

## 日本海溝の陸側・海側斜面の地形とテクトニクス

藤岡換太郎\*<sup>1</sup> 竹内 章\*<sup>2</sup> 堀内 一穂\*<sup>3</sup>  
岡野 肇\*<sup>4</sup> 村山 雅史\*<sup>5</sup> 堀井 善弘\*<sup>6</sup>

三陸沖東北日本弧の東に、南北に800km続く日本海溝の海溝軸を挟んだ海側の斜面と陸側の斜面で行われた14回の潜航によって観察された、海底表層の地球科学現象についてまとめその成因を考える。海溝の陸側斜面には海溝軸に平行する巨大な斜面崩壊が断続的に見られる。崩壊は基本的には地震とそれによって派生した地殻変動によるものと考えられる。陸側斜面には水深6,366~5,960mにかけてナギナタシロウリガイを主とする深海冷水湧出帯生物群集が広く分布する。ナギナタシロウリガイの分布は地下にある逆断層の集中するメガシアーズ帯と密接に関連している。

海側斜面では水深6,200~6,000mにかけて幅5~1m、深さ最大5mの新鮮な裂け目が分布しており、長さは185mある。このような裂け目は海溝軸に平行に何本も見られている。これらの裂け目はマクロには太平洋プレートの曲がりに対応するホルストークラーベン構造に密接に関連している。

日本海溝の海溝軸を挟んだこのような対照的な地球科学現象の違いは、太平洋プレートの日本列島の下への沈み込みに伴ってできる海側の伸張と陸側の圧縮によって形成された。すなわち、海側の現象は沈み込むプレートによって引っ張られたリフト地形、陸側はメガシアーズゾーンを介した地下からの水の搾り出しによるものと解釈される。

### Constrated Nature between Landward and Seaward Slopes of the Japan Trench off Miyako, Northeast Japan

Kantaro FUJIOKA\*<sup>7</sup> Akira TAKEUCHI\*<sup>8</sup> Kazuho HORIUCHI\*<sup>9</sup>  
Hajime OKANO\*<sup>10</sup> Masafumi MURAYAMA\*<sup>11</sup>  
Yoshihiro HORII\*<sup>12</sup>

- 
- \* 1 海洋科学技術センター深海研究部
  - \* 2 富山大学理学部
  - \* 3 東北大学理学部
  - \* 4 東海大学海洋学部
  - \* 5 東京大学海洋研究所
  - \* 6 東京水産大学
  - \* 7 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center
  - \* 8 Toyama University
  - \* 9 Tohoku University
  - \* 10 Tokai University
  - \* 11 Ocean Research Institute, University of Tokyo
  - \* 12 Tokyo University of Fisheries

This article deals with trying to understand the genesis of the different patterns both of landward and seaward slopes of the Japan Trench which extends from north to south off east of the northeast Japan. On the landward slope, mega slope failures are sporadically recognized along the trench which is parallel to the axis. Deep sea clam communities which range from 5,960 to 6,366 meter are existed close relationship to the megashear zone underneath the lower slope of the Japan Trench.

On the contrary, on the seaward slope of the trench, several fresh fissures are recognized whose width is 5 to 1 meter and depth is maximum 5 meters and the length is 185 meters. This kind of fissures are distributed almost parallel to the trench axis and macroscopically identical to the surface bending structure of the subducting Pacific Plate. This may related with the horst and graven structure of the veneer of the plate.

This different morphotectonic features on the opposite site of the Japan Trench axis may well be explained by the extension on the seaward slope and compression on the landward slope deduce from the subduction of the old Pacific Plate underneath the Northeast Japan arc. The seaward characteristic feature is the Rift by the pull of the descending slab and the landward feature will be ascribed by the squeezing deep interstitial water of the muddy sediments transported far from the Pacific regions.

## 1 はじめに

日本海溝と東北日本弧は日本列島周辺の島弧-海溝系の中でも最もよく研究されているもののうちの1つである。我が国の最初の本格的な海溝の研究は気象庁の凌風丸によって行われた。この一連の研究はJEDS (Japan Expedition of Deep Sea) と呼ばれた計画で1959年から66年にかけて行われ、大学や諸研究機関が参加し大きな成果を収めた。日本海溝の研究は1977年に行われたIPOD (International Phase of Ocean Drilling : 国際深海掘削計画) の前後で飛躍的に進んだ。1977年にアメリカの深海掘削船「グローマーチャレンジャー号」が日本海溝に初めて訪れ、陸側斜面と海側斜面の一連の掘削を行い日本海溝域の白亜紀以降の地史の概略が明らかになった。「グローマーチャレンジャー号」は1982年に南海トラフの掘削の後再び日本海溝を訪れ主として海溝のMiddle Slopeを掘削した。1984年から85年にかけては日仏海溝計画が行われた。84年にはフランスの調査船「ジャンシャルコー」によって潜航のための事前調査が行われ日本海溝のシービームマップが初めて出版さ

れた。この地図をもとにして85年には第一鹿島海山や襟裳海山を含む日本海溝の潜航調査が、フランスの潜水調査船「ノチール」によって行われた。

海洋科学技術センターは1991年より本格的な深海潜水調査船「しんかい6500」を用いて海溝域の潜航調査を開始した。東北日本を東西方向に横断する一連の横断潜航が1991年より開始され、海溝域と背弧域での大きな地球科学的性質の違いが明らかにされてきた。現在までに日本海溝陸側斜面では第63, 64, 126, 127, 128, 129の6潜航が、海側斜面では第65, 66, 67, 130, 131, 132, 133, 134の8潜航が行われた。小論では1991年から92年にかけて行われた一連の日本海溝における潜航調査結果についてまとめ、陸側と海側の諸性質の違いについて考察した。図1には東北日本の日本海溝域の地形と潜航地点を、また表1には日本海溝域の潜航者などを示した。

## 2 日本海溝の地形

日本海溝の地形については海上保安庁水路部が精力的に調査を行い、岩淵(1968)や佐藤(1973)

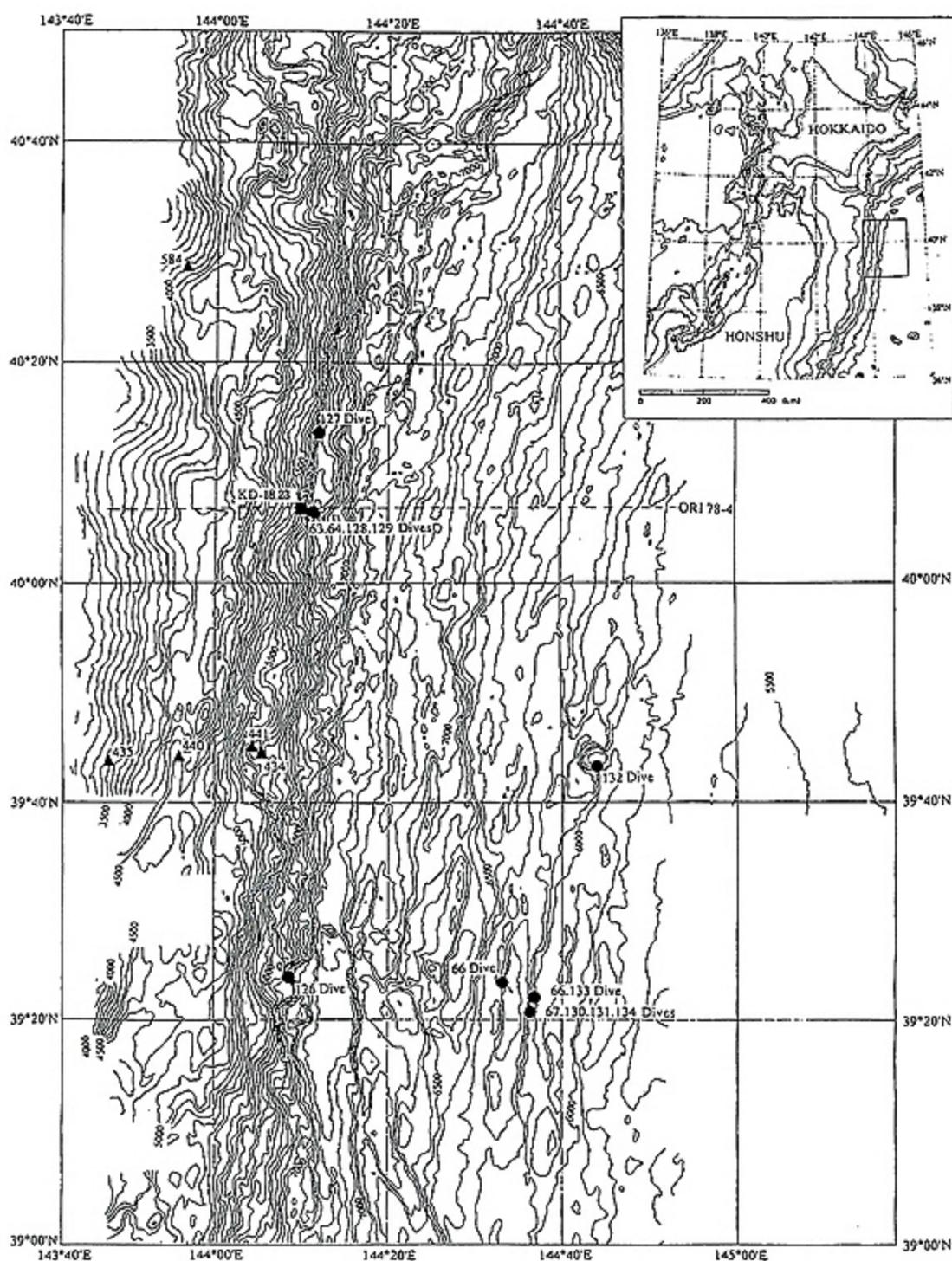


図1 三陸沖日本海溝の海底地形図 (Kobayashi, 1991) と潜航地点  
 黒丸は潜航地点, 黒三角は国際深海掘削計画の掘削孔の位置を示す。

Fig. 1 Topographic map of the Japan Trench off Sanriku (After Kobayashi Ed., 1991) and location of dive sites. Solid triangles show the location of the Site of International Phase of Ocean Drilling.

表1 日本海溝の潜航者のリスト

Table 1 List of the observers of the Japan Trench dives.

日付	Dive#	潜航者	潜航場所	潜航目的
1991/7/6	63	藤岡換太郎	日本海溝陸側斜面	日本海溝陸側斜面の地形と生物群集
1991/7/7	64	加藤千明	日本海溝陸側斜面	深海生物群集の観察及び好圧性微生物の採取
1991/7/13	65	堀田 宏	日本海溝海側斜面	日本海溝海側斜面の変動地形
1991/7/14	66	小林和男	日本海溝海側斜面	日本海溝海側斜面の正断層の研究
1991/7/15	67	小川勇二郎	日本海溝海側斜面	日本海溝北部海側斜面における堆積及び構造の研究、及び底質の無菌採集
1992/7/12	126	藤岡換太郎	日本海溝陸側斜面の急崖	日本海溝の陸側斜面と海側斜面の海底変動地形の解明
1992/7/13	127	竹内 章	日本海溝陸側斜面の急崖 (三陸海底崖)	プレート境界域における活構造とテクトニクスの研究
1992/7/14	128	藤岡換太郎	日本海溝陸側斜面の急崖	日本海溝の陸側斜面と海側斜面の海底変動地形の解明
1992/7/16	129	増地矢恵子	日本海溝陸側斜面の急崖とその平坦面	深海好高圧菌の分離
1992/7/19	130	藤岡換太郎	日本海溝海側斜面地溝・地塁群	日本海溝の陸側斜面と海側斜面の海底変動地形の解明
1992/7/20	131	加藤千明	日本海溝海側斜面	日本海溝斜面深度6500mにおける生物群集の観察と微生物の採取
1992/7/21	132	藤岡換太郎	日本海溝海側斜面地溝内の海山 (宮古海丘)	日本海溝の陸側斜面と海側斜面の海底変動地形の解明
1992/7/23	133	堀田 宏	日本海溝海側斜面	日本海溝海側斜面の裂け目の成因
1992/7/24	134	小川勇二郎	日本海溝海側斜面	日本海溝海側斜面のテクトニクス

などの研究のまとめによって詳細が明らかになってきた。吉井 (1978) は、東北日本島弧-海溝系に直行する方向で従来観測されてきた諸データをまとめた。海上保安庁水路部はPDR (Precise Depth Recorder) を用いて観測された従来の音響測深のデータを集積し、100万分の1海底地形図「東北日本」を作製した。この地形図をもとに藤岡 (1985) は日本海溝域の海底地形の特徴をまとめた。東北日本島弧-海溝系の地形構造要素 (morphotectonic elements) は多くの人々の認めるように、弧に沿って南北方向に明瞭に追跡でき、それらは以下に示すように東から西へ12に区分できる。しかし、後に述べるようにそれはほぼ北緯38度を境として必ずしも南へは続かない。

1) 海溝海側斜面の海溝周縁隆起帯 (marginal swell), 2) 正断層群によって形成された地塁・地溝群 (horsts & grabens), 3) 海溝軸部 (trench axial part), 4) 海溝陸側斜面 (inner trench slope), 5) 深海階段 (bench), 6) 深海平坦面 (deep sea terrace), 7) 大陸棚 (continental shelf), 8) 非火山性外弧 (non-volcanic outer arc), 9) 弧間盆地 (intra-arc depression), 10) 火山性内弧 (volcanic inner arc), 11) 山間盆地 (intra-arc basin), 12) 縁海 (marginal sea)

これらの地形構造要素の分布及び他の地球物理学的・地質学的諸性質の分布は、プレートの生産されつつある中央海嶺では対称的であるのに対して、東北日本島弧-海溝系では著しい非対称分布

を示すことが知られている。上記の地形構造要素の各々について詳しく見ていく。

1) は太平洋プレートが日本海溝にもぐり込むときに生じるプレートの曲がりによって形成されると考えられており、圧縮場の卓越する沈み込み帯に顕著である (Kanamori, 1971; 上田・金森, 1978; Uyeda, 1982)。2) も1) と同様のメカニズムでできる正断層群で1933年の三陸沖地震の震源は、ほぼ39度30分のところに起こっている (Kanamori, 1971)。3) については後に詳しく述べる。4) については、日本海溝を横断する音波探査断面によく認められる。多重式音波探査断面ORI-3には、陸側へのびる強い反射面が認められ、ここから白亜紀の化石を含むチャートやホルンフェルスがドレッジによって発見された (Takigami and Fujioka, 1989)。5) 深海階段は図2によく認められる。階段の存在する深さは様々である (岩淵, 1968)。これは、それより陸側の堆積物を堰止める役割をしている。IPOD第57節の地点440では、第四紀の泥質タービダイトを主とする堆積物が300m以上もトラップされている。階段自身は、最近2~3Maに上昇をはじめたと考えられている (藤岡ほか, 1983; 新妻, 1985)。6) は岩淵 (1968) が指摘しているように、日本海溝域では、北ほどその幅が広く、かつ様々な水深のところに分布している。しかし、深海平坦面の広さは北緯38度を境にしてその南側では急に狭くなり、その発達も極めて悪くなる。深海平坦面

は、佐藤(1973)の指摘しているように厚い堆積場であり、海底谷の多くはここで終わっている。7)の大陸棚は、海底地形図を見ても明らかなように八戸沖では幅広く、南にいくとその発達が悪くなる。8)は北上山地と阿武隈山地でここには古生層以降の古期岩層が分布しており、全体として正の重力異常を示す(Tomoda, 1973)。9)は北上河谷域で、上記の正の重力異常は盛岡-白河線を境に大きく変化する。地形的にもここは低くなっており、北上川はこの線に沿って南へと流れている。阿武隈山地とその西にある火山フロントとの間には顕著な弧間盆地は認められない。10)は火山フロントで、東北日本弧では北は恐山から南は男体山まで、ソレライト系とカルクアルカリ岩系の安山岩や玄武岩からなる火山フロントの西にある会津盆地や横手盆地などで、その西側は鳥海火山によって画されている。盆地群は互いに孤立した凹地として分布している。12)の縁海は日本海である。Isezaki(1975)は2つの拡大軸を考えたし、鳥居ほか(1985)は約15Maに拡大を開始したと考えている。

藤岡(1985)は東北日本島弧-海溝系の地形構造要素の記列が、島弧に沿って眺めてみると必ずしも南北へつながるとは限らないことを提唱した。これらはほぼ仙台付近でつながらなくなる。一方、日本海溝軸の一般走向も、北緯38度を境にして以北ではNSから以南のN20°~30°Eへと変化するこの角度はおおよそ150°である。このように海陸に共通して地形上東北日本島弧-海溝系は北部と南部とに区分できる(東北日本島弧-海溝系北部、及び同南部)。

海底の地形の特徴として大切な点は、海溝軸の一般走向の変化のほかに、海底谷がある。日本海溝に沿う陸側の海域では、日本列島周辺の他の海域に比べて海底谷の発達が著しく悪い。このことは例えば、海上保安庁水路部(1982)100万分の1「中部日本」と「東北日本」とを比較してみれば明らかである。前者の地形図の中には、片貝、勝浦、鴨川、新島、三宅、御蔵、南御蔵、石廊、銭州、天竜など数多くの海底谷が認められるのに対し、後者では、常磐沖に名のない海底谷が認められる以外には海底谷らしい海底谷はない(藤岡, 1985)。

もう1つの地形上の特徴は、日本海溝に沿った陸側の海域には、「東北日本」の海底地形図で見ると、水深ほぼ2,000mあたりに大きく陸側に凸の地形があり、その水深の深い側の4,000~5,000mあたりのところに今度は逆に海側に凸な複雑な地形の張出しが対になって存在することである。これらの組になった複雑な地形は、一種の大崩壊地形(地すべりまたはスランプ)であると考えられる。このような地形がはっきりと残っていることは、大崩壊は比較的新しい時代に起こったものと推測される(藤岡, 1985)。

藤岡(1985)は日仏共同海溝調査の函館-東京間の移動時に海溝軸に沿って行われたSea Beamによる地形調査の結果から、断層によって海溝軸そのものがくいついてきている(fingering)可能性を示した。南海トラフに沿った海溝軸部では、堆積物の表面の水深は、東から西へと系統的に深くなるが、基盤の構造は四国海盆の拡大に伴った凸凹した地形を示している(加賀美ほか, 1983)。日本海溝の軸部での堆積速度が南海トラフの軸部でのそれに比べて遅いため海溝軸の凸凹が、日本海溝ではまだ埋積されずに残っていると考えることができる。日本海溝域の陸側の堆積物は後に述べるように深海階段に堰止められるforearc basinにトラップされている(Von Huene et al., 1980; 藤岡ほか, 1983)。Nakanishi(1992)は日本列島沖の地磁気の縞状異常のまとめを行い、トランスフォーム断層が沈み込みに伴って再活動したことを述べている。琉球海溝ではKato(1991)は同様の現象を記載している。日本海溝に見られるこれらの観察事実から藤岡(1985)は日本海溝の陸側斜面に沿って巨大な斜面崩壊が起こっている可能性を指摘している。

### 3 三陸沖日本海溝の陸側斜面

東北日本宮古沖北緯40度付近の日本海溝陸側斜面では水深6,000~6,500mの範囲の潜水調査が行われてきた。この範囲の三陸沖日本海溝の陸側斜面は長さ約160km、落差約500mの「三陸海底崖」が南北に連続する。海底崖の斜面は断層運動によって著しく変形し泥岩は破壊され、ときに斜面崩壊を起こし土石流となって斜面を下っている。第63潜航では、東西の方向に分布したナギナタシロウ

リガイ群集が6,366mより浅いところで発見された。これは現在知られているシロウリガイ群集としては世界で最も深いものである。群集は急斜面に直交するガレに沿っていくつも分布しており、その規模は最大で長さ1m程度のものである。群集組成はナギナタシロウリガイ、ナマコ、ワレカラ、イソギンチャク、エビ、カニ、ソコダラなどからなる。ナギナタシロウリガイの大きさは日仏KAIKO計画で1985年にJ.P. Cadetが水深5,960mで発見したものより小さく、殻長が12cm程のナギナタシロウリガイである。第64潜航では6,500mの平坦面で無菌採泥器及びスcoopによる採泥と、その付近の生物の観察を行った。平坦面は水深6,000mあたりからもたらされた土石流堆積物の表面にあたり、ナマコなど多くの生物が認められたが、ナギナタシロウリガイの群集は発見されなかった。

第126, 127, 128, 129潜航では、採泥器による表層堆積物の採集とグラバーによる露頭の岩石や転石の採集を行った。表層堆積物は、珪藻を多く含むいわゆる diatom ooze である場合が多く、加

えて海綿骨針、放散虫、粘土鉱物等を主に含んでいる。角閃石や火山ガラスを含むこともある。露頭の岩石は粘土岩 (clay stone) やシルト岩 (silt stone) がほとんどで、珪藻や海綿骨針等の生物化石、斜長石や雲母類および火山ガラス等の碎屑物を含んでいる。

1992年7月に行われた一連の潜航では陸側斜面と海側斜面の地球科学的な情報がさらに増加した。それらを要約すると以下ようになる。

斜面の傾斜変換点にはナギナタシロウリガイの大群集が分布している。群集は主に水深6,350m付近の土石流堆積物上に南北に伸びて棲息しており、群集の方向は斜面の最大傾斜に平行な270~300°とそれに直交する30°のものが認められた。今回の潜航(第128, 129)で15以上の群集の存在が確認された。群集の組成はナギナタシロウリガイ、ワレカラ、巻き貝、イソギンチャク、ナマコ、エビ、ゴカイ、アイソポダ等でありソコダラがシロウリガイを捕食する瞬間もビデオにとらえられた。群集内の温度は周辺の海水の温度より有意に0.0281℃高く、堆積物は黒く有機物に富む。生

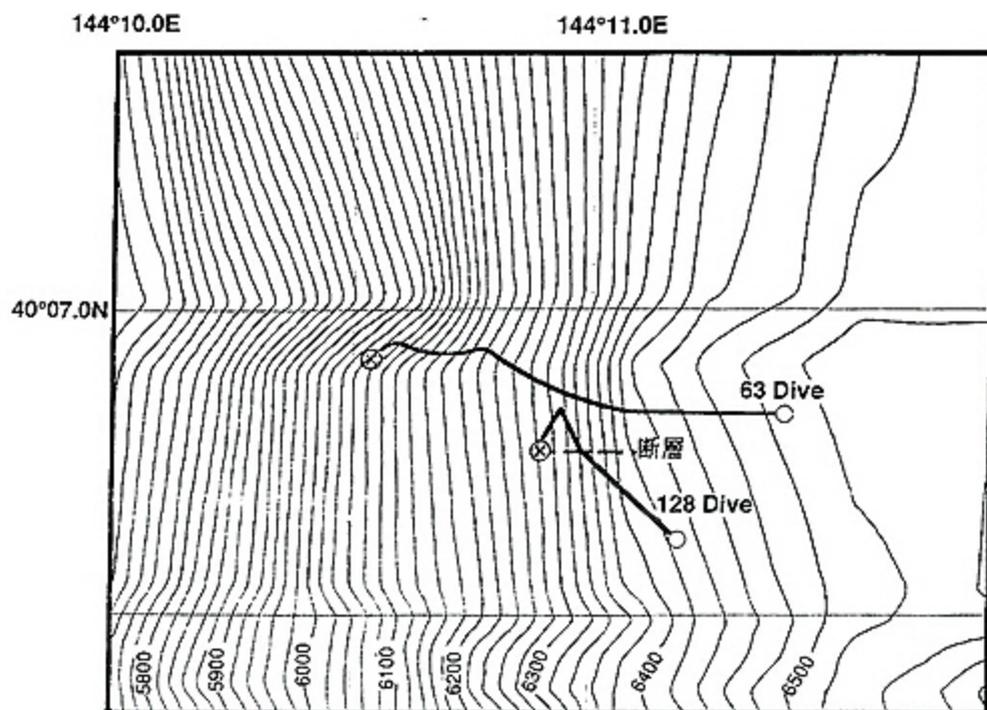


図2 第63及び第128潜航の航跡とマルチナロービームによる海底地形

Fig. 2 Ship's tracks of the dive 63 and 128 and the topography by Multi-Narrow Beam.

物群集の棲息条件は、1) 地下から水を通しやすい断層の存在、2) 海底に湧きだした水を逃がさない堆積物の存在、であると考えられる。

従来日本海溝陸側斜面で行われた潜航の結果を以下にまとめる。これらは船上での記載であり、図2には陸側斜面の第63と第128潜航の航跡と地形を示した。

#### 第63潜航

第63潜航に関してはすでに藤岡・村山(1992)に記載されているのでここでは省略する。ただし、この潜航で世界で最も深い海底からナギナタシロウリガイのコロニーが発見されたことを付記する。

#### 第64潜航

第64潜航は第63潜航のさらに水深の大きいところで行われた。ここは土石流堆積物の表面に当たる。ナギナタシロウリガイの群集は発見されなかった。このことはナギナタシロウリガイの生息の下限が6,366mであるか生息していたのが巨大な土石流によって埋まってしまったか2つの可能性がある。

#### 第126潜航

日本海溝陸側斜面の下部より三陸海底崖を登り以下のことが明らかになった。三陸海底崖は著しい断層運動の結果角礫化して、地震などの地殻変動のたびに斜面崩壊を起こし、より深部へと土石流堆積物を運搬した。急崖には堆積物の被膜はほとんどなく、小断層により地層は著しく分断されている。鍵になる白色の火山灰層から断層の走向や変位がある程度読める。鍵層の火山灰は層理面を切っており、一種の碎屑岩脈であり地下に高水圧層のあったことを示唆する。断層面に添ってバクテリアマットが観察されたがこのことは地下より水の湧きだしを示唆するものであろう。海溝下部斜面のこのような現象は、海洋プレートの沈み込みに伴う陸側のプレートとの力学境界でのテクトニクスの現れであると感じることができ、地中りや斜面崩壊は少なくとも鮮新世より続いており、日本海溝の陸側斜面は、鮮新世以来太平洋プレートの沈み込みによりプレート境界での変形を受け、注入、角礫化、斜面崩壊そして土石流の発生を、続けていたことが結論される。

潜航地点の大地形については東大海洋研のシービームマップを、小地形については海洋科学技術

センターのマルチナロービームによる地形図を示す(図1, 図2)。6,500mから小さなステップを挟んだ60°以上の急崖があり、地形的には小規模な馬の背のような形態を呈する。斜面は堆積物の被膜がほとんどなく、もとの地形が残っている。断層運動による変形・破碎の結果生じた土石流は小さなガレを形成しており、幅は1~2m程度であるが、落差が14~15mある谷を作っている。1つ1つの急崖はおおよそ30m程の落差があり、その麓の傾斜がやや緩くなっている。三陸海底崖は約500mの比高を持つがその平坦面は水深おおよそ6,000mのところにある。平坦面の傾斜は10°以下で厚い土石流堆積物が表面を埋積している。

全体に堆積物の被膜に乏しい全面露頭である。著しく変形・破碎された泥岩は層理面は残っているが、小断層によってずたずたに切られ平行四辺形を呈している。白い凝灰岩の層が見られるが、すべてずたずたに切られており、これから断層の方位と前後関係が求められる。凝灰岩は層理面を切っており碎屑岩脈と考えられ、泥岩との境界は不規則で後の断層に切られている。凝灰岩の厚さは60cm程度の厚いところと5cm以下の極めて薄い所とあって断層による薄化も考えられる。著しく変形を受け破碎された泥岩は崩れて斜面を下っていったと考えられる。新しい堆積物の被膜はほとんどなく、露岩の破碎や変形は極めて新しい時代に形成されたと思われる。

急崖の斜面には小さなインゴチャクが付着していた。群れをなさず単体で産出した。岩石の隙間にはバクテリアマットが見られた。これは地下からの水のしみだしによると考えられる。急崖にはソコドラが単体で出現した。赤いエビやヒトデが単体で斜面の移動中に観察された。

6,090mの平坦面は土石流の頂部に当たり斜面はなくなり地形は平坦になる。ここには様々な生物が見られた。ゴカイ、白いエビの仲間(等脚類: Isopoda) ナマコ(千手ナマコ)等が主として単体で見られたが生物の棲息密度は斜面に比べて遥かに高い。

これから同じ場所を何回も潜航することを考えると、目印になるマーカーを設置し、そのマーカーには様々なものを取付けて経年変化を観察するのも一興であると考えられる。例えば、CCD以下の水深

で炭酸塩の殻を持つ貝や有孔虫などを一定の期間海底に置いておき、回収してその溶解の程度を水温の変化やその他の物理計測と突き合わせるの今後の課題であろう。すなわち、マーカーを1つの長期ステーションと考えて海底を実験室のように使用することはどうかというわけである。テーマとしては金属の腐食、ビニール等の分解があるのかそれには特殊なバクテリアがいるのか、付着生物がどのようにつくのかなどがある。

#### 第127潜航

三陸沖日本海溝陸側斜面を特徴づける三陸海底崖を横断するルートで潜航調査を行った。

1) 海底崖前面平坦面は、0.4~0.5ノットの強い底流のため礫質。岩石の露頭は見られない。ゴカイが無数に棲息し、等脚類やナマコも多数分布している。ウミシダの類も見られるがほとんど水流によって横倒しになっている。

2) 海底崖麓の丘陵(扇状地)も中上部は上記平坦面と酷似する。一方、扇端部分はやや傾斜が大きく、破碎を受けた半固結の礫層からなる新鮮な露頭が見られ、この礫層堆積後に顕著になった断層活動により段丘化したことを示す。この礫層はときに成層構造が認められ、堆積面は内部より固結が進み、表面が二酸化マンガンの被膜により暗褐色を呈している。

3) 三陸海底崖プロパーは、強く破碎された泥質角礫岩(カタクラサイト)と斜面堆積物からなる。この崖面は、丘陵面と同様にやや固結しマンガコートされており礫層堆積時にはすでに形成されていたと考えられる。

4) 丘陵面から急崖への傾斜変換線では新しい崩積物を欠く。ここで泥質岩の破碎部に棲息するナギナタシロウリガイが発見された。断層破碎帯が冷湧水帯となっている直接的な証拠と見られる。

三陸沖日本海溝陸側斜面を特徴づける長大な急崖は、海溝軸から約35km陸側にあり、海溝で発生するマグニチュード(M)8クラスの巨大地震の際の永久変位が累積して形成されたものであり、今回の事前調査と潜航調査により海底地形が精密に解明されたため三陸海底崖の名称を水路部に申請することになっている。

この海底崖にそって巨大な地滑り地形が見られ、麓には崩落物がつくる扇状地が複合して丘陵となっ

ている。丘陵は縦に切ったかまぼこ型でもっとも海溝側にある第1平坦面に近づくほど傾斜が大きく、破碎を受けた半固結の新鮮な礫層が露出している。平坦面は海溝軸からの沈み込みのため陸側に逆傾斜し、軸側で膨らみがある。着底点付近は水深6,360mでほとんど平坦な堆積面であるが、丘陵部との間に水深3,670~3,680mの船底形の凹地がある。

三陸海底崖プロパーは、角礫岩様の塊状泥質岩と半固結の斜面堆積物が露出する。この急崖は平均傾斜40°、比高は約250mである。所々に崩壊によるガレが見られ、谷部では崖麓が薄く泥質岩を覆っている。6,140m以浅は再び6,360mと同様の平坦面となるが海側にやや傾斜している(第2平坦地)。

なお、調査海域では海底崖は海溝軸から約7kmの位置にある。この海域では近年、1793年M8.4、1896年M8.5など、津波地震や“スローな地震”が約100年間隔で発生している。また近傍の海溝海側でも1611年M8.1、1933年M8.1など海溝斜面直下10~40kmの深さで正断層型巨大地震が約300年おきに発生する。海側の地震の際にも陸側にM7クラスの地震が複数個誘発され、三陸海底崖はこうした余震域の前縁となっている。折しも、潜航から5日後の7月18日午後5時37分三陸沖でマグニチュード7.0のごく浅い地震が発生した。深海研究部堀田部長を通じて東北大地震観測センターへ問い合わせた結果、震源域位置は調査地域の南西端、海溝斜面上部であった。

着底点周辺は平坦地で底質は泥であるが海底面自体は水流によって洗いだされた礫砂漠である。所々に水流によるフルートカーストが見られる。平坦地に面した丘陵先端付近では丘陵を構成する礫層が露出している。この礫層は第1平坦地を構成する礫層であり破碎も受けている。丘陵面は堆積後に顕著になった断層活動により段丘化しており、もっとも新しい活断層(すなわち海底地震断層)の存在する可能性がある。崖麓丘陵の複合扇状地も中央部と扇頂は上記平坦面と酷似する。一方、扇端部分はやや傾斜が大きく、破碎を受けた半固結の礫層からなる新鮮な露頭が見られ、礫層堆積後に顕著になった断層活動による段丘化を示唆する。この礫層はときに成層構造が認められ、

堆積面は内部より固結が進み、表面が二酸化マンガンの被膜により暗褐色を呈している。固結と被膜は、強い底流の存在とも関係するが、一定の長期間海底に露出している無堆積状態であることが必要である。

三陸海底崖プロパーは、強く破碎された角礫岩様の泥質岩カタクラサイトとこれを覆う斜面堆積物からなる。崖の表面は、丘陵と同様にやや固結し、マンガコートされている。したがって、この崖面は上記礫層堆積時にはすでに形成されていたと考えられる。泥質岩は塊状無層理な岩相を主体とするが一部には海底崖上部では比較的破碎度が低く、陸側に傾く層理と斜面に平行な節理も認められた。逆断層に由来する剪断割れ目が密に発達する。剪断作用による角礫化は採取した岩石サンプルでも明瞭に認められる。

丘陵面から急崖に移行する傾斜変換線では新しい崩積物や堆積層はほとんど認められない。それにもかかわらず、泥質岩の破碎部に棲息しているナギナタシロウリガイが発見された。これは断層破碎帯が冷湧水帯となっている直接的な証拠と見られ、三陸海底崖の急崖を形成した主断層に沿って延々とナギナタシロウリガイのコロニーが点在する可能性を示している。

第127潜航調査地点は、三陸海底崖沿いでもっとも崩積物の少ない部位であることから選定された。0.5ノットに達する北からの強い底流により、体を固定しエネルギーや栄養源を貯溜する泥がほとんど流されてしまうという決定的に不利な条件にもかかわらず、丘陵面から急崖に移行する傾斜変換線ではナギナタシロウリガイが泥質岩の破碎部に棲息していた。この部位では貧弱ながらもバクテリアマットが視認された。

ナギナタシロウリガイの分布は急崖では全く、また丘陵ではほとんど認められない。これは断層破碎帯が冷湧水帯となっている直接的な証拠と見られ、三陸海底崖の急崖を形成した断層に沿って延々とナギナタシロウリガイのコロニーに関連する生物群落が点在する可能性を示している。

潜航調査ルート前半の平坦面および崖前面の丘陵部では、ゴカイ類が無数に棲息し、等脚類やナマコ類も多数分布している。ウミンダの類などもみられるが細長い形態のものはほとんど水流によ

て横倒しになっている。平坦面に面した丘陵先端付近で丘陵を構成する礫層が露出しているが、視認できる底棲生物はわずかである。丘陵面上部にもわずか1個体ながら生きたナギナタシロウリガイが視認された。

着底点(水深6,360mの平坦面)で温度計測を実施した。リファレンスとしての水温は1.735°C、地中深さ30cmの温度は1.749°C、測定誤差範囲はともに±0.002であった。三陸海底崖から約500m離れた地点での測定であり、急崖直下の崖面に棲息するナギナタシロウリガイ群集付近での温度計測にとっても重要なリファレンス点となった。ただ残念なことに、斜面や急崖での温度計測は、地形の傾斜と強い流れのため潜水船の固定が至難であったため断念せざるをえなかった。三陸海底崖上部の急崖において、電動グラバにより断層破碎を強くうけた泥質岩を採取した。この深度の深海底で露頭の観察とともに断層破碎物質がIn-situに採取されたのは、恐らく今回が世界最初である。

#### 第128潜航

1992年第63潜航で世界最深のナギナタシロウリガイの群集が日本海溝の陸側の斜面から発見されたが、1993年はその南の地域を潜航し大規模なナギナタシロウリガイの群集を発見した。三陸海底崖の下の傾斜変換点に沿って少なくとも10の群集が発見された。群集は最大3m×0.8mの規模で個体数も多いものでは300を超えていたが小さいものは30cm×20cm位で個体数も3が最小であった。群集は土石流堆積物の上であり斜面の最大傾斜に平行な270~300°とそれに直交する30°のものが認められた。群集内の温度は周辺の海水の温度より優位に0.03°C高かった。堆積物は黒く有機物に富む。ナギナタシロウリガイの群集の中にはナギナタシロウリガイのほかに、ワレカラ、巻き貝、イソギンチャク、ナマコ、エビ、ゴカイ、イソポダ等の生物が観察された。イソギンチャク、ワレカラはほとんどナギナタシロウリガイに共生しているように見える。また、ソコダラがナギナタシロウリガイを捕食する瞬間も観察された。この潜航中の3つのサイトから38個体のナギナタシロウリガイが採集され、生物学的な検討や、微生物、殻の年代、殻と肉のイオウや炭素の同位体の研究が行われる予定である。

三陸沖には160km以上の長さにわたって南北に伸びる三陸海底崖がある。三陸海底崖は比高500mに達する大構造である。急崖はしかし、比較的緩い傾斜の斜面と急傾斜の斜面との複合体によって形成されている。斜面全体が土石流堆積物に覆われていて底には0.3ktの流れがあった。斜面には土石流の引きずった条痕や流れによって出来た線構造が見られた。斜面に沿って等深線をたどっていくと小さなガレが見られた。ガレは落差50cm程度で土石流堆積物からなり谷の周辺には巨礫が点在していた。ガレの方向はほぼ斜面の最大傾斜の方向270°を示していた。ガレは最近土石流が下がっていったと思われる新鮮な地形をしていた。

マルチナロービームの地形図を見ると一見計算機のバグかと思われる小さなコンターの揺らぎが認められたが、海底の潜水船から観察した微地形の様子から判断して、地形図は正しいと思われる。

斜面の傾斜の変換点は特にナギナタシロウリガイの群集が密集していることから、ここが断層の線の上にあたり水が地下からよく沸きだしている可能性を暗示している。このような観点から将来この群集にLBLを使ったピンポイント潜航調査及びDeep Towを使った詳細なマッピングが必要である。シロウリガイの群集はすべて直線状の分布をしており、線の方向は270~300°と20~30°に集中している。また群集の伸びは最大3m程度で、地下にある断層の長さにはほぼ対応しているものと思われる。2つの線方向は直交し共役断層であろう。太平洋プレートの東北日本への沈み込みの方向はほぼ290°で、共役断層の成因はプレートの沈み込みに伴う最大圧縮応力の方向に一致している。

斜面には土石流堆積物が卓越している。その原岩は水深の浅いところに露出する泥岩であろう。第126潜航で見られたIn situに泥岩が変形・破壊して土石となったものもある。IPOD Site 441や434では鮮新世や中新世の泥岩が繰り返していることが報告されており、潜航地点が掘削地点に近いことから、この地域の土石流を伴う斜面崩壊は鮮新世の後期以来存在したと考えるのが自然である。ナギナタシロウリガイ群集の地下の堆積物は黒く有機物に富んでおり、特に硫化水素が大量に含まれていると考えられる。

温度の測定が行われた。

周辺の海底の温度：1.739, 1.732, 1.734

差し始めの温度：1.858, 1.846

5分後の温度：1.763, 1.766, 1.763, 1.767, 1.764

8分後の温度：1.762, 1.765, 1.761, 1.764

以上の結果から群集の内部の温度は周辺の海水より優位に0.03°C高いことが結論された。

#### 第129潜航

調査目的であった、日本海溝、深度6,500mの環境（低温、650気圧）に適応していると思われる特異な微生物を採集分離し、併せてその環境の観察を生物を中心に行うことについて、ほぼ当初の目的を達した。すなわち、

- 1) ナギナタシロウリガイ群集を発見し、その一部の個体を高圧菌分離のために採集した。
- 2) その周辺の泥をメタン菌、高圧菌の分離及び深海底環境の微生物相の調査のために採集した。
- 3) ナギナタシロウリガイ群集の直上から深海水を微生物相の調査のために採水した。
- 4) ソコダラ、ワレカラ、ゴカイ、ナマコ、アイソポータなどシロウリガイ群集を構成する深海生物群を観察した。特にソコダラ、ワレカラについては、長時間にわたる観察を行えた。

日本海溝陸側斜面は前回までの地形、地質調査から次のようなことが明らかにされている。

- 1) 海底の地滑りにより、斜面が階段状になっている。深さ6,000mから6,300mにかけては斜面は急な勾配になっている。
- 2) 6,300mでやや平坦になっていてここに土石流堆積物がたまっている。
- 3) 6,500mより深いところでは、またなだらかな平坦面となっている。

着底後観察したナギナタシロウリガイ群集周辺の堆積物は砂礫質であった。ナギナタシロウリガイ群集内から採集した泥は周辺の堆積物が茶褐色であったのに対して黒色であり、やや粘性があった。

本海域のナギナタシロウリガイ群集は長さ3m幅50cm程で、少なくとも300~400個体からなる。各個体は殻長が10cm程度の細長い形をしている。殻は薄く一部には穴の開いているものが見られた。ナマコ、イソギンチャク、ワレカラ等の生物が、群集中に多く生息していた。ワレカラの観察から、これはナギナタシロウリガイに付着しているというよりはむしろ貝を取り巻く堆積物に付着してい

ると思われた。ワレカラは、水流に添ってゆれているようにも観察されたが、それに逆らって自発的に動いている様子も映像に残されていた。シロウリガイの採集の際、貝から吹き出す血液にでも群がるように数匹のソコダラが集まってきた。50 cmから1 mほどの大きさの魚で、壊れたシロウリガイの軟体部を捕食していた。また、これらの魚は、エビ等の生物採集のために設置した採集容器内に入っている魚の切り身にも群がっていた。ソコダラはグラバの作業中にも動揺することなく周囲を遊泳していた。接写撮影によって観察された魚肌はざらざらとしていた。目は機能しているようではなかった。

図3にはシロウリガイの生息深度の分布を第63潜航の結果から示した。シロウリガイの生息深度は6,365m付近、6,270m付近および6,180m付近の3箇所に集中している。図4は同様の深度分布を第128潜航について示した。ここでは6,360 mと

6,310m付近に集中する。図5は1985年に行われた日仏海溝計画の潜航の結果から同様の図を作ってみた。これらの図から明らかなようにシロウリガイの群集の生息深度には集中性があることがわかる。

#### 4 三陸沖日本海溝の海側斜面

日本海溝海側斜面には水深5,000 mから海溝の軸まで海溝軸に平行な南北に約70km伸びた地塁・地溝が分布する。昨年の潜航では北緯39度20分付近の地溝の東西両側を画する急崖の調査が行われ、この地溝の1つの東斜面の中腹から新鮮な海底の裂け目が発見された。第65潜航では、地溝の急崖の東側の斜面で、地溝の1つの急斜面ではなく、6,240m付近に発達するテラスによって2分された階段状地形であり、平坦部の縁辺で変形が顕著であることを確認した。また、地溝底の斜面寄り、斜面中央の水深6,210 m付近、傾斜のやや緩い

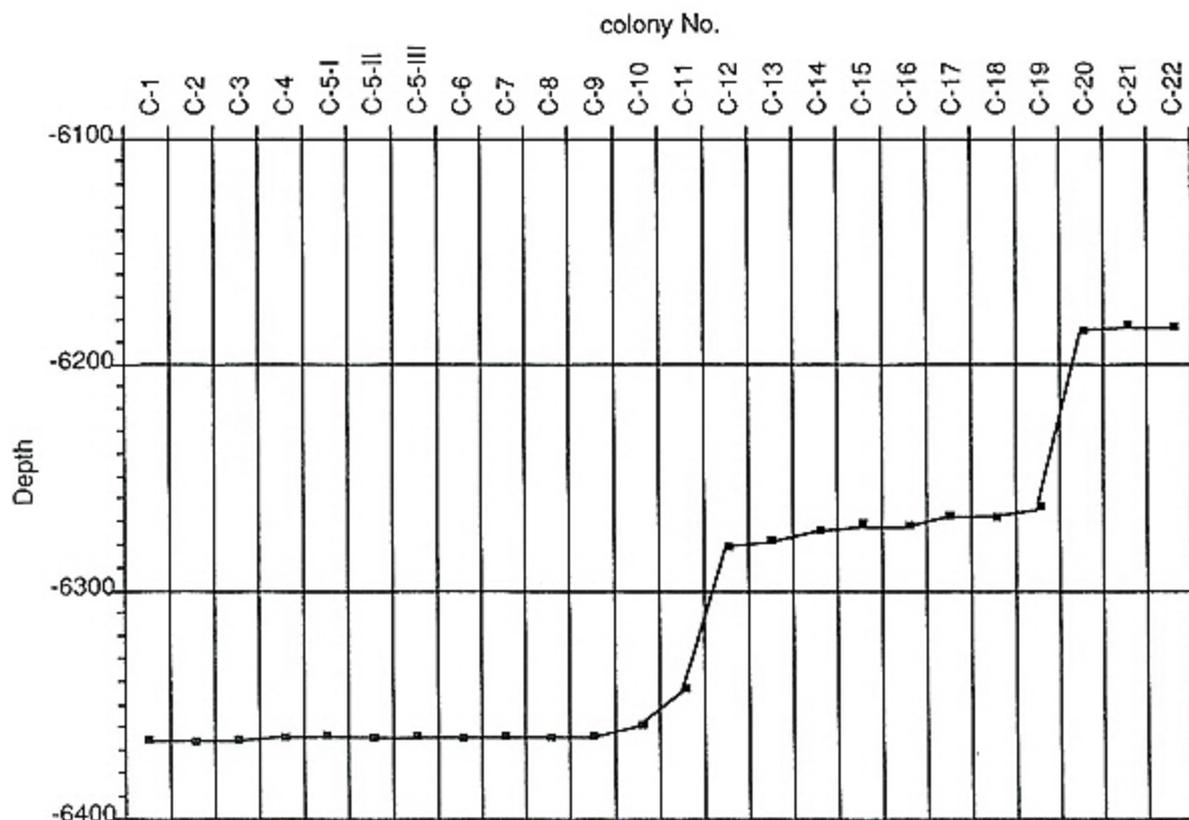


図3 第63潜航で見つかったナギナタシロウリガイの生息深度分布。縦軸は水深を示す。

Fig. 3 Depth distribution of *Calyptogena phaseoliformis* found during the dive 63. Vertical Axis is water depth.

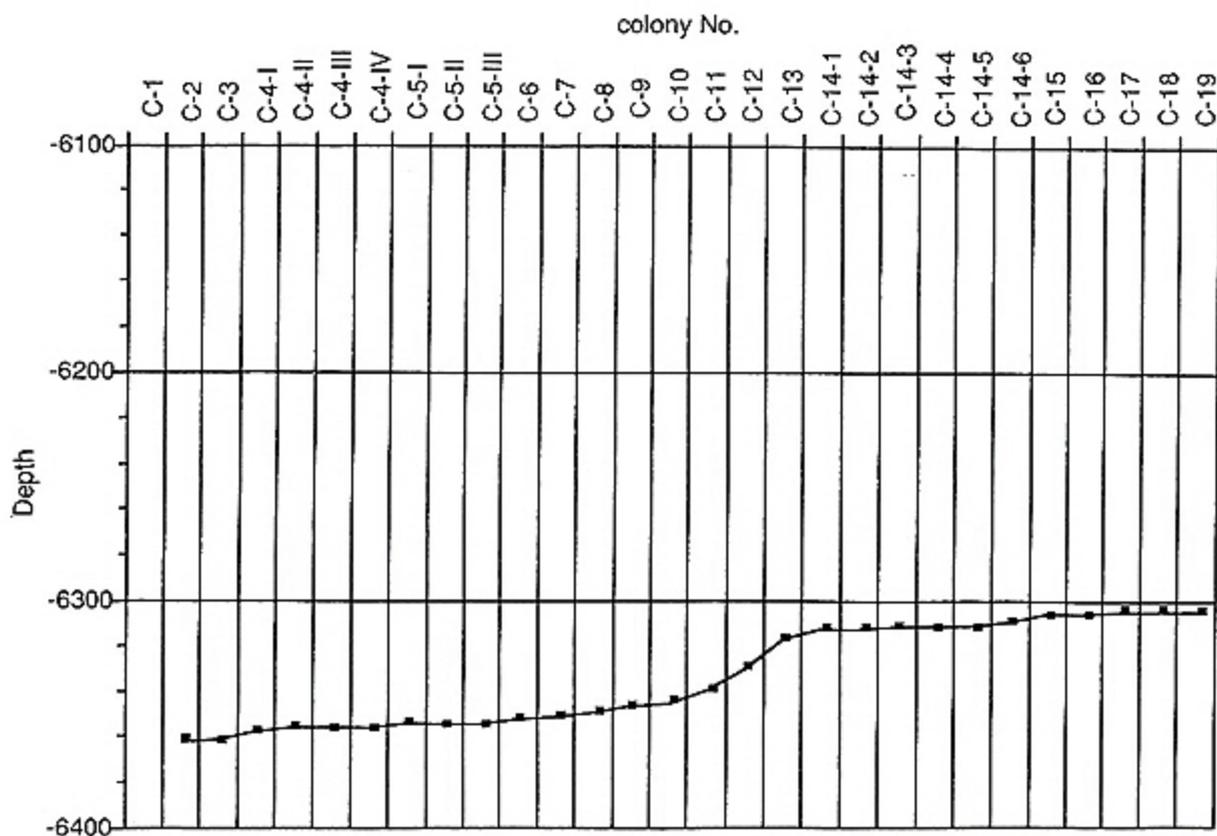


図4 第128潜航で見つかったナギナタシロウリガイの生息深度分布。縦軸は水深を示す。  
 Fig. 4 Depth distribution of *Calyptogena phaseoliformis* found during the dive 128.  
 Vertical axis is water depth.

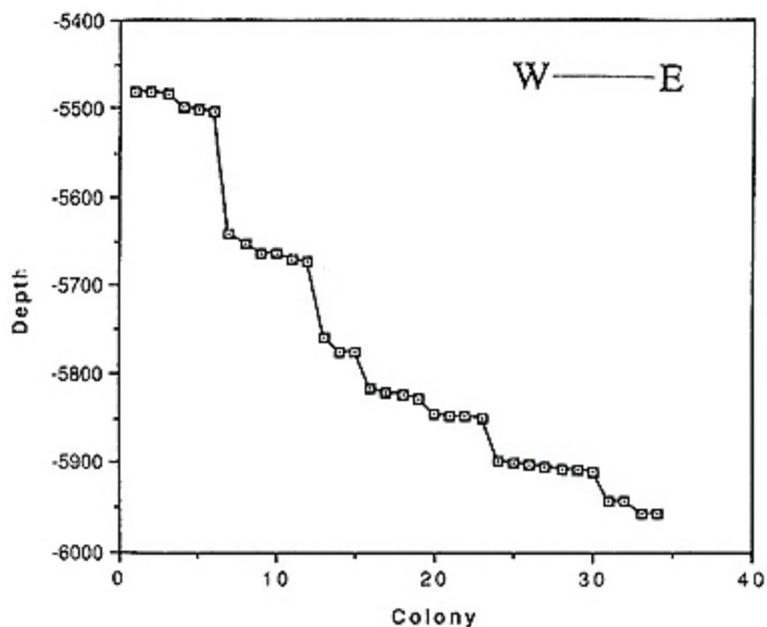


図5 日仏海溝計画の潜航で見つかったナギナタシロウリガイの生息深度分布  
 Fig. 5 Depth distribution of *Calyptogena phaseoliformis* found during the dives of Fench-Japanese Kaiko Project.

6,100m付近で、南北性の幅10~15m、落差3~4m程度の裂目群が発見された。第66潜航は同じ地溝の西側で行われ、ここでも南北性の落差2~8mの裂目群が認められた。東側より堆積物の被覆が著しく、古い断層運動であると考えられた。第66潜航は前2潜航調査海域の約4km南方の地溝の東側斜面で行われ、3段の階段状地形が認められ、中央には南北性を主とする幅3m以下の極めて新しい裂目群が数本認められた。地溝底は礫混じりの堆積物に覆われていて平坦であるが、東斜面の傾斜変換点には泥岩、砂岩、マンガンクラストの層序を持つ50cmの露頭があり、表面の堆積物は薄く底生生物が多数いた。斜面は同じ岩相からなる12段のステップになっている。東斜面中腹にある裂け目は雁行状に南北に60km続くと考えられ、少なくともその1本は南北に125m追跡でき、その幅は1cm程度から7~8mまで変化し、落差も4~5mから0まで変わることがわかった。裂け目の末端で幅1cm程度の割れ目が続いていることは、これが将来開口する可能性を示す。東西両側の壁の岩相は地溝の底の露頭と全く同じである。裂け目の底の堆積物は増加しており崖の崩落も著しい。これは裂け目が年々広がっていることを示唆する。また裂け目の大きさが1933年の地震によって出来たとするにはその規模が小さいこと、地震がなくても崩落が著しいことはこれが一種のリフトと考えられる。すなわち太平洋プレートの引っ張りによってプレートの表面に出来たリフトで、プレートが沈み込むかぎり拡大する。

日本海溝海側斜面の宮古海丘は地溝の東の端に位置する底径10km以下、比高400m程の山である。海丘の麓は平坦面で礫混じりの泥に覆われ生物が極めて多い海底牧場であった。泥岩の露頭の上に玄武岩の溶岩流、ピローブレッチャ、スコリア層等が重なっており海山は火山活動で出来た山であることがわかった。山体は1~2m程度の断層によって切られ小さなガレが形成され、玄武岩や泥岩の巨礫を伴う土石流が山体を駆け下ったと考えられる。頂上付近は厚い泥岩や現生の堆積物に覆われて火山活動終了後長い時間が経過したことを示している。山体の玄武岩を切る小断層がやがて累積して第一鹿島海山を断ち切る1,500mもの落差のある断層崖を形成するようになるのかは今後

の検討が必要である。玄武岩は著しく変質しているが斜長石の組織は残っており年代測定が可能である。陸上の研究で海山の形成の場合、海山の歴史、現在の場でのテクトニックな変形についての詳しい結果を出していく予定である。

1991年には海側斜面で3回の、92年には5回の潜航が行われているがその結果をまとめると以下のようなになる。図6には一連の潜航の航跡と地形図を示した。

#### 第65潜航（小川ほか、1992）

地形は水深約6,400mの比較的平坦な地溝底及び急な斜面から成っている。その斜面は、途中の水深約6,200mにある緩斜面によって2分されていて、地溝底に続く下斜面は約30°Cで、上斜面の約20°に比べて傾斜はきつくなっている。潜水船は、水深約6,380mの地溝底に着底した。海底は灰褐色の細かな泥で覆われており、その上に黒色の小礫が点在していた。この地点で、泥中温度の測定、採泥及び小礫の採取を行った。泥中温度は、特に異常な値ではなかった。黒色の小礫は、採取した結果マンガン被覆された軽石であることがわかった。斜面裾部に近づくにつれ、この地溝の斜面の走向と同様に南北方向に延びる「うね」状の地形と、狭くて浅いが、極めて明瞭な「溝」が観察された。

地溝の斜面の裾部には、縁辺が鋭く割れた白色の「角礫」が多数、点在していた。この上に連なる斜面は類似の「岩石」からできていて、それが角礫の供給源であると思われたので、角礫の1つを試料として採取した。角礫は固そうに見えたが、マニピュレーターでつかむと縁が崩れるような半固結の堆積岩であった。

地溝底から続く下斜面は、高さが約110mで途中に3段ほどの緩斜面が認められた。急傾斜の部分では、白色の岩石が、割合に薄く剥離され、様々な大きさに破壊された状態で斜面をつくっているように見えた。その大きさは50cm程度から2~3cmと、場所によって異なっていた。

水深6,240mくらいから、平均傾斜が約5°の中間の緩斜面となり、海底は地溝底と同様に細かな泥となった。その緩斜面においても10cm程度の西下りの段差が見られたほか、平坦な海底面の割れ目から、泥が絞り出されたような珍しい微地形

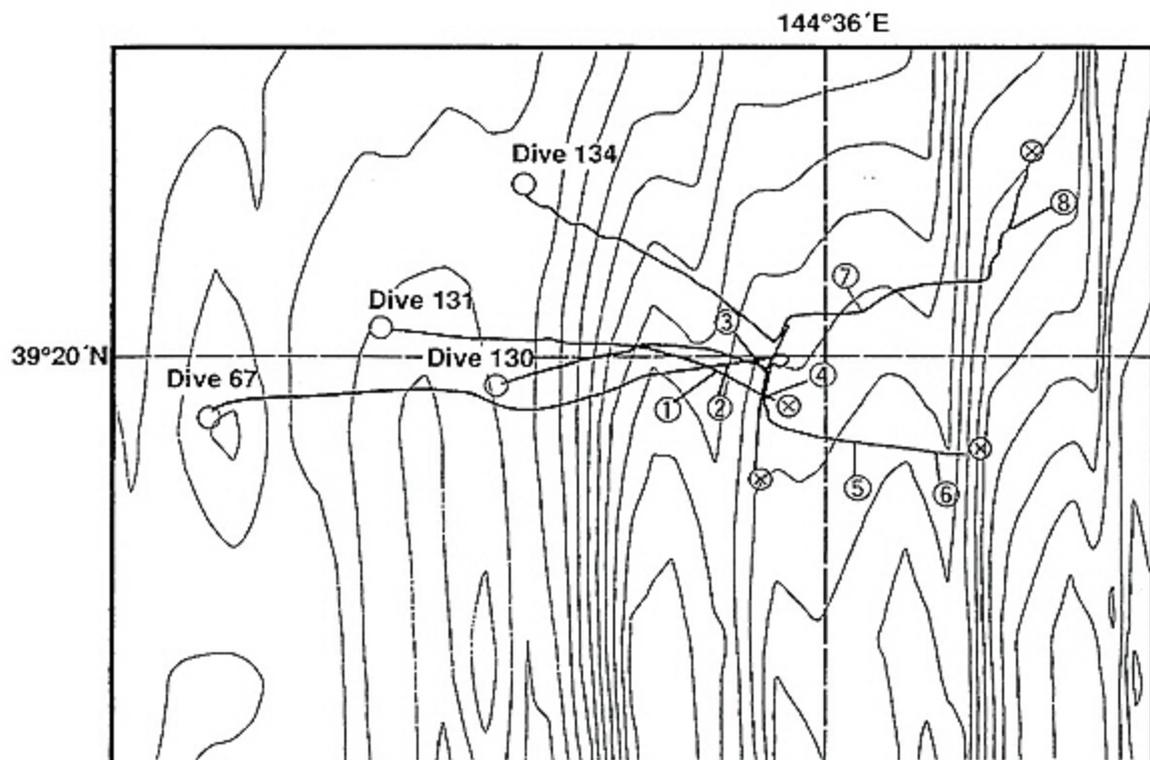


図6 海側斜面の潜航の航跡と地形図。いくつかの潜航で海底の同じ地点を走っている。  
Fig. 6 Ship's tracks of the dives at the seaward slope and topography. Several dives crossed at the same points.

も観察された。この緩斜面は約370mで終わり、再び傾斜のきつい斜面となった。

その急傾斜の斜面は、最大傾斜方向に割れてズリ落ちかけているような3~4mくらいのブロックで覆われていて、その上縁部は突然、3m程の南北方向の断層（西上がり、東落ち）で断ち切られていた。水深は、約6,200mである。この半地溝状の地形の幅は、潜水船の長さを参考にしてほぼ15mに達するものと推定した。これは、極めて顕著な地殻変動を示す地形である。これに続く急斜面は、1m足らずではあるが鋭く断ち切られたくい違い面を持つ段差が連続していた。

この上斜面の平均傾斜は約20°であるが、下斜面と同様に3段ほどの緩斜面部が認められた。水深約6,150mから浅い部分では、小規模な段差や溝状の地形が観察された。

この水深約6,200mの緩斜面は、この海域の音波探査で堆積層内の1つの不連続面に対応する深

さなので、潜航中これを境にして地質の違いが観察されるかどうか注意していたが、顕著な違いは認められなかった。

斜面最下部の深度6,375mにて採集した試料は淡褐色の軟弱ではあるがやや固結した泥であり、1方向に平行な多数の摂理が入っている。これは珪藻、放射虫、珪質鞭毛藻などの珪質生物の遺骸が多数含まれる、biogenic siliceous mudというべき堆積物であった。含まれる放射虫化石の同定の結果、第四紀を示す新鮮なもののほか、やや破壊ないし融解した、中新世から鮮新世のものまであることがわかった。この堆積物は第四紀の海底において古い時代のものが流されて混入したものと考えられる。

#### 第66潜航

地溝の底は、全体として西に傾斜している。傾斜仲間のテラスも同様の傾きを持つ。底部の西縁には6,500mを20mほど超える部分もある。これ

は白鳳丸KH90-1の地形図には現れていないが、「よこすか」のMNBS地形図には明瞭に描かれている。

地溝の西縁部は、東側に比べると、一般に表層を被う堆積物が厚く、崖の形成年代は東側よりもやや（数百年ほど）古い可能性がある。西側の崖は、全比高約270mのうち、下の200m（観察時刻11時27分～13時38分）にはほぼ南北方向に走る急崖が卓越し、ほぼ水平の層理面が見える露頭もある。急斜面は崩落が著しく、その脚部に多数の角礫が散乱している。ただし、薄く堆積物に覆われている亜角礫が多いので、大部分の崖崩れが起こったのは百年ほど前、従って崖の形成はさらに古いかもしれない。

崖を造った断層運動は、落差10m程度の小さい崖が幾重にも重なっていることから見ても、1回の正断層ではなく、何回にも繰り返して少しずつずれたと考えられる。潜水船から観察された1つの崖の比高は、時刻13時24分～13時38分の間に目視された約60mが最大なので、地形図に現れている落差300mの西側の崖は、5～10回の正断層運動の繰り返しによって形成されたものであろう。しかし、西側では露頭の試料が手に入っておらず、その年代がわからないので、断層活動の歴史については確定的なことはいえない。崖の最下部の露頭にも海底基盤層と思われる玄武岩らしき岩石は全く認められなかった。この事実が、太平洋の海底基盤上の堆積層の厚さが300mを超えるためなのか、崖の全落差がずれ運動の繰り返しによって生じたために、露頭として目視できるのが海底堆積層の上部のわずかに過ぎないのかは、この潜航結果だけからは、判定できない。ただし、第65潜航の項で述べたように、最下部の露頭からの試料に第四紀の化石が含まれることは、上記の最後の解釈が正しいことを示すであろう。

西側の崖の上部数十m（水深6,300m以浅、観察時刻13時38分以後）には、海溝軸の走向（南北）と大きく斜交する崖が存在し、それに混じって東側はやや緩い上がりで、西向きに急傾斜を持つ、段差2～3mの色裂（裂か）が多数見いだされた。同様な色裂は東側の崖上部にさらに明瞭に確認され、次の第67潜航の項で記載される。

#### 第67潜航

トラフ底：6,480mの深さでほぼ平坦であるが、極めてわずかに西に傾く。底質は泥である。底生生物にはナマコ、ウミウシ、ウミユリなどが見られたが、陸側斜面に比べると数は少ない。それらの多くは北を向いており、底層流が南北方向に流れていることをうかがわせる。トラフは東側の斜面に向かって、次第に少しずつ傾斜を増していき、急斜面に近づくに従って岩石のブロックが増えてくる。その多くは斜面を構成する泥質岩とパミスのブロックであると考えられ、後者はマンガン酸化物によってコーティングされている。

斜面：6,443mから6,270mまで3つのステップをはさみながらほぼ連続した斜面が続いており、白色の岩石の露頭が見られた。この斜面を下段とする。この間の水平距離は約650mであり、比高は約173mであった。その平均傾斜は約18度である。この斜面は詳しくみると3つのステップに分かれ、最後の斜面は比高が80mあまり、傾斜は37度に達する。また、つぎに述べる亀裂のある平坦面の上にある斜面を上段とする。

斜面のそれぞれのステップは数十cmから数mの段差（小ステップ）の集合からなりたっていて、それらはほぼ南北に伸びる白色の泥質岩の露岩からなっている。露岩中には南北の走向、急傾斜の多数の断裂が見られる。そのほかに、N30°E、N50°E、W-E方向の断裂があるが、数は少ない。それらには変位は認められない。明らかに断層と考えられるものは見られなかったが、これらの段差が正断層起源の断層崖に由来するものであることは、確かのようなのである。それらの露岩には所々にほぼ水平の層理面が見られる。段差の表面にはそれをおおう堆積物はないか、あるいは非常に薄い。斜面の所々に上方から滑って来たと思われる白色のブロックが多数落ちている。そのあるものは泥質岩であるが、われわれがサンプリングしたものはマンガン酸化物に薄くコーティングされたパミスブロックであった。

南北方向の亀裂：南北方向の直線状のグラーベンを見る。続いてN30°E方向の直線状のグラーベン状の亀裂（裂か）に遭遇。潜水船の進路をグラーベンに沿って南方へ変える。これとほぼ同じ深度に巨大な数本の亀裂群を発見した。その方向は約30度である。この亀裂群は一般に両側に裂けたよ

うに切り立った崖によって境をされており、その高さは2~3 m、幅は1~4 mである。所々に亀裂が側面で分岐し、壁面にブロックが落下せずに残っている場合、またそのようなブロックが亀裂の中に落ちている場合がある。亀裂の断面は非常に新鮮に見え、この亀裂の発生がきわめて最近であることを示している。亀裂の底には堆積物がたまっている。その厚さは厚くないこともある。亀裂の端の方は次第に浅くなり、グラーベン状となる。また、亀裂の途中で亀裂が二手に分岐していることもある。

このような亀裂はこの深度でわれわれが見ただけで3本あり、それぞれ類似の状況を示す。われわれはほぼ北から南へ向かって、亀裂の方向にほぼ平行に100mほど進んだが、亀裂は3本雁行しているかのように見受けられた。しかし、そのすべての亀裂の両端を見たわけではない。ここでは、3本の亀裂を杉型に配列していると考えて描いている。

この亀裂は下段と上段の間の平坦面に発達するのであるが、上段をあがったところにも、グラーベン状の地形がある。おそらく、この斜面の緩傾斜の部分にはほぼ南北の方向の亀裂が普通に発達しているのであろう。

#### 第130潜航

日本海溝海側斜面の地溝に潜航し、東側の斜面を中腹まで登り割れ目の観察を行った。地溝の底は礫混じりの堆積物に覆われ平坦であるが、斜面の傾斜の変換点には泥岩、砂岩、マンガングラスからなる高さ50cmの露頭があり堆積物の埋積は薄く生物が多数いた。斜面は同じ岩相からなる12段のステップになっている。裂け目は雁行状に南北に60km続くと考えられ、少なくともその1本は125m追跡でき、幅は1 cm程度から7~8 mまで変化し、落差も4~5 mから0まで変わる。両側の壁の岩相は地溝の底の露頭と全く同じである。裂け目の東壁は鋭利で崩落はないが、西壁は崩落がひどい。1992年の同一地点と比較して裂け目底の堆積物は増加し崖の崩落もひどい。これは裂け目が年々広がっていることを示唆する。また裂け目の末端で幅1 cm程度の割れ目が続いていることはこれが将来開口する可能性を示す。裂け目の大きさが1933年の地震によって出来たとするには小

さいこと、地震がなくても崩落がひどいことはこれが一種のリフトと考えられる。

大地形の特徴として日本海溝海側斜面には以下のような構造がある。

#### 1) 海溝軸に平行に分布する地塁・地溝群

水深5,000mから海溝の軸にかけて南北に伸びた地塁・地溝群が分布する。1つの地溝は北緯39°48'から39°10'にいたる長さ約60km、幅が最大約10kmある。これはシービームやマルチナロービームによって読み取ることができる。

#### 2) 1933年の三陸津波地震の震源域

正断層型の地震でプレートが断ち切られた。沈み込むプレート上盤が裂ける地震は世界的に見ても珍しい。

#### 3) 地溝群

何条かの幅5 m程度の大小様々の裂け目が南北に分布する。これらのうちの幾つかは既に1992年第65潜航と第67潜航で探査されている。裂け目は新鮮である。

地溝の底の急斜面と平坦面の境界に着底する。底質は礫混じりの泥で平坦である。斜面は露頭で出来ており傾斜は平均30°くらいに見える。堆積物の被膜はほとんど無い。斜面は30~40°のやや急な斜面とさらに平坦で泥に覆われた面の組み合わせで全部で12段あった。1つの段はせいぜい3~5 mで小さいものでは50cm以下である。この組み合わせの終わった所に裂け目がある。裂け目は深さ4~5 mで浅いところでは堆積物に覆われて落差は無い。直線性がよく、切れ切れに南北に少なくとも1本は125mつながらる。100m前後の裂け目が全体としてどのくらい延長しているかは今後の課題である。もし地溝が地形図で追えるところのすべてがそうなら60kmとなる。裂け目の存在度を表2

表2 海側斜面の亀裂の存在度  
Table 2 Frequency of the fissures on the seaward slope.

	亀裂1	亀裂2	亀裂3	亀裂4	亀裂5	亀裂6	亀裂7	亀裂8
第67潜航		○	◎	◎	○	○		
第130潜航			◎	◎				
第131潜航	○			◎				
第134潜航			◎				○	◎

にまとめた。

太平洋プレートの層序はIPODの第436潜航で白亜紀のチャートまで397m掘削されたものがある。地溝の底の平坦面は礫混じりの泥に覆われている。粗い礫は急斜面の露頭より由来する。1番底の層序は下から白い泥岩、黄色い砂岩（厚さ5～6cm）、最上位に薄いマンガンの層がある。マンガンは厚さ1cm以下の盤状を呈しているがもっと水深の浅い所では団塊状を呈する。この泥岩、砂岩、マンガンという組み合わせは潜航地域全体にわたって共通の層序のようである。地溝の底に散らばっていた黒い岩石は一見玄武岩のようであったが切ってみるとマンガンが被覆した砂岩であった。その岩相は2番目の黄色い砂岩とよく似ており、斜面が壊れてこの砂岩が底に落ちてマンガンの被覆を受けるまで時間がかかったことを意味する。地溝の斜面の半分はすべてこの泥岩で、裂け目を構成する岩石も基本的には同じである。

裂け目の5mほどの層序は地溝の底で見られたものと同じで、泥岩、砂岩、マンガンとその上を覆う薄い泥である。泥岩はほぼ同じ厚さで東西の両側で全く同様の物であることから、この裂け目は同一の岩石が割られてできた斜面であるといえる。海底の表層にはマンガン団塊が見られた。これは一面にあるのではなく所々瘤状の黒い半団塊になって海底にへばりついている。地溝の底の堆積物は直接サンプリングできなかったが、浅くなっているところで内部と思われるものを得た。それは細かい黒い泥であった。

潜航の間に観察された生物は、ナマコ、ゴカイ、アイソポダ、エビ、ソコダラ、イソギンチャク、ヒトデ、などである。これらの生物は潜航海域全体に分布しており特定の群集を形成していない。不思議なのはこれだけ多くの生物を一体何が支えているのかが不明である。

ナマコは千手ナマコと透明のクワガタムシのような物とがあり後者の方がその棲息密度はるかに高い。クワガタはあるときは1㎡のなかに4個体もあることがある。前者は一般に単独で分布していた。ナマコについては底層水との関連で堀内（本報告書）が興味ある問題を提起している。ゴカイは平均的に分布。イソポダは底を這い回っていた。生物は群集を形成せずすべて単独ない

しは数個体で行動をしていた。重要な海底の地点にはマーカーを設置するのが、今後の研究のためには目印、スケールになってよい。マーカーには潜航番号、日付等が入っている。10cmのスケールが入っているのでサイズを計るのによい。また蛍光塗料が塗ってあるので暗やみでも光を当てればよくわかる。さらにこれには発泡スチロール、ビニール等を結び付け1年置いたときにどのような変化が起こっているのかを観察すると役に立つ。海底の深度別の炭酸カルシウムの溶解を現場で実験するために貝殻をつけるのもよい。今後よいマーカーを考えて設置するようにしたい。

#### 第131潜航

第130潜航にて視認された、海底の裂け目（小地溝）まで、海側の沈み込み斜面を観察しながら航走し、裂け目の内側と外側の底泥サンプルを無菌的に採取することに成功した。その間、斜面での生物群集ならびに裂け目の回りの生物等を観察した。その結果、斜面は階段状になっており、平坦面のみナマコ、ヒトデ、白エビ（Isopoda）等の生物群集が見られ、急斜面には、海綿、イソギンチャク等の付着性生物が視認された。裂け目の回りの平坦面も同様であったが、裂け目の底は、黒っぽい堆積物で覆われ、目立った生物群集は、視認できなかった。また、ビデオにて半透明のナマコの摂餌風景や、白エビ（Isopoda）の詳細な画像を撮ることができた。

平坦面は、礫まじりの泥、所々に黒及び白色の岩石が見られた。斜面は、白色の泥岩が主で、上層部は黒っぽくマンガンが付着していると思われた。平坦面には、生物層が非常に多く、特に、白色の深海エビ（Isopoda）、白色のヒトデ類、ナマコ類、特につをを持つウシナマコの類が多く見られた。センジュナマコやユメナマコの類は、数は少ないながらも多く観察された。

#### 第132潜航

日本海溝海側斜面の宮古海丘は地溝の東の端に位置する底径10km以下の比高400m程の山である。海丘の麓は平坦面で礫混じりの泥に覆われ生物が極めて多い海底牧場であった。泥岩の露頭の上に玄武岩の溶岩流、ピロプレッチャ、スコリア層等が重なっており、海山は火山活動で出来た海山であることがわかった。山体は1～2m程度の断

層によって切られ小さなガレが形成され、玄武岩や泥岩の巨礫を伴う土石流が山体を駆け下ったと考えられる。頂上付近は厚い泥岩や現生の堆積物に覆われて火山活動終了後長い時間が経過したことを示している。山体の玄武岩を切る小断層がやがて累積して、第一鹿島海山を断ち切る1,500mもの落差のある断層崖を形成するようになるのかは今後の検討が必要である。玄武岩は著しく変質しているが斜長石の組織は残っており年代測定が可能である。

## 5 考察

### 1) 海側斜面の新しい裂け目

日本海溝海側斜面の地塁地溝構造に付随して新しい裂け目が発見された(堀田ほか, 1992)。裂け目は何列かに並び水深6,200~6,000mまで続いていることが確認されている。1933年の三陸地震の震源域はこの地域である。図7は第130潜航で行われたマネキンの落ちていた裂け目の全体のマッピングを示した。裂け目は直線性が極めてよいが途中から方向を変えている。その両端は殲滅する形でなくなるが1cm程度の蟻地獄のような形でつながる。全体の長さは135mである。このような平行性の強い裂け目は東アフリカのリフトバレーやアイスランドのギャオなどと地形的には極めてよく似ており、成因の近似性を想定させる。太平洋プレートは日本海溝の下へと沈み込んでいるが、

スラブが全体としてプレートを引っ張るような形で沈み込んでいる。このような引っ張りには例えば東北日本の地震の分布とメカニズムからも、プレートの上面では引っ張りの地震が、下部では圧縮の地震が起こっていることからもうなずける。従って、海側斜面に観察される裂け目はリフトと同様のメカニズムで形成されたと考えるのが妥当であろう。

### 2) 陸側斜面

#### ナギナタシロウリガイ群集とメガシアー

日本海溝陸側斜面で世界最深のナギナタシロウリガイが発見されたが、同時にシロウリガイ類群集の生息域の下限が決められる可能性がある。ナギナタシロウリガイは日仏海溝計画の潜航や1991年と1992年の潜航から、5,481mから6,366mにわたる水深にのみ分布することがわかった。Von Huene and Culotta (1991)は深海掘削の事前調査として行われたマルチチャンネル音波探査の結果を解釈して、日本海溝陸側斜面の下部に著しいテクニクエロージョンが起こっていることを指摘している。図8は彼らの解釈した地下の構造を示す。これによれば沈み込むプレートから放出される水はちょうど水深6,500mから5,400mにかけての地下からメガシアーゾーンを通して地表にできてもおかしくない。藤岡・村山(1992)はナギナタシロウリガイの生息深度とメガシアーの関係を論じナギナタシロウリガイは巨大破碎帯(メ

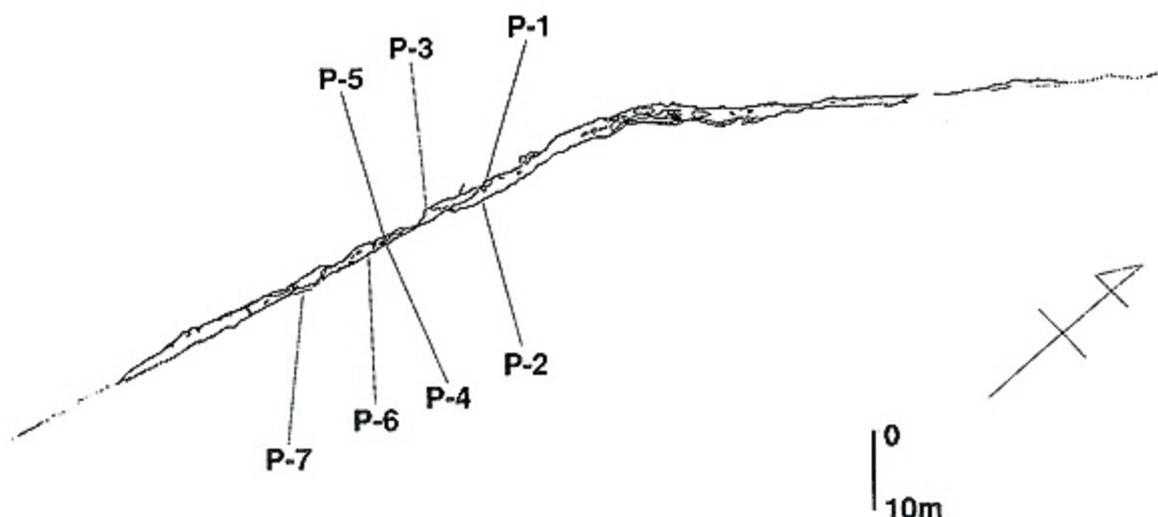


図7 マネキンの首の落ちていた裂け目の全延長のトレース

Fig. 7 Trace of the whole length of the fissure where the head of manequin was found.

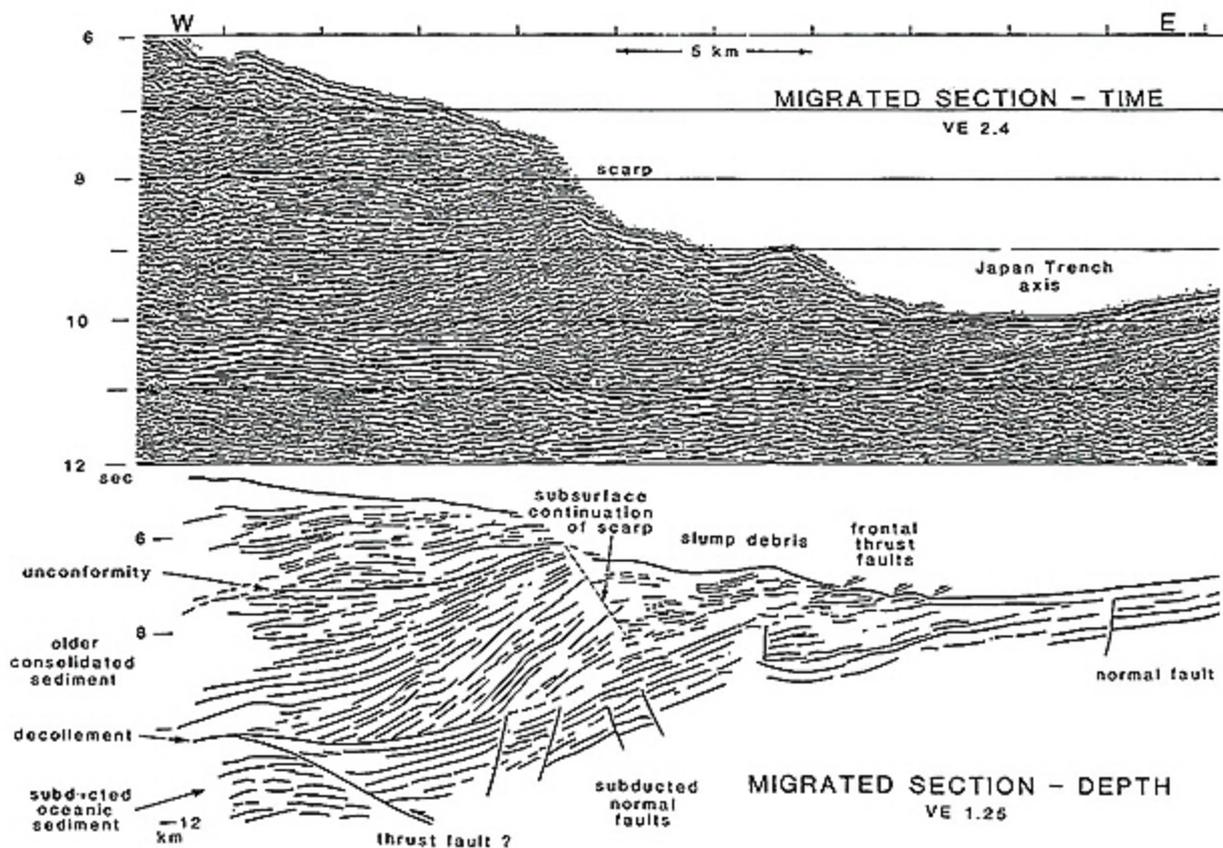


図8 海溝陸側斜面の音波探査断面と解釈 (Von Heuene and Culotta, 1991)  
 Fig. 8 Seismic profile across the trench axis and its implication.

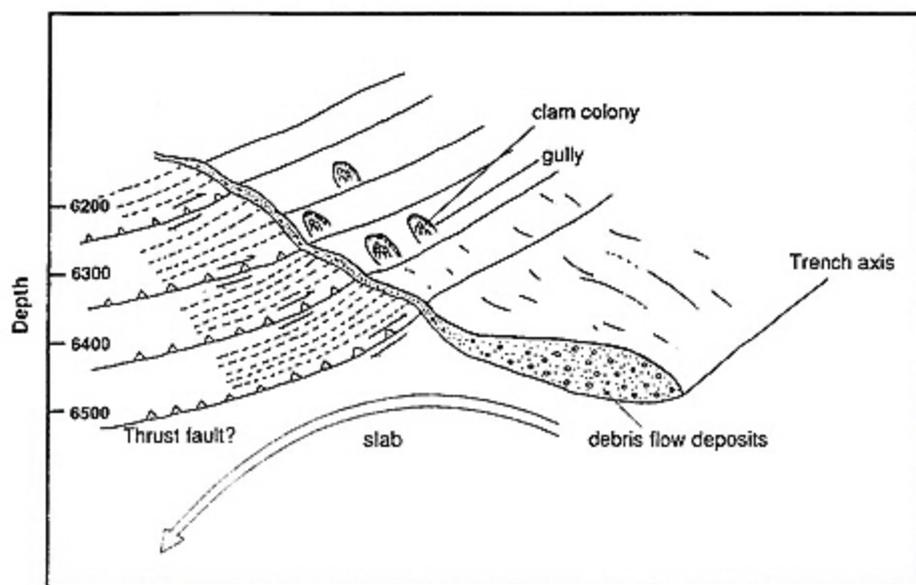


図9 ナギナタシロウリガイとメガシアアの模式図  
 Fig. 9 Schematic diagram for the *Calyptogena phaseoliformis* and megashear.

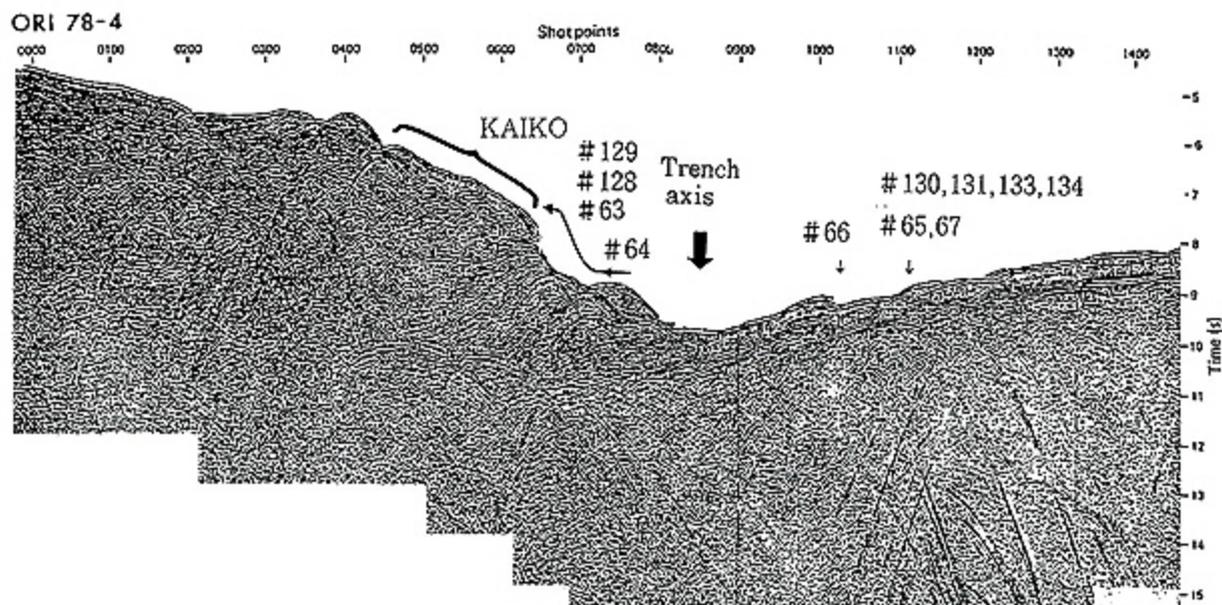


図10 日本海溝の軸を横断する音波探査断面と潜航地点  
 Fig. 10 Seismic profile across the Japan Trench axis and the dive sites.

ガシアゾーン) にのみ分布すると結論した。メ  
 ガシアゾーンやその上を覆う土石流堆積物は、  
 地下からの栄養に富む水を通しやすく Fujioka and  
 Taira (1989) の言うようにナギナタシロウリ  
 ガイ群集の発達にとってよい条件といえる。その  
 ことを踏まえて書いたのが図9である。図10は日  
 本海溝の海溝軸を挟んだ海側と陸側の潜航地点を  
 マルチチャンネル音波探査断面に落としたもので  
 ある。この図は陸側と海側の地球科学的現象の違  
 いをよくあらわしている。

## 6 結論

日本海溝の陸側と海側の異なった現象、すなわ  
 ち海側に亀裂群が発達し、陸側に崩壊と生物群集  
 の発達を見ることは、太平洋プレートの東北日本  
 弧下への沈み込みによるものと解釈できる。海側  
 では、沈み込む年代の古いプレートの曲げによる  
 海溝軸に平行な正断層が現在も活動的であること、  
 陸側では、沈み込まれる側の逆断層に伴うメガシ  
 アー帯からの湧水が現在進行形であることを示し  
 ている。

## 謝辞

本研究を進めるに当たり、海洋科学技術センター

の「しんかい6500」運航チーム、「よこすか」の  
 船長始め乗組員の方々には現地で大変お世話になっ  
 た。堀田宏、小林和男、小川勇二郎の諸氏からは  
 貴重なご意見を賜った。また乗船研究者からは乗  
 船の記載を使わせていただいた。記して感謝する。

## 参考文献

- Cadet, J.P., K. Kobayashi, J. Aubouin, C.  
 Deplus, J. Dubois, R. Von Huene, L. Jolivet,  
 T. Kanazawa, J. Kasahara, K. Koizumi, S.  
 Lallemand, Y. Nakamura, G. Pautot, K.  
 Suyehiro, S. Tani, H. Tokuyama and T.  
 Yamazaki (1987): The Japan Trench and  
 its juncture with the Kuril Trench: cruise  
 results of Kaiko project, Leg 3, Earth  
 Planet. sci. Lett., 83, 267-284.
- Cadet, J.P., K. Kobayashi, S. Lallemand, L.  
 Jolivet, J. Aubouin, J. Boulegue, J. Dubois,  
 H. Hotta, T. Ishii, K. Konishi, N. Niitsuma  
 and H. Shimamura (1987) Deep scientific  
 dives in the Japan and Kuril Trench. Earth  
 Planet. Sci. Lett., 83, 313-328.
- Fujioka, K. (1985): "Synthesis of Neogene  
 Explosive volcanism of the Tohoku Arc,

- deduced, from the marine tephra drilled around the Japan Trench region, Deep Sea Drilling Project Leg 56, 57 and 58B." p703-723. In : Initial Reports of DSDP, 87. Edited by H. Kagami, D.E. Karig, W.T. Coulbourn.
- 藤岡換太郎 (1983) : 日本海溝の堆積物からみた東北日本弧の新第三紀噴火史. 火山, 第2集, 28, 41-58.
- 藤岡換太郎 (1985) : 東北日本島弧-海溝系の地形と地質. 地学雑誌, 94 (2), 16-33.
- 藤岡換太郎・村山雅史 (1991) : 日本海溝陸側斜面の世界最深のシロウリガイ群集とメガシア. 第8回しんかいシンポジウム予稿集, 104-105.
- 藤岡換太郎・村山雅史 (1992) : 日本海溝陸側斜面の世界最深のシロウリガイ群集とメガシア. しんかいシンポジウム報告書, 8, 17-27.
- Fujioka, K. and A. Taira (1989) : "Tectono-sedimentary setting of seep biological communities - a synthesis from the Japanese subduction zone -." p577-602. In : Sedimentary Facies in the Active Plate Margin. Edited by A. Taira and F. Masuda, TERRAPUB., Tokyo.
- Honza, E. (1980) : "Pre-site survey of the Japan Trench transect, Deep Sea Drilling Project Leg 56, 57 and 58B." p703-723. In : Initial Reports of the DSDP, 87, Pt. 1. Edited by H. Kagami, D.E. Karig, W.T. Coulbourn.
- 堀田 宏・小林和男・小川勇二郎 (1991) : 日本海溝海側斜面の地質構造. 第8回しんかいシンポジウム予稿集, 1-4.
- 堀田 宏・小林和男・小川勇二郎 (1991) : 日本海溝北部海側斜面の地質構造. 「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.
- 岩淵義郎 (1968) : 北大西洋の海溝地形. うみ, 7, 15-23.
- 加賀美英雄・塩野清治・平 朝彦 (1983) : 南海トラフにおけるプレートの沈み込みと付加帯の形成. 科学, 53, 429-438.
- Kanamori, H. (1971) : Seismological evidence for a lithospheric normal faulting, the Sanriku earthquake of 1933. Phys. Earth. Planet. Inter., 4, 289-300.
- Karig, D.E., H. Kagami, K. Fujioka and DSDP Leg 87 scientific party : Varied Responses to subduction in Nankai Trough and Japan Trench forearc. Nature, 304, 148-151.
- 海上保安庁水路部 (1980) : 海底地形図「東北日本」(No. 6312) (1/1000000).
- 海上保安庁水路部 (1980) : 海底地形図「中部日本」(No. 6313) (1/1000000).
- 加藤千明・服巻辰則・高橋一昭・堀越弘毅 (1991) : 日本海溝陸側斜面深度6,500mにて観察された生物群集について. 第8回しんかいシンポジウム予稿集, 102-103.
- Kobayashi, K. (1991) : Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise KH90-1, O.R.I. Univ. of Tokyo.
- Langseth, M.G., R. Von Huene, N. Nasu and H. Okada (1980) : Subsidence of the Japan trench forearc region of northern Honshu. Oceanol. Acta., Sec. Issue, 173-179.
- Le Pichon, X., T. Iiyama, H. Chamly, J. Charvet, M. Faure, H. Fujimoto, T. Furuta, Y. Ida, H. Kagami, S. Lallemand, J. Leggett, A. Murata, H. Okada, C. Rangin, V. Renard, A. Taira and H. Tokuyama (1987) : The eastern and western ends of Nankai Trough : results of Box 5 and Box 7 Kaiko survey. Earth Planet. Sci. Lett., 83, 199-213.
- Ludwig, W.J., J.I. Ewing, M. Ewing, S. Marachi, M. Den, S. Asano, H. Hotta, M. Hayakawa, T. Asanuma, K. Ichikawa and I. Noguchi (1966) : Sediment and structure of the Japan Trench. J. Geophys. Res., 71, 2121-2137.
- 村内必典 (1979) : 日本海溝におけるサブダクションの機構. 海洋科学, 11, 799-806.
- 中村一明・島崎邦彦 (1981) : 相模トラフとプレートの沈み込み. 科学, 53, 490-498.
- Ohta, S. and L. Laubier (1987) : Deep biological

- communities in the subduction zone of Japan from bottom photographs taken during "Nautila" dives in the Kaiko project. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, **83**, 329-432.
- Pautot, G., K. Nakamura, P. Huchon, J. Angelier, J. Bourgois, K. Fujioka, T. Kanazawa, Y. Nakamura, Y. Ogawa, M. Seguret and A. Takeuchi (1987) : Deep-sea submersible survey in the Suruga, Sagami and Japan Trenches : preliminary results of the 1985 Kaiko cruise, Leg 2. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, **83**, 300-312.
- 佐藤任弘 (1973) : 深海平坦面についての2, 3の考察. *海洋科学*, **5**, 703-707.
- Takigami, Y. and K. Fujioka (1989) :  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  dating of hornfels dredged near the Japan Trench. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, Ser. 2, **34** (3), 181-188.
- Tomoda, T. : Maps of free air and Bouguer gravity anomalies in and around Japan. Univ. Tokyo. Press.
- 鳥居雅之・林田 明・乙藤洋一郎 (1985) : 西南日本の回転と日本海の誕生. *科学*, **55**, 47-52.
- Uyeda, S. (1982) : Subduction zones : an introduction to comparative subductology. *Tectonophys.*, **81**, 133-159.
- 上田誠也・金森博雄 (1978) : 海洋プレートの沈み込みと縁海形成. *科学*, **48**, 91-102.
- Von Huene, R., M.G. Langseth, N. Nasu and H. Okada (1980) : Summary, Japan Trench transect. *Initial Reports of the DSDP*, **56 & 57**, Pt. 1, 473-488.
- Von Huene, R. and R. Culotta (1989) : Tectonic erosion at the front of the Japan Trench convergent margin. *Tectonophysics*, **160**, 75-90.
- 吉井敏尅 (1978) : 日本列島付近の基礎的な地球物理データ. *科学*, 489-494.

(原稿受理 : 1993年8月6日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載

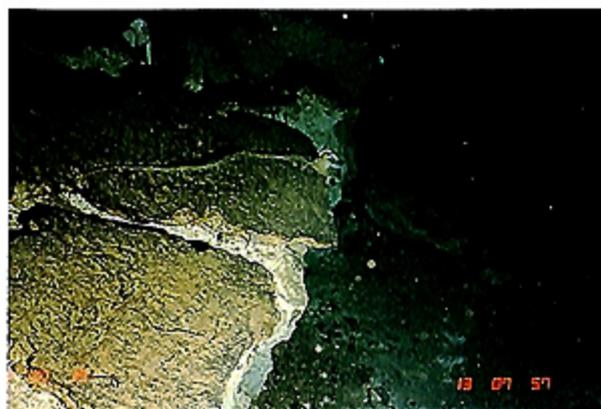


写真1 第130潜航の着底点の露頭。地塁・地溝の麓に当たる。表面がマンガンに被覆された泥岩が著しく変形している。

Photo 1 Outcrop of the landing point of the dive 130. The location is at the foot of Horst and graben. Highly deformed mudstones are encrusted by manganese its surface.



写真2 第130潜航の着底点の露頭。地塁・地溝の麓に当たる。断層によって切られた部分に脈がしみ込んでいる。

Photo 2 Outcrop of the landing point of the dive 130. The location is at the foot of Horst and graben. Veins are intruded at the fissures which were cut by the fault.



写真3 第130潜航の着底点の露頭。地塁・地溝の麓に当たる。成層構造がよく見える。

Photo 3 Outcrop of the landing point of the dive 130. The location is at the foot of Horst and graben. Well stratified sequences are seen.



写真4 海側斜面の裂け目。ビニール袋のゴミが見える。1992年の第367潜航で同じ場所の様子が写真に撮られている。

Photo 4 Fissures on the seaward slope. Garvages of vinyl bag are seen. Photographs of the same site were taken during the dive last year.

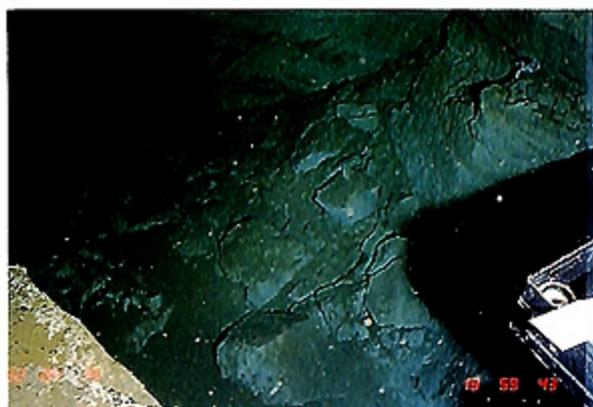


写真5 海側斜面の裂け目。斜面の崩落が著しい。  
Photo 5 Fissures on the seaward slope.  
Collapse of the wall of the horst is notable.



写真6 幅の狭い裂け目。真ん中に崩落下泥岩のブロックが見える。両側の地形は極めてよく合う。  
Photo 6 Narrow fissure. Fallen mudstone blocks are seen inside. Topography of the both side are well fitted.



写真7 陸側斜面。土石流堆積物が流れたあとの侵食を受けたガレに分布するシロウリガイコロニー  
Photo 7 Landward slope. *Calyptogena phaseoliformis* distributed on the eroded gulleys after the debris flow.



写真8 ソコダラの捕食行動。ナギナタシロウリガイのサンプリングの間にソコダラがきて壊れたナギナタシロウリガイを取って逃げていった。  
Photo 8 During the sampling of *Calyptogena phaseoliformis*, cod fish took away the broken *Calyptogena phaseoliformis*.



写真9 直線性のよいナギナタシロウリガイのコロニー。長さは3m以上ある。

Photo 9 Linear distribution of *Calyptogena phaseoliformis* colony. The length seems more than 3 m.



写真10 直線性のよいナギナタシロウリガイのコロニーのややアップした写真。イソギンチャクやゴカイが見える。

Photo10 Closed up photograph of the linear community. Sea anemony and worms are seen.



写真11 直線性のよいシロウリガイのコロニーの一つ。転石が見られ土石流堆積物が洗いだされたものと考えられる。

Photo11 One of the linear communities. Pebbles seem to be washed out from debris flow deposit.



写真12 東西性のガレ。高さ30cmくらいで土石流が通っていた。

Photo12 East-west trending gully. Height is about 30cm and debris flow run down.



(a)



(b)

写真13 裂け目の中で発見されたマネキンの首。aは1991年第67潜航で見つかった時の様子。  
bは1年後の1992年の第130潜航で見た時の様子。1年間に堆積物の被覆が増えており、  
表面にはウミシダが付着している。

Photo13 Head of manequin. (a) shows the situation when it was found during the dive 67,  
1991. (b) is the situation during the dive 130, 1992. During one year, sediment  
blanket becomes thick and gorgonian fixed on the surface of the manequin.