

穿孔性生物と硬質基質生痕相：北海道の穿孔性生痕化石の例

鈴木明彦*・疋田吉識**

Boring organisms and hard substrates ichnofacies :
examples of rock-boring trace fossils in Hokkaido

SUZUKI, Akihiko* and HIKIDA, Yoshinori**

Abstract

Rock-boring trace fossils are characterized by boring organisms such as bivalves, gastropods, brachiopods, barnacles, polychaete annelids, sponges, bryozoans, etc. In general, these trace fossils are used as indicators of ancient rocky shores, and are useful for reconstruction of paleoenvironments. A *Trypanites* ichnofacies, typical hard substrates ichnofacies, are characterized by ichonogenous *Trypanites*. Subsequently *Trypanites* ichnofacies are divided into two ichnofacies, *Entobia* ichnofacies and *Gnathichnus* ichnofacies, based on tiering and ichonofabrics. These new recognition give good indications of paleobathymetry, rate of burial, depositional environments, and paleoproductivity. The rock-boring trace fossils, *Gastrochaenolites* isp. and *Meandropolydora* isp., are reported from the Cenozoic and the Cretaceous of Hokkaido.

Key words : boring organism, bioerosion, hard substrates, *Entobia* ichnofacies, *Gnathichnus* ichnofacies, Hokkaido

1. はじめに

硬質の岩盤と波当たりの強さで特徴づけられる岩礁海岸は、定常的に侵食が卓越する高エネルギー環境の場である。そのため、岩礁海岸や岩礁性群集は地質学的記録には乏しいものと考えられてきた。しかし、過去の岩礁海岸は、古生代から第四紀までの様々な地質時代から報告され (Johnson, 1992), 地形学的, 堆積学的及び古生物学的特徴に基づいて認定することが可能となった (Johnson and Libbey, 1997; 鈴木, 2002)。

岩礁海岸の厳しい環境に適応するため、生物は様々な適応戦略を試みてきた。このうち、岩石や硬組織を利用する大型の穿孔性生物は、すでに古生代カンブリア紀に出現していたという (Bromley, 1994)。また、岩盤表面や大礫・巨礫の表面に残された岩石穿孔性生物の痕跡を示す生痕化石は古環境復元の際には有効である。生物の体化石が残されない場合でも、このよう

な生痕化石は過去の硬質底を指示する証拠となる (Radwanskii, 1970)。

小論では、まず岩石穿孔性生物とそれらによる生痕化石について触れる。次に硬質基質生痕相の定義と古環境情報を要約する。そして北海道産の岩石穿孔性の生痕化石に関する検討例を紹介する。

2. 穿孔性生物

底生生物は岩礁海岸や岩礁潮下帯の高エネルギー環境に適応するため、地質時代を通じて多様な適応戦略を試みてきた (Johnson, 1992)。このうち、穿孔性生物による硬質基質の生痕化石は、主に生物侵食 (bioerosion) によるものである (Bromley, 1992, 1994)。具体的にこれらは岩礁表面、礫、生物遺骸の表面に残された穿孔性生物の生物侵食を示す各種の生痕化石で構成される (図1)。これらの生痕は、穿孔性貝類、ウニ類、多毛類、海綿、フジツボ、コケムシ等の痕跡で代表される

2005年1月31日受付, 2005年4月18日受理

* 北海道教育大学岩見沢校地学研究室. Department of Earth Science, Iwamizawa College, Hokkaido University of Education, Iwamizawa, Hokkaido 068-8642, Japan

** 中川町自然誌博物館. Nakagawa Museum of Natural History, Nakagawa, Hokkaido 098-2626, Japan

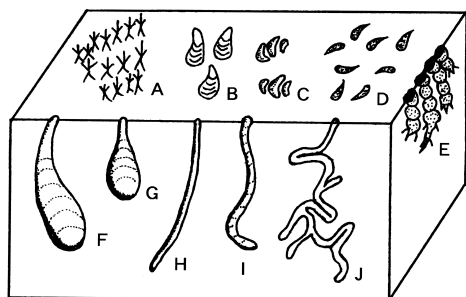


図1 硬質基質生痕相を特徴づける主な生痕化石。

A. *Gnathichnus*, B. *Centrichnus*, C. *Renichnus*, D. *Rogerella*, E. *Entobia*, F., G. *Gastrochaenolites*, H., I. *Trypanites*, J. *Maeandropolydora*.

(Kelly and Bromley, 1984; Bromley, 1994). 穿孔性生物には、このような大型穿孔 (Macroboring) に加えて、顕微鏡サイズの微小穿孔 (Microboring) を形成する菌類や藻類があるが、ここでは取り上げない。

大型穿孔は穿孔の深さと利用方法によって、大きく二つに分けられる (Bromley, 1992, 1994). 第1は、硬質基質の表面に残された穿孔痕で、摂食痕や付着痕などからなる。第2は、硬質基質の中に居住痕を形成するもので、形態的にも多様性に富んでいる。

まず、前者の主要な生痕属を示すことにする (Bromley, 1992). *Radulichnus* は、基質表面の20–100μm 程度の摂食痕で、ヒザラガイやカサガイにより形成されたものである。*Gnathichnus* は、基質表面の星形の溝で特徴づけられ、正形ウニによるものである。*Centrichnus* は、二枚貝のナミマガシワガイ科 (Anomiidae) により形成された成長線をもった付着痕である。*Renichnus* は、巻貝のムカデガイ科 (Vermetidae) による渦巻き状の付着痕である。*Podichnus* は、放射状の窪みで、腕足貝により形成されたものである。

次に後者の生痕属を示す (Bromley, 1992). *Trypanites* は、単純な筒状の穿孔痕で、その形成者は多毛類やホシムシと考えられている。本属はカンブリア紀以降産出が知られる代表的な生痕化石である。一方、U字型に分岐した筒状の生痕化石は、*Conchotrema* とよばれ、多毛類によるものである。*Caulostrepsis* は、U字型ポーチ状の穿孔痕で特徴づけられ、多毛類によって形成されたものである。また、*Maeandropolydora* は *Caulostrepsis* に類似するが、むしろ複雑なネットワーク状の穿孔痕からなり、これも多毛類によるものである。*Rogerella* は、しずく状の小型の穿孔痕で、穿孔性フジツボによるものである。*Entobia* は、多数の入口と部屋をもつ複雑な生痕で、穿孔性海綿や多毛

類により形成されたものである。*Gastrochaenolites* は、いわゆるフラスコ状の穿孔痕で示される。主に穿孔性二枚貝によって形成されたもので、その形態は多様性に富む。

これらの生痕属は過去の岩礁海岸を認定する基準となり (Gibert *et al.*, 1998; 鈴木ほか, 2003), 特に特定の生痕属の産出や組み合わせが、古水深の見積りに有効であるとされる (Bromley, 1992, 1994). たとえば、*Gnathichnus* や *Radulichnus* は、透光帯の指標となる。同様に *Gastrochaenolites* は、浅海域の指標となる。一方、*Entobia* は、属レベルでは特定の環境を示唆しないが、種によっては浅海や深海を特定する良い指標となる。

3. 硬質基質生痕相

生痕化石による古環境解析では、それぞれの環境に特徴的な生痕化石の組み合わせに基づいて、各種の生痕相 (Ichnofacies) が定義された (Frey and Seilacher, 1980; Pemberton *et al.*, 1992). 生痕相は、古生物の生活面を概念的に捉えたものでもある。このうち、トリパニテス生痕相 (*Trypanites* ichnofacies) は、ロックグラウンド (rockground) やハードグラウンド (hardground) から構成される硬質基質 (図2) の岩礁海岸や岩礁潮下帯を指示するものである (Frey and Seilacher, 1980; Pemberton *et al.*, 1992).

また、基質に対する生物侵食の深度 (tiering) に注目して、トリパニテス生痕相の再検討が行われ、新たに硬質基質にエントビア生痕相とグナチクスス生痕相の二つの生痕相が提唱された (Bromley and Asgaard, 1993).

エントビア生痕相 (*Entobia* ichnofacies) は、深い穿孔痕をもつ生痕化石と長期間の生物侵食で特徴づけられる。これらは、*Entobia*, *Caulostrepsis*, *Trypanites*, *Gastrochaenolites*, *Maeandropolydora* などの生痕属で構

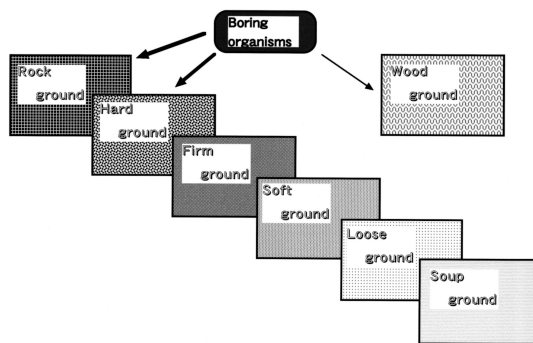


図2 底質の一般的区分。

成される (Bromley and Asgaard, 1993). これらは堆積物に覆われない浅海の海食崖や海食台で形成されたものである (Bromley and D'Alessandro, 1990).

一方、グナチクスス生痕相 (*Gnathichnus* ichnofacies) は、表面の彫刻とごく浅い穿孔痕を示す生痕化石と短期間の生物侵食で特徴づけられる。これらは、*Radulichnus*, *Gnathichnus*, *Renichnus*, *Centrichnus*, *Rogerella* などの生痕属で構成される (Bromley and Asgaard, 1993). 速やかに埋積された岩盤表面あるいは礫や貝殻の表面に残されたものである (Bromley and D'Alessandro, 1990). 硬質基質生痕相の検討は、海進初期の特徴、非堆積期間の程度、古水深の推定、古生産性の見積もり等の古環境的情報を提供する (Bromley and D'Alessandro, 1983).

4. 北海道の穿孔性生痕化石

日本列島は地殻運動が活発な変動帯に属するため、地質時代の岩礁海岸の事例が少ない地域とされてきた。しかし、白亜紀以降の浅海性の地層には地層的な不整合が顕著にみられ、貝類をはじめ大型化石の記録も豊富であるので、地層中に保存されている岩礁性化石や硬質基質生痕化石は必ずしも少なくないと思われる。そこで生痕化石 *Gastrochaenolites* isp. と生痕化石 *Maeandropolydora* isp. について、北海道における二、三の例を紹介する。

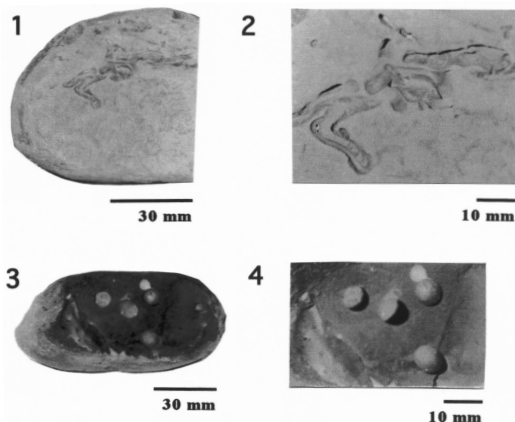


図3 硬質基質の生痕化石 (第四紀).

1. 岩石穿孔性多毛類の生痕化石 *Maeandropolydora* isp.
2. 同上標本の穿孔部分の拡大 (硬質頁岩礫).
3. 岩石穿孔性二枚貝の巣穴化石 *Gastrochaenolites* isp.
4. 同上標本の穿孔部分の拡大 (泥岩礫).

富川層, 前期更新世 (道南・上磯地域).

1) 生痕化石 *Gastrochaenolites* isp.

(1) 第四紀更新世 (約100万年前)

道南・上磯^{かみいそ}地域の富川層^{とみかわ}基底には岩礁性化石や穿孔貝化石が多数含まれる。小型のフラスコ型の巣穴化石 *Gastrochaenolites* isp. は、基底礫岩層中の礫 (硬質頁岩や泥岩) に多数認められ (図3), ヨコヤマズガイ (*Nettastomella japonica*) を共産する。

産状や堆積環境から判断すると、本来の生息場所から生息地域外に移動した後、埋積された異地性 (= 他生) の化石と考えられる (鈴木, 2000).

(2) 第三紀中新世 (約1500万年前)

道東・阿寒^{とろひ}地域の殿来層^{とのきた}基底には、カモメガイ類 (*Penitella* sp.) によるフラスコ型の巣穴化石 *Gastrochaenolites* isp. が見られる。下位の泥岩層に穿孔し、これらの生息密度は32個/100cm²である。

不整合面直下の泥岩層 (= 当時の基盤) に穿孔していることから、その地点で化石化した現地性 (= 自生) の化石である (鈴木, 2001).

(3) 前期白亜紀 Aptian (約1億2000万年前)

道北・中川地域の下部蝦夷層群下部の礫岩層から、生痕化石をもつ礫が多数産出した (図4)。これらの礫には、二枚貝イガイ科のシギノハシ類 (*Lithophaga* sp.), ヌリマクラガイ類 (*Botula* sp.) によると思われるフラスコ型の巣穴化石 *Gastrochaenolites* isp. が見られる。

タービダイト互層やスランプ構造の存在から判断すると、本来の生息場所からより深部に移動して埋積さ



図4 硬質基質の生痕化石 (白亜紀).

岩石穿孔性二枚貝の巣穴化石 *Gastrochaenolites* isp.

1. 岩片に富む粗粒砂岩礫.
2. 生物擾乱に富む泥岩礫.
3. 酸性凝灰岩礫.
4. バイオクラストを多く含む石灰質砂岩礫.

スケールはいずれも1 cm.

下部蝦夷層群下部, 前期白亜紀 Aptian (道北・中川地域).

れた異地性の化石と考えられる (疋田ほか, 2003).

2) 生痕化石 *Maeandropolydora* isp.

(1) 第四紀更新世 (約100万年前)

道南・上磯地域の富川層基底部から, 表面に穿孔痕が見られる礫が産出した (図3). “硬質頁岩” の礫の表面に, U字型ポーチが多数見られる連続した穿孔痕 *Maeandropolydora* isp. が認められる. これらの穿孔痕は, 多毛類スピオ科によるものと考えられる.

産状から見ると, これは本来の生息場所から移動して埋積された異地性の化石であろう (鈴木, 2000).

(2) 第三紀鮮新世 (約300万年前)

道北・天塩地域の勇知層中部の貝化石密集層から, 表面に穿孔痕をもつ礫が産出した. シルト岩礫の表面に, U字型ポーチが多数見られる連続した穿孔痕 *Maeandropolydora* isp. が認められる. これらの穿孔痕も多毛類スピオ科によるものと思われる.

産状や堆積環境から, この生痕化石は勇知層堆積時に存在していた岩礁海岸から, 上部浅海帯の砂泥底に移動して埋積された異地性化石と推定した (鈴木ほか, 2003).

謝辞

本論をまとめるにあたり, 有益なご助言を賜った北海道教育大学都郷義寛教授, 野外調査においてご協力いただいた東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻伊庭靖弘氏, 藤コンサルタント株式会社瀧修一氏, 札幌市立厚別北中学校児玉大氏に感謝する. なお, 本論は2004年8月8日に開催された地学団体研究会第58回川越総会「シンポジウムⅢ. 生物による穿孔痕」における講演内容をまとめたものである. このような機会を与えられた熊谷高校の小幡喜一氏をはじめ, シンポジウム発起人および当日活発な議論にご参加いただいた皆様に厚く御礼を申し上げる.

引用文献

- Bromley, R. G. (1992) Bioerosion: eating rocks for fun and profit. In: Maples, C. G. and West, R. R. (eds.) *Trace Fossils*, Short Courses in Paleontology **5**, pp. 121-129. Paleontological Society, Knoxville, Tennessee.
- Bromley, R. G. (1994) The palaeoecology of bioerosion. In: Donovan, S. K. (ed.) *The Palaeobiology of Trace Fossils*, pp. 134-154. John Wiley and Sons, Chichester.
- Bromley, R. G. and Asgaard, U. (1993) Two bioerosion ichnofacies produced by early and late burial associated with sea-level change. *Geologische Rundschau* **82**, 276-280.
- Bromley, R. G. and D'Alessandro, A. (1983) Bioerosion in the Pleistocene of southern Italy: Ichnogenera *Caulostrepsis* and *Maeandropolydora*. *Rivista di Paleontologia e Stratigrafia* **89**, 289-309.
- Bromley, R. G. and D'Alessandro, A. (1990) Comparative analysis of bioerosion in deep and shallow water, Pliocene to Recent, Mediterranean Sea. *Ichnos* **1**, 43-49.
- Frey, R. W. and Seilacher, A. (1980) Uniformity in marine invertebrate ichnology. *Lethaia* **13**, 183-207.
- Gibert, J. M., Martinella, J. and Domenech, R. (1998) Entobia ichnofacies in fossil rocky shores, lower Pliocene, northern Mediterranean. *Palaios* **13**, 476-487.
- 疋田吉識・伊庭靖弘・都郷義寛 (2003) 北部北海道中川地域下部蝦夷層群からの岩石穿孔性動物二枚貝の発見. 日本古生物学会第152回例会要旨集 (横浜国立大学), 103.
- Johnson, M. E. (1992) Studies on ancient rocky shores: A brief history and annotated bibliography. *Journal of Coastal Research* **8**, 797-812.
- Johnson, M. E. and Libbey L. K. (1997) Global review of Upper Pleistocene (substage 5e) rocky shores: Tectonic segregation, substrate variation, and biological diversity. *Journal of Coastal Research* **13**, 297-307.
- Kelly, S. R. A. and Bromley, R. G. (1984) Ichnological nomenclature of clavate borings. *Palaeontology* **27**, 793-807.
- Pemberton, S. G., MacEachern, J. A. and Frey, R. W. (1992) Trace fossil facies models: environmental and allostratigraphic significance. In: Walker, R. G. and James, N. P. (eds.) *Facies Models: response to sea level change*, Geological Association of Canada, 47-72.
- Radwanskii, A. (1970) Dependence of rock-borers and burrowers on the environmental conditions within the Tortonian littoral zone of southern Poland. In: Crimes, T. P. and Harper, J. C. (eds.) *Trace Fossils*, pp. 371-390. Letterpress, Ltd, Liverpool.
- 鈴木明彦 (2000) 西南北海道富川層の岩石穿孔性動物による生痕化石. 秋葉力先生追悼論文集, 37-45.
- 鈴木明彦 (2001) 北海道東部阿寒地域の中新世穿孔貝巢穴化石. 環境教育研究 **4**, 27-32.
- 鈴木明彦 (2002) 古岩礁海岸. 地球科学, **56**, 249-250.
- 鈴木明彦・伊藤雄一・松田敏孝 (2003) 北部北海道勇知層の岩石穿孔性動物による生痕化石. 自然誌の研究 (中川町自然誌博物館紀要) **6**, 17-22.