

愛川町平山の古第三系相模湖層群から産出した生痕化石

小竹信宏

Nobuhiro Kotake : Trace Fossils from the Sagamiko Group distributed in Hirayama, Aikawa Town, Kanagawa Prefecture, Japan

はじめに

生痕化石は、骨や殻といった生物の硬組織の化石と異なり、主に古生物の運動様式、行動様式、そしてそれらを含めた生活全般にわたる古生態学的情報を記録している。このためこの化石からは、我々になじみ深い一般的な硬組織の化石からは得ることが難しい、古生物の生活に関する多くの情報を読み取ることが可能である。しかしその反面、汀線付近の環境指示者となる穿孔貝の巢穴構造など一部の例外を除き、生痕化石は環境復元を行う場合の有効な環境指示者となりえない場合が多い。さらに、この化石の大部分は化石となって残る硬組織を持たない生物によってつくられるため、分類上の位置や形態といった形成者そのものに関する情報を読みとることが著しく困難なことが普通である。これらの理由から、この化石に関する研究は他の化石ほど進んでいるとは言えず、どの地層からどのような生痕化石が産出するのかといった基礎的情報すら、満足に把握できていないのが現状である。

報告する標本は1980年代の初めに、神奈川県愛甲郡愛川町平山の道の入沢において(図1)、藤ノ木-愛川構造線東側に分布する古第三系相模湖層群に由来すると見られる転石ノジュール中に保存された生痕化石(図2)で、山田 勲氏によって発見され、その後、神奈川県立博物館へ寄贈されたものである。藤ノ木-愛川構造線北および東側に分布する白亜-古第三系の化石に関するこれまでの報告は、年代決定のための放射虫化石を扱った研究(久田ほか, 1986; 酒井, 1987)やイノセラムスの産出報告(西宮, 1976)等がわずかにある程度で、生痕化石の産出が確認されたのは、ここで報告する標本が初めてと思われる。本報告では、発見された生痕化石の形態的特徴を記載し、欧米で産出・報告されている標本との比較検討を行う。

さらに、ここで扱う生痕化石のもつ古生物学的・古生態学的意義についても若干の考察を加える。

化石採取地点と層準

本報告で扱う生痕化石を含んだノジュールは、神奈川県愛甲郡愛川町平山の道の入沢下流部において、転石として発見された(図1)。ノジュールが採取された道の入沢に露出する地層は、北西-南東方向に沢を横切る藤ノ木-愛川構造線を境界として二分される。藤ノ木-愛川構造線北側および東側には、白亜-古第三系の小仏層群と相模湖層群が、そして南側には新第三系丹沢層群が分布する。酒井(1987)の地層区分に従えば、道の入沢上流側には中新統丹沢層群が、そして下流側に

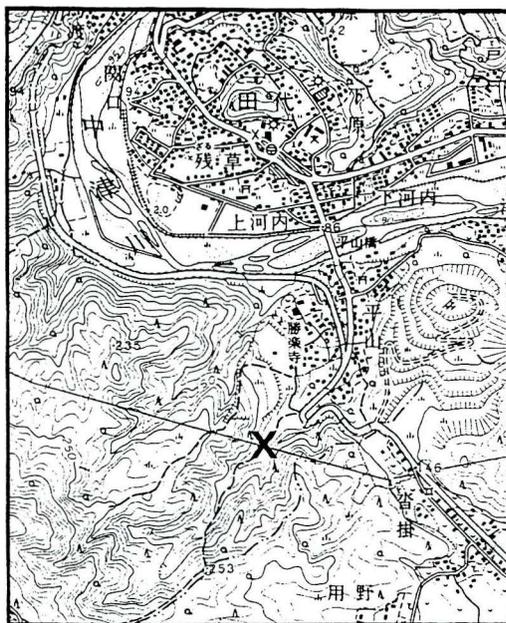


図1. 生痕化石の見られたノジュール試料採取地点(図中X印)。国土地理院発行2万5千分の1地形図「上溝」を使用。

は古第三系相模湖層群がそれぞれ分布することになる。生痕化石を含むノジュールは、相模湖層群分布域から発見されており、岩相からみても相模湖層群最上部瀬戸層の黒色泥岩部に由来するものと判断される。しかしながら、ノジュールがどの層準からもたらされたのか、厳密には不明である。

生痕化石の形態と分類上の位置

今回検討を行った生痕化石は、層理面と推定される平面上に見られる(図2 A, B)。観察された生痕化石は、直径数mmのトンネル群が放射状に広がるタイプと直径1-2cm程度の単純なトンネルからなるタイプの2つのタイプである(図2 A)。

まず前者の形態は、層理面にほぼ水平からやや斜交する放射状に広がる8-9本のトンネル構造に特徴づけられる(図2 C)。トンネル径は、同一トンネル内では変化しないものの、一つの生痕システム内では4-7mmとややばらつく。トンネル同士の重なり合い(overlapping)や交差(intersection)は基部付近に限って見られ、隣り合うトンネル同士の間隔は末端部ほど広がる。トンネルの分岐(branching)は全く見られない。トンネルは、直線的に伸びる中央部のものを除き外側に弱く曲がる。基部は層理面に対して15°-20°程度の角度で斜交する。標本が不完全であるため断定はできないが、個々のトンネルは基部で収束し、層理面に垂直またはそれに近い角度を持つ1本の主軸を形成する様に見える(図2 C)。軸径はトンネル径に比べて太い。トンネル表面には、装飾や壁等の構造物は全く認められず平滑である。

以上述べた様な形態的特徴から判断して、この放射状のトンネル構造からなる生痕化石は、*Phycodes*属(生痕属: ichnogenus)の一員と考えられる(図3 A, B)。しかし残念ながら、トンネルの断面形態と詳しい三次元構造がこの標本では観察できないため、種(ichnospecies: isp. と略して記す)レベルでの位置までを決定するには至らなかった。したがって、本報告では*Phycodes isp.*と同定しておく。なお、米国のオルドビス紀の地層からは、典型的形態を持ち、保存状況の素晴らしい*Phycodes*が産出することが知られている(Osgood, 1970; Häntzschel, 1975)。筆者は、テネシー州中・南部に分布する中期オルドビス紀のレバノン層から典型的形態を持つ*Phycodes*の標本を採取しているので、相模湖層群産の標本と比較す

る意味で写真を示す(図4)。

一方後者の生痕化石は、層理面に水平で、観察される範囲を見る限りは直線的である(図2 A, B)。断面形態は、ほぼ円形から一部でやや横に伸びた楕円形を呈している。観察される範囲で見る限り、トンネルの直径は一部で肥大しているように見える。トンネル表面に装飾は認められず平滑であり、壁等の構造物も見られない。トンネルをつくる堆積物中には、特に目立った内部構造は認められない。以上の形態的特徴から判断して、この生痕化石はおそらく*Thalassinoides*属の一員に含まれるものと推定される(図3 C)。しかしながら、*Thalassinoides*の特徴の一つであるトンネルの分岐は全く見られない。一般に*Thalassinoides*に属する生痕化石は、層理面にほぼ水平に発達する数10cm~数mに及ぶような長大なトンネル構造からなる。このことを考慮すると、今回検討した標本のサイズは余りにも小さく、全体像のごく一部を見ているだけに過ぎないために分岐が確認されない可能性もある。したがってここでは、一応この生痕化石を*Thalassinoides isp.*と同定しておくが、分類に問題が全く無いわけではないことを明記しておく。

*Phycodes*のもつ古生物学的および古生態学的意義

上で述べた相模湖層群産生痕化石のうち、形態が極めて特徴的な*Phycodes*について、従来の研究者が提唱した解釈を紹介し、包含する問題点についても述べる。

1) 放射状パターンの解釈と問題点

*Phycodes*属の生痕化石は、北米およびヨーロッパの古生層から保存の良い試料が発見・報告されている(図3 A, Bおよび図4)。それらに基づく研究によれば、この生痕化石を特徴づける放射状のトンネル構造は、堆積面下に生息する堆積物食者による規則的摂餌行動の産物と解釈された(Seilacher, 1955; Osgood, 1970)。すなわち、トンネル基部に位置する垂直軸部(図3 B-1)に形成者は住み、そこから放射状にトンネルを形成しつつ堆積物を摂食したというものである。基部を除いて隣り合うトンネル同士が重なり合わないのは、形成者が与えられた空間を効率良く摂食に利用した結果であると解釈された。つまりこの生痕形成者は、一度摂食に利用した空間を二度と摂食

しないことにより、無駄なエネルギーを摂餌行動に使うことを極力避け、効率良くエネルギーが得られるよう行動した、という考えである。Seilacherのこの解釈は、その後の多くの研究者に受け入れられた。

確かにSeilacherは、底生生物の摂餌行動をエネルギー効率という斬新な観点からとらえ、*Phycodes*の形態を合理的に説明した点で極めて高く評価された。しかし、彼の一見説得力のある解釈は、ある前提の上に成り立っていることは、意外に見落とされている。それは、この生痕形成者が海底面下の堆積物を餌として食べていた、という前提である。さて、ここでは前提とした内容について、Seilacherもその後の研究者達も前提とは認識せず、何の疑問も持たないまま当然のことと考えていたふしがある。しかしながら、*Phycodes*形成者が海底面下の堆積物を摂食していたことを示す証拠は全く示されていない。*Phycodes*の形態を形成者の行動様式の点から合理的な説明をしようとするれば、この前提の意味は極めて重要である。

最近になって、*Phycodes*同様に内在型底生生物の摂食痕であると長い間考えられてきた生痕化石 *Chondrites* と *Zoophycos* が、形成者の排泄行動の産物であり、形成者は海底面上で摂食を行っていたことを示す証拠が見つかった (Kotake, 1989, 1991a and b, 小竹, 1992, 1995 など)。つまり、規則的な摂食行動の産物と考えられてきた生痕化石の形態は、海底面上の摂食行動を反映した規則的排泄行動の結果、という新たな解釈である。このことは、*Phycodes*についても同様な観点からの見直しが今後必要なことを示唆しているのかもしれない。

2) 古水深指示者としての *Phycodes*

底生生物の化石は、それを含む地層の堆積環境、特に堆積時の水深を知る手がかりとして利用されることが多かった。生痕化石も同様に、堆積深度指示者としての利用と有効性の検討を目的とした研究が、1960年代後半以降に多くなされた (Seilacher, 1967; Crimes, 1975; Chamberlain, 1978; Frey and Pemberton, 1984 など)。それらの研究によれば、*Phycodes*はせいぜい陸棚外縁部までの浅海堆積物を特徴づける生痕化石と見なされてきた (Crimes, 1975)。この結果を尊重すれば、今回 *Phycodes*が発見された相模湖層群瀬戸層は、陸棚上で堆積した地層ということになる。しかし、現

在までのところ、堆積深度の有効な指示化石が全く発見されていないとは言え、岩相を見る限り瀬戸層が陸棚以浅の堆積物とは考えられない。

これまでの *Phycodes*に関する研究の多くは、古生代の地層から産出した試料のみにもとづいていた。このことを考慮すると、*Phycodes*によって新生代の地層の堆積時の水深を推定することには相当の無理があると考えざるを得ない。また、最近の研究では、*Paleodictyon*, *Cosmorhappe*, *Spirorhappe*といった古水深指示者として有効だと考えられている一部の生痕化石を別にすれば、全ての生痕化石が古水深指示者とはなり得ないことも指摘されてきている。さらにBottjerらの研究によって、一部の生痕化石ではそれをつくる生物の生息環境が、地質時代を通じて変化してきたことも判っている (Bottjer et al., 1986)。以上のことを考慮すると、*Phycodes*を有効な環境指示者として扱うことは不適当と判断される。むしろ、別の方法で瀬戸層の堆積環境を推定し、古生代と新生代における *Phycodes*形成者の生息環境の違いを検討する、といったアプローチを考えたい方が良いかも知れない。

おわりに

本稿では、古第三系相模湖層群に由来すると推定されるノジュール中に見られた生痕化石 *Phycodes* isp. と *Thalassinoides* isp. を記載・報告し、前者についてはそのもつ古生物学的および古生態学的意義、そしてそれらが包含する問題点についても述べた。今回の生痕化石の発見は、これまで時代決定のための微化石を除いて化石がほとんど発見されていない藤ノ木-愛川構造線以北の古第三系から発見された点に意義がある。この地層群は、大局的には四万十帯の一員であり、それを構成する地層群からは漸深海帯以深を特徴づける多くの生痕化石が報告されている (Katto, 1960; 甲藤, 1973; Fukuda and Hayasaka, 1978 など)。したがって、今後の調査次第によっては、小仏層群および相模湖層群からも多くの生痕化石が発見される可能性もある。他の化石に比べて精度の面に問題があるとは言え、生痕化石の情報は堆積環境に関する情報がほとんど得られていないこの地域の白亜-古第三系にとっては、極めて重要な手がかりとなり得るかもしれない。そのためにも、余りにも少なかった生痕化石に関する情報を、今後蓄積していく必要がある。

謝辞

神奈川県立生命の星・地球博物館の松島義章博士には、本報告で取り扱った生痕化石試料の検討を許可していただくとともに、試料採取地点の地質に関する情報をいただいた。ここに記して感謝する。

参考文献

- Bottjer, J. D., Droser, L. M., & Jablonski, D. 1987. Bathymetric trends in the history of trace fossils. *In* Bottjer, J. D., ed., *New Concepts in the Use of Biogenic Sedimentary Structures for Paleoenvironmental Interpretations*. SEPM Volume and Guidebook, 57-65.
- Chamberline, C. K. 1978. Recognition of trace fossils in cores. *In* Basan, P. B., ed., *Trace Fossil Concepts*. SEPM Short Course 5, 119-166.
- Crimes, T. P. 1975. The stratigraphic significance of trace fossils. *In* Frey, R. W., ed., *The Study of Trace Fossils*, 109-130, Spring-Verlag, New York.
- Fukuda, Y. & Hayasaka, S. 1978. Trace fossils from the Eocene Kayo Formation in Okinawa-shima, Ryukyu Islands, Japan. *Rep. Fac. Sci., Kagoshima Univ. (Earth Sci. & Biol.)*, (11) :13-25.
- Frey, W. R. & Pemberton, S. G. 1984. Trace fossil facies models. *In* Walker, G. P., ed., *Facies Models*, Geoscience Canada Reprint Series 1, 189-207.
- Katto, J. 1960. Some problematica from the So-called unknown Mesozoic strata of the southern part of Shikoku, Japan. *Sci. Rep., Tohoku Univ., Ser. 2, Geol., Spec. vol.* (Hanzawa Memorial Volume), (3), 323-334.
- 甲藤次郎, 1973. 土佐の“ゲテモノ”と“イゴッソオ”. *地質ニュース*, (231), 58-65.
- 久田健一郎・上野 光・岸田容司郎, 関東山地小仏層群より白亜紀放射虫化石の産出. *大阪微化石研究会誌*, 特別号, (7), 255-258.
- Kotake, N. 1989. Paleocology of the *Zoophycos* producers. *Lethaia*, (22), 327-341.
- Kotake, N. 1991a. Non-selective surface deposit feeding by the *Zoophycos* producers. *Lethaia*, (24), 379-385.
- Kotake, N. 1991b. Packing process for the filling material in *Chondrites*. *Ichnos*, (1), 277-285.
- 小竹信宏, 1992. 糞の化石から行動を知る. *科学*, (62), 541-545, 岩波書店.
- 小竹信宏, 1995. 生痕化石 *Zoophycos*: 摂食行動に規制された排泄行動の化石記録. *地質雑*, (101), XV-XVI.
- 西宮克彦, 1976. 山梨県小菅村の小仏層群よりイノセラムスを発見. *地質雑*, (82), 795-796.
- Osgood, R. G. 1970. Trace fossil of the Cincinnati area. *Palaeont. Americana*, (6), 281-444.
- 酒井 彰, 1987. 5万分の1地質図幅「五日市」及び同説明書. 75., 地質調査所.
- Seilacher, A. 1955. Spuren und Fazies im Unterkambrium. *In* Schindewolf & Seilacher: *Beitrage zur Kenntnis des Kambriums in der Salt Range (Pakistan)*, 373-399.
- Seilacher, A. 1967. Bathymetry of trace fossil. *Marine Geol.*, (5), 413-429.

(千葉大学理学部地球科学教室)

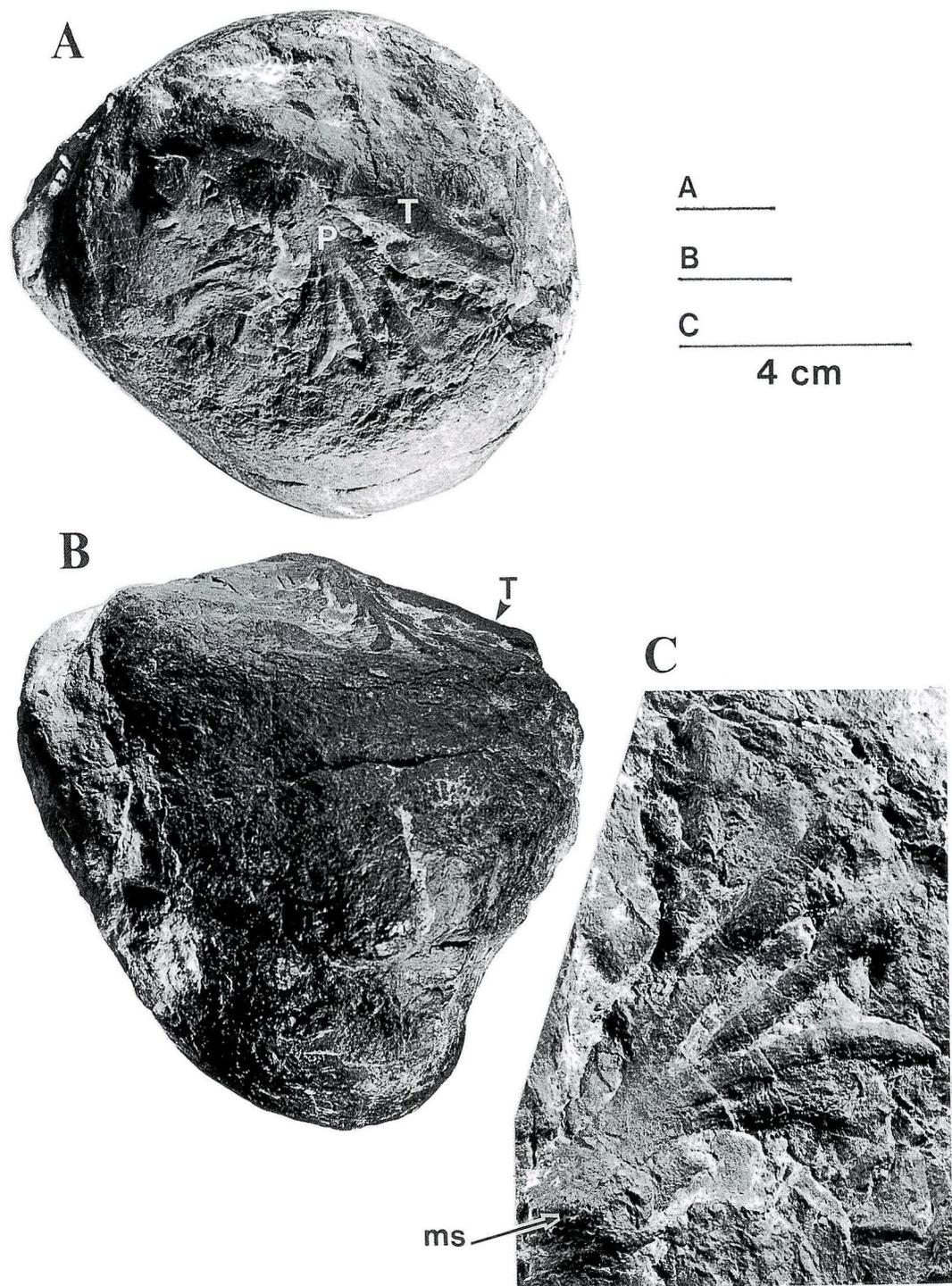


図2.

相模湖層群瀬戸層に由来するノジュールとそこに見られる生痕化石。A：生痕化石 *Phycodes* isp. (P) と *Thalassinoides* isp. (T) を含むノジュール上面部。B：ノジュール側面図。C：ノジュール上面部に見られる生痕化石 *Phycodes* のクローズアップ。ms：master shaft (主軸)。

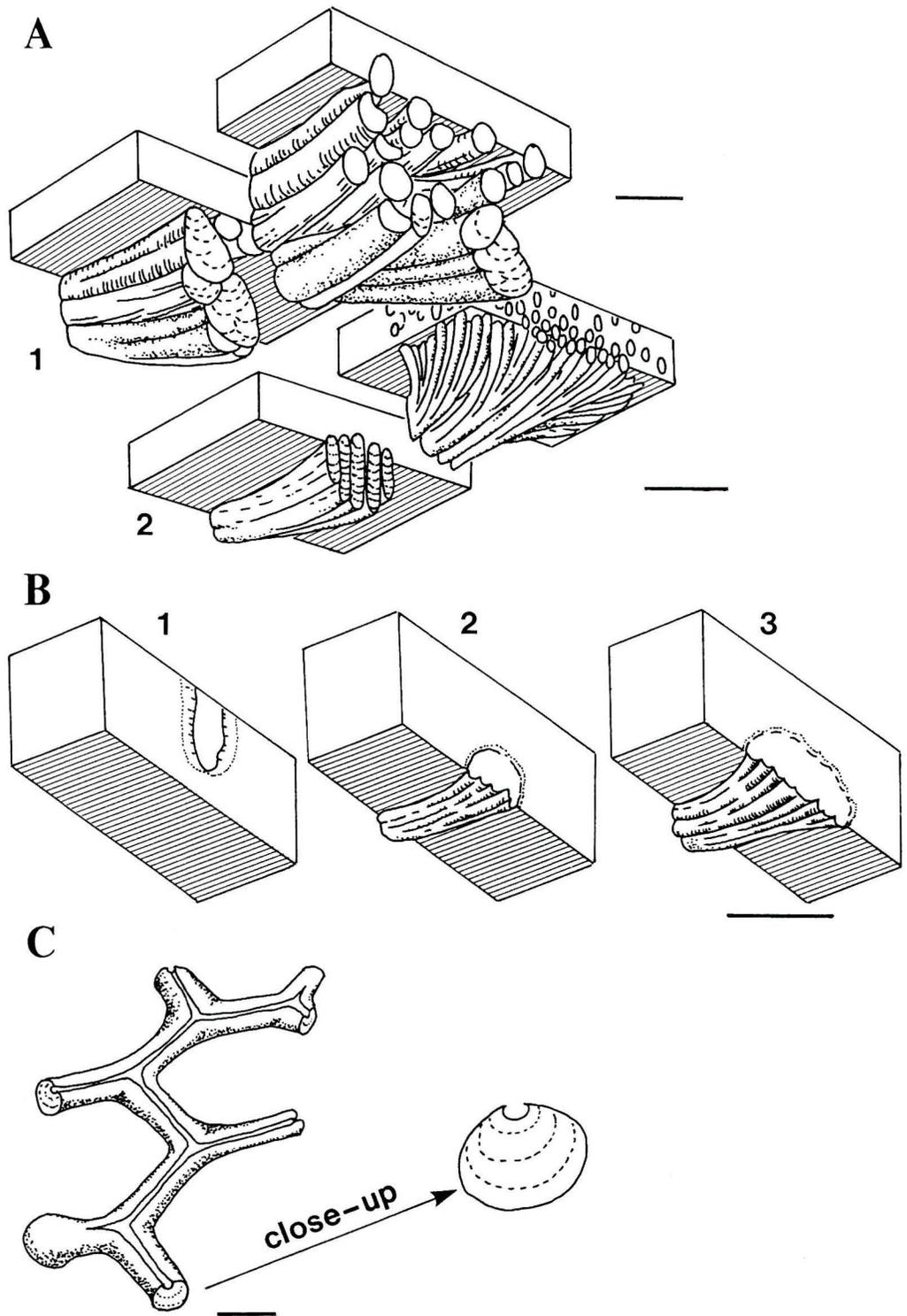


図3.

Phycodes (AとB) および *Thalassinoides* (C) の代表的形態を示す模式図。A: *Phycodes palmata* (1) および *P. circinatum* (2.)。両者ともに、基部からトンネルが分岐して扇形に広がる。Seilacher (1957, Fig. 3) の一部を改変。B: 垂直軸部から水平方向に伸びた *P. flabellum* のトンネルが、放射状に広がる様子を示すブロックダイアグラム。Osgood (1970, Fig. 15) の一部を改変。C: 層理面にほぼ平行に発達する *Thalassinoides*。枝分かれするトンネルを特徴とする。Chamberlain (1978, Figs. 63 & 64) より作成。この図では、トンネル上面部の溝とトンネル充填物の内部構造が描かれている。しかし、このグループに属する生痕全てにそれらが存在するとは限らない。スケールは、Aは1 cm, Bは2 cm, そしてCは5 cm。



5 cm

図4.

米国テネシー州ナッシュビル南方に分布するレバノン層（オルドビス紀中期）で採取した *Phycodes circinatum* の標本。レバノン層は、腕足類、棘皮動物類、介形虫類、三葉虫類、腹足類などの化石を大量に含んだ粗粒なストーム堆積物と細粒でやや泥質な石灰岩の互層からなる。*Phycodes* は、泥質石灰岩層の下面で特に良い標本が観察される。