

南西諸島宮古・八重山沖海域精密調査より求められた 1771 八重山地震津波波源での変動現象

松本 剛*1 上地 千春*2 木村 政昭*3

1771（明和8）年に南西諸島八重山南岸沖で発生した八重山地震津波（明和の大津波）の原因を解明するため、震央とされる黒島海丘付近を中心として、1996年10月29日～11月7日の間、海洋調査船「かいよう」による調査研究航海「Mermaid Cruise」において、JAMSTEC-Deeptow カメラ曳航体による精密表層構造調査を実施した。

その結果、

(1) 黒島海丘南側斜面の観察の結果、水深1,400mまでの間に、上部より落下した礫、大規模な崩落痕などが見られ、これらが比較的新しうであることから、明和の大津波の原因の斜面崩落である可能性が高い。また、水深1,700m以深については、勾配が急であるにもかかわらず、一面が砂～泥で覆われ、また生物による擾乱が著しく、崩落痕などは見られなかった。水深2,400m付近（海丘裾部）でシロウリガイの死貝を発見した。

(2) 黒島海丘の南側斜面の東端部では、水深2,000mを越えるまで、崩落痕、多数の礫、一部露岩の露出などが見られた。

(3) 黒島海丘の頂部平坦面の縁の部分で、泥の上に大量のシロウリガイの死貝の存在が確認され、この場所が最近まで冷水湧出域であったことが確認された。

以上により、八重山地震津波の原因は、黒島海丘南岸での海底地滑りであることが確実となった。このことは、音波探査記録や津波伝播シミュレーションの結果とも一致する。黒島海丘自体は、南西に傾動していると見ることが出来る。

キーワード：南西諸島海溝，津波，海底地滑り

Surface deformation at the origin area of the 1771 Yaeyama Earthquake Tsunami observed by the precise survey off Yaeyama districts, Ryukyu area

Takeshi MATSUMOTO*4 Chiharu UECHI*5 Masaaki KIMURA*6

A hazardous tsunami named “The 1771 Yaeyama Earthquake Tsunami” (“Great Meiwa Tsunami”) occurred on 24 April 1771 around 24.0°N, 124.3°E on the landward slope of the

* 1 海洋科学技術センター深海研究部

* 2 海洋科学技術センター海底深部構造フロンティア

* 3 琉球大学理学部物質地球科学科

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

* 5 Oceanic Crust Dynamics Research Frontier, Japan Marine Science and Technology Center

* 6 Faculty of Science, University of the Ryukyus

Ryukyu Trench off Miyako and Yaeyama Islands, westernmost part of the Ryukyu District. Maximum inundation height of the sea water was 85m and about 12,000 people were killed in these islands according to the description of a historical record. The tsunami is considered to be originated by a large-scale subsidence of one of the deep sea fans rather than a fault slip according to the result of seismic reflection surveys and a numerical simulation.

Seafloor observation using JAMSTEC-Deeptow camera system on board the R/V "Kaiyo" was carried out in October–November 1996 on the Kuroshima Knoll, 30km south of the Yaeyama Islands and the source area of the tsunami. The southern foot of the knoll coincides with the estimated source area of the Yaeyama Earthquake Tsunami. Seven transects in total were made in the precise survey area. The results show the large collapse along the southern slope of the knoll, especially the water depth shallower than 1,700m. Thick sediment with the dead *Calypptogena* community was found at the southern foot of the knoll where water depth exceeds 2,400m, suggesting an existence of a hidden fault. As a whole, the observed collapse on the southern slope of the Kuroshima Knoll could be a source of the 1771 Tsunami. However, since a large hazard occurred along the southern shore of Miyako Islands on the occasion of the tsunami, the source area is not limited to the present study area and some other areas near the southern coast of Miyako Islands and Tarama Island had also collapsed at the same time, which suggests that a wide (100km or more horizontal scale) earthquake fault slip occurred at that time.

Key words : Nanseishoto Trench, Tsunami, Underwater landslide

1. はじめに

南西諸島海溝の八重山沖では、1771（明和8）年4月24日（旧暦3月10日）午前8時頃に八重山地震津波（明和の大津波）と呼ばれる大規模な津波が発生し、宮古・八重山群島のほぼ全域を襲った。理科年表の記載によると、この時の震央位置は、24.0°N, 124.3°Eであり、M7.4の地震が発生したとされている。しかしこのときは地震そのものによる被害は報告されていない。各地の津波遡上高については、琉球に多くの記録が残っている（加藤, 1988;加藤, 1989a, 1989b など）。

八重山諸島での津波遡上高については、当時の八重山政庁「蔵元」から首里王府に提出された津波に関する報告書である「大波之時各村之成行書」に詳しい。これによると、家屋流失被害件数は3,237軒、また各島で合計11,741人の溺死者が発生したとされている。遡上高については、石垣島白保での28丈2尺（約85m）が最高となっている。牧野（1981）は、「成行書」の記録と津波石（津波によって打上げられた岩塊）の分布、津波石に関する伝承をもとに、石垣島内での津波の浸入状況推定図を作成している。一方、宮古諸島での被害状況については、「思明氏家譜」付属「御問合書」に記録されている（鳥尻, 1988）。しかし、これらの記録の根拠とな

った「津波石」が確かに津波によって、しかもこの津波によって打上げられたものであるか否かの地質学的検証を行う必要があるため、宮古・八重山諸島において、津波石分布と遡上高に関する再調査が行われた（加藤・木村, 1983;中田・河名, 1986;他）。その結果、遡上高の最高値は、石垣島で30m、宮古島で20mという見方が有力となった。古文書の記録による85mという数値からはかなりかけ離れたものとなっているが、その原因としては、測量地点が海岸から離れた山の斜面であったことから、測量の際に誤差が大きくなったとの解釈もある（鳥袋, 1996, 私信）。

大津波の原因について、中田・河名（1986）は逆断層モデルによって説明出来るとしているが、一方、地震断層そのものではなく、地震によって励起された海底地滑りであるという考えもあり（木村, 1985）、日吉・他（1986）は、相田（1975）による津波伝播数値実験手法を用い、津波発生 of 主要因は地震断層というよりも断層によって惹起された巨大海底地滑りであるとしている。羽鳥（1988）は、独自の手法によって津波伝播の数値実験を行い、その結果、波源域が理科年表に示されているよりも約50km東方に位置することを確認した。これは加藤（1987a）とも一致している。

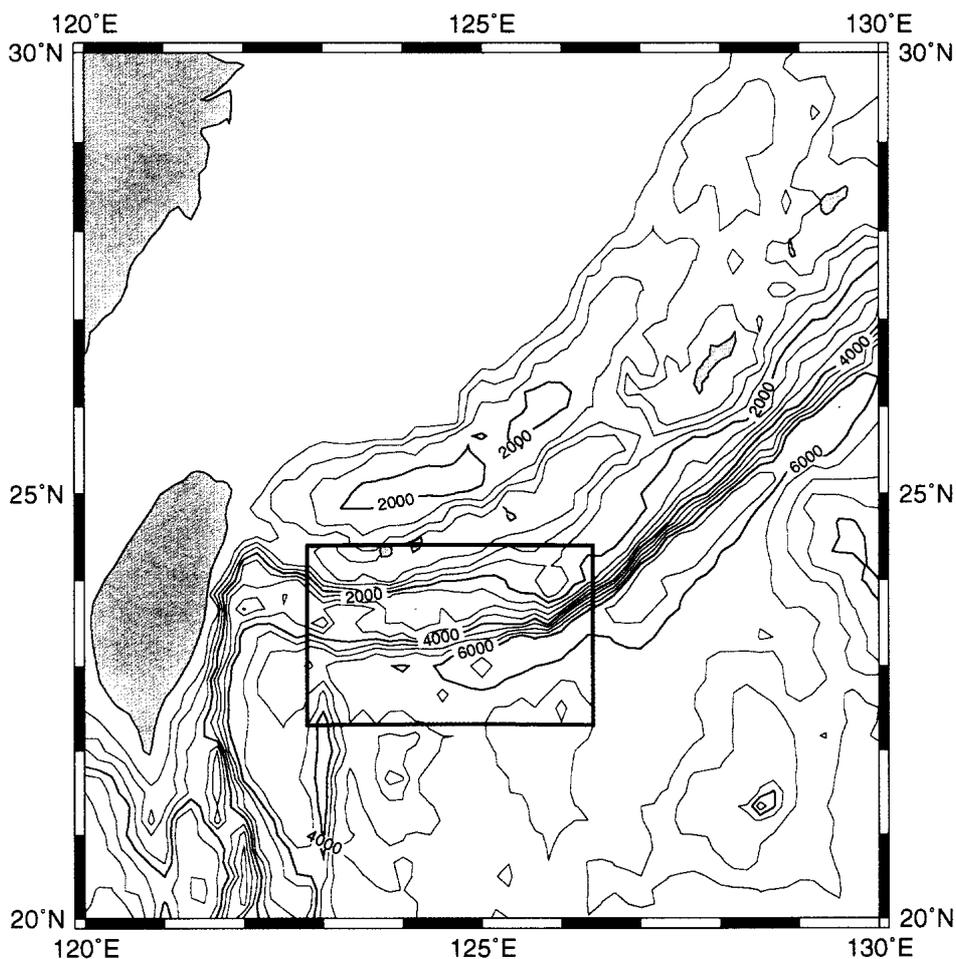


図 1 宮古・八重山沖調査海域図
 Fig. 1 Location map of the study area off Miyako and Yaeyama Districts.

松本・木村 (1993) は、八重山地震津波の波源域において、津波発生の原因となる断層や海底地滑り痕をくまなく調べ、さらにその根本的な原因となる広域テクトニクスを解明するために、1990～1992 年にかけて、マルチナロービーム音響測深機による海底精密地形調査を実施し (図 1, 2), 更にシングルチャンネル・マルチチャンネル反射法音波探査の記録を用い、解析を行った。その結果、石垣・西表島南方約 40km に位置する黒島海丘の南側では、陥没地形があるものの、断層などは見られず、陥没の内側に向かって滑る地滑りのように見えるという指摘を行った。この他、23°40'N, 124°30'E 付近にも南落ちの急崖があり、陥没による形成が示唆され、黒島海丘南側斜面と同様、八重山地震津波との関連性が指摘されている。

この調査海域については、5 個の地形区に分類されることが明らかとなった。

1) 24°00'N 以北

八重山諸島南岸沖の海底谷の発達

2) 24°00'N～23°40'N

海底扇状地形の発達とその大規模な崩落、東西に延びる凹地

3) 23°40'N～海溝部

海溝北側斜面の複雑な地形

4) 海溝軸部

海溝底部の北側に発達するハーフ・グラーベン、幅 40 km にも達する海溝底平坦面

5) 海溝南側斜面

地塁・地溝地形の発達

本海域においては、これまでに地質調査所及び海上保安庁水路部によって、音波探査が行われている。また、国の基礎調査計画によるマルチチャンネル音波探査も行われている。このうち、黒島海丘からその南端部の陥没部を通り、さらにその南の地形的高まりを通るプロフィールについては、透明層が周辺に比べて薄化している様

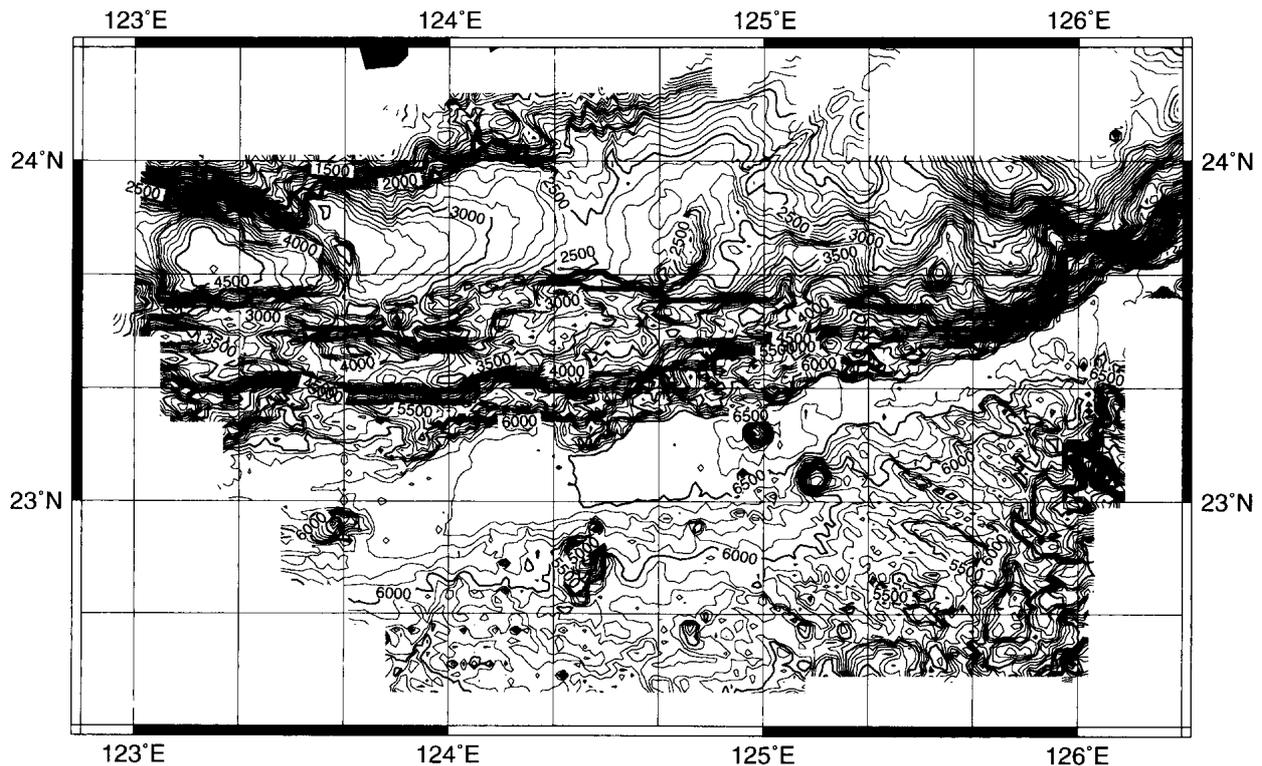


図 2 「よこすか」, 「かいよう」による海底精密地形 (松本・木村, 1993)
 Fig. 2 Precise topographic map obtained by "Yokosuka" and "Kaiyo" cruises.

子が明瞭である。この凹所（陥没部）では周辺部と異なり、堆積構造が明瞭でなく、乱されたように見え、当域で張力場が形成され、陥没したことが推定されている。

琉球大学による長崎丸研究航海 RN-86 航海においては、八重山沖の海溝側斜面のピストンコアによる底泥採取が行われた。その中で、黒島海丘の南側に当たる 23°56.3'N, 124°04.4'E, 水深 2,765m の地点で採取された RN86-PC2 のコアには、全長約 4m にわたって 7 回の乱泥流を記録している（氏家, 1989）ことから、黒島海丘の南の急崖が一度に形成されたのではなく、7 回以上の地滑りによって形成され、それによって乱泥流が発生したと推定される。そして、その最も新しい乱泥流がこの地震津波に関係している可能性が高い。

近年頻発する西表沖群発地震により、南西諸島西部での同様な津波の再来が心配されていることから、その原因の究明が急がれている。これまでの「かいよう」「よこすか」「しんかい 6500」等を用いた調査研究によって、この海域で巨大海底地滑りが数多く発生した痕が見られ、またそれが現在も継続中である可能性があること、その巨大海底地滑りによって、観測された大規模な津波が説明可能なことが明らかとなったことから、津波の波源域に当たる地点での現場観測を行うことによっ

て、その実証を行い、将来の津波被害の軽減・阻止に役立てることが必要である。このような必要性に鑑み、津波の波源域での海底地滑りの発生から津波発生に至るメカニズムを解明することを目的として、1996 年 10 月 29 日～11 月 7 日の間海洋調査船「かいよう」を用い、JAMSTEC-Deeptow カメラ曳航体による精密表層構造調査及びシービームによる広域精密地形調査航海“Mermaid Cruise”を実施した。

2. 調査機器

本調査航海に使用した機器は、4,000m 級 JAMSTEC ディープ・トゥカメラシステムである。このシステムは、鉄製のオープンフレームにビデオカメラ、スチールカメラ、CTD、切り離し装置、音響トランスポンダー等を搭載した深海曳航式の水中カラービデオカメラシステムであり、海底の映像と環境データをリアルタイムで見ることができる。船上で海底を見ながらウインチを操作し、海底上約 3m の高度で曳航する。JAMSTEC ディープ・トゥシステムは水中部と船上部とからなり、これらの間は 4,500m の二重鎧装同軸ケーブルを介して電力の供給と信号の送受信を行う。本システムはこれまでに「しんかい 2000」による潜航の事前調査用

として利用されてきたほか、海底観測ステーションの設置予定点付近の海底の観察や、曳航体に取り付けた採泥器を使用した試料の採取なども行っている。

本航海において、水中部に当たる曳航体に搭載された観測機器は、カラーテレビカメラ1台、ステレオスチールカメラ1式（スチールカメラ及びストロボ各2台）、CTD 1台（電気伝導度計、温度計、圧力計、透過度計、溶存酸素計を搭載）、高度計1台、モーター式切り離し装置1台及び、音響トランスポンダー1台である。テレビカメラは、super-HARP 撮像管技術を使用した超高感度、高解像度カメラである（内田・他、1993）。ステレオスチールカメラは、Benthos社製のModel 373 スチールカメラとModel 382 ストロボ各2台から成り、船上からシャッター信号を送り写真を撮ることができる。長尺フィルムを使用し、800枚程度の撮影が可能である。CTDはSea Bird Electronics社製のSBE9/11を使用。高度計はDatasonic社のものを使用し、CTDの外部入力にデータを取り込み船上でモニターするシステムとなっている。CTD及び高度計のデータはスーパーインポーズにより、テレビカメラの画面上に表示される。切り離し装置はInter Ocean社製で、船上から切り離しコマンドを送り作動させる。音響トランスポンダーは曳航体の水中位置を知るために使用する。Benthos社製の10インチブイ型のトランスポンダー（XT-6000）で、「かいよう」の音響即位システムで測位を行うことができる（送信14.5 KHz、受信13.0 KHz）。

船上装置一式は、船上搭載用コンテナのラックに納められており、ウインチのスリッピングを介して曳航ケーブルにつながる。水中部から送られてくる信号を取り出し、画像データ、CTDデータ等に分離し各処理装置へ分配すると共に、スチールカメラのシャッターや、切り離し信号のような船上から水中部へ送られる各種信号を発生する。

このシステムには、曳航体用ドレッジ（ディープ・トゥドレッジ）も装備されている。これは、鉄製の箱型の採泥器で、カメラ曳航体の切り離し装置に取り付け、底質を見ながら採取可能と思われる場所で切り離し採泥を行うことができる。採泥はドレッジを切り離した後、曳航体を海底に近付けドレッジが底をひっかくようにしてしばらく曳航する。従来のドレッジ方式では、底質がはっきり分からない状態でサンプリングが行われていたのであるが、カメラ曳航体に取り付けることで、採泥時の海底の様子が分かる上に、音響測位により採泥位置の精

度も高い（門馬・堀田、1989）などの利点があり、より信頼度の高い試料が採取されるに至った。

さらに、今回は使用しなかったが、曳航体に監視用の白黒カメラを取り付けることも可能であり、この白黒カメラを用いてドレッジの挙動を監視することもできる。ただしこの場合、映像はカラーと切り替え式のため、常時監視は残念ながら不可能である。

3. 調査航海の概要

1996年10月29日～11月7日に実施された“Mermaid Cruise”の概要（cruise log）を次に示す（「かいよう」航海日誌による）。

10月29日

09:00 那覇出港、調査海域に向かう。

10月30日

06:20 調査海域（23°07'N, 124°08'E）着。

06:28 XBT投入（23°06'902N, 124°07'930E）。

07:54 曳航開始（DT-1C/24°05'620N, 124°08'119E）。

09:07 曳航体故障のため調査中断。機器船上揚収後整備。

12:00 シービーム測深開始点に向かう。

13:33 シービーム測深開始点（24°05'0N, 124°05'0E）着。調査開始。

10月31日

05:15 シービーム測深終了。曳航開始点に向かう。

07:00 曳航開始着。

07:55～08:08 曳航体投入後、スチールカメラの異常発生。曳航を中止し、揚収。

09:45～10:09 南に移動。

10:10 曳航再開（DT-2C/24°04'005N, 124°07'819E, 1,186m）。

17:10 曳航終了（23°06'247N, 124°08'366E, 2,496m）。

17:15 シービーム測深開始。

19:06 シービーム測深一時停止。

20:00 次の測深点に向かう。

23:13 シービーム測深再開（24°01'0N, 123°09'0E）。

11月1日

05:50 シービーム測深終了（24°04'2N, 123°07'0E）。曳航開始点に向かう。

06:54 曳航開始点 (24°06'0N, 124°08'E) 着。
 07:53 曳航開始 (DT-3C/24°06'341N, 124°08'011E, 752m)。
 16:22 曳航終了 (23°07'701N, 124°08'342E, 2,665m)。
 16:27 シービーム測深開始。

11月2日
 05:00 シービーム測深終了 (24°07'8N, 123°08'2E)。曳航開始点に向かう。
 07:00 曳航開始点着。
 07:51 曳航開始 (DT-4C/24°07'289N, 124°09'156E, 1,656m)。
 11:21 曳航測線 DT-4C 終了。曳航測線 DT-5C 開始。
 16:45 曳航終了 (23°09'963N, 124°09'470E, 2,113m)。
 16:51 シービーム測深開始。

11月3日
 04:12 シービーム測深終了。曳航開始点に向かう。
 07:09 曳航開始点着。
 07:52 曳航開始 (DT-6C/24°06'428N, 124°01'099E, 704m)。
 09:50 曳航終了。
 10:00~10:51 ドレッジ点に移動。
 10:54 ドレッジのための曳航開始 (DR-1/ 24°01'382N, 124°08'335E, 1,788m)。
 12:04 ドレッジ終了。
 12:37 ドレッジのための曳航開始 (DR-2/ 24°01'309N, 124°08'356E, 1,817m)。
 13:46 ドレッジ終了。
 14:14 ドレッジのための曳航開始 (DR-3/ 24°00'906N, 124°08'799E, 1,947m)。
 15:30 ドレッジ終了。
 15:33 シービーム測深開始。

11月4日
 03:16 シービーム測深終了。曳航開始点に向かう。
 07:24 曳航開始点着。
 08:02 曳航開始 (DT-7C/24°06'390N, 124°08'915E, 662m)。
 08:59 曳航終了。
 09:09 シービーム測深開始点に向かう。
 12:00 シービーム測深開始 (24°00'N,

123°08'E)。
 19:05 機器故障のため測深一時停止。
 21:27 測深再開。

11月5日
 19:31 測深終了 (24°00'N, 123°00'3E)。石垣向回航。

11月7日
 09:00 那覇新港着。研究チーム下船。

4. 調査結果

4.1 ディープ・トゥカメラ調査

本航海中においては、計7本のディープ・トゥ測線とドレッジのための測線3本が設けられた。これらを図3と表1に示す。また、調査測線に沿ったルートマップを図4~9に示す。それぞれの観察結果は以下のとおりである。

(1) DT-1C 10月30日 08:30~08:36 (図4)
 24°05.40N, 124°18.1E, 深度 1,569.4m → 24°05.32N, 124°18.1E, 深度 1,524.7 m

黒島海丘南側急斜面の東端部 (124°18'E, 明和の大津波の波源域付近) を調べるため、海丘頂部平坦面の南端 (水深 1,463 m) でカメラ曳航を開始したところ、約5分後にスリッピングの絶縁不良が発生し、調査中断、機器の修理を行った。海底は一面泥に覆われ、特段の変動地形は見当たらなかった。

(2) DT-2C 10月31日 10:40~16:01 (図4)
 24°03.71N, 124°17.9E, 深度 1,185.4m → 23°58.34N, 124°18.0E, 深度 2,508.3m

DT-1C に引き続き、124°18'E に沿って斜面を降りる測線を設けた。水深 1,300m 付近より浅い処では泥の上に礫 (主として円礫、たまに角礫) が多く見られ、これらは上部から落下して来たものと思われる。これより下、水深 1,400m までの間には大規模な崩落痕が見られ、階段状地形の各段の裾部に崩落物が顕著に見られる。比較的新しそうであることから、明和の大津波の原因の斜面崩落である可能性もある。水深 1,400~1,700 m までの間にも若干の崩落痕が見られたが、これより浅い処ほど顕著ではない。また、砂~泥の上にリップルマークが明瞭であった。これより下、水深 1,700m~2,700m については、勾配が急であるにもかかわらず、一面が砂~泥で覆われ、また生物の巣穴や這い痕が顕著に見られ、崩落痕などは確認されなかった。水深 2,400 m 付近 (海丘裾部) でシロウリガイの死貝コロニーを発見した。

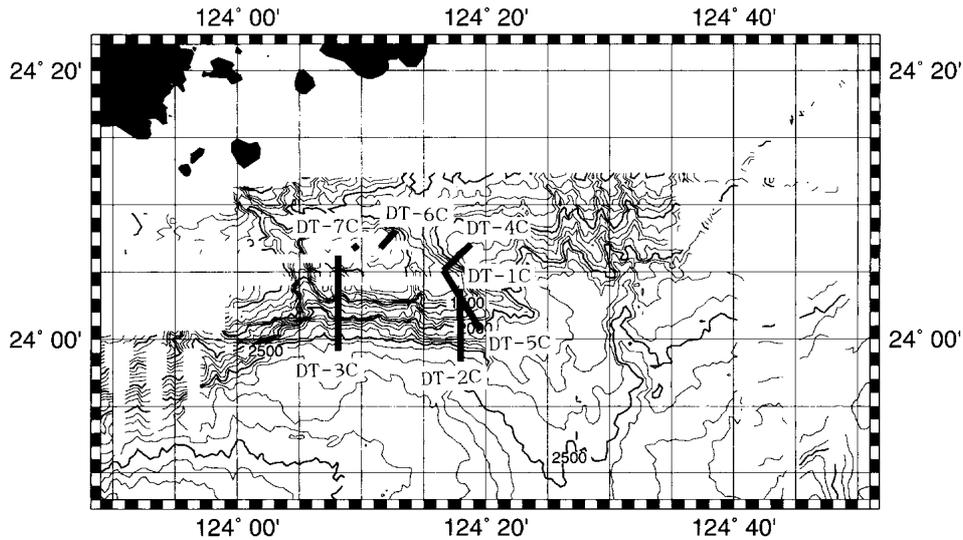


図 3 「かいよう」“Mermaid Cruise”におけるディープ・トゥ測線
 Fig. 3 Deep-tow track lines during the “Mermaid Cruise” by R/V “Kaiyo”.

表 1 ディープ・トゥ測線一覧
 Table 1 List of Deep-tow survey lines

Line No.	Time in JST	Latitude	Longitude	Water Depth(m)
DT-1C	0830	24_05.40N	124_18.1E	1569.4
	0836	24_05.32N	124_18.1E	1524.7
DT-2C	1040	24_03.71N	124_17.9E	1185.4
	1601	23_58.34N	124_18.0E	2508.3
DT-3C	0814	24_06.23N	124_08.1E	709.9
	1531	23_59.13N	124_08.1E	2590.1
DT-4C	0838	24_07.05N	124_18.8E	1639.4
	1121	24_05.11N	124_16.6E	1083.5
DT-5C	1121	24_05.11N	124_16.6E	1083.5
	1601	24_00.68N	124_19.6E	1991.7
DT-6C	0817	24_06.77N	124_11.5E	656
	0932	24_08.03N	124_12.7E	888.5
DT-7C	0824	24_06.70N	124_09.3E	617.8
	0842	24_06.98N	124_09.7E	627.3
DR-1	1128	24_01.69N	124_18.6E	1680
	1137	24_01.76N	124_18.8E	1713.7
DR-2	1313	24_01.75N	124_18.7E	1672.2
	1318	24_01.79N	124_18.8E	1700
DR-3	1454	24_01.26N	124_19.1E	1782.4
	1459	24_01.36N	124_19.2E	1805.2

(3) DT-3C 11月1日 08:14~15:31 (図5)
 24°06.23N, 124°08.1E, 深度 709.9 m → 23°59.13N,
 124°08.1E, 深度 2,590.1m

黒島海丘の南側の急崖のうち、西寄りの 124°08'E に沿って北から南に斜面を降りる測線を設け、海底の状況を観察した。概略の傾向としては、前日の南北測線と若干深度は異なるものの、概ね同様の結果が得られた。すなわち、水深 800m 以浅の場所では石灰岩から成り、ところどころ破碎している様子が見られ、水深 1,000m までは激しく崩落した痕が見られた。水深 1,000~1,400m の間にも崩落痕があるものの、堆積物に覆われ、生物の巣穴や這い痕が見られた。水深 1,400~1,500m の間には再び大規模な、しかも新鮮な崩落痕が見られ、階段状になっている部分が多くあった。水深 1,500m から測線の終了する 2,600m までの間は、急斜面であるにもかかわらず、砂に覆われ、生物の巣穴や這い痕が顕著に見られた。ここでも水深 2,500m 付近でシロリガイの死貝コロニーを発見した。

(4) DT-4C 11月2日 08:38~11:21 (図6)
 24°07.05N, 124°18.8E, 深度 1,639.4m → 24°05.11N,
 124°16.6E, 深度 1,083.5m

黒島海丘の北東部斜面を北東方から南西方に向けて上昇した。海底は砂、泥に覆われており、途中水深 1,392 m 付近で比高 20m ほどの垂直に切り立った急崖が一箇所あったものの、崖の下に礫は見られなかった。この他は南側斜面と異なり、活発な崩落は確認されなかった。

(5) DT-5C 11月2日 11:21~16:01 (図6)

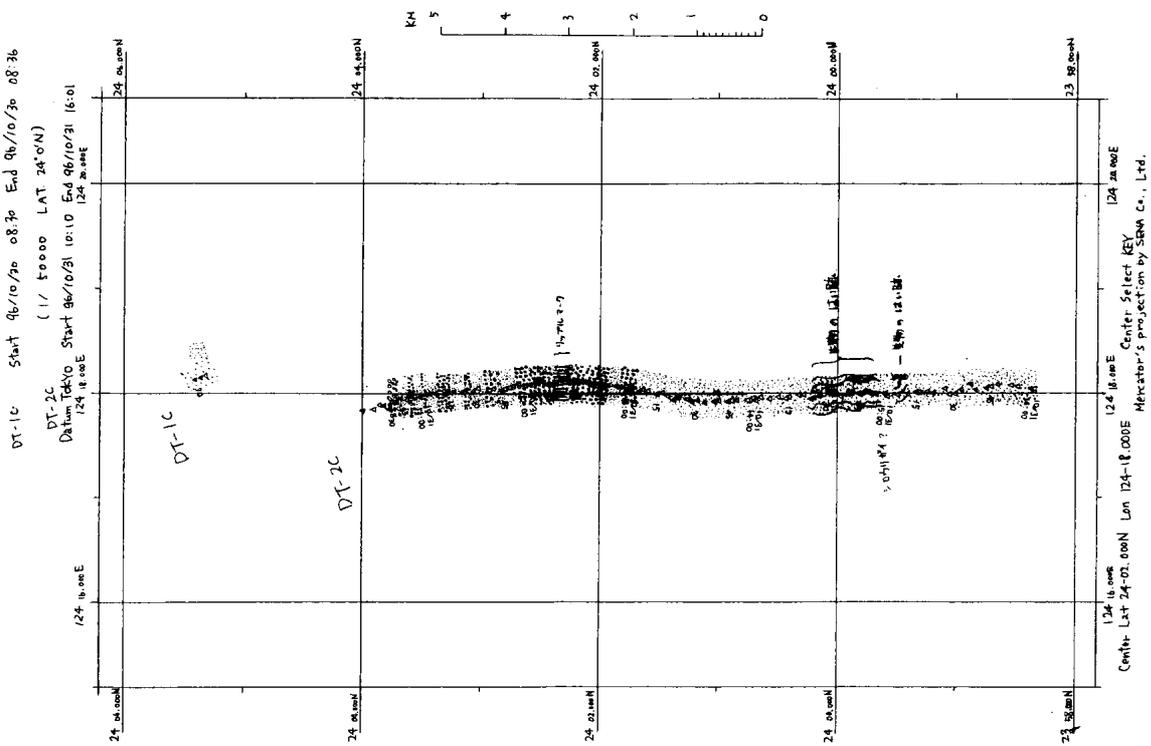
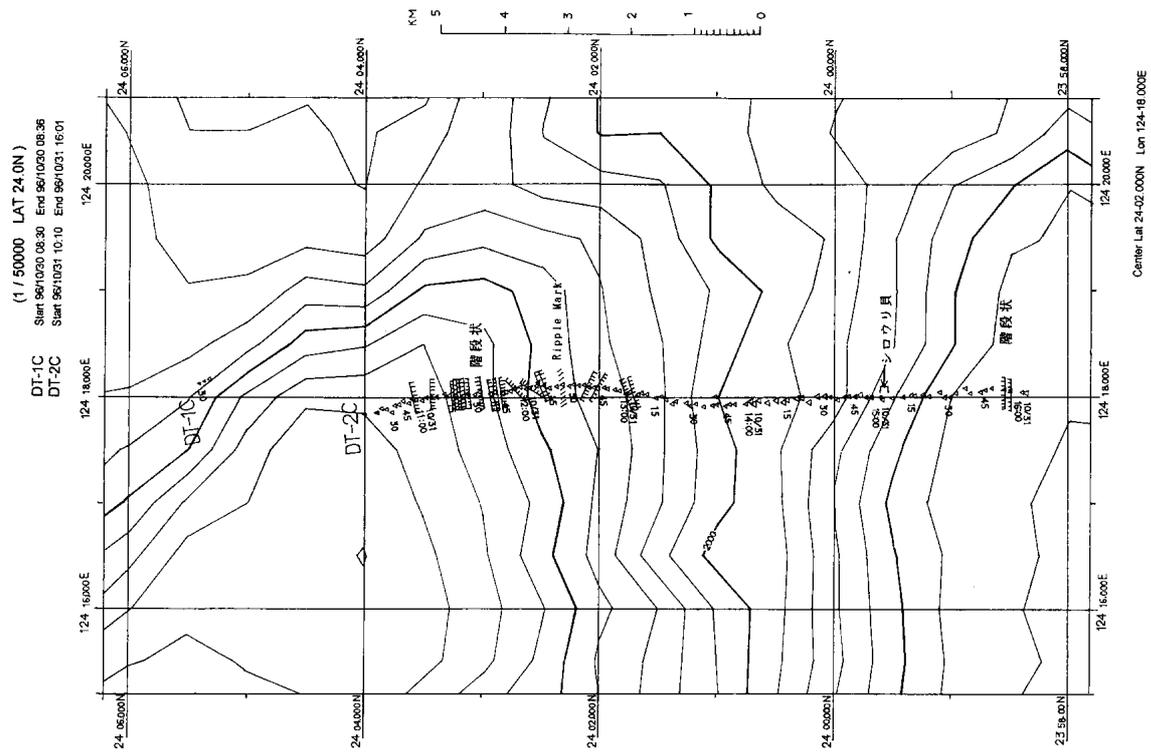


図 4 (a)~(d) 測線 DT-1C, DT-2C ルートマップ
 Fig. 4 (a)~(d) Geological route map along Line DT-1C and DT 2C.

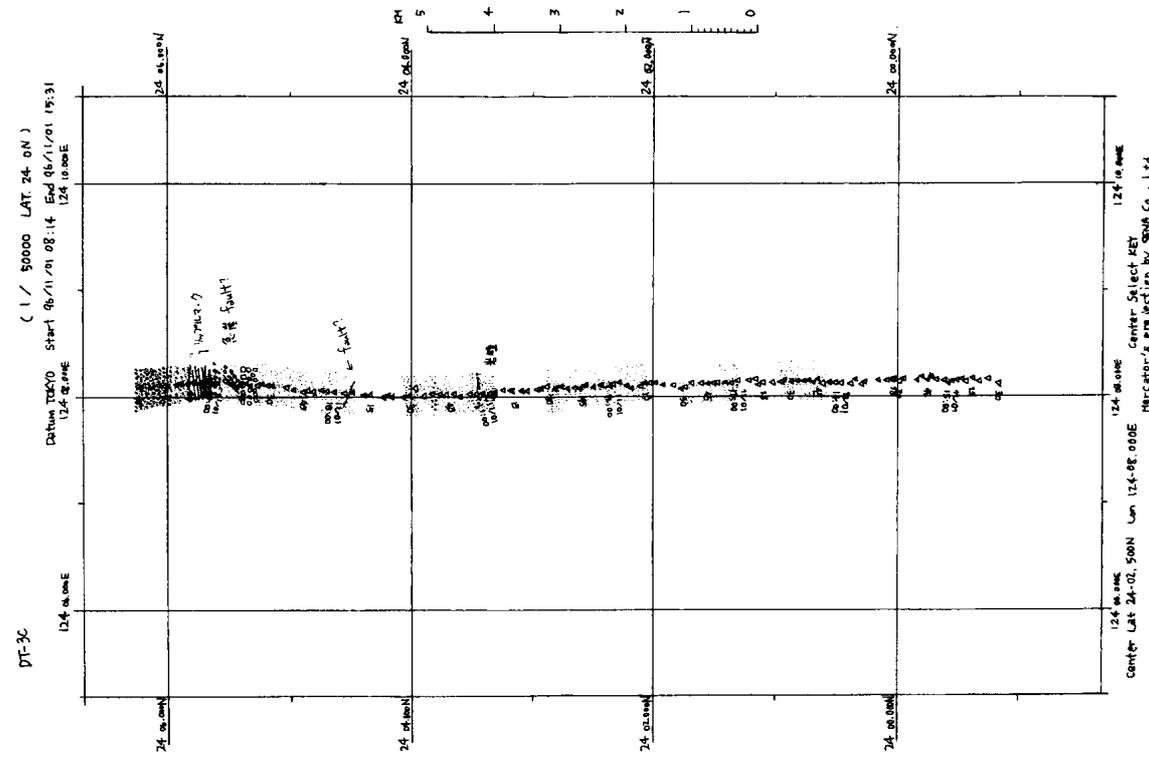
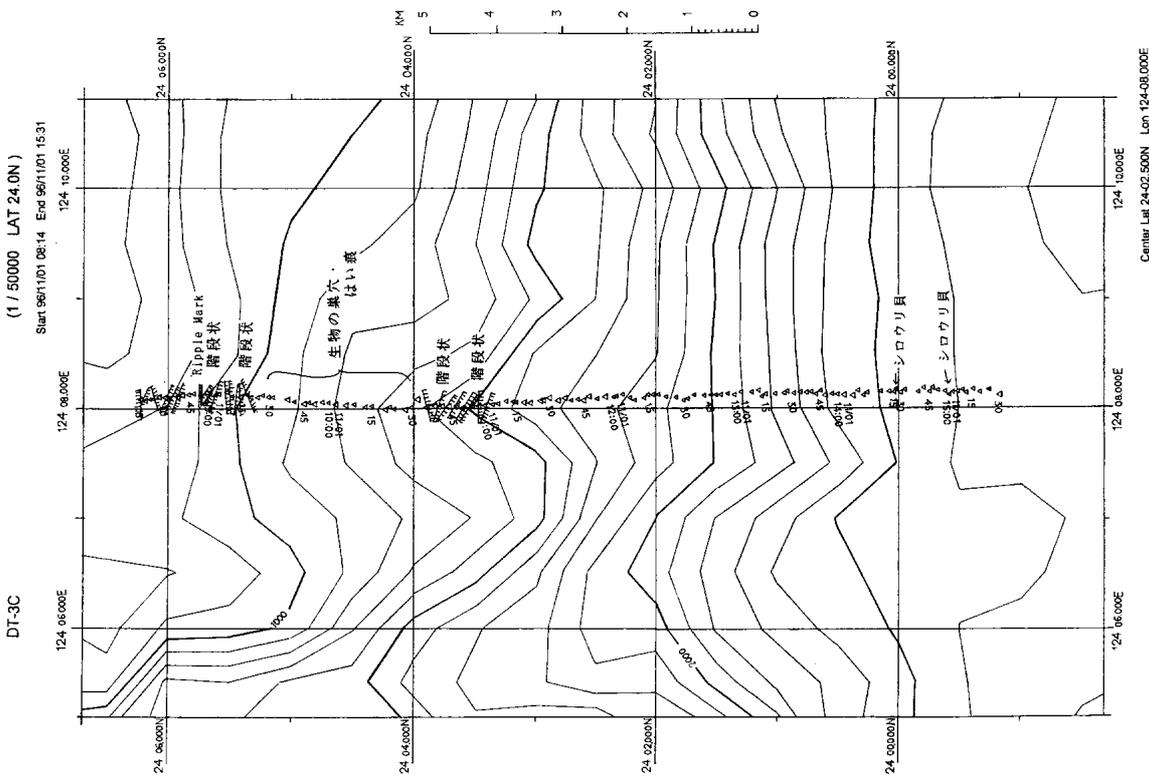


図 5 (a)~(b) 測線 DT-3C ルートマップ
 Fig. 5 (a)~(b) Geological route map along Line DT 3C.

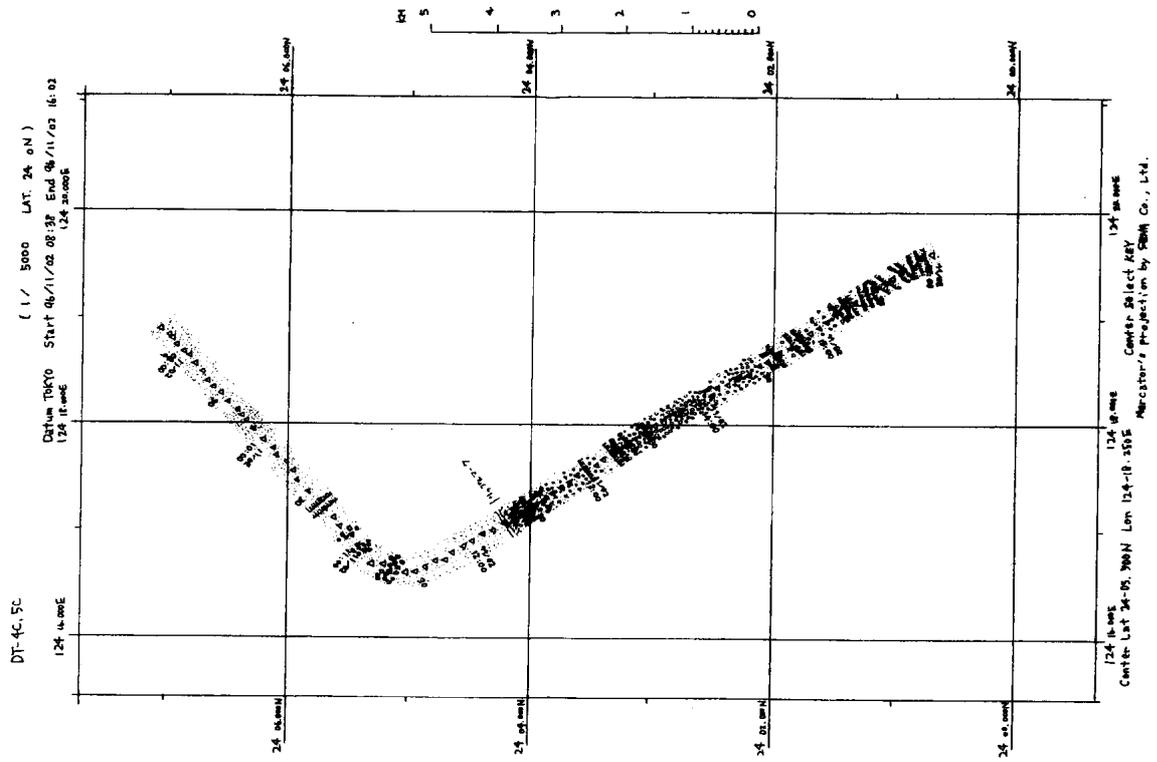
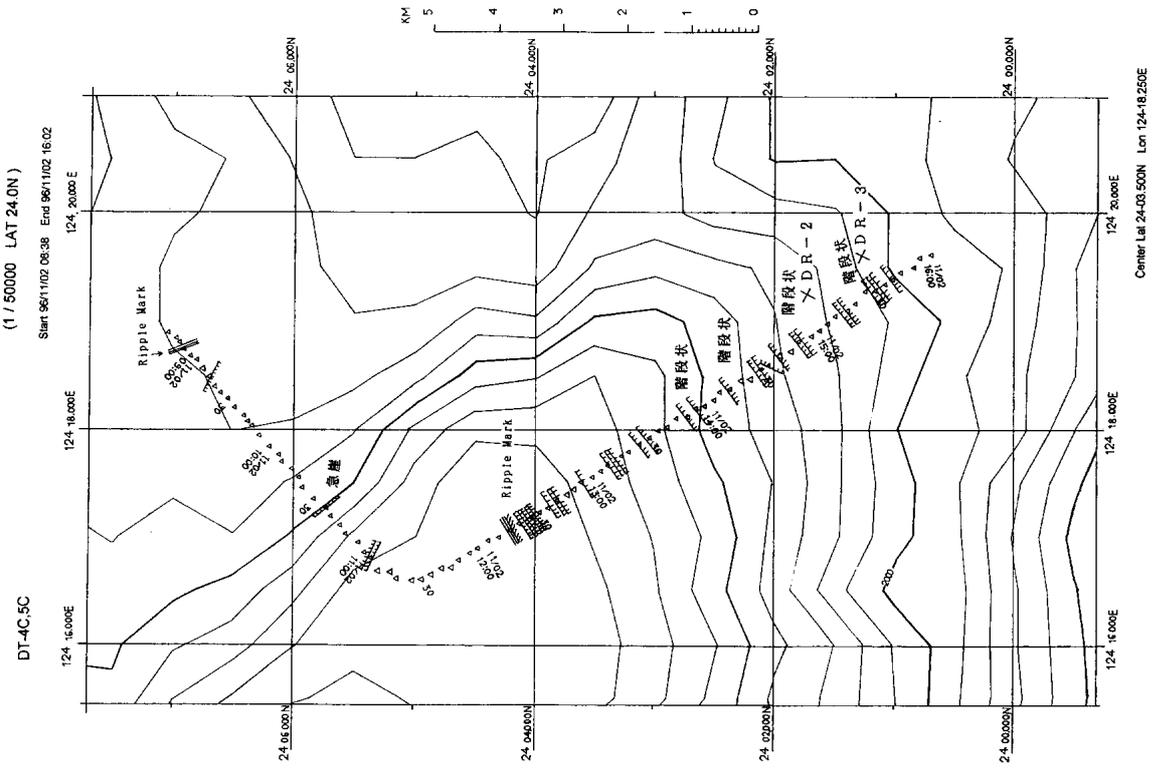
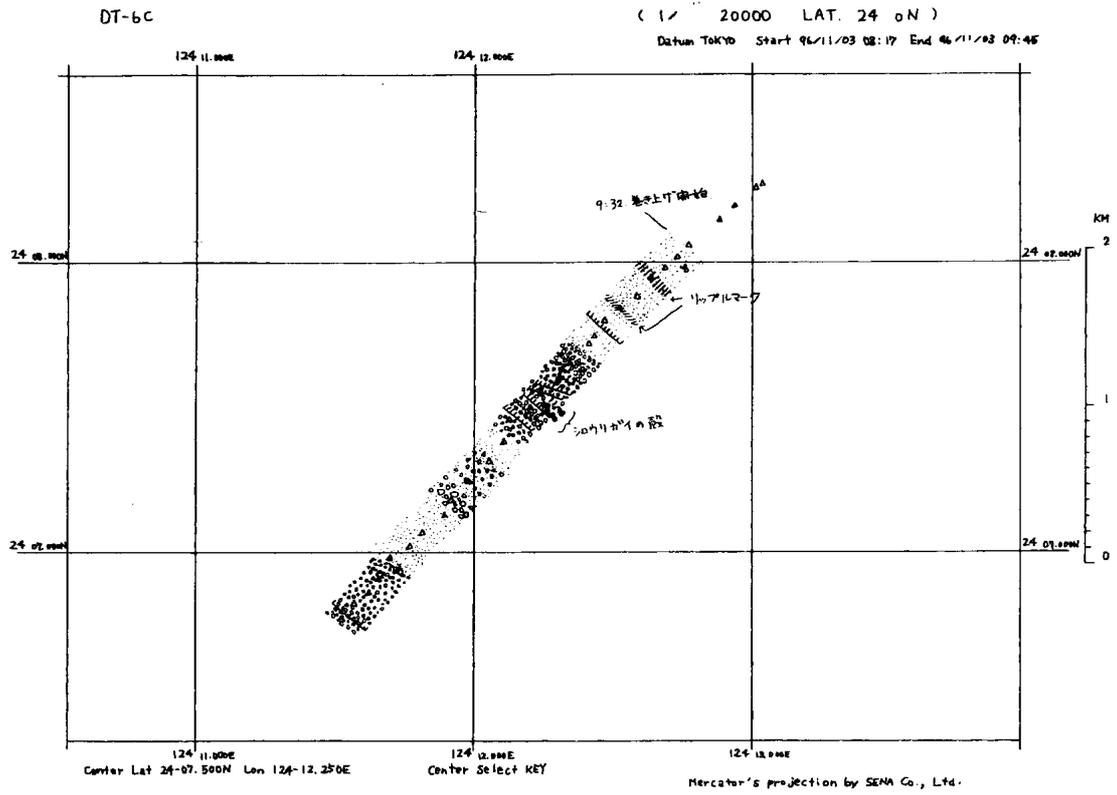
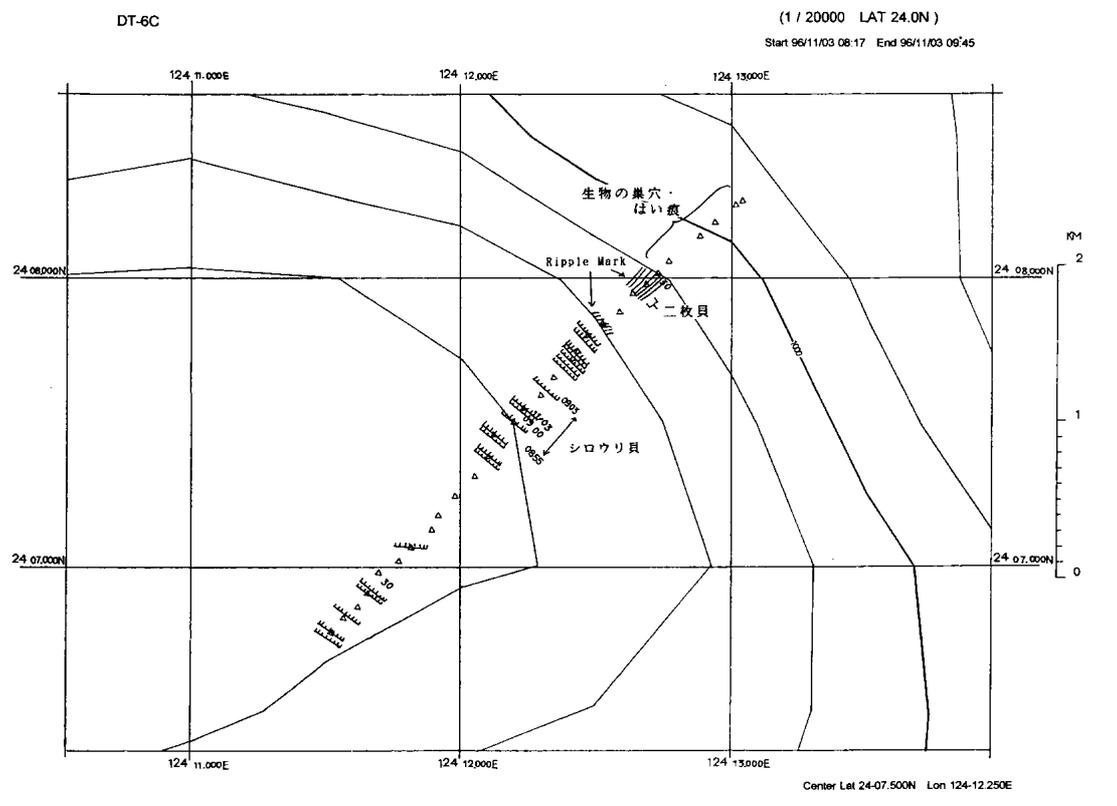


図 6 (a)~(b) 測線 DT-4C, DT-5C ルートマップ
 Fig. 6 (a)~(b) Geological route map along Line DT-4C and DT-5C.



(a)



(b)

図 7 (a)~(b)測線 DT-6C ルートマップ
Fig. 7 (a)~(b)Geological route map along Line DT-6C.

24°05.11N, 124°16.6E, 深度 1,083.5m ➡ 24°00.68N, 124°19.6E, 深度 1,991.7m

黒島海丘の南側斜面の東端部を北西から南東に向けて下降した。測線開始後約1マイルの間は、海底は砂、泥に覆われており、リップルマークも見られた。その後、水深1,128mから測線の終了する2,100mまでの間は、顕著な崩壊が続いた。124°18'Eに沿った測線上の景観と異なり、水深2,000mを越えるまで、崩落痕と併せて、多数の角礫、円礫、一部露岩の露出などが見られた。円礫の中には、雪達磨状のもの(双子岩)もあった。本測線とDT-2C測線とは互いに斜交しており、距離にして最大で2km程度しか離れていないにもかかわらず、何故このような底質の急変があるかについては、後に考察する。

(6) DT-6C 11月3日 08:17~09:32 (図7)

24°06.77N, 124°11.5E, 深度 656m ➡ 24°08.03N, 124°12.7E, 深度 888.5m

黒島海丘の頂部平坦面(水深690m)から北向き斜面を北東方に向かって降りる測線に沿って観察を行った。頂部平坦面の縁の部分で、泥の上に大量のシロウリガイの死貝の存在が確認され、この場所が最近まで冷水湧出域であったことを示唆する。斜面上には角礫が見られ、水深800mまでは若干の崩落が見られたものの南側斜面ほど顕著ではない。水深800mから測線の終了する1,100mまでの間は、砂、泥に覆われ、リップルマークや生物の巣穴、這い痕が見られた。

(7) DT-7C 11月4日 08:24~08:42 (図8)

24°06.70N, 124°09.3E, 深度 617.8m ➡ 24°06.98N, 124°09.7E, 深度 627.3m

前日発見されたシロウリガイコロニーの広がりを調べるため、黒島海丘の頂部平坦面を南西から北東方向に移動した。海底は一面石灰岩の岩体若しくは石灰岩起源の砂で覆われていた。崩落地形も見られたが、その規模は小さい。しかし、浮漁礁が付近にあること、海況が悪化したことを考慮し、18分間で曳航を取止めとした。

4.2 ドレッジ

ドレッジは、曳航体の後部に装着してある切り離し装置にボックスドレッジャーを取り付け、船上から切り離し信号を送り採取を行った。

(1) DR-1

11月3日 11:28 切り離し

ドレッジの切り離しに失敗。信号が曳航体まで届かず、ドレッジが切り離せず失敗した。

(2) DR-2 (24°01.8'N, 124°18.8'E, 1,700m)

11月3日 13:13 切り離し

DR-1 とほぼ同じ地点で行い、ドレッジの切り離しに成功。泥とともに大小多数の角礫が採取された。ほとんどがマンガン酸化物に覆われており、泥岩、礫質砂岩、石灰岩、砂岩、軽石であった。

(3) DR-3 (24°01.3'N, 124°19.2'E, 1,800m)

11月3日 14:54 切り離し

DR-2 の約1km南側の地点で、礫のみ採取され、最大の礫には体長約80cmの棘皮動物が付着していた。ここでもほとんどの礫がマンガン酸化物に覆われており、礫の種類は、砂岩、泥岩、軽石で、DR-2 で見られた礫質砂岩、石灰岩は入っていなかった。

4.3 試料記載

DR-2, DR-3 で採取された試料のうち代表的なものの長径・短径・厚さ・重量を計測し、それぞれ表2及び表3にまとめた。DR-2 より得られた試料のうち、No. 4 と No. 5 については薄片を作成し、顕微鏡観察を行った。また、No. 5 に関しては、一部酢酸処理を行った。観察結果は以下の通りである。

No. 3

表面はマンガン酸化物に覆われており、No. 4, No. 5 と同様な石灰岩が礫として含まれ、基質の砂には有孔虫もわずかに含まれている。試料の状態が悪い(風化が進んでいる)ために、薄片を作ることが出来なかった。基質に含まれる有孔虫の顕微鏡観察の結果、圧倒的に浮遊性有孔虫が多いが深海性(500m以深)底生有孔虫も見られ(浅海性有孔虫はなし)、また時代判定に使用できる種は含まないため、時代判別は不可能という結論に達した。

No. 4

表面はマンガン酸化物に覆われており、長石が観察されるが有孔虫はほとんど見られない。基質が炭酸塩岩であり、塩酸反応を示すことなどから、石灰岩であることが判明した。試料は風化が進んでいる。

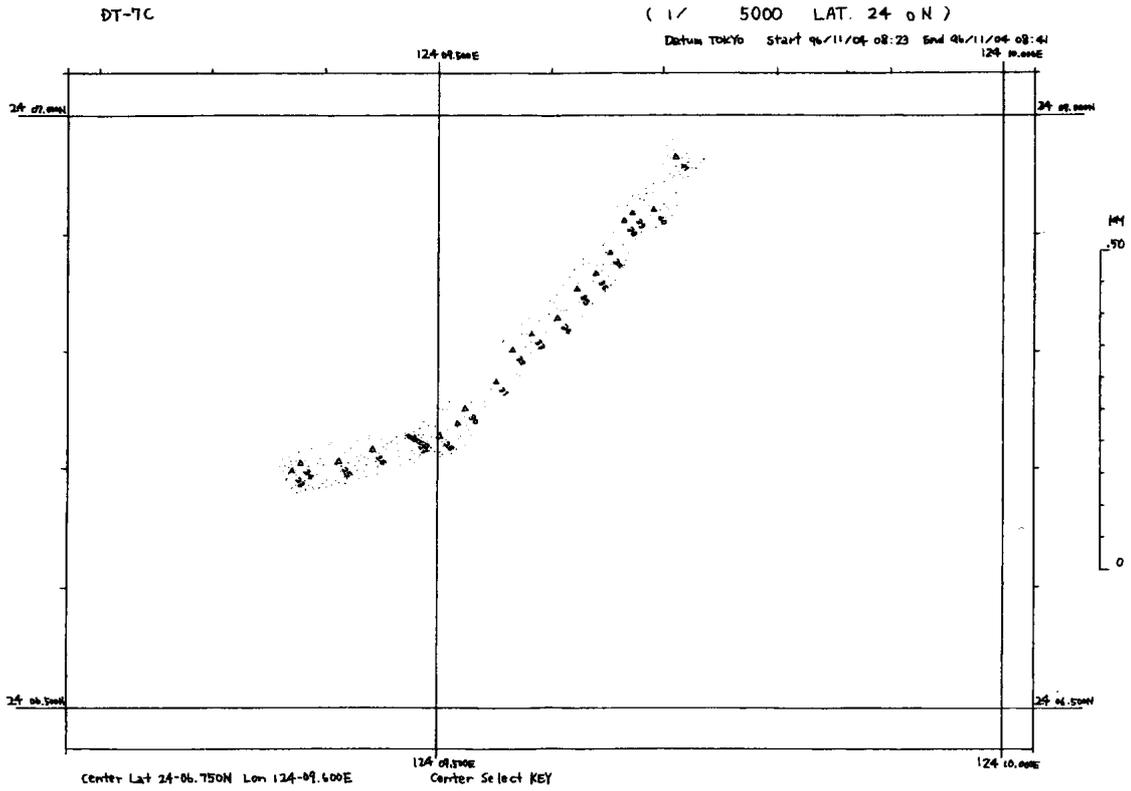
No. 5

表面はマンガン酸化物に覆われており、No. 4 と同じく石灰岩であるが、No. 4 よりも鉱物が少なく、有孔虫も幾つか観察される。顕微鏡下で放散虫らしきものが見られたので、酢酸処理を施したが、観察出来なかった。

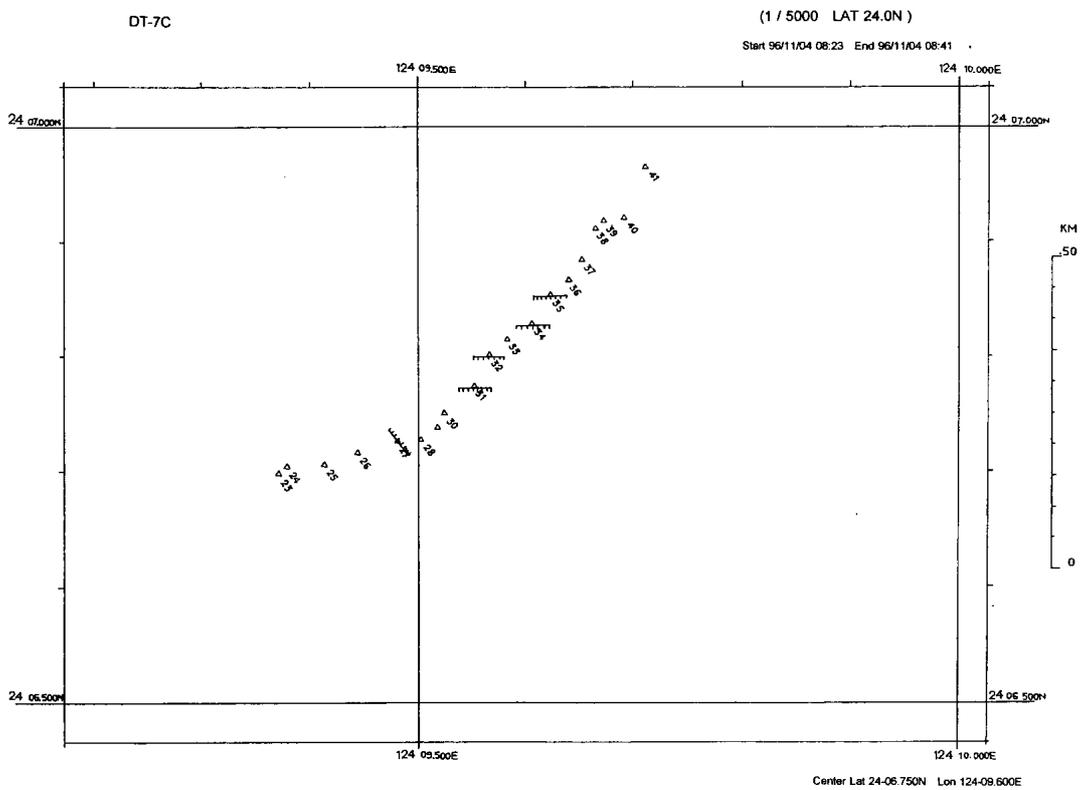
No. 13

表面はマンガン酸化物に覆われており、他の砂岩と異なり、わずかに有孔虫を含んでいる。

その他の試料



(a)



(b)

図 8 (a)~(b)測線 DT-7C ルートマップ
Fig. 8 (a)~(b) Geological route map along Line DT-7C.

表 2 ドレッジ地点 DR-2 で採取された試料のうち代表的なものの記載
Table 2 Descriptions of some collected rock samples at Site DR-2

試料番号	長径(mm)	短径(mm)	厚さ(mm)	重さ(g)	形 状	岩石の種類
No.1	161.4	101.1	48	680	楕円状で多孔質	泥岩
No.2	124.7	45	52	400	楕円状で多孔質	泥岩
No.3	93.8	54.7	47	220	塊状で多孔質	礫質砂岩
No.4	124.5	51.8	37	300	角礫状	石灰岩
No.5	97	51.3	48.3	200	角礫状	石灰岩
No.12	59	32.2	14.1	40	角礫状	砂岩
No.13	48.1	23.8	20.2	20	柱状で多孔質	石灰質砂岩
No.14	35.9	21.9	16.8	10	球状	軽石

表 3 ドレッジ地点 DR-3 で採取された試料のうち代表的なものの記載
Table 3 Descriptions of some collected rock samples at Site DR-3

試料番号	長径(mm)	短径(mm)	厚さ(mm)	重さ(g)	形 状	岩石の種類
No.6	293	111.1	51.1	1650	楕円状で多孔質	砂岩
No.7	143.7	104.3	30.7	350	三角形の板状	砂岩
No.8	108.5	70.6	30.7	190	三角形の板状	砂岩
No.9	87.6	67.1	19.4	90	三角形の板状	砂岩
No.10	63.7	44.8	8.8	30	円形の板状	砂岩
No.11	78.5	52.1	14.2	80	楕円状の板状	砂岩
No.15	61	33.3	16.1	40	多角形の板状	泥岩
No.16	61.1	41.1	18.9	50	多角形の板状	泥岩
No.17	55	38.9	19.1	40	多角形の板状	砂岩
No.18	53.9	39.8	14.6	30	多角形の板状	泥質砂岩
No.19	49	30.5	13.5	20	多角形の板状	泥岩
No.20	26.9	19	14.4	<10	多角形の板状	軽石

砂岩：全ての試料において、表面はマンガン酸化物に覆われており、その内部は鉄が酸化したように赤茶けている。

泥岩：オリーブ色でマンガン酸化物には覆われていない。

5. 考 察

1771 八重山地震津波が断層により惹き起こされたものであるならば海底に断層起源の変動地形が見られるはずであり、その規模は、津波の規模から推定して理科年

表による震央 (24°00'N, 124°18'E) と今村 (1938) で推定された震央 (24°12'N, 124°48'E) を含む長径約 60 km の断層モデル (中田・河名, 1986) が妥当である。しかし、海底精密地形、音波探査記録のいずれにもそのような断層起源の変動地形が見当たらないこと、断層モデルでは各島での遡上高の説明がつかないと指摘されている (日吉・他, 1986) ことから、この津波は地震断層によって惹き起こされたものではなく、地震によって誘発された海底地滑りによって発生したと推定するのが妥当である。

黒島海丘南側斜面においては、崩落地形が見られるのは水深1,700mより浅い処に限定され、この場所で堆積物が薄いため基盤に凹凸があるのが明瞭に示されているのに対し、地形などから地滑りが予測されていた水深2,000~2,500mの急斜面では、新鮮な崩落の痕は全く見られず、しかも堆積物が表面を覆っているために基盤の様子は確認出来ない。このことから、八重山地震津波の原因となる海底地滑りが仮にこの黒島海丘南側斜面で発生したとすれば、指摘されていた場所よりも浅い処で発生したことが考えられる。また、この南側斜面で地滑りが7回以上にわたって繰り返し発生していることが指摘されている(氏家, 1989)ことから、その最も新しい地滑りが今回観察した斜面上部で発生した可能性がある。

同じ南側斜面の裾野に当たる水深2,400~2,500m付近には、シロウリガイの死貝の群集が確認された。この付近は前弧域に当たり、熱水活動などは見られないことから、これらは明らかに冷水湧出に伴うものであると見ることが出来る。群集は堆積物上に分布し、堆積物に埋もれていないことから、この場所が近い過去に冷水湧出域であり、伏在断層が分布していたことが推定される。同様な冷水湧水起源と推定されるシロウリガイコロニーは、黒島海丘の頂部平坦面にも確認されたが、こちらの方が規模は格段に大きい。

水深1,700m地点(DR-2)で採取された石灰岩については、4.3に示した通り、微化石を含んでいた(試料No. 5)。南西諸島に分布する石灰岩との対比を考察すると、同じく琉球層群の下部に位置し、微化石を多く含む沖縄島産の赤色石灰岩類と類似していることから、この石灰岩は第四紀琉球層群の下部に当たると推定される。同じく八重山に見られる富崎層(ジュラ紀~白亜紀)との対比の可能性については、沖縄島にあってこれに対応する時代の本部層、及び今帰仁層(三畳紀~白亜紀)などと同様、微化石を全く含まないことから、今回得られた試料はこのような中生代のものとは考えにくい。別の可能性としては、八重山に広く分布する宮良川層(始新世、微化石を含む)起源とも考えられる。最終的な結論を得るためには、さらに黒島や他の八重山地方に分布する琉球石灰岩との形態の比較検討、またそれに加えて、このような石灰岩の削剝の過程を検討する必要がある。

黒島海丘北東側斜面では1箇所急崖が見られただけで、連続した崩落地形は見られず、海底表面は堆積物に覆われていた。南側と異なり、海底の変動の様子が見られないことから、この部分が仮に崩落によって形成され

たとすると、この津波よりも前の時代に崩落したと考えられる。

水深2,000mでDT-2CとDT-5Cの測線において、わずか2km程しか離れていないにもかかわらず、前者では海底は堆積物に覆われ、後者では礫が観察された。音波探査記録によれば、DT-2Cには厚く堆積物が見られ、DT-5Cではわずかな高まりの斜面を通っており、海底には堆積物が無く、基盤が露出していた。このことはカメラ観察結果と矛盾しない。前者は124°15'Eに南北に延びる海底谷に近いことから、それより供給される扇状堆積物に覆われていることがまず考えられるが、詳細は今後の研究を待つ必要がある。

浜本・他(1979)による反射法音波探査記録によれば、黒島海丘の北東側と南側の陥没地形はどちらも斜面上で堆積物が見られず、その斜面の下で堆積物がかなり厚い。このことから、これらの陥没地形は構造運動に伴う地滑り痕と推定するのが妥当である。

前述の124°15'E海底谷を境として、黒島海丘は南東側に落ちた段差構造を呈しており、また、この海丘の北西端に当たる24°10'N, 124°08'E付近を基点として、東西両方向に海底谷が発達していることから、この海丘全体は、南東方向に傾動していることが推定される。前述の反射法音波探査結果もそのことを裏付ける。すなわち、この北西端の地点では、地形の凹所であるにもかかわらず堆積層が薄くなっており、この地点から離れるにつれて東西に延びる凹所で堆積物が厚くなっている。海丘の南北側の地滑りの発生の原因としては、このような構造的な運動が遠因となっている可能性もある。

大規模な海底地滑りの発生が八重山地震津波の原因であるという前提のもとに津波伝播のシミュレーションを行った結果(Kimura et al., 1997)によれば、波源モデルとして、黒島海丘南側斜面で瞬時に崩落が起こったと仮定すると、石垣島周辺で波高が5mを越え、また石垣島宮良湾での遡上が40mとなる。しかし、このシミュレーション結果によれば、宮古島での推定遡上高20mをも満足する解を求めるためには、黒島海丘南側斜面の崩落と併せて、多良間島南方沖での陥没を同時に仮定する必要がある。恐らくは、この両者を包含する水平規模100km程度、あるいはそれ以上の規模の地震断層によって、これら2箇所の崩落・陥没がほぼ同時に励起されたとも見ることが出来る。

海底地滑りとそれに伴う津波の波高との関係については、Jiang and LeBlond(1992)が数値実験をもとにした考察を行っている。これによると、地滑りを起こす物

質の変形と、それにより発生する波とのカップリングの効果により、主として地滑りを起こす物質の密度と地滑りの起こる深さによって、波高が決まってくる。密度が大きく深度の浅い地滑りの場合、波高は大きくなり、また、発生深度が深い場合は、これらの関係が弱く、発生する津波の波高は小さくなる。この考えを黒島海丘の場合に適用すると、海丘南側裾部などのように、水深が深く、しかも柔らかい堆積物の厚く積もった場所での変形よりはむしろ、海丘南側浅部斜面のように基盤岩の露出の見られる処の変形が、大規模津波の原因となったことが考えられる。

6. 謝 辞

本研究の実施に当たり、琉球大学理学部海洋学科学部学生の河野布三子、福永雅美、大野あかね、八木秀憲、當山元進の諸君、日本海洋事業株式会社海技部の山本博、青木美澄、菅原敏勝の各氏は、調査航海の乗船研究者として、データの取得と整理に携わった。調査研究航海においては、この時期としては異例なほど海況に恵まれ、多大な成果を収めることが出来たが、これについては、海洋調査船「かいよう」の石田貞夫船長、木村敏廣機関長、赤間英之通信長を始めとする乗組員各位の御尽力に負うところが大きい。また、調査研究計画立案に当たっては、琉球大学理学部の加藤祐三学部長（教授）他の研究スタッフの方々の助言と協力を頂いた。特に、浮遊性有孔虫の鑑定については、小野朋典技官の協力を頂き、また石灰岩の鑑定及びその解釈については、本山功講師の助言を頂いた。本調査研究は、科学技術庁より予算配分を受け、海洋科学技術センターのプロジェクト研究「深海調査研究」及び「海底下深部構造フロンティア研究」の一環として実施された。これら関係各位に謝意を表する次第である。

引用文献

- 相田 勇 (1975) : 1792 年島原眉山崩壊に伴った津波の数値実験. 地震, 第 2 輯, 28, 449-460.
- 地質調査所 (1977) : 海洋地質図 7 「琉球島弧周辺広域海底地質図」.
- 藤岡換太郎・松本 剛・加藤幸弘・鳥井真之・新城竜一・小野朋典 (1994) : 琉球海溝の海側・陸側斜面の地形と地質—琉球海溝横断潜航—. JAMSTEC 深海研究, 10, 261-280.
- 羽鳥徳太郎 (1988) : 琉球列島における津波の規模と波源域. 地震 2, (41), 541-547.
- 浜本文隆・桜井 操・永野真男 (1979) : 宮古・八重山諸島周辺の海底地質. 水路部研究報告, 14, 1-38.
- Hanzawa, S. (1935) : Topography and geology of the Riukiu Islands. Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 2, 17, 1-61.
- 日吉義久・安藤雅孝・木村政昭 (1986) : 1771 年南西諸島明和の大津波の発生機構—巨大海底地沈の発生—. 地震学会講演予稿集, 昭和 61 年度秋季大会, 80.
- Jiang, L. and P. H. LeBlond (1992) : The coupling of a submarine slide and the surface waves which it generates. J. Geophys. Res., 97, C8, 12731-12744.
- 海上保安庁水路部 (1983) : 海底地形図第 6514 号「与那国島及西表島」.
- Kato, S. (1991) : A geomorphological study on the classification and evolution of trenches around Japan. Report of Hydrographic Researches, 27, 1-57.
- 加藤 茂・桂 忠彦・平野賢治 (1982) : 沖縄本島周辺の海底地質. 水路部研報, (17), 31-70.
- 加藤祐三 (1987a) : 八重山地震津波. 月刊地球, (9), 235-238.
- 加藤祐三 (1988) : 沖縄県宮古群島における八重山地震津波 (1771) の挙動—新発見史「思明氏家譜」付属文書「御問合書」による検討—. 歴史地震, 4, 47-56.
- 加藤祐三 (1989a) : 新発見史料「御問合書」にみる宮古群島での八重山地震津波. 琉球大学理学部紀要, 47, 153-158.
- 加藤祐三 (1989b) : 沖縄県宮古群島下地島「帯大岩」の起源, 歴史地震. 5, 111-115.
- 加藤祐三・木村政昭 (1983) : 沖縄県石垣島のいわゆる「津波石」の年代と起源. 地質学雑誌, 89, 471-474.
- Katsumata, M. and L. R. Sykes (1969) : Seismicity and tectonics of the Western Pacific: Izu-Mariana-Caroline and Ryukyu-Taiwan regions. J. Geophys. Res., 74, 5923-5948.
- 河名俊男・中田 高 (1987) : 明和地震と海底地殻変動. 歴史地震, 3, 181-194.
- 河名俊男・中田 高 (1994) : サンゴ質津波堆積物の年代からみた琉球南部周辺海域における後期完新世の津波発生時期. 地学雑誌, 103, 352-376.
- Kimura, M., E. Honza, and M. Miyamoto (1980) : Submarine geology around the southern Ryukyu Is-

- lands, with special reference to the Okinawa Trough. Geological studies of the Ryukyu Islands, 4, 79-93.
- 木村政昭・田中武男・許正憲・安藤雅孝・大森保・井沢英二・嘉川郁朗 (1989): 「しんかい2000」による沖縄トラフ中部熱水域の地形・鉱床・生物の観察. 海洋科学技術センター試験研報, 223-244.
- 木村政昭 (1991): 音波探査記録からみた琉球弧の第四紀陸橋. 中川久夫教授記念地質学論文, 109-117.
- 木村政昭・門馬大和・大塚清・満澤巨彦・松本剛・青木美澄・田中武男 (1991): 沖縄島南方慶良間海裂の地質層序・構造. 海洋科学技術センター試験研究報告, 第7回「しんかい2000」研究シンポジウム.
- 木村政昭・松本剛・中村俊夫・大塚裕之・西田史郎・青木美澄・小野朋典・段野洲興 (1992): 沖縄トラフ東縁ケラマ鞍部の潜水調査—ウルク氷期の陸橋か?—. 第8回しんかいシンポジウム報告書, 107-133.
- 木村政昭・松本剛・中村俊夫・西田史郎・小野朋典・青木美澄 (1993): トカラ海峡の潜水調査—沖縄トラフ北部の東縁のテクトニクス—. 第9回しんかいシンポジウム報告書, 283-307.
- 木村政昭・小野朋典・松岡裕美・大塚裕之・中村俊夫・宮崎幸光 (1994): 沖縄トラフ東縁のテクトニクス—背弧海盆形成メカニズムの解明—. JAMSTEC 深海研究, 10, 299-321.
- 木村政昭 (1996): 琉球弧の第四紀古地理. 地学雑誌.
- Kimura, M., E. Honza, and M. Miyamoto (1980): Submarine geology around the southern Ryukyu Islands, with special reference to the Okinawa Trough. Geological studies of the Ryukyu Islands, 4, 79-93.
- Kimura, M., T. Matsumoto, M. Kagami and S. Mifune (1997): Seismicity and crustal movement of Ryukyu Arc, Proceedings of International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables, 75.
- 木村政昭・古川雅英・北沢久和 (1983): フィリピン海の西北縁—琉球海溝—. 月刊海洋科学, 15, 453-458.
- 木村政昭 (1985): 地震と地殻変動. 九州大学出版会, 195.
- 木崎甲子郎 (1985): 琉球弧の地質誌. 沖縄タイムス社, 278.
- 小西健二 (1965): 琉球列島 (南西諸島) の構造区分. 地質学雑誌, 71, 437-457.
- Matsumoto, T. and Y. Tomoda (1986): Numerical simulation of the process of the crustal and lithospheric movements. Royal Society of New Zealand Bulletin, 24, 493-505.
- 松本剛・木村政昭 (1993): 1771年八重山地震津波発生域における精密地形調査と津波発生のメカニズムに関する一考察. 地震第2輯, 45, 417-426.
- 松村一男 (1991): 南西諸島の地震活動. 月刊地球, 48, 623-627.
- Minster, J. B. and T. H. Jordan (1979): 論文名. EOS 60, No. 46.
- 門馬大和・木村政昭・青木美澄・深海調査グループ・堀田宏 (1991): 沖縄トラフ深海曳航調査速報 (DK89-1-OKN-Leg2). 海洋科学技術センター試験研究報告, 25, 85-115.
- 中田高・河名俊男 (1986): 明和8年 (1771) の地震津波について, 歴史地震, 2, 141-147.
- 日本水路協会 (1991): 日本南方海域海底地形図, 1:?
- 日本水路協会 (1993): 南西諸島海底地形図, 1:?
- 大島章一・高梨政雄・加藤茂・内田摩利夫・岡崎勇・春日茂・川尻智敏・金子康江・小川正泰・河合晃司・瀬田英憲・加藤幸弘 (1988): 沖縄トラフ及び南西諸島周辺海域の地質・地球物理学的調査結果. 水路部研究報告, 24, 19-43.
- 島尻克美 (1988): 宮古島の天津波に関する一史料. 沖縄県教育委員会文化課紀要, (5), 1-10.
- Tokuyama, H., Y. S. Kong, H. Kagami and N. Nasu (1985): Collision of the Amami Plateau with the Ryukyu Island Arc. p853-873, in "Formation of active ocean margins," ed. by N. Nasu et al.
- 牧野清 (1981): 八重山の明和天津波. 牧野清発行, 石垣市, 462.
- 緑川義行・氏家宏 (1987): 八重山群島・石西礁の底質, 月刊地球, 9, 152-158.
- 門馬大和・堀田宏 (1989): 深海曳航体用ドレッジと潜水船用サンプラーの試作, 海洋科学技術センター試験研究報告, 21, 251-257.
- 小野朋典・緑川義行・山本聡・氏家宏 (1989): RN-84~87航海で採取された琉球弧周辺海域の底質試料について. Bull. College of Science, Univ. Ryukyus, 47, 115-151.
- 大塚清ほか (1988): 深海曳航式カラービデオシステム

ムの開発. 及びその運用, 海洋科学技術センター試験研究報告, 19, 249-262.

内田徹夫ほか (1993): 超高感度, 高解像度水中カラー TV カメラ (DEEP SEA SUPER HARP TV CAMERA) の開発, 海洋科学技術センター試験研究報告, 29, 113-124.

氏家 宏 (1980): 南琉球弧 “500 m 島棚” の第四紀地

史上の意義. 第四紀研究, 18, 209-219.

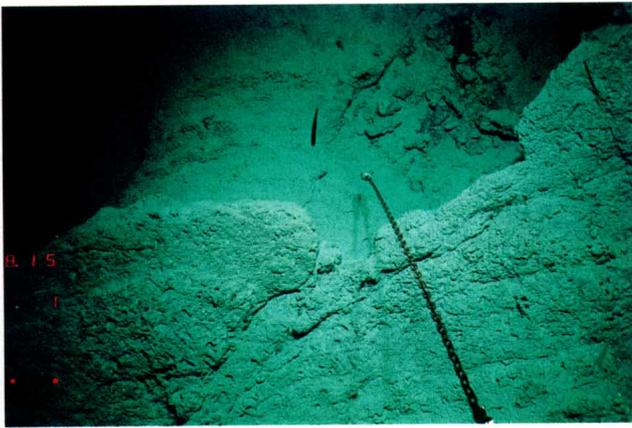
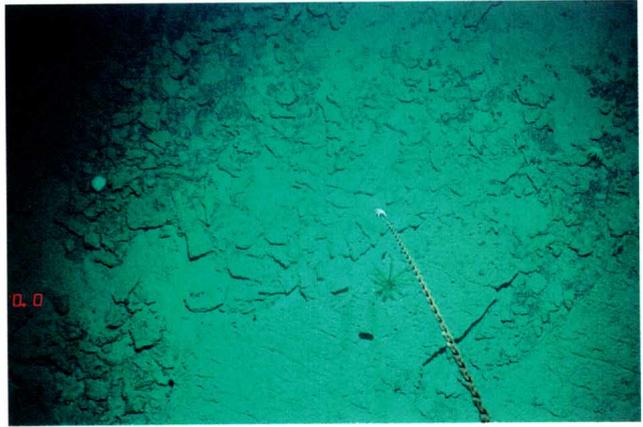
氏家 宏 (1989): 海洋地学研究の宝庫-琉球列島. 月刊地球, 11, 573-575.

(原稿受理: 1997年7月4日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載

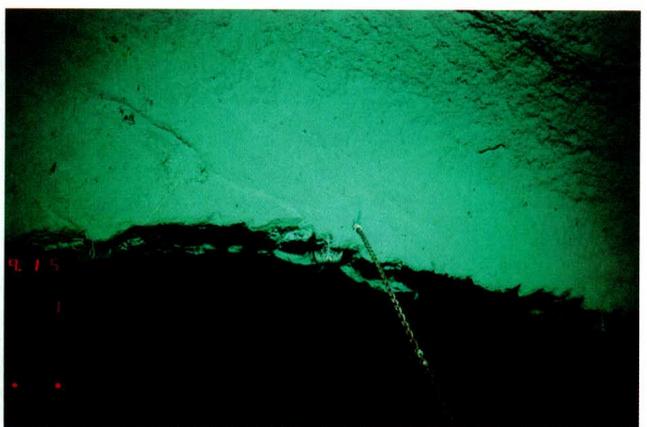
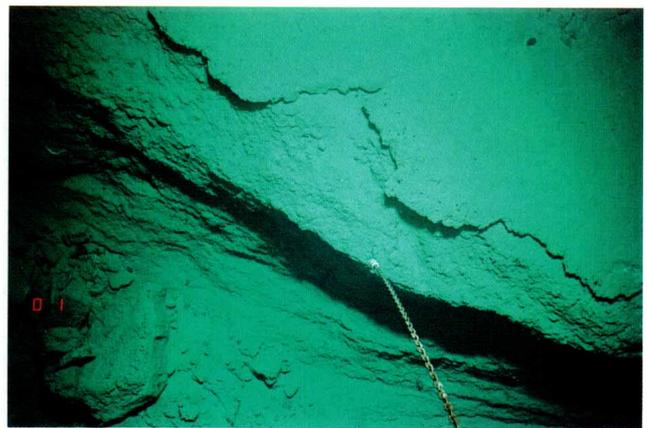
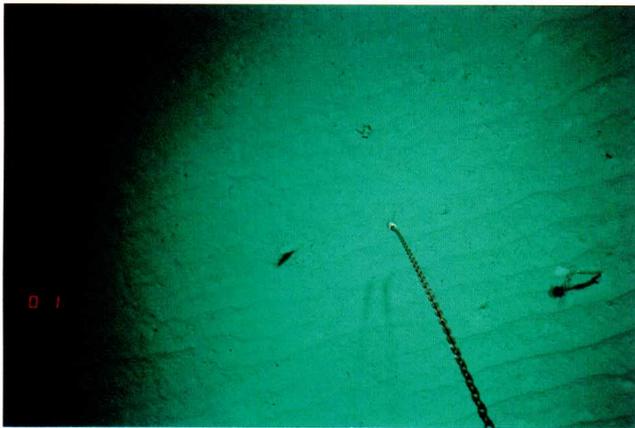
List of photos

Profile No.	Date	Time in JST	Fish depth(m)	Description
DT-3C	Nov.1, 1996	8:15	724	Collapse of the sea bottom at the southern slope of the Kuroshima Knoll
		8:25	742	
		9:01	916	
		9:15	1,045	
		9:19	1,042	
		10:01	1,185	
		10:41	1,373	
		10:47	1,393	
		11:02	1,474	
DT-5C	Nov.2, 1996	11:28	1,645	Bioturbation
		12:08	1,785	
		13:33	2,252	
DT-6C	Nov.3, 1996	13:03	1,230	"Snowman"-type round pebble
		14:50	1,665	Dredge site DR-2
		15:24	1,807	Dredge site DR-3
		8:22	667	Starfish on the limestone basement
		8:57	667	<i>Calypptogena</i> colony (dead)



DT-3C(N→S) Time : 8 : 15 Depth : 724 m

DT-3C(N→S) Time : 8 : 25 Depth : 742 m



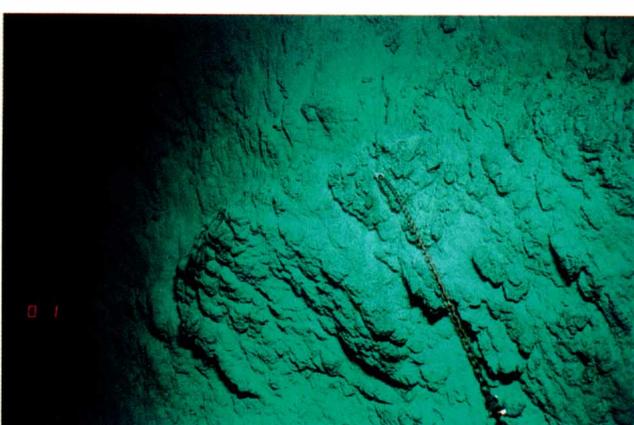
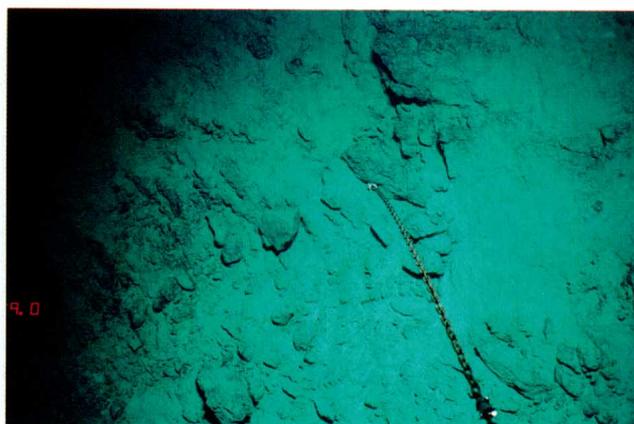
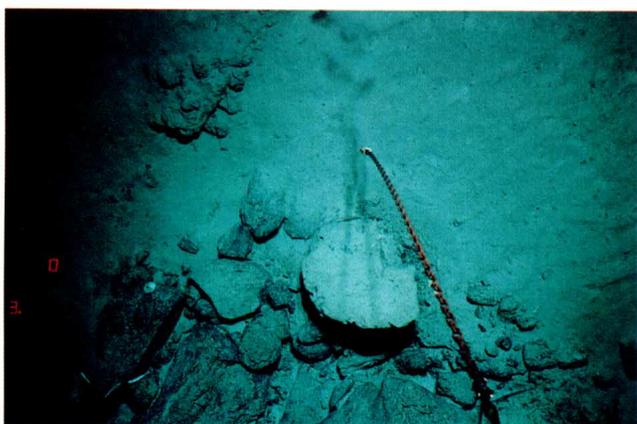
DT-3C(N→S) Time : 9 : 01 Depth : 916 m

DT-3C(N→S) Time : 9 : 15 Depth : 1,045 m



DT-3C(N→S) Time : 9 : 19 Depth : 1,042 m

DT-3C(N→S) Time : 10 : 01 Depth : 1,185 m



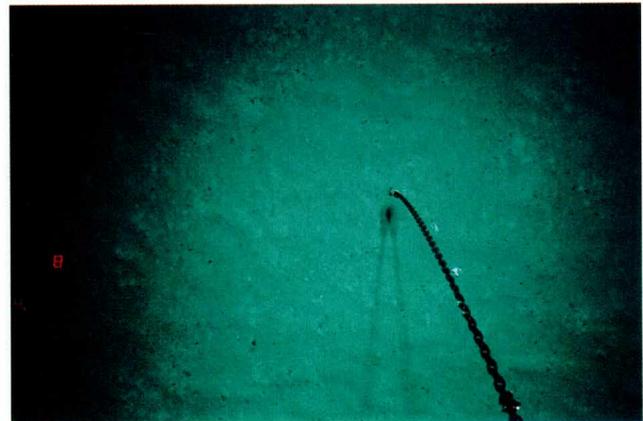
DT-3C(N→S) Time : 10 : 41 Depth : 1,373 m

DT-3C(N→S) Time : 10 : 47 Depth : 1,393 m



DT-3C

Time : 11 : 28 Depth : 1,645 m



DT-3C

Time : 12 : 08 Depth : 1,785 m



DT-3C(N→S)

Time : 11 : 02 Depth : 1,474 m



DT-3C

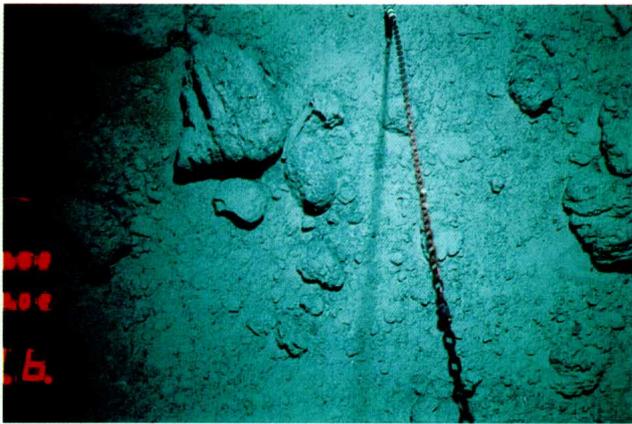
Time : 13 : 34 Depth : 2,252 m



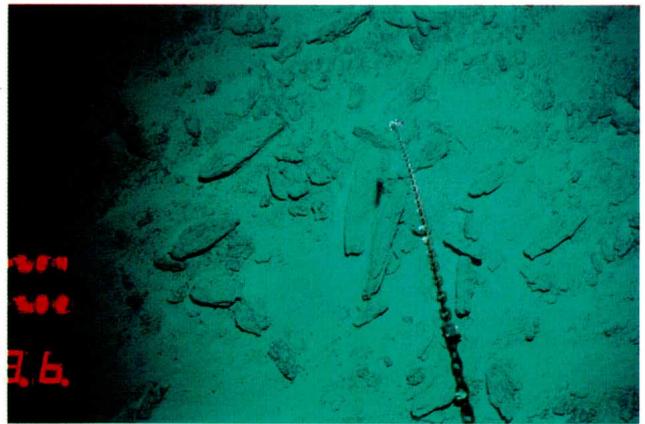
DT-5C(NNW→SSE) Time : 13 : 03 Depth : 1,230 m



DT-5C Time : 14 : 50 Depth : 1,665 m



DT-5C Time : 15 : 24 Depth : 1,807 m





DT-6C

Time : 8 : 22 Depth : 667 m



DT-6C

Time : 8 : 57 Depth : 667 m