玉・陶土産地、凝灰岩の採石場、弥生時代の遺跡や江戸時代の石垣などが、文化庁の日本遺産『珠玉と歩む物語』小松～時の流れの中で磨き上げた石の文化～として2016年に認定され（櫻田，2019），これをふまえて小松市は、「石の文化」をもたらした市域の地質と資源の成因を解明し内外へ発信する地質情報を整備するための一連の現地調査を2018年に開始した。そして、小松市埋蔵文化財センターとの連携のもと、2019年11月から2020年3月にかけて筆者らは「こまつの石文化・地下資源の成り立ち調査」を実施した。この調査の過程で、同市滝ヶ原町の西山石切り場跡に露出する下部中新統赤穂谷層（富井ほか，2002）とみなされる凝灰岩から生痕化石群集が初めて発見された。

本稿では西山石切り場跡から産出した生痕化石群集について、産出層の岩相とともに予察的に報告する。

II. 地質概説

石川県下には、先中新統を基盤岩とする前～中期中新世の安山岩・流紋岩類とそれらの火砕岩類、主として下部中新統の岩稻層（藤田・中川，1948）および医王山層（池邊，1949）や、海成の堆積岩類が広く分布する（鹿野ほか，1999；金子，2001；中嶋ほか，2019；図1）。調査地域の小松市西部を含む、金沢市東部の医王山から加賀市山中温泉にかけての地域には、医王山層と本層に対比される流紋岩質の溶岩や火砕岩が連続的に分布する（紺野，1993；鹿野ほか，1999）。

滝ヶ原町北部を含む、小松市丘陵地域西部の医王山層相当層は「滝ヶ原凝灰岩類」あるいは「滝ヶ原火砕岩層」と称される緑灰～淡緑灰色の凝灰角礫岩や軽石凝灰岩であり、泥～砂質凝灰岩を挟む（北村，1989）。また、直立した炭化木や珪化木がこれらの火砕岩類に包含されている（関戸，1970；北村1989）。

北村（1989）は、本地域の地質を具体的に記述した最初の報告である。しかし「滝ヶ原凝灰岩類」や「滝ヶ原火砕岩層」は、日本地質学会による地層命名指針（Salvador，1994；サルヴァドール，日本地質学会訳編，2001）に基づいて記載された岩相層序区分ではない。

一方、富井ほか（2002）は同市の丘陵地域北部に分布する医王山層の相当層に対し、上記指針に従っ

て赤穂谷層 (Akahotani Formation) と命名した。赤穂谷層は、軽石や泥岩礫を含んだ塊状の緑灰色凝灰岩を主体とするが、泥～砂質凝灰岩の層準も存在する (富井ほか, 2002)。また、本層から化石は報告されていない。赤穂谷層の分布域に近い金沢市東部域の医王山層は、安山岩や青灰色火山角礫岩、あるいは灰白色極細～細粒凝灰岩で構成される (前田ほか, 2000; 陰地, 2004)。すなわち北村 (1989) で報告された火砕岩類の岩相は、医王山層よりもむしろ赤穂谷層に類似するといえる。さらに塚脇ほか (2021) では、研究史の観点から滝ヶ原町南部の流紋岩溶岩と火砕岩類を赤穂谷層に区分している。そこで本論は、北村 (1989) の「滝ヶ原凝灰岩類 (火砕岩層)」を赤穂谷層の相当層として扱う。

Ⅲ. 西山石切り場跡と「滝ヶ原石」

西山石切り場跡は、通称「滝ヶ原石」と呼ばれる緑色凝灰岩類 (淡緑灰色火山礫凝灰岩) のかつての主要な採石場の一つであり、江戸時代後期から稼働していたようである (北野・山口, 1970; 中川, 1971)。「滝ヶ原石」は、堅硬緻密で耐寒・耐熱性に優れることから土台石、棟石、板石、墓碑、燈籠、鳥居、石垣、庭石および石像の材料などとして用いられてきた (地質調査所編, 1956; 北野・山口, 1970; 中川, 1971)。さらに、復元整備された平城京朱雀門の基壇に使用された事例もある (樫田, 2019)。

西山石切り場は準独立山地 (標高約128 m) の東斜面で開発され、山頂付近を露天掘りで切り下げた後、山腹部で残柱式採掘法による採石が行われていた (地質調査所編, 1956; 図2A)。露天掘りの切羽面下部には、西向きに掘られた複数の横坑が南北方向に並列している (図2A, B)。北に緩傾斜した地層からなる地山に、天井の高い坑道を掘り込んでいるため、坑内では高さ10 m以上にわたって灰～緑灰色火山礫凝灰岩層が連続して観察される (図2C)。火山礫凝灰岩の岩相は非常に均質であるが、稀に赤色の凝灰岩層を挟む (図2C-E)。

Ⅳ. 生痕化石群集の産出場所

生痕化石群集の産出した場所は、坑道群の中央に位置する横坑である (図2B, C)。坑道最奥部 (西端)

をなす、平場掘りの床面に垂直な壁面の下部で生痕化石が発見された。切り出しの際にダイヤモンドブレードを使用したとみられ、壁面はかなり平滑 (カーボランダム#200～300台の研磨相当) に整形されている。したがって、岩相や生痕化石の断面形態を詳細に観察できる。また、壁面には溝状の切削痕 (幅約2 cm) が、およそ25～30 cm間隔で垂直方向に刻まれている。そこで記載する便宜上、切削痕を境界とする任意の6区画を設定した (図3A)。

Ⅴ. 生痕化石群集の産出層の岩相

生痕化石群集を産出した壁面で観察される火砕岩類は、3種類の岩相に大別できる。すなわち、塊状および斜交層理の発達した灰～緑灰色の火山礫凝灰岩 (それぞれMLTおよびXLT) と、これらに挟在し区間全体として平行成層する淡紫～赤褐色の含火山岩礫細～粗粒凝灰岩 (HRT) である (図3A～C)。火山礫凝灰岩および粗粒凝灰岩の基質と礫は、一般に淘汰不良である。XLT上部とHRT下部の岩相は側方に著しく変化し、それぞれ産出壁面の北側 (区画3) および南側 (区画1) へ向かって尖滅する層準もみられる (図3A～C)。ただし、両区間とも被覆層との境界は非侵食的である (図3B～D)。これらと対照的に、MLTは水平・垂直方向ともに均質な岩相を示す (図3A)。HRT上面の走向傾斜は、見通しによる測定でN87°W/10°N である。また区画6の北側では、南落ちの小断層が観察される (図3A)。

火山礫凝灰岩は、灰～緑灰色粗粒凝灰岩の基質とそれに支持された最大粒径3 cmほどの垂円礫～角礫からなる (図2D, E, 3B～D)。礫種は軽石、黒緑～暗灰色や赤褐色の火山岩類 (安山岩や流紋岩)、灰～褐色の細粒あるいは泥質凝灰岩、および細～粗粒の緑色凝灰岩などである (図2E, 3D)。

細～粗粒凝灰岩は淡紫色から赤褐色を呈するため、火山礫凝灰岩から容易に区別される。最大で粒径8 cm程度の軽石や火山岩礫を含むほか、一部の層準で火山豆石 (火山灰凝集火山礫, 粒径0.5 cm程度) も認められる。礫種、球形度および軽石以外の礫の粒径といった礫の特徴は、火山礫凝灰岩中のものとほぼ同じである。基質に占める軽石と礫の割合は各層準で異なるものの、いずれも基質に支持される。また、区間の下部と最上部にそれぞれ凝灰質泥岩と泥質凝灰岩の薄層



図2 西山石切り場跡の外観 (A, B), 調査した横坑の内部 (C) および「滝ヶ原石」の岩相 (D, E)。スケールバーは1 m (C), 10 cm (D) および 2 cm (E)。

A, B: 南北に並列した横坑。地山の東斜面に掘削された天井の高い坑道である。

C: 坑道内部。赤色凝灰岩層 (RTB) を挟む淡緑灰色火山礫凝灰岩の厚層が観察される。

D, E: 掘削壁面にみられる「滝ヶ原石」。塊状かつ基質支持の火山岩礫からなる、不淘汰な火山礫凝灰岩である。

Fig. 2 The Nishiyama Quarry Remains, northern Takigahara, Komatsu. External appearances (A, B), inside of the investigated gallery (C), and lithofacies of the “Takigahara-ishi” tuff (lapilli tuff used as a building stone; D, E).
A, B: High-roofed lateral galleries excavated westward from the east slope of a rock mass. The galleries are arranged in the north-south direction.

C: Inside of the gallery. Thick lapilli tuff called “Takigahara-ishi” with intercalation of reddish tuff beds (RTBs).

D, E: “Takigahara-ishi” tuff observed at an excavated wall. Light greenish-gray, massive lapilli tuff containing poorly sorted and matrix-supported volcanic gravels. Scale bars indicate 1 m (C), 10 cm (D) and 2 cm (E).

がみられる (図3D-F)。生痕化石群集は、泥質凝灰岩とその直下の粗粒凝灰岩から発見された (図4A, B)。

MLTに挟在する区間は、下位より次の9種類の岩相に細分される (図3B-D)。

岩相1：斜交層理の発達した火山礫凝灰岩層 (XLT)

本層は、緑灰色基質の下部 (XLT (l); 層厚約24 cm) と灰色基質の上部 (XLT (u); 最大層厚3 cm) からなる。両者とも、粗粒凝灰岩の基質の割合の多い単層と、極粗粒砂大の火山岩片や火山岩礫に富む単層が、やや舟状で低角な斜交層理を形成している (図3A～C)。ただし層理面は不明瞭である (図3B, C)。XLT (l) の下～中部には、火山礫岩の層準もみられる (図3D)。XLT (u) は XLT (l) よりも礫の割合・粒径ともに減少しており、粗粒凝灰岩主体である (図3B)。XLT (u) 上部は不明瞭な基底面をもつ上位層に被覆され、区画3内で尖滅する (図3A)。

岩相2：火山豆石を含む細粒凝灰岩層 (FTA)

淘汰不良かつ塊状な細粒凝灰岩の区間であり、火山豆石を含む。桃色や暗赤褐色、黒紫色の細粒凝灰岩からなる火山豆石 (最大粒径0.5 cm) は、きわめて淘汰不良で基質支持または局所的に礫支持である (図3B-D)。本層は区画6から南側へと薄化するとともに、区画2から区画1の北側にかけて被覆層と徐々に斜交していくが、区画1の中部以南で被覆層と平行成層するようになる (図3B)。本層上部は被覆層の基底部に漸移する (図3D)。層厚は1～3 cmほどである。

岩相3：細～粗粒凝灰岩凝灰質泥岩互層 (ATM)

灰白色細～粗粒凝灰岩、暗赤紫色細粒凝灰岩および灰色凝灰質泥岩の薄層が、不明瞭な平行層理をなして互層する (図3D)。凝灰岩・凝灰質泥岩ともに淘汰不良であり、中粒砂～細礫大の鉱物粒や岩片を含む。被覆層との境界は平坦かつきわめて明瞭である (図3C, D)。本互層も下位のFTAと同じく南側へ薄化し、区画1の北側で尖滅する (図3A, B)。層厚は最大で3 cmほどである。

岩相4：赤褐色細粒凝灰岩層 (RFT)

濃赤褐色の下部から淡赤褐色の上部に漸移する、不明瞭な成層構造を示す細粒凝灰岩層である (図3D)。下部は淘汰良好であるが、上部では中粒～極

粗粒砂大の鉱物粒や岩片、稀に中礫大の軽石を含むため淘汰不良となる。本層もまた南側へ層厚を減じて、区画2の南側で尖滅する (図3A～C)。上部は逆級化して被覆層に漸移する。最大層厚は約2 cmである。

岩相5：赤褐色火山礫凝灰岩層 (RLT)

淘汰不良な細粒凝灰岩を基質とする、基質支持の火山礫凝灰岩である。粗粒砂大の粒子に富む下部から、細～中礫の混じる中～上部へと逆級化し、さらに最上部で正級化して中粒～粗粒砂大の粒子を含む細粒凝灰岩となる (図3D)。礫種は軽石、細粒凝灰岩および黒色岩片などであり、わずかに火山豆石もみられる。最上部は明瞭な層理面によって被覆層と境される。本層は南側へと薄化するものの下位のRFTと異なり尖滅しない (図3B, C)。層厚は1～6 cm程度である。

岩相6：淡紫色細粒凝灰岩層 (PFT)

塊状あるいは不明瞭な成層構造をなす下部と、平行葉理を間欠的に挟む中～上部で構成される淘汰不良な細粒凝灰岩の区間である (図3B, C)。基底部には、中～極粗粒砂大の有色鉱物粒子や暗色岩片に加え、細礫大の火山豆石や中礫大の軽石もわずかに含まれる (図3D)。基底面は全体として平坦であるが、局所的に軽石によるサグ構造も認められる (図3D)。中～上部の平行葉理は淘汰の良い細粒凝灰岩と淘汰不良な細粒または粗粒凝灰岩とからなり、側方連続性に乏しい (図3B, C)。葉理を欠く区間では、中粒砂大の有色鉱物粒子や緑色凝灰岩の細礫のほか、稀に火山豆石や火山岩の中礫が基質中に散在する。被覆層との境界は不明瞭ないし漸移的である (図3E, F)。本層は南側へやや薄化するものの、ほぼ一定の層厚 (10～14 cm) を示す (図3A)。

岩相7：灰白～淡桃色粗粒凝灰岩層 (LCT)

塊状できわめて淘汰不良な凝灰岩の薄層である (図3E, F)。中粒砂～中礫大の軽石、暗色の細粒凝灰質岩、緑色凝灰岩の岩片や火山豆石などが粗粒凝灰岩の基質中に散在する (図3E)。基質は一般に灰白～淡桃色であるが、淡緑灰色を呈する部分もある (図3E, F)。上～最上部は生物攪拌を被っており、局所的に直上の泥質凝灰岩と混合され灰色の凝灰質

岩となっている。攪拌された区間には、生痕化石もみられる(図4A, B)。被覆層との境界は、比較的明瞭で平坦、不明瞭かつ不定形、あるいは漸移する部分もあるなど、生物攪拌の強度によって変化する。生物攪拌により層厚は一定しないが、最大で2 cm程度である。

岩相8：濃灰色泥質細粒凝灰岩層 (MFT)

塊状で中粒砂～細礫大の岩片を散在的に含む淘汰不良な泥質凝灰岩である。岩片は下位のLCTに含まれるものと同じであるが、相対的に礫に乏しい。区間全体に生物攪拌を受けており、その強度は側方に著しく変化する。すなわち、層厚の大きく変化する部分や不明瞭または不定形な基底面のみられる区画もあれば、対照的にほぼ一定した層厚と相対的に明瞭で平坦な基底面を示す区画もある(図3E, F)。生物攪拌の著しい部分では、基底部とその直下(LCT

の最上部)に生痕化石が認められる(図3E, 4A, B)。本層の上面は基底部と異なり、各区画ともきわめて明瞭かつほぼ平坦である(図3E, F)。層厚の一定した区画における本層の厚さは約2 cmである。

岩相9：灰白色粗粒凝灰岩層 (CTF)

塊状かつ淘汰不良な凝灰岩であり、粗粒砂～細礫大を主とする暗灰～緑灰色岩片や軽石が粗粒凝灰岩の基質に支持されている。本層は逆級化して上位のMLTとなる(図3B, C)。層厚は1 cm程度である。

VI. 生痕化石の産状

生痕化石はLCTの上～最上部(MFT直下)とMFTの上面に、それぞれ full relief および positive epirelief (Seilacher, 1964) の化石棲管として保存されている(図4A, B)。産出区間全体として散在的な産

図3 生痕化石群集の産出地点における下部中新統赤穂谷層の岩相。スケールバーはそれぞれ50 cm (A), 10 cm (B, C), 5 cm (D) および 1 cm (E, F)。

A：淡緑灰色の塊状な火山礫凝灰岩層(典型的な「滝ヶ原石」)に挟まれた、低角斜交層理をなす緑灰色火山礫凝灰岩層(XLT)および平行成層した赤色細～粗粒凝灰岩層(HRT)。壁面の北側には、小断層が発達している。記載の便宜上、切削痕を境界として壁面を6区画に分割している。

B, C：XLTとHRTを構成する9種類の岩相。区間の下～中部で顕著な側方変化を示す。区画1(B)および4(C)。

D：XLT上部からHRT下部の模式的な岩相(区画4)。

E, F：灰白～淡桃色粗粒凝灰岩層および濃灰色泥質細粒凝灰岩層にみられる生物攪拌とその側方変化。E：生物攪拌の顕著な区間(区画3)。泥質凝灰岩層は層厚不定であり、基底面の不明瞭な部分もある。F：生物攪拌の弱い区間(区画5)。泥質凝灰岩層はほぼ一定した層厚を示し、平坦かつ明瞭な基底面をなしている。ただし、泥質凝灰岩層の上面は両区画とも平坦で明瞭である。

(略号：ALP, 火山豆石(火山灰凝集火山礫)；ATM, 細～粗粒凝灰岩凝灰質泥岩互層；CTF, 粗粒凝灰岩；CTM, 採掘に伴う切削痕；DBP, 不明瞭な基底面；FTA, 火山豆石を含む細粒凝灰岩；GTF, 緑色凝灰岩礫；HRT, 平行成層した赤色凝灰岩；LCT, 明色の粗粒凝灰岩；LPS, 火山礫岩；MFT, 泥質細粒凝灰岩；MLT, 塊状な火山礫凝灰岩；MNF, 小断層(正断層)；PFT, 淡紫色の細粒凝灰岩；PUM, 軽石；RFT, 赤褐色の細粒凝灰岩；RLT, 赤褐色の火山礫凝灰岩；SAG, サグ構造；TFM, 凝灰質泥岩；TFS, 生痕化石；XLT, 斜交成層した火山礫凝灰岩；XLT(l), 斜交成層した火山礫凝灰岩(下部)；XLT(u), 斜交成層した火山礫凝灰岩(上部))

Fig. 3 Lithofacies of the Lower Miocene Akahotani Formation (Tomii *et al.*, 2002), observed in the trace fossil-bearing wall shown in Fig. 2C. Scale bars indicate 50 cm (A), 10 cm (B, C), 5 cm (D) and 1 cm (E, F).

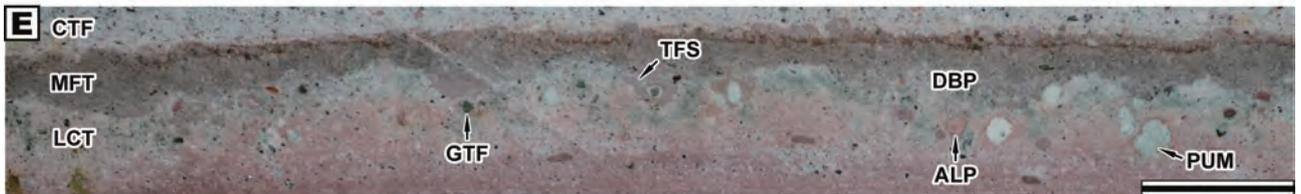
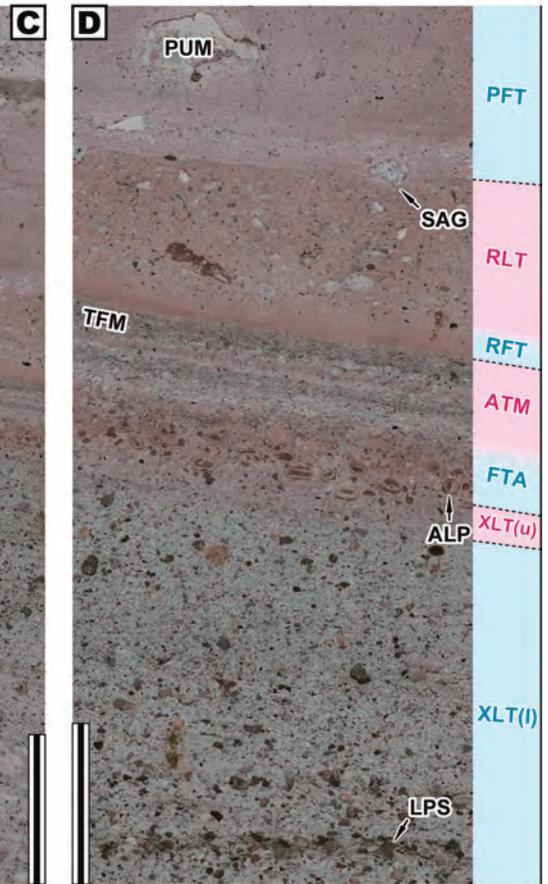
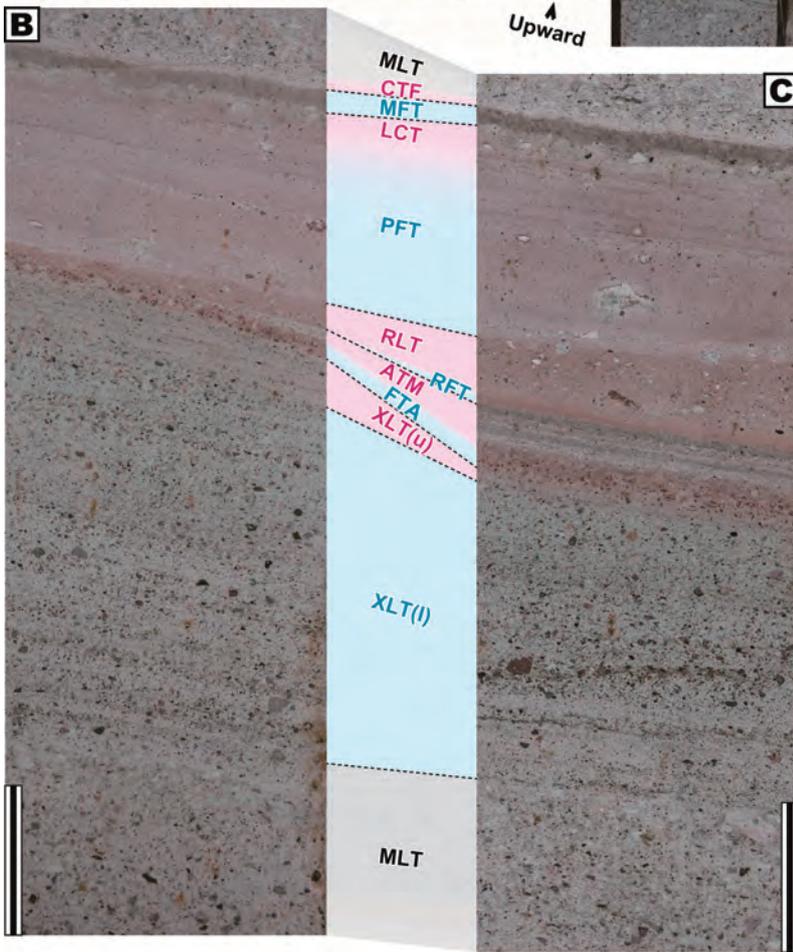
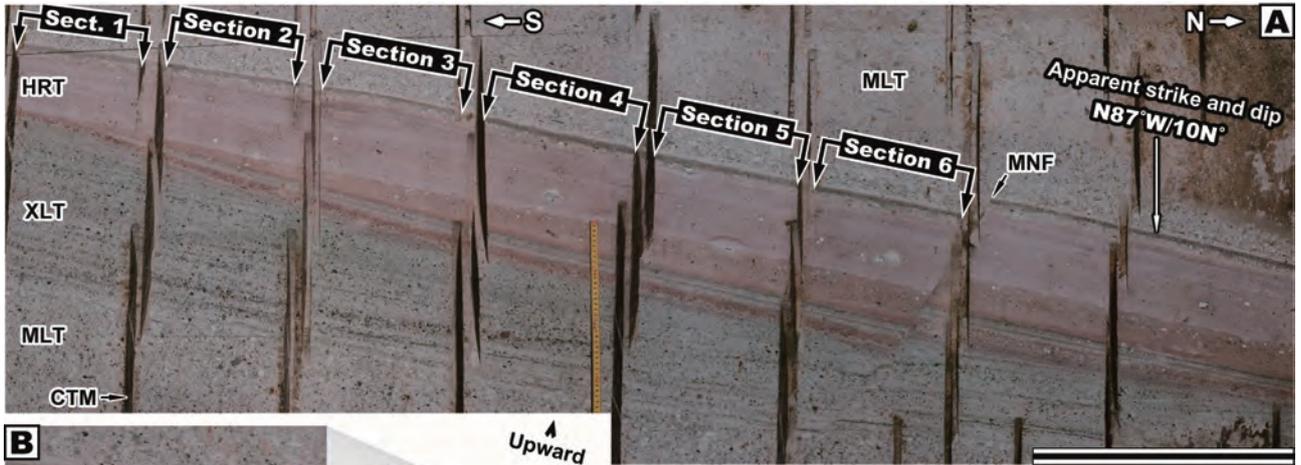
A: Greenish-gray, low-angle cross-stratified lapilli tuff (XLT) and reddish, horizontally stratified fine- to coarse tuffs (HRT) intervals intercalated within light greenish-gray, massive lapilli tuff (typical "Takigahara-ishi" tuff). A minor normal fault is developed at the northern side of the gallery wall. The wall surface is conveniently divided into 6 sections by vertical cutting marks in terms of description.

B and C: XLT and HRT composed of 9 lithofacies displaying significant lateral changes in each interval. Sections 1 (B) and 4 (C).

D: Typical lithofacies from upper part of XLT to lower part of HRT (Section 4).

E and F: Lateral change in bioturbation intensity in the uppermost part of HRT. E: Highly bioturbated interval (Section 3). Muddy fine tuff layer shows irregular thickness and a locally diffused basal surface. F: Less bioturbated interval (Section 5). The muddy fine tuff layer with almost constant thickness is bounded from underlying light-colored coarse tuff by a relatively sharp, horizontal surface. Note obvious, flat upper bedding planes of the muddy fine tuff in both the sections.

(Abbreviations: ALP, accretionary lapilli; ATM, alternations of fine-to-coarse tuffs and tuffaceous mudstone; CTF, coarse tuff; CTM, cutting mark resulting from excavation; DBP, diffused bedding plane; FTA, fine tuff with accretionary lapilli; GTF, greenish tuff gravel; HRT, horizontally stratified reddish tuff; LCT, light-colored coarse tuff; LPS, lapillistone; MFT, dark gray muddy fine tuff; MLT, massive lapilli tuff; MNF, minor normal fault; PFT, light purple fine tuff; PUM, pumice; RFT, reddish-brown fine tuff; RLT, reddish-brown lapilli tuff; SAG, sag structure; TFM, tuffaceous mudstone; TFS, trace fossil; XLT, cross-stratified lapilli tuff; XLT(l), cross-stratified lapilli tuff (lower part); XLT(u), cross-stratified lapilli tuff (upper part)).



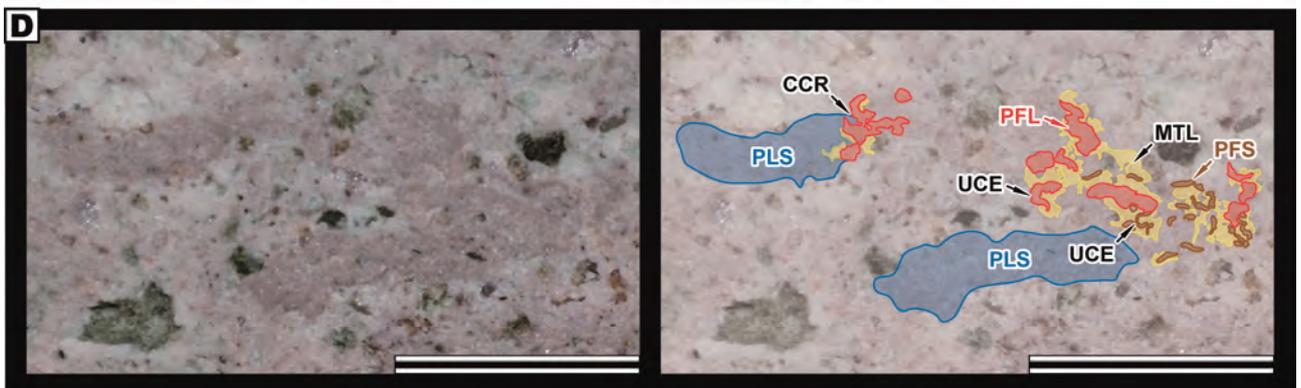
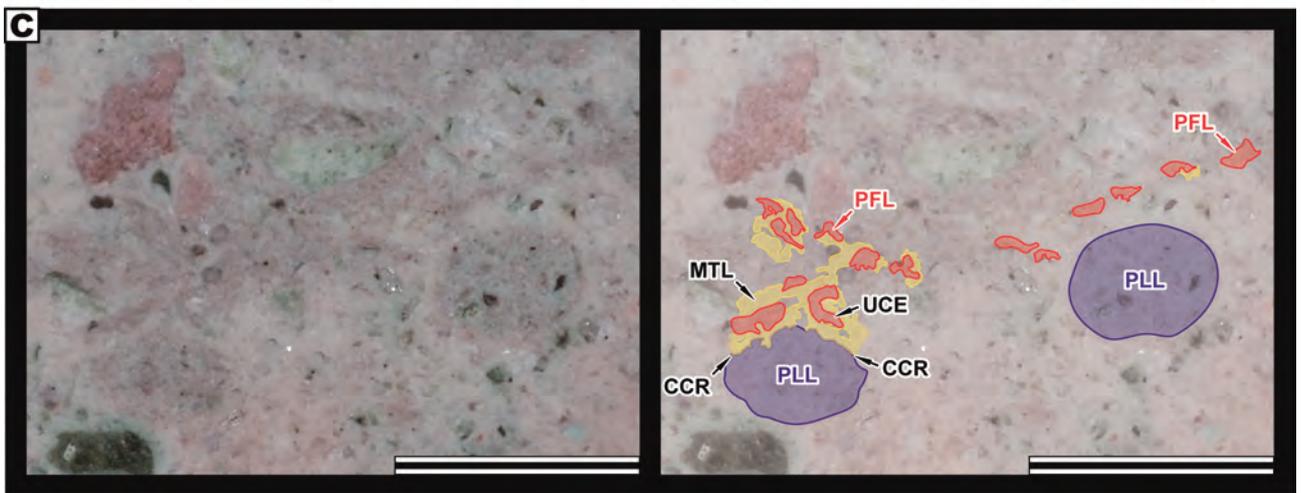
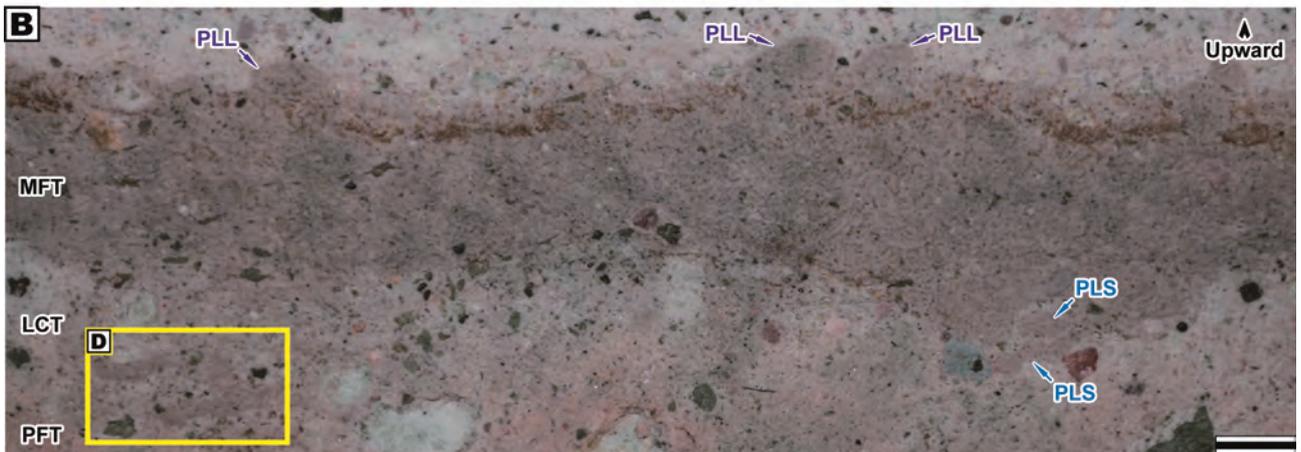
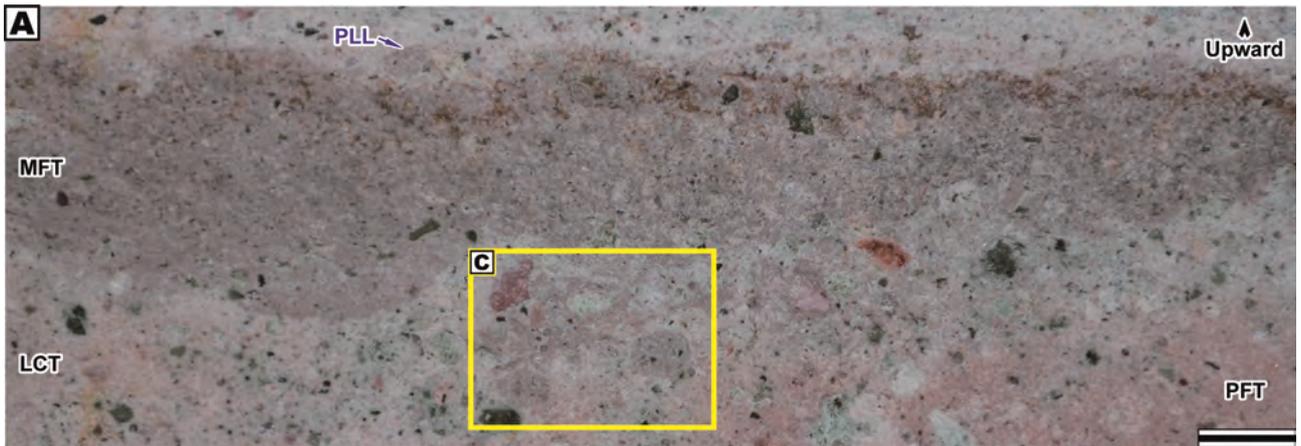


図4 西山石切り場跡（調査坑道）の赤穂谷層から産出した生痕化石群集。Phycosiphoniform と *Planolites* を要素とする群集で、それぞれに大型および小型の形態種が認められる。スケールバーはいずれも5 mmである。
 A, B: 区画3 (A) と区画4 (B) における phycosiphoniform/*Planolites* 生痕ファブリック。生痕化石は灰白～淡桃色粗粒凝灰岩層の上～最上部および濃灰色泥質細粒凝灰岩層の上部の層理面上に形成されている。
 C, D: 粗粒凝灰岩層の上部にみられる phycosiphoniform/*Planolites* 生痕ファブリック。Phycosiphoniform の小規模なクラスターと *Planolites* の散在的な産状が特徴である。Phycosiphoniform の大型形態種は小型形態種と *Planolites* を切っている。
 C: Phycosiphoniform および *Planolites* の大型形態種。図Aの黄枠内における産状。
 D: 大型および小型形態種の phycosiphoniform と小型形態種の *Planolites*。図Bの黄枠内での産状。
 (略号: CCR, phycosiphoniform と *Planolites* との交叉関係; LCT, 灰白～淡桃色粗粒凝灰岩; MFT, 濃灰色泥質細粒凝灰岩; MTL, phycosiphoniform のマントル; PFL, phycosiphoniform (大型形態種); PFS, phycosiphoniform (小型形態種); PFT, 淡紫色細粒凝灰岩; PLL, *Planolites* (大型形態種); PLS, *Planolites* (小型形態種); UCE, U字状のコア)。

Fig. 4 Phycosiphoniform/*Planolites* trace fossil assemblage from the Akahotani Formation exposed in the investigated gallery of the Nishiyama Quarry Remains. Each burrow is composed of both large and small morphospecies. All scale bars equal to 5 mm.
 A and B: Ichnofabric of the uppermost part of the horizontally stratified tuff bed, sections 3 (A) and 4 (B). The trace fossils are burrowed from upper to uppermost parts of the light-colored coarse tuff and formed on an upper bedding plane of the dark gray muddy fine tuff.
 C and D: Phycosiphoniform/*Planolites* ichnofabrics recognized at the uppermost part of the coarse tuff. Small clusters of phycosiphoniform and sparse occurrence of the *Planolites* burrows are characteristic in the ichnofabric. Phycosiphoniform (large form) locally cross-cuts the small phycosiphoniform and *Planolites* burrows.
 C: Ichnofabric contained both the large forms of phycosiphoniform and *Planolites*. Close-up photo of the squared area in fig. A.
 D: Ichnofabric consisting of phycosiphoniform (large and small forms) and *Planolites* (small form). Close-up photo of the squared area in fig. B.
 (Abbreviations: CCR, cross-cutting relationship between phycosiphoniform and *Planolites*; LCT, light-colored coarse tuff; MFT, dark gray muddy tuff; MTL, mantle of phycosiphoniform; PFL, phycosiphoniform (large form); PFS, phycosiphoniform (small form); PFT, light purple fine tuff; PLL, *Planolites* (large form); PLS, *Planolites* (small form); UCE, U-shaped core)

状を示すが、個々の生痕化石は互いに密接する傾向にある（図4C, D）。生痕化石は、長さ数mm～数cmで一般に筋状、斑点状あるいは円～楕円形の垂直断面形態を呈し、いずれもMFTとほぼ同じ岩相の塊状で淘汰不良な凝灰質岩で充填されている（図4C, D）。また、糞粒や内部構造のある化石棲管は認められない。

VII. 生痕化石群集の特徴

生痕化石群集は、phycosiphoniform (Bednarz and McIlroy, 2009) および *Planolites* Nicholson, 1873 を主要素とし、phycosiphoniform/*Planolites* 生痕ファブリック ichnofabric をなしている（図4: Pemberton *et al.*, 1992b; Rotnicka, 2005; Callow *et al.*, 2013 も参照）。本群集の発達程度は産出区間全体として貧弱であり、暗色の泥質岩における典型的な産状（例えば Knaust, 2017）と比較すると、非常に不明瞭かつ散在的な生痕ファブリックを示す（図3E）。ただし、区画3と区画4における生痕ファブリックは比較的明瞭であり、化石棲管の形態を観察しやすい（図4C, D）。

Phycosiphoniform と *Planolites* はいずれも堆積物

食者の棲管と解釈されており、古生代から現世にかけて沿岸～深海域の細粒（泥質）な堆積岩や底質堆積物から頻りに産出する（Pemberton and Frey, 1982; Netto and Rossetti, 2003; Bednarz and McIlroy, 2009; Buatois and Mángano, 2011; Knaust, 2017）。*Planolites* は湖成層といった陸域の地層からも知られている（例えば Buatois *et al.*, 1998）が、phycosiphoniform は海域あるいは海水の影響を受けた堆積場の指標になる生痕（化石）とみなされている（Frey and Seilacher, 1980; McIlroy, 2004; Gingras *et al.*, 2011）。

Phycosiphoniform は *Phycosiphon incertum* von Fischer-Ooster, 1858 に代表される生痕（化石）の1群であり、水平方向あるいは三次元的に屈曲しつつ蛇行する極細管状の形態で特徴づけられる（Wetzel and Bromley, 1994; Naruse and Nifuku, 2008; Bednarz and McIlroy, 2012）。垂直断面では、U～J字（釣針）状、S字状、筋状および斑点状の暗色で泥質なコア（core）と、それに付随する明色で砂質のマントル（mantle）がクラスター状に密集した群雲状の生痕ファブリックを呈する（Chamberlain, 1978; Goldring *et al.*, 1991; Pemberton *et al.*, 1992a; Bednarz and McIlroy, 2012）。

西山石切り場跡産の *phycosiphoniform* は LCT の最上部に認められ、1) 小規模なクラスター、2) やや散在的に分布したコア、3) 不明瞭なコアとマントル、および4) 大型形態種 (PFL; 棲管径 0.2~0.7 mm) と小型形態種 (PFS; 棲管径 0.1 mm 以下) を含む、といった特徴を示す (図 4C, D)。特徴 1)~3) は、*phycosiphoniform* の典型的な産状 (Wetzel and Bromley, 1994, Figs. 3.1, 5; Callow *et al.*, 2013, Fig. 5) と異なる。しかし 4) の特徴は、先行研究でも多く報告されている (Rotnicka, 2005, Fig. 8d, e; Callow *et al.*, 2013, Fig. 5C など)。ただし、本報告で小型形態種とする *phycosiphoniform* のコアは非常に微細である (図 4D)。先行研究では調査した壁面にみられる「大型」の *phycosiphoniform* (図 4C, D) が、小型の形態種として記載されている (例えば Rotnicka, 2005)。しかしながら本石切り場跡産の小型形態種においても、Wetzel and Bromley (1994) や Bednarz and McIlroy (2012) の指摘した *phycosiphoniform* の標徴を有することから、このグループの 1 生痕属に同定される。PFL のコア断面形態は、U 字状、筋状、ペレット状および斑点状である (図 4C, D)。PFS はあまり屈曲せず、主に筋状やペレット状のコア断面を示す (図 4D)。両者ともコアは塊状で非常に細粒な凝灰質岩からなり、上位の MFT よりもやや赤褐色を帯びた濃灰色を呈する。形態種によらず、マントルはコアを完全に取り囲む産状もみられれば、全く認められない場合もある (図 4C, D)。マントルは母岩よりもごくわずかに淡色で、両者の境界を認識し難い。また PFL は PFS や *Planolites* と交叉関係をもち、これらを部分的に切っている (図 4C, D)。

Planolites は単純な円筒状の (化石) 棲管であり、水平方向に蛇行するとともに垂直方向にも緩やかに屈曲する (Chamberlain, 1978; Lindholm, 1987)。また、充填物には裏打ちや後方充填構造などがみられない (Chamberlain, 1978; Pemberton and Frey, 1982)。垂直断面の形態は、(亜) 円形~(長) 楕円形 (Chisholm, 1970, Pl. 1, figs. 4, 6; Wetzel, 1991, Fig. 5B; Hubbard *et al.*, 2004, Figs. 5B, 6A, C; McIlroy, 2004, Fig. 8B)、ペレット状 (Ekdale, 1978, Pl. 1, figs. 3, 7) や水平な筋状 (Wetzel, 1991, Fig. 4B) である。

調査した壁面においても同様な断面形態の生痕化石がみられ、*Planolites* に同定される (図 4A, B)。

本生痕属でも大型形態種 (PLL; 棲管径 3.0~5.0 mm) および小型形態種 (PLS; 棲管径 1.0~2.0 mm) が確認される (図 4C, D)。産出傾向として、前者は LCT 上部から MFT 直下にかけて形成されており、後者では MFT の上面に多い (図 4B)。PLL の断面形態は、一般に亜円形ないし楕円形である (図 4B, C)。PLS では円~楕円形や、ほぼ水平で上方あるいは下方にわずかに屈曲したペレット状の断面形態を示す (図 4D)。両者とも、棲管の充填物は内部構造をもたない塊状で淘汰不良な灰色泥質凝灰岩であり、MFT の岩相に類似する。

VIII. まとめ

石川県小松市西部に分布する下部中新統赤穂谷層相当層の岩相と、本層から初産出となる生痕化石群集について予察的に報告した。産出地点は同市滝ヶ原町の西山石切り場跡である。この石切り場では、「滝ヶ原石」と呼称される塊状な火山礫凝灰岩と、それに挟まれる成層した細~粗粒凝灰岩が露出する。

生痕化石群集は成層した凝灰岩を構成する粗粒凝灰岩および泥質細粒凝灰岩の薄層から発見された。本群集は貧弱で散在的な産状を示すものの、堆積物食者痕である *phycosiphoniform* と *Planolites* を主な要素とし、それぞれ大型および小型の形態種を含む。また *phycosiphoniform* の大型形態種は、*phycosiphoniform* の小型形態種と *Planolites* に交叉する。*Phycosiphoniform* の産出により、赤穂谷層における海成層の存在が強く示唆される。

西山石切り場跡産の生痕化石群集とその産状は、塊状な火砕岩類を主岩相とし化石の知られていなかった赤穂谷層において、本層の堆積相と底生群集の古生態系を解明するための 1 資料になることが期待される。

謝辞：本短報を公表するにあたり、小松市埋蔵文化財センターの榎田 誠専門官および滝ヶ原町町内会長の東 修二氏には、西山石切り場跡の地質調査とその成果を公表するにあたってのご快諾をいただいた。現地調査を行うに際しては、同センターの作本達也氏と里山自然学校こまつ滝ヶ原 (小松市農林水産課) の山下 豊氏より多大なるご協力を賜った。また、匿名の査読者ならびに中部地質株式会社の岡

田隆司富山支店長のご指摘によって、本稿の内容を改善することができた。以上の方々に厚くお礼を申し上げます。

文 献

- Bednarz, M. and McIlroy, D., 2009: Three-dimensional reconstruction of “phycosiphoniform” burrows: Implications for identification of trace fossils in core. *Palaeontologia Electronica*, **12**, 13A, 15p.
- Bednarz, M. and McIlroy, D., 2012: Effect of phycosiphoniform burrows on shale hydrocarbon reservoir quality. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, **96**, 1957-1980.
- Buatois, L. A. and Mángano, M. G., 2011: *Ichnology: Organism-Substrate Interactions in Space and Time*. Cambridge University Press, Cambridge, 358p.
- Buatois, L. A., Mángano, M. G., Genise, J. F. and Taylor, T. N., 1998: The ichnologic record of the continental invertebrate invasion: Evolutionary trends in environmental expansion, ecospace utilization, and behavioral complexity. *Palaios*, **13**, 217-240.
- Callow, R., McIlroy, D., Kneller, B. and Dykstra, M., 2013: Integrated ichnological and sedimentological analysis of a Late Cretaceous submarine channel-levee system: The Rosario Formation, Baja California, Mexico. *Marine and Petroleum Geology*, **41**, 277-294.
- Chamberlain, C. K., 1978: Recognition of trace fossils in cores. In Basan, P. B., ed., *Trace Fossil Concepts. Society for Sedimentary Geology (SEPM) Short Course*, **5**, 119-166.
- 地質調査所編, 1956: 日本鉱産誌 B VII 土木建築材料. 東京地学協会, 東京, 293p.
- Chisholm, J. I., 1970: Lower Carboniferous trace-fossils from the Geological Survey boreholes in west Fife (1965-6). *Bulletin of Geological Survey of Great Britain*, **31**, 19-35.
- Ekdale, A. A., 1978: Trace fossils in Leg 42A cores. *Initial Report of the Deep Sea Drilling Project*, **42**, 821-827.
- Fischer-Ooster, C., von., 1858: *Die fossilen Fucoiden der Schweizer-Alpen, nebst Erörterungen über deren geologisches Alter*. Huber und Company, Bern, 74p.
- Frey, R. W. and Seilacher, A., 1980: Uniformity in marine invertebrate ichnology. *Lethaia*, **13**, 183-207.
- 藤田和夫・中川衷三, 1948: 富山県砺波地方の第三紀層. 地質学雑誌, **54**, 125.
- Gingras, M. K., MacEachern, J. A. and Dashtgard, S. E., 2011: Process ichnology and the elucidation of physico-chemical stress. *Sedimentary Geology*, **237**, 115-134.
- Goldring, R., Pollard, J. E. and Taylor, A. M., 1991: *Anconichnus horizontalis*: A pervasive ichnofabric-forming trace fossil in post-Paleozoic offshore siliciclastic facies. *Palaios*, **6**, 250-263.
- Hubbard, S. M., Gingras, M. K. and Pemberton, S. G., 2004: Paleoenvironmental implications of trace fossils in estuarine deposits of the Cretaceous Bluesky Formation, Cadotte region, Alberta, Canada. *Fossils and Strata*, **51**, 68-87.
- 池邊展生, 1949: 富山縣西部及石川縣東部の第三紀層(富山縣及石川縣の地質學的研究 1). 地學, **1**, 14-26.
- 金子一夫, 2001: 富山縣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.
- 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.
- 鹿野和彦・原山 智・山本博文・竹内 誠・宇都浩三・駒澤正夫・広島俊夫・須藤定久, 1999: 20 万分の 1 地質図幅「金沢」および解説面, 地質調査所.
- 鹿野和彦・加藤碩一・柳沢幸夫・吉田史郎編, 1991: 日本の新生界層序と地史. 地質調査所報告, **274**, 114p.
- 鮎野義夫, 1993: 石川県地質誌. 石川県・北陸地質研究所, 石川, 321p.
- 樫田 誠, 2019: 石川県小松市域の凝灰岩石切場. 高田祐一編, 産業発展と石切場—全国の採石遺構を文化資産へ, 戎光祥近代史論集, **2**, 116-127.
- 北村栄一, 1989: 小松市南部丘陵の地質. 石川県教育センター研究紀要, **35**, 1-14.
- 北野勝次・山口重義, 1970: 滝ヶ原石の変遷. 川 良雄編, 小松市滝ヶ原町調査報告書, 小松市立博物館, 29-31.
- Knaust, D., 2017: *Atlas of Trace Fossils in Well Core: Appearance, Taxonomy and Interpretation*. Springer Internat. Publ. AG, Switzerland, 209p.
- Lindholm, R. C., 1987: *A Practical Approach to Sedimentology*. Allen and Unwin Inc., Boston, 276p.
- 前田崇志・富井康博・西山暢一・西下知彦・加藤道雄・塚脇真二, 2000: 石川県金沢市東部東原～蓮如地域の地質. 日本海域研究, **31**, 1-31.
- McIlroy, D., 2004: Ichnofabrics and sedimentary facies of a tide-dominated delta: Jurassic Ile Formation of Kristin Field, Haltenbanken, offshore Mid-Norway. In McIlroy, D., ed.,

- The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*, Geological Society, London, Special Publication, **228**, 237-272.
- 中川富士郎, 1971: 小松市滝ヶ原町史. 滝ヶ原町々内会, 北国出版社, 金沢, 221p.
- 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.
- Naruse, H. and Nifuku, K., 2008: Three-dimensional morphology of the ichnofossil *Phycosiphon incertum* and its implication for paleoslope inclination. *Palaaios*, **23**, 270-279.
- Netto, R. G. and Rossetti, D. F., 2003: Ichnology and salinity fluctuations: A case study in the Early Miocene (Lower Barreiras Succession) of São Luís Basin, Maranhão, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **6**, 5-18.
- Nicholson, H. A., 1873: Contributions to the study of the errant annelides of the older Palaeozoic rocks. *Proceedings of the Royal Society of London*, **21**, 288-290.
- 陰地章仁, 2004: 石川県金沢市南部小立野～上辰巳地域における地質学的研究. 日本海域研究, **35**, 65-107.
- 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., Reinson, G. E. and MacEachern, J. A., 1992a: Comparative ichnological analysis of Late Albian estuarine valley-fill and shelf-shoreface deposits, Crystal Viking Field, Alberta. In Pemberton, S. G., ed., *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration — A Core Workshop, Society for Sedimentary Geology (SEPM) Core Workshop*, **17**, 291-317.
- Pemberton, S. G., Van Wagoner, J. C. and Wach, G. D., 1992b: Ichnofacies of a wave-dominated shoreline. In Pemberton, S. G., ed., *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration — A Core Workshop, Society for Sedimentary Geology (SEPM) Core Workshop*, **17**, 339-382.
- Rotnicka, J., 2005: Ichnofabrics of the Upper Cretaceous fine-grained rocks from the Stolowe Mountains (Sudetes, SW Poland). *Geological Quarterly*, **49**, 15-30.
- Salvador, A., 1994: *International Stratigraphic Guide: A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Procedure. 2nd edition*. International Union of Geological Sciences (IUGS) and Geological Society of America, Boulder, Colorado, 214p.
- サルヴェアドール, 日本地質学会訳編, 2001: 国際層序ガイド-層序区分・用語法・手順へのガイド. 共立出版, 東京, 256p.
- Seilacher, A., 1964: Biogenic sedimentary structures. In Imbrie, J. and Newell, N., eds., *Approaches to Paleoecology*, John Wiley and Sons, N. Y., 296-316.
- 関戸信次, 1970: 滝ヶ原の地形と地質. 川 良雄編, 小松市滝ヶ原町調査報告書, 小松市立博物館, 11-13.
- 富井康博・前田崇志・塚脇真二, 2002: 石川県辰口町～小松市北部地域における地質学的研究. 日本海域研究, **33**, 1-21.
- 塚脇真二・岡田隆司・田知清英・作本達也・檜田 誠, 2021: 石川県小松市滝ヶ原碧玉原産地遺跡周辺地域の地質. 日本海域研究, **52**, 1-11.
- Wetzel, A., 1991: Ecologic interpretation of deep-sea trace fossil communities. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **85**, 47-69.
- Wetzel, A. and Bromley, R. G., 1994: *Phycosiphon incertum* revisited: *Anconichnus horizontalis* is its junior subjective synonym. *Journal of Paleontology*, **68**, 1396-1402.