

Dolphin-3K南沖繩トラフ・黒島海丘潜航調査(NT00-05航海)の概要

町山 栄章*¹ 新城 竜一*² 服部 陸男*³ 岡野 真治*³ 松本 剛*⁴
木村 政昭*² 中村 衛*² 當山 元進*² 岡田 卓也*²

「なつしま」NT00-05行動では、「ドルフィン3K」を使用した以下の潜航調査を実施した。

八重山諸島沖黒島海丘頂部の調査では、チムニー状・pavement状などの冷湧水炭酸塩類の大規模な分布が明らかとなった。また、頂部北縁には断層と考えられる東西方向の割れ目群や斜面に沿ったすべり面等の新期の変動地形が確認された。これらはシロウリガイ死貝群集やチムニー等の炭酸塩類の分布とも一致する。 γ 線測定結果(強度215CPS・トリウム系列の放射性核種濃度10ppm程度)は最近活動した活断層・地滑り等の活構造の存在を示唆している。

石垣海丘群の調査では、デイサイト質溶岩とスコリア質岩石の存在より、バイモーダルな火山活動が存在することが明らかになった。また、最高強度7,666 CPS,カリウムは最高4.62%,ウラン系列は316.91ppm,トリウム系列は192.55ppmという高い γ 線測定結果が得られた。

南沖繩トラフ底西端部の海底チャネルの調査では、1)比高が30~50m程度,2)乱泥流による浸蝕や堆積作用は認められない,3)チャネルに沿って断層は認められない,という事実が明らかとなった。これらのチャネルは現在放棄されたものと考えられる。

キーワード：黒島海丘, 沖繩トラフ, 石垣海丘群, 冷湧水, γ 線計測

Outline of Dolphin-3K dive surveys on the Kuroshima Knoll and in the southern Okinawa Trough - Preliminary report of the NT00-05 Cruise -

Hideaki MACHIYAMA*⁵ Ryuichi SHINJO*⁶ Mutsuo HATTORI*⁷ Masaharu OKANO*⁷
Takeshi MATSUMOTO*⁸ Masaaki KIMURA*⁶ Mamoru NAKAMURA*⁶
Genshin TOYAMA*⁶ Takuya OKADA*⁶

In the NT00-05 Cruise, diving surveys using "Dolphin-3K" were carried out in the following three areas.

On the top of the Kuroshima Knoll, the widespread occurrence of cold seep carbonates such as chimney-type and pavement-type were found. There are several EW trend cracks of fault origin and slip planes along the slope in the northern margin of the top of the knoll. These are in good accordance with the distribution of dead *Calyptogenia* colonies and cold seep carbonates. In situ gamma ray measurement indicates the presence of recently activated fault or landslide.

In the Ishigaki Knolls, we found the presence of bimodal volcanism, and took the samples of dacitic lava and scoria. In situ gamma ray measurement shows the highest value of gamma ray intensity of 7,666 CPS and the maximum values

* 1 海洋科学技術センター深海研究部第2研究グループ

* 2 琉球大学理学部物質地球科学科

* 3 海洋科学技術センター深海研究部

* 4 海洋科学技術センター深海研究部第3研究グループ

* 5 Deep Sea Research Department, JAMSTEC

* 6 Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus

* 7 Deep Sea Research Department, JAMSTEC

* 8 Deep Sea Research Department, JAMSTEC

of K of 4.62 %, U-series of 316.91ppm, and Th-series of 192.55ppm.

From the diving surveys around the submarine channels in the westernmost part of the southern Okinawa Trough, we found the following facts: 1) their channels are 30 to 50 m deep, 2) no erosion and sedimentation by turbidity current are found, 3) no faults are seen along their channel axis. These channels now seem to be abandoned.

Keywords : Kuroshima Knoll, Okinawa Trough, Ishigaki Knolls, cold seep, gamma ray measurement

1. はじめに

南西諸島海域は、琉球海溝へのフィリピン海プレートの沈み込み、ならびに背弧となる沖縄トラフにおける大陸地殻のリフティングの影響を被る活動的縁辺域に属している。本海域西端部は、沖縄トラフの端部に位置する事から火山フロントが不明瞭となっている。また、海溝側斜面では大規模な斜面崩壊等の変動が繰り返し起こっている事が確認されている。これらの事から、SEAS (Science of East Asian Seas)やInterMARGINSのモデルサイトとしても重要な役割を果たす事が期待される。

平成12年4月28日～5月6日にかけて実施された「なつしま」NT00-05行動では、「ドルフィン3K」を使用した、1)八重山諸島沖黒島海丘頂部において、冷湧水炭酸塩類の成因を目的とした「しんかい2000」の事前調査4潜航、2)高いγ線強度の線源の解明を目的とした石垣海丘群の2潜航調査、3)

南沖縄トラフ底西端部に見出された海底チャネルの成因の解明を目的とした2潜航調査を実施した(図1)。上記3海域それぞれについて、調査結果概要を以下に報告する。

2. 八重山諸島沖黒島海丘

2.1. 調査目的

八重山諸島南方沖約40 kmに位置する黒島海丘は、その南側斜面の崩壊が1771年八重山地震津波の原因と推定されており(松本・木村, 1993など)、その頂部では化学合成生物群集と冷湧水によって形成されたチムニー状炭酸塩類等が発見されている(松本ほか, 1999など)。本調査は、上記生物群集と炭酸塩類の分布・規模を把握する事を主目的とし、併せて基盤岩や石灰質チムニーの産状観察・採取を行い、そのマッピング・年代測定等を通じて冷湧水現象と基盤変動解明のための基礎データの収集を目的とした。

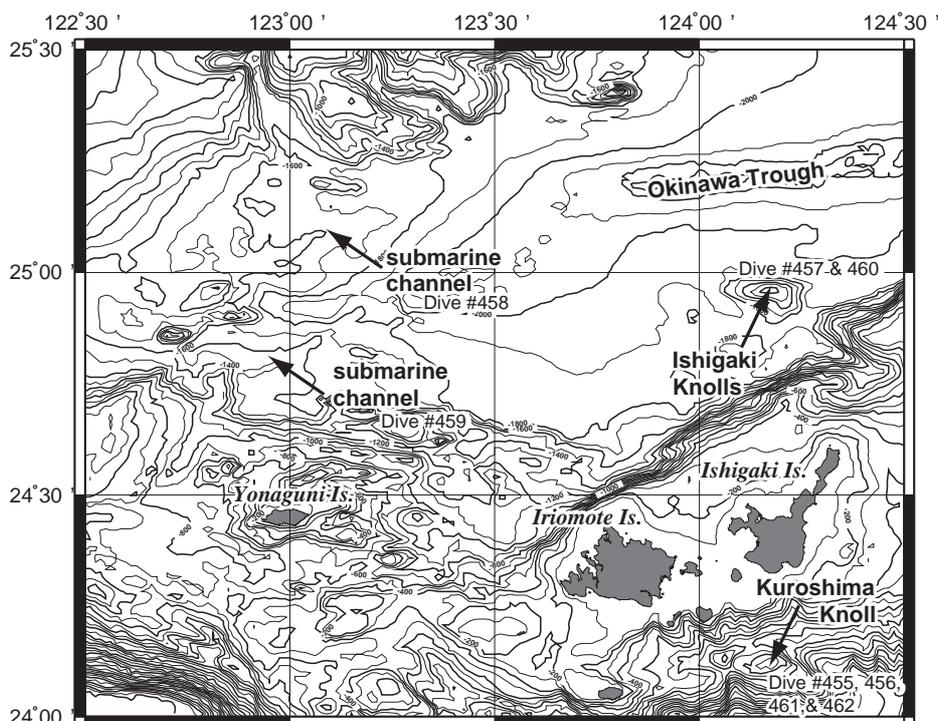


図1 調査海域図および潜水調査地点位置図。

Fig. 1 Diving survey points by Dolphin-3K of NT00-05 Cruise

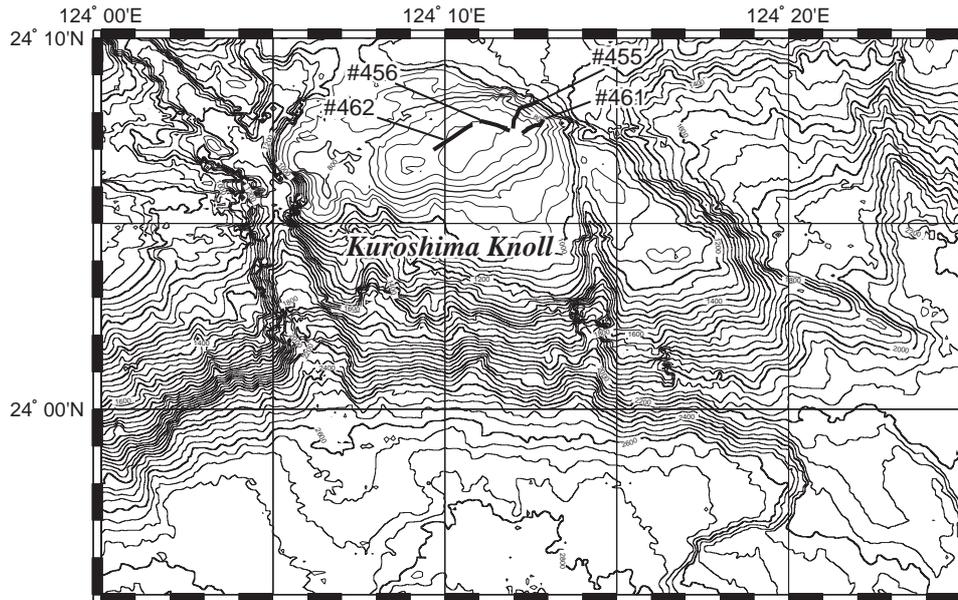


図2 黒島海丘における調査航跡図。
Fig. 2 Survey lines by "Dolphin-3K" on the Kuroshima Knoll.

2.2. 調査結果概要

海丘頂部の東側～中央部にかけて、次の4潜航調査を実施した(図2)。なお、各潜航によって採取された試料のリストを表1に示した。

(1) 第455潜航(図3)

水深770mまでの北東斜面には、北東-南西方向に平行に伸びるカレントリップルが発達する砂質泥底が分布する(図6A)。ただし、この間の水深850m周辺にはカレントリップルは発達せず、海綿や巣穴が頻繁に認められる。頂部縁辺部には、北西-南東方向の斜面に沿って島尻層群と推定される基盤の泥岩層が露出する。またこの付近から、マンガンで薄くコーティングされた礫状の緻密な石灰質砂岩(コンクリーションやチムニー破片)が海底面状に点在しはじめ、中には直立したのも認められた(図6B)。頂部平坦面の縁には、新期の崩落を伴う急崖・ステップ状構造が発達する。水深690mにおいて、多数の石灰質チムニー(一部は直立)やコンクリーションの分布が確認された。また部分的にシロウリガイの死貝も分布するが、バクテリアマット等の変色域は認められない。付近周辺では海底面の起伏も激しくなり、マウンド状のうねりが発達する。離底地点付近には、シンカイヒバリガイの密集したpavement状を呈する炭酸塩岩が発達している。

(2) 第456潜航(図3)

着底地付近にはおびただしい量の石灰質チムニー群(一部は直立している)・石灰質コンクリーションが礫状に分布する。このうち、チムニーとして円盤状を呈するドーナツ型が認められた。これらは航走方向に量・サイズとも次第に減少する傾向が認められ、砂質泥底に次第に移行する。水深655m付近に、南北方向で東傾斜の段差が視認された。さらに進むと、東西方向に延びる階段状の割れ目群(地溝)の顕著な発達も確認された。その後再び細いサンドパイプ状

チムニー(一部直立する)が分布しており、シロウリガイ死貝のコロニーも散点的に観察されはじめた。水深660m付近(図3のポイント19東方)では、東西方向の急崖(落差5m程度)が観察された。水深665m付近には、マウンド状岩塊が分布する事が視認された。これらはシンカイヒバリガイの密集したものであった。その後、pavement状に炭酸塩クラストが表層を被覆している産状が認められた。それらは亀甲状割れ目が発達する(図6D)。またこの付近では大規模なシロウリガイ死貝群集が分布する(図6C)。シロウリガイは、観察される限りではほとんどがマンガンでコーティングされた死貝であり、大規模なコロニーもすべて死貝群集であった。

(3) 第461潜航(図4)

着底地点周辺は、平坦な砂質泥底である。水深825m付近の東斜面には、北東-南西方向に平行に伸びる弱いカレントリップルが発達する砂質泥底が分布する。この間、カレントリップルは発達せず、巣穴が散点的に認められる。水深775m・763m・750m・728m・718mの各深度において、南北方向ないしは北北西-南南東方向の段差・滑り面(崩落痕)が確認された。全般に、板状の角礫(基盤を構成する島尻層群と推定される泥岩)やマンガンで被覆された黒色の円礫が普遍的に認められる。水深700m付近にはチムニーが認められた。頂部は、海底面の起伏も激しくなり、マウンド状のうねりが発達する。なお、水深800m・790m付近にハナシガイの散点的な分布があり、また水深700m付近にはシロウリガイ死貝が散点していた。本調査範囲内には大規模なコロニーは分布していない。

(4) 第462潜航(図5)

着底地北東付近には、ほぼ東西方向の段差地形群(落差1m程度)が発達しており、凹地も観察された。これらの部分には基盤を構成している島尻層群と推定される薄層

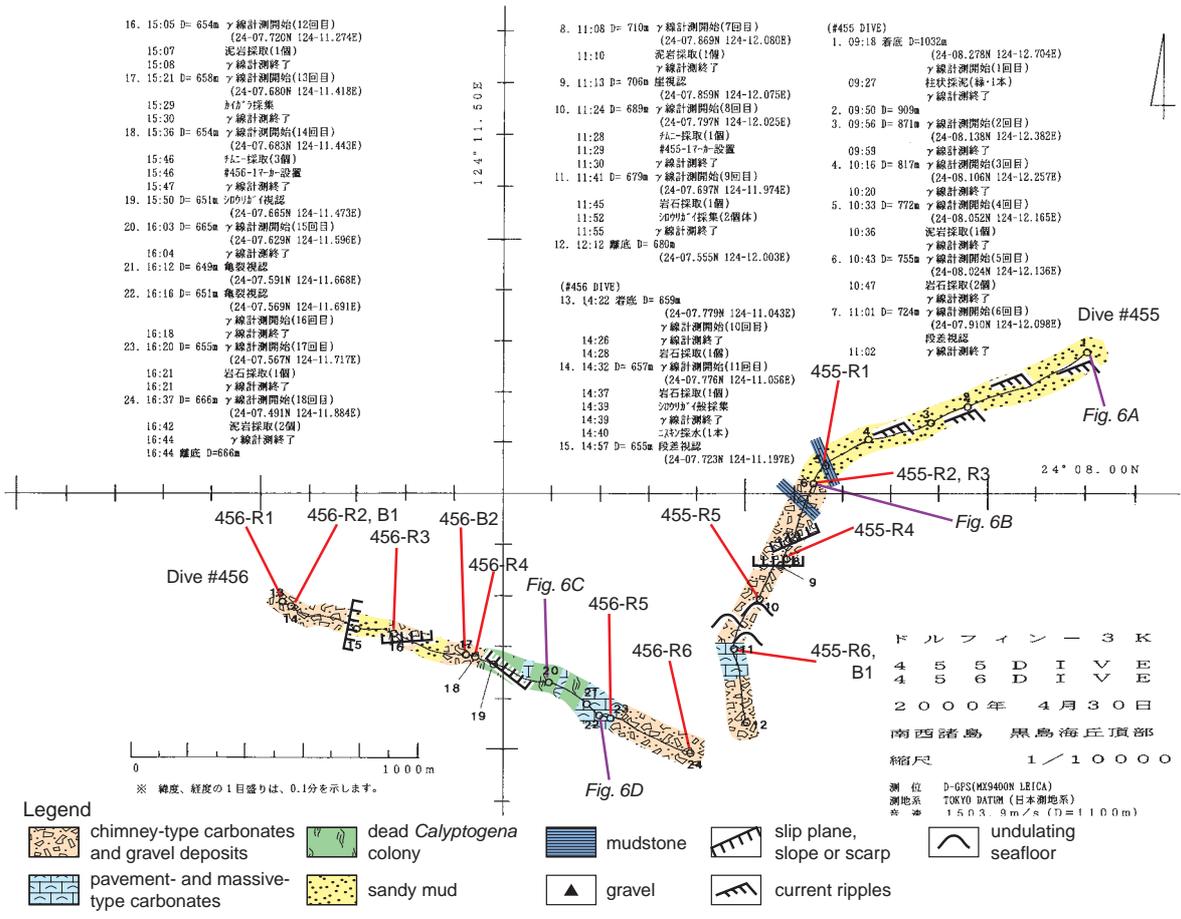


図3 「Dolphin-3K」第455・456潜航調査ルートマップ。
Fig. 3 Route map of "Dolphin-3K" 455 and 456 Dives.

表1 「ドルフィン3K」第455・456・461・462潜航より得られた試料
Table 1 Samples recovered by Dives 455, 456, 461, and 462 of "Dolphin-3K".

Sample No.	Equipment	Sample Type	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth (m)	Description
D3K-455-R1	Manipulator	Rock	04/30/00	10:33	24-08.052N	124-12.165E	772	mudstone of Shimajiri Gr.? 210x100x34 (mm)
D3K-455-R2	Manipulator	Rock	04/30/00	10:47	24-08.024N	124-12.136E	755	chimney-type calcareous sandstone 110x50x52 (mm)
D3K-455-R3	Manipulator	Rock	04/30/00	11:07	24-07.869N	124-12.080E	710	mudstone of Shimajiri Gr.? 215x93x85 (mm)
D3K-455-R4	Manipulator	Rock	04/30/00	11:23	24-07.797N	124-12.025E	684	chimny-type calcareous sandstone 325x183x155 (mm)
D3K-455-R5	Manipulator	Rock	04/30/00	11:40	24-07.776N	124-11.056E	678	sandy limestone 340x185x160 (mm)
D3K-455-B1	Manipulator	Shell	04/30/00	11:40	24-07.697N	124-11.974E	678	<i>Calyptogena</i> spp. 107x65x28 (mm)
D3K-456-R1	Manipulator	Rock	04/30/00	14:22	24-07.779N	124-11.043E	654	doughnut-type calcareous sandstone 410x330x67 (mm)
D3K-456-R2	Manipulator	Rock	04/30/00	14:40	24-07.776N	124-11.056E	656	calcareous sandstone 135x90x45 (mm)
D3K-456-R3	Manipulator	Rock	04/30/00	15:03	24-07.720N	124-11.274E	653	mudstone of Shimajiri Gr.? 75x65x25 (mm)
D3K-456-R4	Manipulator	Rock	04/30/00	15:34	24-07.683N	124-11.443E	653	chimny-type calcareous sandstone 280x55x50 (mm)
D3K-456-R5	Manipulator	Rock	04/30/00	16:21	24-07.567N	124-11.717E	651	sandy limestone 150x145x80 (mm)
D3K-456-R6	Manipulator	Rock	04/30/00	16:37	24-07.491N	124-11.884E	666	calcareous sandstone 180x190x78 (mm)
D3K-456-B1	Manipulator	Shell	04/30/00	14:40	24-07.776N	124-11.056E	656	<i>Calyptogena</i> spp. 103x60x25 (mm)
D3K-456-B2	Manipulator	Shell	04/30/00	15:30	24-07.683N	124-11.418E	655	<i>Calyptogena</i> spp. 108x51x17 (mm)
D3K-461-R1	Manipulator	Rock	05/05/00	9:55	24-07.664N	124-12.704E	802	calcareous sandstone 250x180x75 (mm)
D3K-461-R2	Manipulator	Rock	05/05/00	10:31	24-07.639N	124-12.520E	756	calcareous sandstone 80x40x45 (mm)
D3K-461-R3	Manipulator	Rock	05/05/00	10:48	24-07.553N	124-12.358E	713	mudstone of Shimajiri Gr.? 205x107x75 (mm)
D3K-461-R4	Manipulator	Rock	05/05/00	10:48	24-07.553N	124-12.358E	713	calcareous sandstone 70x60x55 (mm)
D3K-461-R5	Manipulator	Rock	05/05/00	11:02	24-07.505N	124-12.289E	702	chimny-type calcareous sandstone 350x220x135 (mm)
D3K-461-B1	Manipulator	Shell	05/05/00	10:00	24-07.659N	124-12.690E	799	<i>Vesicomia</i> sp. 50x40x25 (mm)
D3K-461-B2	Manipulator	Shell	05/05/00	11:00	24-07.505N	124-12.289E	702	<i>Calyptogena</i> sp. 125x65x30 (mm)
D3K-462-R1	Manipulator	Rock	05/05/00	13:21	24-07.005N	124-09.748E	656	mudstone of Shimajiri Gr.? 90x40x35 (mm)
D3K-462-R2	Rake Sampler	Rock	05/05/00	13:52	24-07.157N	124-10.003E	655	chimny-type calcareous sandstone 400x130x80 (mm)
D3K-462-R3	Manipulator	Rock	05/05/00	14:00	24-07.177N	124-10.028E	655	chimny-type calcareous sandstone 290x125x125 (mm)
D3K-462-R4	Manipulator	Rock	05/05/00	15:11	24-07.605N	124-10.738E	627	calcareous sandstone 160x165x55 (mm)
D3K-462-R5	Manipulator	Rock	05/05/00	15:20	24-07.645N	124-10.799E	639	doughnut-type calcareous sandstone 220x180x25 (mm)
D3K-462-R6	Manipulator	Rock	05/05/00	15:20	24-07.645N	124-10.799E	639	chimny-type calcareous sandstone 260x150x155 (mm)
D3K-462-C1	Push Corer	Sediment	05/05/00	14:07	24-07.177N	124-10.028E	655	sandy mud (75 mm)

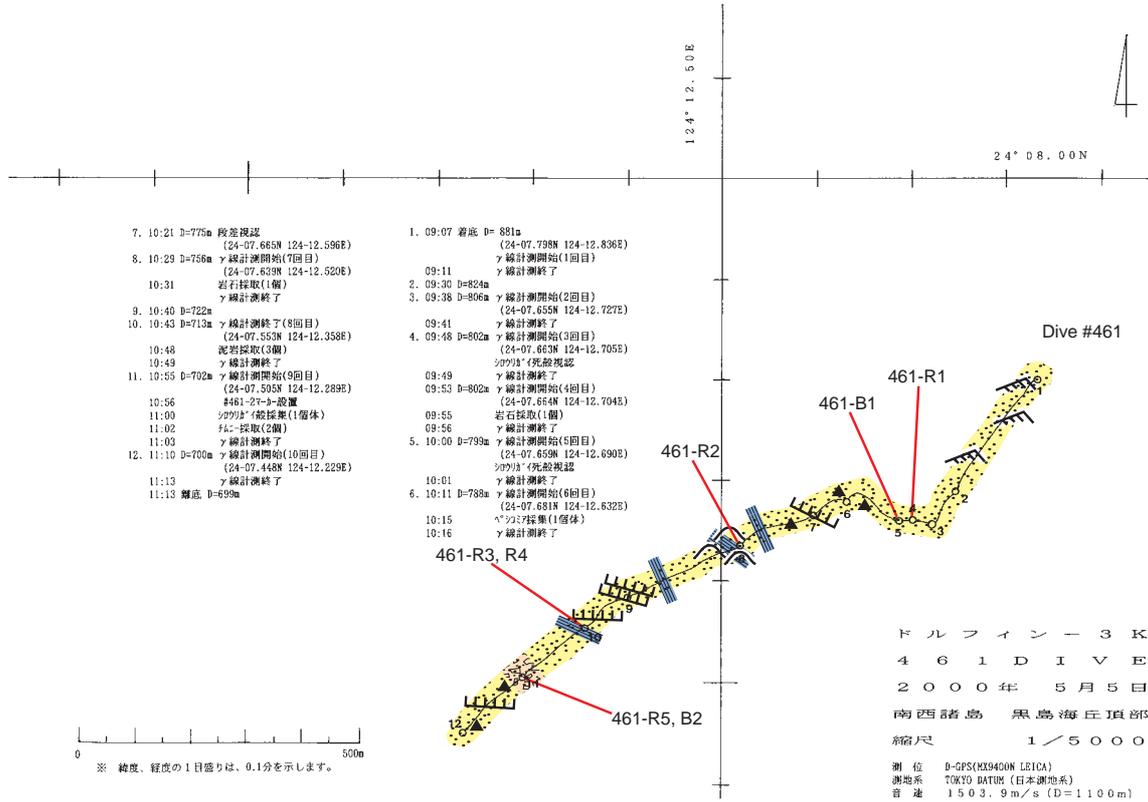


図4 「Dolphin-3K」第461潜航調査ルートマップ。凡例は図3を参照。
 Fig. 4 Route map of "Dolphin-3K" 461 Dive. See legend in Fig. 3.

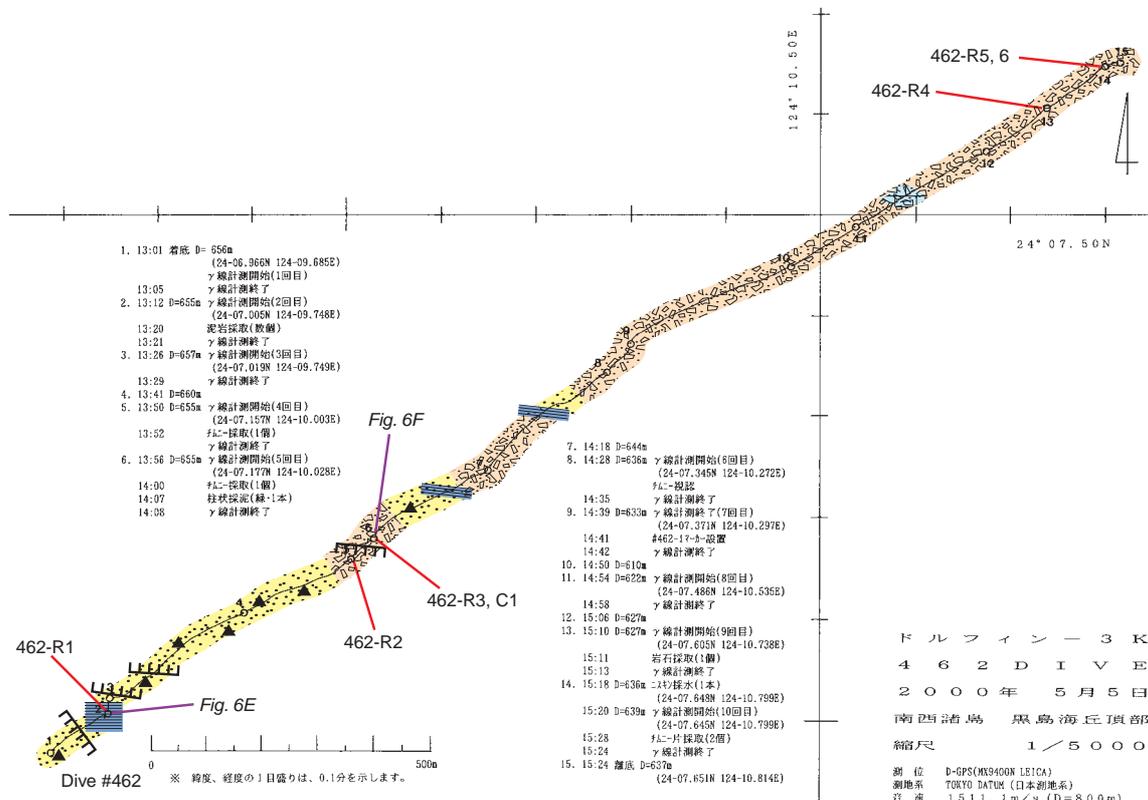


図5 「Dolphin-3K」第462潜航調査ルートマップ。凡例は図3を参照。
 Fig. 5 Route map of "Dolphin-3K" 462 Dive. See legend in Fig. 3.

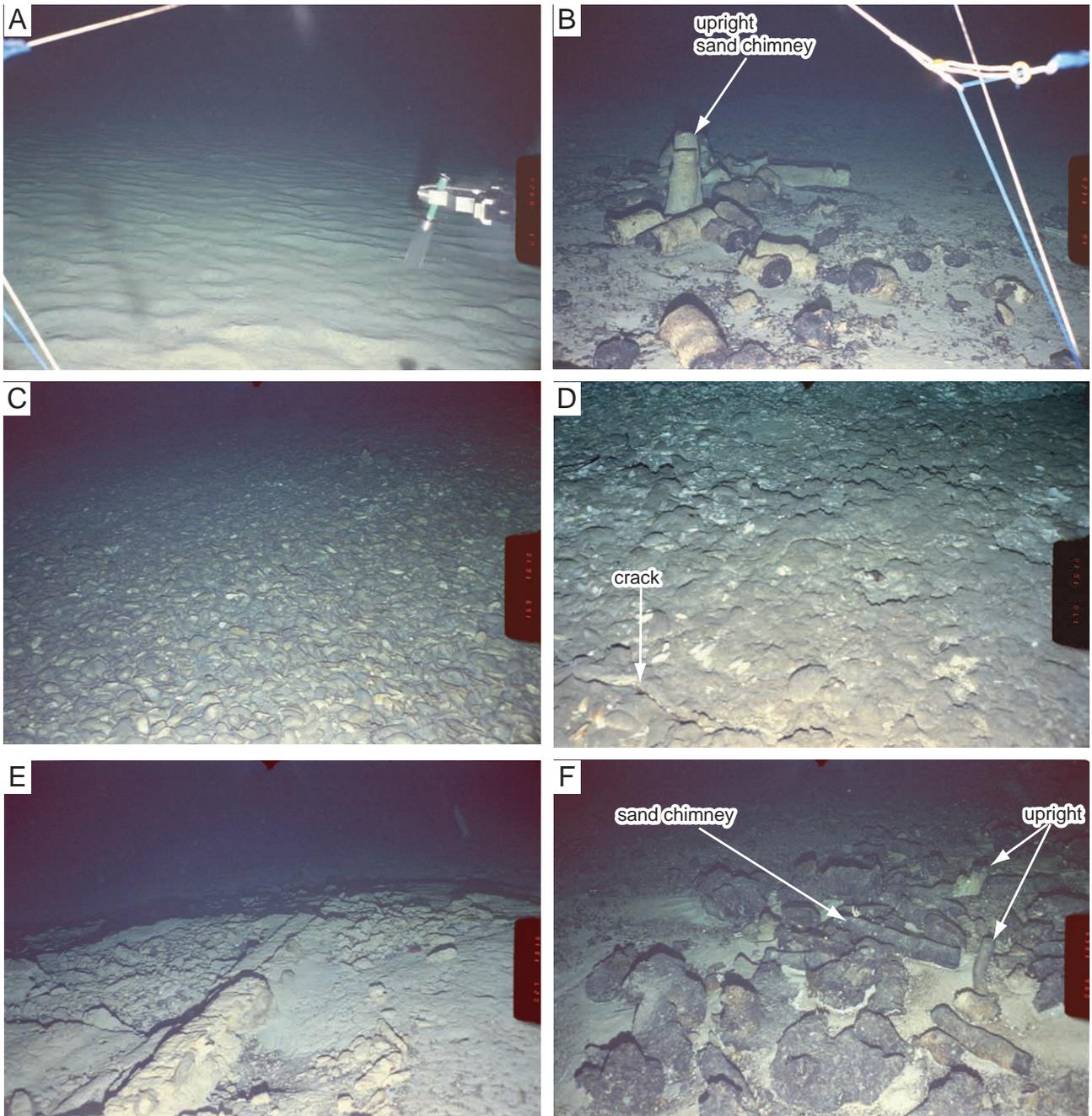


図6 黒島海丘頂部の海底状況。A：頂部東縁のカレントリップルの発達する現世砂質堆積物。第455潜航，水深1032 m。B：サンドチムニーの破片および直立するチムニー。第455潜航，水深755 m。C：海底を一面に覆うシロウリガイ死貝コロニー。第456潜航，水深655 m。D：海底表面に発達するpavement型炭酸塩類。シンカイヒバリガイ等の殻片を多数含むコキナからなる。また割れ目群の発達が顕著に認められる。第456潜航，水深651 m。E：島尻層群と推定される泥岩。第462潜航，水深655 m。F：サンドチムニーの破片群。一部には直立するものも観察される。全体にマンガンでコーティングされている。第462潜航，水深655 m。

Fig. 6 Photographs of the Kuroshima Knoll. A: Recent sandy deposits with current ripples at the eastern edge of the Kuroshima Knoll (Dive #455, 1032 m deep). B: Fragments of sandstone chimneys (Dive #455, 755 m deep). Note several chimneys with upright position are found. C: Dead *Calyptogena* colony covering seafloor (Dive #456, 655 m deep). D: Pavement-type carbonates covering seafloor (Dive #456, 651 m deep). This type consists mainly of *Bathymodiolus* shells (coquina). Note several cracks are found in these carbonates. E: Mudstone of ?Shimajiri Group (Dive #462, 655 m deep). F: Fragments of sandstone chimneys (Dive #462, 655 m deep). Note all chimneys are coated with manganese.

理泥岩層が露出する(図6E)。底質は礫混じりの砂質泥より構成される。調査範囲東部には、おびただしい量の石灰質チムニー群(一部は直立している)・石灰質コンクリーションが礫状に分布する(図6F)。このうち、チムニーとして円盤状を呈するドーナツ型が認められた。また水深620m付近にpavement状の炭酸塩類が確認された。

着底地付近に東西方向の割れ目構造が確認された事は、頂部東縁部の構造と調和しており、東西方向に延びる断層等の構造が頂部全体に発達している可能性を示唆していると考えられる。

2.3. 考察

今回の調査の結果、松本ほか(1999)で指摘されている琉球石灰岩に相当する基盤岩は頂部には分布していない事が明らかとなった。またこれまでの結果より、シロウリガイ死貝が密集した大規模コロニーの分布は、東西方向に約1,500m以上にも及ぶ事がわかった。頂部には明瞭な新期の変動地形が、また頂部北縁には断層と考えられる東西方向の割れ目群や、斜面に沿ったすべり面の顕著な発達が見認されている。シロウリガイ死貝群集やチムニー等の炭酸塩類の分布は東西に方向に限定され、これは割れ目群の構造地形とも一致する。 γ 線測定結果(図7)は、頂部東側で高く西側で低い強度の傾向を示すとともに、冷湧水域としては高い215CPSもの強度が得られ、かつトリウム系列の放射性核種濃度は10ppm程度を示す。これは最近活動した活断層・地滑り等の活構造の存在を示唆している。また、割れ目群の発達部と高い γ 線強度・放射性核種濃度(ト

リウム系列)の地点がほぼ一致している事からも、冷湧水と地形変動の相関が示唆される。

露出する炭酸塩類は、1)クラスト・板状、2)チムニー・ドーナツ状、3)pavement状、4)サンドパイプ状、5)球状(コンクリーション)といったあらゆる形態を持つ。これらは細粒な陸源性碎屑物を炭酸塩(ミクライト等)が膠結した岩石学的特徴を示しており、相模湾(服部ほか、1994)や御前崎沖(Sakai *et al.*, 1992)から報告されたものと同一である。とりわけチムニー状を呈するものは、サンドチムニー(小川、1996)と考えられる。

シロウリガイ死貝・炭酸塩の多くはマンガンでコーティングされており、また海底下で形成されるチムニー等が表層に露出している。この事から、過去の活発な冷湧水活動によって形成されたものが、その後の基盤変動等によって表層堆積物が削剥されて現在に至ったものと考えられる。炭酸塩類の炭素・酸素同位体比の検討により、炭酸塩の形成にメタンが関与し、かつそのメタン湧水の供給源としてガスハイドレートの分解水が考えられている(町山ほか、2000)。今後、サンドチムニー等炭酸塩類の形成(メタン流体挙動)と、構造運動等のテクトニクス、およびガスハイドレートの分解との関係を解明する必要がある。

3. 石垣海丘群

3.1. 目的

南西諸島南部の石垣海丘群において、1999年に「しんかい2000」による潜航(第1104潜航、潜航研究者:渡辺一樹)が行われ、最高5600CPSという高い放射線レベルを示す地

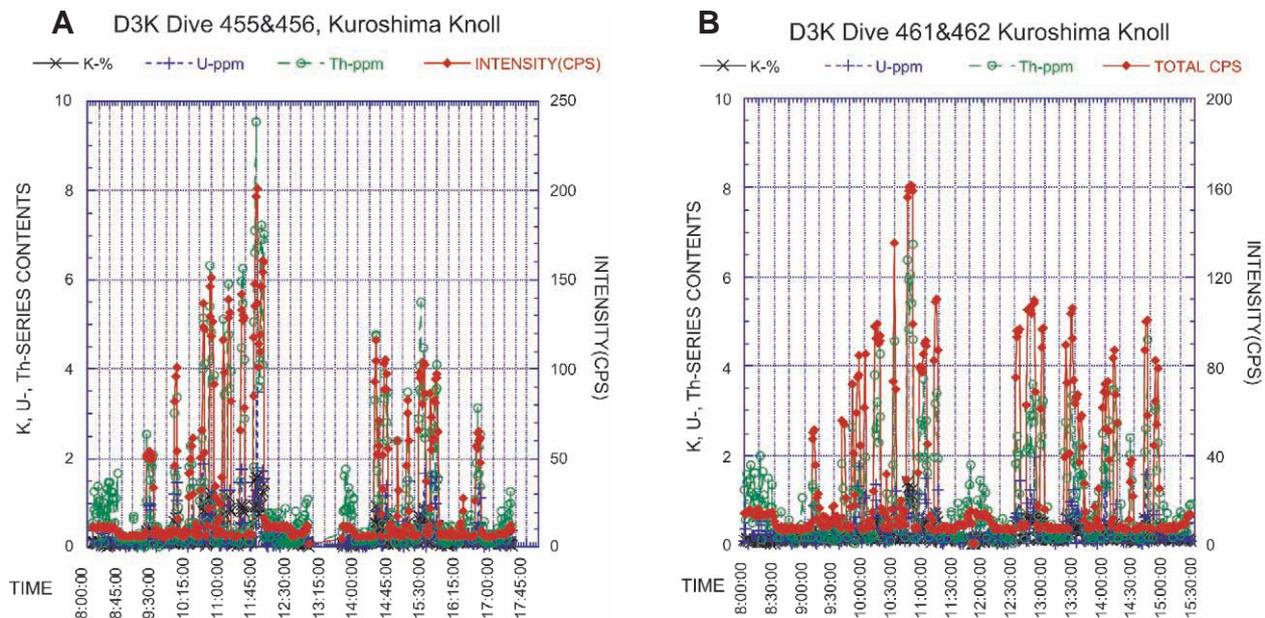


図7 黒島海丘頂部、「Dolphin-3K」第455・456潜航(A)および第461・462潜航(B)の時系列 γ 線強度・核種濃度。トリウム系列の放射性核種濃度の高い地点は、新期の断層等の構造の存在を示唆する。

Fig. 7 Time series graphs of the Kuroshima Knoll, "Dolphin-3K" 455, 456 (A) and 461, 462 (B) Dives. Abundance of Th-series radionuclides indicates the presence of active faults that are took place recently.

点が発見された(服部・岡野, 2000)。この測定値は, 南西諸島海域の熱水噴出域では, 伊是名海穴について2番目に高い γ 線強度ならびに放射線性核種濃度を示す。本潜航

調査では, それら放射線の分布を明らかにし, チムニーの生成状況・生成年代等を推定する事を主目的とし, 併せて火山岩の採取を行った。

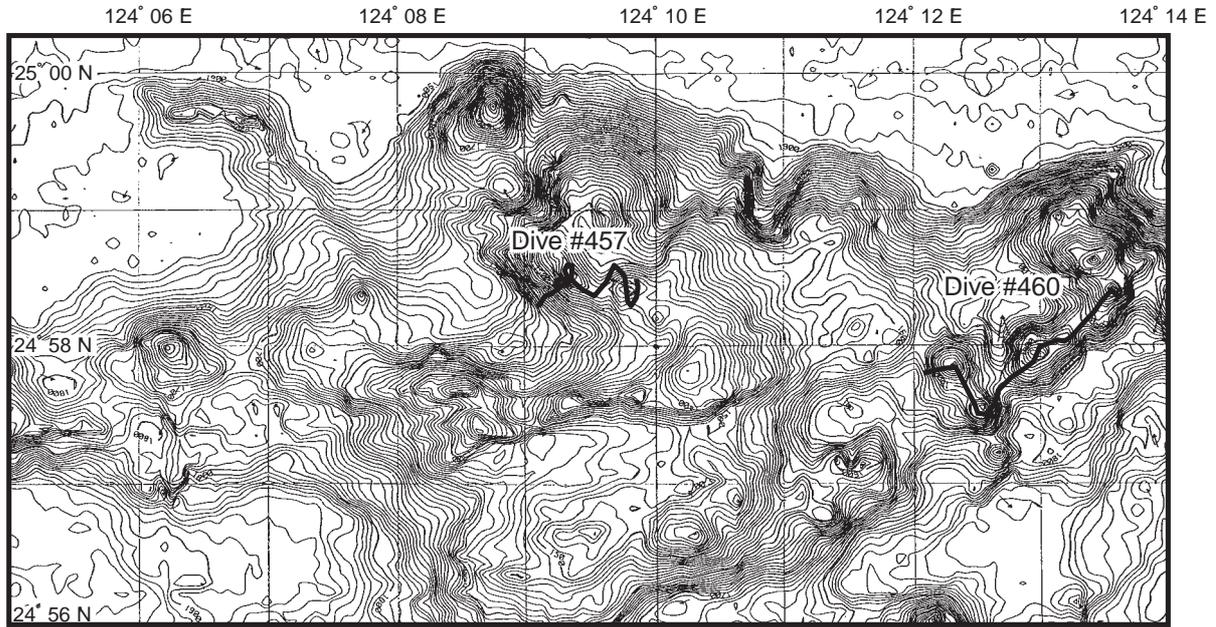


図8 石垣海丘群における調査航跡図。
Fig. 8 Survey lines by "Dolphin-3K" on the Ishigaki Knolls.

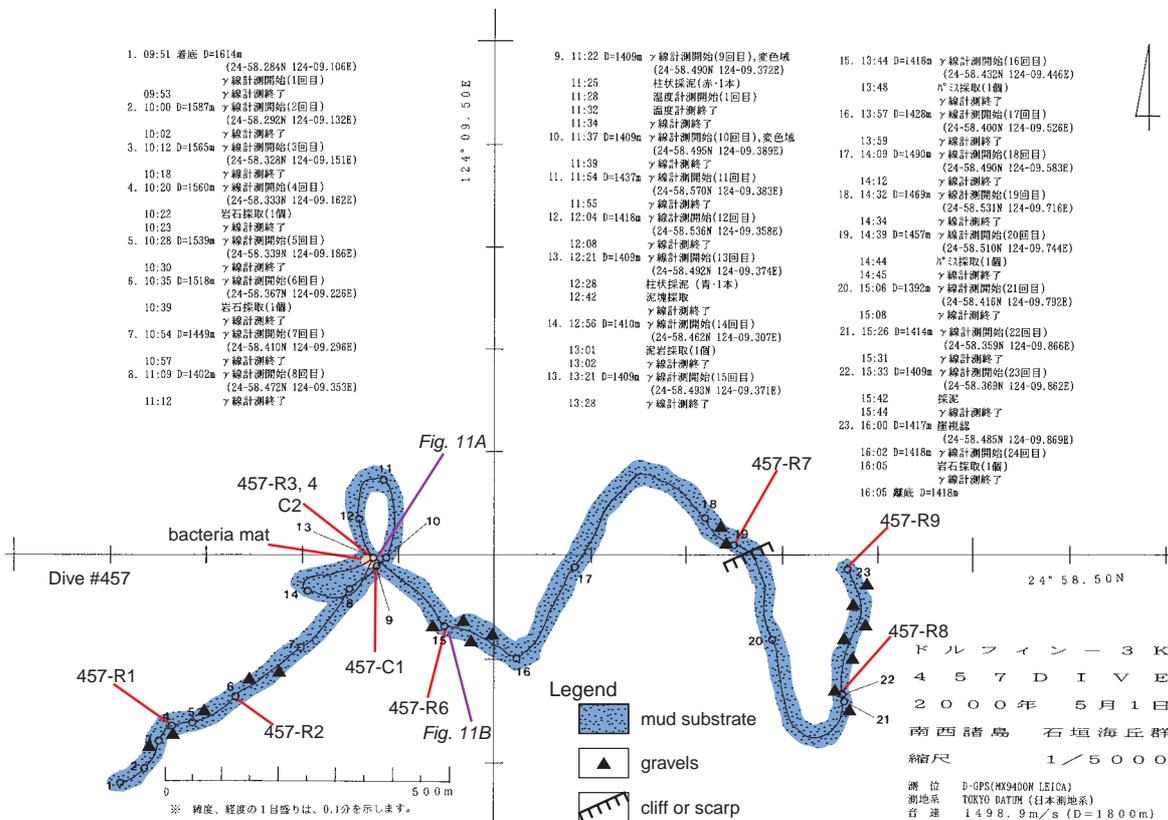


図9 「ドルフィン3K」第457潜航調査ルートマップ
Fig. 9 Route map of "Dolphin-3K" 457 Dive.

3.2. 調査結果概要

石垣海丘群の中央部および東側の海丘において、次の2潜航調査を実施した(図1,8)。なお、各潜航によって採取された試料のリストを表2に示した。

(1)第457潜航(図9)

本潜航では、石垣海丘群中央部に位置する海丘頂部付近の精査とその周辺の観察を行いながらγ線を測定した。

調査域は全般に泥底であり、斜面域に軽石が散点的に分布する状況が観察された(図11B)。水深1,410m前後の頂部付近には変色域が散点的に認められた(図11A)。この変色域で堆積物の地中温度計測を試みたところ、周辺水温4.02℃から7.23℃までの3.21℃の温度上昇が計測された。1999年の「しんかい2000」で発見された高強度のγ線検出地点周辺では、最高7666CPS、ウラン系列の放射性核

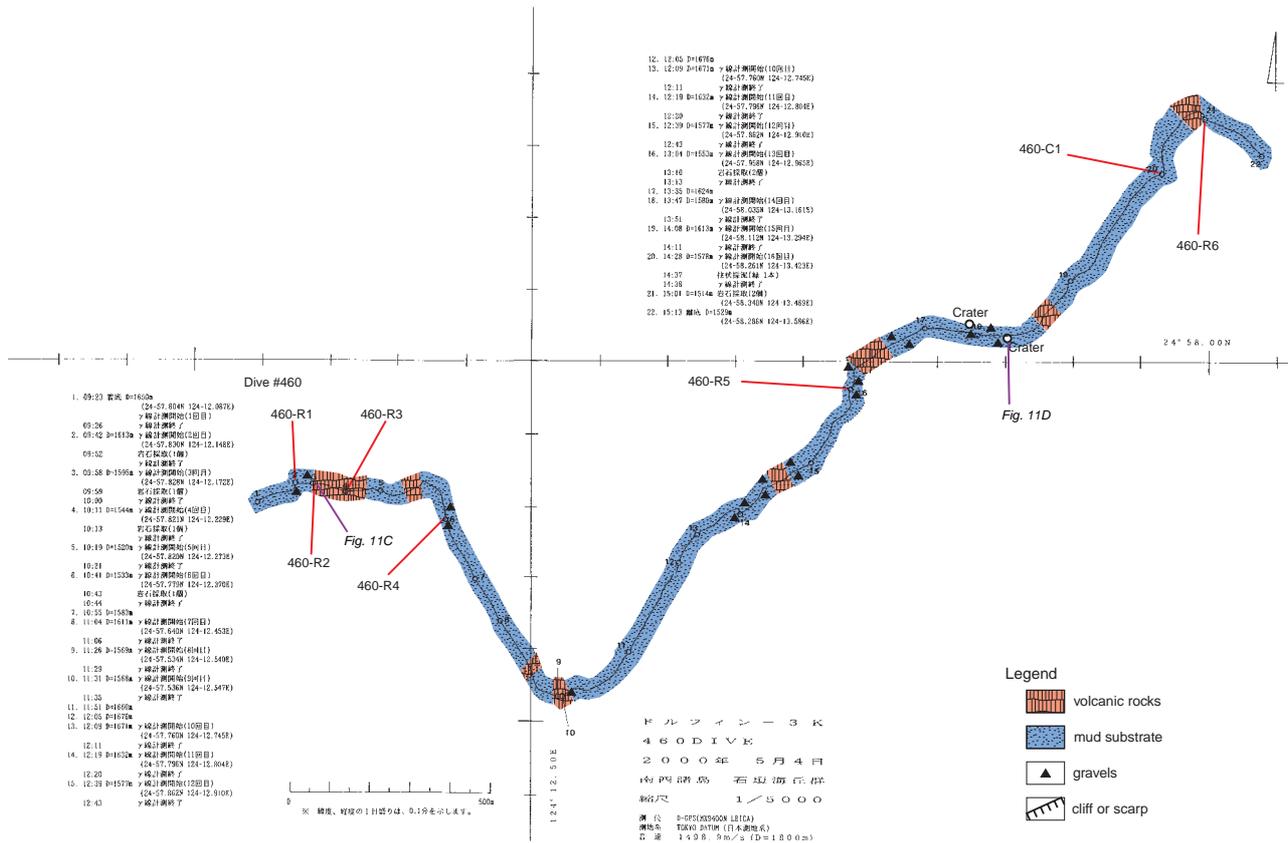


図10 「Dolphin-3K」第460潜航調査ルートマップ。
Fig.10 Route map of "Dolphin-3K" 460 Dive.

表2 「ドルフィン3K」第457・460潜航より得られた試料
Table 2 Samples recovered by Dives 457 and 462 of "Dolphin-3K".

Sample No.	Equipment	Sample Type	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth (m)	Description
D3K-457-R1	Manipulator	Rock	05/01/00	10:21	24-58.333N	124-09.162E	1560	lava 165x135x90 (mm)
D3K-457-R2	Manipulator	Rock	05/01/00	10:39	24-58.367N	124-09.226E	1518	pumice 120x80x75 (mm)
D3K-457-R3	Manipulator	Rock	05/01/00	12:28	24-58.492N	124-09.374E	1409	pumice 115x75x60 (mm)
D3K-457-R4	Rake Sampler	Rock	05/01/00	12:28	24-58.492N	124-09.374E	1409	pumice 200x15x55(mm)
D3K-457-R5								Lost
D3K-457-R6	Manipulator	Rock	05/01/00	13:45	24-58.432N	124-09.446E	1416	pumice 160x140x130 (mm)
D3K-457-R7	Manipulator	Rock	05/01/00	14:38	24-58.510N	124-09.744E	1458	pumice 140x10x40 (mm)
D3K-457-R8	Rake Sampler	Rock	05/01/00	15:44	24-58.369N	124-09.862E	1409	pumice 50x45x35 (mm)
D3K-457-R9	Manipulator	Rock	05/01/00	16:05	24-58.485N	124-09.869E	1416	pumice 185x150x120 (mm)
D3K-457-C1	Push Corer	Sediment	05/01/00	11:25	24-58.490N	124-09.372E	1406	dark gray mud
D3K-457-C2	Push Corer	Sediment	05/01/00	12:28	24-58.492N	124-09.307E	1409	dark gray mud
D3K-460-R1	Manipulator	Rock	05/04/00	9:53	24-57.830N	124-12.148E	1605	freshly dacite lava 130x75x50 (mm)
D3K-460-R2	Manipulator	Rock	05/04/00	9:58	24-57.828N	124-12.172E	1595	freshly dacite lava 255x160x70 (mm)
D3K-460-R3	Manipulator	Rock	05/04/00	10:13	24-57.821N	124-12.229E	1543	dacite lava, crushed
D3K-460-R4	Manipulator	Rock	05/04/00	10:44	24-57.779N	124-12.370E	1533	scoria, black 330x220x95 (mm)
D3K-460-R5	Manipulator	Rock	05/04/00	13:04	24-57.958N	124-12.965E	1553	freshly dacite lava 250x200x125 (mm)
D3K-460-R6	Manipulator	Rock	05/04/00	15:01	24-58.340N	124-13.489E	1514	dacite lava 230x95x60 (mm)
D3K-460-C1	Push Corer	Sediment	05/04/00	14:28	24-58.261N	124-13.423E	1577	mud (120 mm)

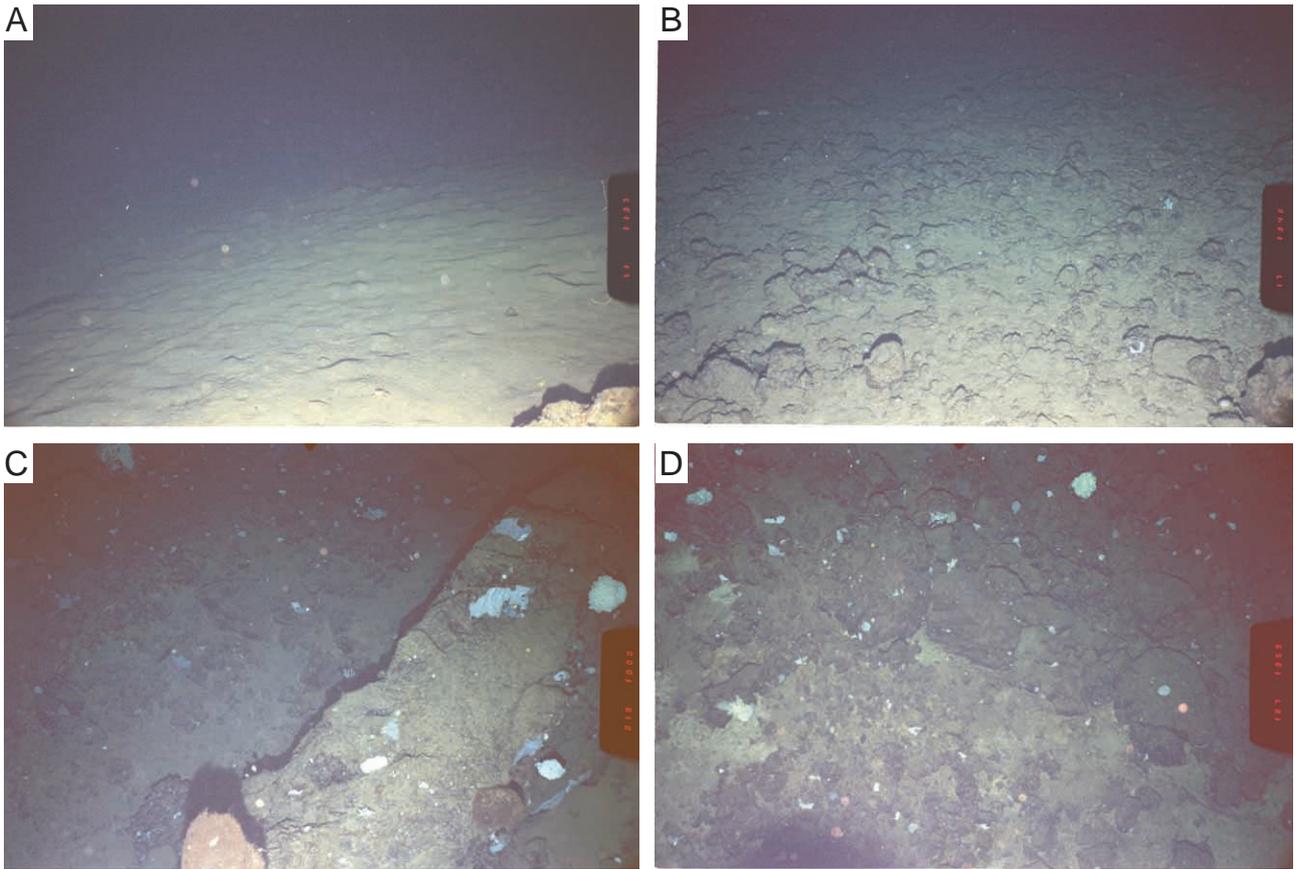


図11 石垣海丘群の海底状況。A: バクテリアマット周辺の泥底。第457潜航,水深1409m。B: 海底表面を広く覆う軽石の転石。第457潜航,水深1416m。C: デイサイト～流紋岩質溶岩の露頭。第460潜航,水深1595m。D: 旧火口周辺に分布するデイサイト～流紋岩質溶岩の転石群。第460潜航,水深1580m。

Fig.11 Photographs of the Ishigaki Knolls. A: Mud substrate around the bacteria mat (Dive #457, 1409 m deep). B: Blocks and gravels of pumice (Dive #457, 1416 m deep). C: Outcrop of dacitic-rhyolitic lava (Dive #460, 1595 m deep). D: Blocks of dacitic-rhyolitic lava around the old crater (Dive #460, 1580 m deep).

種濃度316.91ppm,トリウム系列濃度102.55ppmを示す,極めて放射線レベルの高い地帯を発見した(図12A)。しかしながら,採取した柱状採泥試料・岩石(軽石・シルト岩・マンガクラスト)試料は,通常の放射線レベルを示し,高い放射線強度を示す試料は得られなかった。高い放射線強度を示す物質の正体は未だ不明である。

(2)第460潜航(図10)

石垣海丘群の東部に位置する小海丘3個の頂部付近を調査するため,西側の海丘麓に着底した。着底後ほぼ90度方向に航走し最初の海丘頂部に到着した。この間の斜面にはデイサイト～流紋岩質溶岩の露出が認められた(図11C)。頂部は平坦な泥底であり,100CPSと比較的放射線強度は低かった(図12B)。次の頂部も平坦な泥底であり, γ 線強度は80CPSであった。この2つめの頂部東方に,火口と推定される2つの凹地が見出された(図11D)。3つめの頂部では,200CPSとやや高い γ 線強度が計測された。

3.3. 考察

石垣海丘群は東西22 km,南北7 kmで東西に伸びた形

をしている。海丘内には複数の高まりがあり,それぞれが単寿命の小火山である可能性が高い。第460潜航では1つの高まりにおいて火口跡も確認された。石垣海丘群の周辺にも鳩間海丘・水納海丘といった単成火山が存在する。これらの特徴は,マグマの噴出が複数の噴火口から行われたことを示す。石垣海丘周辺地域は,小火山(おそらく大部分は単成火山)の集合体,すなわち単成火山群と呼んだほうがいいかもしれない。またこの潜航では,デイサイト質溶岩に加えて発泡不良のスコリア質岩石を採取した。これは現地性であり,石垣海丘群においてもバイモダルの火山活動が存在することが明らかになった。

第457潜航の γ 線測定結果は,これまでの「しんかい2000」の計測を支持するもので,最高強度7,666 CPS,カリウムは最高4.62%,ウラン系列は316.91ppm,トリウム系列は192.55ppmという高い値を示した。しかしながら,試料の船上 γ 線計測では通常の軽石やシルト岩と変わらない低い値を示した事で,放射線源については突き止めることができなかった。極めて不可解な事実であり広域的に再調査を行う必要がある。一方変色域での温度上昇は,地下に何

表3 「ドルフィン3K」第458・459潜航より得られた試料

Table 3 Samples recovered by Dives 458 and 459 of "Dolphin-3K".

Sample No.	Equipment	Sample Type	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth (m)	Description
D3K-458-R1	Manipulator	Rock	05/02/00	9:54	25-06.715N	123-05.483E	1639	freshly pumice 220x170x105 (mm)
D3K-458-C1	Push Corer	Sediment	05/02/00	11:37	25-06.100N	123-05.449E	1638	dark gray mud
D3K-458-C2	Push Corer	Sediment	05/02/00	11:56	25-06.075N	123-05.452E	1620	dark gray mud
D3K-458-C3	Push Corer	Sediment	05/02/00	16:11	25-05.303N	123-05.359E	1611	dark gray mud (105 mm)
D3K-459-R1	Manipulator	Rock	05/03/00	13:30	24-48.847N	122-56.929E	1539	pumice 65x45x30 (mm)
D3K-459-R2	Manipulator	Rock	05/03/00	13:38	24-48.828N	122-56.941E	1542	pumice 100x60x80 (mm)
D3K-459-R3	Manipulator	Rock	05/03/00	16:02	24-48.008N	122-59.999E	1514	pumice 110x85x60 (mm)
D3K-459-C1	Push Corer	Sediment	05/03/00	11:43	24-49.397N	122-56.959E	1583	dark gray mud (100 mm)
D3K-459-C2	Push Corer	Sediment	05/03/00	12:10	24-49.305N	122-56.894E	1578	dark gray mud (60 mm)
D3K-459-C3	Push Corer	Sediment	05/03/00	14:06	24-48.675N	122-56.972E	1545	dark gray mud (130 mm)

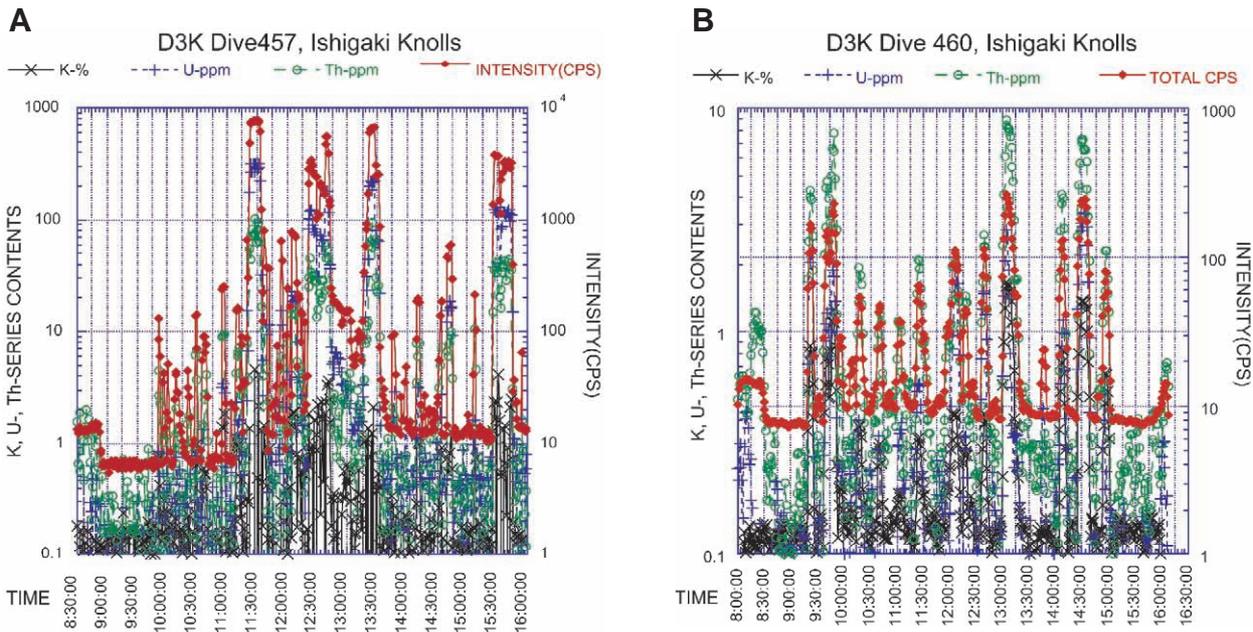


図12 石垣海丘群「Dolphin-3K」第457潜航(A)および第460潜航(B)の時系列γ線強度・核種濃度。

Fig.12 Time series graphs of the Ishigaki Knolls, "Dolphin-3K" 457 (A) and 460 (B) Dive.

らかの熱源の存在を示唆していると考えられ、それに起因する間隙流体の存在も指摘できよう。海底下の構造探査も今後行う必要がある。

4. 沖縄トラフ西端

4.1. 目的

沖縄トラフ南西端は、現在リフティングの初期段階にあり地殻変動の活発な地域である。Sibuet *et al.* (1998)により、本海域に中国大陸ならびに八重山諸島から蛇行する海底チャネル群が発見された。本調査は、1)チャネル地形の確認、2)チャネルの形成過程・時期の特定、を目的とした。

4.2. 調査結果概要

沖縄トラフの西端に位置する北側のチャネルと、与那国島北方に位置する南側のチャネルにおいて潜航調査を実施した(図1)。なお、各潜航によって採取された試料のリストを表3に示した。

(1)第458潜航(図13)

中国大陸方面から沖縄トラフ西端部の中央地溝帯に達する、蛇行した海底チャネルの成因を解明するため、蛇行部2箇所をほぼ南北に横切る測線に沿って航走し、目視観察および試料採取を行った。チャネル側壁の北方約1,000mより南進した。このチャネルは、ENE-WSW方向に伸びる海台状地形に発達しており、したがって、上り斜面をチャネルに向かい、チャネルを2箇所通過した後に下り斜面を降りる行程となった。海域全体は軟泥に覆われており、チャネル域外では海底表面に生物の巣穴・這い痕などが多く見られた。チャネルの深さは約40m、幅は潜航地点付近で約500~600mである。乱泥流等による浸蝕痕あるいは断層運動痕などは一切観察されず、一様に軟泥に覆われていた。北側のチャネルの南側側壁、南側のチャネルの南北両側壁において、斜面上に堆積物の崩落した痕や割れ目がほぼ等深線に沿って分布していることを確認した(図15A)。これは堆積した軟泥による小規模な地滑りと推定される。

(2)第459潜航(図14)

潜航海域を南北に延びる海底チャネルの地形調査を行った。調査域すべてが軟泥によって覆われている。チャネルの深さは約30m程度のU字形をしており、側壁には崩壊地形や階段状地形が認められた。また、軟泥で覆われた小さなマウンド状構造がチャネルの内外に分布している。これらのマウンドは、堆積物のスランピングもしくは生物活動によって形成された可能性がある。一方、直径0.5~1m程度の新鮮な軽石の転石が、チャネルの外側の平坦面に多く分布している事が確認された(図15B)。本チャネルは、北側のチャネル比べ、より多くのチャネル側壁の崩落が認められた。

4.3. 考察

調査の結果、1)比高30~50m程のチャネルの存在、2)急斜面での小規模スランブ構造以外に乱泥流による浸蝕や堆積作用は認められず、半遠洋性堆積物に一樣に覆われる、3)チャネルに沿って断層は認められない、という事実が明らかとなった。したがって、これらのチャネルは現在放棄されたものと考えられる。この要因としては、沖縄トラフのリフティングに伴う基盤の沈降等による地形変動、あるいはチャネル基部付近に噴出した海底火山による供給流路の変更等が考えられよう。なお、γ線測定結果を図16に示した。南側のチャネルは北側に比較してより高い値を示しており、軽石等の火山との関連が想定される。関連して、これら新鮮な軽石の転石上には堆積物がほとんど認めら

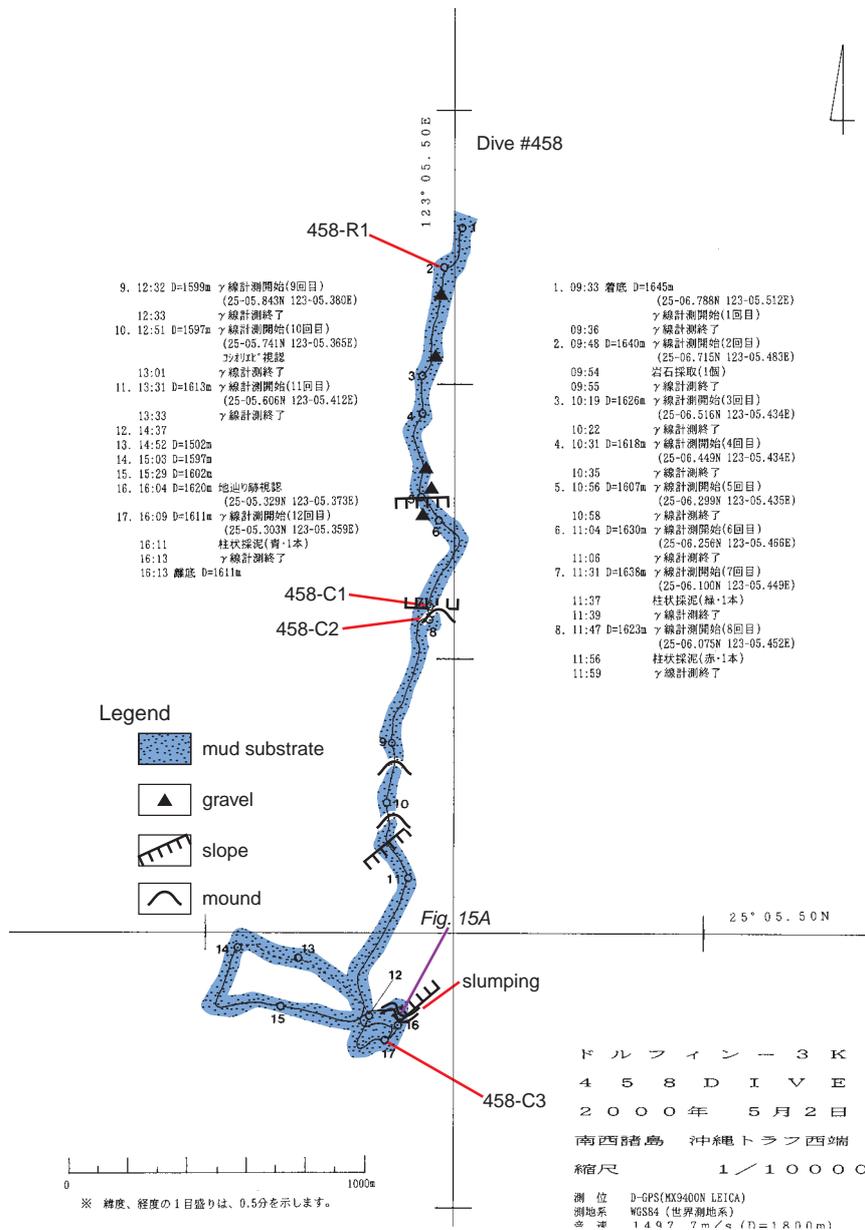


図13 「Dolphin-3K」第458潜航調査ルートマップ。

Fig.13 Route map of "Dolphin-3K" 458 Dive.

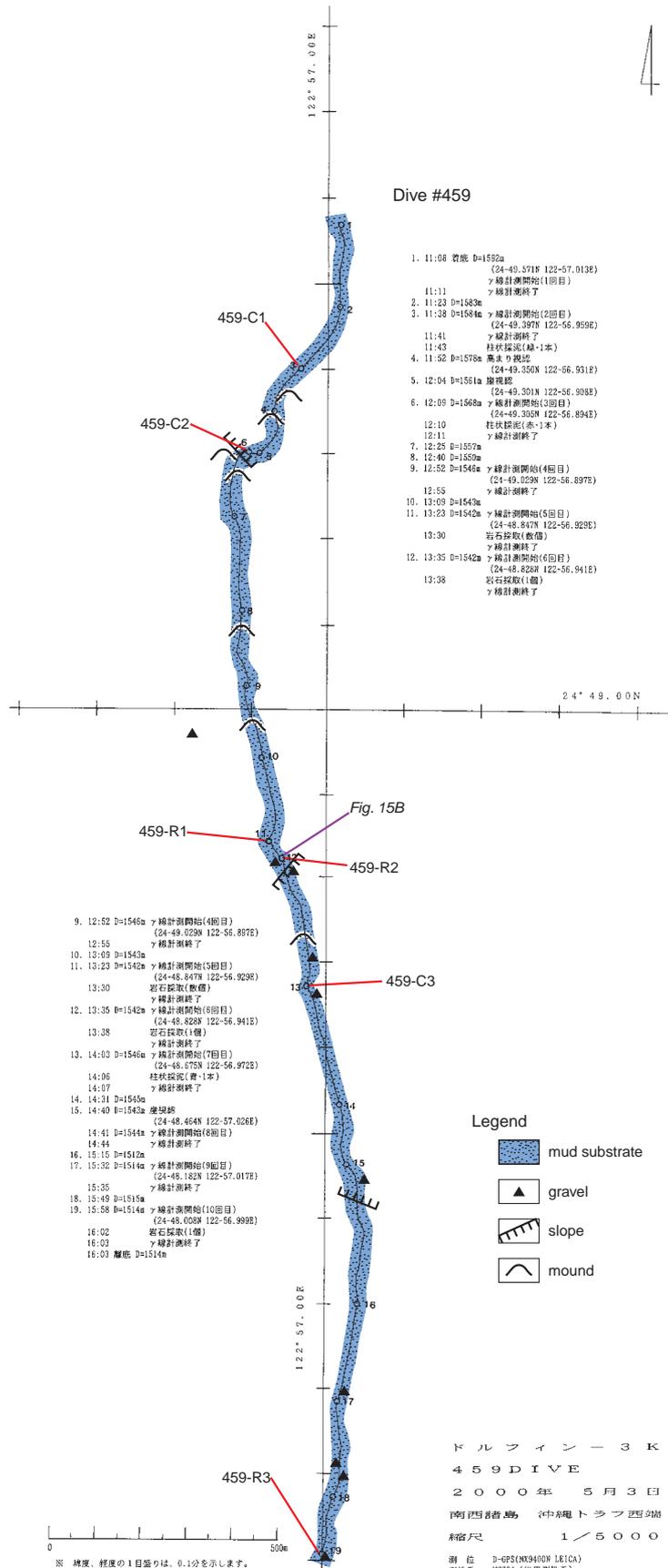


図14 「Dolphin-3K」第459潜航調査ルートマップ。

Fig.14 Route map of "Dolphin-3K" 459 Dive.

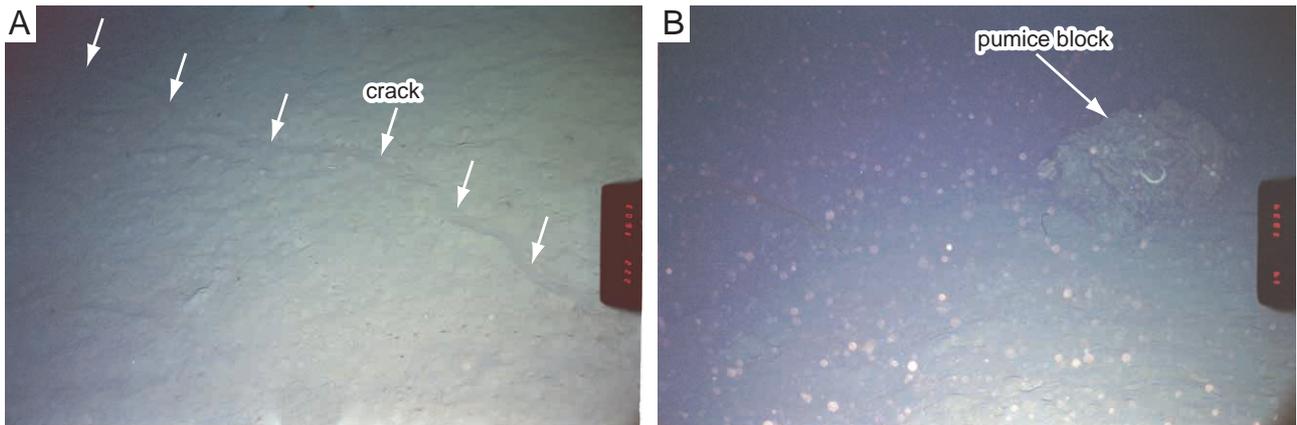


図15 南部沖縄トラフ底の海底チャネル。A: 北部のチャネル側壁上部に認められる地滑り頂部の割れ目。第458潜航,水深1620m。B: 南部のチャネル自然堤防部に認められた軽石の転石。第459潜航,水深1542m。

Fig.15 Photographs of the submarine channels in the southern Okinawa Trough. A: A crack found on the upper part of the channel wall (Dive #458, 1620 m deep). B: Pumice block found on the natural levee deposits (Dive #459, 1542 m deep).

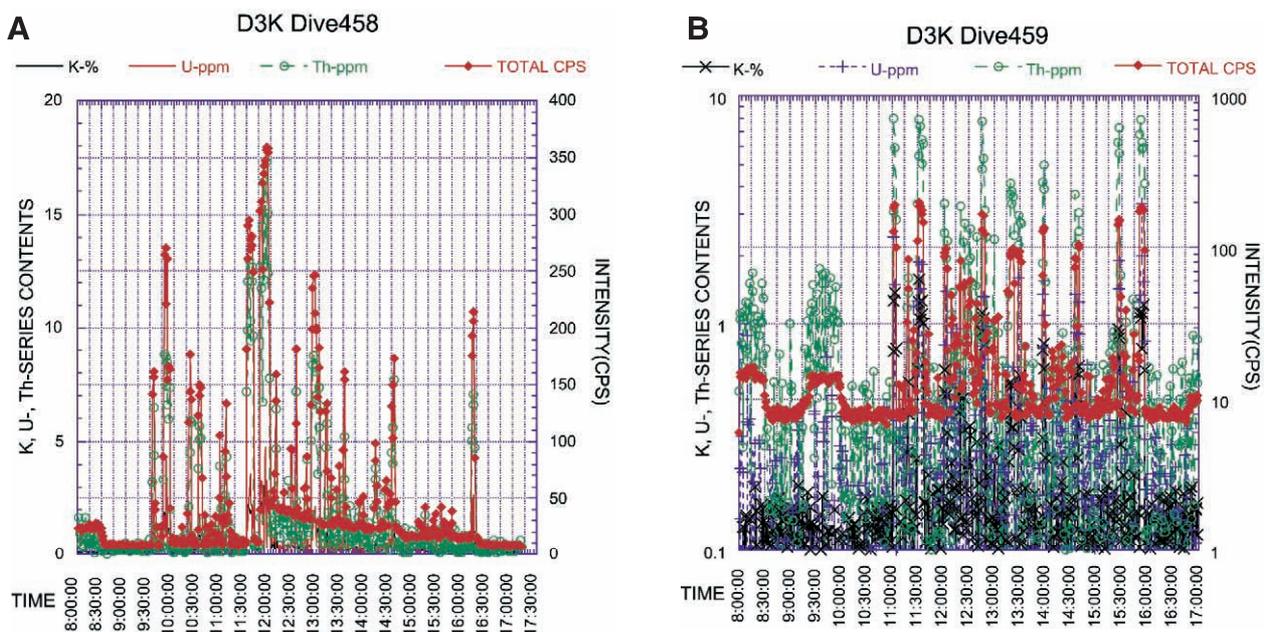


図16 南沖縄トラフ底の海底チャネルにおける「Dolphin-3K」第458潜航(A)および第459潜航(B)の時系列γ線強度・核種濃度。

Fig.16 Time series graphs of the submarine channels in the southern Okinawa Trough, "Dolphin-3K" 457 (A) and 460 (B) Dive.

れない事から,ごく最近の噴出物であると推定される。南方には比高50mの東西に延びる高まりがあり,これに近くにつれ転石が多くなる傾向がある。この高まりはチャネルを切っており,チャネルの形成より新时期である事を示す。すなわち,この高まりが第四紀火山である可能性が高い。

5. 火山岩の岩石学的考察

5.1. 火山岩の岩石記載と全岩化学組成

第459潜航(与那国島北方チャネル)と第460潜航(石垣海

丘群)では多数の火山岩が採取された。第459潜航の岩石はすべて軽石で,斑晶鉱物は斜長石+斜方輝石である。第460潜航の岩石は灰白色の溶岩であり,斜長石+斜方輝石+単斜輝石+石英+Fe-Ti酸化物の鉱物組合せをもつ。これらの岩石の代表的なものについて主成分組成を分析した。結果を表4に示す。分析方法はガラスビードを用いた蛍光X線法(XRF)によった。第459潜航の試料(すべて軽石)はややSiO₂が低く,安山岩~デイサイト組成である(図17a)。一方,第460潜航の岩石(すべて溶岩)はデイサイト~流紋岩

表4 「ドルフィン3K」第459潜航および第460潜航で得られた火山岩の主成分元素組成 (wt.%)

Table 4 Major element composition (wt.%) for volcanic rocks taken by "Dolphin-3K" 459 and 460 Dives.

	3K#459			D3K#460			
	459R1	459R2	459R3	460R1	460R2	460R5	460R6
SiO ₂	64.86	58.95	60.60	69.53	69.29	69.46	68.85
TiO ₂	0.59	0.49	0.53	0.32	0.32	0.32	0.36
Al ₂ O ₃	17.70	24.32	20.59	14.16	13.70	14.40	14.06
Fe ₂ O ₃	5.27	4.53	5.14	2.80	3.01	3.02	3.63
MnO	0.10	0.08	0.09	0.07	0.08	0.08	0.08
MgO	1.34	1.22	1.34	0.60	0.63	0.62	1.04
CaO	4.20	4.18	4.30	2.58	2.64	2.58	3.25
Na ₂ O	2.72	2.52	2.59	3.72	3.69	3.68	3.59
K ₂ O	2.24	2.03	2.16	2.08	2.14	2.09	1.74
P ₂ O ₅	0.09	0.08	0.11	0.05	0.05	0.06	0.06
Total	99.11	98.39	97.45	95.91	95.55	96.33	96.66

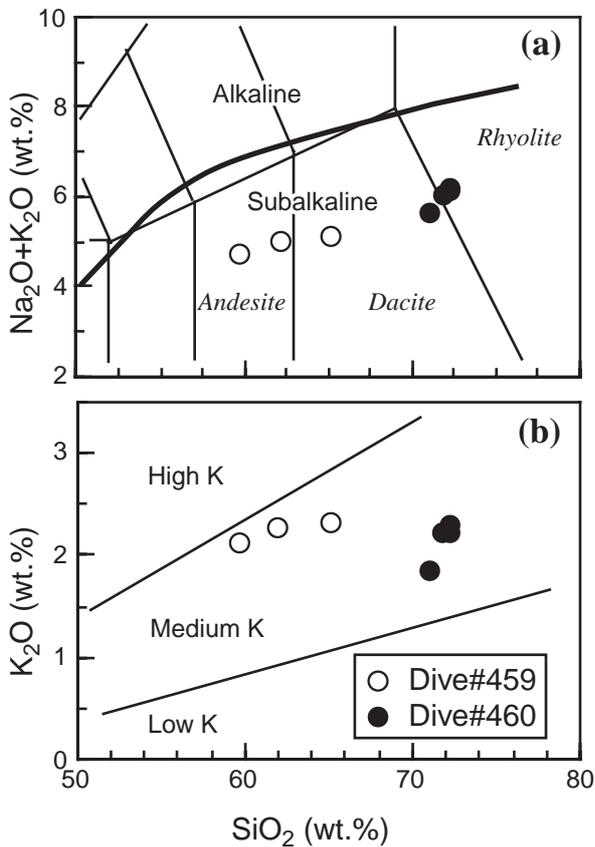


図17 (a)アルカリ - SiO₂ 図 (Le Maitre *et al.*, 1989)。アルカリ岩と非アルカリ岩系列の境界線はKuno (1966) による。

(b) K₂O-SiO₂ 図 (Le Maitre *et al.*, 1989)。

Fig.17 (a) Total alkalis vs. silica diagram (Le Maitre *et al.*, 1989). The boundary between alkaline and subalkaline series taken from Kuno (1966). (b) Subdivision of subalkalic rocks using K₂O vs. silica diagram (Le Maitre *et al.*, 1989).

である。両潜航調査の岩石は中間カリの岩石系列にプロットされるが(図17b),第459潜航の岩石はややK₂Oに富む傾向がある。

5.2. 石垣海丘群の考察

パイモータルな火山活動で特徴づけられ,量的にはデイサイト~流紋岩質の酸性火山岩が多い。今回の石垣海丘群における潜航(第460潜航)でデイサイト~流紋岩質溶岩に加えて発泡不良のスコリア質岩石が採取された。これは現地性であり,石垣海丘群でも玄武岩質岩石と流紋岩質岩石が存在する事が明らかになった。石垣海丘群の南方の西表海丘はデイサイト~流紋岩,南西の第1小浜・第2小浜海丘は玄武岩質安山岩からなる事が最近わかった(渡辺, 2000)。1997年の長崎丸航海時に,石垣海丘群(RN97-D8)と水納海丘(RN97-D8')でドレッジされた岩石は,軽石・スコリア・流紋岩質溶岩であった(Shinjo *et al.*, 1998)。これらの岩石は第460潜航の試料と比較してK₂Oに乏しく, SiO₂ vs. K₂O図では低カリと中間カリの境界付近にプロットされる。なお,西表海底火山に由来する軽石には,小豆大の暗色包有物を含むという肉眼的特徴があるが,今回得られた試料にはこの特徴がみられるものはなかった。

単成火山群,パイモータル火山活動は中部沖縄トラフ中央地溝(Shinjo *et al.* 1999)や伊豆半島の東伊豆単成火山群にみられるように,引張応力場にある火山活動の特徴である。石垣海丘群も活動的な沖縄トラフ内の八重山地溝近くにある事から,引張応力場にある事が示唆される。

今後,詳細な岩石学・地球化学的分析によって,1)玄武岩質岩石と流紋岩質岩石との成因関係,2)これらの岩石と北方の八重山地溝の火山岩との比較によるマグマ起源物質の広域組成変化とその要因を明らかにする必要がある。

謝辞

本調査航海を実施するにあたり,依田司令をはじめとす

る「ドルフィン3K」運行チームの皆様,母船「なつしま」の請
蔵船長以下乗組員の皆様には,調査行動全般にわたって
ご尽力を賜った。また本航海は関係各位のご支援なくして
はなしえなかった。研究者一同ここに記して謝意を表する
次第である。

引用文献

服部陸男・大場忠道・蟹江康光・秋元和實,“相模湾初
島沖で発見された自生の炭酸塩類”,JAMSTEC深海
研究,10,405-416(1994)。

服部陸男・岡野眞治,“海洋放射線測定,1998,1999年
度の成果”,JAMSTEC深海研究,16,57-67
(2000)。

Kuno, H., "Lateral variation of basalt magma types across
continental margins and island arcs", Bull. Volcanol., 29,
195-222 (1966).

Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre
Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H.,
Streckeisen, A., Woolley, A.R. and Zanettin, B., A classi-
fication of igneous rocks and glossary of terms
(Blackwell, Oxford, 1989).

町山栄章・武内里香・服部陸男・松本 剛・中村 衛・木
村政昭・松本 良,“八重山諸島黒島海丘に発達する
大規模冷湧水炭酸塩類 - 同位体組成からみる形成過
程の考察 - ”,日本地質学会第107年大会演旨,85
(2000)。

松本 剛・木村政昭,“1771年八重山地震津波発生域にお
ける精密海底地形調査と津波発生メカニズムに関す
る一考察”,地震第2輯,45,417-426(1993)。

松本 剛・木村政昭・西田史朗・中村俊夫・小野朋典,“八
重山南岸沖の黒島海丘で発見された化学合成生物群
集と海底表面の破碎について(NT97-14次航海)”,
JAMSTEC深海研究,14,477-491(1998)。

小川勇二郎,“ガスチムニーとサンドチムニー”,月刊地球号
外,16,74-80(1996)。

Sakai, H., Gamo, T., Ogawa, Y., and Boulegue, J., "Stable iso-
topic ratios and origins of the carbonates associated with
cold seepage at the eastern Nankai Trough", EPSL, 109,
391-404 (1992).

Shinjo, R., Chung, S.-L., Kato, Y. and Kimura, M.,
"Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of vol-
canic rocks from the Okinawa Trough and Ryukyu Arc:
Implications for the evolution of a young, intracontinental
back arc basin", J. Geophys. Res., 104 (B5), 10591-10608
(1999).

Shinjo, R., Motoyama, I., Nakamura, M., Takaki, Y., Nishida,
H., Morii, Y. and Tanaka, H., "Report on RN97 Cruise by
T/S Nagasaki Maru in the Southern Okinawa Trough",
Bull. Coll. Sci., Univ. Ryukyus, 65, 39-51 (1998).

Sibuet, J.-C., Deffontaines, B., Hsu, S.-K., Thureau, N., La
Formal, J.-P., Liu, C.-S., and ACT party, "Okinawa
trough backarc basin: Early tectonic and magmatic evolu-
tion", JGR, 103 (B12), 30,245-30,267 (1998).

渡辺一樹,“西表島北北東沖海丘群の潜航調査 - 西表海丘,
第1,第2小浜海丘 - ”,JAMSTEC深海研究,16,19-28
(2000)。

(原稿受理:2001年2月6日)