

潮岬海底谷沿いの付加体断面と白ウリ貝コロニーの産状： 6K#522, #579潜航報告

安間 了^{*1} 川上 俊介^{*2} 山本 由弦^{*2}

東南海地震や南海地震で繰り返しラプチャーされたと考えられる潮岬沖の付加体には、300m程度の陸側凹地からの比高をもつ東北東-西南西方向のリッジが、海溝側の北緯32度45分付近から35km北方の地点にかけて5列につらなって発達している。潮岬海底谷はこれらのリッジとほぼ直交して付加体堆積物を削り込み、比高800mにおよぶ海底谷斜面を形成する。1999年10月に行われた「しんかい6500」第522潜航で、海溝軸から3番目のリッジの谷底部に着底し、海底谷西側斜面にそって付加体断面露頭の観察を行った。斜面基部では複雑な割れ目系がタービダイト層中に発達しており、明瞭な地層面が認められにくかった。一方、斜面中・上部ではリッジ方向の走向をもち、陸側へ傾斜した層理面が連続し、部分的に褶曲や剪断変形構造が発達していることが明らかになった。2000年9月に行われた第579潜航では、第522潜航のおよそ18km北方に位置する5番目のリッジを切る谷底に着底し、東側斜面に沿って観察を行った。この潜航では海底谷斜面に発達する浅いガリーに沿って、リッジ基部から前縁部に続くシロウリ貝コロニーの分布が認められ、この付近に衝上断層が推定された。第579潜航によって海底谷斜面露頭下部で採取した、付近の露頭から崩落したと思われるシルト岩礫の堆積年代は、放散虫化石から中期更新世と推定された。

キーワード：潮岬海底谷, 付加体, 変形, 白ウリ貝, 放散虫

Structural profile of the Nankai accretionary prism and Calypotgena colonies along the Shionomisaki submarine canyon: results of "SHINKAI" 6K#522 and #579 dives.

Ryo ANMA^{*3} Shunsuke KAWAKAMI^{*4} Yuzuru YAMAMOTO^{*4}

Sediments of the active Nankai accretionary prism offshore of the Kii Peninsula, central Japan, are expected to be continually ruptured by the Nankai and Tonankai earthquakes. The structural profile of the accretionary prism is exposed along the NS trending, up to 800m high slopes of the Shionomisaki submarine canyon that truncates five series of ENE-WSW trending ridges. The first ridge extends from a point at 32°45'N near the trench axis in the south and marks the deformation front, whereas the fifth ridge is located in about 35km north from the first. During two dives performed by the submersible SHINKAI 6500, the structures in the third and fifth ridges were observed along the canyon slopes. The dive 6K#522 covered the western canyon slope where it truncates the third ridge, and found that a complex fracture system developed in turbidite sequences in the base of the canyon slope, obscures the orientations of bedding planes. In contrast, in the middle to upper part of the slope were observed continuous landward dipping sequences, partly developing folds and shear structures. The dive 6K#579 covered the fifth ridge along the eastern canyon slope, during which Calypotgena colonies were found to be distributed dispersedly, often accompanied with debris, along minor gullies in the slope. Active cold seepages and thrust faults would be expected along these gullies. In the lower part of the slope, Middle Pleistocene radiolarians were recovered from the cobbles of silt-stones fallen off from an outcrop nearby.

Keywords : Shionomisaki submarine canyon, accretionary prism, deformation, Calypotgena, radiolarian

* 1 筑波大学地球科学系

* 2 筑波大学地球科学研究科

* 3 Institute of Geoscience, University of Tsukuba

* 4 Graduate School of Geoscience, University of Tsukuba

1. はじめに

潮岬沖合の調査海域は1946年南海地震の震源域に近く、たびかさなる東南海地震や南海地震で繰り返しラプチャーされたと考えられる(たとえば宇津, 1999)。1999年10月に行われたYK99-09「しんかい6500」第522潜航と2000年9月に行われたYK00-08第579潜航で、南北方向にのびる潮岬海底谷に沿って露出する付加体断面構造の観察を行った。第579潜航では、潮岬海底谷東斜面に大規模なシロウリ貝コロニーが認められたのでその産状とテクトニックな意義についてあわせて報告・考察する。潜航観察は安間が、珪質微化石の抽出と堆積年代の検討は川上が行った。山本は母船で岩石の記載と潜航記録の記載を補助した。

2. 海底地形

YK99-09 Leg2で調査海域の潮岬海底谷周辺(北緯33度10分–北緯32度35分, 東経136度00分–東経136度10分, 水深4500mから2000m)をカバーするシービームマップが作成された(図1)。この海域では、陸側凹地からの比高300m程度の東北東–西南西方向のリッジが、変形前線の位置を示すと考えられる北緯32度45分付近の第1列から、第579潜航で調査を行った陸側の北緯33度03分付近の第5列にいたるまで南海トラフに平行して連なっており、海底谷はこれらのリッジとはほぼ直交して堆積物を削り込み、比高800m程度の海底谷斜面を形成している。潮岬海底谷の北方延長は、西側へ急にまわり込み室戸舟状海盆へ連続する。潮岬海底谷中軸

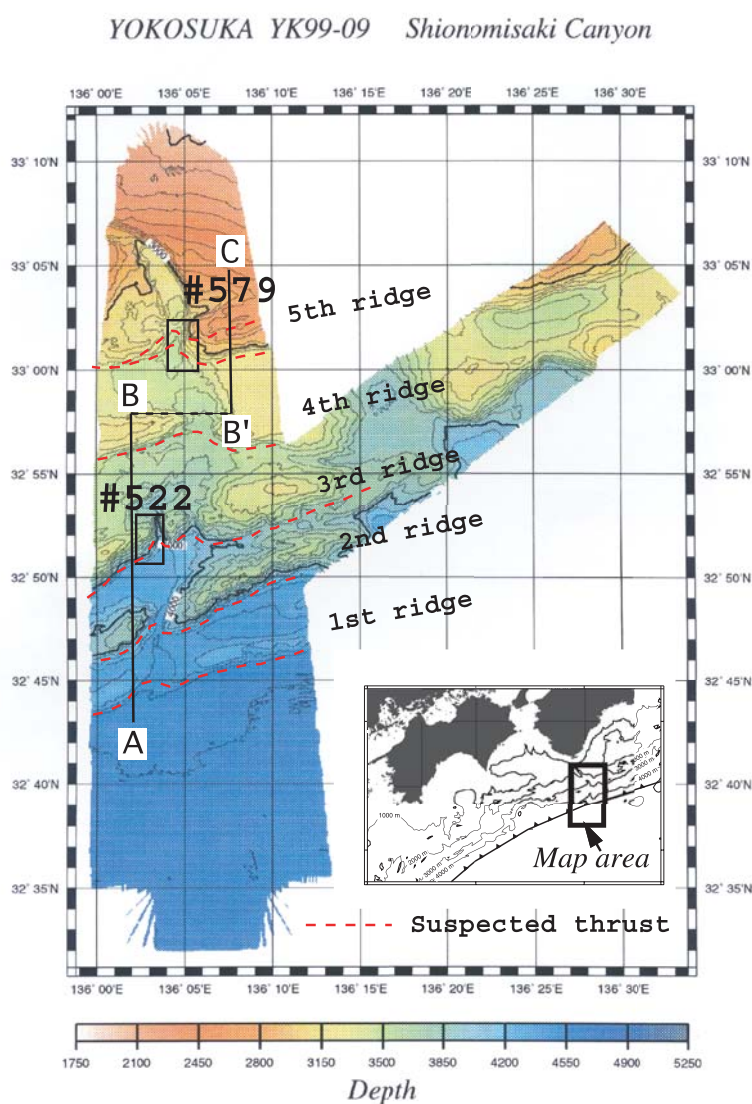


図1 潮岬海底谷に沿う海底地形図。潮岬沖で5列のリッジが海溝軸と平行に連なっており、潮岬海底谷斜面に沿って付加体断面が露出していることが期待された。

Fig. 1 Topography along the Shionomisaki submarine canyon. Five ridges parallel the central axis of Nankai trough and are truncated by the canyon along which good exposures were expected.

方向を延長した、南北方向の活断層などの構造は、陸域の紀伊半島では知られていないため、この海底谷は造構的な変形とは関係なく浸食作用によって発達したものと思われる。また、それぞれのリッジは東西方向への連続性がよい。したがって、後期の海山の衝突や横ずれ断層などの変形の影響を受けていないと考えられ、保存のよい付加体断面が露出していることが期待された。本調査研究の第一目的は、付加体断面のマッピングにあったため、最大傾斜度をもち、良好な露頭が期待される海域を選定して潜航調査を行った。大きな衝上断層帯や活発な冷湧水活動が期待されるリッジの前縁部(海側)や後縁部(陸側)の緩斜面では堆積物被覆が厚いことが予想されたため、断面をマッピングした後に偵察を行ったが、十分な観察はできず、顕著な特徴はみられなかった。

3. 第522潜航

第522潜航(図2, 3)では、海溝から3番目のリッジを切る水深4038mの谷底部(北緯32度52分5秒, 東経136度03分30秒)に着底し、海底谷西側斜面にそってリッジ上部の水深3688m地点までの範囲で付加体断面露頭の観察を行った。さらに離底した水深3795m地点(北緯32度52分59秒, 東経136度2分58秒)にいたるまでリッジの後縁部(陸側)斜面を観察した。シービームマップ(図2上)から判断すると海底谷斜面は比較的スムーズに見えるが、実際には測深図(図2下)にみられるように階段状の地形が発達していた。リッジの陸側斜面も平坦ではなく、比高20m近い断層崖の存在が測深図からも判読できる。

潜航のルートマップを図3に示す。海底谷中軸部の谷底は、上流から流れてきた、あるいは海底谷斜面から崩落したと思われる砂・泥岩礫(岩石試料 6K522-R1)を含む泥質堆積物によって覆われているのが観察された(図7A)。斜面近くでは、長軸方向にインブリケートする礫の配列(図7B)から推定したデブリのみかけの流下方向は、海底谷の中軸方向と一致せず、崩壊による斜面からの堆積物の供給が卓越していることを示唆する(図3南部のdebris flowを参照)。南東向きのガリー流路が発達した、急峻な断崖が連続している海底谷西側斜面には、良好な露頭が広く分布している。海底谷斜面の基部近く(図3南端の露頭; D=3950m)では複数方向の節理が発達しており、海溝側に傾斜する構造も認められたが層理面は明瞭ではなかった。水深3864m地点では、生物擾乱の発達する黄灰色泥質堆積物の構造を切って黄褐色細粒から中粒の砂質堆積物が覆う、タービダイトと推定される岩石が採取された(図3, 図7D; 岩石試料 6K522-R2)。層理面は北東-南西方向で北側に60から45度傾斜している(図7C)。図7Dに示す6K522-R2の構造は、写真の上(図7C 右手つまり北側)が上位であることを示す。泥質部で珪質微化石の抽出を試みたが、出現頻度が低く、年代および群集の検討に有効な化石は得られなかった。生痕のよく発達する泥質部も堆積速度が速かった可能性がある。水深3830m付近(図3のR3の採取位置)から始まる斜面中・上部では、南北方向の急崖に沿って、平面状の層理面の発達し

た黄褐色泥質岩-細粒砂岩層が連続して観察される。この連続露頭の基部は、深いガリーによって切られ、その上位には、ほぼ水平な葉理が発達する、剪断を受けたと思われる層(図7E; 岩石試料 6K522-R3)が分布しており、断層の存在が推定された(図3のthrust?の位置)。連続露頭では、ほぼ水平な層とENE-WSW走向と50度程度の陸側傾斜をもつ層(図7F)が繰り返して認められる。斜面平坦部では陸側に緩やかに傾斜した受盤型の地層面がみられ、全体として階段状地形が発達している。図7(F)のように平板状の地層面の発達した露頭では、潜水艇(カメラ)を水平に保ちながら機首(カメラ)方位を走向方向に一致させることによって層理面の走向を測定し、傾斜は潜水艇から見とおしてクリノメータを使用して測定した。層理面表面は薄い現世泥質堆積物に覆われていて、現世のものと思われる生物痕が認められた。また、複数方向の垂直節理が発達していた。水深3776m地点では、比高11mにおよぶ連続露頭に褶曲と断層が確認された(図8)。この露頭の最下部ではEW走向20度北傾斜の地層面が比較的よく発達しているが、下位より次第に傾斜が急になり、露頭中央部で傾斜は60度近くに達し、その上部を断層によって切られている。断層面直下の互層部分では、北に傾斜した軸面をもつ背斜構造が見られる。露頭上部ではN40W25NEの地層面が連続する。これらの構造は、付加作用のあいだに地層が短縮を受けたときに形成したと推定される。水深3750m地点では、雁行状鉱物脈(図3, veinの位置; 図7G矢印)など、剪断によって形成されたと考えられる構造が認められた。斜面最上部の平坦部(D=3740m)では、水平層が薄い堆積物におおわれている(図7H)が、さらに上位のリッジの尾根部分でも、より複雑に変形した、30度程度で北側に傾斜する堆積岩層が認められた。リッジ上部の平坦面では礫を含まない堆積物被覆が厚く、顕著な特徴は認められなかった。リッジの陸側斜面の離底地点付近では、北向きの新鮮な露頭面が認められた(図7I)。この露頭は落差13m程度で陸側が落ちており、露頭下部に広範な礫の堆積などもみられないことから、最近生じたテクトニックな断層崖であると思われる(図3北端のN. fault)。

4. 第579潜航

第579潜航では522潜航のおよそ20km北方、北緯33度02分, 東経136度05分付近の5番目のリッジを切る谷底に着底し、東側斜面に沿って観察を行った(図4)。ルートマップを図5に示す。谷底(D=3486m)は、砂岩・泥岩礫をまばらに含む泥に覆われており、ここにシロウリ貝の小コロニー(図11B)と直径が1cm以下の冷湧水の湧出口と思われる微少なベント(図11C)が観察された(図5左下のコロニー)。チューブワームは谷底にも斜面にも分布していた(図E-F)が、ハオリムシとは認められなかった。堆積速度が早いと思われる谷底に湧出口が保存されていることは、この地域で冷湧水の活動が活発であることを示唆する。

海底谷斜面基部を構成する露頭(図3のR1, 2の位置)には複雑な割れ目(図9A-B)が発達しており、層理面の方向は特定できなかった。この露頭を構成する、黄褐色砂岩と灰

#522 DIVE Shionomisaki Canyon

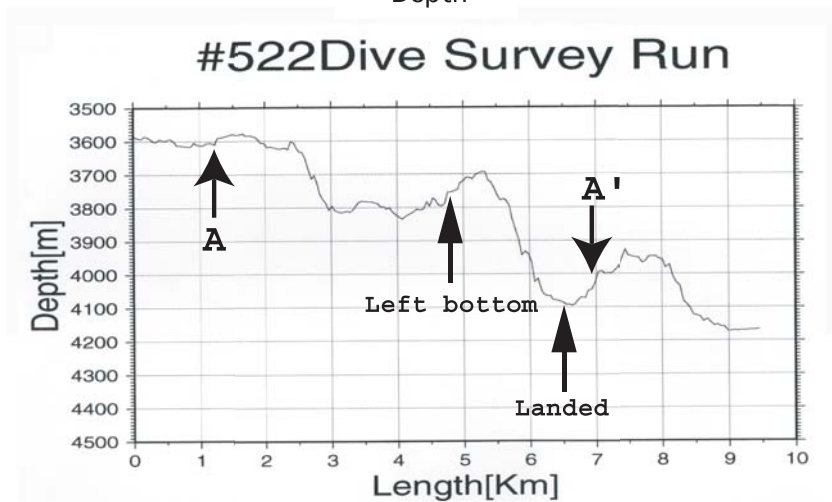
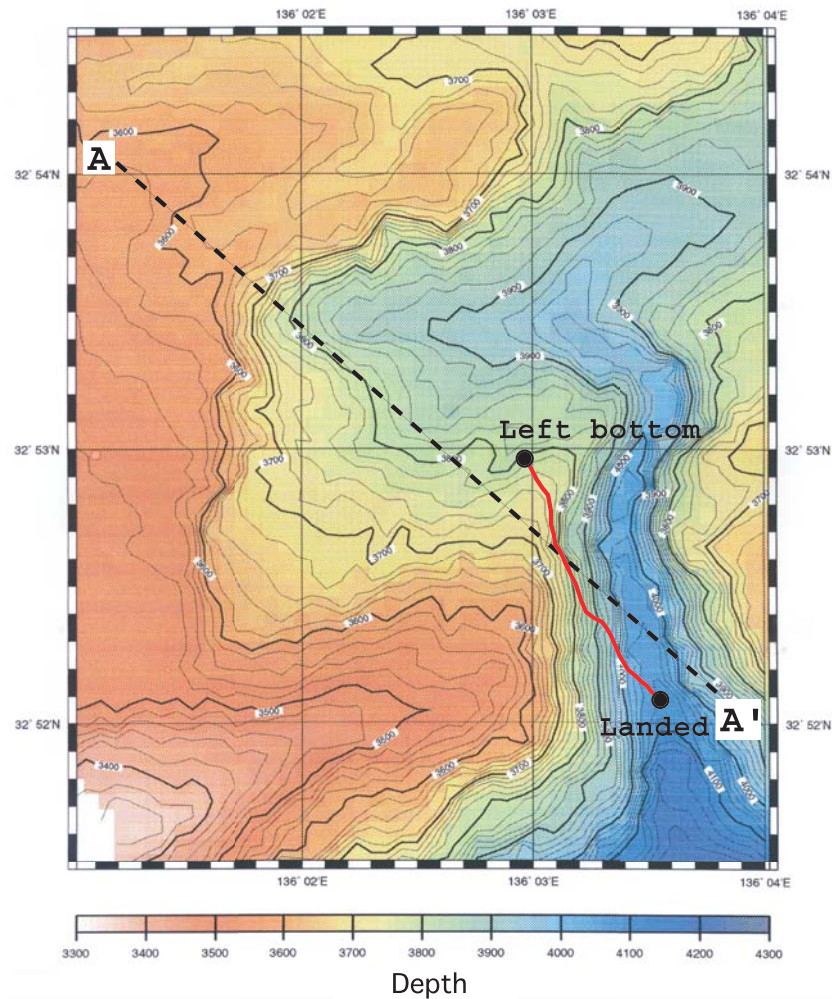


図2 第522潜航の航跡と付近の海底地形。第522潜航では海底谷中軸部に着底し、海底谷西側斜面に沿って付加体断面露頭を観察した。シービームマップから判断すると海底谷斜面は比較的スムーズなようであるが、実際には測深図にみられるように階段状の地形がみられる。リッジの陸側斜面も平坦ではなく、比高20m近い断層崖(図7(I))が測深図からも判読できる。

Fig. 2 Topography (top) and profile (bottom) along the wake of dive 6K522. In the dive 6K522, the submersible landed at the bottom of the canyon and observed structures exposed along its western slope. Sea-beam topography map suggests smooth surface along the canyon slope, but in reality, it composed of series of steps and steep walls as indicated by a precision depth recorder.

色シルト岩層(岩石試料 6K579-R1)が水深3438m地点で採取された。この露頭中にみられるごく狭いテラスの上に、灰白色凝灰質シルト岩礫(岩石試料 6K579-R2)が、同種の礫のみからなる小規模な扇状地をなして重なり合うように堆積(図9C)しており、露頭のごく近傍から運搬されてきたものと思われる。このなかには溶食されたシロウリ貝の貝殻が含まれている。露頭から採取した岩石試料では放散虫の産出頻度が低かったが、このような礫からは比較的保存のよい、中期更新世の堆積年代を示す放散虫群集が得られた(後述)。水深3350m地点のガリー脇の地層は、青灰色シルトと灰色砂岩層(岩石試料 6K579-R3)であった。これより上方のガリーの谷頭部(D=3250m)では、灰白色凝灰質シルト岩層が頻繁に露出(図9D)しており、6K579-R2礫の供給源と思われる。割れ目の発達様式などが、斜面下部でみられた下位の層準と全く異なっており、斜面下部の褐色・灰色細粒砂岩・シルト岩からなる堆積物が海溝付近で堆積して付加されたと思われるのに対して、その被覆堆積体である可能性もある。さらに上位の水深3150m地点では、ふたたび複雑な割

れ目系をもつ褐色の堆積岩層(図9E)が分布している。ここでは、鉱物脈の発達が認められる変質を受けた灰色シルト岩(岩石試料 6K579-R4)を採取したが、保存の良い放散虫群集は得られなかった。その上位はさらに、灰白色から淡黄色の被覆堆積物層(図9F)に覆われる。図5の岩相分布にみられるように、下位から上位へ行くに従って、コントラストの明瞭な二種類の地層が繰り返し現れている。断層による繰り返しを反映しているのかもしれないが、もともと不規則な形状をもつ斜面に堆積しただけかもしれない。さらに詳細なマッピングが必要である。斜面上部の露頭では、付加堆積物と思われる層もその被覆堆積物層も、ともに海溝側に傾斜する。リッジ前縁部(海側)の斜面と最上部は、現世泥質堆積物の被覆が厚く、顕著な特徴はみられなかった。

東斜面に発達する東西方向のガリーの中で、航跡に沿って延長300m以上にわたって散在するシロウリ貝コロニーが観察された(図5)。そのほとんどは死貝の貝殻ばかりであるが、中には生きているシロウリ貝が単体として、また小さなコロニーを形成して散在しているのが観察された(図10G-H)。

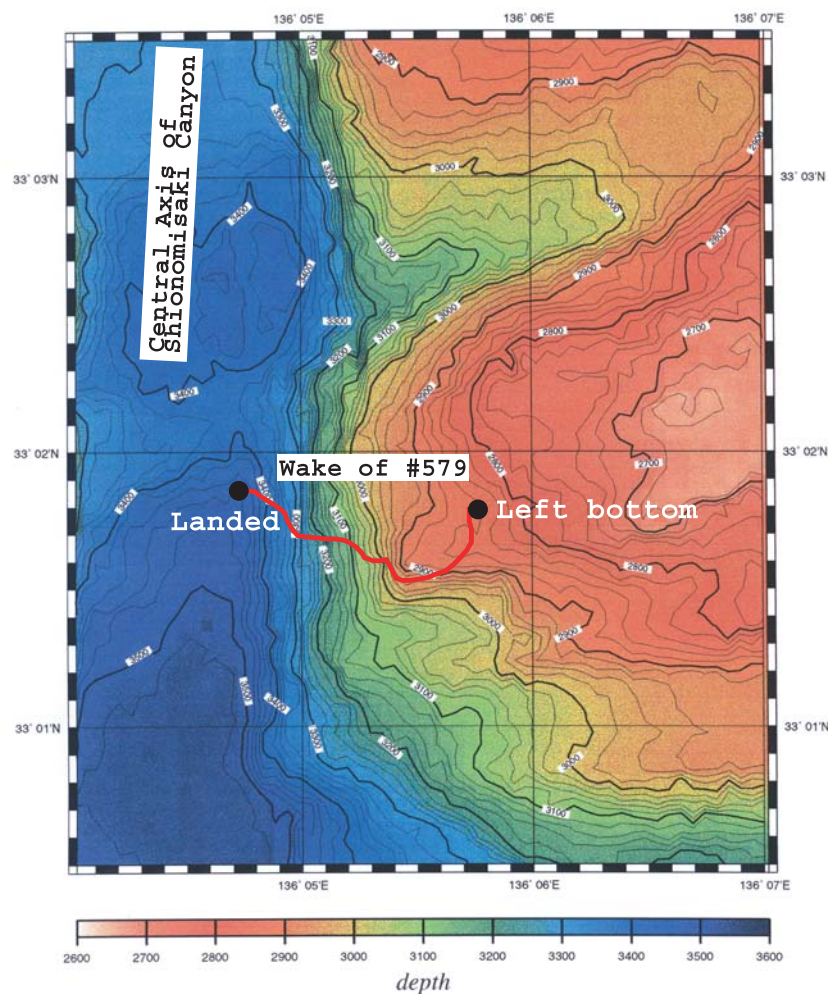


図4 第579潜航地点付近の海底地形と航跡。潜航は海底谷東斜面に発達する浅いガリーに沿って行われた。

Fig. 4 Topography near the dive 6K579 spot and its wake. The wake follows shallow gullies developed in the canyon slope, where *Calyptogena* colonies were found.

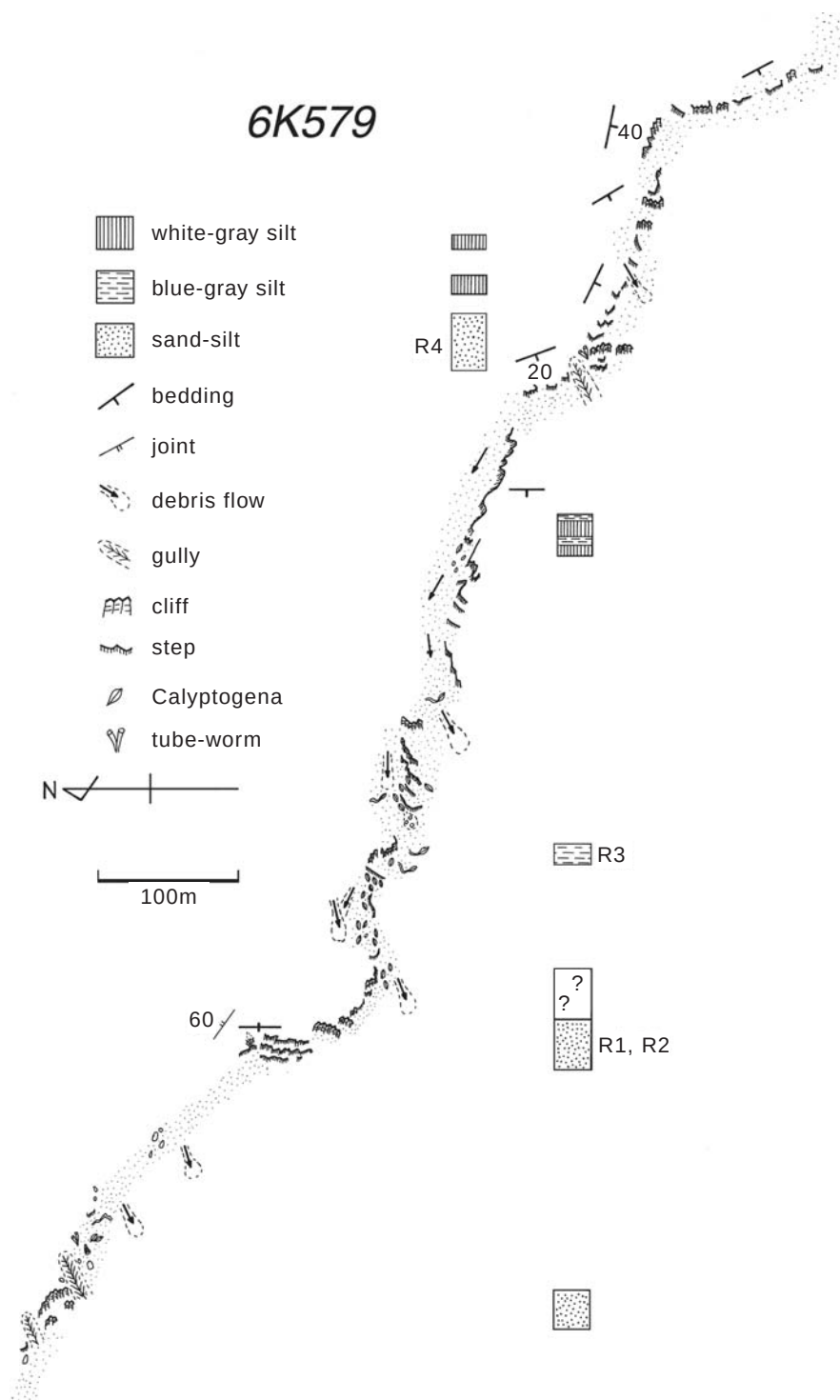


図5 第579潜航のルートマップ。航跡に沿って観察された露頭での岩相分布をルートマップ左手あるいは右手のコラムに示す。ルートマップの露頭位置に対応した岩相分布にすぎず、柱状図とちがってスケールに応じた層厚や層序を表すものではない。割れ目の発達する、より固結した岩相(点)と、やわらかい堆積物層(縦線と横破線)が繰り返し現れている。ルートマップ上の打点部は、泥質の被覆堆積物に覆われていることを示す。

Fig. 5 Route map of the dive 6K579. Lithologies observed along the wake are described in the column in the both sides. This columnar figure neither scales the thickness of strata nor indicates stratigraphy. Dotted area in the route map indicates recent muddy sediment covers. Two contrasting layers, well consolidated sand and silt stones (dotted) with moderately developed fracture system and less consolidated silt layers (dashed transverse lines and vertical lines) with less fractures, appears repeatedly from the bottom to the top.

シロウリ貝のはい跡は、ガリー底のほぼ全面に認められた。死貝の貝殻は礫と混ざりあって混在しており、大半は崩落の際に上流から流されてきたものと思われる。実際、ガリーの谷頭部では斜面不安定のため斜面の崩落が随所で生じており、最近崩落したと思われる新鮮な露頭面が多数観察された。また、ガリーに沿った流下物によって侵食された小規模なチャンネル状構造(図10B-D)や土石流末端のデブリ(図10E-F)が随所に認められる。このような白ウリ貝コロニーが、潜航調査をしたガリーに沿ってのみ分布するのか、斜面中の他のガリーにも分布するのかは未確認である。また、リッジ前縁部への延長も定かではない。これまでに指摘されてきたような、冷湧水とシロウリ貝コロニーの分布域の密接な関連(たとえば Ogawa et al., 1996)を考慮に入れると、分布していたガリーに沿って、冷湧水の湧出経路となるような断層の存在が推定される。本潜航海域は1946年南海地震の震源域に近く、度重なる南海地震や東南海地震でラプチャーされた場所である。白ウリ貝の分布に関連していると思われる冷湧水の湧出は、この海域での地震活動に密接に関連している可能性もある。デブリは何回かのイベントを反映している(図10C-D)ようであり、デブリの新旧関係と貝殻の成長線パターンから、斜面崩落の生じた年代をより詳しく推定できる可能性がある。さらに、デブリ中の死貝や生息しているシロウリ貝の貝殻の元素濃集度の分析を系統的に行い、年輪年代学的に経年変化を追うことによって、湧水活動のパルスのようなものが検出されるかも知れない。

5. 付加体断面における潜航調査の位置づけ

図6に、潮岬海底谷に沿う付加体断面のスケッチと2回の潜航調査の断面図上での航跡を示す。潜航調査は、谷底のもっとも深い場所から開始されたが、それでも付加体のごく浅い部分しかカバーされていないことがわかる。斜面基部では複雑な割れ目系が発達していることが多く、明瞭な地層面が認められにくい傾向にあるが、これは近傍に大きな断層があるためかもしれない。3番目のリッジ断面の中・上部では、陸側に傾く層理面と、ほぼ水平な層理面が交互に連続しており、部分的に褶曲や断層・剪断変形構造が確認された。5番目のリッジ断面の海溝側中・上部では海溝側に傾斜する地層面が広く発達していた。

第522潜航では、斜面の基部近くに断層を推定することが

できた。露頭で観察された剪断構造の方向や、断面図上での位置から、おそらく衝上断層であろうと思われる。また、北端で観察された北落ちの断層崖は、正断層と推定されるが、海側に傾斜した面をもつ antithetic断層の断層崖が浸食されてきた地形である可能性もある。断層崖の下部に礫がみられなかったので、前者の可能性が高いと考えられる。第579潜航で発見されたシロウリ貝コロニーは、リッジ直下の浅いガリーに沿って延長300m以上にわたって分布している。そのリッジ前縁部への延長は確認できなかったが、リッジ上部の平坦面には分布がみられないことから、今回の潜航でカバーした位置よりも南側に続いていく可能性がある。このような場所に、衝上断層が推定できるであろう。アナログ実験(たとえば Koyi, 1995)によると、ふつつ活動的な in-sequence thrustの位置(図6中のIST)は、水平方向の短縮や圧密によって陸側の堆積物の強度が増すとともに、海溝側の変形前線(図6中のDF)へとジャンプすると考えられる。もっとも陸側のリッジに沿って白ウリ貝コロニーが分布することは、この推定断層が out-of-sequence thrust (図6中のOST?)であることを示唆するかもしれない。

リッジ断面の海溝側では海側傾斜、陸側では陸側傾斜の地層面が発達する、リッジの基部で脆性的な変形が発達しており断層が推定されるといった、おおざっぱな構造は、ODP(たとえば Moore et al., 1991)などで報告された南海トラフの反射法地震波断面構造の特徴とほぼ一致し、付加体のごく浅い部部でこれらの反射波断面の ground truth が得られたと考える。ただし、今回観察されたような露頭規模の褶曲構造(図8)などは、そのスケールの点からも反射法探査では検知できていないと思われる。地震波反射面と対応させて定量的な議論をするために最も重要と思われる堆積物の bulk物性の測定・検討などは、今後の課題である。また、採取したシルトや泥質岩層の中に、細粒物質が充填したとみられる幅1mm以下の地層にほぼ平行な黒色の筋が認められることがあり、すべり面である可能性がある。しかし、微細構造からの圧密や剪断変形の定量的検討は今後の課題として持ちこされた。

6. 堆積年代の検討

第522潜航と第579潜航で採取された合計8つの岩石試料について、珪質微化石の抽出を試みた。塩酸および過酸

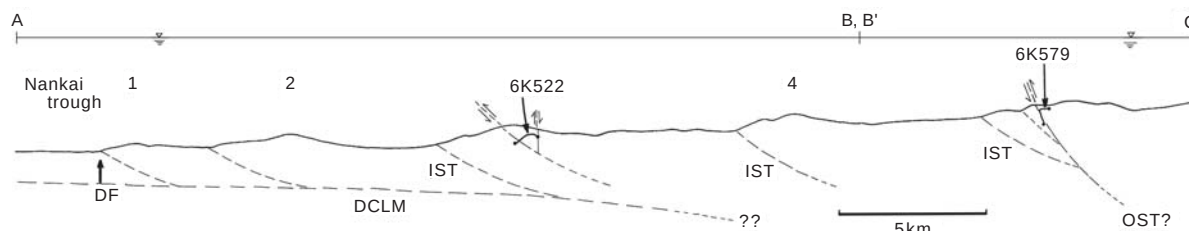


図6 付加体断面のスケッチと調査潜航の航跡。DCLM: デコルマ, IST: in-sequence thrust, OST: out-of-sequence thrust.
Fig. 6 Illustrative sketch of the structural profile across the Nankai accretionary prism and wakes of the dives. DCLM: decollement, IST: in-sequence thrust, OST: out-of-sequence thrust.

化水素を用いて、珪質微化石の分離を行ったが、微化石自体の産出頻度が低く、年代決定に有効な化石種は得られなかった。また、得られた珪質微化石の大部分は、破壊や溶解の影響を強く受けていた。そこで、全ての試料について、再度、重液(SPT)を使用して微化石の濃集を試みた結果、6K522-R2 試料から比較的多様な放散虫群集が得られた。

6K579-R2から得られた放散虫群集には、北方域に由来する個体と、低緯度の由来する個体が混在して観察された。本群集は、*Xiphosphaerantha angelina* (Campbell and Clark), *Sphaeropyle langii* Dreyer, *Axoprunum bispiculum* (Popofsky) および *Lamprocyrtis neoheteroporos* Kling が共産することから、三陸海岸沖の DSDP Leg56 (Sakai, 1980) における *Eucyrtidium matsuyamai* 帯から *Axoprunum angelinum* 帯(最末期鮮新世から中期更新世)に相当する堆積が推定される。さらに、*Eucyrtidium matsuyamai* Hays および *Lamprocyrtis heteroporos* (Hays) が産出しないことを加味すれば、中期更新世の *Axoprunum angelinum* 帯における堆積が考えられる。本群集に見られるような特徴は、暖流と寒流の混じりあう海域のものであり、本邦の上部新第三系では Sugiyama et al. (1992) による四国南東部の唐ノ浜層群登層で報告されているものが類似する。なお、本試料(6K579-R2)は、*Lamprocyrtis neoheteroporos* の産出から、Sugiyama et al. (1992) による登層よりも幾分新しい堆積年代を示すと考えられる。

6K579-R2は急崖をなす黄褐色細粒砂岩層の露頭に発達する小規模なテラスの上に堆積した径10cmほどの灰白色のシルト岩の礫で、同種の礫のみからなる小規模な扇状地を形成して分布していること、上位の露頭に同種の灰白色シルト岩層が繰り返し観察されたことから、採取地点の近傍から流れてきたものと思われる。灰白色シルト岩の露頭は、その上下に分布する褐色細粒砂岩・シルト岩の露頭に比べて、明らかに割れ目系の発達が悪く、むしろ付加体というより、その被覆層として堆積したものかもしれない。ただし、海溝斜面下部で堆積して陸側へ平行移動した可能性も否定できない。全体的なテクトニックプロセスにこの堆積年代を組み込むためには、さらなる系統的なマッピングと年代検討のためのサンプリングが必要である。

7. まとめ

潮岬海底谷に沿って、付加体堆積物の断面が露出していることが確認された。斜面基部では複雑な割れ目系が発達しており、地層面の方向は明瞭でない傾向にあった。リッジの海溝側では海側傾斜、陸側では陸側傾斜の地層面が発達している。地質体を横切るこのような断面露頭で、潜水艇による詳細な目視観察と系統的なサンプリングをあわせて行うことによって、付加体断面のごく浅い部分に限っていえば、地震波探査から推定される断面構造のground truthが得られるとともに、連続的とはいえボーリング孔に沿った情報しか得られない掘削データを補完するような断面情報が、短期間の調査で得られるであろう。

第579潜航により、潮岬海底谷域での白ウリ貝コロニーの

分布が、はじめて確認された。Ogawa et al. (1996)が日本海溝で報告したような定方向をもって分布する大規模コロニーは見られず、上方から流れてきた礫と白ウリ貝殻からなるデブリにおおわれたガリー底に、小規模な白ウリ貝コロニーが散在している。デブリは何回かのイベントを反映しているようであり、デブリの新旧関係と貝殻の成長線パターンから、斜面崩落の生じた年代をより詳しく推定できる可能性がある。この地域での長期間にわたる冷湧水の湧出が期待される。また、白ウリ貝が分布していたガリーに沿って大きな断層が推定される。

北緯33度1分45秒、東経136度4分56秒、水深3434m地点で採取された堆積物試料 6K579-R2の堆積年代は中期更新世と推定された。

謝辞

乗船・潜航調査の期間中、「しんかい6500」運航チームと「よこすか」乗組員の皆様にはたいへんお世話になった。この場をかりて、感謝いたします。首席研究者の東京大学海洋研究所の太田秀教授、東北大学藤本博巳教授、乗船研究者の海洋科学技術センター坂本泉博士、東海大学三澤良文教授、産業技術総合研究所の棚橋学博士、松林修博士、海洋研究所の小泉金一郎博士らには乗船中にお世話になった。筑波大学の小川勇二郎教授、海洋科学技術センターの藤岡換太郎博士には、深海研究に関する議論を常日頃よりいただいた。また京都大学大学院の赤澤正彦氏には第522潜航のときに記録の補助をしていただいたことを感謝いたします。

参考文献

- 1) Koyi, H. (1995): Mode of internal deformation in sand wedges. *Jour. Struct. Geol.*, 17, 293-300.
- 2) Moore, G. F., Karig, D. E., Shipley, T. H., Taira, A., Stoffa, P. L. and Wood, W. T. (1991): Structural framework of the ODP Leg 141 area, Nankai trough. In Taira, A., Hill, I., Firth, J. et al., *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports*, 131, 15-20.
- 3) Ogawa, Y., Fujioka, K., Fujikura, K. and Iwabuchi, Y. (1996): En echelon patterns of Calyptogenia colonies in the Japan Trench. *Geology*, 24, 807-810.
- 4) Sakai, T. (1980): Radiolarians from sites 434, 435, and 436, Northwest Pacific, Leg 56, Deep Sea Drilling Project, In von Huene, R., Nasu, N., et al., *DSDP, 56, 57 (Pt. 2): Washington (U.S. Govt. Printing Office)*, 695-733.
- 5) Sugiyama, K., Nobuhara, T. and Inoue, K. (1992): Preliminary report on Pliocene radiolarians from the Noburi Formation, Tonohama Group, Shikoku, Southwest Japan, *Journal of Earth and Planetary Sciences Nagoya University*, 39, 1-30.
- 6) 宇津徳治(1999): 地震活動総説. 東京大学出版会, 875p.

(原稿受理:平成14年2月7日)

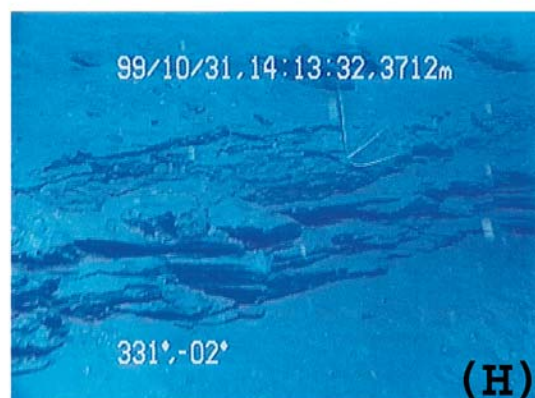
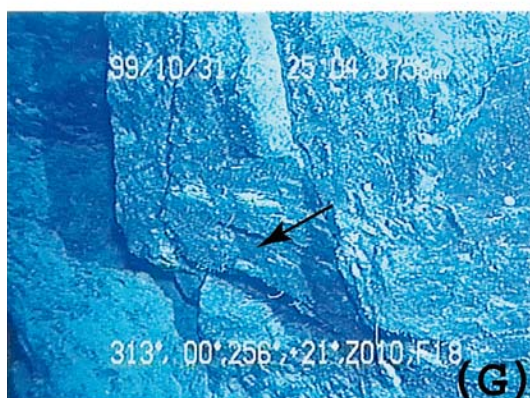
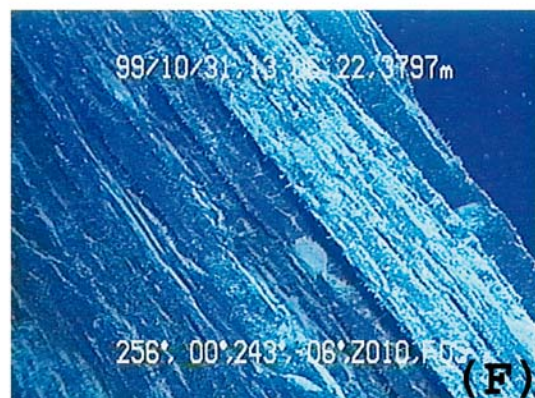
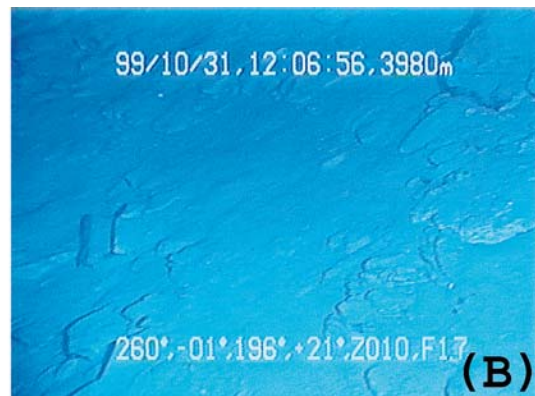
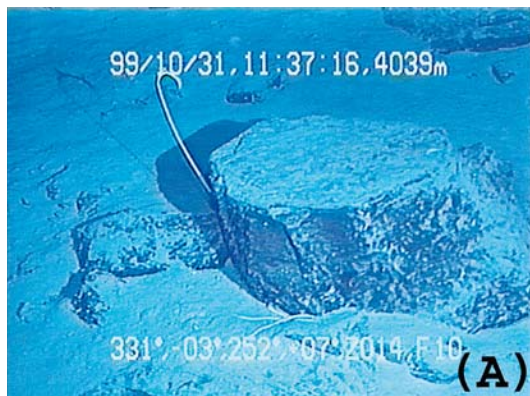




図7 第522潜航でみられた海底の状況。

(A)：海底谷中軸部の谷底では、径50cm以下のさまざまな大きさの礫が、泥質谷底堆積物の中に分布する。(B)：礫は長軸方向にインプリケートする。斜面近くでは長軸の平行配列から推定されるデブリの流れてきた方向が海底谷中軸方向と一致しない。(C)：岩石試料 6K522-R2を採取した斜面下部の露頭では陸側に傾斜する地層面が明瞭に認められる。(D)：試料 6K522-R2は、生痕の発達するシルト層と、その上部を切る中粒砂層からなる。北側((C)右手)上位を示す。(E-G)：斜面中部から上部では、ほぼ水平な葉理をもつ層(E)と、50度程度で陸側に傾斜する地層(F)が繰り返す。これらの地層の中には雁行脈(G矢印)が発達している。(H)：海底谷斜面の最上部では、水平層が薄い堆積物におおわれる。(I)：離底地点近傍で観察された断層崖。陸側が落ちている。

Fig. 7 Bottom features and outcrops observed during the dive 6K522.

(A): Boulders around 50 cm in diameter are distributed in the muddy sediments accumulated along the central axis of the canyon. (B): Pebbles and cobbles are imbricated with their long axes aligned. Near the base of the canyon slope, flow directions of debris, estimated based on parallelism of the long axes of pebbles and cobbles, do not correspond to the direction of canyon axis. (C): Landward dipping bedding planes developed in the lower part of the slope where a rock sample (6K522-R2) was collected. (D): The outcrop in (C) is composed of siltstones with bioturbation and medium-grained sandstones that truncate the former structures indicating northward younging direction. (E-G): Horizontal (E) and steeply dipping (F: dipping around 50 degrees to the north) layers were repeatedly observed in the middle to upper parts of the canyon slope. En echelon veins (G: indicated by arrow) were also developed in these sequences. (H): Top of the slope consists mainly of horizontally layered sedimentary rocks. They are covered by thin muddy sediments. (I): Fault scarp with landward down-throw near the take-off point.

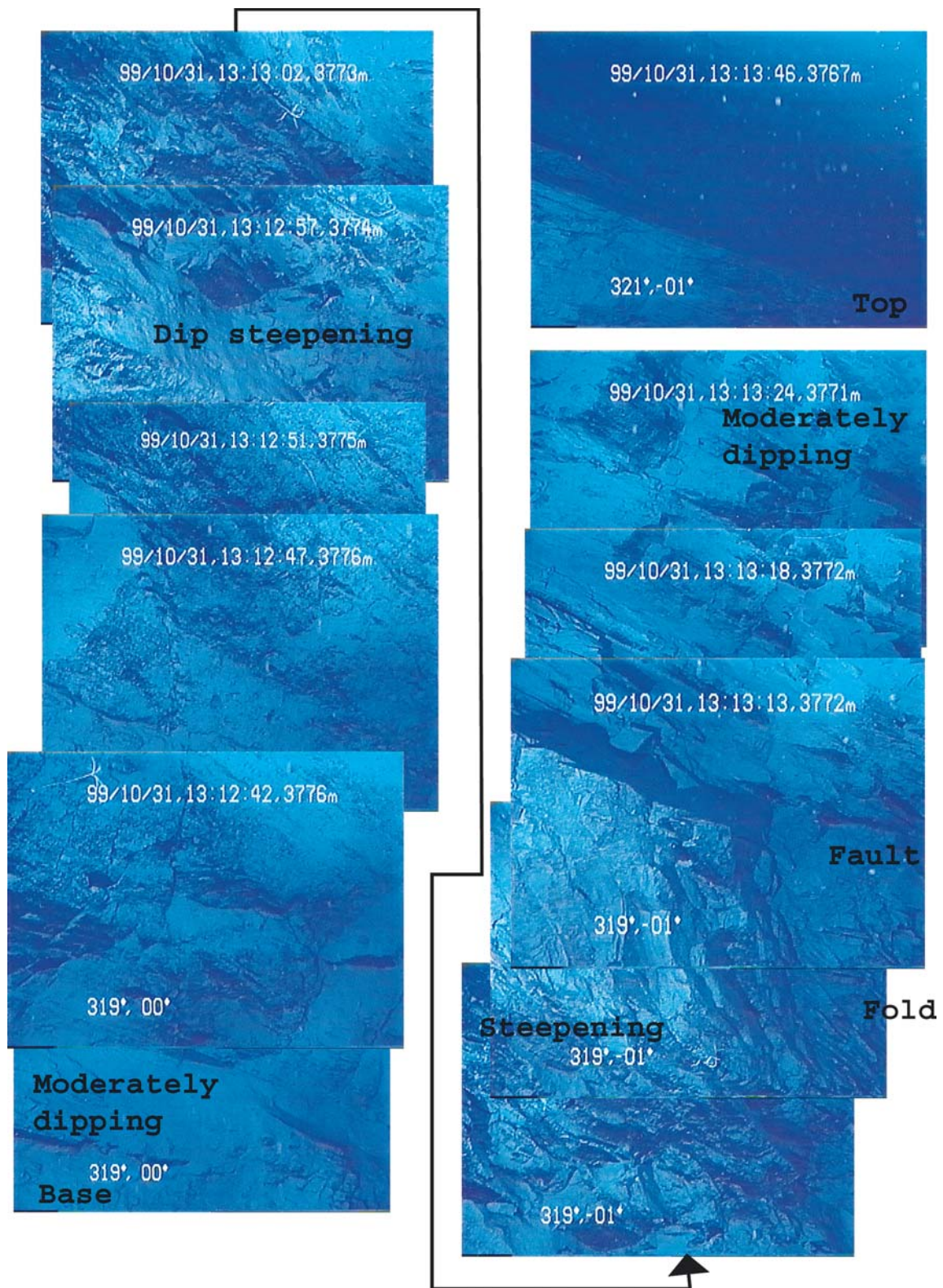


図8 西斜面中央部、水深3776m地点から3767m地点までの比高11mの連続露頭で観察された付加体断面構造。露頭の最下部ではEW走向20度北傾斜、最上部ではN40W21NEの地層面が連続する。下部より次第に傾斜が急になっていき、上部を断層によって切られている。断層面直下の互層になっている部分では北に傾斜した軸面をもつ背斜構造が見られる。

Fig. 8 Outcrop of 11m high (the depths between 3776m and 3767m) observed in the central part of the western canyon slope. The strata, moderately dipping landward in the base of the outcrop, steepen gradually upward until they are truncated by a fault surface. Above the fault, the attitude of the strata swings back to the same general trend observed in the base of the outcrop. An antiformal fold was observed just beneath the fault.

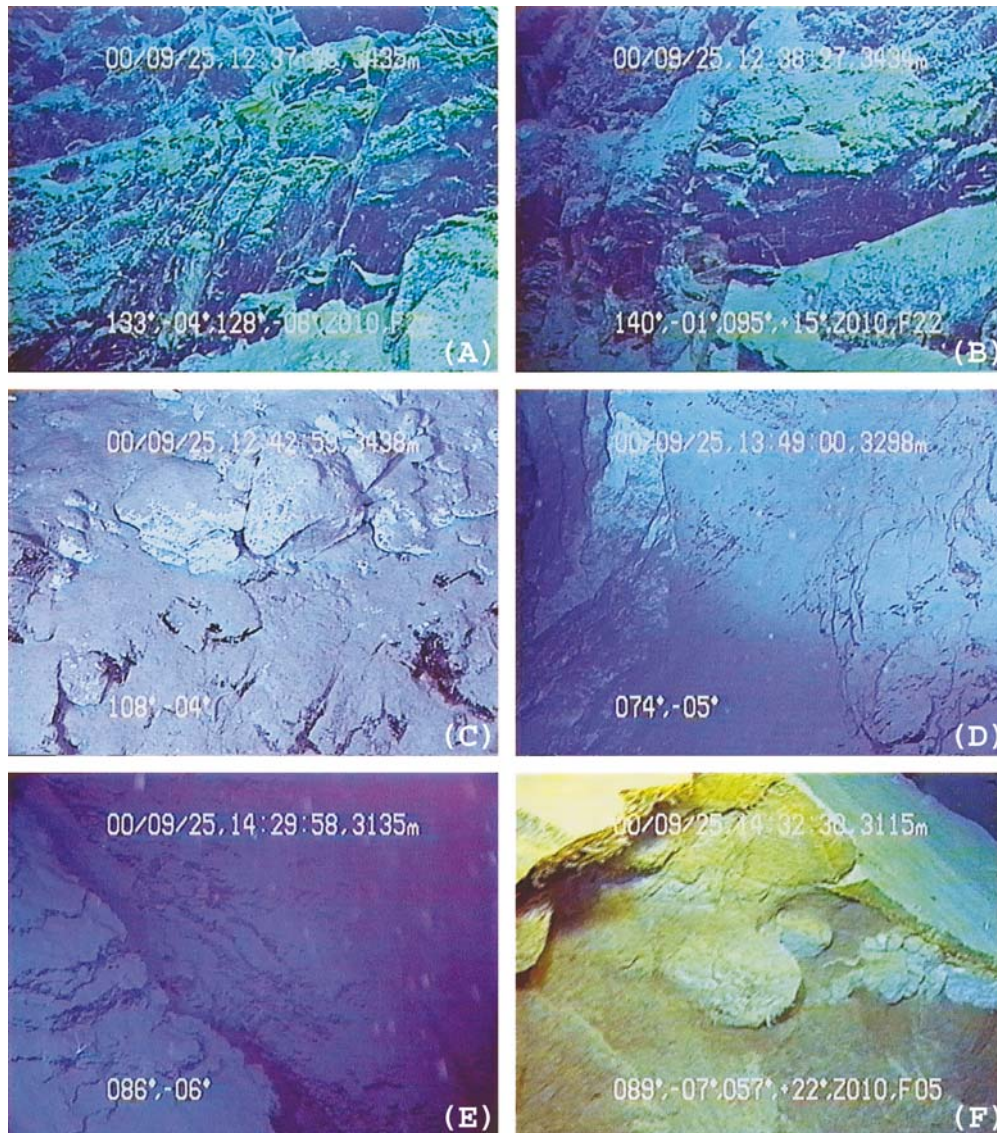


図9 第579潜航の露頭状況。

(A-B)：斜面基部では南北方向のほぼ垂直な面構造とともに、それらと直交する方向の面構造も発達する。層理面は判然としない。(C)：試料 6K579-R2の産状。同種の礫が重なり合って、写真(A-B)の露頭中の小規模なテラスの上に堆積している。この試料から中期更新世を示す放射虫群集が得られた。(D)：6K579-R2に類似した堆積物層は写真(A-B)露頭上位の随所に見られる。割れ目の入り方は下位層の写真(A-B)露頭と全く異なっている。(E-F)：海底谷斜面上部での堆積層の構造。褐色の堆積層(E)と、その上位に見られる灰白色から淡黄色の堆積物層(F)は、両者とも海溝側に傾斜する。

Fig. 9 Outcrops observed during the dive 6K579.

(A-B): Numerous planar structures with different directions were developed in the base of the slope, obscuring the directions of bedding planes. (C): Occurrence of sample 6K579-R2 that yields radiolarian microfossils suggesting Middle Pleistocene depositional age. These cobbles with the same lithology form a small fan-like structure on a narrow terrace developed in a steep outcrop (A-B). (D): Sediments with similar lithology to the sample 6K579-R2 were observed here and there in the outcrops above the sampling locality. Fractures developed in these upper sequences are much simpler compared to the outcrops shown in A and B. (E-F): Sedimentary structures in the upper part of the eastern canyon slope. Both brownish silt layer and overlying white-gray to yellowish sediments dip seaward.

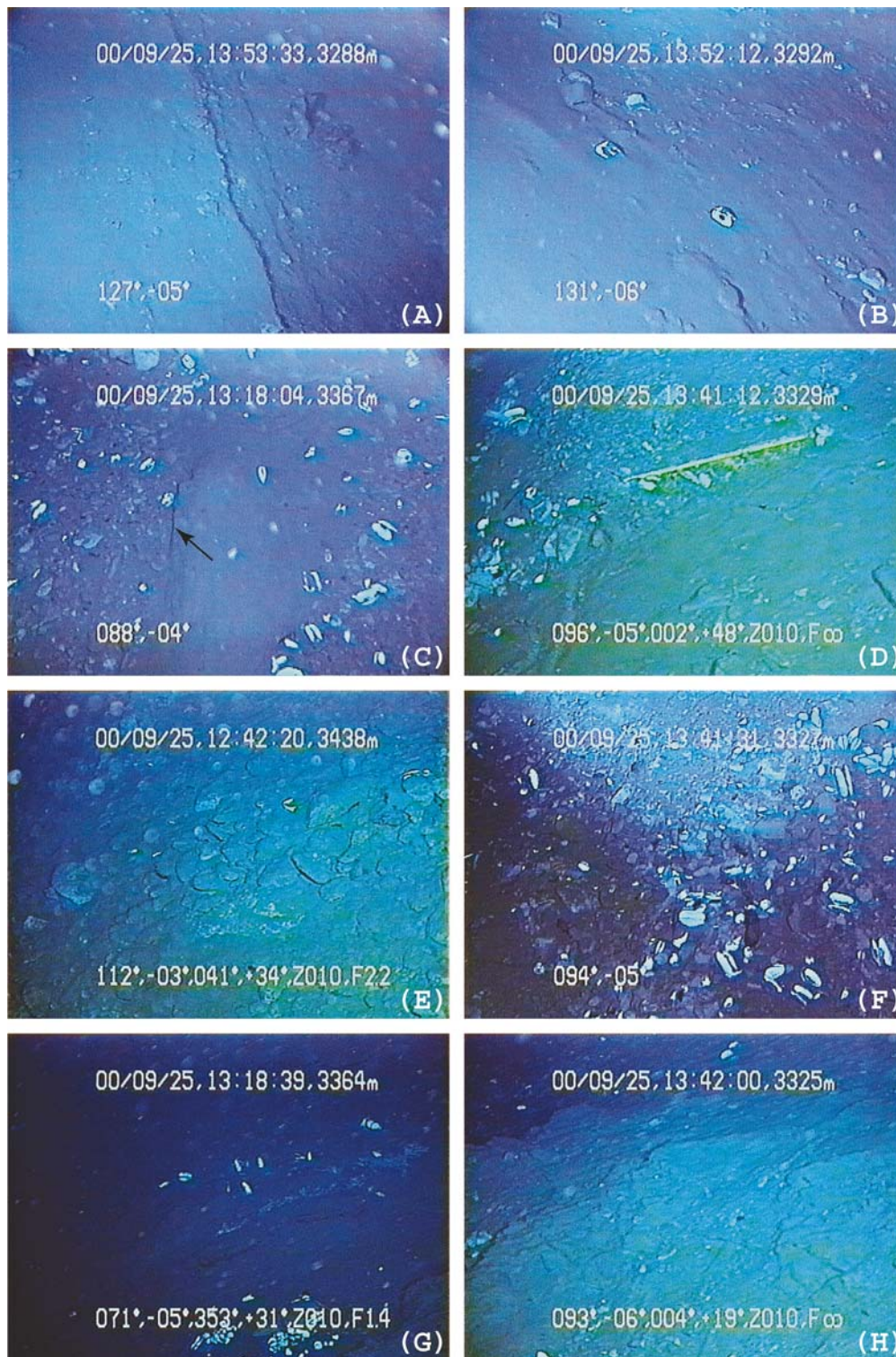


図10 斜面崩壊と白ウリ貝コロニー・貝殻の産状。

(A)：斜面上部では崩落(写真右手が崩落)が随所で生じている。(B)：崩落した土石流流路の上流部では白ウリ貝の貝殻や礫が海底斜面に転々と残されている。(C)：土石流流路の中流域。左手の土石流は右手の碎屑物を削り込んでおり(矢印)明らかに新しい。(D)：デブリ末端の堆積物が、より新しい細粒の碎屑流(右手前)によっておおわれている。(E-F)：デブリ末端の堆積状況。礫は長軸をインプリケートさせる(E)か、横方向に広がって堆積(F)している。後者の場合、白ウリ貝の貝殻は扇状の堆積の末端部に集中することがおおい。礫番部が保存されている貝殻も多い。(G-H)：ガリー底全面にわたって白ウリ貝の這い跡がみられ、生きている白ウリ貝は大きなコロニーを作らずに散在している。礫は長軸の方向を傾斜方向に配列している。

Fig. 10 Mode of occurrence of the Calyptogena shells and colonies.

(A): Slope failures observed near the slope head. (B): The shells of Calyptogena were distributed dispersedly along the channels of debris flows. (C): The middle reaches of the debris flow. Channel of the debris flow in the left eroded older grain flow deposits in the right. (D): Toe of debris flow covered by younger grain flow in the right bottom. (E-F): Terminal deposits of debris flows. Pebbles and cobbles are imbricated with long axes aligned to the flow directions (E), or deposited forming a lobe. Shells of Calyptogena are usually concentrated along the margin of the lobe. Many preserve hinges. (G-H): Traces made by Calyptogena were observed all over the slope. Calyptogenas are distributed dispersedly and do not form large colonies. Dispersed pebbles and cobbles parallel their long axes to the slope inclination.

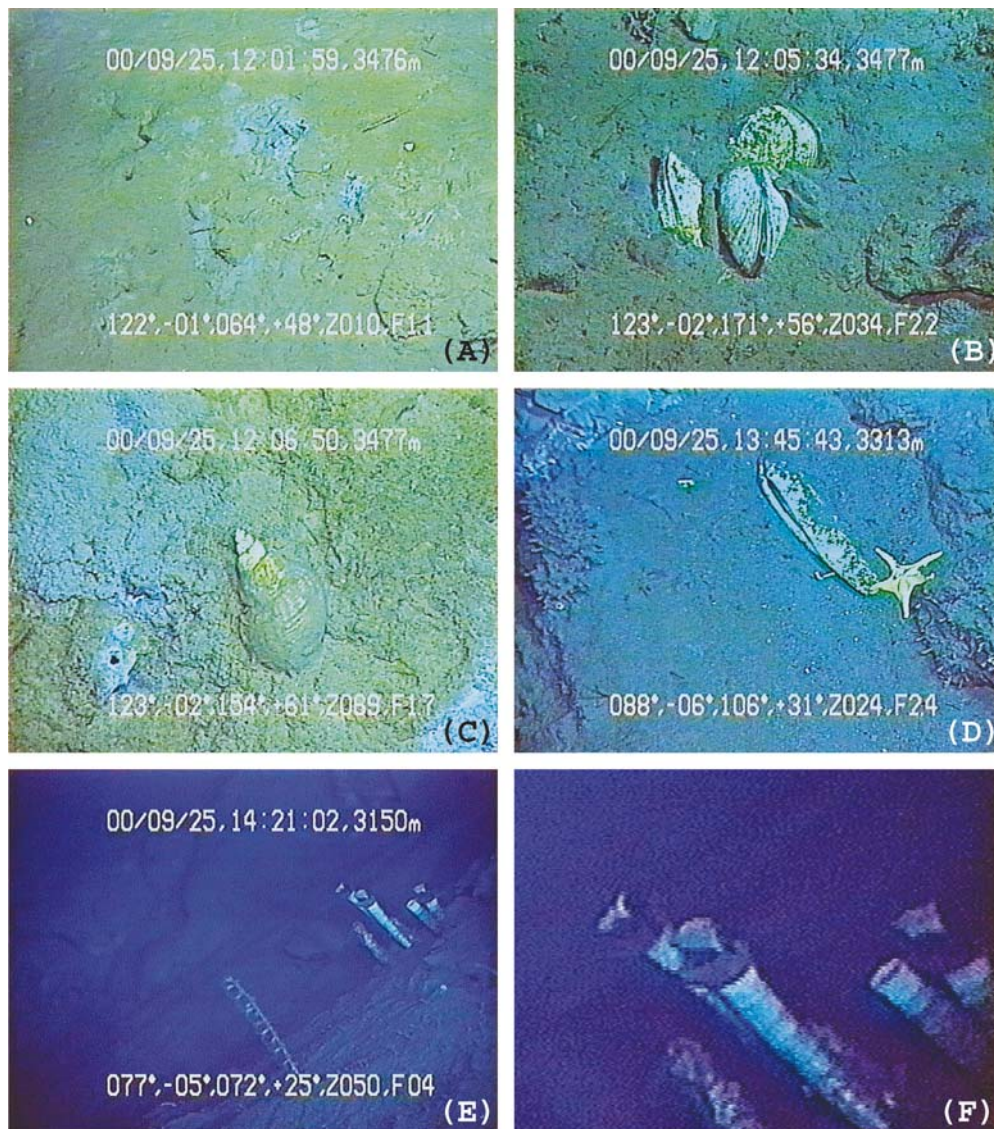


図11 第579潜航調査海域で観察された底生生物たち。

(A): 海底谷中軸部に見られた微地形。おそらく冷湧水の湧出によって、表面の被覆が取り除かれた後であろう。(B): シロウリガイの小規模な群集が同じ地域で観察された。(C): 巻き貝の一種。左手にごく小さな湧出孔らしきものが見られる。(D): 斜面中部で観察されたナギナタシロウリガイ。(E-F): 同チューブワームの一種。

Fig. 11 Lives observed during the dive 6K579.

(A): Micro-topography along the central axis of Shionomisaki submarine canyon. Cold seepage probably removed thin cover of sediments. (B): Calyptogena colony observed in the same area. (C): Gastropoda observed with supposedly micro-vent of cold seepage in the left. (D): Calyptogena observed in the eastern slope. (E-F): Tubeworms observed in the eastern slope.

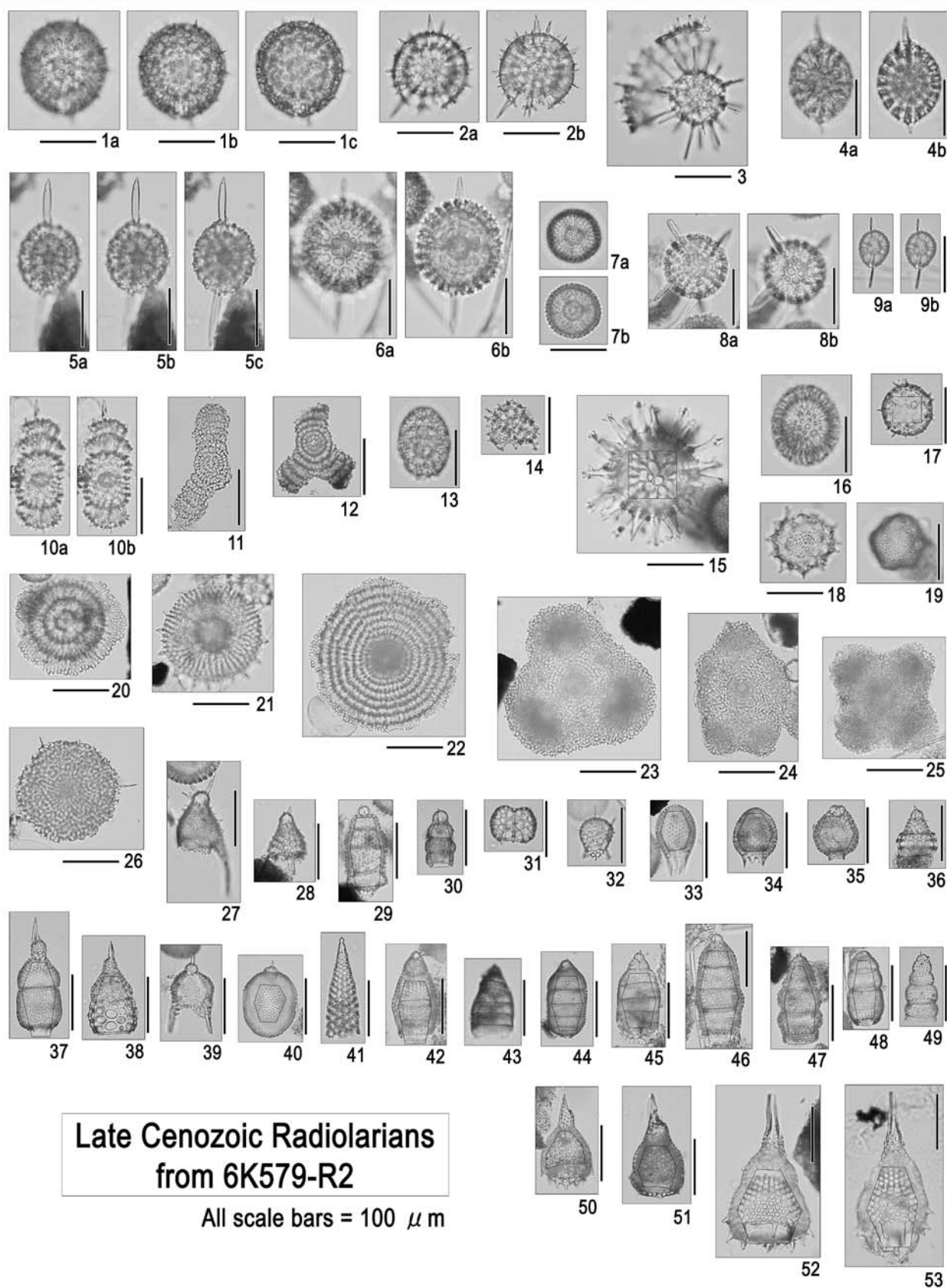


図12 灰白色シルト岩試料 6K579-R2から産出した放散虫化石。スケールはすべて100ミクロン。

Fig. 12 Late Cenozoic radiolarians recovered from white-gray siltstone, 6K579-R2. All scale bars indicate 100µm.

1a-c, 2a-b. *Sphaeropyle langii* Dreyer, 3. *Actinomma medianum* Nigrini, 4a-b. *Stylatractus* spp., 5a-c. *Xiphosphaerantha angelina* (Campbell and Clark), 6a-b. *Axoprunum bispiculum* (Popofsky), 7a-b. *Thecosphaera dedoensis* Nakaseko, 8a-b. *Hexacontium* spp., 9a-b. *Stylatractus* spp., 10a-b. *Ommatartus tetrathalamus* (Haeckel), 11, 12. *Amphirhopalum praeypsilon* Sakai, 13. *Larcopyle butschlii* Dreyer, 14. *Spumellaria* genn. et. spp. indet., 15. *Haeckeliella inconstance* Dumitrica, 16. *Spumellaria* genn. et. spp. indet., 17. *Choenicosphaera trepanata* (Haeckel), 18. *Acrosphaera spinosa* (Haeckel), 19. *Collosphaera* spp., 20. *Circodiscus* spp., 21. *Heliodiscus asteriscus* Haeckel, 22. *Flustrella* sp., 23. *Dictyocoryne truncatum* (Ehrenberg), 24. *Spongaster* sp. aff. *S. pentas* Riedel and Sanfilippo, 25. *Spongaster tetras tetras* Ehrenberg, 26. *Spongotrochus* (?) *venustum* (Bailey), 27. *Dictyophimus* spp., 28. *Dictyophimus hirundo* (Haeckel) group, 29. *Nassellaria* genn. et. spp. indet., 30. *Nassellaria* genn. et. spp. indet., 31. *Ceratospyris* spp., 32. *Lophophaena* sp., 33, 34, 35. *Carpocanistrum* spp., 36. *Cycladophora robusta* Lombardi and Lazarus, 37. *Theocorythium trachelium trachelium* (Ehrenberg), 38. *Lamprocyrtis neoheteroporos* Kling, 39. *Pterocanium charybdeum charybdeum* Muller, 40. *Lithopera bacca* Ehrenberg, 41. *Cornutella profunda* Ehrenberg, 42. *Eucyrtidium calvertense* Martin group, 43. *Eucyrtidium hexagonatum* Haeckel, 44. *Lithocampe punctata* Ehrenberg group, 45. *Lithocampe* spp., 46. *Nassellaria* genn. et. spp. indet., 47. *Botryostrobos* spp., 48. *Phormostichoartus corbula* (Harting), 49. *Botryostrobos auritus/auritus* (Ehrenberg) group, 50. *Anthocyrtidium ophirens* (Ehrenberg), 51. *Lamprocyclas* spp., 52. *Lamprocyclas maritima* Haeckel, 53. *Lamprocyclas margatensis* (Campbell and Clark)