

太平洋プレート上のジュラ・白亜紀海山— チャート層序, 古地磁気及び 表層堆積物中の裂か群 —マリアナ海溝海側斜面における「しんかい6500」 第181潜航報告—

小川勇二郎^{*1} 藤岡換太郎^{*2} 押田 淳^{*3} 西村はるみ^{*1}
川田多加美^{*1} 松岡 篤^{*4} 指田 勝男^{*1}
金松 敏也^{*5} 伊藤 孝^{*1}

「しんかい6500」による第181潜航が、マリアナ海溝の軸部から20km東方の海側斜面の基部の、北緯15°29′, 東経147°51′付近の深度6,424~6,016mの斜面で行われ、太平洋プレート上の海山とそれを覆う白亜紀遠洋性堆積物の産状が詳しく観察された。この地点は沈み込むプレートの表面近くに発達するホルストアンドグラベン（リッジアンドトラフ）構造で特徴づけられ、N-S~N30°E走向の正断層が南方に位置する海山を最大1 kmも変位させている。潜航の結果、海山を構成する火山岩（石英トラカイト及びアルカリ玄武岩の枕状溶岩）と、それを覆う放散虫チャートが互層状に繰り返すことが分かった。放散虫化石はジュラ・白亜紀境界から白亜紀後期までの4つの帯を示す。急崖の部分に正断層が想定され、それによる層序の繰り返しや欠如があるらしい。それらのうち最も古い時代を示す凝灰質粘土質放散虫岩は著しく保存のよい放散虫を含み、溶食、変形、珪化を全く受けていないにもかかわらず、より若い年代を示すチャートは珪化も変形も受けており、保存がより悪い。これらの堆積岩が示す古地磁気は、より古い時代のものほどより南半球の高緯度を示し、付近で行われた ODP Leg129 の結果と必ずしも調和的でない。

この急崖の最上部には白亜紀と第四紀の堆積物の間のハイエITASが観察された。その上のテラスには10m以下の薄い粘土質の堆積物が覆っているだけで、第三紀の堆積物は確認されなかった。その表面には崖の走向に平行の（N30°E）裂か（亀裂）が多数発達していた。崖の縁のものは地滑りに起因すると考えられるが、崖からかなり離れた地点のものは斜面の不安定性と地震時の振動の両者による複合的成因によるものと考えられる。

キーワード：海溝海側斜面, 太平洋プレート, 海山, 枕状溶岩, 放散虫チャート, ハイエITAS, 裂か

* 1 筑波大学地球科学系

* 2 海洋科学技術センター深海研究部

* 3 海洋科学技術センター深海研究部（現在：川崎地質株式会社開発部）

* 4 新潟大学理学部地質学鉱物学教室

* 5 東京大学海洋研究所

* 6 Institute of Geoscience, University of Tsukuba

* 7 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

* 8 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center
(Present : Kawasaki Geology Co. Ltd.)

* 9 Department of Geology and Mineralogy, Niigata University

* 10 Ocean Research Institute, University of Tokyo

Pacific Plate Jurassic to Cretaceous Seamount and Chert Stratigraphy, Rock Paleomagnetism and Clayey Seabottom Cracks

—Preliminary Report of “Shinkai 6500” Dive 181 at the Mariana Trench Oceanward Slope—

Yujiro OGAWA^{*6} Kantaro FUJIOKA^{*7} Atsushi OSHIDA^{*8}

Harumi NISHIMURA^{*6} Takami KAWATA^{*6}

Atsushi MATSUOKA^{*9} Katsuo SASHIDA^{*6}

Toshiya KANAMATSU^{*10} Takashi ITO^{*6}

The 181st dive of submersible “Shinkai 6500” took place on October 4th, 1993 at the Mariana trench oceanward slope from approximately 6,400 to 6,000m depth on the line 15°28.7' N from the west to the east. The dive site was located on the middle of a one thousand meters high N-S or N30° E trending normal fault scarp, which was caused by the bending of the descending Pacific plate to the Mariana trench. We found outcrops composed of seamount igneous rocks and radiolarian chert. One pillow lava is composed of quartz-trachyte, and one pillow breccia is of alkali basalt. The oldest sedimentary rock, tuffaceous clayey radiolarite, includes extremely well preserved radiolarians indicating a late Tithonian/Berriasian (Jurassic/Cretaceous boundary) age, and the youngest chert, clayey radiolarian chert, indicates a Coniacian-Santonian age. The other two samples of chert indicate late Valanginian-Hauterivian and late Cenomanian-Turonian ages, respectively. Three outcrops of pillow lava, one is of 43m height, are found, probably interbedded with radiolarian chert. However, several normal faults are presumed to dislocate these successions. No Tertiary sediments were found, but the Cretaceous sequence is directly covered by a Quaternary thin (less than 10 m thick) pelagic clay. This is the largest scale hiatus in the western Pacific sub-bottom. On the gentle slope of the Quaternary clay cover, there are many open cracks trending sub-parallel to the cliff direction, similar to those found at the Japan trench oceanward slope.

The paleomagnetic study of the four laminated cherts and tuffaceous clayey radiolarite suggests that the older rocks are of a more southerly latitude in the southern hemisphere. This is partly coincident with the results of ODP Leg 129 from the western Pacific region just east of the dive site, although our oldest rock shows a more southerly latitude than the ODP results.

Key words : Trench oceanward slope, Pacific plate, Seamount, Pillow lava, Radiolarian chert, Hiatus, Crack

1. はじめに

1993年度日本海溝・マリアナ・ヤップ・パラオ潜航調査研究 (DY93-1) の一環として、北緯15°29′, 東経147°51′のマリアナ海溝海側斜面で「しんかい6500」の潜航調査 (第181潜航) が1993年10月4日に実施された。本報告はこれによって得られたデータとその後の研究の予察的報告である。潜航に先立ち「よこすか」のマルチナロービームにより周辺海域の海底地形調査が行われた。本報告ではこの調査結果もあわせて報告する。

マリアナ海溝は急傾斜の沈み込みスラブと深発地震の少なさで、マリアナ型沈み込み境界の典型として知られている (Kanamori, 1971; Uyeda, 1982)。この地域についてはすでに多方面から多くの地球科学的研究がなされており、特に DSDP Leg 60 による掘削に基づく総括的研究によって、地質・地球物理的実体はかなり解明されてきた (Hussong and Uyeda, 1981)。1991年にはマリアナ海溝東方のジュラ紀のいわゆる quiet zone の Oldest Pacific において国際深海掘削計画 (ODP) Leg 129 が行われ、多くの情報が寄せられた。しかし、マリアナ海溝海側斜面については、簡単なサイスミックプロフィールが示されているのみで (Hussong and Fryer, 1981)、地質的情報は極めて少なかった。そこで我々は DY93-1 研究の一環として、この海域の地形・地質学上の調査・研究を試みた。

今回の潜航では西方へ急傾斜する断層崖の中腹の限界深度近くに着底し、東方へその斜面を登るかたちで地形・地質観察及び岩石・堆積物の採集を行った。その結果極めて興味深い成果を挙げる事ができた。特に、急斜面には枕状溶岩が露出しており、しかもそれは白亜紀のチャート層と何回も互層状に繰り返すこと、さらにそれらの白亜紀層序と崖の直上の薄い第四紀堆積物との間に大きなハイエITASが認められたこと、またその堆積物の表層には日本海溝北部の海溝海側斜面と同様なセッティングにおけるものと類似する裂か (亀裂) 群が発達することなどが判明した。さらにこれらの層序は ODP Leg129 における層序のどれとも一致せず、海山周辺の特別な層序を示すこと、採集したジュラ・白亜紀境界の凝灰質粘土質放散虫岩には極端に保存のよい放散虫が含まれていることなども分かった。また、時代の判明したチャートなどの深海性堆積岩の古地磁気は、これらの層序を持つ太平洋プレートは白亜紀初頭から後期にかけて、南半球の比較的高緯度から低緯度に向かって北上したことを示す。これらは、付近で行われた ODP Leg 129 の結果と必ずしも調和しない。本論では、この潜航

とその後の研究の一部を予察的に報告する。なお、詳しい研究結果については、別の機会にそれぞれの論文として発表する予定である。

なお、本報告における分担は次のとおりである。藤岡は計画全体の立案を行った。藤岡、押田、西村は母船に乗船し、小川の潜航の補助を行った。押田は地形情報を整理した。西村、川田と伊藤はプシュコアの記載と放散虫の保存について研究を行った。松岡は白亜紀の放散虫を同定し、指田はチャートの組織と放散虫の保存を研究した。金松は古地磁気の測定を行った。原稿は小川が全体の総括を行い、全員で検討した。

2. 周辺の地形

調査海域は北緯15°29′, 東経147°51′を中心として南北40mile, 東西45mileであり、東西方向の5本の測線によって測深が行われた (図1, 2, 3, 4)。これにより比較的狭い範囲であるが、マリアナ海溝陸側及び海側斜面の地形が明らかになった。今回の結果は千島海溝・日本海溝・伊豆小笠原海溝との比較研究にも用いることができる。

調査海域での海溝軸の最深部の水深は7,900mであり、マルチナロービーム調査は海側は平坦部で5,500mまで、また島弧側は5,000~4,000m程度までをカバーしている。本調査海域は海底地形から、海溝陸側、海溝中軸部、海溝海側の3地域に区分することができる。海溝陸側は前弧海山とその鞍部からなり、5,000m以深ではNW-SE方向とそれにほぼ直交するNE-SW方向の地形のトレンドが認められる。海溝中軸部はN-S方向の地形トレンドによって特徴づけられる。軸部としては比較的広い幅 (7,000mの等深線で囲まれる比較的平坦なゾーンの幅は20kmに達する) をもっており、この地形の境界は陸側、海側とも水深7,000~6,500mの等深線にほぼ一致する。その境界部での地形変化は、陸側へは比較的ゆるやかであるのに対して、海側へは落差が1,000mに達する明瞭な正断層崖によって、急激に海側斜面へ移行する (図2, 3)。

海溝中軸部は全体的にはゆるやかな地形であるが、内部にN-S方向のリッジアンドトラフの地形が発達する。海側斜面ではN-S及びNE-SW方向の2つの地形トレンドが発達する。NE-SW方向の地形はトラフ地形であり、6,000~6,500mの水深を示す。この地形トレンドは海溝軸を横断して陸側へも染み込んでおり、太平洋プレートの地形が陸側へも影響を与えている。これは日本海溝北部や千島海溝西部で認められる特徴

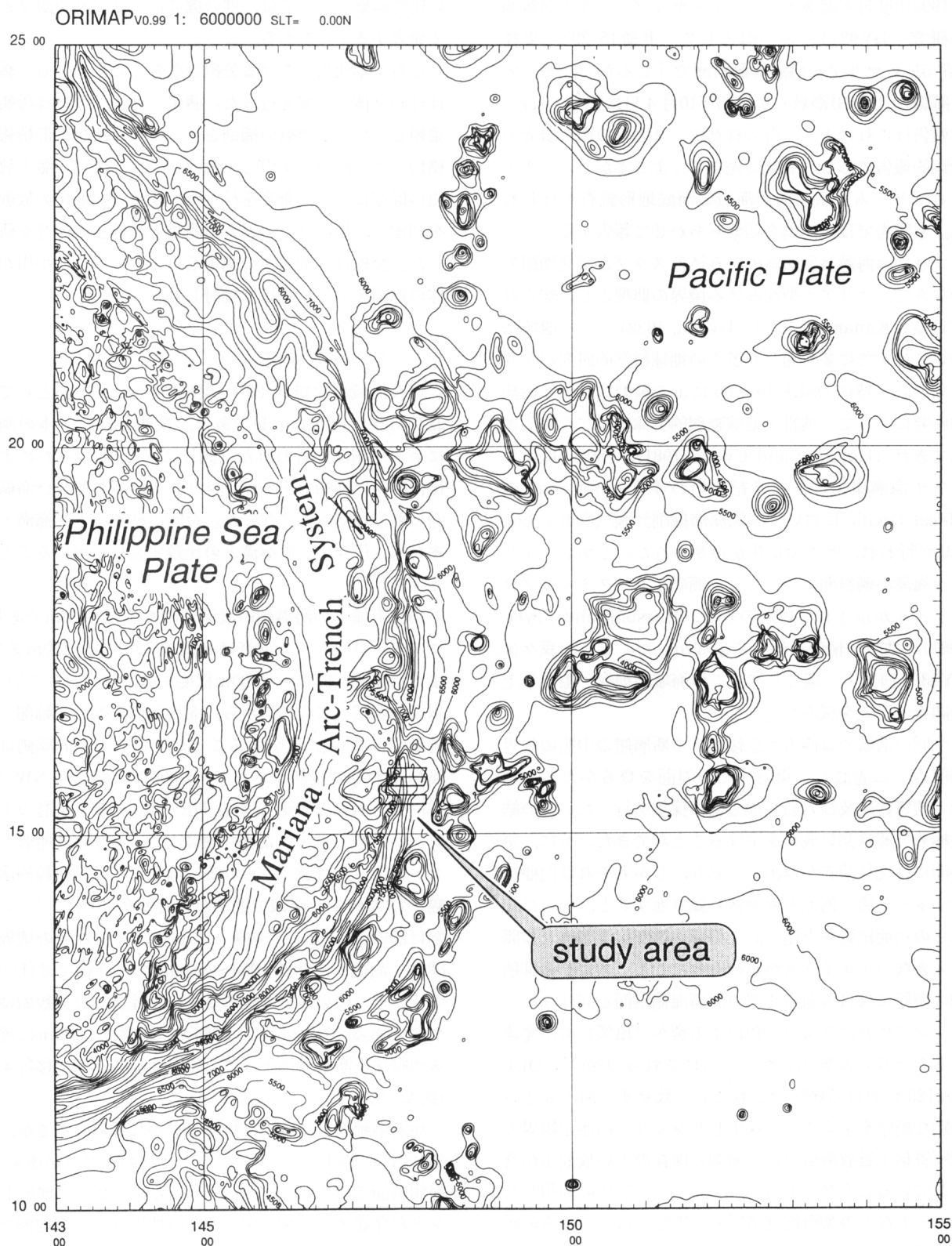


図 1 調査地域位置図。南部に存在することが分かった海山はこの図には示されていない。実線はマルチナロービーム測線
 Fig. 1 Index map of the study area, showing multi-narrowbeam tracks. A seamount found during this study is not shown. See Fig. 3.

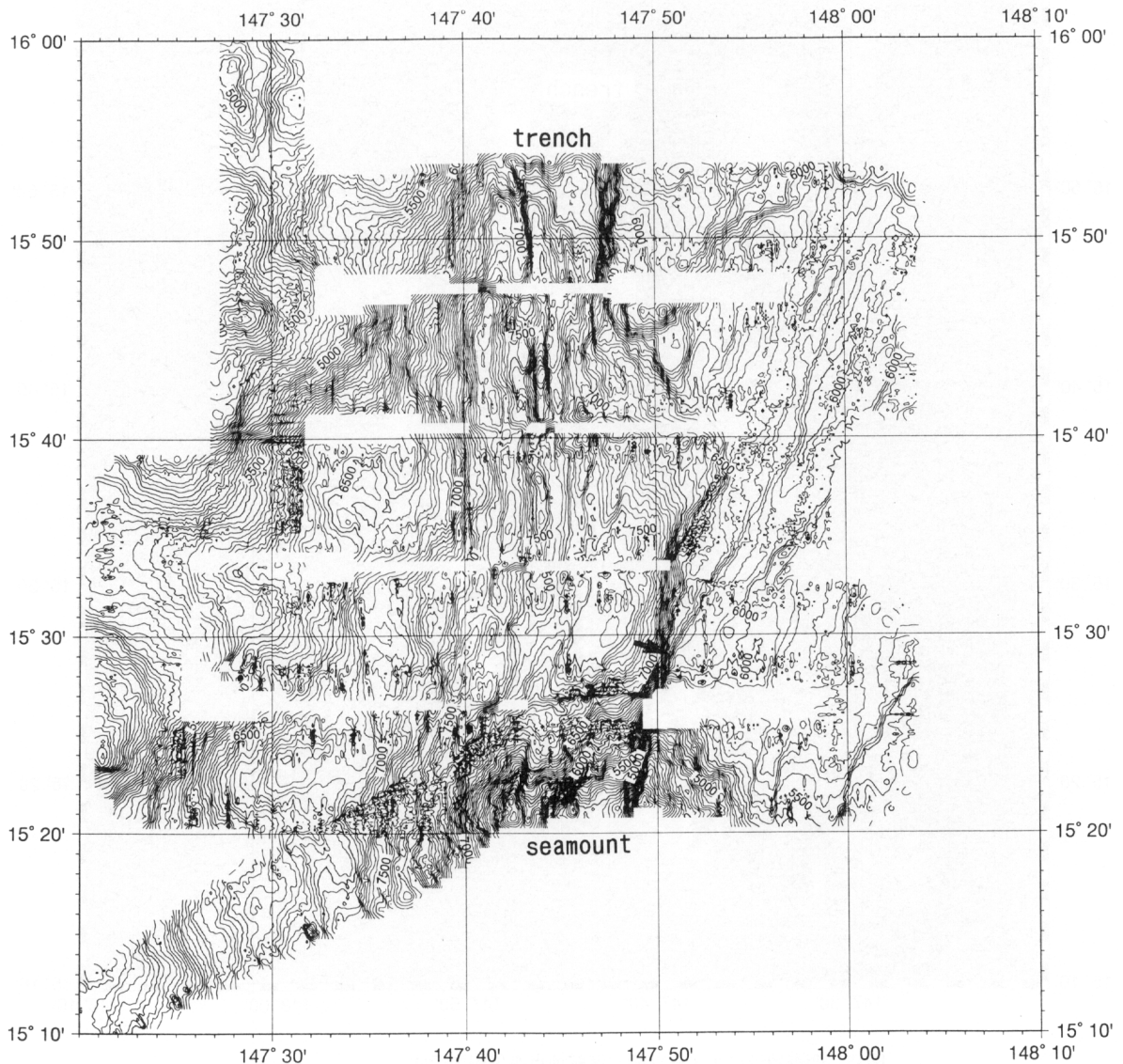


図 2 調査地域のマルチナロービームマップ。潜航地点を矢印で示す。等深線の間隔は100m
Fig. 2 Multi-narrowbeam map of the study area. The dive site is shown by arrow. Counter distance is 100m.

(Kobayashi, 1991, 1993) と一致する。海溝軸部地域と海側地域の境界をなす断層崖は調査地域南端の海山をほぼ南北に分断しており、第一鹿島海山の状況と類似している。海側にみられる NE-SW 方向の地形は、その方向がこの地域で同定された太平洋プレート上の中生代縞状地磁気異常 (Chron M25) の方向 (およそ N40° E) (Nakanishi, 1993) にほぼ一致することから、海底拡大時の構造を反映していると考えられる。一方、前述の断層崖より海側ではリッジアンドトラフ構造が発達し、この地域でのプレート沈み込みに伴う海洋プレートの曲げによる水平引っ張り応力によるものと考えられる。

なお、調査地域の最南部には比高が少なくとも3,000

mに達する直径35kmの海山が南北方向のいくつかの正断層によって変位されながら、海溝に突入している。そのために海溝軸は西方へ押し込まれており、この状態も第一鹿島海山に類似している (図 2, 3)。

3. 潜航結果の概要

第181潜航 (1993年10月 4 日)

観察者: 小川勇二郎

潜水船船長: 赤沢克文, 船長補佐: 小倉訓

3. 1 潜航記録

第181潜航の観察記録を表 1 に示す。また、航跡図及び断面図を図 5, 6 に示す。

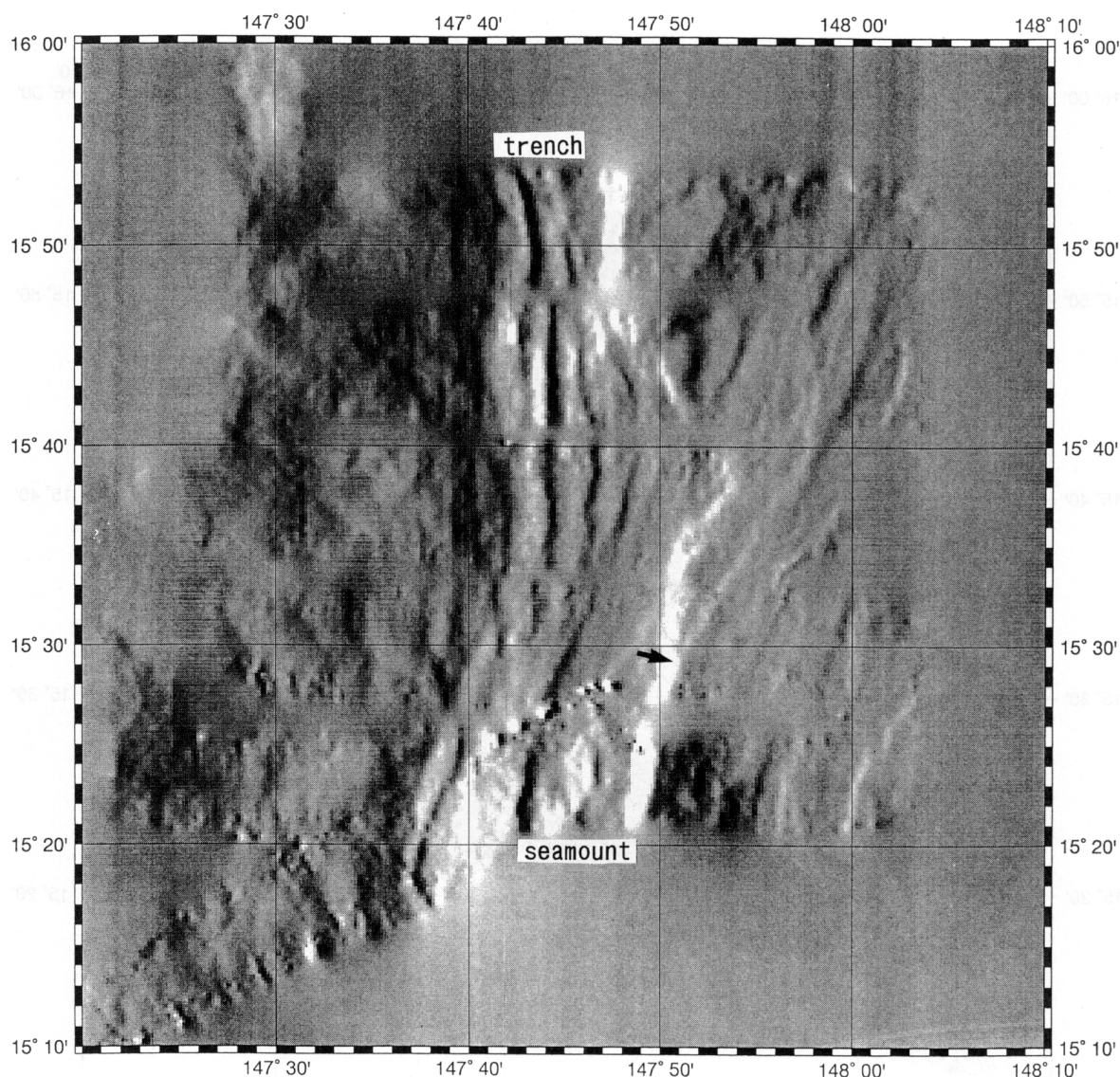


図 3 調査地域のイメージ図。潜航地点を矢印で示す。

Fig. 3 Image of the study area. The dive site is shown by arrow.

3. 2 観 察 事 項

潜航の間に観察された海底の様相の代表的例を写真 1～5 に示す。また採集試料を写真 6～8 に示す。潜航は北緯 15°28.6′, 東経 147°50.4′ の水深 6,424m に着底し, ほぼ東へ向けて水平距離にして約 1,250m を走行した。着底地点は南方に存在する, かなり大きな海底火山 (海山) の北麓に位置し, もともと北方へ緩く傾斜する斜面であったと考えられるが, 現在は N-S 及び N30°～35° E に走る東傾斜の 1 km に及ぶ変位を持つ正断層によって変位させられており, かなりの傾斜 (平均 30 度に達する) の急斜面である。そこには上方から落下してきた多くの boulder-cobble サイズのデブリが覆っている。

着底地点において転石の 1 つ (試料 D-181-R-001, 以

下 D-181 を省略) (放散虫チャート) (写真 6-1) を採集した後, 斜面を東方へ向けて連続的に上昇した (図 6, 7)。6,391～6,348m までは 43m ほどの比高の急崖 (一部でオーバーハング) となっていて, 枕状溶岩が連続的に露出している (写真 1-1)。枕は長径約 50cm～1m 程度の大きさをしている, 密にパックされている。その層理面はほぼ水平である。放射状の節理が顕著に発達する (写真 1-2)。この急崖の 6,361m にあった転石 (R-002) (写真 6-2) は石英トラカイトである。6,348m では下位の枕状溶岩と上位の明瞭な層理を持つ堆積岩の間の水平な整合状の境界が観察された。

6,348m から 6,107m までは一部に枕状溶岩の露頭が見られるものの, 大半は層状の堆積岩 (主としてチャー

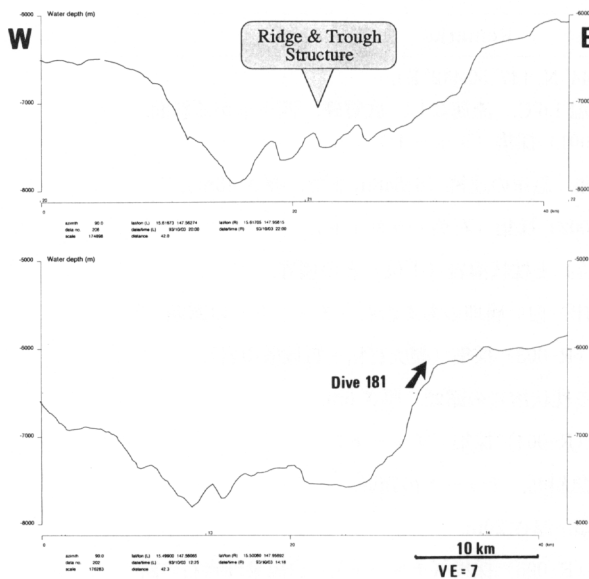


図 4 調査地域の東西地形断面図。上、北緯15°37′，下、北緯15°30′に沿う断面
Fig. 4 Profiles of the study area, above, along 15°37' N, and below, along 15°30' N.

ト)が露出するか、それらの転石によって覆われている。前述の枕状溶岩の上の緩い斜面(6,316m)での試料R-003(写真6—3, 8)は白色ないし灰色の凝灰質粘土質放散虫岩である。また、R-004及びR-005(いずれも放散虫チャート)(写真6—4, 5)をそれぞれ6,284m, 6,192mの地点にて採集した。これらはいずれも転石であり、周辺には異なった様相を示す転石が存在するので、それらは上方から転動して混ざり合って集積しているものであろう。この間6,286~6,282mまでに約6mの枕状溶岩が観察された。6,282mでは上位の層理の明瞭なチャートとの接触が観察された(写真1—3)。また6,230~6,210mに厚さ20mの枕状溶岩が観察された(写真2—1)。これには発泡が見られた。上位の地層との関係はよく分からない。その後6,107mまでの103mの間は非常によく層理の発達した堆積岩からなる。R-004(6,284m)とR-005(6,192m)はいずれも細かいラミネーションの発達する放散虫チャートである(写真6—4, 5)。

6,107mにおいて、下位の硬い岩石と上位の柔らかい堆積物との間の水平なシャープな境界を観察した(写真3—1)。下位のチャートは後期白亜紀から連続するものであり、また上位の7mの厚さの堆積物の上部は第四紀である。この間に第三紀を示す地層は未発見である。もしこの境界の上下に第三紀の地層がなければ、ここに約

7,000万年に及ぶ時代のギャップが存在することになる。これはいわゆる西太平洋の深海ハイエイトスの1つである。

堆積岩からなる急崖の上はほぼ水平なテラスとなっていて、それを覆う堆積物は7m以下の厚さである(写真3—2, 3)。これは部分的に第四紀の保存のよい放散虫を含み、第三紀のものを含まない。また、溶解してはいるが中生代を示す放散虫も含まれる。さらに魚の歯を普通に含む(後述)。このことからこの地点は現在はCCD以深でSCDに近く、かつ中生代の地層からの洗い出しがあることが分かる。

テラスは6,101~6,041mまでの東西幅約600mのごく緩い傾斜を示す平坦面であり、所々に枕状の巨大なブロックが散在するものの、ほぼ一様に褐色粘土質堆積物で覆われている。その表面には緩く波状になった波長数mの地形やリップマークのほか、多くの裂かが発達する(写真4, 5)。それは急崖の近くの縁に多いが、テラスの崖からかなり離れた個所にも分布する(写真4, 5)。あるものは雁行し、あるものは編目状に分布する(写真4, 5)。テラスの表層には底生生物はまれであるが、多くのはい跡やマウンド状ないしクレーター状の生物による微小地形が観察された(写真5—1)。なお、このテラスの西の縁、中央付近及び次の崖の麓の計3地点において4回のプッシュコアのサンプリングを行った。試料番号はそれぞれC-001, 002(6,097m), 003(6,062m), 004(6,035m)(写真7)であるが、C-001には堆積物が全く入っていないかった。それらはすべて褐色ないし暗褐色のほぼ一様な粘土で、最上部に少量の鉄マンガンコーティング礫が含まれるほかは、所々にシルトサイズのパミスのラミネーションが認められるのみである。

テラスは深度6,041mで終り、比高約22mの崖がN30°E方向に走る。この崖の中腹で試料R-006(6,035m)を採集した(写真6—6)。それはアルカリ玄武岩質のピロブレッチャである(写真5—3)。崖を上った所には薄い泥が堆積していた。その場の北緯15°28.7′, 東経147°51.1′の水深6,016mで離底した。

4. 岩石及び堆積物試料の記載

採集した岩石及び堆積物の採集位置と深度は表1に示した。それらの写真を写真6に示した。岩石については切断の後薄片を作成し、偏光顕微鏡で観察した(写真9, 10)。また、チャート及び放散虫岩については表面を沸化水素酸(HF)によってエッチングした後、走査電子顕微鏡(SEM)によって観察した(写真11, 12)。

表 1 潜水による観察事項
Table 1 Observation during Dive 181.

Time (h : m : s)	Depth (m)	Remarks
11 : 32 : 15	6,424	着底 (15°28.644' N, 147°50.442' E). 視程 15m, 水温 1.6°C, 流速なし. 底質礫, 西へ下がる斜面. 岩石試料 (R-001) 採集 (チャート).
11 : 48 : 34	6,391	枕状溶岩の露頭, 急崖の連続 (6,348m まで, 厚さ 43m).
11 : 55 : 10	6,361	岩石試料 (R-002) 採集 (石英トラカイト).
12 : 01 : 33	6,348	チャート (上位) と枕状溶岩 (下位) との境界.
12 : 05 : 00	6,341	N30°E 方向の崖, 白い層理のある岩石 (チャート) の露頭.
12 : 10 : 18	6,316	白色岩石試料 (R-003) 採集 (凝灰質粘土質放散虫岩).
12 : 19 : 30	6,286	vesicule のある枕状溶岩の露頭. 厚さ 6m.
12 : 26 : 00	6,284	褐色岩石試料 (R-004) 採集 (チャート).
12 : 39 : 07	6,255	N30°E 方向の急斜面. チャートの露頭.
12 : 44 : 15	6,230	枕状溶岩の露頭. 厚さ 20m.
12 : 51 : 00	6,192	桃色岩石試料 (R-005) 採集 (チャート). 白黒葉理岩石の露頭の連続 (6,107m まで厚さ 103m).
13 : 07 : 30	6,107	泥層 (上位) とチャート (下位) との境界 (ハイエイト).
13 : 07 : 35	6,103	N30°E 方向の急崖の泥層表面に多数の裂か発見.
13 : 26 : 49	6,097	ブッシュコア試料 (C-001, 002) 採集. 裂か計 18 本発見.
13 : 37 : 40	6,107	斜面をいったん下り, ハイエイト露頭再訪.
13 : 47 : 00	6,096	緩い斜面を 90°方向へ進む (0.3-0.4kt) (6,062m まで) この間裂か計 32 本. NE 方向の水流によるリップルマーク多し. Mn ノジュール所々にあり.
13 : 53 : 40	6,080	ジグザグのはい跡.
14 : 11 : 00	6,062	ブッシュコア試料 (C-003) 採集.
14 : 18 : 20	6,055	N40°E 方向に並ぶ枕状のブロック. この間 6,046m まで裂か 20 本. 所々にクレーター状の穴あり.
14 : 34 : 40	6,041	N40°E 方向の急崖の直下の小礫の多い個所にてブッシュコア試料 (C-004) 採集.
14 : 37 : 00	6,040	枕状溶岩〜ピロブレッチャの急崖を登る (厚さ 22m).
14 : 41 : 39	6,035	岩石試料 (R-006) 採集 (玄武岩ピロブレッチャ).
14 : 47 : 00	6,018	崖の上に出る. 底質は泥.
14 : 47 : 30	6,016	離底 (15°28.747' N, 147°51.141' E)

堆積物については 1 ~ 2 cm ごとにスミアスライドと洗
いだし試料を作成し, 前者を偏光顕微鏡によって (写真
13), 後者を双眼実体顕微鏡によって観察した。それら
に基づいて以下に簡単に記載する。

4. 1 岩石の記載

R-001 黒褐色ないし淡褐色の葉理を持つ放散虫
チャート (写真 6—1)。所々にクロスラミネーションが
見られる。放散虫は級化層理をなし, 配列にはインブリ
ケーションが見られる。放散虫の殻は大半が溶解してい

て, 葉理に平行に偏平になっていることがあり, 殻の上
部に雲母鉱物があたかも帽子をかぶせたように上に凸に
覆っている (写真 9—1, 11—1)。シリカ鉱物はオパー
ル CT と石英である。時代は late Valanginian-
Hauterivian を示す。

R-002 灰色の斑状石英トラカイト (写真 6—2, 表
2)。空隙が見られる。それはしばしば球面状の配列をな
し, 枕状溶岩の一部であることをうかがわせる。斑晶と
して石英及び幾分溶解した斜長石と, 量は少ないが角閃

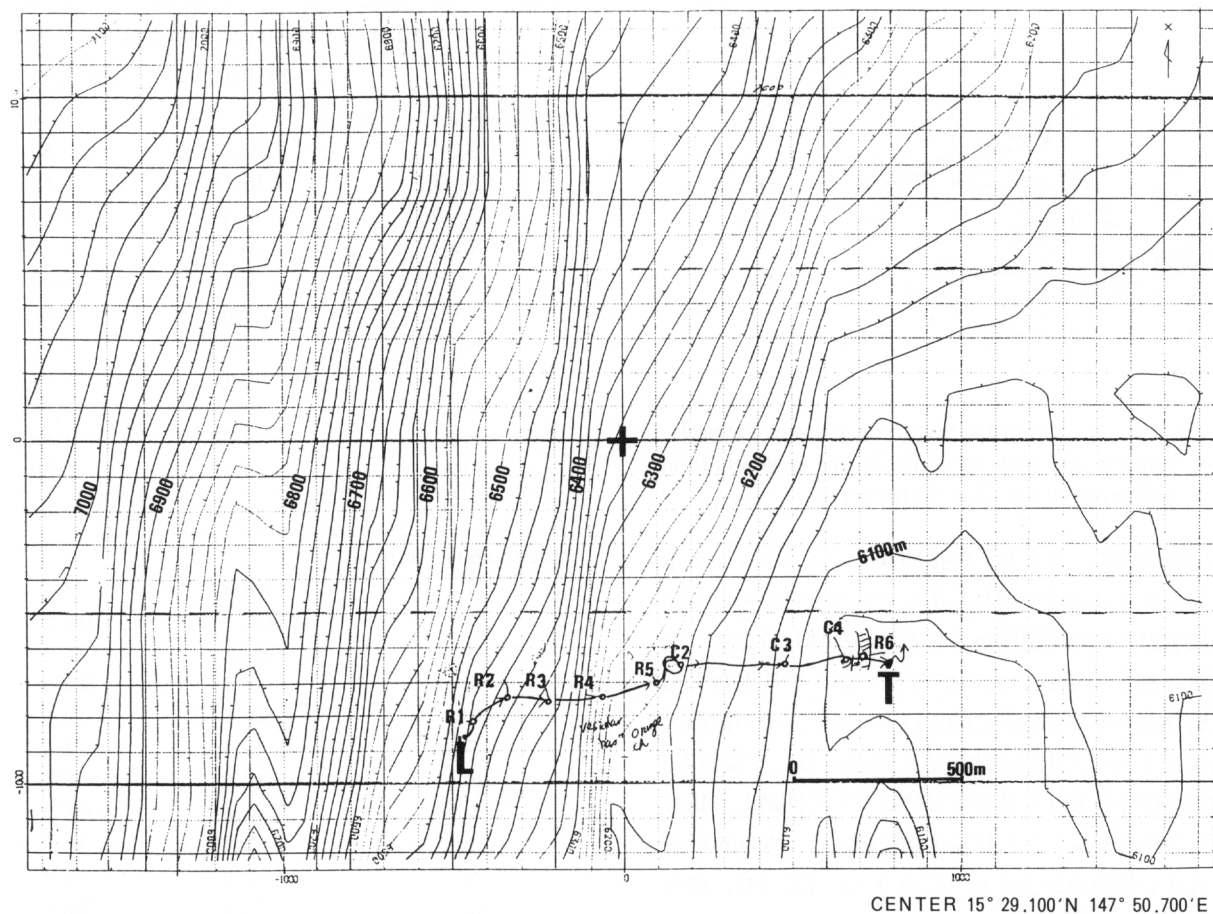


図 5 潜航ルート図。L, Tはそれぞれ着底及び離底地点。中心の位置、北緯15°29.1′, 東経147°50.7′。R, Cはそれぞれ岩石及びプッシュコア採集地点

Fig. 5 Route map of the dive. L and T are landing and take-off sites, respectively. The center of the map, 15°29.1' N, 147°50.7' E. R and C are sites of sampling of rocks and push-cores, respectively.

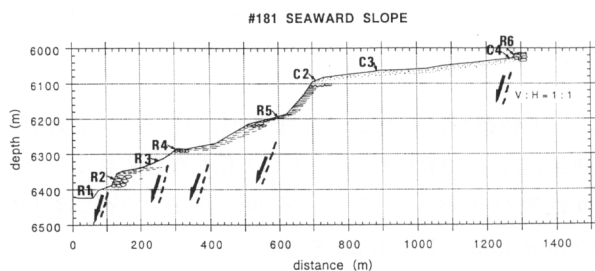


図 6 潜航ルート断面図。長円、枕状溶岩；横線，チャート等；点，粘土層。推定断層を記入

Fig. 6 Geologic profile along the dive route. Long circles, pillow lavas ; dashed lines, chert and other sedimentary rocks ; dots, clay sediments.

石が含まれる（写真 10—1, 2）。石基には流理構造を示す斜長石とアルカリ長石が見られる。

R-003 白色及び灰色の葉理と層理を持つ凝灰質粘土質放散虫岩（写真 6—3, 8）。カッターナイフで切れるほどに柔らかい。所々に *Zoophycos* 及び *Chondrites* の burrow 型の bioturbation が見られる。前者には粗粒

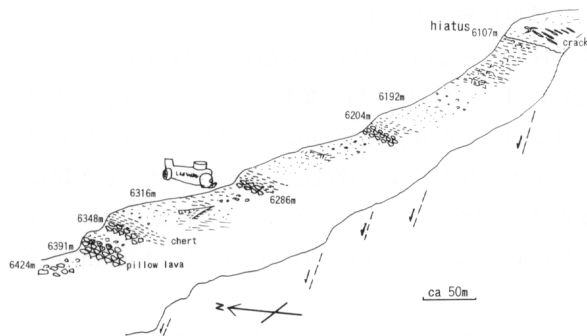


図 7 着底地点からテラスまでの鯨観図
Fig. 7 Whale's eyes view from the landing site to the terrace.

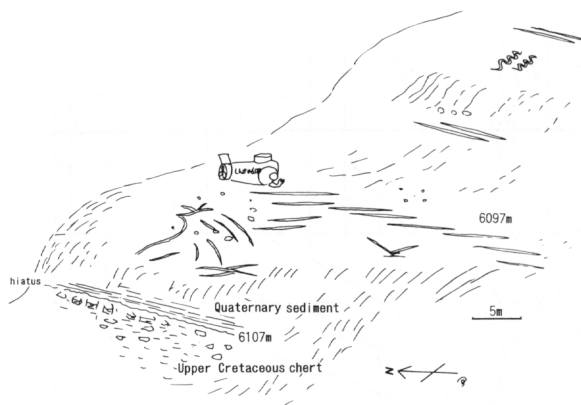


図 8 テラスの縁の粘土質表層に見られる裂かを示す鯨観図
Fig. 8 Whale's eyes view of cracks in the clayey bottom sediments on the edge of the terrace.

の火山灰が詰まっており、特徴的なラミネーションを示す。また後者は上位の層から落ちてきたと考えられる白色の放散虫に富む堆積物からなる。各葉理は放散虫、火山灰及び粘土の量比の違いがあり、級化する場合もある。放散虫の量は部分的に50%以上に及ぶ。その殻の大きさは含まれる火山灰の大きさに比例する。すなわち、火山灰の粒径の大きな部分ではほぼそれに匹敵し、新鮮なガラス片を多量に含む粗粒火山灰層には、300 μ mに達する大きい放散虫が含まれ（写真9—2, 12, 14）、逆もまた成り立つ。級化が普通にみられるほかに、所々にクロスラミネーションが発達する。火山ガラスは全く変質しておらず、また放散虫の保存は極めてよく、オパールAのままである（写真11—2, 12）。これらの多くの放散虫が未記載種である。これは通常の放散虫岩やチャートではほとんどの殻が破壊され、実際に存在していた殻は記載に耐えるほどには保存されなかったことを逆に示しているものと考えられる。しかし、記載種の組み合わせから late Tithonian/Berriasian のほぼジュラ・白亜紀境界を示す。また、ナノ化石が含まれ、その時代については現在検討中である。

R-004 褐色と白色の葉理の発達する放散虫チャート（写真6—4）。平行及び斜交葉理が見られ、褐色の部分はより雲母に富むが、白色の部分は珪化した放散虫岩であり、所々に保存のよい放散虫とそのスパインが多量に含まれる（写真9—3, 11—3）。シリカ鉱物はオパールCTと石英である。時代は Coniasian-Santonian を示す。

R-005 褐色の細かい葉理を含む放散虫チャート（写真6—5）。不規則ないし斜交する葉理は放散虫の配列に

表 2 火山岩の XRF による化学分析値（分析は英国エジンバラ大学の Dr. Dodie James）

Table 2 XRF analysis of igneous rocks (analyst, Dr. Dodie James, University of Edinburgh, U.K.).

	181-R-002	181-R-006
major element in wt%		
SiO ₂	75.27	48.89
Al ₂ O ₃	10.78	15.86
Fe ₂ O ₃	3.44	11.83
MgO	0.07	2.17
CaO	0.12	6.09
Na ₂ O	4.65	3.01
K ₂ O	4.33	3.37
TiO ₂	0.17	2.52
MnO	0.05	0.08
P ₂ O ₅	0.03	1.93
LOI	0.59	3.80
Total	99.53	99.57
trace element in ppm		
Nb	186.8	41.3
Zr	1471.1	188.2
Y	192.2	47.4
Sr	11.7	363.6
Rb	137.4	56.6
Th	20.4	4.3
Pb	12.3	3.4
Zn	277.8	168.5
Cu	2.9	88.6
Ni	5.9	73.4
Cr	10.4	238.6
Ce	234.1	67.7
Nd	112.3	49.4
La	79.0	41.3
V	8.3	144.0
Ba	72.6	196.1
Sc	0.0	32.5

よって特徴づけられる（写真9—4, 11—4）。空気中で細かい岩片に割れやすい。ナノ化石が含まれる。シリカ鉱物はオパールCTと石英である。時代は late Cenomanian-Turonian を示す。

R-006 暗褐色の玄武岩質のピローブレッチャ（写真6—6, 表2）。小さなかんらん石が反応縁を持たないのでシリカに不飽和なアルカリ岩と考えられる。intergranular ないし subophitic 組織を示し（写真10—3, 4）、所々にハイアロクラスティックな組織を示す。コブ大のブレッチャと粗粒砂程度の小礫の集まりであるが、変質しており、ほとんどの鉱物が粘土鉱物に変わっている。

4. 2 堆積物の記載

C-002~004 は皆ほとんど同一の特徴を示す。どれも小礫からシルトサイズのバミス片や火山灰片を含む褐色ないし暗褐色の粘土であり、いわゆる赤色粘土に相当する(写真7, 13)。下位ほど幾分明色である。しかし、この軟X線写真(写真7)によると、上部に不規則な斑点状の部分があり、バミス礫に鉄・マンガンコーティングがされたものが含まれ、また所々に生物擾乱(bioturbation)があることが分かる。スミアスライド及び洗い出し試料の観察(写真13)によると、普通に第四紀の放散虫を含むほか、魚の歯が含まれる。極微細な赤色の粘土粒子をかなり多量に含む。放散虫の多くは第四紀を示すが、かなりの量の中生代型の放散虫も含まれる。前者は保存がよいが、後者はほとんど溶食されている。第三紀型のものは含まれない。

5. 放散虫による岩石の堆積時代とその古地理上の意義

5. 1 放散虫の同定と対比

R-001, 3, 4, 5に含まれる放散虫のうち、年代考察に有効な種の電子顕微鏡写真を写真15に示す。以下にそれぞれの試料についての検討結果を述べる。

R-001は多くの放散虫を含むが、それらの保存はあまりよくない。次の属種が同定された。*Acaeniotyple diaphorogona* Foreman, *Acanthocircus dicranacanthos* (Squinabol), *Acanthocircus trizonalis* (Rust), *Archaeodictyomitra* sp., *Holocryptocanium* sp., *Napora* sp., *Pantanellium* sp., *Pseudodictyomitra* sp., *Xitus spicularius*. Schaaf (1984) のレンジチャートに基づく、*Xitus spicularius* の出現層準は lower/upper Valanginian 境界であり、*Acanthocircus dicranacanthos* の消滅層準は Hauterivian/Barremian 境界である。この組合せからは late Valanginian-Hauterivian の年代が得られるが、産出レンジには再検討の余地がある。

R-003は多くの極めて保存のよい種を含むが、その多くは未記載種である。しかし、次のいくつかの既知種が同定された。*Pantanellium* (?) *berriasianum* Baumgartner, *Pseudodictyomitra primitiva* Matsuoka & Yao, *Pseudodictyomitra carpatica* (Lozynyak), *Pseudodictyomitra nuda* (Schaaf), *Solenotryma* (?) *ichikawai* Matsuoka & Yao, *Vallupus japonicus* Kawabata。それらから次のように議論できる。*Pseudodictyomitra carpatica* の初出現は latest

Tithonian であると考えられており (Matsuoka, 1992), また *Vallupus japonicus* の産出レンジは late Tithonian-early Berriasian であるとされている (Kawabata, 1988)。また, *Pantanellium* (?) *berriasianum* は late Tithonian-Berriasian の Zone D に限られるとされている (Baumgartner, 1984)。これらのことから、この岩石はジュラ・白亜紀境界 (Tithonian/Berriasian) にごく近い年代を示すと考えられる。

R-004は保存のよい放散虫を含む。次の属種が同定された。*Alievium praegallowayi* Pessagno, *Theocampetina* (Foreman), *Dictyomitra formosa* Squinabol, *Napora* sp., *Pseudodictyomitra* sp. A in Taketani (1982), *Stichomitra communis* Squinabol, *Vitorfus* sp. 組合せから Coniacian-Santonian の *Theocampe urua* Zone (Sanfilippo and Riedel, 1985), または Coniacian の *Alievium praegallowayi* Zone (Pessagno, 1976) を示す。

R-005は多くの比較的保存のよい放散虫を含む。次の属種が同定された。*Archaeodictyomitra sliteri* Pessagno, *Novixitus weyli* Schmidt-Effing, *Pseudodictyomitra pseudomacrocephala* (Squinabol), *Rhopalosyringium majuroensis* Schaaf, *Stichomitra asymbatus* Foreman, *Stichomitra communis* Squinabol, *Pseudodictyomitra pseudomacrocephala* (Squinabol) と *Rhopalosyringium majuroensis* Schaaf の組合せは、late Cenomanian-Turonian の *R. majuroensis* Zone ~ lower *Alievium superbum* Zone (Schaaf, 1985) を示す。

今回得られた放散虫群集は ODP Leg129 によりマリアナ海溝東方の太平洋プレート上の Pigafetta Basin と East Mariana Basin から産出した放散虫群集 (Lancelot, Larson, et al., 1990; Matsuoka, 1992) によく似ている。今回得られた群集は西南日本の四万十帯及び北海道の空知・日高・常呂帯から産出する珪質岩に含まれる放散虫群集にも類似する。

以上の結果に基づいて今回観察された地域の層序概略を図9に示した。採集した試料がすべて転石のため、年代別の地層の厚さは分からない。また、各急崖部分に正断層が予想されるので、石英トラカイトや玄武岩などと堆積岩との関係も不明である。図9に示すように、ODP Leg129 の各 site の岩相層序とは一致しない。むしろ四国の四万十帯の横浪や阿波の玄武岩—チャート層序とよく一致する。今後の検討課題であろう。

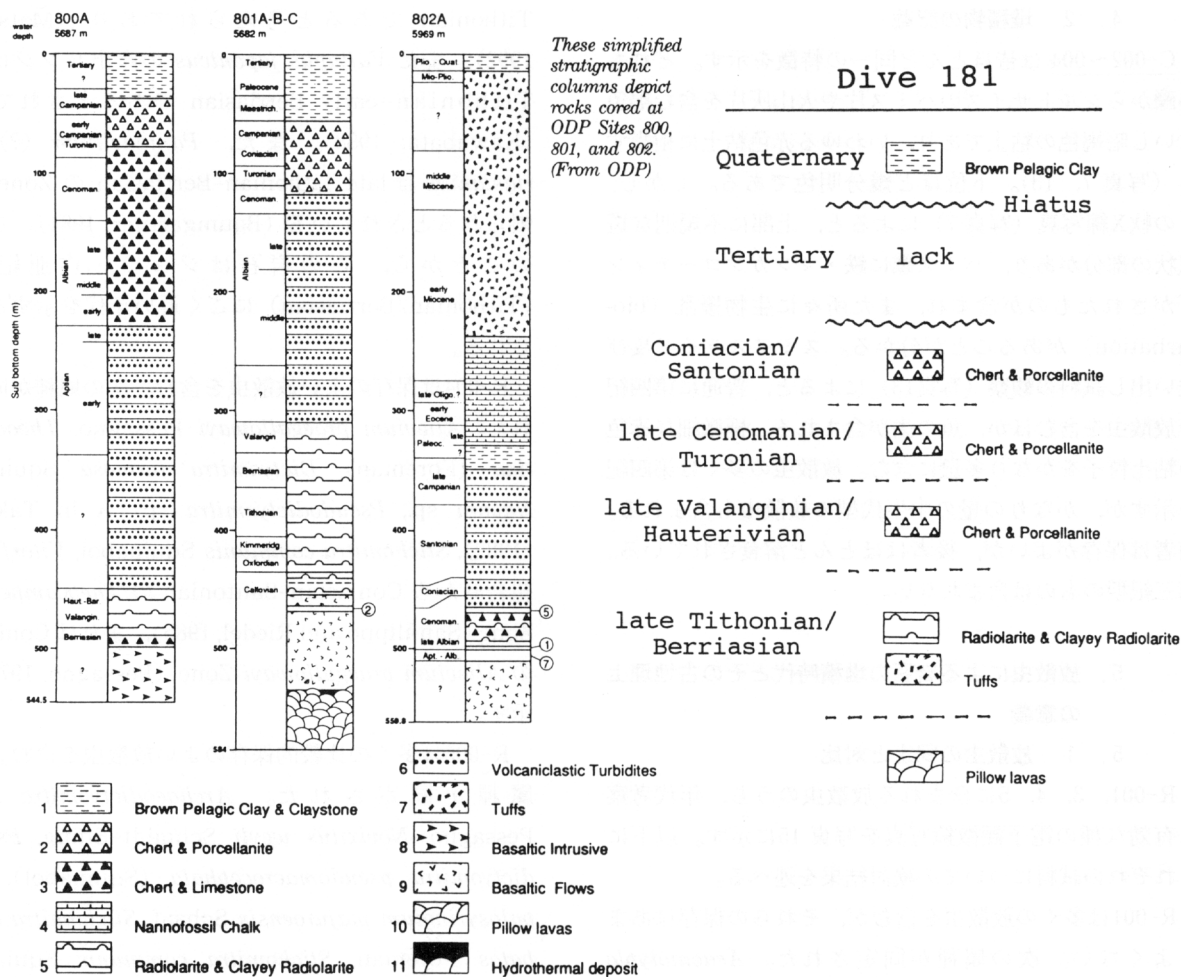


図 9 第181潜航の概略岩相対比 (右) と ODP Leg 129の結果(左) との対応。左は松岡 (1992) から引用
Fig. 9 Correlation between this study (right) and the results of ODP Leg 129 (left).

5. 2 古地理上の意義

Vallupinae 亜科に属する放散虫は熱帯の表層海水に生息していたと考えられている (Matsuoka, in press)。R-003がVallupus japonicusを含んでいることは、潜航地点がジュラ・白亜紀境界には低緯度にあったことを暗示する。この古生物地理的な見解と後で述べる古地磁気の結果とをどのように調和させるかは今後の課題である。

以上のことから試料の年代はジュラ・白亜紀境界付近から白亜紀後期まで及ぶことが分かる。しかし、採集地点と年代とは順序だっではおらず、地点は下位から1, 3, 4, 5の順序であるにもかかわらず (図 5, 6), 年代は古い方から3, 1, 5, 4の順になる。これは、試料がすべて転石であり、露頭が採集地点からかけ離れていることによるのか、それとも地層が断層によって変位し、新旧関係が乱されていることによるのか、あるいは両者が複合した結果であるか、今回の観察では特定できない。

かった。しかし、最も古い時代を示す R-003 の採集地点の比較的近くの崖 (枕状溶岩が露出する) の直上から最も新しい時代を示す R-004 が得られていることは、この間に断層による地層の欠如ないし繰り返しがあることを暗示する。これは、日本海溝の海側斜面における地層の正断層による繰り返しの例 (小川, 1994) とも関連して、あり得ることと考えられる。図 6 にはこれらの議論に基づいて断層を書き入れてある。

6. 堆積岩試料の古地磁気とその堆積的及びテクニクス上の意義

6. 1 試料成型

R-003 については直径 3 cmのコアラーによって円筒状の、また他の試料についてはダイヤモンドカッターによって立方体状の試料を切り出し、各試料 8 ~ 24個のサンプル (2×2×2cmに成型したもの) を用意した (表 3)。層理面を基準に便宜的に磁北を決め測定を行った。

表 3 各サンプルから得られた試料ごとの平均磁化方位,
 χ 及び α と伏角から導かれた古緯度
Table 3 Data of average magnetic direction, χ and α ,
and paleolatitude deduced from the in-
clination.

Horizon/ Sample	Number of specimen	Dec/Inc (degree)	kai/alfa	Paleo- latitude absolute (degree)
R 001				
A	4	264.7/23.8	1004.6/2.9	12.4
B	4	259.9/29.4	441.4/4.4	15.7
Mean	8	262.2/26.7	227.6/3.3	14.1
R 003				
unit 2	9	240.4/-36.2	90.1/5.5	20.0
unit 5 & 6	9	227.6/-42.8	732.5/2.0	24.8
unit 7	6	235.1/-38.0	345.9/3.6	21.3
Mean	24	234.8/-39.1	107.7/2.9	22.1
R 004				
A	4	297.4/-9.2	440.3/4.4	4.6
B	6	298.2/-4	136.5/6.6	2.0
C	5	303.9/-7.6	127.1/8.2	3.9
Mean	15	299.7/-6.7	141.7/3.5	3.4
R 005				
A	7	73.3/-22.6	84.0/8.4	11.8
B	4	66.1/-18.1	183.1/6.8	9.2
C	4	63.1/-20.6	175.7/6.9	10.6
D	4	64.8/-27	275.1/5.5	14.3
E	4	67.5/-21.4	658 /3.6	11.1
Mean	23	66.0/-21.0	143.6/2.7	10.9

各試料は10cm程度の厚さがあるので、各試料からいく
つかの層準を設定した。

6. 2 磁化測定

各層準からパイロットサンプルを選び出し、段階熱消
磁及び段階交流消磁を施した。各熱消磁段階において
は、磁性的な変質がないかモニタリングするために、熱
消磁後の帯磁率を同時に測定した。R-003-5326のサン
プルは200°～300℃にかけて急激に磁化強度が減衰する。
400°～500℃以上では磁化の振舞いは不安定になり、帯
磁率が増加する。このことは加熱時に磁性鉱物が化学変
化したことを示唆している。そのため R-003 のサン
プルに対しては、熱消磁によって安定磁化を吟味するこ
とをやめ、交流消磁によって消磁実験を行った。R-003
のサンプルは80mTまでの交流消磁において安定した磁化
を示した (図 10)。R-001 と R-004 のサンプルは消磁に
おいて安定した磁化の振舞いが似ている。200℃までの
低温成分と200℃以上の高温成分が認められた。段階的
に磁化強度が減衰し、磁化方位も安定している。R-005

のサンプルは700℃まで段階的に磁化強度が減衰し、磁
化方位も安定している。交流消磁も同様に施したが、熱
消磁の方が成分を分離できるので、熱消磁を行った。段
階消磁の結果から各層準の最適消磁段階を決定し、その
試料について消磁した。

6. 3 測定結果

試料内の層準同士の磁化方位には有意差は認められな
いので、試料ごとに磁化方位を計算し、サンプルの平均
方位を算出した。これから得た平均伏角によって古緯度
を計算した (表 2; 図11)。絶対古緯度は年代が古いも
のほど大きな値を示す結果となった。この海域では
ODP Leg129 から得られた堆積物の古緯度、海山から
得られた磁気異常のスキューネスから古緯度の変遷が
Larson et al. (1992) によって編まれている。Dive181
のサイトは Site 802 とは緯度にして3度北側で、経度で
は7～8度西側になる。Larson et al. (1992) によると、
この海域はジュラ紀後期に赤道域にあったものが、白亜
紀初期から中期まで南半球の南緯20度付近に南下し、そ
の後白亜紀後期に北上を開始したことが示されている
(図12)。Site 800 は堆積物から測定された伏角による
と、赤道に Cenomanian - Turonian から early
Campanian (97-84Ma) に到着した。我々が今回得た
古緯度は年代が古くなるにつれて大きくなり南半球にお
ける北上を示唆している。特に R-005 の白亜紀の正磁
極期である late Cenomanian-Turonian のサンプルは
見掛け上、伏角が上向きを示している。このことは白亜
紀の正磁極期に南半球で帯磁したことを示しており、そ
の古緯度は平均にして南緯3.4°である。つまり、今回の
潜航地点は、まだ Turonian には赤道に到着していな
かった。

7. 議 論

7. 1 層 序

今回の潜航ではマリアナ海溝の海側斜面での地形及び
地質のありさまがある程度把握できた。すなわち、約1
kmに及ぶ正断層崖には海洋プレート層序が露出してい
た。それは潜航したかぎりでは海山とその上にたまった
遠洋性堆積物からなりたっていた。おそらくその下位に
はプレートを構成する海嶺玄武岩が存在するものであろ
う。この層序を付近のマリアナ海盆とサンフィゲッタ海
盆で行われた ODP Leg129 の結果 (Lancelot, Larson,
et al., 1990 ; Ogg et al., 1992) と比較すると、必ずしも
類似していない (図 9)。その Site 800, 801ではジュラ

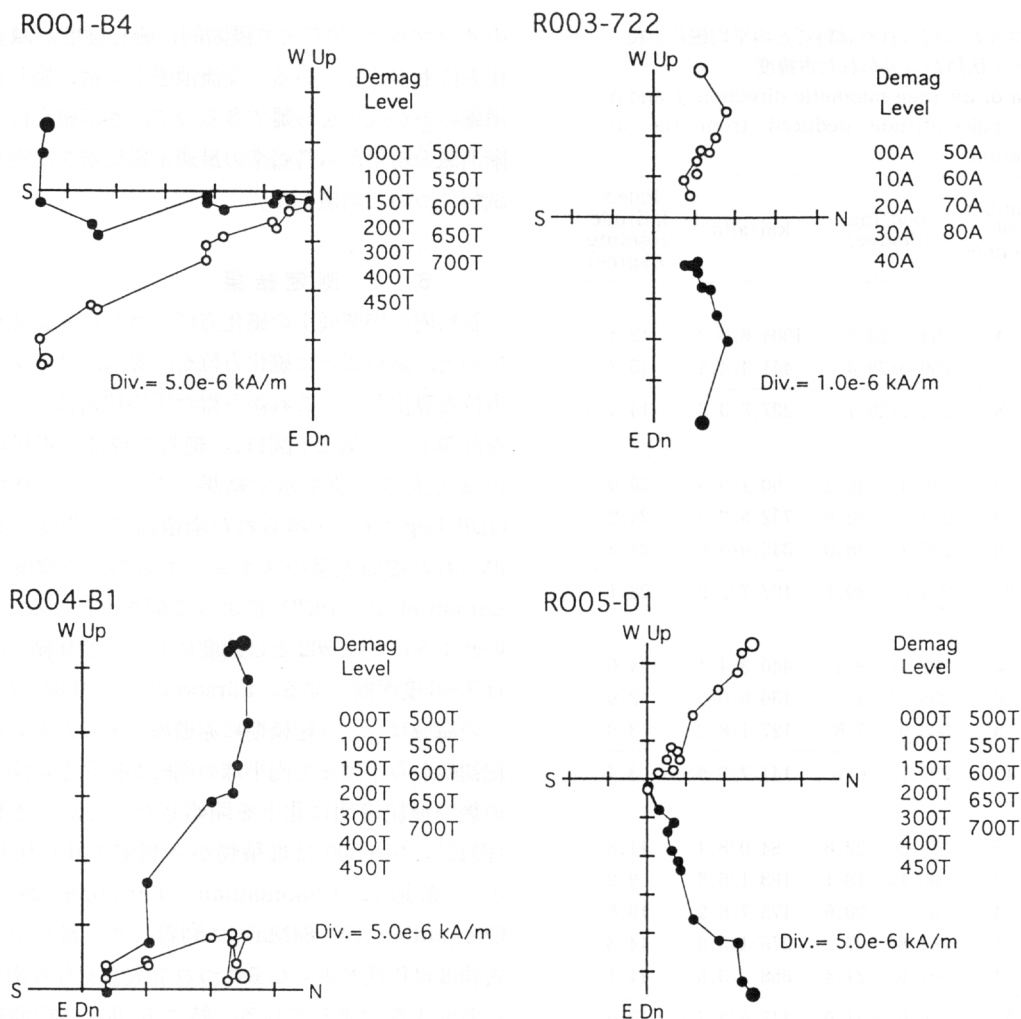


図 10 R-001, 3, 4, 5 の各消磁段階の磁化
Fig. 10 Paleomagnetism of each demagnetised stage of R-001, 3, 4 and 5.

紀の火山岩の上位にチャートを主とする層序がみられるが、今回はそれよりも若い主として白亜紀の層序がそれも海山の上位にみられた。しかも、今回はジュラ・白亜紀境界の地層はチャートではなく、凝灰質粘土質放散虫岩であった。これは著しく保存のよい放散虫が含まれるという点、及び火山ガラスが全く変質していないという点においても、Leg129 のいずれの結果 (Ogg et al., 1992) と異なる。これは、今回の調査地域が海山の近くであったことに関係しているものと考えられる。おそらく、海底火山からもたらされた火山灰によって、付近の地層中の化学的条件 (pH, Eh) が放散虫の保存に有利に働き、オパール A のまま溶解も珪化も起こらなかったのであろう。さらに、火山ガラスが全く変質していない点、及びマンガン氧化物の沈澱を生じている点などとの関連についても今後詳しく検討する必要がある。

一方、今回の層序にはさらに詳しく検討する必要があるものもある。すでに述べたとおり、放散虫によって年

代の決定された 4 つの試料は、下部から年代順にはなっていない、その順序はまちまちである。これは、試料がすべて転石であることにより十分な保証はないが、今回の潜航地点が急崖で、その間にいくつもの正断層が予想されることから、もともとの層序が欠如されたり重複したりしていると考えることがもっとも自然である。

また、ODP では認められた第三紀の地層は今回は見いだされなかった。これも、この地点が海山のふもとであり、その堆積や侵食が一般の海盆とは異なっていたことによると考えることが自然である。第三紀には南極底層流による深海底の侵食が盛んであったと考えられており、その間には深海底ハイエイタスが一般に見られるが、今回確かめられただけでも、それは白亜紀と第四紀の地層の間にある。これは従来知られていたどの例よりも大きなハイエイタスである。おそらく、もともと堆積物が薄いところに、さらに強い底層流が侵食の量を強めたのであろうと推測される。

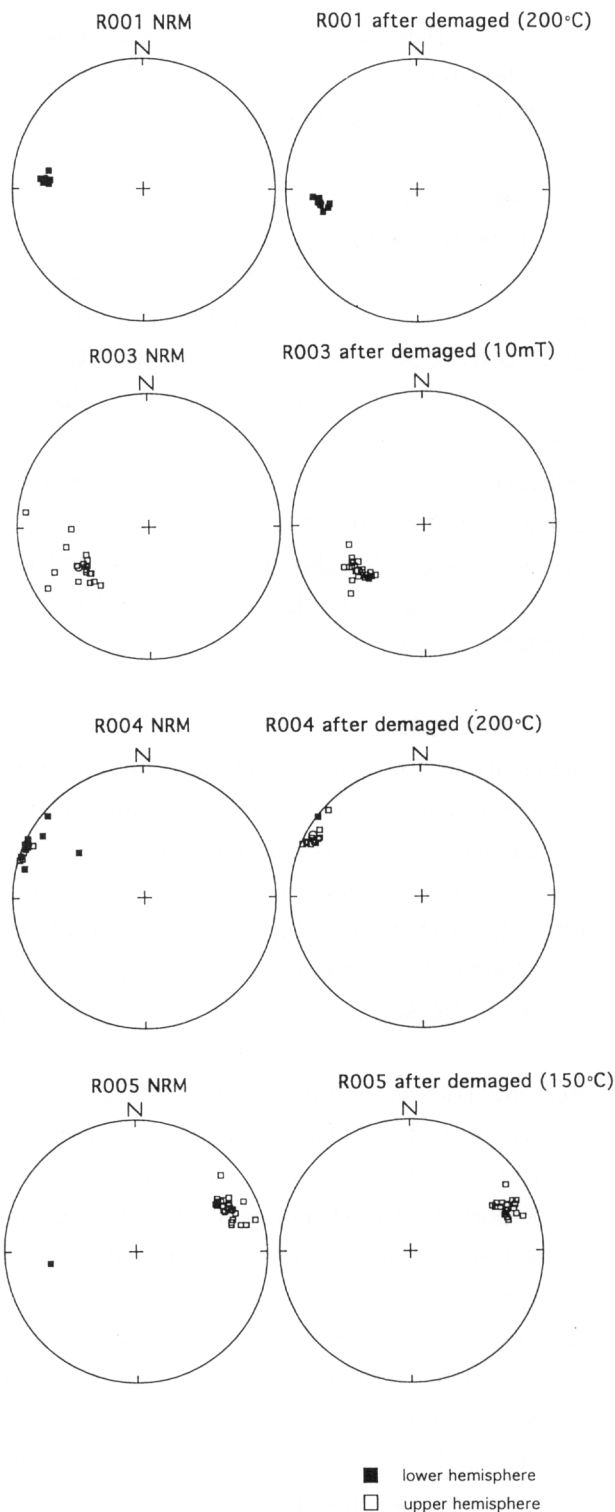


図 11 自然残留磁化 (左) と消磁後の残留磁化 (右)。黒, 下半球; 白, 上半球
 Fig. 11 Natural remanent magnetism (left) and that after damaged (right).

7. 2 古地磁気

白亜紀の堆積岩の古地磁気の測定結果はきわめて興味深い。すなわち、年代が古いほど高緯度での堆積を示

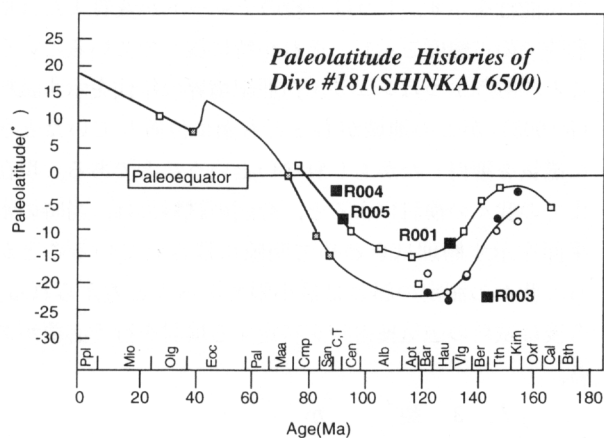


図 12 各試料の年代—古緯度 (南半球と仮定) 図。この結果だけからは時代とともに北上したことが示される。実線は ODP Leg 129 の結果 (Larson et al., 1992)

Fig. 12 Age—latitude diagram of each sample (all assumed to be in the southern hemisphere), showing the site came toward north continuously. Lines are results of ODP Leg 129 (Larson et al., 1992).

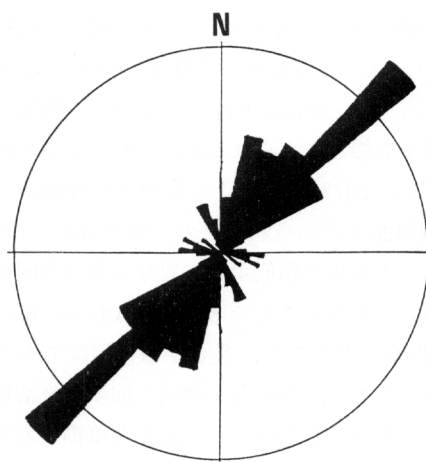


図 13 裂か (亀裂) の方向を示す図。測定個数は75個
 Fig. 13 Rose diagram of cracks, 75 in all.

す。これは太平洋プレートの移動から考えて南半球としてよいが、ODPの結果とは重要な部分で異なる (図12)。ODPではこの付近の太平洋プレートはジュラ紀に赤道付近にあったものが、白亜紀初期には南下をし、その後白亜紀の中頃にふたたび北上を始め、その後は赤道を横切ってさらに北上したとされている。この結論は堆積物の残留磁化とプレート岩石のスキューネスの双方が (値は前者がより浅い伏角を与えるものの) 一致した傾向を示す (図12)。しかし、我々のデータはジュラ・白亜紀境界は南緯20度よりも南を示す。これは、次の2つ

の可能性を示す。1つは一般のチャートが変質または変形時での古緯度を示し、それが特に浅くでているということ。もう1つはジュラ・白亜紀境界の年代を示す試料(R-003)がこの地域がもっとも南に位置していたときに磁気を獲得したかもしれないということである。現在までの我々の検討によると、今回の試料には、当時の水平面を示す層理はきわめて明瞭に残されていることから、我々の測定の見誤差は最小限であろうと考えられる。今後は試料の磁気獲得時を特定する検討を行う必要がある。

7. 3 裂 か

急斜面を上った所にあるテラス上には多くの裂かが発達するが、これはすでに述べたように斜面の縁では地滑りによる裂かの特徴を示す。すなわち、スプーンでえぐったようなりストリックな形態を示すこと(写真4-1), 斜面の下位へのずれが認められること(写真4-2), などである。一方、斜面の縁から数m以上離れたと、裂かは直線的となり(写真4-3), しかも、崖の方向にほぼ平行となる。あるものは雁行したり(写真4-3), Y字状や網目状(写真5-2)になる。雁行には特に規則性はないように見られる。全体の方向性はほぼN30°Eに卓越し、崖の方向に平行なことから、斜面の不安定性に基づくものと考えられるが、それとかなり斜交するものも多い(図13)。このような裂かの発達は、日本海溝の海側斜面で認められたもの(堀田ほか, 1992; 小川, 1994)にきわめて類似する。異なる点は今回のものが規模において小さいことである。すなわち、幅、深さとも数cm程度であること、長さが数m程度であることなどである。これは、おそらく今回の地点が堆積物がせいぜい数mの厚さしかないこと、また堆積物の力学特性の違い(今回のものは褐色粘土でかつ珪質微化石の量がはるかに少ない)などによるものと考えられる。また、崖の縁やそこから離れた場所を含めて、これらの裂かの成因は小川(1994)が議論しているように、斜面の不安定性に地震時の振動が加わったものとするのが妥当であろうと思われる。

8. おわりに

第181潜航の試料の解析から、大洋プレート上の層序が付近で行われた以前の掘削の結果と異なるものであることが分かった。これは潜航地点が海山のふもとであったことによるものと考えられる。現在、海山の火成岩の年代測定を依頼中である。また、堆積岩及び堆積物の化学分析、鉱物分析とより詳しい組織の研究を継続中であ

る。さらに、掘削の結果とも異なる古地磁気の結果についても検討中である。これらの成果が判明した時点で、ふたたびより詳しい議論ができるものと期待している。

謝 辞

今回の航海と潜航調査にあたって海洋科学技術センター各位、「よこすか」の乗組員、「しんかい6500」の運航チームの方々にひとかたならぬお世話になったことを記し、深甚なる謝意を表したい。特に、潜水船船長の赤沢克文氏と船長補佐の小倉訓氏に感謝したい。母船「よこすか」船上でのハワイ大学 Patricia Freyer 博士との議論は有益であった。また、横浜国立大学の青池寛氏及び東北大学の加藤久佳氏には作業にご協力いただいた。岩石薄片は筑波大学の須崎和俊氏及び宮本誠氏に作製していただいた。また、軟X線写真は九州大学の鈴木清史氏に撮影していただいた。これらの方々に感謝する。

参 考 文 献

- Baumgartner, P.O. (1984) : A Middle Jurassic-Early Cretaceous low-latitude radiolarian zonation based on Unitary Associations and age of Tethys radiolarites. *Eclogae Geol. Helv.*, **77**, 729-837.
- 堀田 宏・小林和男・小川勇二郎 (1992) : 日本海溝北部海側斜面の地殻構造—「しんかい6500」第65, 66, 67潜航報告. しんかいシンポジウム報告書, **8**, 1-15.
- Hussong, D.M. and P. Freyer (1981) : "Structure and tectonics of the Mariana arc and fore-arc : Srill site selection survey." p 33-44. In : Initial Report of DSDP, **60**. Edited by D.M. Hussong and S. Uyeda et al., U.S. Govt. Printing Office, Washington.
- Hussong, D.M. and S. Uyeda et al. (1981) : Initial Report of DSDP, **60**, U.S. Govt. Printing Office, Washington.
- Kanamori, H. (1971) : Great earthquakes at island arcs and the lithosphere. *Tectonophysics*, **12**, 187-198.
- Kawabata, K. (1988) : New species of Latest Jurassic and Earliest Cretaceous radiolarians from the Sorachi Group in Hokkaido, Japan. *Bull. Osaka Museum, Natural History*, **43**, 1-13.
- Kobayashi, K. (1991) : Preliminary Report of Hakuho Maru cruise KH90-1. Ocean Research Institute,

- University of Tokyo.
- Kobayashi, K. (1993) : Preliminary Report of Hakuho Maru cruise KH92-3. Ocean Research Institute, University of Tokyo.
- Lancelot, Y. and R.L. Larson et al. (1990) : Proc. ODP, Init. Repts., **129**, College Station, TX (Ocean Drilling Program).
- Larson, R.L., M.B. Steiner, E. Erba and Y. Lancelot (1992) : "Paleolatitudes and tectonic reconstructions of the oldest portion of the Pacific plate : A comparative study." p 615-631. In : Proc. ODP Sci. Results, **129**. Edited by R.L. Larson and Y. Lancelot et al., College Station, TX.
- Matsuoka, A. (1992) : "Jurassic and Early Cretaceous radiolarians from Leg 129, Site 800 and 801, western Pacific Ocean." p 203-220. In : Proc. Ocean Drilling Program. Sci. Results, **129**. Edited by R. Larson and Y. Lancelot et al., College Station, TX.
- 松岡 篤 (1992) : 西太平洋ジュラ紀海岸地殻. 月刊地球, 号外 **6**, 258-263.
- Matsuoka, A. (1994) : Lates Jurassic tropical radiolarians. Abst. Symposium on Gondwana dispersion and Asian accretion, IGCP **321**, Seoul, Korea, (in press).
- Nakanishi, M. (1993) : Topographic expression of five fracture zones in the northwestern Pacific Ocean. Geophysical Monograph, **77**, Am. Geophys. Union, 121-136.
- 小川勇二郎 (1994) : 「しんかい6500」によって観察された宮古沖日本海溝海側斜面の裂か群の特徴と成因. 地学雑誌, **103**, (印刷中).
- Ogg, J.G., S.M. Karl and R. J. Behl (1992) : "Jurassic through Early Cretaceous sedimentation history of the central equatorial Pacific and of Sites 800 and 801." p 571-613. In : Proc. ODP. Sci. Results, **129**. Edited by R.L. Larson and Y. Lancelot et al., College Station, TX.
- Pessagno, E. A. Jr. (1976) : Radiolarian zonation and stratigraphy of the Upper Cretaceous portion of the Great Valley Sequence, California Coast Ranges. Micropaleontology Spec. Publ., **2**, 1-95.
- Sanfilippo, A. and W.R. Riedel (1985) : "Cretaceous Radiolaria." p 573-630. In : Plankton Stratigraphy. Edited by H.M. Bolli, K. Saunders and K. Perch-Nielsen. Cambridge Univ. Press.
- Schaaf, A. (1984) : Les Radiolaires du Cretace Inferieur et Moyen : Biologie et Systematique. Inst. Geol. Univ. Luis Pasteur de Strasbourg Mem., **75**, 1-189.
- Schaaf, A. (1985) : Un nouveau canevas biochronologique du Cretace inferieur et moyen : les biozones a radiolaires. Sci. Geol. Bull. Strasbourg, **38**, 227-269.
- Taketani, Y. (1982) : Cretaceous radiolarian biostratigraphy of the Urakawa and Obira area, Hokkaido. Sci. Rep., Tohoku Univ., Ser. 2 (Geol.), **52**, 1-75.
- Yoshida, Y., K. Satake and K. Abe (1992) : The large normal faulting Mariana earthquake of April 5, 1990 in uncoupled subduction zone. Geophys. Res. Lett., **19**, 297-300.
- Uyeda, S. (1982) : Subduction zones : an introduction to comparative subductology. Tectonophysics, **81**, 133-159.

(原稿受理 : 1994年5月24日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載



写真 1
Photo 1

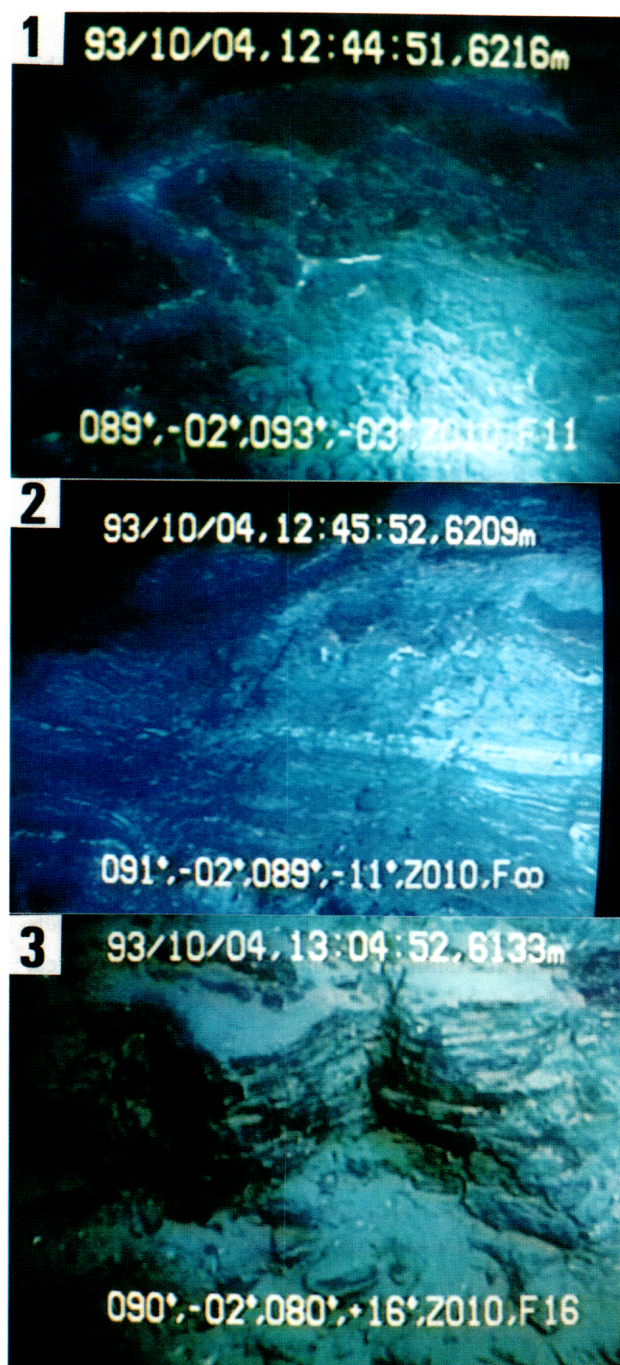


写真 2
Photo 2

写真 1～5 潜航中に撮影された露頭写真。数字の読み方，上の段，年/月/日，時刻，深度 (m)；下の段，潜水船の方位 (北から時計周り)，潜水船の伏角 (下向きがプラス)，カメラの方位 (同)，カメラの伏角 (同)，ズーム，焦点距離 (m)。(下の段が2つの変数の場合は潜水艇の方向と伏角を示す。カメラは同じ方向で伏角は45°)。視野の幅はほぼ1～数m

Photos 1～5 Outcrop pictures taken during the dive. Numbers above, year/month/day, hour : minute/second, depths in meter ; below, direction of submersible, submersible dip angle, direction of camera, camera dip angle, zoom, focus in meter. In case of two numbers in the lower level, they are directions of submersible and submersible dip angle. The camera directs the same direction with 45° dip. Aperture is about 1 to several meters.



写真 3
Photo 3

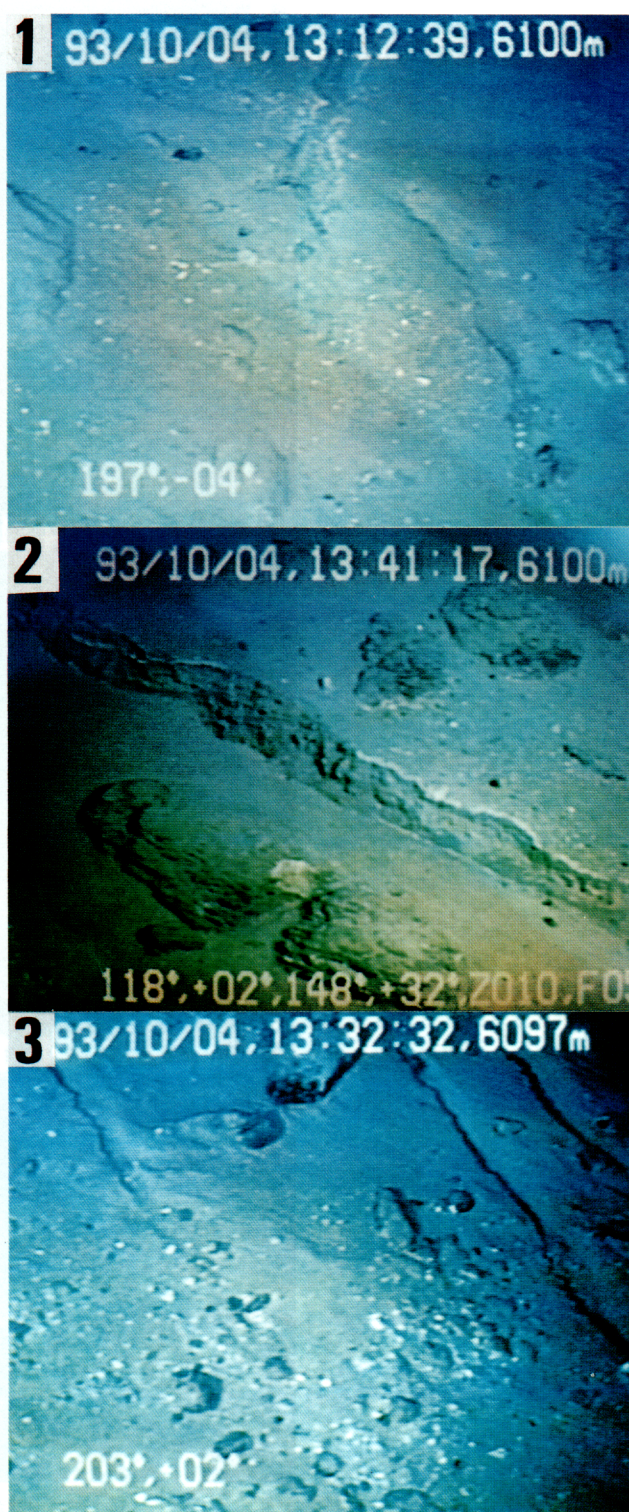


写真 4
Photo 4

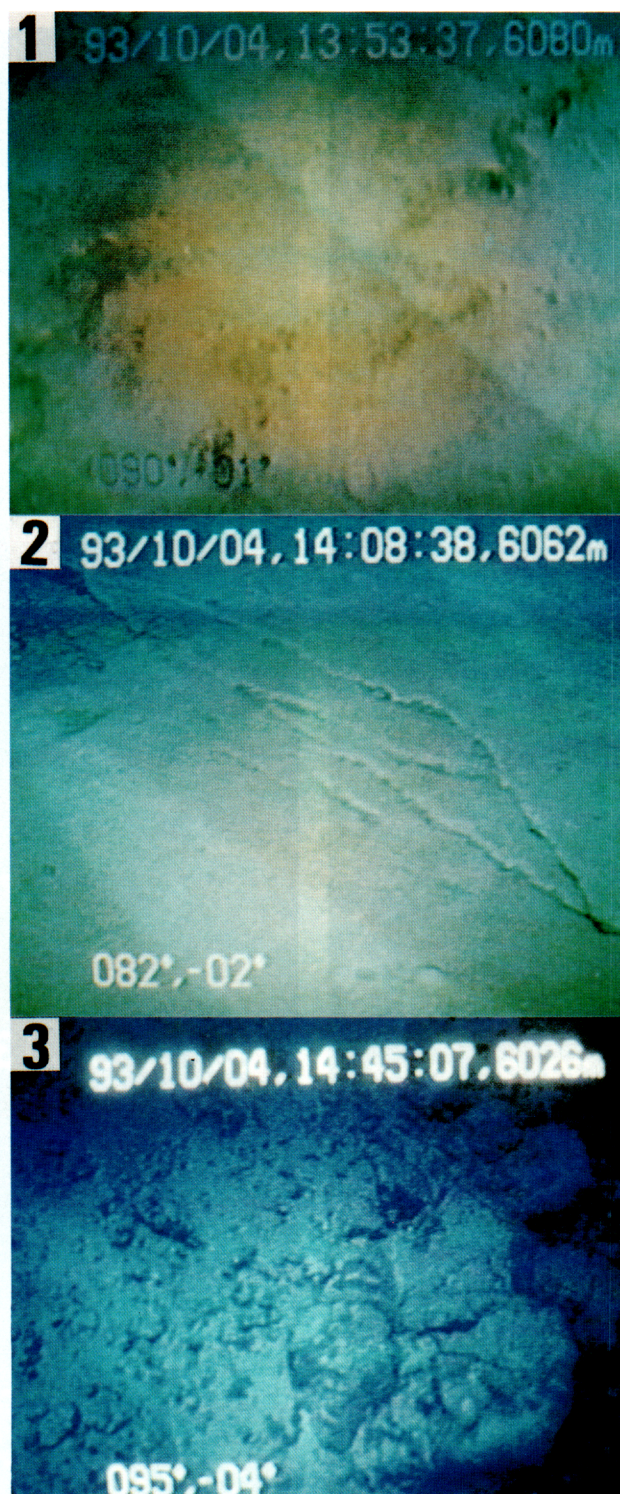


写真 5
Photo 5

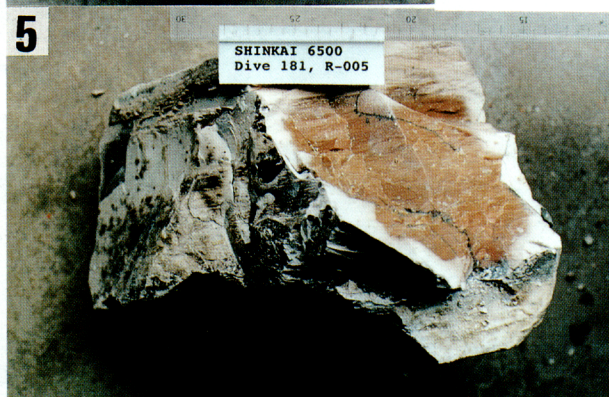
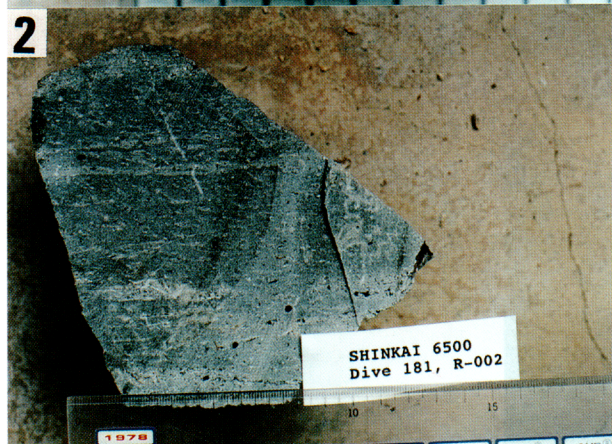


写真 6 岩石試料。矢印は上位方向
Photo 6 Rock sample pictures. Arrow indicates younging.

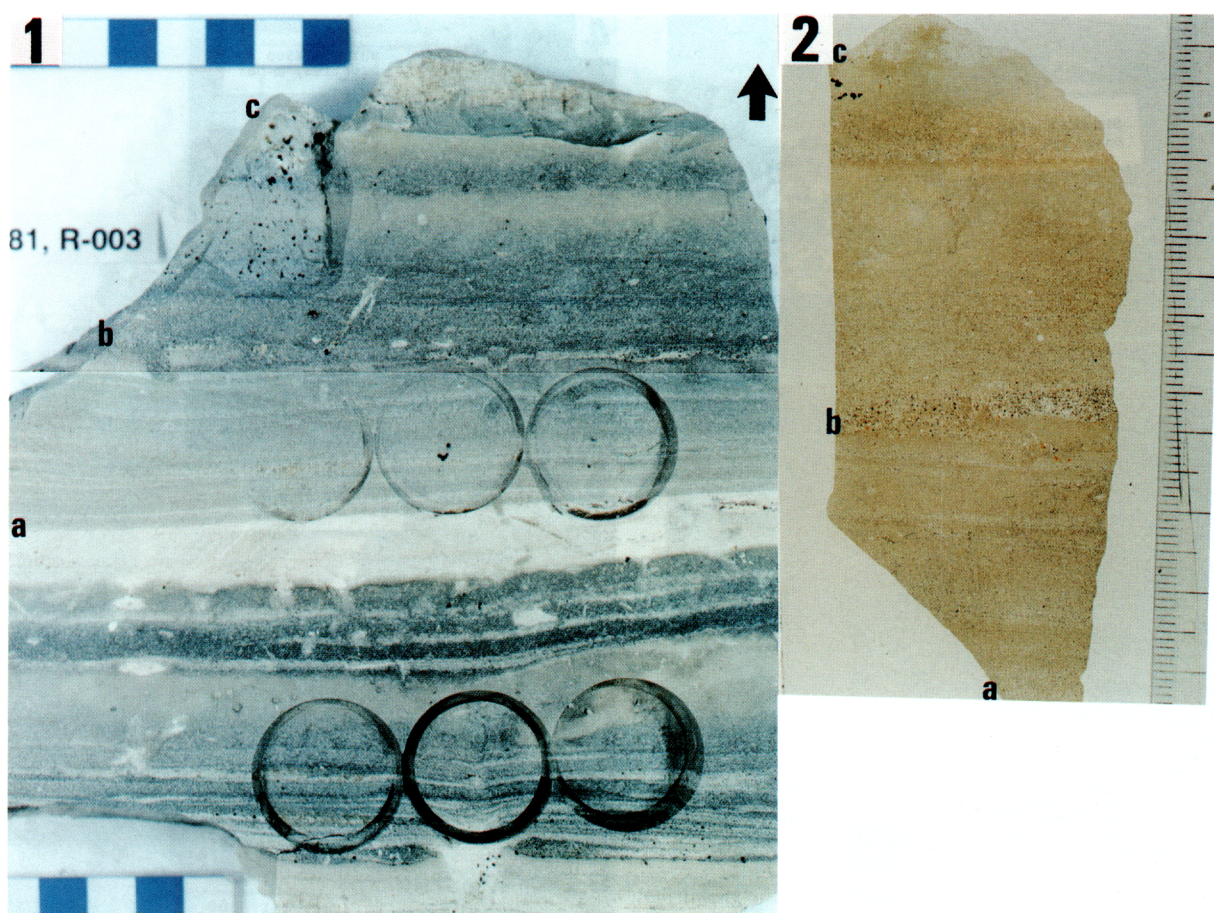


写真 7 R-003 の切断面写真（左）と a, b, c 部分の薄片写真（右）。円形の跡は古地磁気試料をくり抜いた跡。矢印は上位方向
 Photo 7 Cut plane picture of R-003 (left), and a thin section photograph of a-b-c (right). Circles at the left are for paleomagnetic samples. Arrow indicates younging.

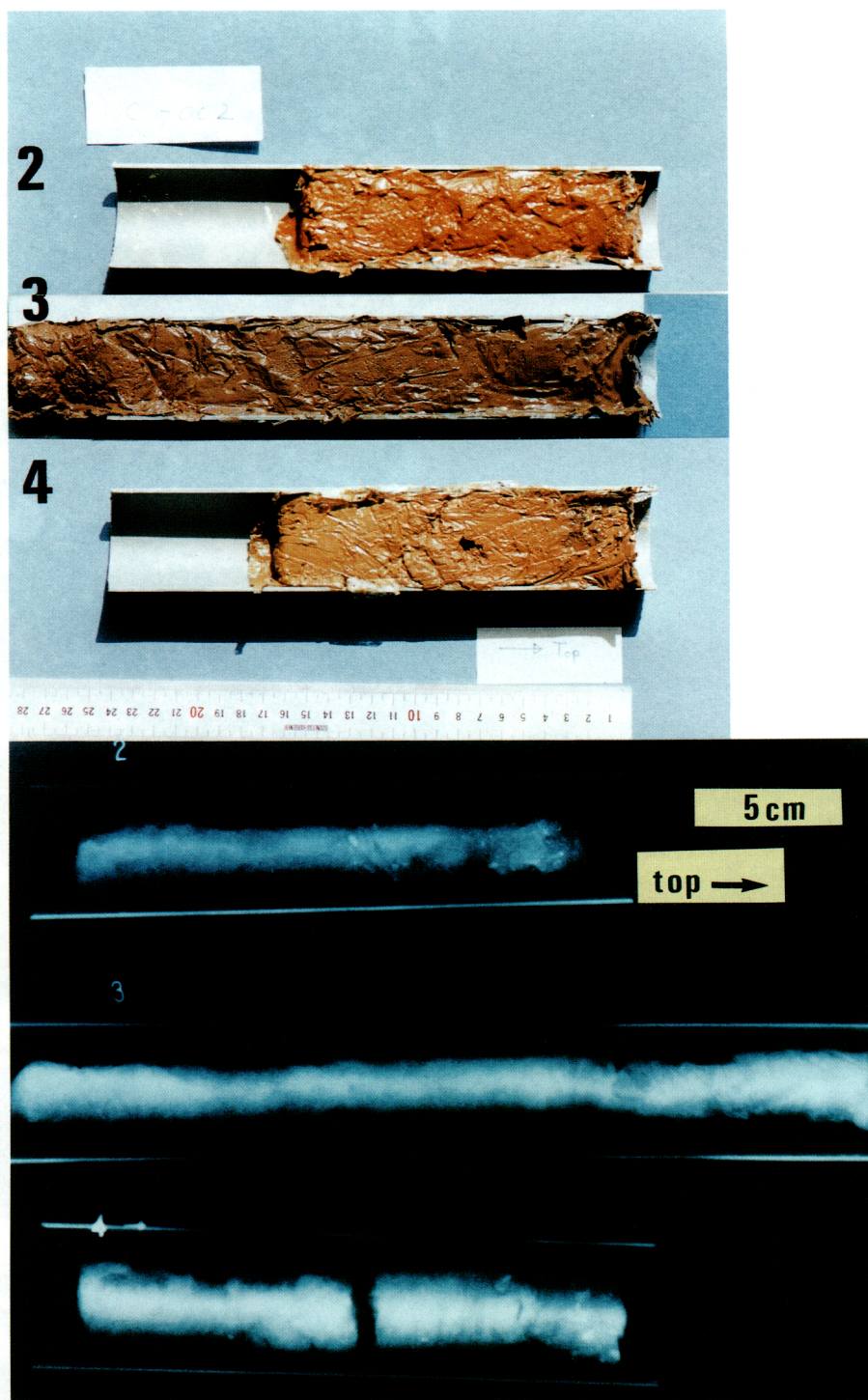


写真8 プッシュコアによる堆積物の写真 (2, 3, 4 はそれぞれ C-002, 3, 4) とそれらの軟 X 線写真

Photo 8 Pictures of sediment samples taken by push-corer (2, 3, 4 are C-002, 003, 004, respectively), and their X-ray radiograph pictures.

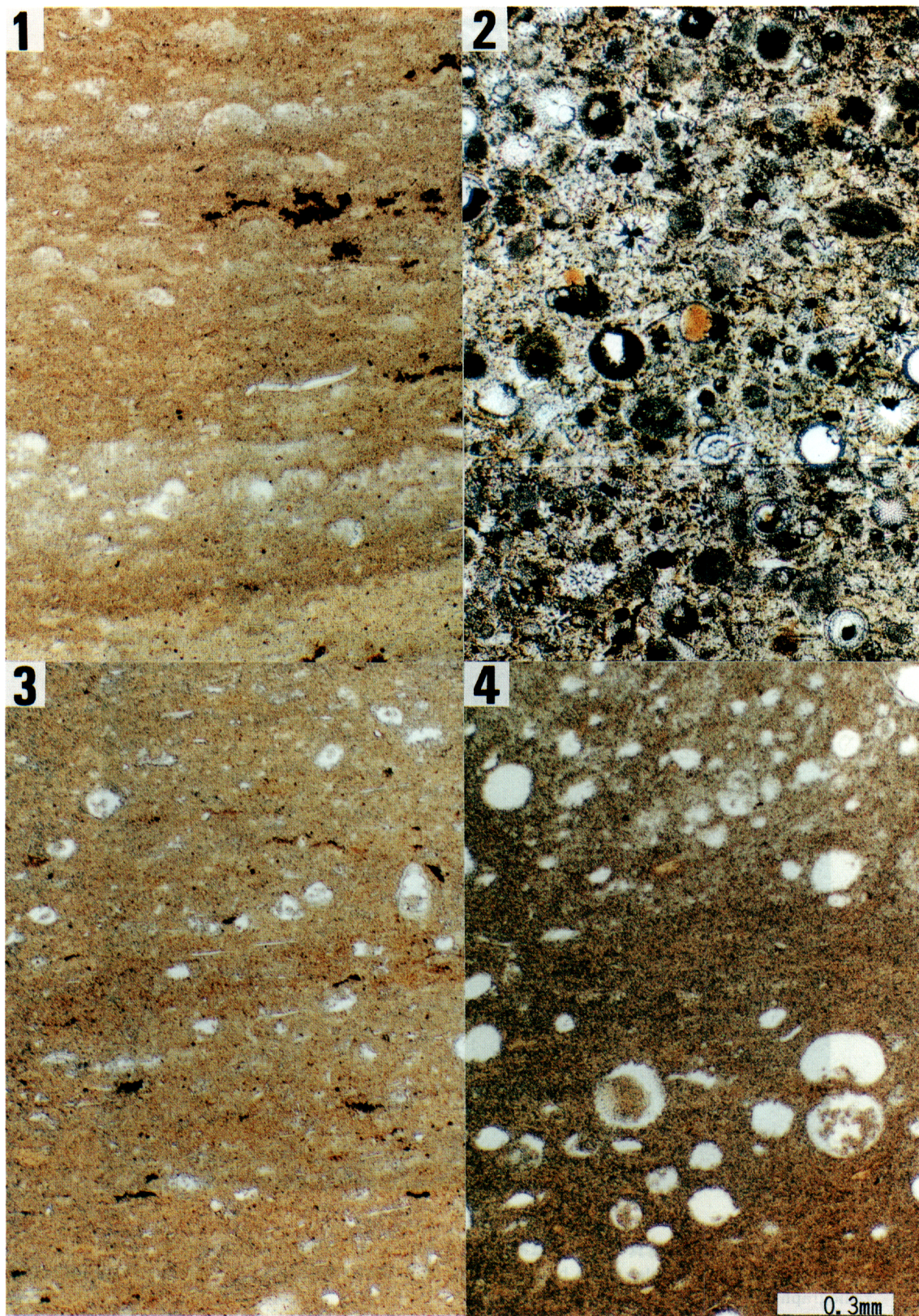


写真 9 堆積岩の薄片写真。すべて上方ポーラーだけ。1, 2, 3, 4 はそれぞれ R-001, 003, 004, 005。R-001, 004, 005 は放散虫が溶食され再結晶したオパール CT と石英からなっているが、R-003 だけは全く変形、変質及び再結晶しておらず、オパール A からなっている。写真 11 と対応

Photo 9 Photomicrographs of sedimentary rocks. All with upper polarizer only. 1,2,3 and 4 are R-001, 003, 004 and 005, respectively. Note that R-001, 004, and 005 are all melted and recrystallized into opal-CT and quartz, while R-003 is not deformed, altered nor recrystallized, and consists of opal-A. Refer Photo 11.

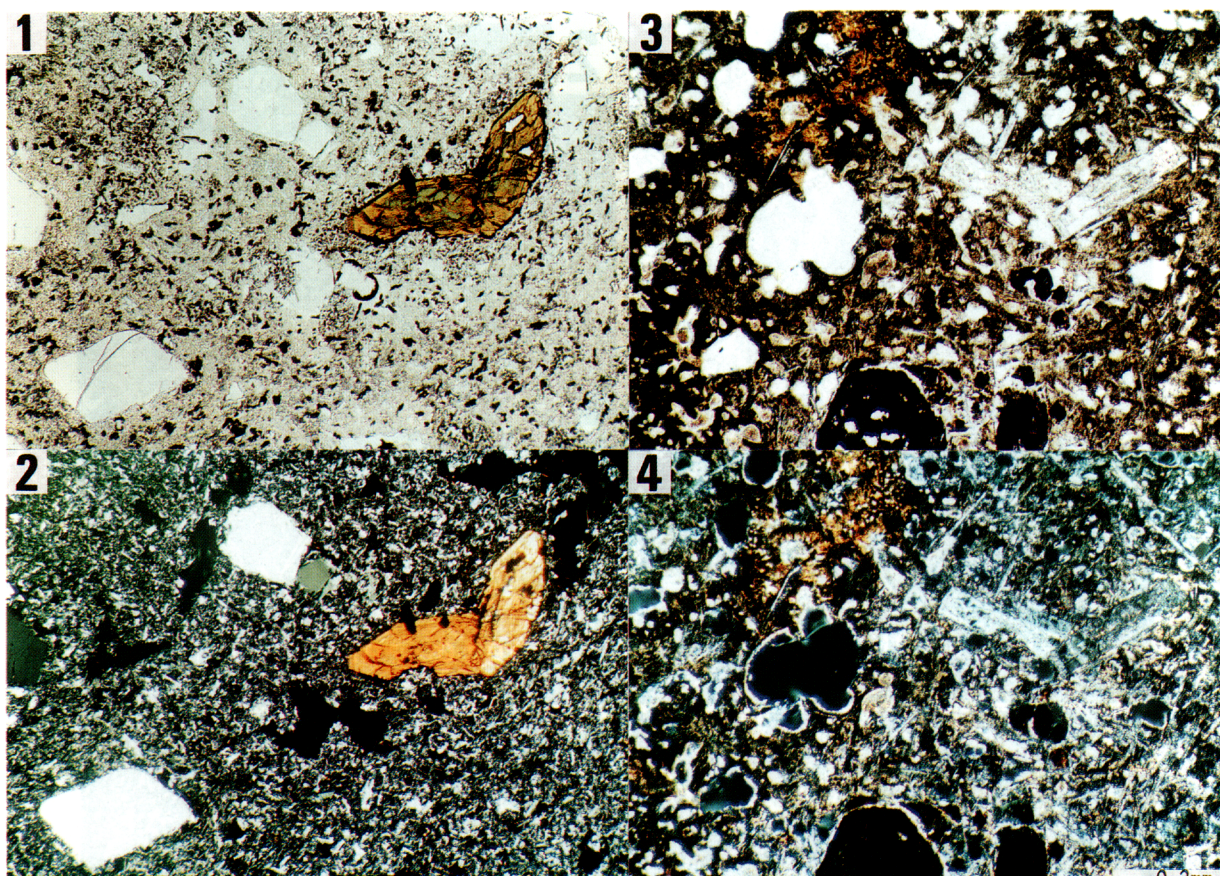


写真10 火成岩の薄片写真。上は上方ポーラーだけ、下は下方ポーラー。1, 2, R-002, 3, 4, R-006

Photo 10 Photomicrographs of igneous rocks. With upper polarizer only above, and both polarizer and analyzer below. 1 and 2, R-002, and 3 and 4, R-006.

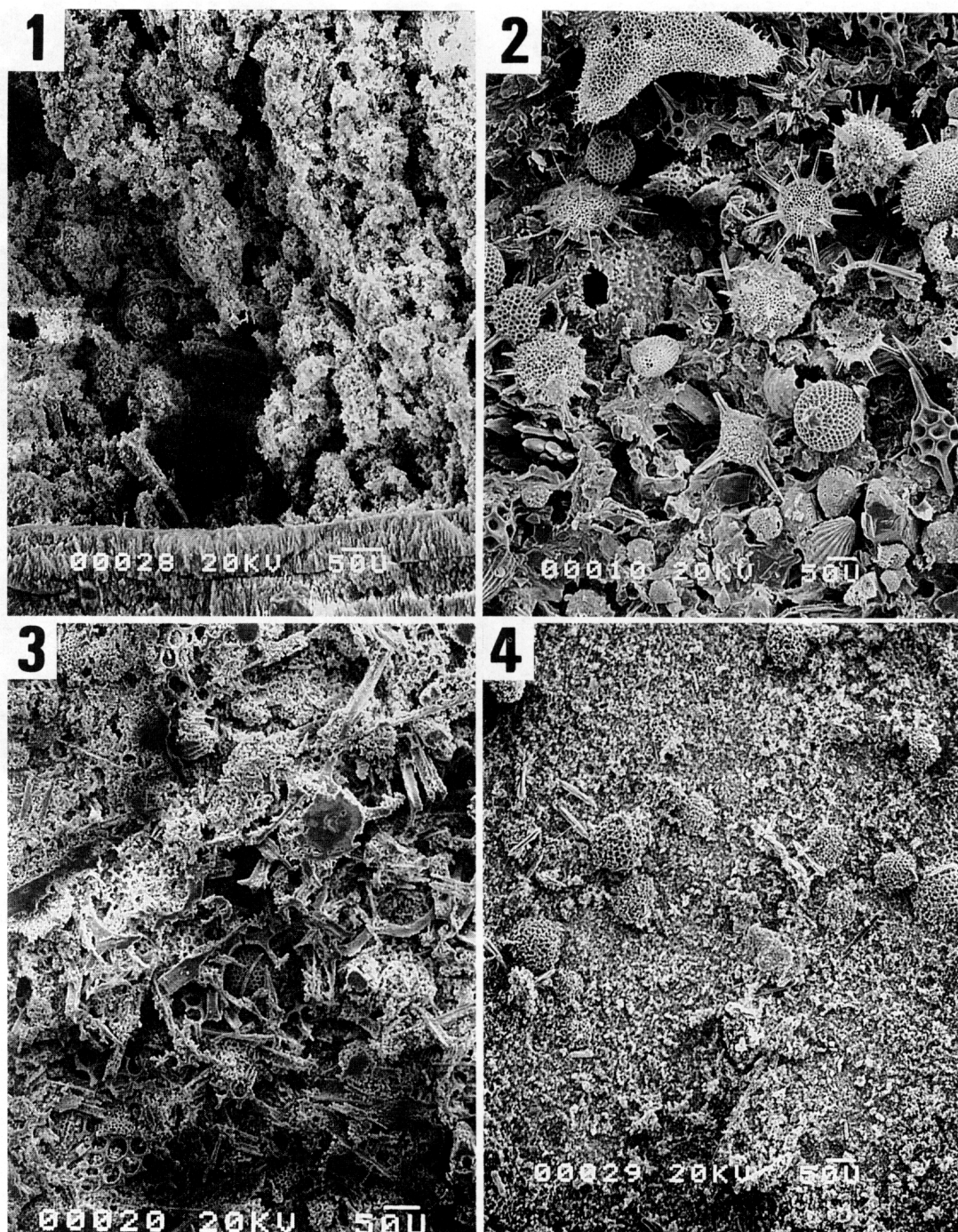
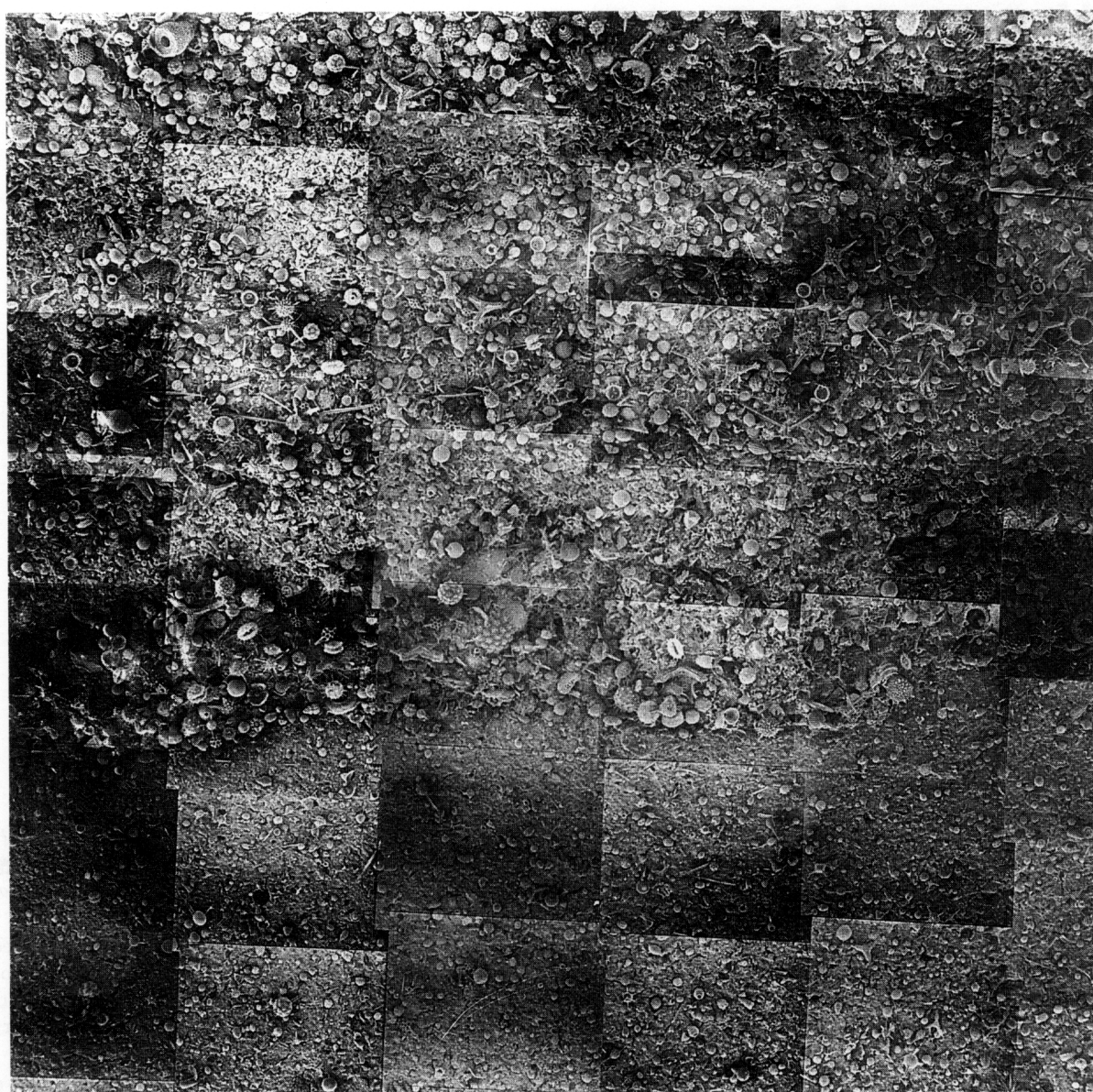


写真 11 堆積岩の走査電子顕微鏡写真。1: R-001, 2: R-003, 3: R-004, 4: R-005。いずれも3%の沸化水素酸 (HF) で2時間エッチングした試料。1, 3, 4は放散虫チャート。放散虫は1ではかなり溶食しており, 4では比較的保存がよく, 3ではかなり保存がよい。一方, 2の凝灰質粘土質放散虫岩は異常に保存のよい放散虫からなっていることが分かる(粘土や火山ガラスの大半はHFによって溶けている) (写真12を参照のこと)。

Photo 11 SEM pictures of the sedimentary rocks. 1: R-001, 2: R-003, 3: R-004, 4: R-005. Etched for 2 hours by 3% HF liquid. 1, 3, 4 are all radiolarian chert. Tests of radiolarians in 1 are mostly dissolved, those in 3 are relatively well preserved, and those in 4 are well preserved. On the other hand those in 2, tuffaceous clayey radiolarite, are extremely well preserved (see also Photo 12).



1000 μ m

写真 12 R-003 の走査電子顕微鏡モザイク写真。上方が上。粗粒の火山灰を含む層には極端に保存のよい大型の放射虫が含まれる。

Photo 12 Mozaic SEM pictures of R-003. Upward is top of the bed. Coarse ash fragments-bearing horizon includes extremely well preserved radiolarians.

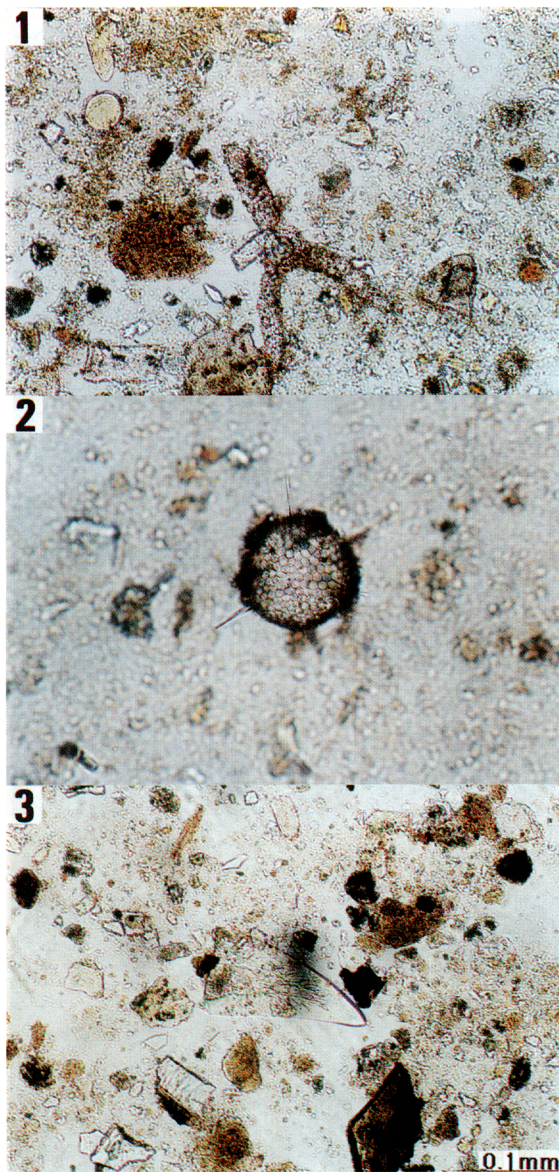


写真 13 堆積物試料のスミアスライド写真。1, C-003-0-a 保存のよい第四紀放射虫, 花粉, 赤色粘土, 鉄・マンガン酸化物, 火山灰片などが含まれる。2, C-002-0-d 保存のよい第四紀放射虫。3, C-003-23 魚の歯

Photo 13 Smear slide photos. 1, C-003-0-a well preserved Quaternary radiolarians, pollens, red clay, ferro-manganese oxide particles, ash fragments are included. 2, C-002-0-d well preserved Quaternary radiolarians. 3, C-003-23 fish tooth.

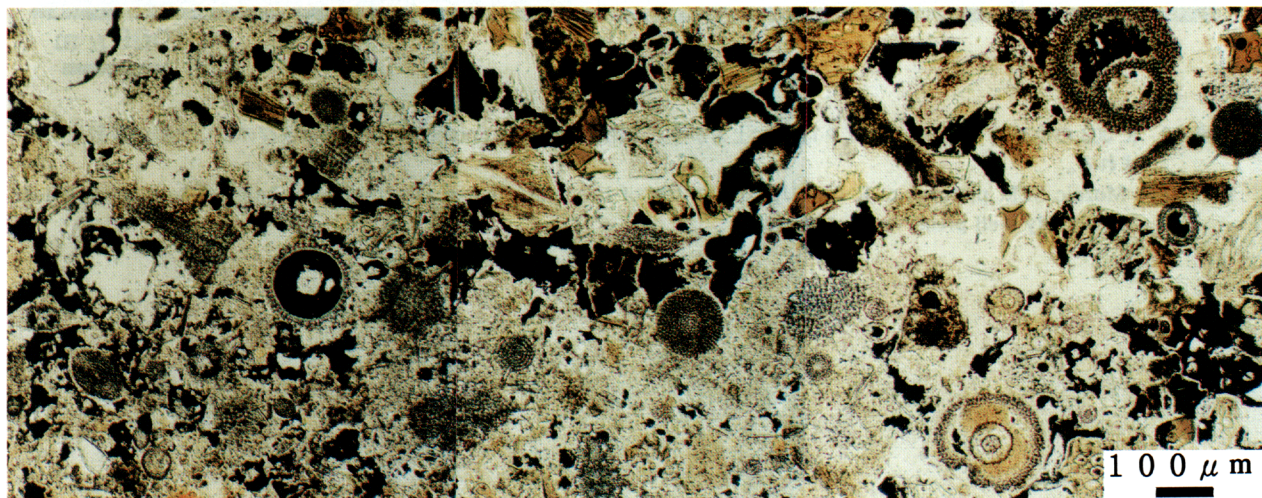


写真 14 R-003 の粗粒の火山灰を含む層準の薄片写真。上方が上。大型で保存のよい放射虫が含まれる。茶色の部分が変質していない火山ガラス。黒い部分がマンガン酸化物

Photo 14 Photomicrograph of the coarse ash-bearing horizon of R-003. Upward is the top of the bed. Large, extremely well preserved radiolarians are included. Brown is fresh glass shard, black is manganese oxide.

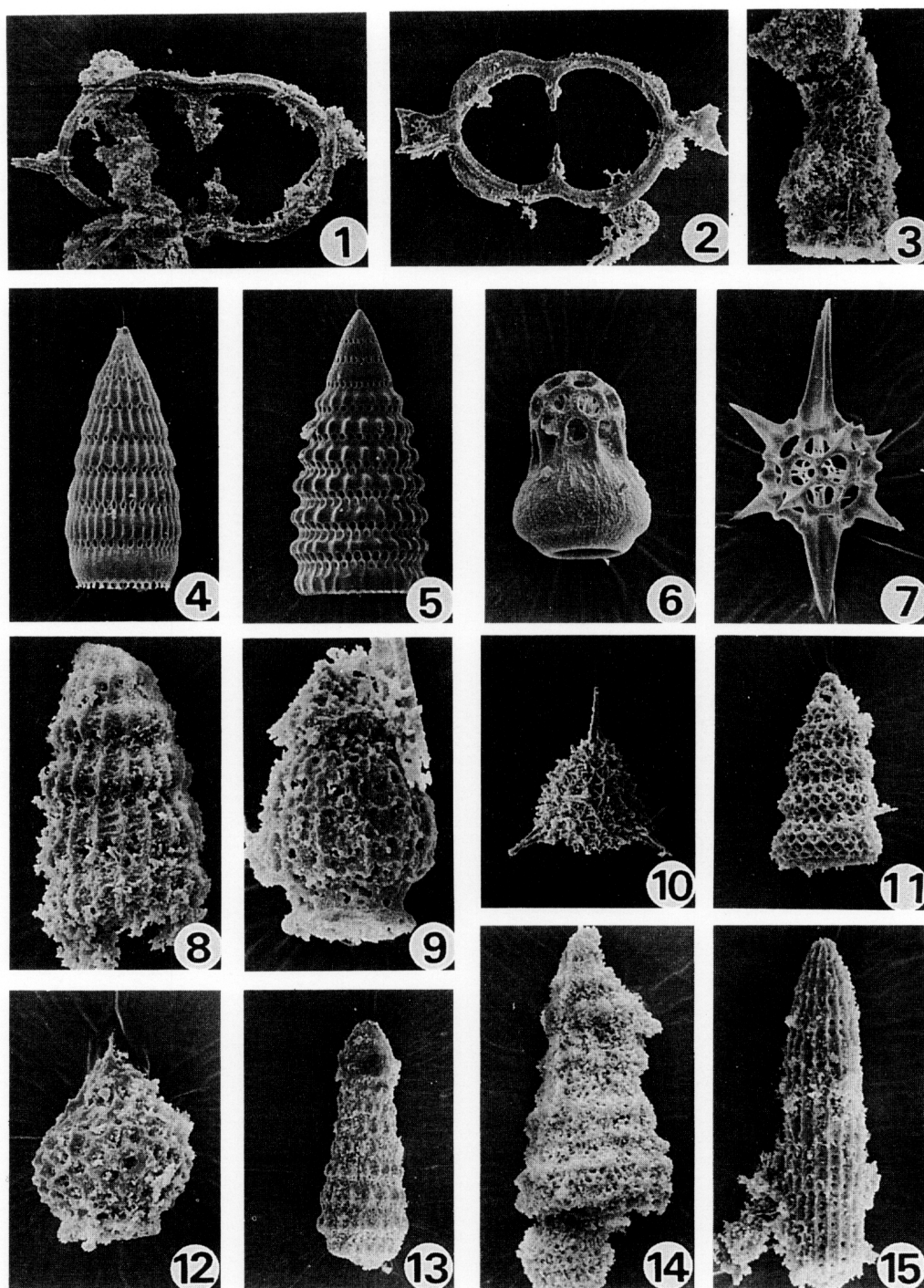


写真 15 放射虫化石の走査電子顕微鏡写真

Photo 15 Representative SEM pictures of radiolarians. Scale bars are 100 μ m.

- | | |
|--|--|
| 1. <i>Acanthocircus trizonalis</i> (Rust), R-001 | 9. <i>Theocampe tina</i> (Foreman), R-004 |
| 2. <i>Acanthocircus dicranacanthos</i> (Squinabol), R-001 | 10. <i>Alievium praegallowayi</i> Pessagno, R-004 |
| 3. <i>Xitus spicularius</i> (Aliev), R-001 | 11. <i>Stichomitra communis</i> Squinabol, R-004 |
| 4. <i>Pseudodictyomitra primitiva</i> Matsuoka & Yao, R-003 | 12. <i>Rhopalosyringium majuroensis</i> Schaaf, R-005 |
| 5. <i>Pseudodictyomitra carpatica</i> (Lozynyak), R-003 | 13. <i>Pseudodictyomitra pseudomacrocephala</i> (Squinabol), R-005 |
| 6. <i>Vallupus japonicus</i> Kawabata, R-003 | 14. <i>Novixitus weyli</i> Schmidt-Effing, R-005 |
| 7. <i>Panthanellium</i> (?) <i>berriasium</i> Baumgartner, R-003 | 15. <i>Archaeodictyomitra sliteri</i> Pessagno, R-005 |
| 8. <i>Dictyomitra formosa</i> Squinabol, R-004 | |