

鹿児島県屋久島の四万十累層群にみられる生痕化石 *Terebellina*

桑水流 淳二*

Trace fossil *Terebellina* from the Shimanto Supergroup in Yakushima Island, Kagoshima Prefecture

KUWAZURU Junji*

Abstract: The trace fossil *Terebellina* from the Shimanto Supergroup in Yakushima Island is described. The shape of *Terebellina* is straight to curved, elongated tubes and unbranched. The cross section is elliptical. The interior of the tube is filled with fine-grained sand. Examination of the fossil sequence revealed a high degree of orientation, and the fossils were transported by running water. Analysis of the shape of the fossil revealed that the burrows was U-shaped.

キーワード: 生痕化石 *Terebellina*, 定向性配列, U字管状棲管

Key Words: trace fossil *Terebellina*, directional sequence, U-shaped burrows

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堆積岩類からなる。今回この堆積岩類から生痕化石 *Terebellina* が3つの地区(小瀬田, 宮之浦, 深川)において極めて保存がよく, 比較的まとまった状態で発見された。そこでその詳細な記載と産状を調査し, *Terebellina* の形態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。

屋久島の基盤岩類は, Hanzawa (1935) による琉球列島の地形地質に関する研究の中で初めてその概要が明らかにされ, その後, 橋本 (1956) や長浜・坂井 (1972) によって層序と地質構造が報告されている。基盤岩類からの化石に関しては, 斎藤ほか (2007) は始新世と考えられる放散虫化石群集を報告している。生痕化石については, 佐藤・長浜 (1979) は平内の両開壟南方海岸から生痕化石 *Terebellina*

shikokuensis Katto を確認している。桑水流 (2007), 桑水流・中川 (2012) は, 宮之浦の海岸から生痕化石 *Zoophycos* をはじめとする多くの生痕化石を記載している。桑水流・中川 (2018, 2023) は楠川の海岸から生痕化石 *Protovirgularia* を記載している。

1 生痕化石 *Terebellina* について

生痕化石 *Terebellina* は E.O. Ulrich (1904) によって提唱された。形態は細長い管状, 直線から曲線の形状をしている。両端は開口しており, 内部はシルトや砂などによって充填されている。全体の長さは 15cm を超えることはなく, 管の外径は 2mm 程度である。

この生痕化石は, ゴカイなどの多毛類が生息していた棲管であると考えられている。多毛類はそのほとんどが海生で, 体節があることが特徴の一つである。自由に遊泳する遊在性のものと, 底質などに固着して生活する定在性のものに大別される。(奥田・山田 1969)。遊在性多毛類は, 一般に海底の軟質な地層を掘り, 粘液で固めたものや石灰質を分泌した筒状の棲管をつくりその中に居住する。それらが地層中に保存され生痕化石となる。

図2はフサゴカイ類の *Amphitrite ornata* とその棲管である。この棲管は大部分がまわりの堆積物より細かい物質で構成され, 厚い管壁をもっている。棲管の一端または両端は一般に摂食の結果, 蓄積された砂の小丘によってとりこまれている。*Amphitrite ornata* は頭部によく動く繊毛のある触手をもっており棲管の一端から

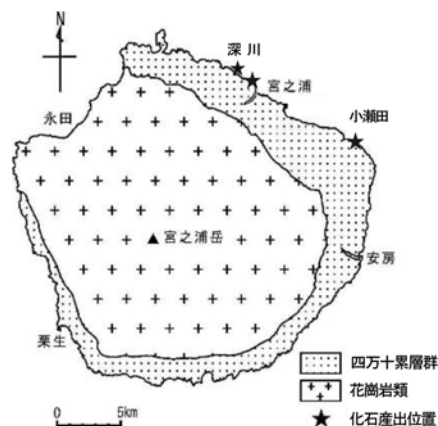


図1 屋久島の地質概要図

* 鹿児島県地学会

放射状に広がっている。この触手を通じてデトリタスは口に運ばれる。また、棲管のなかで位置を逆転することによって、どちらの開口部でも摂食できる。したがって、U字管の支管部は1本の垂直管として機能し、両端が交互に使われている (Aller & Yingst 1978)。

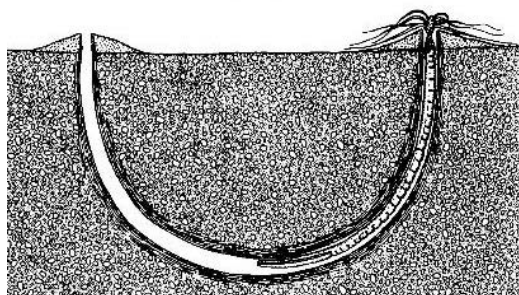


図2 フサゴカイ類の *Amphitrite ornata* のU字管 (Aller & Yingst 1978)

2 調査結果

(1) 生痕化石産出層付近の地質

今回、生痕化石 *Terebellina* が発見された3つの地区は屋久島の北東部に位置する。生痕化石が産出した周辺の地質について述べる。

【小瀬田地区】 生痕化石を産する付近は泥岩優勢砂岩泥岩互層からなる (図3)。泥岩は黒～黒灰色で、葉理がみられるものもある。砂岩は暗灰色で細粒である。この互層は層厚約1mの間に厚さ2～5cmの砂岩が3～4層あるだけでほとんど泥岩で占められている。化石産出層付近の泥岩と砂岩の厚さの割合は約4対1である。化石産出層の泥岩層 (図4) の層理面の走行・傾斜は $N45^{\circ} \sim 60^{\circ} E$, $50^{\circ} \sim 80^{\circ} N$ であるが、小褶曲が発達しているため層理面の方向は変化が著しい。褶曲面の走行・傾斜は $N70^{\circ} \sim 75^{\circ} W$, $21^{\circ} \sim 28^{\circ} N$ で褶曲軸は $30^{\circ} \sim 46^{\circ}$ 東にプランジしている。層理面と斜交する劈開の発達が著しく、劈開面の走行・傾斜は $N78^{\circ} W$, $38^{\circ} N$ である。また小褶曲が発達している付近では小断層もみられ、その幅は平均5mm, 最大2cmで石英脈で充填されている。断層面の走行・傾斜



図3 小瀬田地区の露頭

は $N46^{\circ} \sim 66^{\circ} W$, $25^{\circ} \sim 27^{\circ} N$ で上盤側が北西方向に下がっている。



図4 化石を産する泥岩のI層とII層

【宮之浦地区】 生痕化石を産する付近は砂岩優勢砂岩泥岩互層からなる (図5)。泥岩は黒～黒灰色でシルト質で、単層の厚さは5cm未満である。砂岩は暗灰色～灰白色で細粒～中粒で、単層の厚さは20cm未満である。平行葉理、斜交葉理、波状葉理、コンボリュート葉理などの葉理が発達している (図6)。また、砂岩層の上には ripple mark が1箇所 (図7)、底面には flute mark が2箇所 (図8) がみつき、それぞれの古流向の方向を測定し、ローズダイアグラムに表した (図9)。3箇所ともほぼ北から南への流れを示している。化石産出層付近の泥岩と砂岩の厚さの割合は約1対3である。層理面の走行・傾斜は $N35^{\circ} \sim 45^{\circ} E$, $60^{\circ} \sim 65^{\circ} N$ でほぼ一定している。



図5 宮之浦地区の露頭



図6 葉理が発達する砂岩

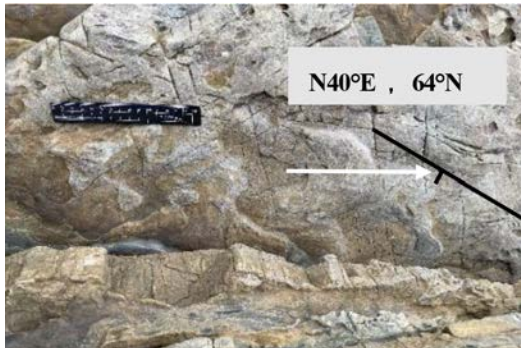


図 7 砂岩層の上面に見られる ripple mark
黒線は層理面の走行・傾斜 白線は流向

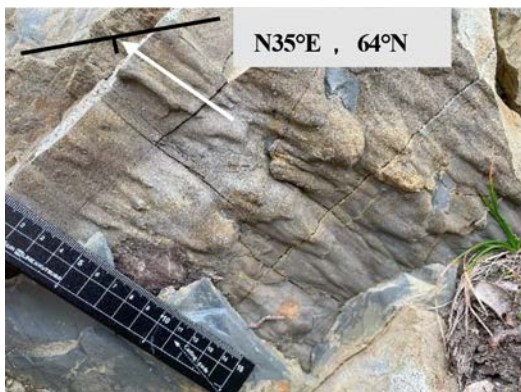


図 8 砂岩層の底面に見られる flute mark
黒線は層理面の走行・傾斜 白線は流向

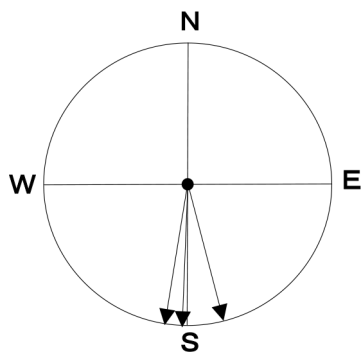


図 9 古流向のローズダイアグラム

【深川地区】 生痕化石を産する付近は泥岩および泥岩優勢砂岩泥岩互層からなる(図 10)。泥岩は黒色で、葉理がみられるものもある。砂岩は暗灰色で細粒である。泥岩優勢砂岩泥岩互層は層厚約 1m の間に厚さ 1 cm 未満の砂岩が 6～8 層あるだけで、ほとんど泥岩で占められている。化石産出層付近ではほぼ 10cm 間隔に 5mm 未満の砂岩を 1～3 層挟んでいる。泥岩と砂岩の厚さの割合は約 8 対 1 である。地層の層理面の走行・傾斜は $N5^{\circ}W, 85^{\circ}N$ である。周辺は折りたたまれた小褶曲により地層が繰り返している。薄層の砂岩が引き延ばされてレンズ状に連なったり湾曲したり破片状になったりして、未～半固結の泥や砂の堆積物が塑性流動してできるスランプ構造がみられる(図 11)。



図 10 深川地区の露頭(スケールは 1 m)



図 11 スランプ構造

(2) 生痕化石 *Terebellina* の産状および記載

生痕化石 *Terebellina* の産状と記載について述べる。

【小瀬田地区】 生痕化石は 2 つの泥岩層(下位から I 層, II 層) から産出する。泥岩 I 層の層厚は 22mm で、上位の砂岩層の厚さは 5mm である。泥岩 II 層は 42mm で、上位の砂岩層は 6mm である。化石の形状は管状で、直線のものや曲線のものがある。分岐はみられない。泥岩の最上部の層理面上にはほぼ平行に凸状に産出する。数は少ないが層理面に対してやや斜交して泥岩中に産するものもある。化石の伸びの方向の長さは数 mm から最大 11.2cm である。管の横幅は 1.8mm から最大 4.5mm である。表面は平滑であり、黄色と黒色の縞模様が見られるものがある。ほとんどの化石に伸びの方向と同じ縦方向の細長い溝がその中央部にある。また、胴切り方向には間隔が 5mm 前後の割れ目がある(図 12)。断面は層理面に平行な楕円形をしており、扁平した 2

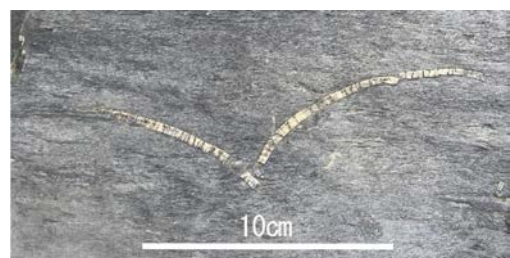


図 12 *Terebellina* ichnosp. (小瀬田地区)

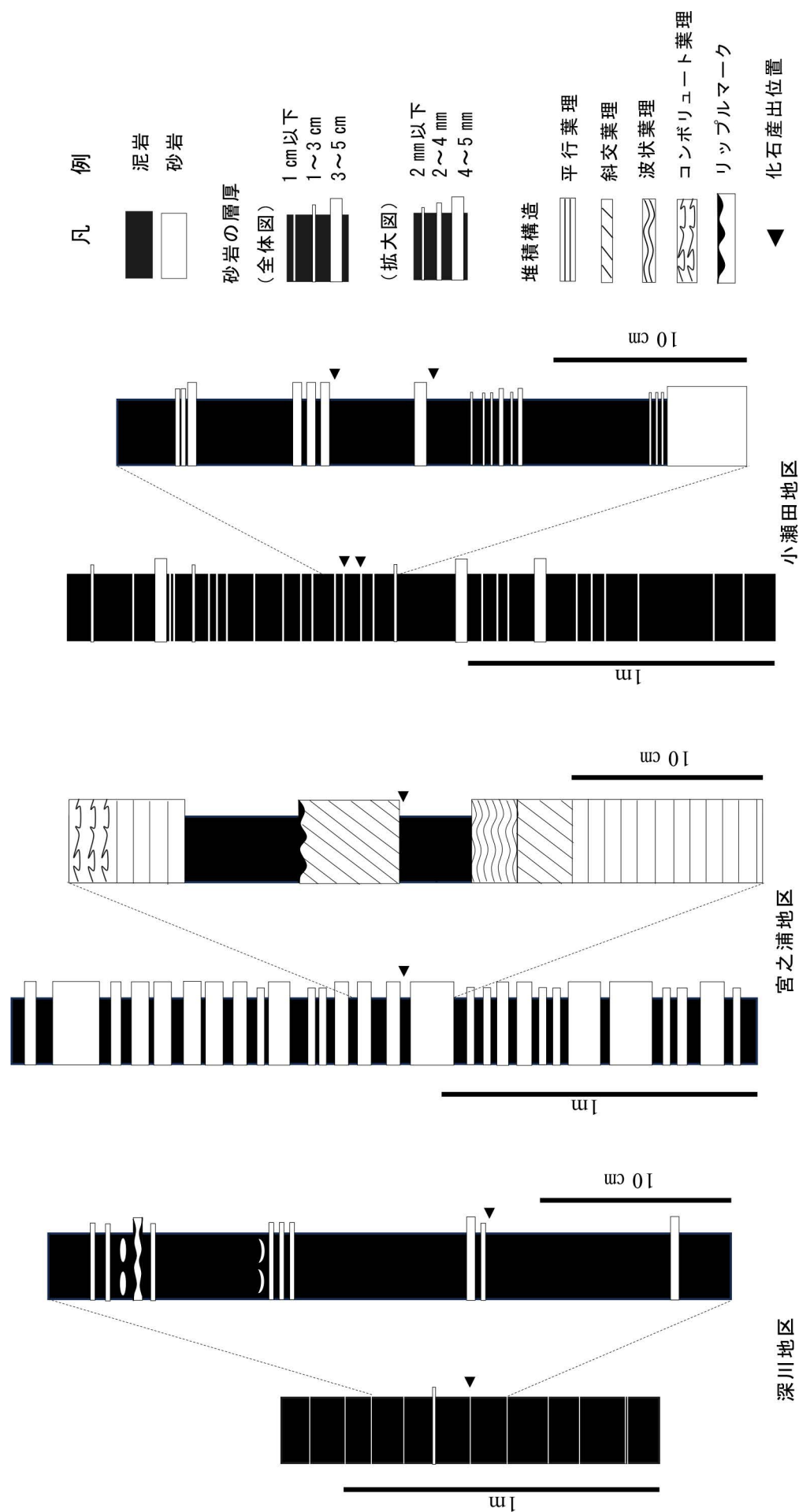


図 13 化石産出地点の柱状図

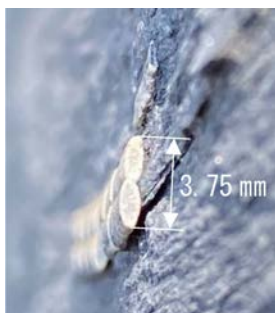


図 14 断面の形状

つの楕円が横にならんでいる形状をしているものもある(図 14)。管壁の厚さは 0.1 ~ 0.2mm で、管内は極めて細かい白色の微粒子で充填されている。硬度計を用いて管壁の外側の硬度を計ると硬度 6 では傷がつかず、硬度 7 で傷がつく。

【宮之浦地区】 生痕化石は厚さ 4cm のシルト質泥岩層の上面から産出する。上位の砂岩層は厚さ 6cm でその上面には ripple mark (図 7) がみられる。化石の形状は管状で、直線のものが多く、曲線のは少ない。分岐はみられない。層理面上にほぼ平行に凸状に産出する。化石の伸び方向の長さは最大 3.2cm である。横幅は 1.0mm から最大 3.5mm である。表面は平滑で乳白色をしている。ほとんどの化石に伸びの方向と同じ縦方向の細長い溝が中央部にある。また、胴切り方向には数 mm 間隔で節がある。断面は層理面に平行な楕円形をしている。管壁の厚さは 0.3mm で、管内は褐色の細粒砂で充填されている。



図 15 *Terebellina* ichnosp. (宮之浦地区)

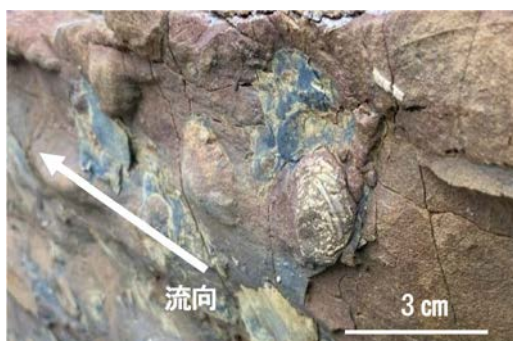


図 16 flute mark の削りこみに堆積した *Terebellina* の破片

図 16 は、図 17 のように flute mark が形成されるとき流れの渦により底質が削られてできた凹部に *Terebellina* の破片が混ざった砂が堆積したものである。

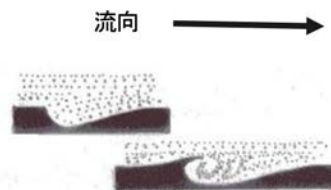


図 17 flute mark の断面形

(Dzulynski and Walton, 1965)

【深川地区】 生痕化石は厚さ 5cm の泥岩層から密集して産出する。上位の砂岩層は厚さ 1mm である。化石の形状は管状で、直線のものや曲線のがみられるが、分岐はみられない。層理面上にほぼ平行に凸状に産出する。化石の伸び方向の長さは最大 4.5cm である。横幅は 2.0mm から最大 5.0mm である。表面は平滑で乳白色をしている。ほとんどの化石に伸びの方向と同じ縦方向の細長い溝が中央部にある。また、胴切り方向には数 mm 間隔で割れ目や節がある。断面は層理面に平行な楕円形をしている。管壁と内側の充填物との区別が不明瞭で極めて細かい白色の微粒子で充填されている。硬度計を用いて管壁の外側の硬度を計ると硬度 6 では傷がつかず、硬度 7 で傷がつく。



図 18 *Terebellina* ichnosp. (深川地区)

(3) 化石の形状について

① 曲線の曲率について

記載された化石の形状は、直線のものや曲がり具合の異なる曲線のがみられた。それぞれの個体で曲率 (κ) を調べた。化石の形状を実測でスケッチし、その図をもとに曲率を求めた。実際の化石の曲率は連続的に変化しているが、今回は 1 個体で同じ曲率の部分をいくつか区切り、それぞれの部分から 2 本の接線を引き、その半径を曲率半径 (r) として測定した。曲率は $\kappa = 1/r$ として求めた。なお、曲率半径 (r) の単位はメートルである(図 19)。

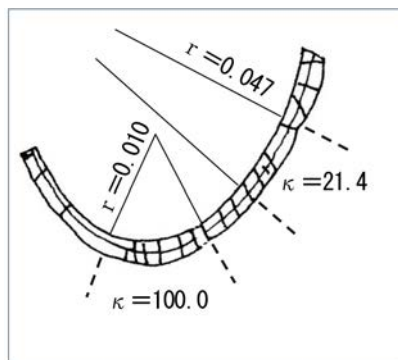


図 19 曲率 (κ) の分析図

小瀬田地区で記載された主なものの曲率を分析した結果が表 1, 2 および Plate2 である。対象とした個体は 12 個で、測定箇所は 24 箇所である。表 1 は、固体番号Ⅱ-3, 4 の測定結果を示したものである。Ⅱ-3 では 4 箇所、Ⅱ-4 では 3 箇所曲率を計測した。それぞれの曲率はともに段階的に減少している。また 2 つの個体の曲率を比較すると同一もしくは近い数値のものがある。そこで計測された全曲率をグループに区分したものが表 2 である。計測された全曲率は 6.3 ~ 100.0 で、曲率が大きい順に A~E のグループに区分した。曲率が最も大きいグループ A は 6 個の個体で測定され、これらの個体では、曲率半径が 1.0 ~ 1.7 cm の円形の 1/4 ~ 1/3 の部分の形状を化石として残している (Plate2 の固体番号Ⅱ-1, 5, 21 など)。

表 1 曲率変化の例

固体番号	曲率半径 (m)	曲率	グループ
Ⅱ-3-①	0.011	92.6	A
②	0.047	21.3	B
③	0.118	8.5	C
④	0.152	6.6	D
Ⅱ-4-①	0.016	62.5	A
②	0.047	21.3	B
③	0.117	8.5	C

表 2 曲率のグループ

曲率半径 (m)	曲率	測定数	グループ
0.010 ~ 0.017	58.8 ~ 100.0	6	A
0.044 ~ 0.048	20.7 ~ 22.9	5	B
0.078 ~ 0.118	8.5 ~ 12.8	7	C
0.152 ~ 0.156	6.4 ~ 6.6	3	D
(直線)		3	E

深川地区でも 2 個体の曲率を求めた (図 18 の個体)。それぞれの個体の曲率は 72.4 と 21.8 である。前者の個体はグループ A に、後者はグループ B に属している。

② 管の横幅の変化について

小瀬田地区で分析対象とした個体の管の横幅は 2.7 ~ 4.2mm である (Plate2)。1 個体のなかでもその横幅に変化がみられる。Ⅱ-4 では曲率が 8.5 から 62.5 に変化するにつれ、横幅は 3.1mm から 3.3mm に広くなり、Ⅱ-2 では曲率が 10.2 から 22.9 に変化するにつれ、横幅は 3.1mm から 4.2mm に広がっている。多くの化石でその曲率が大きくなると管の横幅が広がっている。

(4) 化石の並びの方向について

宮之浦地区で記載した化石は直線状のものが多く、比較的広範囲に分布している。そこで、化石の並びの方向に関する定向性の有無を調べた。化石は層理面上に平行に産出することから、堆積当時は海底の水平な堆積面 (層理面) の上に平行に堆積したと考えられる。そこで現在の層理面の走行線と化石の伸びの方向となす角度を測定し (Plate3)、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化石の伸びの方向を求めた。対象とする個体は、化石の伸びの方向の長さとの管の横幅の長さの比が 2:1 以上のものとした。それぞれの個体の伸びの方向の方角は全方位 ($0^\circ \sim 360^\circ$) で示し、さらに伸びの方向の方角の傾向を調べるために 20° 毎のローズダイアグラムを作成した (図 20)。

最も多い伸びの方向の方角は $0^\circ \sim 20^\circ - 180^\circ \sim 200^\circ$ で全体の 23% を占める。次に多い方角は、 $140^\circ \sim 160^\circ - 320^\circ \sim 340^\circ$ と $160^\circ \sim 180^\circ - 340^\circ \sim 360^\circ$ の 2 方向とともに 17% である。これらをすべて合わせた、 $320^\circ \sim 20^\circ - 140^\circ \sim 200^\circ$ の方角のものは 57% になりほぼ半数以上の個体が NW ~ NNE - SSE 方向に化石の伸びの方向が向いている。一方、 $60^\circ \sim 140^\circ - 240^\circ \sim 320^\circ$ の方角を向いている個体はほとんどない。このように宮之浦地区の化石の伸びの方向は多くが N-S 方向を示し、高い定向性がみられる。

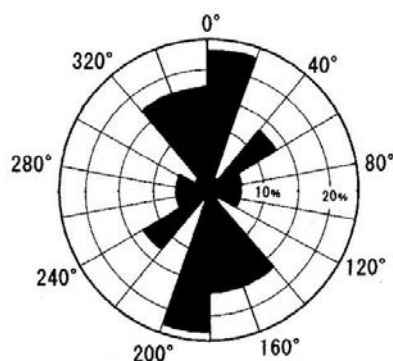


図 20 化石の伸び方向のローズダイアグラム

3 考察

(1) 岩相から推定される堆積環境について

小瀬田地区と深川地区の岩相は、層厚 1m の泥岩の間に薄層の砂岩を数層挟む泥岩優勢砂岩泥岩互層である。宮之浦地区は泥岩の単層の厚さが 5cm 未満、砂岩の単層の厚さが 20cm 未満の砂岩優勢砂岩泥岩互層で、砂岩には平行葉理、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。これらはいわゆるタービダイト相から構成されており、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ンネルの堆積物は、粒径が粗く、砂層が多く堆積する。一方、チャンネルから溢流して形成されるレビー堆積物は、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。小瀬田地区と深川地区の泥岩優勢砂岩泥岩互層は深海域の海底扇状地におけるレビー堆積物に、宮之浦地区の砂岩優勢砂岩泥岩互層はチャンネルの堆積物にそれぞれ相当するものと考えられる。調査地の生痕化石を含む地層は、混濁流によって深海底に形成される海底扇状地のような環境の下で形成されたものと考えられる。

(2) 化石の産状について

Terebellina は、ゴカイなどの多毛類が生息していた棲管であると考えられており、*Terebellina* の形成者も前述のフサゴカイ類の *Amphitrite ornata* のように海底の堆積物を掘って管状の住処をつくっていたと思われる。しかし、3 地区で観察される化石は層理面とほぼ平行に産出し、さらに化石の断面は層理面に平行な楕円形をしている。また、化石の形状は直線のものや曲率が異なる曲線のものもある。このような産状を考慮すると、海底の堆積物中に形成されていた棲管が何らかの原因で崩壊して散乱し、海底（層理面）に堆積して、その後層理面に対して垂直方向の圧力によって、円筒状の棲管が押しつぶされ楕円形になったと考えられる。

(3) 化石の並びの定向性について

宮之浦地区でみられる化石の半数以上のものがその伸びの方向がほぼ N-S 方向を示しており高い定向性がみられる。宮之浦地区の砂岩には流水により形成される平行葉理、斜交葉理、波状葉理、コンボリュート葉理などの葉理が発達し、さらに ripple mark や flute mark もみられ、それぞれの古流向の方向はほぼ北から南への流れを示している。また、長浜・板井 (1972) は、屋久島の北海岸地域の宮之浦

累層にみられる flute cast と broove cast を分析し古流向を求めた。その結果 flute cast の示す流向は北から南への方向が最も卓越し、broove cast ではその走行はほぼ N-S 方向を示し、flute cast が示す方向とよく調和していることがわかった。このように、宮之浦地区を含む北海岸地域の基盤岩が堆積する当時の流向は、北から南の方向が主流であったと推定される。

化石の伸びの方向である N-S 方向とこの地域で得られる古流向の方向である北から南への流れとは調和的であり、化石の伸びの方向の定向性をもたらす要因として海底付近の海水の流れが考えられる。さらに宮之浦地区では flute mark が形成されるとき流れの渦により底質が削られてできた凹部に *Terebellina* の破片が堆積している。

このようなことから、化石が形成された場所が何らかの原因で崩壊して棲管が散乱し、当時北から南へ流れていた海底付近の海水によって化石が運搬され、そして化石の伸びの方向が N-S 方向に並ぶように海底（層理面）に堆積したと考えられる。

(4) 棲管の形状について

① 棲管の全体的な形状について

小瀬田地区の固体番号 II-3, 4 で計測された曲率は段階的に減少している（表 1）。さらに直線状の個体もみつまっている。このことは、*Terebellina* の形状は曲率が次第に緩やかになり、そして直線状になることを示している。また、曲率が最も大きいグループ A の曲率をもつ個体では、その曲率の円形の 1/4 ~ 1/3 の部分の形状が化石として残っていることより、棲管は左右上方の方向に伸びていることを示している。これらのことから *Terebellina* の全体の棲管は、U 字管の形状をしており、最も曲率が大きいグループ A の部分は U 字管の最も下の部分（左右に曲がっている部分）に相当し、そこから左右上方に向かって曲率が次第に緩くなりそして直線になっていると考えられる。

また、U 字管の最下部である曲率が最も大きいグループ A は 6 個体で測定され、それぞれの曲率の測定値は近似し、同じような形状をしている。6 個体での曲率の平均値は $\kappa = 77.5$ である。さらに深川地区で計測された個体は曲率が 72.4 でグループ A に属している。このことはこの地域で産出する *Terebellina* の特徴であると言える。

② U 字管の管の横幅について

小瀬田地区の多くの化石で管の横幅に変化がみられ、その曲率が大きくなると横幅が広がることが

わかった。つまり曲率の大きいU字管の下の部分(左右に曲がっている部分)は横幅が最も広く、上方ほど狭くなっていることを示している。これは前述した *Amphitrite ornata* の棲管の管の幅と同じ傾向であり、*Terebellina* の形成者もU字管の下部で位置を逆転することによって管の幅が次第に広くなり、U字管の左右両側の支管部は1本の垂直管として機能し、両端が交互に使われているため、その部分の幅は狭くなっていると考えられる。

以上のことを考慮して、小瀬田地区で計測した化石を使って *Terebellina* のU字管形状を模式的に復元した(図21)。U字管の曲率は比較的全体の形状がよく残っている固体番号Ⅱ-3とⅠ-1を参考にした。U字管の外径(直径)は化石の管の横幅の2倍の長さがU字管の円周と一致するものとして求めた。なお、化石の管の横幅は測定値の平均的な値を用いた。

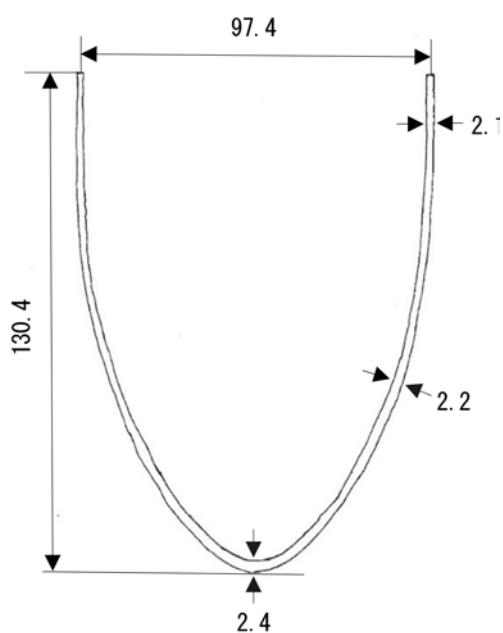


図21 屋久島産 *Terebellina* のU字管の
模式復元図(数値の単位はmm)

4 まとめ

鹿児島県屋久島に分布する四万十累層群から生痕化石 *Terebellina* が極めて保存がよく、比較的まとまった状態で発見され、その詳細な記載と産状を調査し、*Terebellina* の形態や生痕化石を形成した堆積環境などについて検討を行った。その内容は以下のように要約される。

(1) 小瀬田地区と深川地区の岩相は、層厚1mの泥岩の間に薄層の砂岩を数層挟む泥岩優勢砂岩泥岩

互層である。宮之浦地区は泥岩の単層の厚さが5cm未満、砂岩の単層の厚さが20cm未満の砂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。このような生痕化石を含む地層は、混濁流によって深海底に形成される海底扇状地のような環境の下で形成されたものと考えられる。また宮之浦地区の砂岩層に ripple mark と flute mark がみられ、それぞれの古流向の方向はほぼ北から南への流れを示している。これは長浜・板井(1972)による、屋久島の北海岸地域の宮之浦累層にみられる flute cast と broove cast を分析し、古流向を求めた結果と一致しており、宮之浦地区を含む北海岸地域の四万十累層群が堆積する当時の流向は北から南の方向が主流であったと推定される。

(2) 3箇所の調査地で観察される化石はいずれも層理面とほぼ平行に産出し、化石の形状は直線のものや曲率の異なる曲線のものもありいろいろである。さらに化石の断面は層理面に平行な楕円形をしている。また、宮之浦地区でみられる化石の半数以上がその伸びの方向がほぼN-S方向を示しており高い定向性がみられる。このような産状から、化石が形成された場所が何らかの原因で崩壊して棲管が散乱し、当時北から南へ流れていた海底付近の海水によって化石が運搬され、そして化石の伸びの方向がN-S方向に並ぶように海底(層理面)に堆積した。その後、層理面に対して垂直方向の圧力によって円筒状の棲管が押しつぶされ楕円形になったと考えられる。

(3) 小瀬田地区の主な化石の形状を分析した結果、*Terebellina* の全体の棲管は、U字管の形状をしており、最も曲率が大きい部分(平均値で $\kappa = 77.5$)はU字管の最も下の部分(左右に曲がっている部分)に相当し、そこから左右上方に向かって曲がり具合が次第に緩くなりそして直線になっていると考えられる。また、管の横幅は曲率の大きいU字管の下部分が最も広く、上方ほど狭くなっていることもわかった。これらのことを考慮して *Terebellina* のU字管の模式復元図を作成した(図21)。

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頂いた。また、屋久島地質同好会の中川正二郎氏には現地において数々の有益なご指導を頂いた。ここに深く感謝申し上げます。

引用・参考文献

- Aller, R.C. & J.Y. Yingst (1978) Biogeochemistry of tube-dwellings: a study of the sedentary polychaete *Amphitrite ornata* (Leidy). *Jour. Mar. Res.* 36: 201 – 254.
- Dzulynski, S. and Walton, E.K. (1965) Sedimentary features of flysch and greywackes. Elsevier, Amsterdam.
- Hanzawa, S. (1935) Topography and geology of the Riukiu Islands. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 2, (geol.)*, 17: 1 – 61.
- 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: 23 – 34.
- 橋元勇 (1962) 九州南部における時代未詳層群研究の総括. 九大教養地学研究報告 (9): 13 – 69.
- Katto Jiro (1960) Some Problemata from the So-called Unknown Mesozoic Strata of the Southern Part of Shikoku, Japan. *Science reports of the Tohoku University, 2nd series, (Geology), Special volume. no. 4*: 323 – 334.
- 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): 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): 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): 73 – 88.
- 桑水流淳二・中川正二郎 (2023) 鹿児島県屋久島町楠川の生痕化石 *Protovirgularia* の産状. 鹿児島県立博物館研究報告 (42): 85 – 101.
- 長浜春夫・坂井 卓 (1972) 鹿児島県屋久島の四万十層群の堆積構造. 地質調査所月報, vol. 23(8): 445 – 455.
- 野田浩司 (1994) 日本産生痕化石研究への序説. 294pp. 洛思社.
- 奥田四郎・山田真弓 (1969) 多毛綱概説. 新日本動物図鑑 (上), 北隆館.
- 大森昌衛 (1993) 生痕化石 - 生痕の生物学と化石の成因. 東海大学出版会, 364pp.
- 佐藤岱生・長浜春夫 (1979) 屋久島西南部地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 47pp.
- 斎藤 真・川上俊介・小笠原正継 (2007) 始新世放散虫化石の発見に基づく屋久島の四万十帯付加体の帰属. 地質学雑誌, 113(6): 226 – 269.
- ULRICH, E.O. (1904) Fossils and age of the Yakutat formation. *Descriptions of collections made chiefly near Kodiak, Alaska. Harriman Alaska Expedition Smithsonian Institute 4*: 125 – 146.

Plate1 小瀬田地区の泥岩 I 層と II 層の *Terebellina* (数字は個体番号)



Plate2 小瀬田地区の主な *Terebellina* のスケッチ

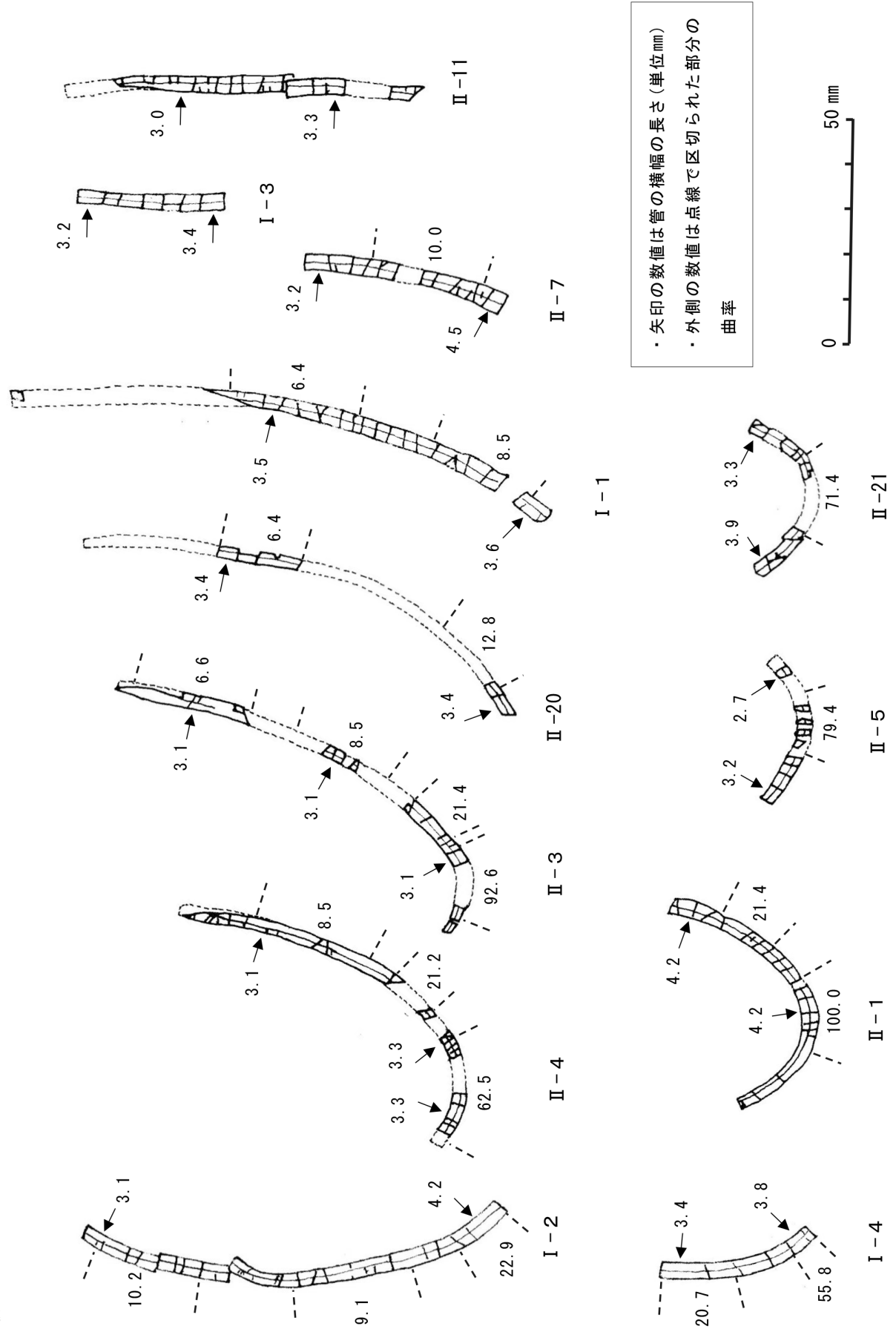
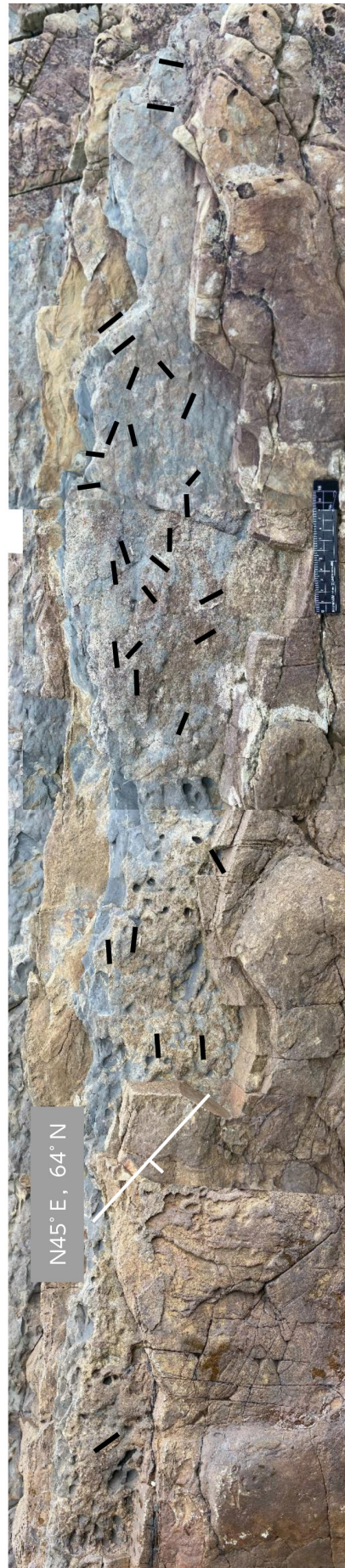


Plate3 宮之浦地区の主な *Terebellina* の伸びの方向と層理面の走行・傾斜



／（黒線）は *Terebellina* の伸びの方向 ㄨ（白線）は層理面の走行・傾斜