

## 沖縄トラフ中部，伊是名海穴の地形と地質 —1987，88年の潜航結果—

加藤幸弘\*<sup>1</sup> 中村光一\*<sup>2</sup> 岩瀬 洋\*<sup>1</sup> 橋本 惇\*<sup>3</sup> 金子康江\*<sup>1</sup>

活動的な熱水性鉱床が発見された伊是名海穴は，沖縄本島の北西110kmの沖縄トラフに位置する。伊是名海穴は，長径6km短径3km，最大水深1,665mの凹地である。1987年および1988年に伊是名海穴の北東斜面，南斜面，中央部小海丘で「しんかい2000」および深海曳航式カメラによる潜航調査を行い，以下のような結果が得られた。

- 1) 中央部小海丘は，デイサイトの塊状溶岩で構成され，高い地殻熱流量を示す。
- 2) 海穴壁に露出する堆積層は，凝灰岩，凝灰角礫岩，材木状軽石に富む凝灰岩，泥岩である。
- 3) 海穴北東斜面では海底熱水性鉱床を作るチムニーが形成されている場所を3ヶ所見いだした。また，広い範囲で熱水による変質域が存在する。

これらの結果から，伊是名海穴が陥没地形として形成された時に，放出された火山性物質が存在するかどうか確証はないが，火山活動と強く関係する構造であると考えられる。また，水路部の測量船「拓洋」による測深データと考えあわせると，海底熱水性鉱床は局所的な高まりの上に形成されており，同様な微地形を示す場所における熱水性鉱床の探査が今後望まれる。

## Geology and Topography in the Izena Hole of the Middle Okinawa Trough — the Results of Diving Surveys in 1987 and 1988 —

Yukihiro KATO\*<sup>4</sup>, Ko-ichi NAKAMURA\*<sup>5</sup>, Yo IWABUCHI\*<sup>4</sup>,  
Jun HASHIMOTO\*<sup>6</sup> and Yasue KANEKO\*<sup>4</sup>

The Izena Hole, where active hydrothermal deposits were discovered, lies in the Okinawa Trough, 110km northwest of the Okinawa Island. The hole is 1,665m in maximum depth, and measures 3km in minor axis and 6km in major axis. Sea floor surveys were made in the northeastern slope, southern slope and central knolls by the submersible "SHINKAI 2000" and JAMSTEC "Deep-Tow Systems". The results are summarized as follows:

\*<sup>1</sup> 海上保安庁 水路部

\*<sup>2</sup> 工業技術院地質調査所 海洋地質部

\*<sup>3</sup> 海洋科学技術センター

\*<sup>4</sup> Hydrographic Department, Maritime Safety Agency

\*<sup>5</sup> Marine Geology Department, Geological Survey of Japan

\*<sup>6</sup> Japan Marine Science and Technology Center

- 1) The central knolls were composed of massive dacitic lava. High heat flow value was obtained at the Central Knoll A.
- 2) The sedimentary rocks, which were exposed in the wall of the hole, were composed of tuff, tuff breccia, tuff rich in woody pumice and mudstone.
- 3) Chimneys, with hydrothermal deposits, were discovered in three areas of the northeastern slope. Altered areas were spread in the slope.

These results suggest that the Izena Hole has been in close association with volcanic activity. Taking into consideration the bathymetric survey results of the S/V "TAKUYO", hydrothermal deposits are shown to be formed on small heights on the slope. It is desirable to explore hydrothermal deposits in areas of similar topography.

### 1. はじめに

1988年6月、西ドイツ調査船ゾンネ号を用いた日独共同調査によって、大陸性地殻を持つ背弧海盆では初めて、沖縄トラフ中部の伊是名海穴において海底熱水性鉱床が発見された (Halbach et al. 1989)。これは、今まで地質時代のものでしか見ることができなかった黒鉱鉱床の初めての現世における発見というべきもので、その発見の地質学的意義は極めて大きい。この日独共同調査による発見は、前年度の我々の「しんかい2000」を用いた伊是名海穴の潜航調査のデータ (中村ほか1987) に基づいて、熱水性鉱床が存在する可能性のある有望な地点として、日本側から調査海域として提案された結果であるということも、特筆すべきことであろう。

海上保安庁水路部と地質調査所の共同潜航調査2年目の潜航海域として、伊是名海穴が選ばれた理由は次のようなものである。我々の共同調査は沖縄トラフのテクトニクスの大枠を理解するために潜航対象を選んできたが、奄美大島より久米島までの沖縄トラフの琉球弧寄りの部分には、大小様々な海盆、海穴地形があり、一つの特徴をなしている。その成因は構造性陥没から火山性カルデラまでいくつか考えられるが、大まかな地形データ以外に十分な地質データがなかった。シービームによる海底地形図 I, II 区の中で伊是名海穴が極めて目を引く地形であり (加藤 茂他の本号報

告を参照)、また逆に、伊是名海穴と他の2, 3の海穴地形のみが100%カバーのシービーム海底地形図に含まれ、詳細な海底地形データを有していた事である。特に伊是名海穴は一見カルデラに見えながら矩形を呈して、一辺は沖縄トラフのこの地域の正断層系と平行で、他の辺は transfer 断層系と平行な走向を持つことから、ここで海底地形の成因を火山性か構造性か、あるいはその両者がどの様に関連しているのか見通しをつけることができれば、他の同様な地形についても手がかりが得られるだろうと考えたわけである。

一方、1987年当初から我々は、伊是名海穴には海底熱水性鉱床があるのではないかと考えていたその根拠は次の3点である。

① 沖縄トラフの形成時期が、従来の見解よりずっと新しく最近のものであることを示すデータが増えてきたが、中新世の東北日本において、日本海の形成に深く関連するであろう青沢リフトの形成直後に、黒鉱鉱床が生成している事実を考え合わせると、現在、沖縄トラフのどこかに海底熱水性鉱床が生じてもおかしくない (山路・佐藤1989 中村・山路1989)。

② 中新世黒鉱生成場 (いわゆる黒鉱ベルト) は青沢リフト (最大沈降部でもある) よりも島弧寄りであるが、沖縄トラフでも現在リソスフェアの伸張が最も進んで、最も沈降している部分は、I 区では伊平屋海丘群付近で、伊是名海穴はそ

より島弧寄りに位置しており、テクトニック・セッティングが似ている。

③ 黒鉱は海底カルデラの中に生じているという説が近年提出されており (Ohmoto 1978), 代表的黒鉱鉱床である釈迦内鉱床の古地形 (汲田ほか 1982) と比較しても伊是名海穴は, その可能性を十分秘めているように見える。

1987年の調査は, 橋本らによる保圧型深海微生物採集器のテストを主目的とする潜航を含めて, 5潜航が伊是名海穴で計画され, 最初に海洋科学技術センター所有の深海曳航式カメラによる事前調査を行い, 中央部の小海丘と周壁の3ヶ所に予定潜航ルートを設定した。また, 海穴地形が火山性ならば, 火山性物質欠損による負の重力異常が期待されるが (Yokoyama 1963), 伊是名海穴ほどの大きさでは船上の重力の測定結果から判定するのは難しいので, 海底における重力測定も計画されていた (金子が潜航予定)。しかしながら, 機器のトラブルにより橋本の潜航は採集器のテストのみでほとんど移動することなく終了し, その後の台風による天候の悪化のため, 重力測定の潜

航と周壁の各1潜航が中止となった。Dive 290で得られた中央部での高い地殻熱流量値は, 1988年6月の日独共同調査に際して, 伊是名海穴を調査対象に含めるという決定をする上で, 重要な役割を果たした。

1988年の調査は, 6月の鉱床発見の成果を受けてゾンネ号航海の海底観察システムの航跡, ドレッジ作業航跡のうち硫化物鉱石の得られた際の航跡が集中する場所を選んで, Dive 359の予定航跡が設定された。Dive 359では離底予定時刻間近に水深1,330mで, 活動中のチムニーを含む鉱床地帯 (鉱床サイト1) に遭遇した (加藤, 岩淵 1988)。Dive 360では, ゾンネ号のデータとDive 359における活動を停止したチムニーの存在 (鉱床サイト3) から, 1,400m付近と1,330m付近の2ヶ所に鉱床の存在を予測し, 水深1,410mで活動中のチムニーを含む (鉱床サイト2) を発見し, 後半では鉱床サイト1に到達した (中村ほか 1988)。

水路部と地質調査所の潜航調査では兩年とも, 採泥管2本と, 東京大学地震研究所の地殻熱流量測定用温度計を携行し, 航走中は目視観察, ビデオ, ステレオカメラ, 船内カメラ撮影を実施した。本報告では, 事前曳航調査, Dive 289, 290, 291, 359, 360, 361の観察結果と合わせて, 伊是名海穴の潜航調査で判明した地質学的結果について述べる。伊是名海穴の鉱床の分布についての知見のまとめ, 鉱床地帯の詳細な記載, サンプルの記載, 分析結果は, 本号の他の報告で論じられているので, 詳細についてはそれらを参照されたい。

## 2. 伊是名海穴の海底地形

伊是名海穴の地形については, 水路部の測量船「拓洋」が1986年に行ったシービーム調査によって詳しく判明しており, その成果は5万分の1海底地形図として, まとめられている (春日ほか1987)。ところが, 1987年のDive 291の潜航調査の際, 「しんかい2000」の測深データと5万分の1海底地形図と比較したところ, 一致しない部分があることが分かった。1988年の「しんかい2000」による潜航調査後, 再度, 伊是名海穴周辺のシービームデータを見直したところ, 一部に不良データが含ま

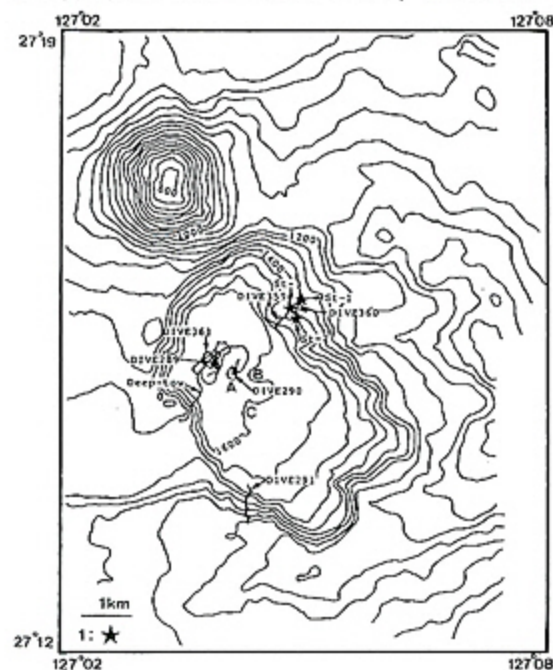


図1 潜水船「しんかい2000」および深海曳航ビデオの航跡図 1: 鉱床サイト

Fig. 1 Track lines of "SINKAI 2000" and JAMSTEC Deep-Tow Systems. 1: Hydrothermal deposit site

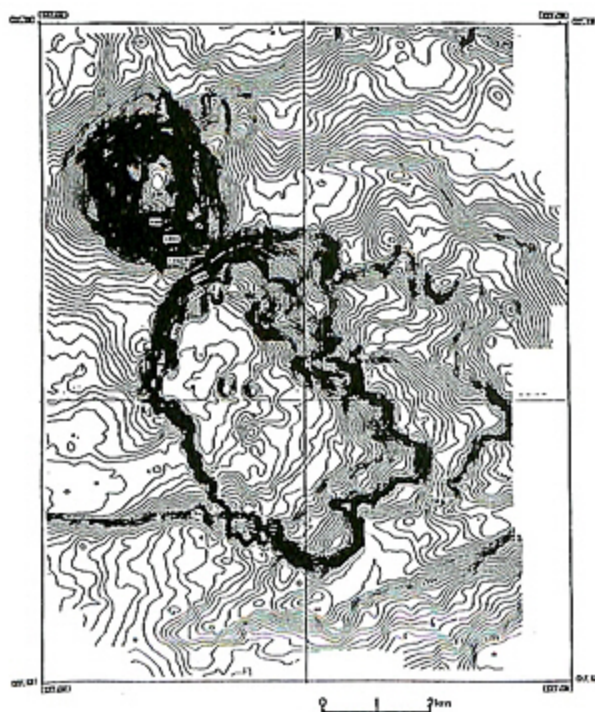


図2 伊是名海穴地形図  
Fig. 2 Topographic map of Izena Hole.

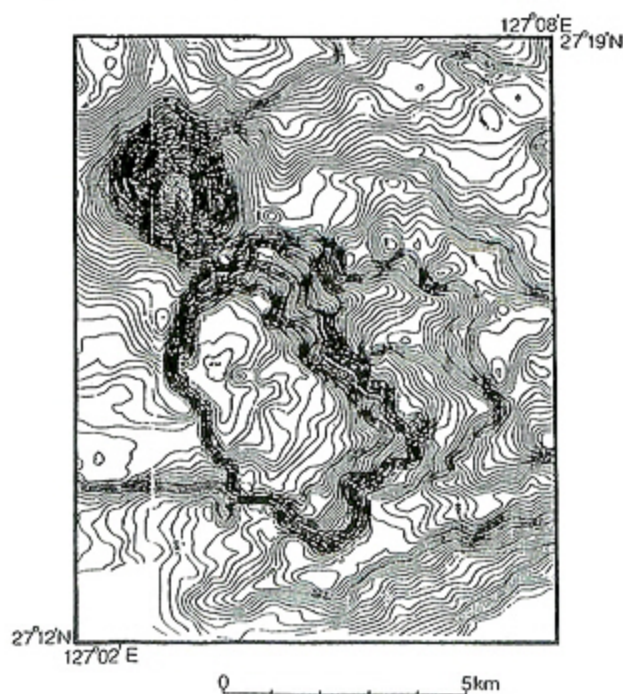


図3 再処理を行う前の伊是名海穴の地形図  
Fig. 3 Topographic map of Izena Hole before reprocessing.

れており、Dive 291の海域は特にデータが悪いところであった。それら不良データを削除し、また、測位データの見直しを行い、新しく2万分の1海底地形図を作成した。それが図2である。新しい図では、不良データを削除した結果、シービームのカバー率が若干低下している。特にDive 291の潜航海域は、殆ど周辺のデータから補完した地形なので、ほかの地域とは区別して考えなくてはならない。また、図15に海底地形鳥瞰図を示す。この図は、南側から50°の伏角で俯瞰したもので高さは水平距離に対し、4倍強調してある。

伊是名海穴周辺のトラフ底は、伊平屋海丘群が分布するトラフ中軸部に比べ水深は浅く、比高200~700mの円錐状の海丘と陥没により形成されたと考えられる凹地が散在する。また、トラフ底には、東西ないし東北東-西南西方向の正断層による断層崖が数多く分布する。伊是名海穴はこれらの陥没凹地のうち最も地形がはっきりしたものである。伊是名海穴は、最深部水深1,665m(図2に示した海底地形図ではメッシュ化のため最深部水深は実際より浅くなっている)、北北西-南南東方向の長軸6km、東北東-西南西方向の短軸3kmの矩形をした凹地である。海穴の中央部には比高40~60mの小海丘が3つ存在する。本論では、北側に分布する2つの海丘のうち西のものを海丘A、東のものを海丘B、残り1個を海丘Cと便宜上呼ぶこととする(図1)。伊是名海穴を形づくる周壁は南西側では、比高150~250mで、地形図上の平均勾配が約30°を示す険しい斜面となっている。一方北東斜面は東北東-西南西方向の尾根が突き出す所以外は、南西側斜面に比べ傾斜が緩くなっている。また南東側斜面には、斜面崩壊により形成されたと考えられる馬蹄形状の凹地が存在する。その前面には斜面崩壊を起こした際の堆積物が、海穴の平坦面の南東半分に分布し3~4°の斜面を形成する。

### 3. 深海曳航式カメラによる事前調査 3.1 地質記載

1987年の一連の潜航調査に先だって、海洋科学技術センター所有の深海曳航カメラ(白黒ビデオTV+カラー・スチルカメラ)による事前調査が、「なつしま」により1987年7月20日に行われ

た。海底観察を行った曳航時間は約1時間40分で、伊是名海穴の西側周壁外から、周壁の崖を下って海穴底を横切り中央小海丘A付近に達して終了した(図4)。

伊是名海穴西側の水深1,400m内外の平坦面は一面泥質な堆積物で被覆されており、無数の底棲生物の巣穴が見られる。巣穴は直径10cm内外の白色の低い円錐形の凸部の中央に、直径1~2cmの穴が開いているものが多いが、単に巣穴だけ開いているものもある。崖近くでは崖に平行な方向にsole mark(?)のような条線が海底面に見られる。

崖面では曳航体保護のために崖を下る方向に曳航しているため、崖の切り立った露頭そのものの観察は難しい。また、露頭面の走向も正確には

確認が難しいが、高さ数10cmの落差をもつ、ひとつひとつの小露頭の走向は、だいたい地形図の等深線で示される崖の走向に平行である。ところどころに崖に直交する方向にV字型の溝状に露頭が切り込まれている部分がある。また、不規則な露頭面の走向を示すところもある。

崖を構成している岩石の種類を推定することは難しいが、Dive 291の結果を参考にすると、0.5~数mごとに落差数10cmの小崖になって下っていく部分は、凝灰質泥岩ないし凝灰岩。数10cmの大きさの不定形の岩塊が折り重なる部分は、材木状軽石を主体としている粗い軽石の地層と考えられ、それらが互層している。特徴的にある方向にのみ割れ目が発達し、明確に材木状軽石の特徴を示す岩塊もいくつか認められた。崖の途中に認め

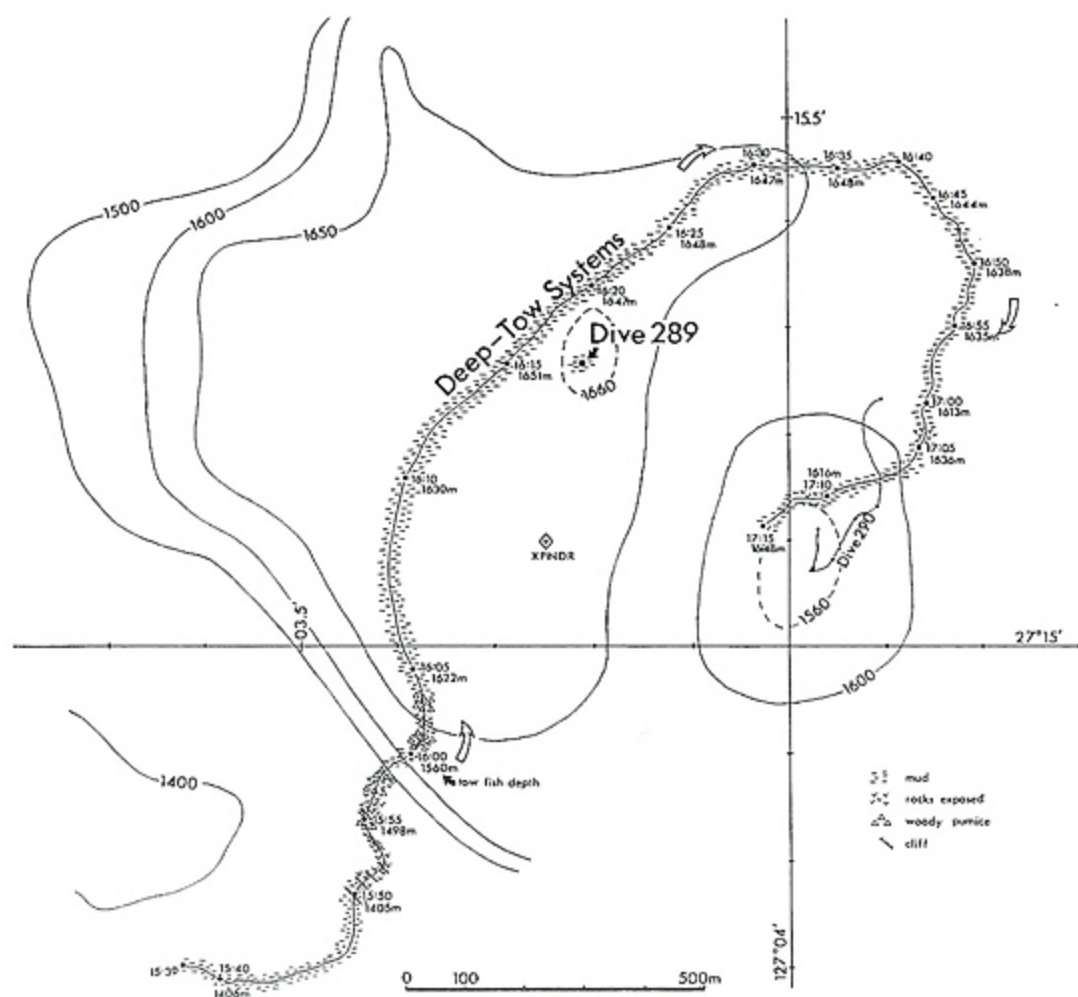


図4 深海曳航カメラとDive 289の航跡路

Fig. 4 Track lines of Dive 289 and JAMSTEC Deep-Tow Systems

られる崖錐状の泥質堆積物の溜り以外でも、露頭は薄く泥質堆積物で被覆されている。

海穴底は西側の水深1,400 m内外の平坦面と同様、無数の底棲生物の巣穴の見られる泥の平坦面となっている。大型の生物としては数種の魚、カイメンが認められる。1986年のDive 239で見られた線上ないし半円弧状に5～6個連なった巣穴（加藤茂ほか本号報告参照）も見られる。

海丘A付近では結局2ヶ所で約30秒間ずつ泥に薄く被覆された岩塊の露頭らしき物が観察されたに過ぎない。曳航体が小海丘の裾野を横切った形になったためであろうが、ほとんど海穴底の深い部分と同様な底質であった。

#### 4. Dive 289 —伊是名海穴底—

##### 4.1 地質記載

本潜航は1987年7月24日、海洋科学技術センターの開発した保圧型深海底生物採集器のテストを目的として、橋本と井田正比古、赤沢克文氏が乗船し、合わせて海底をできる限り走航して観察を行う予定であったが、母船発電機のトラブルのため採集器のテストのみ実施した。

着底点は伊是名海穴の最深部で水深1,665 mの平坦面である（図4）。そこでは、105° 0.1 kt以下の微弱な流れがあった。底質は泥で、底棲生物の巣穴と、直径10 cm内外の低い円錐状の生物による泥の盛り上がりが見られた他にカイメンが見られ、これを採取した。

#### 5. Dive 290 —中央部、海丘A—

##### 5.1 地質記載

Dive 290は1987年7月25日に、伊是名海穴の中央にある小海丘の微地形、地質調査を目的として、岩淵の他に海洋科学技術センター田代省三、鈴木晋一氏が潜水船要員として乗船し調査が行なわれた。

シービームによる海底地形図（図2）によると、伊是名海穴の中央には径約500 m、比高50 m位の小海丘が3つ認められる。もし伊是名海穴がカルデラであれば、その中の小海丘は後カルデラ期の火山活動により形成された中央火口丘と考えられる。伊是名海穴において火山活動が、もし現在もなお活動的であるのなら、この中央の海丘が最も

活動的であろうと考えられたため、潜航調査が計画された。Dive 290ではこのうち最も西側の海丘Aの調査を行なった。

第5図に「しんかい2000」の航跡を示す。シービームデータの処理は、データのばらつきを抑えるためメッシュ化する方法が用いられる。そのためピークでは水深が実際よりやや深くなることが多い。今回潜航調査を実施した海丘のピークは、シービームマップ（図2）によれば水深1,580～90 mとなっている。しかし今回の調査ではピークは少なくとも1,555 mより浅いことがわかった。測位精度の問題のため、シービームマップのピークと潜航調査とは地形が一致しない。このため「しんかい2000」の位置を基準として、「しんかい2000」の航跡図とシービームマップをずらし、重ね合わせたものが図6である。等深線は「しんかい2000」のデータを加え修正している。図6にはルートマップの概略をあわせて示している。

着底点の150～80 m上（水深1,520～1,580 m）では5 cm位の大きさのクラゲが多数認められたが、STDでは塩分、水温とも異常は認められなかった。

着底地点（水深1,665 m）付近は平坦で、細粒の灰色の泥が堆積している。海底には底棲生物の巣穴と思われる穴が見られる。

ソーナーの反応をもとに航走を開始し、1,622 mの地点で露頭に到達した。怪石は泥に埋まっているためかほとんど認められない。露頭は黒色の塊状溶岩からなり、その上に高さが20～30 cmで突起をもつカイメンが付着している。露頭の溶岩が垂直な平面となっているところがあることから、溶岩が節理面から崩壊し大きなブロックとなっていると考えられる（St. 290-1, 写真1）。

塊状溶岩の急な露頭を上昇していくとブロックの間にはわずかに褐色の泥が堆積している。岩石には高さ50～100 cmの大型カイメンが付着しているのがしばしば認められる。この露頭は水深1,565 m付近まで続いており、平均傾斜は40°程度である。

水深1,565 m付近から海底の平均傾斜は約5°と平坦になるが、海底面は高さ2～3 mの起伏がある。凸部には岩石が露出し、凹みには灰褐色の泥が堆積している。泥の上には、大きさ20～30 cmの

黄褐色のナマコが見られる。その密度は1匹/10㎡程度であるが、1匹/2㎡とかなり多い所もあった。また大きさ10cm程度の赤褐色のウニも認められる。付近には10~50cmの大きさの角礫が、数多く転がっている。この角礫は、塊状溶岩が破砕したものであると思われる。この地点においてマニピュレーターにより岩石を採取した(St 290-2, 水深1,561m)。採取した岩石は肉眼観察によれば、斑晶の少ない石英デイサイトである。

St 290-2の近傍の凹地に着底し、温度計測、採泥管による試料採取を行なった(St 290-3, 水深1,562m)。着底点はナマコの生息密度が高く、泥の表面にはナマコの這い跡およびそのフンが多い。堆積物の厚さは薄く不均一である。着底点からマニピュレーターが届く範囲内では、堆積物が温度計の長さ(約40cm)より薄く温度計がささらない所が多かった。

水深1,555mを過ぎると、下り傾斜となってきた。おそらくこの海丘のピークは水深1,555m地点付近と思われるが、地形が全体になだらかなため、頂部かどうかは不明である。この付近の海底は塊状溶岩であり、岩のすきまを灰褐色泥がうめっている。航走方向をかえピークと思われる付近を調べたが火口の様な地形は認められず、また水の揺らぎ等の異常も認められなかった。

崖を下り泥の卓越する地点で着底し、温度計測及び採泥を行なった(St 290-4, 水深1,570m)。この地点はSt 290-3の北方60mに位置する。底

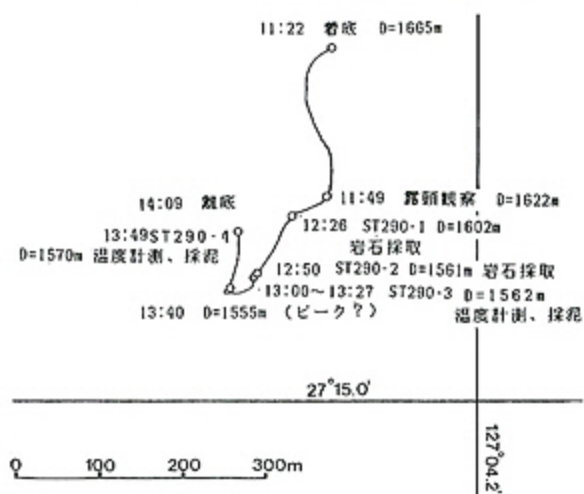


図5 Dive 290の調査航跡図  
Fig. 5 Track line of Dive 290.

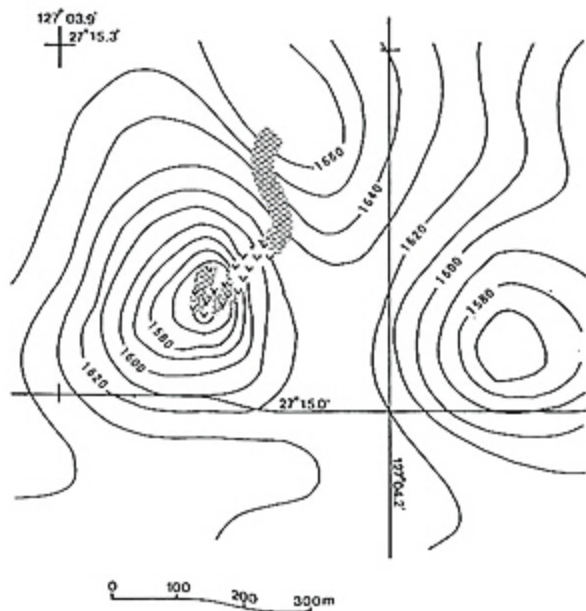


図6 Dive 290のルートマップ  
Fig. 6 Geologic route map of Dive 290.

質は灰褐色泥である。生物の密度はSt 290-3に比べ半分以下であった。温度計、採泥管ともSt 290-3同様さきりにくかったことから、堆積物の厚さは10cm内外と考えられる。

## 5.2 温度計測

水路部と地質調査所の共同潜航調査においては、東京大学地震研究所の山野誠氏から「しんかい2000」用の温度計を借用し、地温測定のための計測を行っている。温度計はプローブの先端と途中にサーミスタがあり、地温勾配の測定が可能である。2つのサーミスタ間の長さは25cm、分解能は1/100℃である(山野ほか 1988)。

Dive 290では、2か所(St. 290-3, St. 290-4)で地温勾配の測定を行った。

St 290-3では2つのセンサー間に1.40℃の温度差があり、これを温度勾配になおすと5.6℃/mとなる。採泥管がささらなかったため熱伝導率の測定はできなかった。水路部の沖縄トラフ中部堆積物の熱伝導率測定値( $9.85 \times 10^{-5} \text{ J/m} \cdot \text{s}$ )を用いて地殻熱流量を求めると、St 290-3での地殻熱流量は5.6 W/㎡となる。

St 290-4における温度測定の結果、2つのセンサー間の温度変化量差は0.15℃/mである。こ

の地点においても採泥管がうまくささらなかったため、堆積物の熱伝導率測定は行っていない。熱伝導率を  $9.85 \times 10^{-5} \text{ J/m} \cdot \text{s}$  と仮定すると地殻熱流量は  $0.58 \text{ W/m}^2$  となる。

### 5.3 採取試料

290-1, -2とも概して新鮮なガラス基流晶質な発泡した石英デイサイトである。岩石の表面は厚さ約2mmのマンガン酸化物で被覆されている。斑晶は非常に少ないが、斜長石、石英とほんの少し普通輝石がある。石英は溶食したような不規則な外形をしている。石基は主に斜長石で少し斜方輝石と不透明鉱物が含まれる。ガラスは僅かに変質している。

## 6. Dive 291 -伊是名海穴南壁-

### 6.1 地質記載

Dive 291は1987年7月26日、伊是名海穴の南壁の地質調査を目的として、中村の他に海洋科学技術センターより井田正比古、桜井利明氏が潜水船要員として乗船して実施された。この地点が調査地点として選ばれたのは沖縄トラフを形づくる東西性の正断層と、伊是名海穴の周壁とが南壁において合体しており、崖の比高、傾斜とも急で、伊

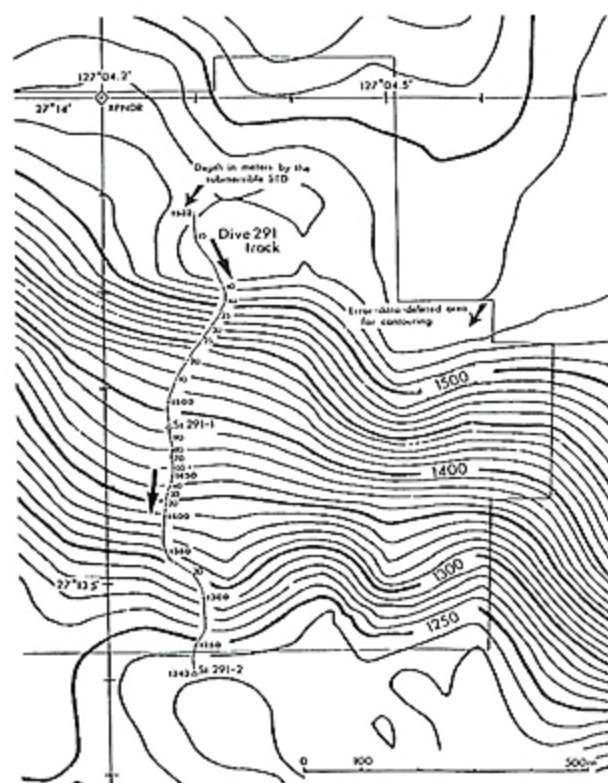


図7 Dive 291の調査航跡図

Fig. 7 Track line of Dive 291.

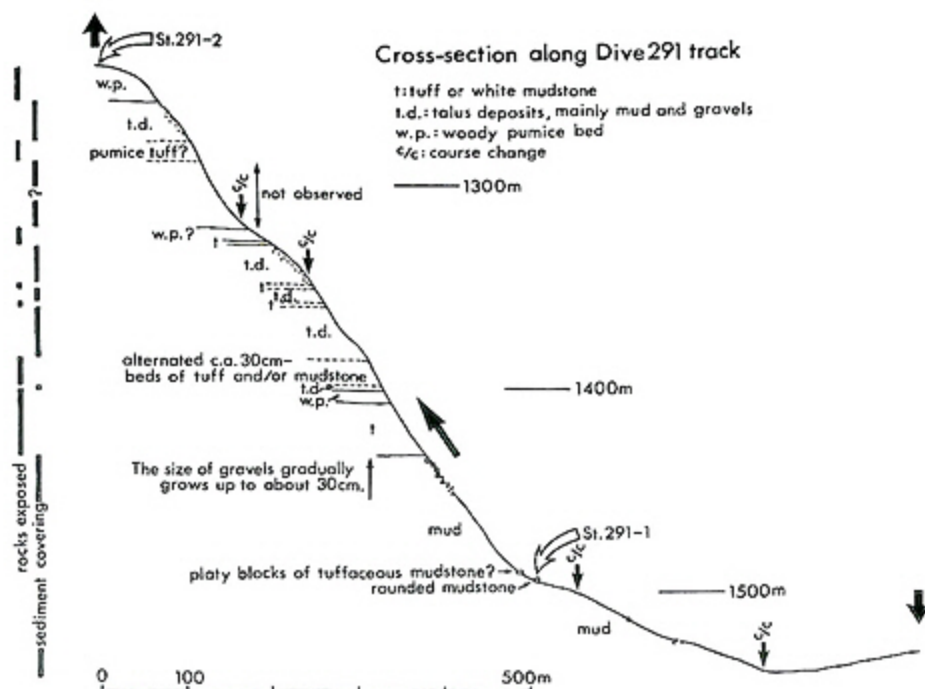


図8 Dive 291に沿う地形断面と地質

Fig. 8 Geologic cross-section along Dive 291 track.



是名海穴を形成する前に堆積した地層を十分に観察するのに、最も適切と考えられることによる。

図7に再処理されたシービーム海底地形図に航跡を重ねたものを示す。図2に見られるように、この地点は水深の急変点のため、原データに不良データがあって、1987年当時で使用していた海底地形図には大きな問題点があった。今回の再処理図では一見するとデータに問題がないように見えるが、第2節で述べ、また図7にしめすようにDive 291の航跡を含む範囲はデータがなく周囲から補完する形となっており、海底地形図の等深線を利用して航跡位置を修正したり地質学的議論をすることはほとんど意味がない。従って航跡も27°14.00' N, 127°04.20' Eに設置されたトランスポンダーによる航跡をそのまま重ねてある。これも、トランスポンダーの設置後行った潜航調査前の音響測位航法による測深データを、未修正の海底地形図(図3)に合わせて、ロラン測位によるトランスポンダーの緯度・経度値を修正したものを原点としているから、この航跡全体の相対位置について検討することはできない。ましてや「しんかい2000」のSTD記録に基づいて海底地形図を改良することはできない。

図8に航跡に沿う地形断面と地質の概略を示した。海穴底の着底地点水深1,534m付近は細粒の灰色の泥で被われている。ここでの流速は150°方向へ0.2ktであった。海底には直径数~10数cmの大きさで、泥が周囲より白っぽくなった部分があり、それが、1平方m当り10~数10ヶ所見られる。また海底は直径数~10数cm高さ1cm位に盛り上がった泥山の集合体のような表面形態を示し、生物の巣穴と思われる穴も見られ、特に高く盛り上がったところは周囲に比べより白いことや、海底面上に長さ10cm以下の環形動物が多数認められることから、海穴底の底棲生物の活動の結果として、海底の微起伏や色彩の変化が生じていると考えられる。他に生物としては白色のクモヒトデが見られた。

南壁に向い航走を開始して、1,540mの最深点で初めて直径4cm大の岩片らしきものが1個観察されたが、岩質は不明である。1,523mで直径20~25cmの岩片が観察されるが依然数10m航走して1~2個の割合に過ぎない。

水深1,500mを越えるとともに角張った岩片が1平方mあたり5個内外観察されるようになり、1,494mで写真2に示すような長径1m、短径50cmの瓢箪型をした凝灰質泥岩の円磨された岩塊が現れる(St. 291-1)。まん中のくびれは岩質の違いによるものか、もともと一つの岩塊が割れて生じたのか不明だが、全体に円磨されており、崖から転落、転動してきた岩塊と考えられる。表面には多数の生物による巣穴が見られ、縦横に貫通している。マニピュレータにより採泥管をつきさして試料を採取したが、岩質はその程度に軟らかい。色はほぼ白色である。St. 291-1を離れて数10m移動すると、水深1,490mで長さ、幅2~3m、厚さ数10cm以上(泥に埋もれていて正確な厚さは不明)の板状の凝灰質泥岩(?)の岩塊が3個現れる。St. 291-1のものと違って円磨されておらず、3個は10数cm離れているが、岩塊の縁は直線的で鋭角であり、もともと1個の岩塊として滑落してきたものが、停止直前に3個に割れたことを思わせる形態をしている。

この地点より上位は岩塊が多くなるものの、海底に占める割合としては、泥質なもので被われている部分の面積の方が大きい状態が続く。しかし水深1,454m付近から岩塊の比率が大きくなり、一つ一つの岩塊も直径30cm位と大きくなるとともに、角張ったもの、白い凝灰質を呈するものが多くなる。岩塊が多くなるのに反比例して、海底表面に見られる生物痕跡は減少する。水深1,434mに至って遂に露頭が出現する。ここから、水深1,243mの離底地点まで、露頭と崖錐性堆積物の繰り返しとなる。

南壁の露頭はほぼ垂直に切り立ったものと、急な斜面の表層堆積物の中から洗濯板様に露頭を見せるものがある。層理面が観察されるところでは層理はほぼ水平である。露頭を作っている崖は全体の地形の傾向に平行な、東西ないし東南東-西北西の走向を持つことが多いが、1,420~1,400m付近などかなり不規則で凹凸の激しい崖となっている部分がある。崖面に断層を思わせる条痕などは認められないが、水深1,409m付近では崖錐堆積物で被覆された面に、崖面と平行な開口割れ目が観察される部分がある。水深1,410m付近の露頭には小断層を思わせる層理面のズレが観察さ

れるが、小断層があったとしても露頭面にほぼ直交し、先述の開口割れ目とは方向が異なる。

岩質は図8に示すようにほとんどが凝灰岩もしくは凝灰質泥岩と思われる。厚さ20~30cmで一つの単位になっているかの如く色調が白→灰色に変わり、同時に露頭面の凹凸も変化する。照明の関係によるのかもしれないが、出っ張っているところは白っぽく、凹んでいるところは灰色っぽい。水深1,408—1,403m, 1,329—1,324m, 1,290—1,280m, 及び1,260mより上位に材木状を呈する軽石よりなる層準がある。こうした部分では崖錐性の軽石と露頭の区別はつきにくい、水深1,408m, 1,329mでは下位の凝灰質泥岩とシャープに接しているのが観察された。

水深1,386mより上位において、露頭面上に灰色の岩片が載ることが多く、時にそれが観察方向によって地層中の異質岩片の如く見えることがある。岩質は不明で軽石のように見えることもあるが、時には牛糞状を呈し、泥岩の転石かもしれない。また凝灰質な白色の泥岩中に時に黒色の薄層が入り、陸上の火砕流堆積物中に見られる炭化片を含む薄層の如く見えることがあるが、試料採取もできないので真の岩質は不明である。

水深1,260mより上位の材木状軽石の層準は厚く、1,245m付近で崖を登りきって、平坦な面に出ても一面、材木状軽石で覆われている(写真4)。角ばった軽石が雑然と堆積している。冷却による割れ目が多数入っているが、マニピュレータで触れると容易に割れる。そのような割れ目の多数入った岩塊の中には直径数mに及ぶものがあるが、それらが雑然と折り重なっていることは、噴出、急冷、堆積後、全く再移動していないことを示す。この平坦面上では潜航時、60°方向から約0.2ktの流れがあり、軽石はほとんど泥では覆われていない。

## 6.2 採取試料

291-1 採泥管で採取できるような軟らかい泥岩。有孔虫、カイメンの骨針を含む。ナンノ化石として*Pseudoemiliania lacunosa* 及び*Gephyrocapsa oceanica* を産出することから、CN14a(中期更新世)に堆積したことになる。(東北大学 田中裕一郎氏による) この泥岩は先に述べたよう

に伊是名海穴の南壁の露頭から転動してきたと考えられることから、伊是名海穴の地形は中期更新世以降に形成されたことが分かる。

291-2 A, B, C 南壁の上で得られた3つの試料は、いずれもマンガン酸化物で被覆された材木状軽石で、表面から1—2cm位まで気泡中をマンガン酸化物が埋めている。

## 7. Dive 359 —北東斜面—

### 7.1 地質記載

Dive 359は1988年9月2日、伊是名海穴北東壁の微地形・地質調査およびゾンネ号が発見した熱水性鉱床の確認を目的として、加藤のほか海洋科学技術センターより田代省三、鈴木晋一氏が潜水船要員として乗船して実施した。航走は1988年のゾンネ号によりおこなわれたドレッジのうち、硫化物鉱石の採取された航跡にはほぼ沿い、水深1,560mの伊是名海穴北東斜面基部から開始し、水深1,330mの地点まで北東方向に約1,000m航走した(図9)。航走中は、目視観測、ビデオ撮影、ステレオカメラ撮影を実施した。途中、5地点においてサンプル採集を行い、岩石試料6点、柱状試料1点を得た。また温度計測を4カ所で実施し、3点において地殻熱流量の値を得た。

Dive 359潜航のルートマップを図9に示す。斜面下部の底質は、最大径数cmの砂礫からなり、崖錐を構成する。崖錐礫は白色の凝灰岩および灰黒色の岩石であり、シロウリガイの死貝も数個確認した。この崖錐の上、水深1,500mからは、変質した凝灰角礫岩と泥岩が露出する。特に水深1,488~1,485mの地点では、この断層崖に露出する凝灰角礫岩層は2mの厚さを持ち、下部には灰色の長径30~数cmの岩片が多数含まれる。岩片は上方に向い細くなる級化構造を示し、上部に平行葉理部が存在する。一方、泥岩層は灰色の泥岩で凝灰角礫岩層の間に分布するが、その関係は露頭では確認できなかった。断層崖の走向はN60°W方向である。また、断層崖にはN70°E方向に割れ目が存在し、その両壁が黒色に変色しているところが観察された。

水深1,445mから1,440mまでは、泥岩の転石が多く一部に露頭も認められる。同時に突起を持つ高さ15~20cmのカイメンが生息し始める。この

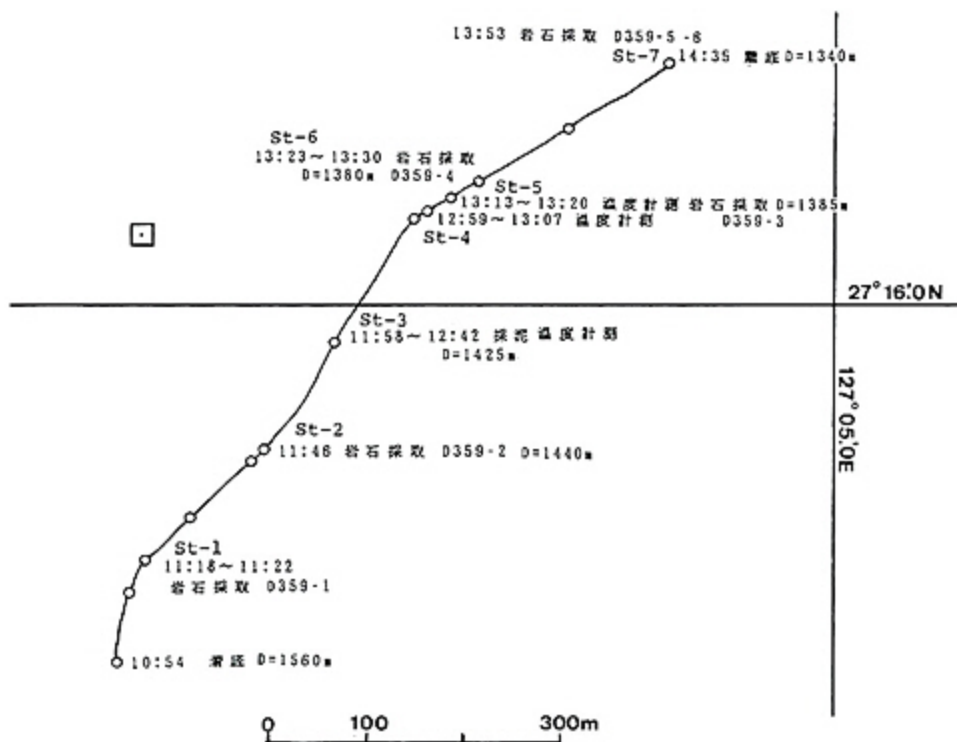


図9 Dive 359の調査航跡図  
Fig. 9 Track line of Dive 359.

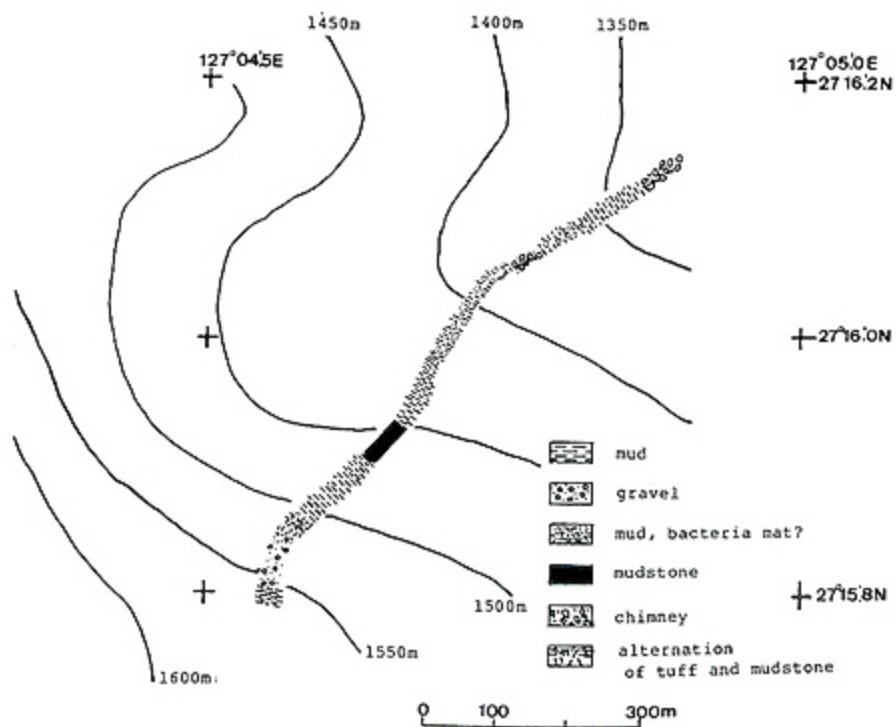


図10 Dive 359のルートマップ  
Fig. 10 Geologic route map of Dive 359.

カイメンと同じものがDive 260の際、高い地殻熱流量を観測した中央小海丘Aにおいても生息が確認されている。水深1,425m以浅の尾根には、泥の上にスポット状ないし墨流し状の白色の変色域が広がっている。採泥管で採取したサンプル(359-S)では、白色の変質物(?)は海底面を薄く覆っているのみで内部までは広がっていない。水深1,390mの地点には50cmから20cmの材木状軽石が分布する。水深1,385mの地点には高さが1m強から50cmの尖塔状の岩石が、「しんかい2000」の視野内に数個分布する(鉱床サイト3)。さらにこの地域の上方において、岩質は不明だが塊状の角ばった岩石が露出する。この露岩地域には、幅10cmのベインがNS方向に伸びている。露岩地域から水深1,350mの地点までの底質は泥で所々に白色の変色域が認められる。

水深1,345mから始まる塊状岩石で構成された崖の上に、直径が20cmから50cmの鉱石の礫からなるマウンドが形成されている。マウンドの頂部に高さ1mから数10cmのチムニーが分布し、現在もなお活発に熱水を吹き出している。マウンドをこえたところに水深1,345mの平坦面がある。平坦面には、一面に多数のシンカイコシオリエビ、シンカイヒバリガイなどの生物群が生息する。またDive 359では、ここで2本の熱水を噴き出すチムニー及び活動的かどうか確認できなかったが数本のチムニーを認めた(鉱床サイト1)。

## 7.2 チムニー地帯

Dive 359では、2ヶ所で、チムニー群を発見した。水深1,385mの地点(鉱床サイト3)では、尖塔状の岩石が約10mの範囲に分布する。この尖塔群が塊状硫化物鉱石で構成されている証拠は今得られなかったが、伊是名海穴で一船的なチムニーの形状と類似することから、やはりこの尖塔群も活動を停止したチムニーと考えられる。

水深1,335m地点(鉱床サイト1)のチムニー群は、水深1,335mのマウンドの上に形成されたものと水深1,345mの平坦面に形成されたチムニーの2ヶ所に分布する。前者は、20~50cmぐらいの塊状硫化物鉱石のガレの上に形成されている。このマウンドの上には熱水活動を伴うチムニーが2ヶ所認められる。1ヶ所は、高さ30cmの活動的

なチムニーである(写真7)。チムニーは白色の生物で被われている。熱水の温度計測を行ったところ、噴出口付近で67℃の値を得た。また噴出口付近では、上記の生物が少なく黒い硫化物鉱石が直接露出し、硫化物鉱石の尖塔状の突き出しが認められる。サンプル359-5は噴出口付近から採取した。もう一つのチムニーは、すでに頂部からの熱水噴出が停止し、白い生物に被われていない。このチムニーの根元からは僅かに熱水が湧出している。このチムニーはすでに多くの亀裂が入っており、非常に脆くなり上部はすでに崩壊している。断面を上からみると径約10mmの噴出口が開いており、その周辺部は黄褐色の鉱物で構成される。このマウンドにはほかに高さ20cm~30cmの活動を停止した尖ったチムニーが分布する。

水深1,345mの平坦面には、一面にシンカイコシオリエビやシンカイヒバリガイが生息する。この平坦面に分布するチムニーをすべて確認することはできなかったが、数本の活動的なチムニーを確認した。そのなかでもっとも大きいものは高さ200cmに達し、全体を白色の生物によって覆われている。頂部には、高さが約10cm、太さ2,3cmの黒色の棒状の硫化物が3本上方に伸びている(写真6)。これは生物には覆われていない。チムニーの断面を見るためマニピュレーターで頂部を切断したところ、チムニーの内部は黒色の鉱物で構成されており、中央に径2,3cmの穴が貫通していることが分かった。そこから金属硫化物の小結晶を含む熱水が吹き出した。

## 7.3 温度計測

Dive 359では、北東斜面の変色域が広がるところで3ヶ所温度勾配の計測を試み、また活動的なチムニーでは直接吹き出す熱水の温度計測も行った。

St. 359-3 白色で縁部が黄褐色の直径20cmの円形をした変色域で計測を行った。センサー間の温度差は、5.2℃であった。これを地温勾配に直すと20.8℃/mで、熱伝導率を $9.85 \times 10^{-5}$  J/m·sと仮定すると地殻熱流量は20.9 W/m<sup>2</sup>となる。

St. 359-4 では、泥の上の転石の脇で計測をおこなった。センサー間の温度差は0.3℃であっ

た。これを地温勾配に直すと  $1.2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$  で、熱伝導率を  $9.85 \times 10^{-5} \text{ J}/\text{m}\cdot\text{s}$  と仮定すると地殻熱流量は  $1.2 \text{ W}/\text{m}^2$  となる。

St. 359-5 では、活動を停止したチムニーのすぐ横で計測をおこなった。センサー間の温度差は、 $1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$  であった。これを地温勾配に直すと  $7.2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$  で、熱伝導率を  $9.85 \times 10^{-5} \text{ J}/\text{m}\cdot\text{s}$  と仮定すると地殻熱流量は  $7.2 \text{ W}/\text{m}^2$  となる。

St. 357-7 では、現在活動するチムニーの熱水の温度計測を試みた。ところが、この温度計は本来堆積物にさし使用するものであることや、着底できず船体が安定しなかったため、正確な温度計測はできなかった。したがって真の温度は得られた値 ( $67\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 以上の温度であろうと推定される。

#### 7.4 採取試料

Dive 359では6ヶ所でサンプリングを試み、岩石試料6個、採泥試料1個を採取した。

359-1 (St-1) 異質岩片を含む凝灰角礫岩が採取された。この岩石は断層崖からの転石である (写真5)。

359-2 (St-2) 泥岩。

359-3 (St-5) ドロマイトの球を含む泥岩 (青木, 丸茂, 加藤, 本号報告参照)。活動を停止したチムニーから70cm離れた所の転石である。チムニー自体の表面にも一部同様の部分も認められた。温度計測はチムニーとこの転石の間でおこなった。

359-4 (St-6) 軽石。

359-5 (St-7) 金属硫化物の鉱石。67度の熱水を吹き出しているチムニー (写真7) から、熱水にさらされている部分を採取した。

359-6 (St-7) 金属硫化物の鉱石。チムニーの下に転がる転石で、おそらくチムニーが崩壊したものであろう。

採泥試料 359-s (St-3) 柱状採泥の場所は、白色の変色域が出現し始めたところである。採泥は、白色の変色帯のはば中央で行った。また、ほぼ同じところで温度計測を行った。

Dive360, 1988. 9.3.

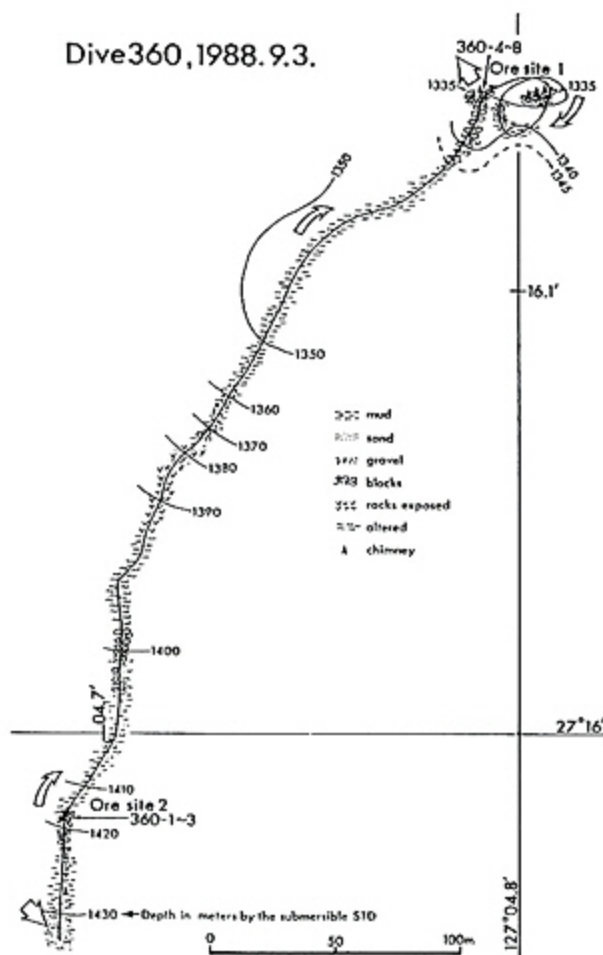


図11 Dive 360 のルートマップ

Fig. 11 Geologic route map of Dive 360.

## 8. Dive 360 —北東斜面—

### 8.1 地質記載

Dive 360は1988年9月3日、前日のDive 359に引き続いて熱水性鉱床の広がりの確認と母岩の裂か系と鉱体との関係の把握を目的として、中村の他に海洋科学技術センターより井田正比古、桜井利明氏が潜水船要員として乗船し、実施された。なおルートマップを図11に示す。ゾンネ号による深海テレビシステム (OFOS) の観察結果を検討すると、水深1,350~1,450m付近、及び1,200m付近に鉱床サイトがあることが分かっていたが、Dive 359において、1,385m付近で活動を停止したチムニー群が存在し (鉱床サイト3)、1,330m付近で活動的なチムニー群が見いだされたことか

ら、両チムニー群を確認するため、着底点を1,430 m付近に設定した。また、ゾネ号のドレッジD SE167において、硫化鉄鉱、バライトの結晶を含む断層破碎岩を得ていたことから、母岩の裂か糸と鉱床の関係を見ることも目的とした。

水深1,433 mの地点に着底したが、底質は粗粒で、全体に茶色い砂混じりの泥の中に小礫サイズの白色の変質岩または凝灰岩が、多数混在していた。水流は100°方向からわずかにある程度である。着底点から数mの斜面上方に白い変質岩が10 m程度露出していた。そこは、海底面より数10 cm凹んでおり、凹んだ内部が差別的風化侵食または溶食を受けたような不規則な表面を呈する。一部ノッチ状に張り出している所もあり、張り出したひさし状のノッチの上には砂質の堆積物がたまっている。また逆に pressure ridge のように変質岩が肋状に盛り上がっている部分もあった。礫として海底面に見られる変質岩は直径20~30 cm位のものである。

航走を開始すると砂質の海底の中に、10~20 m位の不規則な広がりを持つ変質帯が観察されるとともに、高さ30 cm位の不定形で尖塔状の岩石が数個見え、不規則な表面形態をした岩石の露頭と、堆積物に被覆された部分とが交互に出現した。水深1,425 m付近より、岩塊の折り重なった海底面となり、ただちに岩盤に開口割れ目の入った海底に移り変わり、開口割れ目を追っていくと水深1,419 mで熱水を噴出するチムニー群（鉱床サイト2）に逢着した。

鉱床サイト2については本号の青木・中村の報告で詳細に記載するが、ほぼ南北方向に発達する割れ目系に沿って幅5~7 m、長さ10 m、高さ3 mのマウンドになって鉱体が存在する。鉱体は、高さ10 cm内外のものから数mのチムニーおよび不定形な盛り上がり、岩塊の集合体となっている。熱水が噴出している部分にはシンカイコシオリエビをはじめとする多数の生物が群生している。

鉱床サイト2を離れて斜面を上がっていくと水深1,394 mまで、白い変質帯と岩塊が泥質の海底の中に散点的に出現する。また、シロウリガイのような大きな白い二枚貝の殻も泥の中に見られる。岩塊の大きさは径1.5 m以下、変質帯は10 m内外のものである。水深1,395 m付近には、半円弧状

に落差10数cmの滑落崖状の地形が変質帯の中にできているのが見られる。

水深1,394 m付近で地形が平坦になり、泥で被覆された海底になるが、それも数10 mで終わり、1,392 m付近から割れ目の入った岩盤の海底になり傾斜も急になる。割れ目の間が白く変質している部分もある。水深1,375 m付近で観察される径数mの岩塊のいくつかは、柱状節理が発達し、海底噴出で急冷された酸性火山岩であることが明らかであるが、他の大部分の岩塊、岩盤は、岩石種を特定することは不可能である。水深1,363 m付近から岩塊のサイズが小さくなり、1,351 mで岩塊は見られず、泥質な海底になるとともに、ふたたび平坦になる。泥の中に白い変質帯がわずかにあったり、生物の巣穴や貝殻が観察される。この平坦面はかなり広く、北東-南西方向に延びる幅の広い峰状の高まりの頂部になっていると考えられる。北東方向に前進すると水深1,349 mからふたたび岩塊が出現し、急な斜面となる。径数mの岩塊が折り重なった斜面には変質帯が散見され、岩塊の表面にはケヤリムシが密生しているものがある。この斜面を上がると1,335 mで稜線に出て、1,333 mでチムニー群が出現する（鉱床サイト1）。Dive 360では鉱床サイト1には、ほぼ同一の1,333 mの稜線を持ち、上に高さ数mのチムニーを形成している2つのマウンドが存在することを確認したが、Dive 359の最後に行き着いた水深1,345 m平坦面の上に、チムニー群が成長している地帯には行き着かなかった。鉱床サイト1については本号の中村ほかの報告に詳しく述べる。

## 8.2 温度計測

本潜航中には2ヶ所の熱水の温度を測定したが、噴出している熱水の正確にセンサーをかざすことが困難で、挿入すべき噴出口もなかったため、かなり周辺の海水によって冷却された後の温度値と考えられるような値しか得られていない。

鉱床サイト2の試料360-1を採取したチムニーの熱水について28.1℃の値を得た。

鉱床サイト1の前日のDive 359で67℃の値を得た同一のチムニー（写真7）について15℃の値を得た。このチムニー周辺は鉱石のガレとなっているため、潜水船の着底は不可能で温度センサーの

操作は極めて困難であった。ただ、前日に比べるとマニピュレーターで試料(359-5)を採集したりして破壊したためか、湧出する熱水の量が増加したように見えた。

### 8.3 採取試料

鉤床サイト2において試料(360-1~3)を採取した。この試料については、青木・中村の本号報告で詳述する。

鉤床サイト1において、前日359-5の試料を採取したチムニーの根元付近から1試料(360-4)、マウンドの礫から4試料(360-5~8)を採取した。いずれも塊状硫化物鉤石であるが、これらの試料については浦辺の本号報告で詳述している。

## 9. Dive 361 —伊是名海穴底—

### 9.1 地質記載

本潜航は、海洋科学技術センター運航部による潜航として1988年9月4日、同部の田代省三、小倉訓、鈴木晋一氏が、乗船して実施された。研究潜航として実施されたわけではなく、ビデオ記録

も5ヶ所15分程度だが、伊是名海穴の中の地質に関する貴重な記録も含まれているので、交信記録等を参考にしながら記述する(図12に航跡図を示す)。

着底点付近など全体の底質はかなり白っぽい泥で、底棲生物の活動の結果として直径10~20cm、高さ数cmの円錐状の泥の盛り上がりがあり1㎡当り10~20位観察される。St. 361-4で採泥管によって採取された試料の断面では、表層から約5cmが酸化したうす茶色の泥からなり、その下は白色の泥となっている。但し、この色彩の認定はビデオ記録のみに頼っているため、照明の問題もあり、他の潜航との比較は難しい。

St. 361-2では、Dive 291の小海丘Aで見られたものと同様のデイサイトの露頭が見られる。泥の底質の中から高さ1.5m位の露頭となって顔を出しており、上位も泥で被覆される。St. 361-4でもビデオ記録はないが、岩の露頭があるらしい。St. 361-3では比高50cm内外の凹凸の海底面に白色の凝灰岩らしき露頭が観察される。これらの露頭はたいした地形の凸部ではないにもかかわらずCTFMソーナーによく感知され、他にもソ

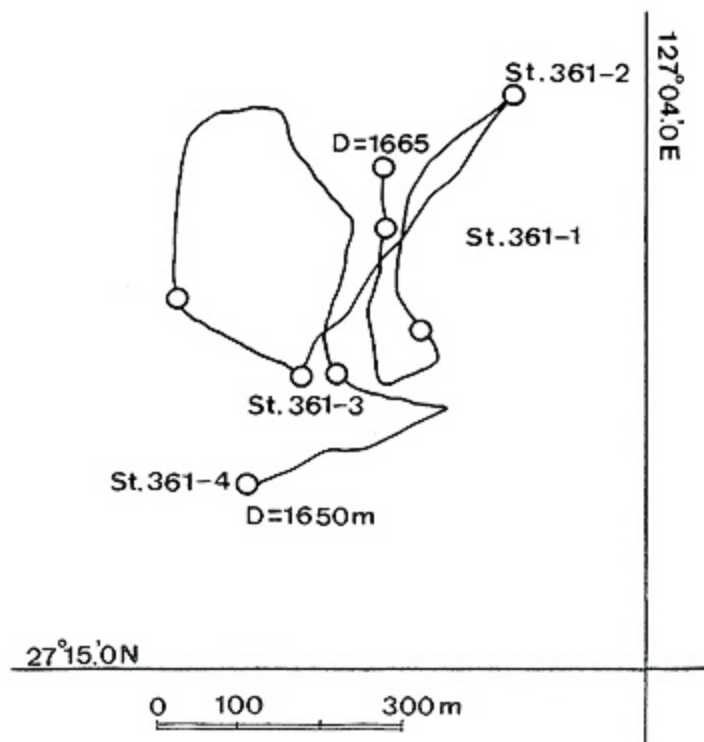


図12 Dive 361のルートマップ

Fig. 12 Route map of Dive 361.

ナーに感知される地点があることから、このあたりの伊是名海穴は完全に泥に被覆されスムーズな海底面になっている訳ではないらしい。

St. 361-1 では6月のゾンネ号によると思われる9本の歯形のついたドレッジ擦痕が50°~60°から230°~240°方向についている擦痕の両側には、ドレッジの際掻き上げた白い泥質の堆積物が盛り上がっている。底質は同様であるのに Dive 363.で認められるドレッジの擦痕に比べ、歯形のレリーフが半ば埋もれた感じに見える。泥質の堆積物がより軟らかいのであろう。なお、着底点付近における流速流向は180度方向へ0.1 ktと記録されている。

## 10. 考 察

### 10. 1 伊是名海穴北東斜面の海底熱水性鉱床地域の微地形

伊是名海穴北東斜面で発見された熱水性鉱床が、どの様な場所で形成されているのかは、その形成メカニズムを明らかにする上で重要な点であると同時に、同様な鉱床を探索する上で、一つの指針となりうるであろう。

今回多くの潜航調査が北東斜面の狭い地域で行われた結果、鉱床地帯の広がりがある程度限定できる。そこで、海上からの地形データとしては現在、最も正確と考えられるシービームシステムによる測深データをもちい、熱水鉱床地帯の微地形について検討し、さらに伊是名海穴に同様な地形が存在するか検討した。

図2に示した海底地形図の原図は縮尺は2万分の1で作成した。この海底地形図では、得られた水深値を作図する処理の過程でメッシュ化を行っているため、等深線は鈍って表現されている。実際の潜航で得られた水深値と比較すると、細かいところでは合わない点が多い。また地形図上では、熱水性鉱床地帯に相当する微地形は認められない。さらに検討を進めるため元の水深値まで遡った。図13は、シービームの測深値をプリントアウト記録（音速補正を施していないのでシービーム地形図と合わせるためには、測深値から約4m差し引く必要がある）である。これはプリントアウト記録であるので、水深値の水平的な配置は縦横の縮率を変え実際の位置関係に近づけているが、

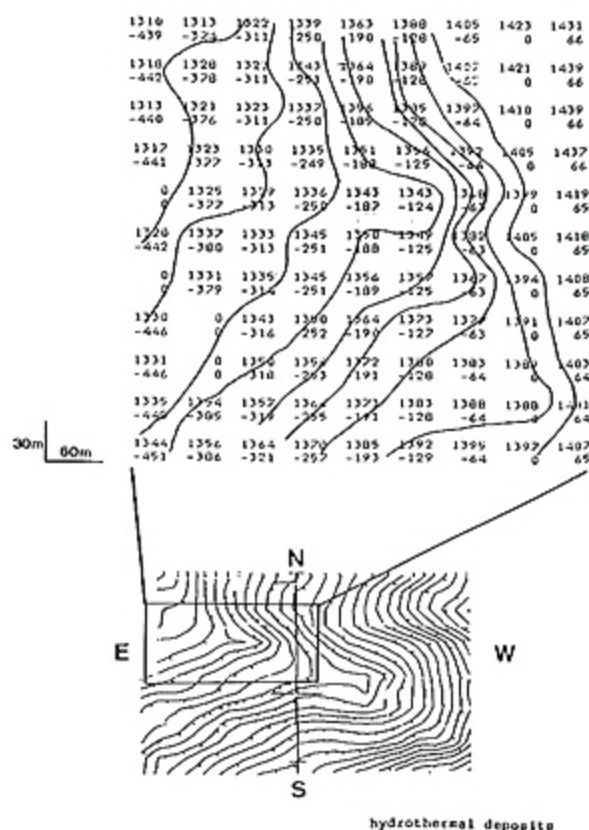


図13 鉱床サイト1付近のシービーム水深値図およびシービーム等深線プロット記録

Fig. 13 "Sounding map" and bathymetric chart of hydrothermal deposit area (ore site 1)

正確な位置関係を示していない（誤差は数mと見積もられる。しかしこの程度の誤差があったとしても、微地形の概要を検討するには問題はないとも考えられる。

この「海底地形図」上で、熱水性鉱床をプロットすると、鉱床サイト1、3とも、地形的な高まりに存在する。たとえば鉱床サイト1では水深1,340m台の高まりに分布が限定される。この水深1,340mという値は、鉱床サイトで記載されたチムニー形成されている小マウンドではなく、そのマウンドの回りの平坦面の水深を示していると考えられる。この高まりの成因は、データが少なく現在のところ定かではないが、熱水性鉱床の形成とこの微地形はなんらかの関連があるものと推定される。

この様な極めて局所的な高まりは、シービーム



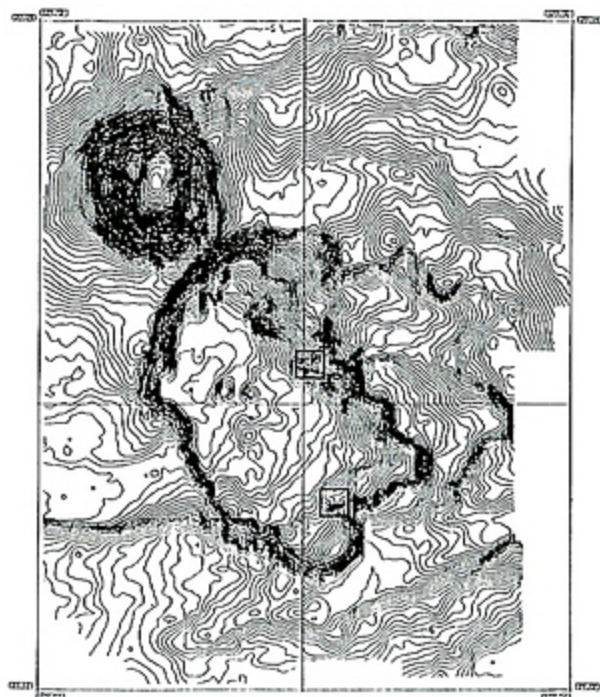


図14 鉱床サイト1付近と同様な微地形を示す地域  
Fig.14 Map of two areas, showing similar topography to the hydrothermal deposit area (site 1)

の船上モニター記録である等深線プロッター記録では、鋭く尖った尾根として表現されている。これと同様な記録を示す地形は、伊是名海穴内で北東斜面にあつて2ヶ所認められる(図14)。これらの地点はいずれも、北東斜面上のENE-WSW方向に延びる尾根の上、あるいはその近傍である。この場所に本当に熱水性鉱床が存在するかどうかは、今後の調査を待たなければならないが、有力な調査地点候補と考えられる。

## 10. 2 伊是名海穴の成因

伊是名海穴の地形は現在図2に示されるように、6 km × 3 kmの北北西-南南東方向に延びる矩形をした凹地である。しかしながら南側の周壁には、馬蹄形状をした斜面をはじめ、地形からみて斜面崩壊をおこしたと推定される跡が多く認められるとともに、その前面の海穴の底は平坦ではなく周壁から中央に向い緩い斜面を形成している。これは陸上において観察されるカルデラ壁の地滑りに

よる輪郭の拡大(小野・渡辺 1983)と、同じ現象が伊是名海穴でも生じた事を示唆する。伊是名海穴は形成直後は現在よりも小さく、斜面崩壊によって拡大、おそらく南南東側で大きく拡大し現在の形になったと考えられる。また現在の輪郭が、伊是名海穴形成直後の陥没地形をそのまま残しているのではないのならば、現在周壁に露出する地層がすべて海穴の形成以前の堆積物とは限定できない。特に、Dive 291で観察された周壁上部の材木状軽石の地層が、伊是名海穴が形成された際に噴出したものである可能性を否定できない。

伊是名海穴においては、重力測定の潜航調査を行うことができなかったこともあり、いまのところ海穴地形が火山性であることを示す火山性物質欠損に伴う負の重力異常は確認されていない。しかしDive 291やDive 359で観察された多量の材木状軽石の存在は、伊是名海穴が陥没盆地として形成されたときに、放出された火山性物質そのものが存在する確証はないが、形成前から現在まで火山活動と強く関係する構造であることを示している。

## 謝 辞

本稿を終るに当たり、今回「しんかい2000」による潜航調査の機会を与えていただきました海洋科学技術センターの皆様には厚く御礼申し上げます。潜水調査船「しんかい2000」の鶴司令以下運航チームの方々、また、「なつしま」の浜中船長以下乗組員の方々には本当にお世話になりました。ナノプランクトン化石の同定をしていただきました東北大学理学部の田中裕一郎氏、シービームデータ再処理に関し、協力された瀬田英憲氏に大変感謝します。

## 参考文献

- Halbach, P., Nakamura, K., Wahsner, M., Lange, J., Sakai, H., Käselitz, L., Hansen, R.-D., Yamano, M., Post, J., Prause, B., Seifert, R., Michaelis, W., Teichmann, F., Kinoshita, M., Märten, A., Ishibashi, J., Czerwinski, S., and Blum, N., 1989. Probable modern analogue of Kuroko-type massive sulphide deposits in the Okinawa Trough back-arc

basin. Nature vol. 338, no. 6215, pp. 496 — 499.

春日 茂, 岩渕 洋, 加藤 茂 1987, 水路部による沖縄トラフ中軸部の精密調査, シンポジウム資料——最近の海底調査, 7. 95—107.

加藤幸弘, 岩渕 洋, 1988, 沖縄トラフ, 伊是名海穴の海底地質, 第5回「しんかい2000」研究シンポジウム 予稿集, p. 71.

汲田啓一, 橋本英雄, 山田 謙, 佐々木充男, 1982, 釈迦内鉱床胚胎の場, 鉱山地質, v. 32 p. 225—242.

中村光一, 岩渕 洋, 金子康江, 1988, 沖縄トラフ伊是名海穴の海底地質調査, 第4回「しんかい2000」研究シンポジウム 予稿集, p. 5—6.

中村光一, 渡辺徹郎, 丸茂克美, 青木正博, 金沢康夫, 1988, 沖縄トラフ, 伊是名海穴の海底熱水性鉱床について, 第5回「しんかい2000」研究シンポジウム 予稿集, p. 67—70.

中村光一, 山路 敦, 1989, 沖縄トラフの伸張テクトニクス——中新世黒鉱の生成場との比較しつつ, 鉱山地質, v. 39, p. 49.

Ohmoto, H., 1987, Submarine Calderas: A Key to the formation of volcanogenic massive sulfide deposits. Mining Geology v. 28 p. 219—232.

小野晃司, 渡辺一徳, 1983, 阿蘇カルデラ, 月刊地球, v. 5 No 2 p. 73—82.

山路 敦, 佐藤比呂志, 1989, 中新世における東北本州弧の沈降運動とメカニズム 地質学論集, No. 32, p. 339—349.

山野 誠, 田中武男, 門馬大和, 1988, 日本海東縁部奥尻海嶺東麓の潜航調査結果, 海洋科学技術センター試験研究報告 p. 25—36.

Yokoyama, I., 1963, Structure of caldera and gravity anomaly. Bull. Volcanol., v. 26, p. 67—72.

(原稿受理 1989年6月12日)

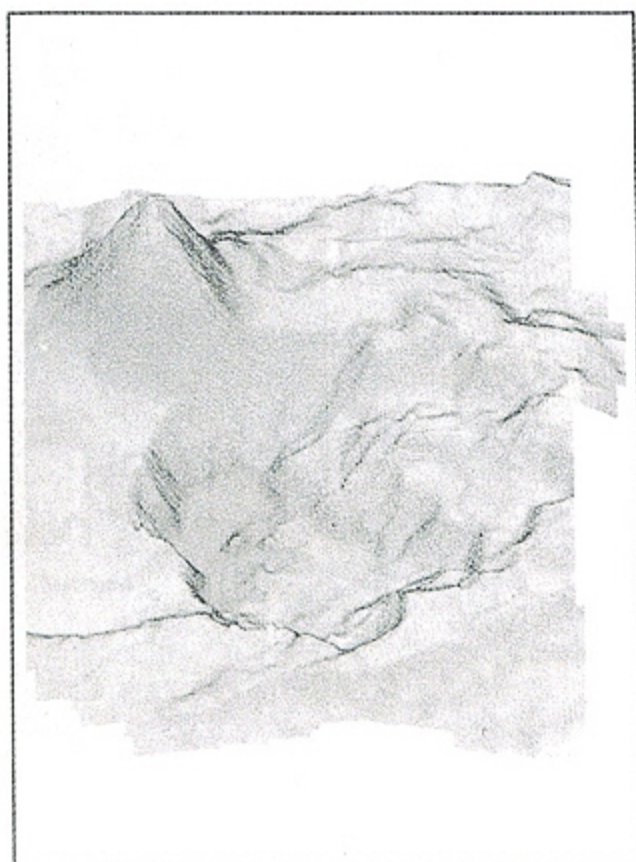


図15 伊是名海穴の海底地形鳥瞰図

Fig. 15 3-D image view map of the precise survey areas of the Izena Hole.



写真1 デイサイトの露頭, サイト290-2。  
photo. 1 Outcrop of dacite, on the  
site 290-2.

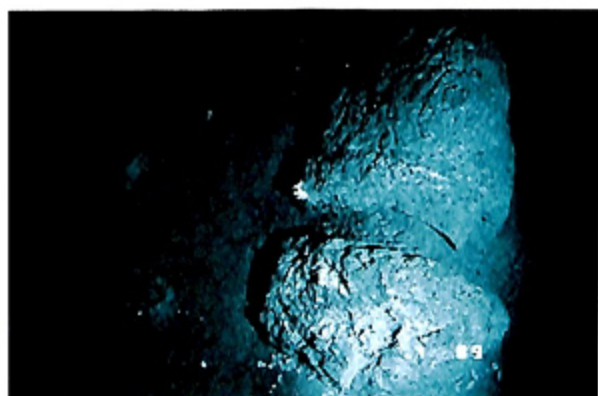


写真2 291-1の泥岩の転石  
photo. 2 Rock fragment of mudstone  
at the site 291-1.

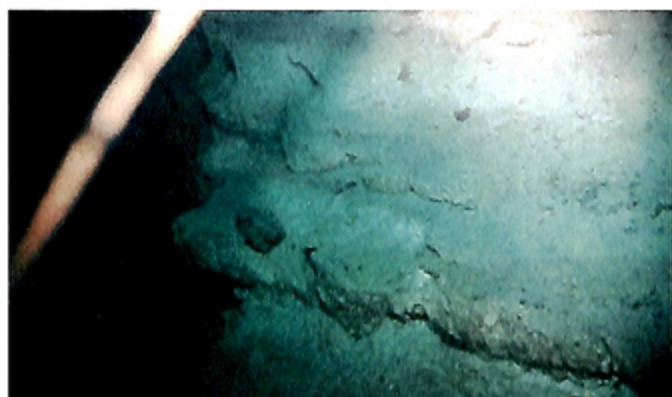


写真3 南壁の凝灰岩泥岩互層の露頭  
photo. 3 Exposure of alternation of  
tuff and mudstone in the  
southern wall of Izena Hole.

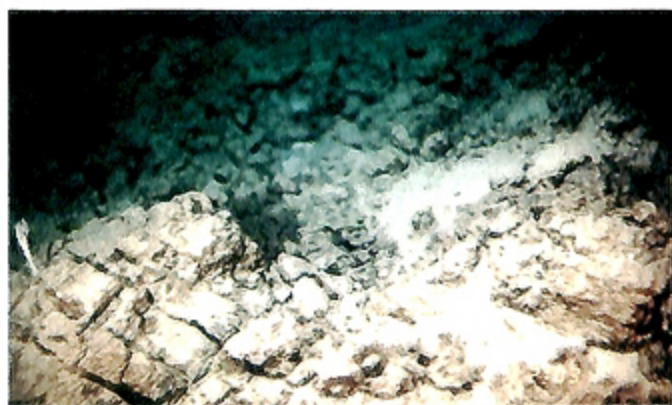


写真4 南壁頂上の材木状軽石の堆積状況  
(291-2)  
photo. 4 Woody pumice deposited at  
the top of the southern  
wall of Izena Hole.

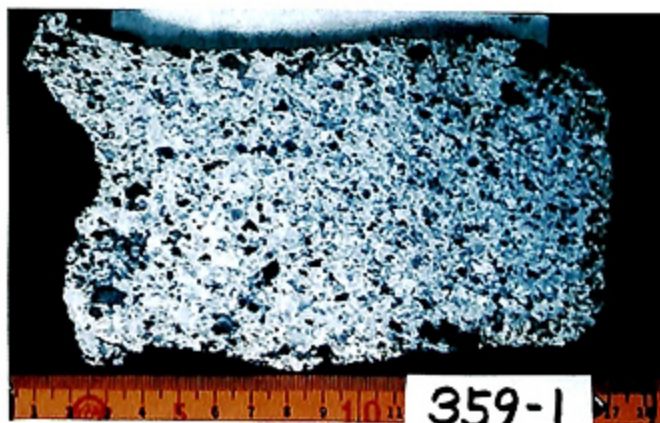


写真5 凝灰角礫岩（359-1）の切断面  
photo. 5 Cut section of tuff breccia  
（359-1）

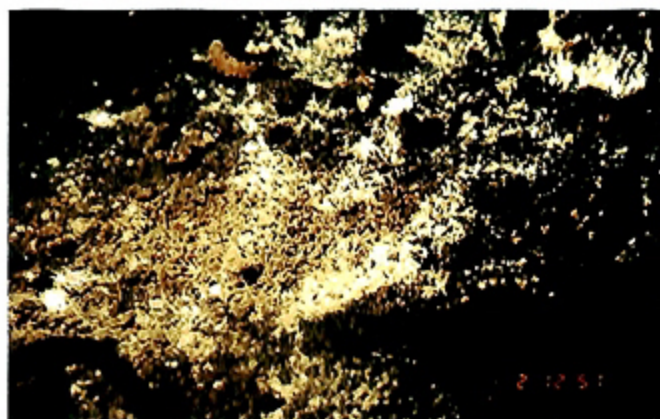


写真6 白色の変質域, st. 359-3.  
photo. 6 White altered patch at the  
st. 359-3.

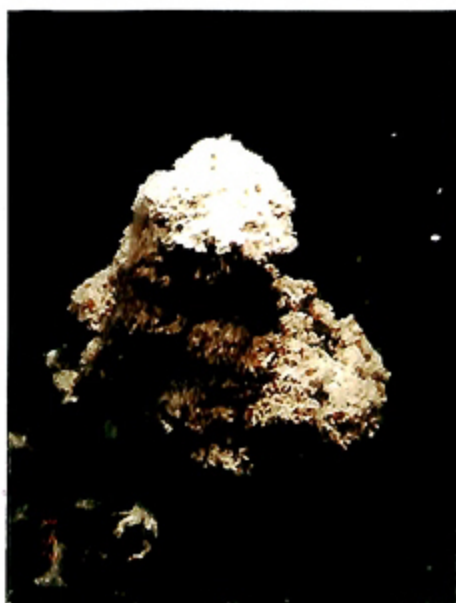


写真7 “にわとり型” チムニー, 鉱床  
サイト1  
photo. 7 Hen-like chimney, at the  
hydrothermal deposit site 1.

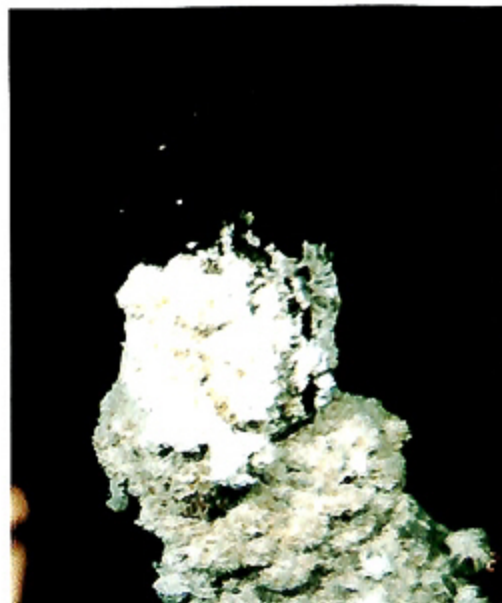


写真8 熱水を噴き出すチムニーの頭部,  
鉱床サイト1  
photo. 8 The head of an active chimney  
at the hydrothermal deposit  
site 1.