

## 鹿児島県屋久島町楠川の生痕化石 *Protovirgularia* の産状

桑水流 淳二<sup>1</sup>・中川 正二郎<sup>2</sup>

Occurrence of trace fossil *Protovirgularia* at Kushukawa, Yakushima Town, Kagoshima Prefecture.

KUWAZURU Junji<sup>1</sup> and NAKAGAWA Shojiro<sup>2</sup>

キーワード：生痕化石 *Protovirgularia*, 産状, 形態, 堆積環境

### はじめに

屋久島に分布する基盤岩類は四万十累層群に属する砂岩、泥岩を主体とする堆積岩からなる。屋久島町楠川に分布するこの堆積岩から生痕化石 *Protovirgularia* が発見された。この化石は直線状の細長い構造をしており、その移動方向を分析したところ、高い定向性があることが分かった。また、産出する *Protovirgularia* を含めた生痕化石の多くは、深海に生息する生物によって形成され、これらの生痕化石を含む地層は深海帯の環境において堆積したことが判明した（桑水流・中川，2018）。

今回、さらに調査範囲を広げ、*Protovirgularia* の詳細な記載を行い、その形態の特徴や生痕化石を形成した堆積環境などについて考察を行う。

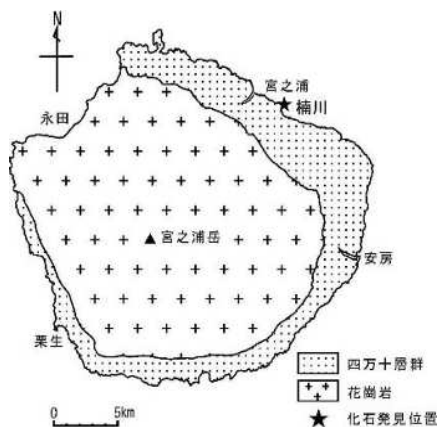


図1 屋久島の地質概要図

### 1 生痕化石 *Protovirgularia* の特徴

*Protovirgularia* は、砂岩の底面に半円～半楕円形の凸状に突き出した細長い構造をしている。その凸状に突き出した部

分の中央は溝状あるいは畝状になっており、その両側に規則的な間隔でハの字型に突起がシェブロン状にならぶことで特徴づけられている。この生痕化石は、先端が二裂あるいは三裂した特殊な形状の足をもつ二枚貝である原鰓類（protobranch）や掘足類（scaphopod）が餌を探すために堆積物中を移動することにより形成されたものと考えられている（Seilacher, A. and Seilacher, E., 1994）。

### 2 生痕化石産出層の地質

調査地の中央付近に厚さ約70 cmの塊状で中粒の砂岩があり、この砂岩を境に北側と南側に区分した（表1, 図2）。北側は、層厚13 m（図4の北）で、*Protovirgularia* が多く産出する部分が、塊状砂岩の直上（北1）と中央付近（北2）でみつかった。南側は、層厚48 mで、*Protovirgularia* が産出する部分を含む2箇所柱状図を作成した（図5, 南Iと南II）。南Iの上部（南1）と南IIの下部（南2）では *Protovirgularia* が多産した。

表1 砂岩名と個体数

区分	柱状図		砂岩名	個体数
北	北	北1	砂1～砂4	37
		北2	A～G	28
南	南I		A～J	16
	北II		K～Y	40

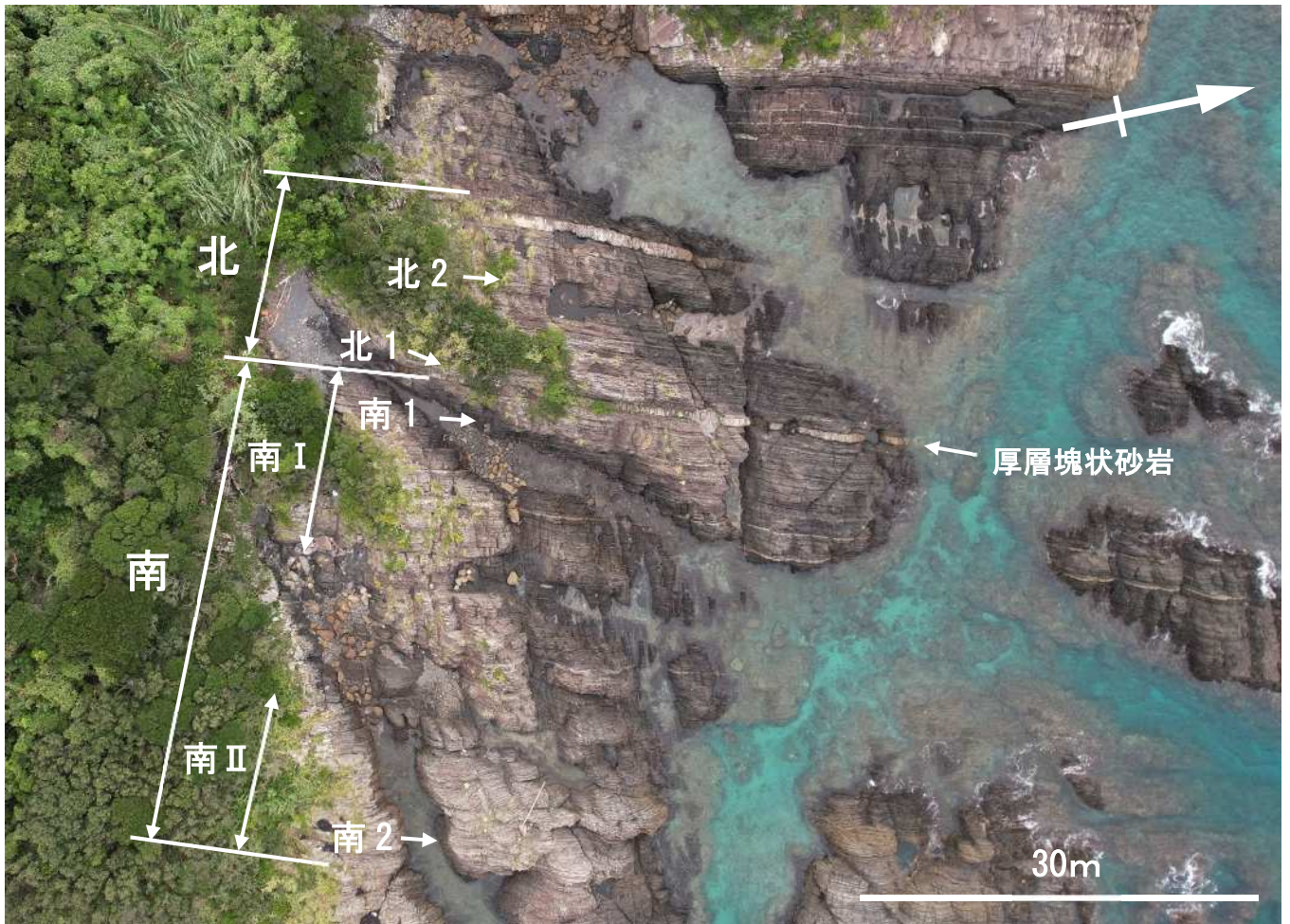


図2 調査範囲（数字は図4, 5の柱状図の番号 撮影 山本成人）

これらの地層の岩相は、層厚 1mの泥岩の間に厚さ 1~5 cmの薄層の砂岩を数層挟む泥岩優勢砂岩泥岩互層である。砂岩の層厚は膨縮に富み、平行葉理、斜交葉理、コンボリュート葉理などの堆積構造が発達している（図3）。走行はN 16~29° E、傾斜は 72~85° Nでほぼ一定している。



図3 平行葉理 (P) と斜交葉理 (C)

### 3 *Protovirgularia* の記載

これまで記載した *Protovirgularia* の個数は、桑水流・中川 (2018) の 37 個と今回の 84 個で合計 121 個である。形状を把握するために、1 個体ごとに長さ、幅、高さ、中央の幅とその形状、突起の間隔とその開いた角度ならびに突起の開いた方角（移動方向）を測定した。また、幅の 1/2 の値 (a) と高さの値 (b) から偏平率  $[(a-b)/a]$  を求めた（附表）。測定結果から得られた記載項目のそれぞれの平均値、最大値および最小値を表 2 に示す。

産出する *Protovirgularia* の種類は、桑水流・中川 (2018) で示した *Protovirgularia longespicata*, *Protovirgularia pennatus*, *Protovirgularia isp.A* と今回新たにみつかった *Protovirgularia dichotoma* の 4 種である (Plate1)。

表 2 *Protovirgularia* の各記載項目の平均値、最大値、最小値

項目	長さ (cm)	幅 (mm)	高さ (mm)	偏平率	中央の幅 (mm)	突起の間隔 (mm)	突起の角度 (°)
平均	15	14	6	0.19	2	3	117
最大	112	35	18	0.34	10	9	175
最小	3	3	2	-0.20	0	1	55

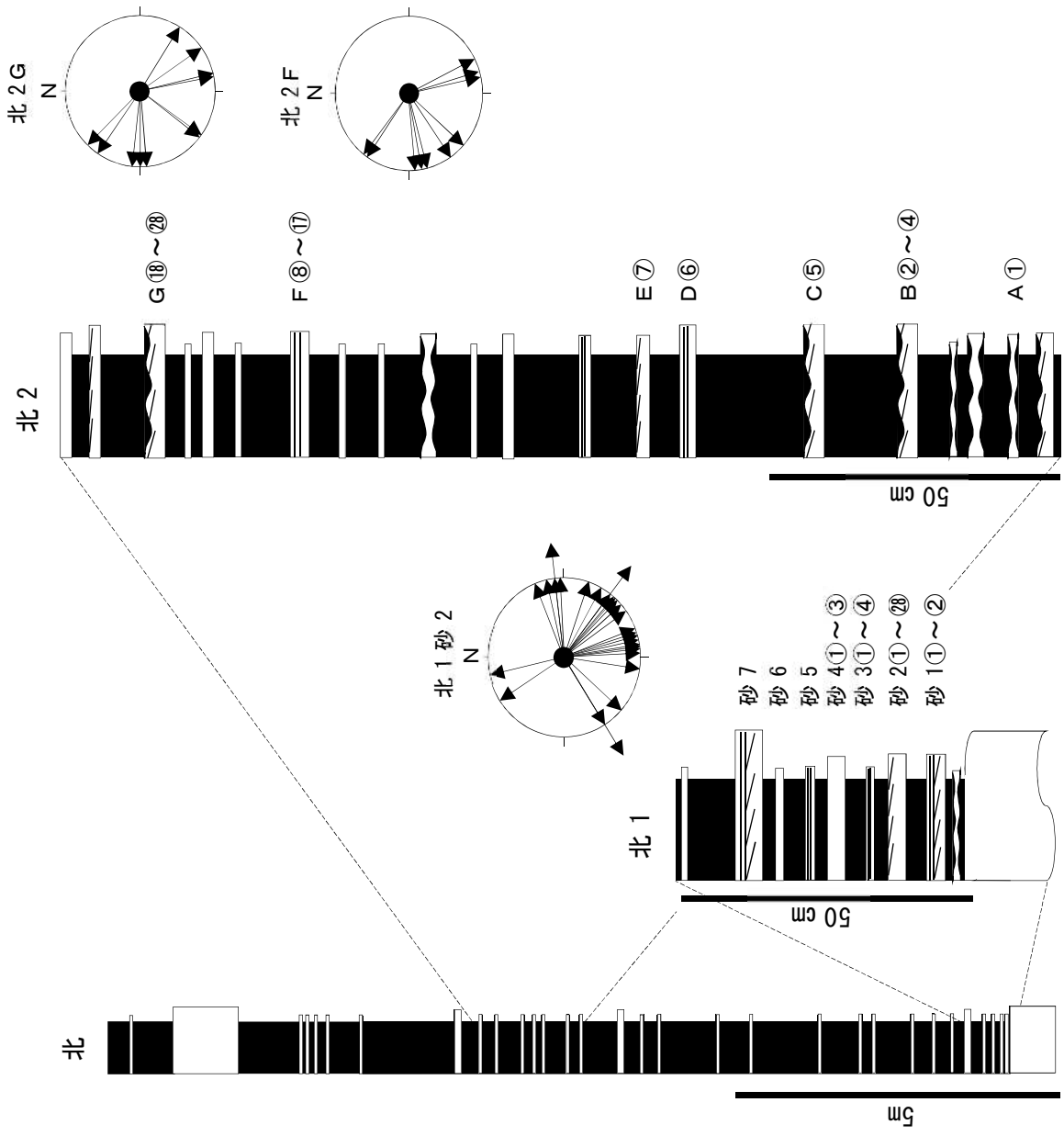
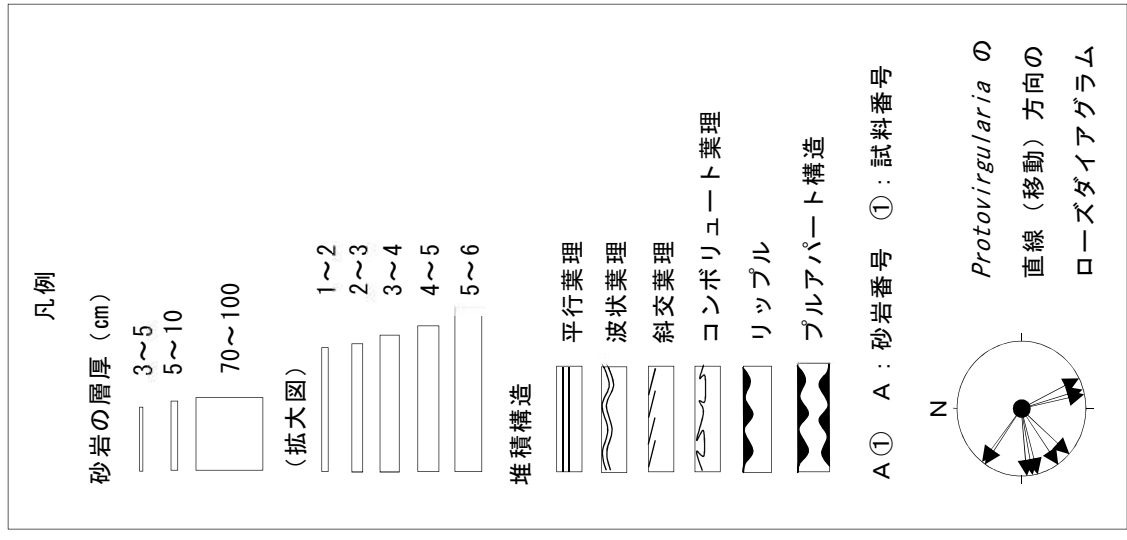


図 4 柱状図 (北)

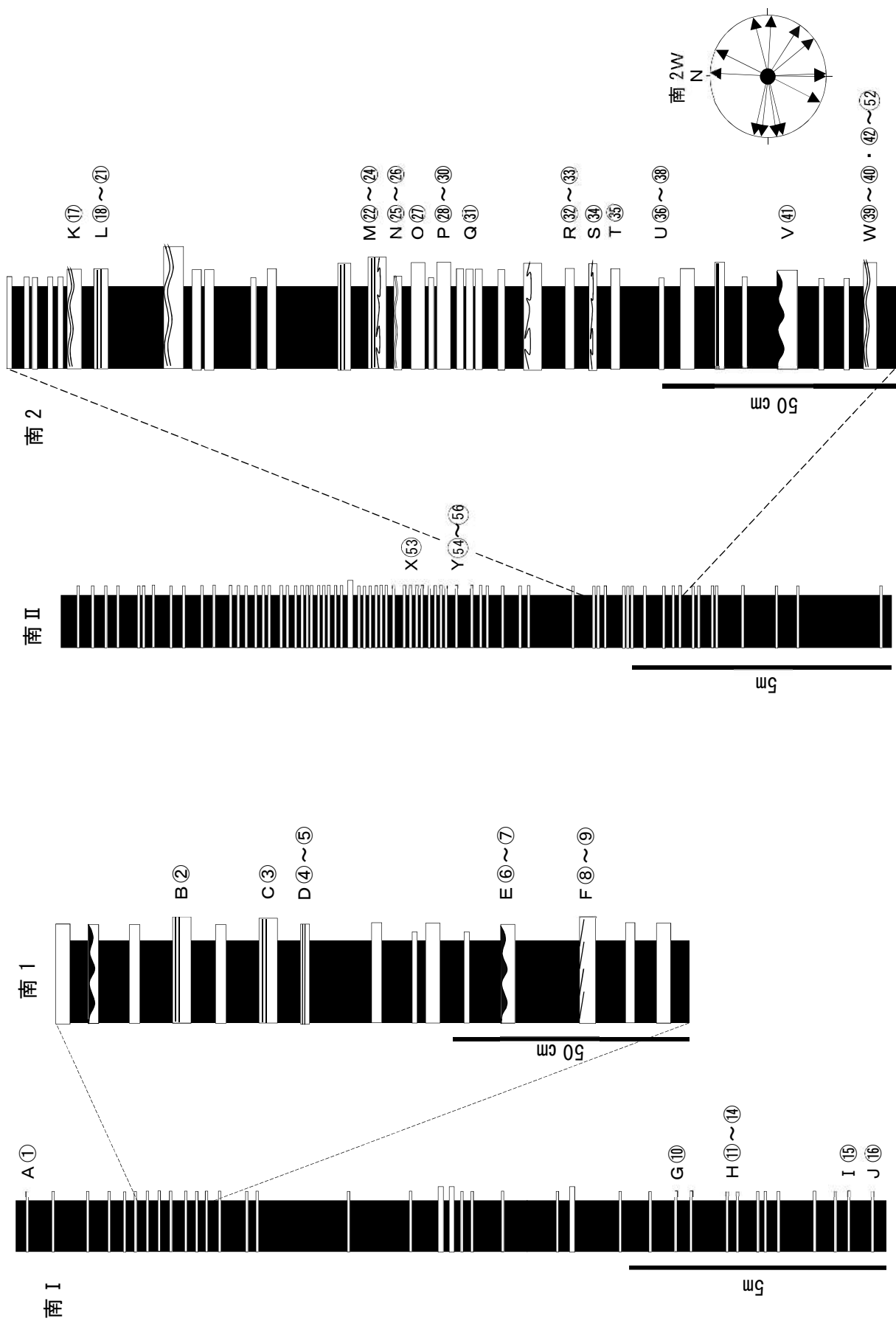


图 5 柱状图 (南)

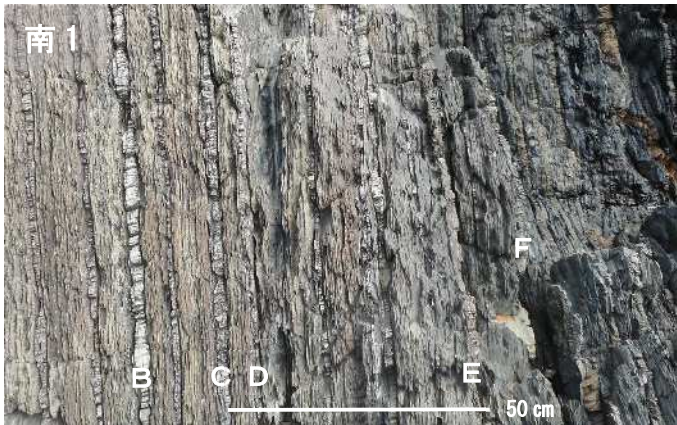


図6 柱状図の露頭 (図4の北1, 北2 図5の南1, 南2)

#### *Protovirgularia dichotoma* の記載

偏平率が 0.29~0.33 の半楕円形の断面をもち、中央の構造は太い凸状である。シェブロン状構造の個々の突起の厚さが厚く、くさび状の形をしている。(図7)。



図7 *Protovirgularia dichotoma*

#### 4 *Protovirgularia* の移動方向

*Protovirgularia* の形態的な特徴は、ハの字型になった突起がシェブロン状にほぼ直線的にならんでいることで、ハの字の開いている方向が移動方向である。北1の砂2の底面でみつけた28個に加え、今回さらに北2のF(10個)、G(11個)および南2のW(13個)の3箇所で見つけた*Protovirgularia* の移動方向を調べた。分析方法は、地層の層理面(下底面)の走行と傾斜の方向を測定し、移動方向と走行線のなす角度を測定した。次に走行線を軸として地層の傾斜を水平にもどす補正を行い、水平な海底で形成された状態の移動方向を全方位(0°~360°)で示した(附表)。

さらに移動方向の定向性の有無を調べるために、各砂岩ごとのローズダイアグラムを作成した(図4, 5)。

北1砂2のローズダイアグラムでは、ほぼ半数以上の個体が南東から南の方角に移動方向が向いている。一方、北東~北~西の方角のものはほとんどみられない。北2Fでは、西および南東の方角に移動方向が向いているものが多くみられる。一方、北~東の方角のものはない。北2Gでは北2Fのものと極めてよく似ており、ほぼ同じ傾向を示している。南2Mでは、特に西の方角に移動方向が向いているものが多くみられる。

#### 5 *Protovirgularia* の大きさと砂岩の厚さとの関係

*Protovirgularia* は、その形成者が餌を探すために堆積物中を移動した痕跡であり(Seilacher, A. and Seilacher, E., 1994), 上部の砂岩と下部の泥岩の境界(砂岩の底面)に特徴的に産出する。そこで、*Protovirgularia* の大きさとその砂岩の厚さ

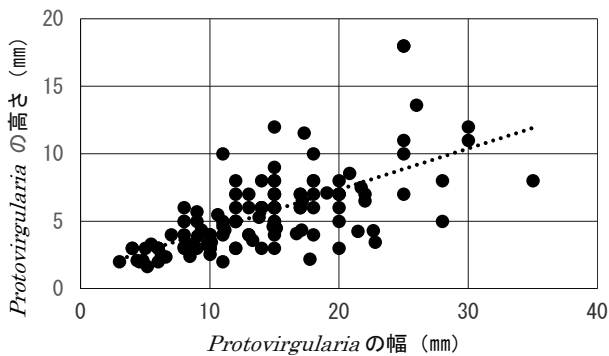


図 8 Protovirgulariaの幅と高さ

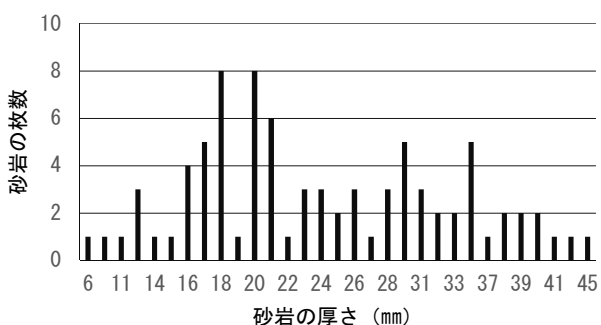


図 9 Protovirgulariaを産する砂岩の厚さ

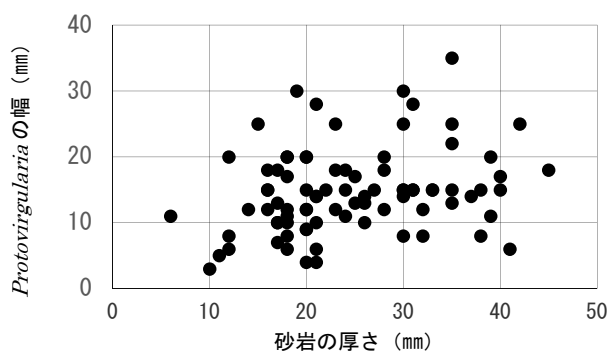


図 10 砂岩の厚さと Protovirgulariaの幅

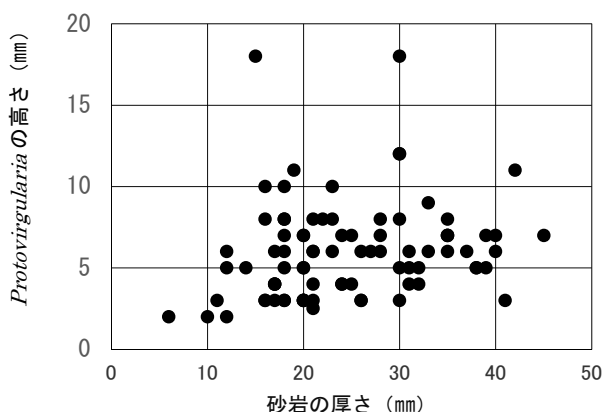


図 11 砂岩の厚さと Protovirgulariaの高さ

との関係を調べた。Protovirgulariaの大きさは、記載項目の幅と高さを用い、それぞれの個体付近の砂岩の厚さを測定した。なお、測定した砂岩は、北 2A～G (28 箇所)、南 1A～J (16 箇所) および南 2K～Y (40 箇所) である (付表)。

図 8 より Protovirgularia の幅と高さとの関係は、大きさが大きくなるとばらつきが広がるが、ある程度の相関がみられる。

図 9 より Protovirgularia を産する砂岩の厚さは最小が 6 mm で、最大が 45 mm である。16～21 mm のものが比較的多い。30 mm 前後にも小さいながらピークがある。

図 10 は砂岩の厚さと Protovirgularia の幅との関係を、図 11 は Protovirgularia の高さとの関係を示したものである。両図とも砂岩の厚さに関わらずばらつきが大きく、砂岩の厚さと Protovirgularia の幅および高さには密接な相関はほとんどみられない。

## 6 Protovirgulariaの分岐の形態

Protovirgularia の形態の特徴は、直線状の細長い構造をしていることであるが、その形状から分岐する構造をしているものが 7 個体みつかった。中心の直線状のものを幹道、分岐しているものを支道とし、それぞれの幅、幹道と支道のなす角度および幹道と支道の移動方向を調べた (表 3)。

幹道と支道のそれぞれの幅は、幹道の幅の広さに対して支道の幅は常に小さい (図 12)。幹道と支道のなす角度は、最小で  $16^\circ$ 、最大で  $30^\circ$  である。また、幹道と支道との移動方向の関係には、図 13 に示す 2 つのタイプがみられた。A は支道の移動方向が幹道から出ていくタイプで、B は幹道に入ってくるタイプである。

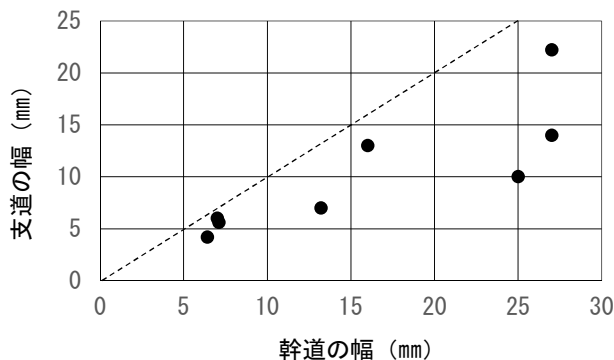


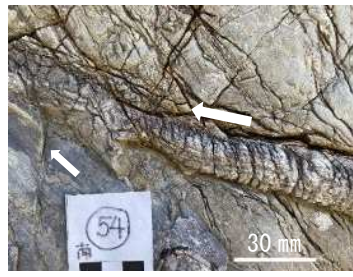
図 12 幹道と支道の幅

表 3 分岐がみられる試料の形状

試料番号	北 2④	北 2⑨	北 2⑳	北 2㉔	砂 2⑥	南 1⑩付近	南 2 ⑤④
幹道の幅 (mm)	25.0	6.4	16.7	7.1	13.2	27.0	27.0
枝道の幅 (mm)	10.0	4.2	13.0,6.0	5.6	7.0	14.0	22.2
角度 (°)	16	21	25,29	27	30	19	23
枝道のタイプ	A	A	A	A	A	A	B



Aタイプ (北 2⑳)



Bタイプ (南 2 ⑤④)

図 13 幹道と支道の移動方向



## 7 その他の産出生痕化石の記載

*Protovirgularia* の観察にともない他の生痕化石も産出した。その主なものを記載する。

### (1) Ichnogenus *Helminthopsis* Heer 1877

#### *Helminthopsis* ichnosp.

円筒状の管状の構造をし、ゆるやかにS字状のカーブを示したり、不規則に彎曲したりする。枝分かれすることはない。管の直径は4~5 mmで、短く切れるものや長く伸びているものがある(最大長 20 cm)。管の外表面は平滑で、内部は細粒砂岩で充填されている。化石は北 2No.③付近でみつきり、砂岩の底面に凸状で平行に産出する(図 14)。

### (2) 管状円形の生痕化石

中央に小さな突起があり、その周りに管状で円形の構造をしている。さらに外側に一部不明瞭ではあるが、溝状の円形の構造がみられる。管状の円形の直径は 4 mmで、管の幅は 0.5 mmである。管の断面は、半楕円形をしている。さらに外側の溝状の円形の直径は 8 mm, 溝の幅は 1 mmである。化石は北 2⑧付近でみつきり、砂岩層の底面に凸状で平行に産出する(図 15)。この形状に似た生痕化石は、桑水流・中川(2018)で報告されたが、外側の溝状の円形の部分は確認されていない。

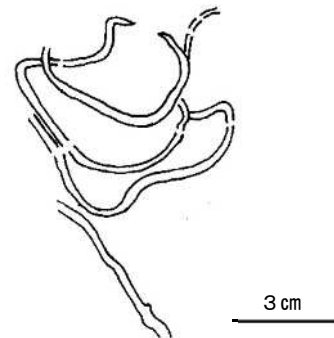


図 14 *Helminthopsis* ichnosp.



図 15 管状円形の生痕化石

## 8 考察

*Protovirgularia* の形態の特徴や生痕化石を形成した堆積環境などについて考察を行う。

### (1) *Protovirgularia* の移動方向の定向性について

砂岩 2 の底面で見つかった個体の移動方向に定向性が確認された(桑水流・中川, 2018)。今回分析した, 北 2 の F, G および南 2 の W の砂岩の底面で見つかった個体にも定向性が認められる。一般に, 二枚貝にみられる定向配列は, 濾過食の種が生息場の流れに対応して呼吸や摂餌に最適となるように体の方向を変えていた結果と理解されている(Jerzykiewicz, T. and Norris, D.K., 1993 など)。*Protovirgularia* は, 二枚貝類が餌を探すために堆積物中を移動することによって形成されたものと考えられており, 移動方向の定向性は, 生息場の流れに関連してできた可能性がある。

### (2) *Protovirgularia* の分岐の形態について

記載をした *Protovirgularia* のなかで分岐しているものが 7 個体みつかった。その特徴として, 幹道の幅の広さに対して支道の幅は常に小さく, 幹道と支道のなす角度は, 最小で  $16^\circ$ , 最大で  $30^\circ$  である。また, 幹道と支道との移動方向の関係には 2 つのタイプがみられた。分岐がみられる *Protovirgularia* の古生態学意味について, 碓・奈良 (2006) は, Iwasaki (1998) によって報告された, カサガイ類にみられる個体間の“後追い”行動をもとに次のように説明した。「ある *Protovirgularia* 形成者が堆積物中を移動した痕は, 堆積物が周囲より柔らかく, また分泌された粘液も残存していると考えられる。そこで, *Protovirgularia* 形成者が堆積物中を移動する際, より大きな個体によって“十分に攪拌され, 軟らかくなった”堆積物に行き当たった場合, 前者は, そこを通れば摂食や餌の探索をする際の移動に必要なエネルギーを節約できると考えた。」

堆積物中を移動手段としている *Protovirgularia* の形成者にとってすでに掘られた痕を利用することは利便性が高いと思われる。さらに掘られた大きさが自分の大きさより大きい場合はなおさらである。分岐している形状の特徴として幹道の幅の広さに対して支道の幅は常に小さいのは, このような利便性のためであると考えられる。また, 幹道と支道との移動方向の関係に 2 つのタイプがみられるのは, 幹道を利用しようとする *Protovirgularia* の形成者が幹道に行き当たり, 入り込もうとする状態のものが B タイプで, 幹道から出ようとする状態のものが A タイプであると考えられる。*Protovirgularia* の分岐の形状と移動方向を表すモデルを図 16 に示す。

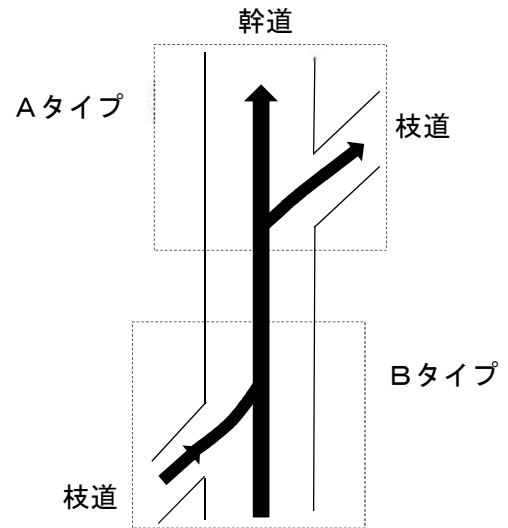


図 16 *Protovirgularia* の分岐の形状と移動方向

### (3) 生痕化石を含む地層の堆積環境について

#### 1) 産出する生痕化石から

桑水流・中川 (2018) で産出した生痕化石のなかで, *Protovirgularia*, *Spirodesmos*, *Helminthopsis*, *Paleodictyon* などは深海に生息する生物によって形成され, これらの生痕化石を含む地層は深海帯の環境において堆積したものと推察された。今回, 北 2No.③付近で *Helminthopsis* がみつかった。この生痕化石は, 沖縄県始新統嘉陽層から産出が報告され(福田ほか, 1978), 深海域で形成されたものであり, これまで産出した生痕化石によって推察された堆積環境を支持するものである。

#### 2) *Protovirgularia* の大きさと砂岩の厚さの関係から

*Protovirgularia* の大きさと化石を産する砂岩の厚さとの関係を分析したところ, *Protovirgularia* の幅および高さや砂岩の厚さには密接な相関はみられなかったが, *Protovirgularia* を産する砂岩の厚さの分析では, 砂岩の厚さは最小が 6 mm で, 最大が 45 mm であり, 16~21 mm のものが比較的多いことが分かった。*Protovirgularia* は, 二枚貝であると考えられるその形成者が餌を探すために堆積物中を移動した痕跡であり, 上部の砂岩と下部の泥岩の境界(砂岩の底面)に特徴的に産出する。このことを考慮すると, 形成者が地層中に潜り, 堆積面上に水管を伸ばして呼吸を行う必要がある。そのため上部にある砂岩の厚さは, 水管の長さよりも短い必要がある。今回の分析では, *Protovirgularia* を産する砂岩の最大の厚さは 45 mm であり, 図 4 および 5 の柱状図でも 50 mm より厚い砂岩には *Protovirgularia* は今のところみつかっていない。*Protovirgularia* の形成者が生息する環境として砂岩の厚さが 50 mm より薄くなるような堆積環境が好ましいと考えられる。



### 3) 生痕化石を含む地層の岩相から

生痕化石を含む地層の岩相は、層厚 1m の泥岩の間に厚さ 1~5 cm の薄層の砂岩を数層挟む泥岩優勢砂岩泥岩互層である。その砂岩の層厚は膨縮に富み、平行葉理、斜交葉理、コンポリュート葉理などの堆積構造が発達している。このような岩相は、一般に大陸斜面を流れ下る混濁流によって深海底に形成される海底扇状地などに多くみられる。

混濁流によって深海底に形成される海底扇状地の場合、混濁流が流れ込むチャネルの堆積物は、粒径が粗く、砂層が厚く堆積する。砂泥互層で、なおかつ砂岩の厚さが 50 mm より薄くなるような堆積環境を好む *Protovirgularia* の形成者にはチャネルのような堆積環境は適さない。一方、チャネルから溢流して形成されレビー堆積物は、粒径が細かく、細粒砂や泥からなる砂泥互層からなり、泥が多く、砂層は薄層になりやすい。また、カレントリップルやコンポリュート葉理などの堆積構造がよく発達している。調査地における生痕化石を含む地層の岩相は、レビー堆積物の岩相に酷似している。

以上のことから、生痕化石を含む地層は、深海域の海底扇状地におけるレビーを形成するような堆積環境下で形成されたものであると考えられる。

## 9 まとめ

鹿児島県屋久島町楠川に分布する四万十累層群から産出する生痕化石 *Protovirgularia* を詳細に記載し、さらに周辺の岩相などを調査し、*Protovirgularia* の形成者の生態や生痕化石を含む地層の堆積環境について検討を行った。これらの内容は以下のように要約される。

- (1) 今回新しく産出した主な生痕化石は *Protovirgularia* 属では、*Protovirgularia dichotoma* で、その他 *Helminthopsis ichnosp.* および管状円形の生痕化石である。
- (2) *Protovirgularia* の移動方向を今回 3 箇所 の砂岩で分析したところ全ての個所において定向性が認められる。
- (3) *Protovirgularia* の大きさと砂岩の厚さとの関係を分析した結果、*Protovirgularia* の幅および高さ と砂岩の厚さには密接な相関はみられなかったが、*Protovirgularia* を産する砂岩の最大の厚さは 45 mm であり、16~21 mm のものが比較的多いことが分かった。
- (4) *Protovirgularia* の分岐の形状の特徴として、幹道の幅の広さに対して支道の幅は常に小さく、幹道と支道のなす角度は、最小で 16°、最大で 30° である。また、幹道と支道との移動方向の関係には、2 つのタイプがみられた。この 2 つの分岐のタイプは、堆積物中を移動した痕を利

用するための入り口の形状と出口の形状を示している。

- (5) 生痕化石を含む地層の岩相は、層厚 1m の泥岩の間に厚さ 1~5 cm の薄層の砂岩を数層挟む泥岩優勢砂岩泥岩互層で、砂岩には堆積構造が発達している。このような堆積物の堆積環境として、深海域の海底扇状地におけるレビーを形成するような環境が考えられる。

今後、*Protovirgularia* の移動方向の定向性をもたらす要因を解明するために、*Protovirgularia* の詳細な形態の分析と生痕化石を含む地層を堆積学的観点から研究する必要がある。

## 謝辞

本調査を進めるにあたり、屋久島町には調査に関して便宜を図っていただいた。鹿児島県立錦江湾高等学校の多久島徹氏には現地調査の協力をいただいた。また、鹿児島県立屋久島高等学校の山本成人氏には調査地の空撮写真を提供していただいた。以上の方々に深く感謝の意を表す。

## 付記

本調査地は海岸であり、*Protovirgularia* をはじめとする生痕化石を含む露頭は、激しい波浪などによって破損が生じている。そのため、鹿児島県立博物館では 2021 年 3 月 19 日に露頭の型取りを実施した (図 17)。

作業は塗布範囲の周囲のマスキング、シリコン (信越シリコン KE-12) の塗布、乾燥の手順で行った。作業状況を画像で記録するとともに、薬液による環境汚染が生じないよう細心の注意を払った。

この型取り資料は、今後館内での展示や調査研究への利用を予定している。



図 17 型取り状況 (シリコンの塗布)

## 引用・参考文献

- 福田泰英・海掘明彦・大塚裕之・早坂祥三, 1978, 嘉陽層の堆積学的一考察. 琉球列島の地質学研究, 第3巻, 39-52.
- 橋元 勇, 1956, 屋久島の時代未詳層群の層序とその地質構造および種子島西部の熊毛層群に関する1, 2の事実. 九大教養地学研究報告, 2, p.23-34.
- 碓 雄太, 2004, 室戸半島羽根岬の古第三系に見られる生痕化石 *Protovirgularia* の古生態. 日本古生物学会 2004 年年会予稿集.
- 碓 雄太・奈良正和, 2006, 高知県室戸半島の古第三系に見られる生痕化石 *Protovirgularia* 類. 日本古生物学会 2006 年年会予稿集.
- 碓 雄太・奈良正和, 2006, 古第三系室戸半島層群に見られる生痕化石 *Protovirgularia* 類の分岐とその古生態: 二枚貝類の“海底ハイウェイ”. 日本地質学会学術大会講演要旨.
- 小竹信宏, 2001, 生痕化石として記録された底生動物の生活・行動様式. 古生物の科学 3, p.168-187.
- 桑水流淳二, 2007, 鹿児島県屋久島の四万十層群から生痕化石 *Zoophycos* の発見. 鹿児島県立博物館研究報告, 26, p.13-20.
- 桑水流淳二・中川正二郎, 2012, 鹿児島県屋久島町宮之浦の四万十層群から産する生痕化石. 鹿児島県地学会誌, 101, p. 1 -14.
- 桑水流淳二・中川正二郎, 2018, 鹿児島県屋久島の四万十層群から生痕化石 *Protovirgularia* の発見. 鹿児島県立博物館研究報告, 37, p.73-88.
- 奈良正和, 2003, 中新統竜串層に産する定向配列した生痕化石 *Lockeia siliquaria*: 埋在性濾過食二枚貝の古生態とその堆積学的意義. 地質学雑誌, 109, 12, p.710-721.
- Nara,M.and Ikari,Y, 2011, “Deep-sea bivalvian highways”:An ethological interpretation of branched *Protovirgularia* of the Palaeogene Muroto-hanto Group,southwestern Japan.*Palaeogeogr.,Paleoclimatol.,Palaeoecol.*, 305,250-255.
- 野田浩司, 1994, 日本産生痕化石研究への序説, 294p., 洛思社.
- Seilacher,A. and Seilacher,E., 1994,Bivalvian trace fossils:A lesson from actuopaleontology. *Cour.Forsch.-Inst.Senckenberg*,169,5-15

付表1 *Protovirgularia*類の形状一覧（北2A～G）

砂岩番号	個体番号	長さ (cm)	幅 (mm)	高さ (mm)	扁平率	中央部の幅 (mm)	中央部の形状	突起の間隔 (mm)	突起の角度 (°)	移動方向方位 (°)	種名	砂岩の厚さ (mm)
A	①	4	15	3	0.60	2	浅い窪みに太い2本	3	120	122	<i>P.isp.</i>	16
B	②	15	15	6	0.20	2	溝1本筋	3	150	215	<i>P.isp.A</i>	31
B	③	7	4	3	-0.50	1	溝状	2	90	320	<i>P.longespicata</i>	20
B	④	45	25	7	0.44	3	浅い窪み2本筋状	4	60	5	<i>P.longespicata</i> (?)	40
C	⑤	5	20	6	0.40	3	あぜ状	3	140	135	<i>P.dichotoma</i> (?)	28
D	⑥	25	18	10	-0.11	4	溝数本筋	5	145	316	<i>P.isp.</i>	16
E	⑦	5	10	4	0.20	2	溝不明瞭	3	115	295	<i>P.isp.</i>	21
F	⑧	7	15	5	0.33	2	浅い窪み細い筋	3	120	223	<i>P.longespicata</i>	30
F	⑨	9	6	3	0.00	1	溝	4	90	168	<i>P.longespicata</i>	21
F	⑩	112	14	6	0.14	4	浅い窪み2本筋	5	90	163	<i>P.longespicata</i>	21
F	⑪	10	4	3	-0.50	1	溝	2	90	153	<i>P.longespicata</i>	21
F	⑫	7	15	7	0.07	2	溝1本レーン	3	55	308	<i>P.longespicata</i> (?)	24
F	⑬	7	15	6	0.20	4	3本突起レーン溝なし	4	130	235	<i>P.dichotoma</i> (?)	33
F	⑭	8	13	6	0.08	2	浅い窪み2本筋状	3	120	255	<i>P.isp.</i>	26
F	⑮	9	14	6	0.14	4	凸状	3	125	260	<i>P.dichotoma</i> (?)	21
F	⑯	7	11	4	0.27	?	不明瞭	3	135	265	<i>P.isp.</i>	24
F	⑰	3	10	3	0.40	2	極浅い窪み	3	145	305	<i>P.isp.</i>	26
G	⑱	3	20	7	0.30	9	3本凸レーン	3	160	265	<i>P.dichotoma</i> (?)	39
G	⑲	3	11	5	0.09	1	溝状	3	100	305	<i>P.longespicata</i> (?)	39
G	⑳	3	14	6	0.14	2	溝状	3	120	275	<i>P.isp.</i>	37
G	㉑	10	15	5	0.33	3	凸状	4	130	145	<i>P.dichotoma</i>	38
G	㉒	11	8	5	-0.25	1	溝状	5	115	315	<i>P.longespicata</i>	38
G	㉓	10	15	6	0.20	0	繋がっている	6	130	215	<i>P.isp.</i>	35
G	㉔	7	6	3	0.00	2	溝状	2	105	217	<i>P.isp.</i>	41
G	㉕	19	35	8	0.54	7	浅い窪み筋状	5	60	121	<i>P.isp.</i>	35
G	㉖	32	18	7	0.22	3	溝	8	70	167	<i>P.longespicata</i>	45
G	㉗	9	17	6	0.29	3	凸状	5	120	165	<i>P.dichotoma</i>	40
G	㉘	14	13	7	-0.08	0	繋がっている	3	170	288	<i>P.longespicata</i>	35

*Protovirgularia*類の形状一覧（南I A～J）

砂岩番号	個体番号	長さ (cm)	幅 (mm)	高さ (mm)	扁平率	中央部の幅 (mm)	中央部の形状	突起の間隔 (mm)	突起の角度 (°)	移動方向方位 (°)	種名	砂岩の厚さ (mm)
A	①	8	10	4	0.20	2	凸状	4	120	350	<i>P.isp.</i>	20
B	②	6	30	11	0.27	8	凸状	4	175	292	<i>P.isp.</i>	19
C	③	7	13	4	0.38	2	浅い溝状	6	105	289	<i>P.longespicata</i>	25
D	④	22	8	6	-0.50	2	溝状	2	125	342	<i>P.longespicata</i>	12
D	⑤	20	25	18	-0.44	3	浅い溝状	6	115	148	<i>P.longespicata</i>	15
E	⑥	15	18	4	0.56	4	溝状	5	115	102	<i>P.isp.</i>	24
E	⑦	4	15	6	0.20	2	溝状	4	115	302	<i>P.isp.</i>	27
F	⑧	42	15	8	-0.07	3	溝状	4	120	292	<i>P.longespicata</i> (?)	22
F	⑨	4	12	5	0.17	3	溝状（両側突起）	4	120	227	<i>P.isp.</i>	14
G	⑩	26	20	8	0.20	2	筋状1～2本	3	130	38	<i>P.isp.</i>	18
H	⑪	20	18	8	0.11	3	溝状	2	120	113	<i>P.longespicata</i> (?)	28
H	⑫	42	30	12	0.20	3	浅い溝状	3	150	54	<i>P.isp.A</i> (?)	30
H	⑬	25	25	18	-0.44	3	溝状	4	90	344	<i>P.isp.</i>	30
H	⑭	7	14	8	-0.14	2	溝状	5	130	133	<i>P.isp.</i>	30
I	⑮	11	20	5	0.50	3	溝状	8	95	332	<i>P.isp.</i>	12
J	⑯	5	11	2	0.64	2	溝状	3	120	322	<i>P.isp.</i>	6

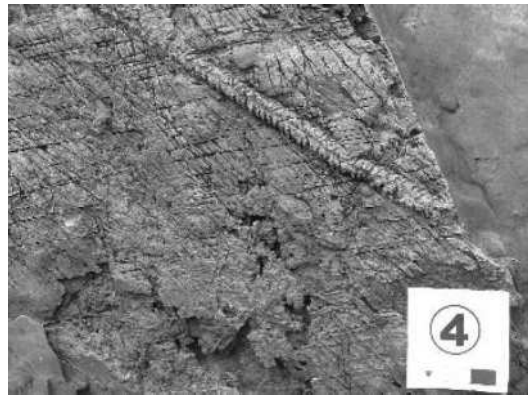
付表2 *Protovirgularia*類の形状一覧 (南ⅡK~Y)

砂岩 番号	個体 番号	長さ (cm)	幅 (mm)	高さ (mm)	扁平率	中央部の 幅 (mm)	中央部の 形状	突起の 間隔 (mm)	突起の 角度 (°)	直線方向 方位 (°)	種 名	砂岩の 厚さ (mm)
K	⑰	3	15	9	-0.20	1	溝	3	90	257	<i>P.isp.</i>	33
L	⑱	12	15	8	-0.07	1	溝	2	95	215	<i>P.isp.</i>	16
L	⑲	26	15	12	-0.60	2	3本レール	4	100	175	<i>P.longespicata</i>	30
L	⑳	5	8	5	-0.25	1	細い溝	3	140	102	<i>P.longespicata</i> (?)	18
L	㉑	14	12	3	0.50	?	浅い溝	3	130	77	<i>P.isp.</i>	16
M	㉒	5	15	4	0.47	2	溝	4	130	20	<i>P.isp.A</i> (?)	31
M	㉓	7	25	10	0.20	2	筋状突起	4	150	20	<i>P.isp.A</i> (?)	23
M	㉔	9	20	7	0.30	5	溝両側突起	5	95	8	<i>P.longespicata</i> (?)	18
N	㉕	6	20	3	0.70	1	細い溝	4	105	260	<i>P.longespicata</i>	20
N	㉖	6	14	3	0.57	1	不明瞭	3	?	260	<i>P.isp.</i>	26
O	㉗	3	15	7	0.07	2	細い溝	4	110	20	<i>P.longespicata</i>	20
P	㉘	16	25	7	0.44	7	溝2本レール	5	70	5	<i>P.isp.</i>	35
P	㉙	8	11	10	-0.82	2	浅い溝	3	95	50	<i>P.longespicata</i> (?)	18
P	⑳	4	12	8	-0.33	0	なし	2	140	85	<i>P.longespicata</i> (?)	18
Q	㉑	11	5	3	-0.20	1	凸状	2	110	302	<i>P.isp.</i>	11
R	㉒	20	20	7	0.30	2	溝両側突起	4	105	8	<i>P.isp.</i>	20
R	㉓	44	12	3	0.50	2	溝両側突起	3	110	149	<i>P.longespicata</i> (?)	20
S	㉔	5	13	4	0.38	1	1本レール	2	110	79	<i>P.isp.</i>	17
T	㉕	14	3	2	-0.33	0	なし	1	105	344	<i>P.isp.</i>	10
U	㉖	5	12	6	0	2	溝	4	115	348	<i>P.isp.</i>	23
U	㉗	14	10	3	0.40	?	溝1本レール	5	90	168	<i>P.isp.</i>	18
U	㉘	18	6	2	0.33	0.5	溝	2	90	225	<i>P.longespicata</i> (?)	12
V	㉙	46	28	8	0.43	10	溝両側突起	5	145	11	<i>P.isp.</i>	21
W	㉚	10	28	5	0.64	7	溝1本レール	4	115	261	<i>P.isp.</i>	31
W	㉛	10	18	8	0.11	2	平滑	4	140	93	<i>P.isp.</i>	23
W	㉜	10	17	6	0.29	2	溝両側突起	3	115	284	<i>P.isp.</i>	18
W	㉝	30	10	3	0.40	0	繋がっている	2	130	277	<i>P.longespicata</i> (?)	17
W	㉞	6	8	3	0.25	1	溝	3	105	205	<i>P.isp.</i>	30
W	㉟	4	9	5	-0.11	3	溝	4	120	179	<i>P.isp.</i>	20
W	㊱	22	7	4	-0.14	0.5	溝	3	140	25	<i>P.isp.</i>	17
W	㊲	8	17	7	0.18	2	浅い溝	3	118	75	<i>P.isp.</i>	25
W	㊳	5	12	5	0.17	?	溝2本レール	2	140	255	<i>P.isp.A</i> (?)	20
W	㊴	10	9	3	0.33	0.5	溝	2	112	180	<i>P.longespicata</i> (?)	20
W	㊵	10	12	7	-0.17	2	溝	3	90	2	<i>P.isp.</i>	28
W	㊶	7	10	4	0.20	0.5	溝	2	95	142	<i>P.isp.</i>	17
W	㊷	4	18	6	0.33	5	2本溝	2	115	123	<i>P.isp.</i>	17
X	㊸	11	25	11	0.12	3	溝	8	120	90	<i>P.longespicata</i> (?)	42
Y	㊹	62	22	7	0.36	2	1本レール	3	100	178	<i>P.isp.</i>	35
Y	㊺	10	12	5	0.17	2	溝	2	140	300	<i>P.isp.</i>	32
Y	㊻	8	8	4	0	1	溝	2	100	300	<i>P.isp.</i>	32

Plate1 (スケールの目盛りは1 cm)



*Protovirgularia longespicata* (北 2⑧)



*Protovirgularia longespicata* (南 1④)



*Protovirgularia pennatus* (北 1 砂 2⑮)



*Protovirgularia isp.A* (北 1 砂 2⑲)



*Protovirgularia dichotoma* (北 2⑳)



*Protovirgularia dichotoma* (北 2㉑)

Plate2 北2 F No. 8~17 (矢印は進行方向)

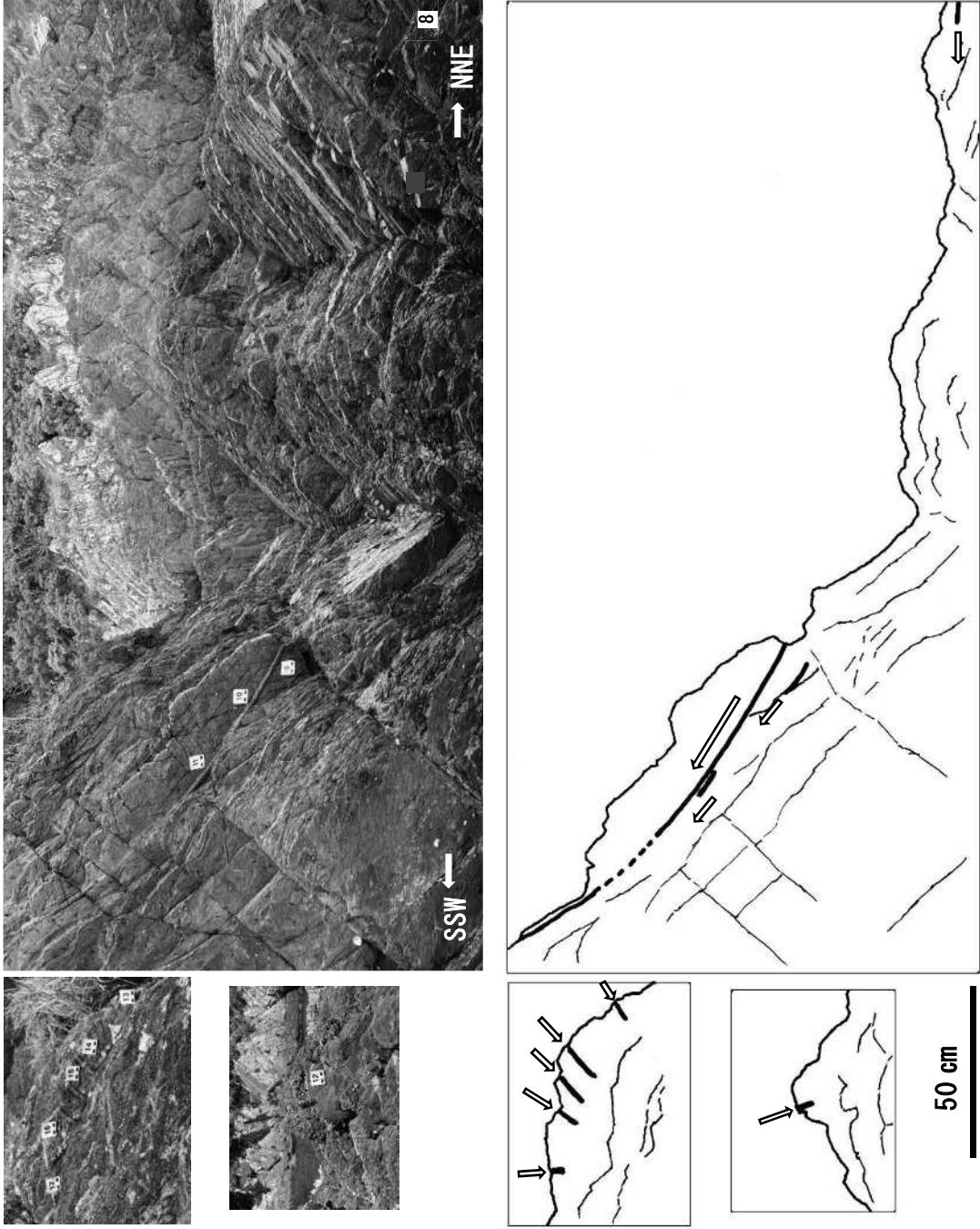


Plate3 北2G No.18~28 (矢印は進行方向)

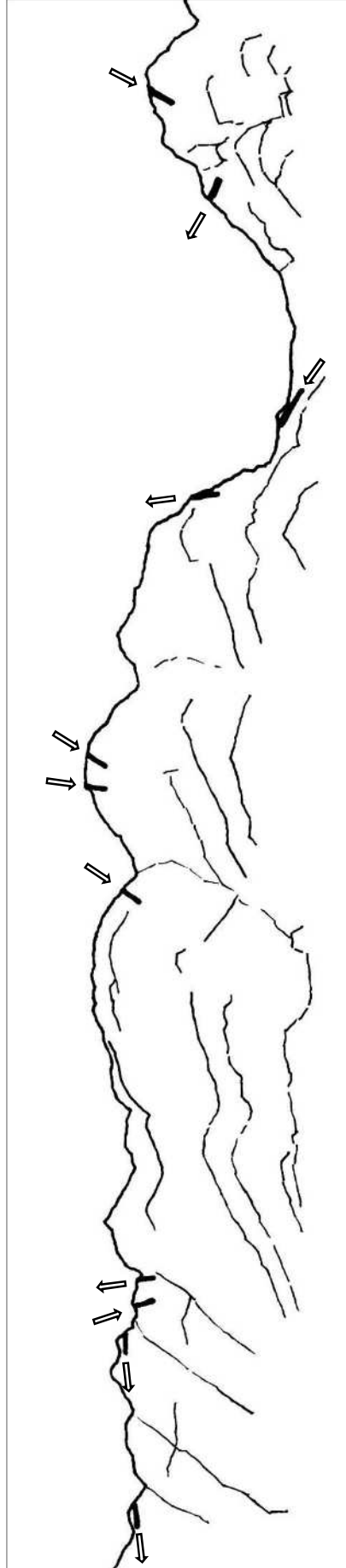
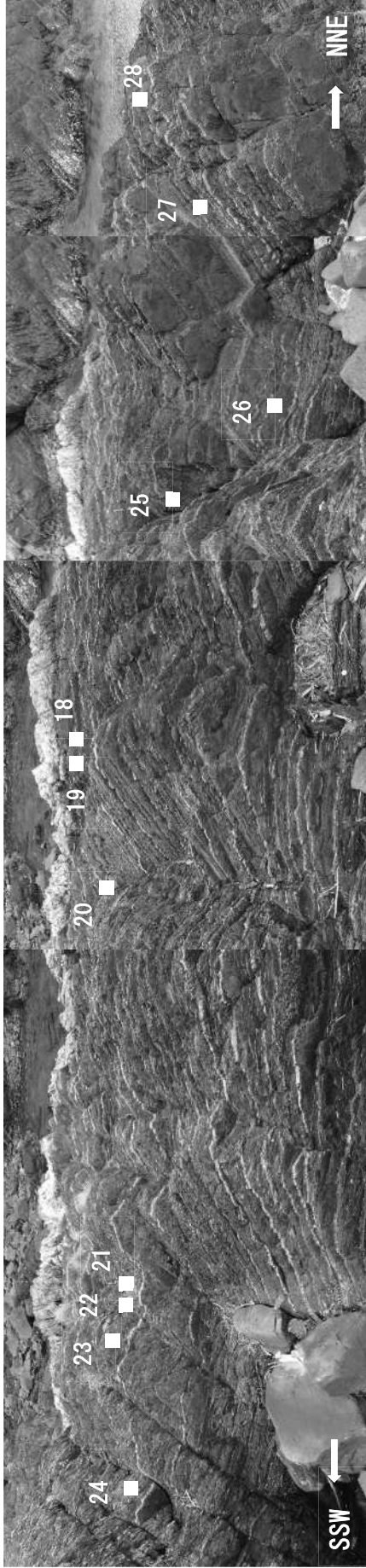
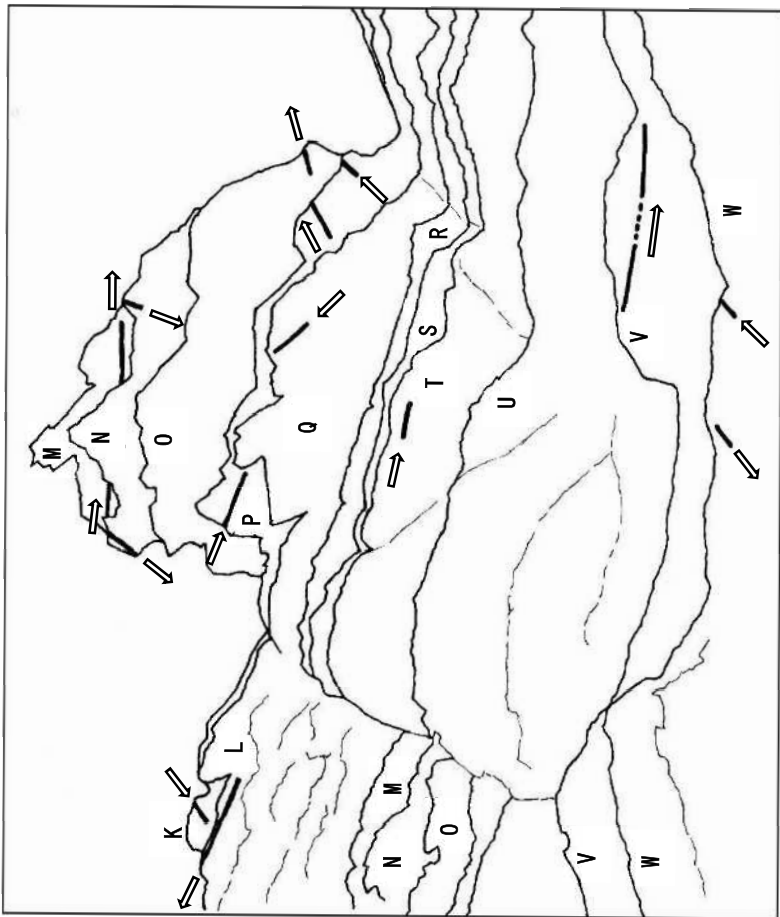
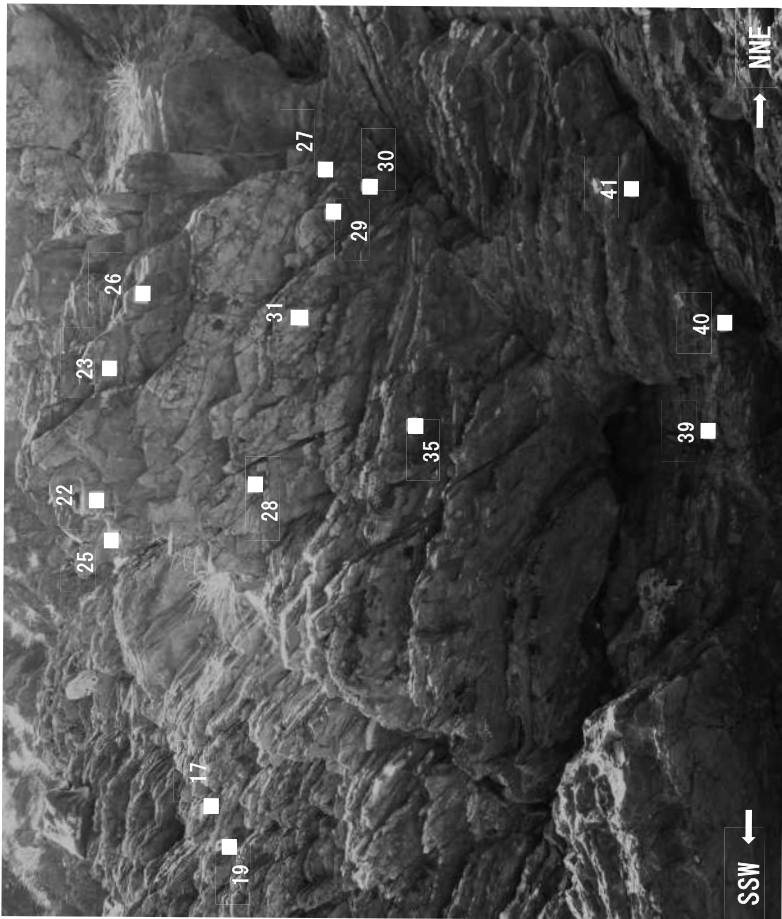


Plate4 南2 K~W (矢印は進行方向)



1 m





Plate5 南2 W No. 39~40, No. 42~52 (矢印は進行方向)

