

八丈島北方黒瀬海穴の地形・地質調査

岩渕洋*1 芦寿一郎*2 藤岡換太郎*2

黒瀬海穴は八丈島北方約25kmに位置する、直径4kmのほぼ円形のスリパチ状の凹地である。この海穴の地形・地質を明らかにするため「しんかい2000」による潜航調査を行った。

- (1) 海穴壁の地質調査
- (2) 海穴内での熱水活動の調査
- (3) 海穴を構成する基盤岩の採取

を目的として調査を計画した。

海穴底は石灰岩の破片からなる粗粒堆積物で覆われている。海穴壁に近づくと崩落、転動してきた巨大ブロックが見られる。海穴壁脚部は崖錐となっており、断層は認められない。海穴壁は石灰岩が表面を覆っている。この石灰岩は明らかに現地性のものである。海穴壁には岩屑流が形成した谷がたくさん認められる。谷壁では石灰岩と下位の流紋岩との境界が見られる。流紋岩は発泡しており比重は1g/cm³より小さく、giant pumiceかも知れない。黒瀬付近には酸性の火山が存在しない事から、この流紋岩は現地性のものである。

黒瀬海穴の底は水深800mでも13.2℃とかなり高く、生物もたくさん生息していたが熱水の湧出は認められなかった。海穴壁を石灰岩が厚く覆っている事から、黒瀬海穴は形成後かなり時間が経過している。

Geological and Geomorphological Survey of the Kurose Hole, North of the Hachijo Island

Yo IWABUCHI*3, Juichiro ASHI*4 and Kantaro FUJIOKA*4

The Kurose hole is 25 km north of the Hachijo Island. It is conical depression, and its diameter is about 4 km. We conducted the diving survey depression, and its diameter is about 4 km. We conducted the diving survey by "SHINKAI 2000" to clarify the geology and geomorphology of the hole.

The objectives are

- Geological survey of the cliff of the hole.
- Hydrothermal activity survey.
- Sampling of the basement rocks.

The floor of the Kurose hole is covered with sand and gravels. Rim of

*1 海上保安庁 水路部

*2 東京大学 海洋研究所

*3 Hydrographic Department, Maritime Safety Agency.

*4 Ocean Research Institute, University of Tokyo.

the hole is in cliff. As approaching to the cliff, giant blocks, which consist of limestone and rhyolite, are appeared. The foot of the cliff is covered with talus deposits. No faults were recognized on the hole floor because of the coarse sediments. The cliff of the hole is covered with autochthonous limestone bed and debris. Many valleys are recognized on the cliff. The contact with limestone and underlying rhyolite is exposed in the bank of the valley. The rhyolite is well vesiculated. Density of it is below 1g/cm^3 .

Maximum size of the rhyolite is more than 20m, so it may be able to name as "giant pumice" (Mahood, 1980). The rhyolite is regarded as autochthonous, because there are no acidic volcanoes around the Kurose hole.

Temperature of the sea water on the bottom is 13.2°C . It is high temperature considering it's depth of 800m. However, hydrothermal actives were not observed. Thickness of the limestone layer suggest that the actives of the Kurose hole had been stopping.

1. はじめに

東北日本弧に匹敵する規模をもつ伊豆・小笠原弧はその大部分が海水に覆われているため、詳細は明らかではない。わずかに一部海面上に姿を現し島嶼をなすものは、伊豆七島を初めほとんどが火山で噴火の記録があるものも多く、活動の活発さをうかがい知る事ができる。御蔵島と八丈島との間には、黒瀬、北黒瀬、新黒瀬などの高まり（堆）が知られている。北黒瀬や新黒瀬は御蔵島と八丈島を結ぶ現世の火山フロントの外側（海溝側）にあるが、黒瀬は火山フロントのまさに直上に位置している。1978年海上保安庁水路部は、大陸棚海の基本図作製のため八丈島北方の海底地形等の調査を行った。この調査において黒瀬の中央に直径約4 km、比高500 mにおよぶ凹地が発見され、黒瀬海穴と命名された（海上保安庁水路部1980）。黒瀬海穴は局所的磁気異常をほとんど示さない事から、磁化率の低い岩石からなる火山カルデラと予想された（大島1980）。伊豆・小笠原弧北部における火山の活発さを考えると、黒瀬海穴でも現在もなおなんらかの熱的活動が継続している可能性がある。このため黒瀬海穴の地質と現在の活動状況を探るため「しんかい2000」による潜航調査が計画された。この小文では「しんかい2000」によって行われた潜航調査の結果について報告する。

2. 黒瀬海穴

伊豆・小笠原弧は南北に並走する三つの海嶺（東より、小笠原海嶺、七島一硫黄島海嶺、西七島海嶺）より構成されている。（田山、1952）。た



図1 北部伊豆・小笠原弧の海底地形図
等深線間隔は100 m。長方形は第2図の範囲を示す。（海上保安庁海底地形図6313による）

Fig.4 Bathymetric chart of the northern part of the Izu-Ogasawara arc. The contour interval is 100m. The area inside of the rectangle is shown in Fig.2.
(Bathymetric chart 6313, Maritime Safety Agency.)

だし小笠原海嶺は南部（北緯30°以南）でのみ認められる。北部では西七島海嶺は七島—硫黄島海嶺から南西に伸びる雁行する小海嶺の集合となっており、西七島海嶺と七島—硫黄島海嶺との区別はつきにくく、これらが一体となっていると見る事が出来る（湯浅，村上，1985）。小笠原海嶺は古第三系の海嶺であるが、七島—硫黄島海嶺はたくさんの活火山を含む活動的な海嶺である。

北部伊豆・小笠原弧は御蔵島と八丈島との間の1200mに及ぶ谷によって、伊豆大島から御蔵島までを含む地塊と、黒瀬から青ヶ島までの地塊に分けられる。北黒瀬と新黒瀬は地形的には七島—硫黄島海嶺に属しているが、地質的には小笠原から続く古第三系の前縁隆起帯である（本座ほか1982）。

黒瀬は御蔵島と八丈島を結ぶ火山フロント上、八丈島の北方25kmにあり八丈島を含む地塊の北縁をなしている。水深200m付近を基底として北東—南西方向に長軸を持つ大きさ約20×15kmの高ま

まりで、200m等深線で囲まれる部分の広さは伊豆大島や三宅島に匹敵する。最浅部の水深は114mである。黒瀬海穴はほぼその中央にあり、直径約4kmのほぼ円形の凹地である。水路部が1978年に行った調査では最深は海穴のほぼ中央の624mとされていた。1985年水路部「拓洋」による調査では海穴底南側は630m付近が平坦面であり、その北東側がさらに深くなっている事、最深部は790mより深い事が明らかにされた（第2図）。海穴内壁はかなり急で、北側の平均傾斜は30°である。

黒瀬はその名が示すとおり、八丈の北を流れる黒潮の中にある「瀬」である。このため潮のながれは速く、時には3ノット以上に達する事もある。このような場合、海の穏かな日にも黒瀬付近では白波が見られる。地形の高まりが環状になっているため、よく見ると白波も環状にみられるが、その内側は比較のおだやかである。飛行機から眺めると、この事が理解される。

3. 潜航調査

黒瀬のように急峻な地形では、PDRのような指向角の大きい音響測深機では側方反射のため海底地形を捉える事は困難である。「しんかい2000」の潜航に先立つ「なつしま」による測深でも、測線間隔を約300mと密に設定したにもかかわらず760mより深い値は得られなかった。また同船による深海曳航ビデオによる調査では、海穴壁付近の調査はオペレーション上困難で、観察することができなかった。このような場ではROVあるいは潜水船による調査が不可欠である。

急峻な海穴壁には良好な露頭があり黒瀬海穴の地質断面が観察される事が期待される。さらに熱水等の湧出があるとすれば、海穴を形成した断層付近になんらかの異常が認められるであろう。このため黒瀬海穴の地質と現在の活動状況等を調査するには、潜水船により海穴壁付近の調査を行う事が適切だと考えられた。

1986年11月潜航調査が計画されたが、悪天候のため深海曳航ビデオによる調査が行われたのみであった。このため1987年5月26日Dive 280として潜航調査を実施した。海穴底平坦部の底質観察を行ったが、目的とする海穴壁に到達する前に

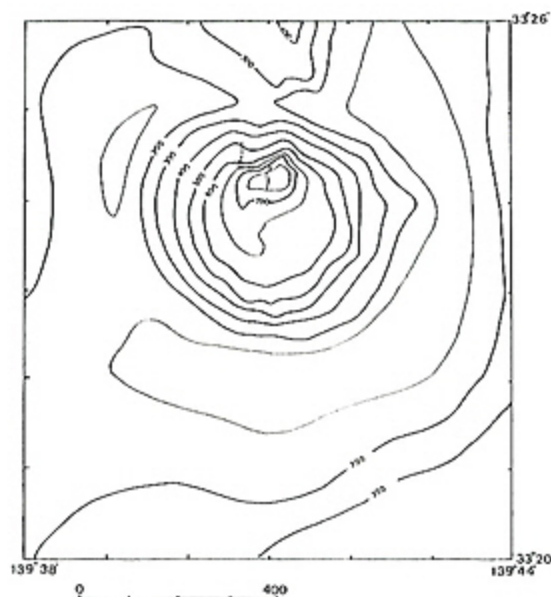


図2 黒瀬海穴の海底地形図
等深線間隔は、太線が100m間隔、細線は50m間隔。点線は「しんかい2000」の航跡を示す。

Fig.2 Topographic map of the kurose hole.
Contour interval; Thick line is 100m interval and thin line is 50m. Dotted line shows the tracks of "Shinkai 2000."

トラブルのため調査を中止した。1988年5月11日にもう一度潜航を試みた (Dive338)。この潜航で黒瀬海穴北壁の地質を観察する事が出来た。

4. 調査結果

4.1 曳航ビデオ調査

曳航ビデオによる調査の結果、海底面は灰褐色の粗粒砂で覆われており、その中に黒色、灰褐色及びわずかの白色礫が混じっていた。映像から判断して、底質は火山灰と推定された。黒色の岩石は溶岩、灰褐色および白色の岩石は石灰岩と考えられた。南側の平坦面では黒色の岩石は円磨され亜円～円礫となっている。

海穴壁に近づくにつれ黒色の巨礫～大礫が認められるようになる。底質は黒色の角～亜角礫が多くなる。その後露頭らしきところに到達したが、曳航体の巻上げが間に合わずにひっかかってしまう可能性があるため、露頭の観察は出来なかった。

4.2 Dive280

1987年5月28日に行われたdive280は観察者岩淵の他、海洋科学技術センター井田正比古、赤沢克文がパイロットとして乗船し調査を実施した。着底後露頭に向けて航走を開始したが、露頭に到達する以前に潜水船にトラブルがあったため調査を中止した。第3.図にルートマップを示す。

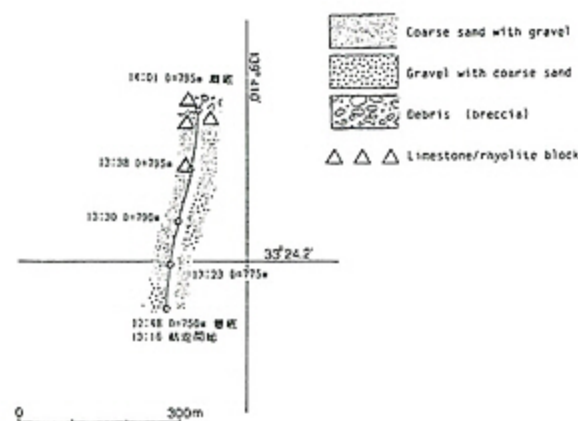


図3 Dive280のルートマップ
Fig.3 Geologic route map of the dive 280.

海穴内は水深450m以下はほぼ等温で、海穴底は800m近い水深にもかかわらず水温は13.2°Cと

かなり高かった。第4図にXBTによる温度、及

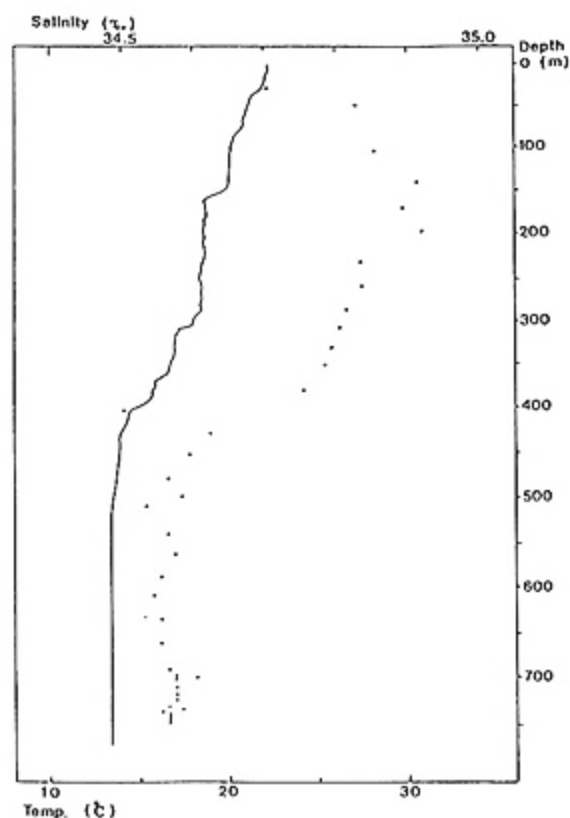


図4 黒瀬海穴の水温と塩分濃度
(1988年5月26日)
Fig.4 Water temperature and salinity in the Kurose hole.

びSTDによる塩分値を示す。海穴内の水温が高いのは、付近を流れる黒潮が海穴内に入り込んだ可能性も考えられた。しかし海穴底の塩分濃度は上層のそれよりは、明らかに低く黒潮の値とは異なっている。黒瀬海穴内の温度が高いのは上層の海水が流れ込んだためではなく、海穴内の海水が地殻からの熱によって暖められたためである。また海穴内の温度が等温なのは、海水が底から加熱され、海底から水深450mまでの間で対流を起こしたためである。

着底点は海穴のほぼ中央、水深749mの場所である。着底点は濁り度の悪い石灰岩の破片からなる黄褐色～灰褐色の粗粒砂で覆われている。その中には巻貝の貝殻等も含まれており、これらは海穴外輪頂部を覆う石灰岩に起源を持つものと考え

られる。その中に円磨された流紋岩の大礫～中礫がみられた。曳航ビデオでは溶岩と考えられた黒色の岩石もわずかにみられる。この岩石は見掛けは黒～暗灰色だが、引っ繰り返すと裏側は灰白色の発泡した流紋岩であった。写真1にdive280着底点付近の様子を示す。なお、着底付近の海底は粗粒の砂だったため地温の測定は行っていない。

着底するとアミ類がたくさん集って、潜水船の投光器に群がってきた(写真2)。生物の密度が高いのは、海穴内に栄養分の供給源が存在する可能性があるが、あるいは単に暖かな環境のためなのかもしれない。船内からの目視観察では全く認められなかったが、ビデオの映像には「水のゆらぎ」が映っていた。湧水の可能性もあるが、おそらく海水が潜水船の投光器によって暖められたため、ビデオカメラにゆらぎが記録されたものと考えられる。なおSTDには異常は認められていない。

北に向かって航走調査を開始した。海底は粗粒な砂で覆われており、なだらかであった。水深800mの海穴最深部付近から、海底は流紋岩礫が多くなって来る。円磨度は亜角～亜円礫である。

水深795m付近では、大きさ約5mの転動ブロックが認められたが、潜水船のトラブルのため、この地点で調査を中止した。

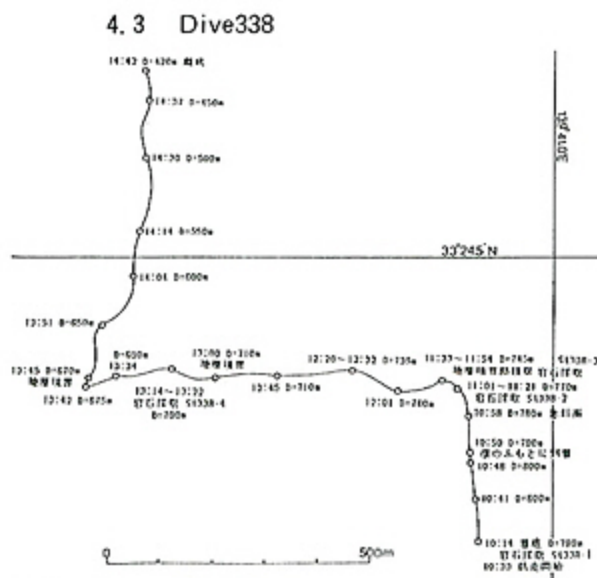


図5 Dive338の航跡図

Fig.5 Track line of the dive 338.

Dive280が目標に到達できなかったため、1988年5月11日観測者岩淵の他、海洋科学技術センター田代省三、桜井利明がパイロットとして乗船しDive338として調査を行った。水温は海穴底で12.4℃とDive280の時よりやや低かった。第5図に

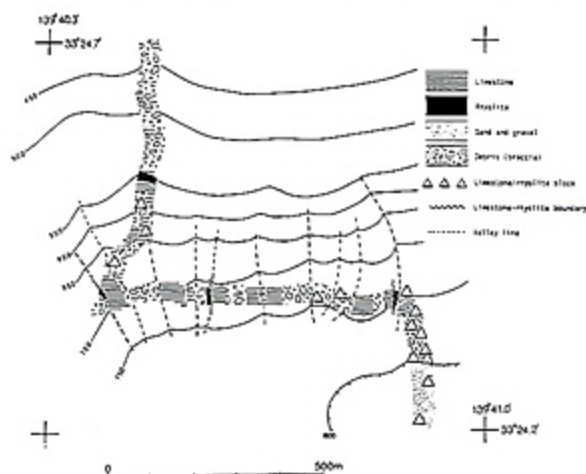


図6 Dive338のルートマップ

Fig.6 Geologic route map of the dive 338.

「しんかい2000」の航跡を、第6図にルートマップを示す。ルートマップの等深線は「拓洋」によるデータと「しんかい2000」による調査結果を合せて描いている。

着底点は水深799mで、黒瀬海穴の最深部付近である。Dive280で調査を中止した地点の約100m東である。海底は石灰岩の角礫および流紋岩の亜角礫～亜円礫で覆われている。また、2mくらいの大きさの石灰岩のブロックも認められた。石灰岩は褐色～赤褐色で、アア溶岩の様に表面がガサガサしており、もろく固結度は低い。この地点において石灰岩を採取した(St338-1)。この岩石を塩酸で溶かすと泥質物が約5～10% (重量比)含まれている。この地点で温度計測を試みたが、底質が粗い砂だったためプローブがささらなかった。

海穴壁に向かって航走を開始すると海底に岩盤(埋没した巨礫の頂部?)がしばしば観察される。この表面は暗灰色で安山岩かと思われたが、後に流紋岩である事が分かった。その周囲を埋る砂礫は石灰岩の角礫とその岩片からなる粗粒砂及び流紋岩の亜角～亜円礫である。また、転動してきた巨大ブロックも海穴壁に近づくにつれて、しばし

ば見られるようになる。

水深 790 m の地点において崖に到達した。この崖は巨大なブロックと砂礫が積重なった崖錐堆積物で覆われている。巨大ブロックは表面の 1 面がアア溶岩状の石灰岩で、その他の部分は発泡した暗灰色の火山岩である。

水深 770 m 地点で岩石採取を行った (Site 338-2)。この地点でも、礫は暗灰色の発泡した火山岩の亜角礫～亜円礫と褐色の石灰岩角礫であった。このうち暗灰色の火山岩亜角礫を採取した。この岩石は海底に露出している面は暗灰色になっているが、内部は明灰色の発泡した流紋岩であった。採取した岩石は見かけの比重が $0.8 \sim 0.9 \text{ g/cm}^3$ で軽石と表現し得るものである。いくつかの黒っぽい色の岩石を掘り返したが、全て表面が黒くなった流紋岩であった。

水深 760 m 付近では、褐色の石灰岩が海底面を覆っているのが観察された。その厚さは 50 cm 程度で、その下には円磨された流紋岩がみられた (写真 3)。これまで観察された岩石は全て転動してきたと考えられるものだが、この石灰岩は付近を広く覆っており明らかに現地性のものである。

以後海穴壁を斜に登る形で調査を進めた。水深 745 m 付近に谷がみられた。谷の幅は 20 m、深さは 5～10 m 位であった。谷壁には岩屑流によって浸食された露頭があり、地質の境界が観察された (写真 4)。上位層は円礫を含む石灰岩、下位の岩石は酸性の火山岩と思われる。石灰岩層の厚さは 2～3 m であった。下位層の表面は岩屑流に削剥され平滑になっている。露頭は高さ約 5 m で、20 m 位にわたって観察された。この谷底において岩石採取を試みた (St 338-3)。直接に下位層を採取する事は出来なかったため、下位の岩石に由来すると思われる角礫を採取した。得られた岩石は、見かけの比重が $0.8 \sim 0.9 \text{ g/cm}^3$ の発泡した流紋岩であった。

谷を越えると海底はゴツゴツした石灰岩と岩屑の繰り返しとなる。岩屑は石灰岩と流紋岩で構成されている。海穴底同様に石灰岩は角礫だが、流紋岩は角礫～亜角礫と角が立ったものになっている。地形は谷と尾根が繰り返しで、谷幅は大きなもので 50 m 位である。以後水深 680 m の地点まで 6 つの谷が認められた。谷壁では石灰岩と火山岩

の接触面が見られる露頭が 2 カ所で観察された。水深 700 m の尾根上において岩石採取を試みた (St 338-4)。採取した岩石は一部に石灰岩が付着した、灰褐色の流紋岩の角礫である。

水深 675 m の地点において方向を変えふたたび谷壁を斜に進んだ。谷を 2 つ横切ったのち、谷壁に沿って海穴壁を上昇した。谷の中は石灰岩と流紋岩の岩屑、及び岩屑流によって表面を削剥された流紋岩の巨礫 (写真 5) がみられる。尾根は石灰岩の被覆と岩屑がくりかえしている。これは水深 760 m 付近から離底した水深 420 m の地点まではほぼ同じ様相であった。

観察された範囲では石灰岩の層厚は水深に依存しているのではなく、地形に依存しているらしい。谷の付近では層厚は厚く、尾根では薄い傾向があるようである。

4. ま と め

黒瀬海穴の底は礫および粗粒の砂質堆積物で、海穴壁脚部は巨大なブロックで覆われており海底には断層等は認められなかった。海穴壁は岩屑および砂礫を膠着した石灰岩で覆われている。この石灰岩の厚さは変化に富み、厚いところでは 3 m にもおよぶ。石灰岩は火山岩の岩盤だけでなく、砂礫層も覆っている事から、この石灰岩は黒瀬海穴形成後ある程度時間がたってから形成されたものである。石灰岩の被覆は水深 800 m に近いところにも見られる。海水準低下期においても、このような深度では石灰岩が形成されるとは考えにくい。黒瀬が露頂していた時期に海面近くで形成された石灰岩が浸食を受け、岩屑などと一緒に流下し砂礫を膠着し再固結したものなのかも知れない。

海穴内では火山岩は、発泡した流紋岩しか採取できなかった。この流紋岩は発泡度が高く比重は $0.8 \sim 0.9 \text{ g/cm}^3$ で軽石と表現されるものである。このため流紋岩は円磨されやすく、海穴底では流紋岩の角礫は認められなかった。それに対し石灰岩は極めて脆いため、円磨されることなくバラバラと崩れてしまい、砂となって海底を覆っている。採取した火山岩はすべて、見かけの比重が 1 より小さいものであった。St 338-3 では幅 20 m に渡って続いた 1 つの岩石である事が確認されている。この流紋岩が直接岩盤をなしているのではなく、

giant pumice(Mahood, 1980, 中村ほか1986)となつているのかも知れない。しかしいずれにせよ、黒瀬の付近には酸性の火山が存在しない事からこの流紋岩が現地性である事に変わりはない。giant pumiceは陸上では知られていないが、喜界カルデラからはすでに記載がなされている(中村ほか, 1986)。giant pumiceは、海底での火山活動の特徴づけるものなのかも知れない。

観察した範囲内では、流紋岩は海穴壁で岩盤あるいは巨大ブロックをなしていた。おそらくカルデラ形成期の火成活動に由来していると考えられる。黒瀬が酸性の火山であることは、磁気異常の結果(大島ほか1980)とも調和的である。

黒瀬に近い八丈島や八丈小島は玄武岩を主体とする火山である。また、黒瀬の北10kmの第1黒瀬海丘からも玄武岩が得られている(青木, 岩淵, 1970)。伊豆・小笠原弧北部では、火山岩の頻度分布には玄武岩と流紋岩の二つのピークがあり、中間の組成のものは稀である(宇都, 1983)。黒瀬の岩石が付近の火山と著しく異なるのは、形成時代の違いを示しているのではなく、北部伊豆・小笠原弧の一般性質を示しているのである。

黒瀬海穴内は水温が高く、アミ類が非常に多く生息しており、石灰岩はカイメン等がたくさん付着していた。生物が多く生息する事は、熱水の湧出などなんらかの物質供給を示唆しているものと考えた。しかし、観察した範囲内では熱水の異常は認められなかった。

石灰岩は海穴壁を厚く覆っており、海穴形成後かなり時間が経過していると考えられる。この事を明らかにするためには、今後石灰岩の詳しい分析を行う必要がある。

5. おわりに

今回の調査では黒瀬海穴の現在の状態を観察し、海穴形成時代に関する貴重な資料を得た。これは伊豆・小笠原弧の火山についての重要な基礎資料となろう。この10年間の間に伊豆・小笠原・小笠原弧では10個近くもの海底カルデラが見つかってきている(村上, 石原1985, 長岡ほか1989など)。これらの現在の活動状況について調べていくと、今後新たな熱水系が発見されるであろう。

船上からの曳航ビデオによる調査では、底質は

火山灰であり黒色の岩石は火山岩と予想していた。しかし実際に観察した結果、海底を覆うものは火山灰ではなく石灰岩の破片であり、黒色の岩石も実は表面が黒く変色した軽石であった。ビデオによる観察には限界があり、目視による観察とサンプリングが重要である事を改めて感じた。

謝 辞

今回の調査を進めるにあたって、海洋科学技術センターの皆様にはたいへんお世話になりました。特に鶴啓介指令をはじめとする「しんかい2000」運航チームの方々、浜中利夫船長以下「なつしま」の乗組員の方々にはたいへんお世話になりました。深く感謝致します。また、温度測定機器を使用させて下さいました東京大学地震研究所山野誠氏にお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 青木ヒトシ・岩淵義郎, 1972, 伊豆一小笠原海嶺北部の海底地質。伊豆半島, 東海大学出版会, 311-319.
- 本座栄一・玉木賢策・湯浅真人・棚橋学・西村昭, 1982, 小笠原弧北部広域海底地質図, 17, 地質調査所。
- 海上保安庁水路部, 1980, 三宅島南西方海底地形図, 大陸棚海の基本図, 6364, 海上保安庁。
- Mahood, Gail a., 1980, Geological evolution of a Pliocene rhyolitic center... Sierra la Primavera, Mexico. Jour. Volcanol. Geotherm. Res., v. 8, 449-230.
- 村上文敏・石原丈実, 1985, 小笠原弧北部で発見された海底カルデラ, 地球, 77, 638-646.
- 長岡信治・加藤茂・林田政和・瀬田英憲・加藤幸弘, 1989, ナローマルチビームによる七曜海山列の海底地形図, 火山学会1989年春季大会講演予稿集, 48.
- 中村光一・坂口圭一・長井俊夫, 1986, 喜界カルデラの海底地質調査, 海洋科学技術センター試験研究報告, 137-155.
- 大島章一・登崎隆志・小野寺健英・兼子俊郎・植田義夫, 1980, 日本周辺海洋底の地磁気異常, 地球, 17, 1980.

- 田山利三郎, 1952, 日本近海深淺海図について,
水路要報, 32, 160-167.
- 宇部浩三, 1983, 伊豆・小笠原弧の第四紀火山
岩, 地球, 50, 464-468.
- 湯浅真人・村上文敏, 1985, 小笠原弧の地形・
地質と礫層岩構造線, 地学雑誌, 94, 115-
134.

(原稿受理 1989年5月29日)

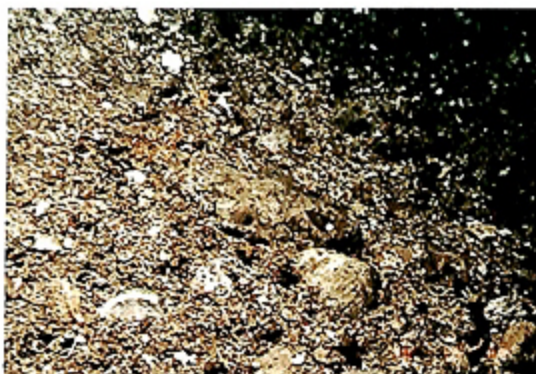


写真1 黒瀬海穴の海底
photo. 1 Bottom of the Kurose hole.

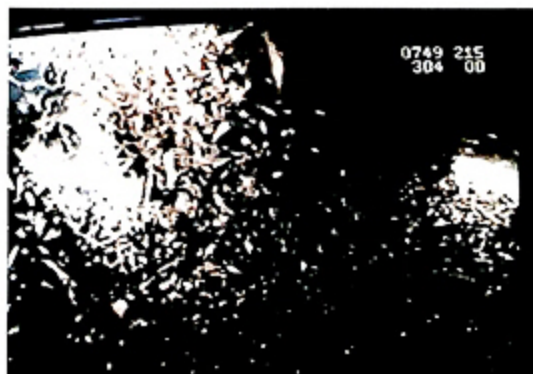


写真2 「しんかい2000」のライトに集ったアミ類
photo. 2 Swarm of krill around the lights of Shinkai 2000.

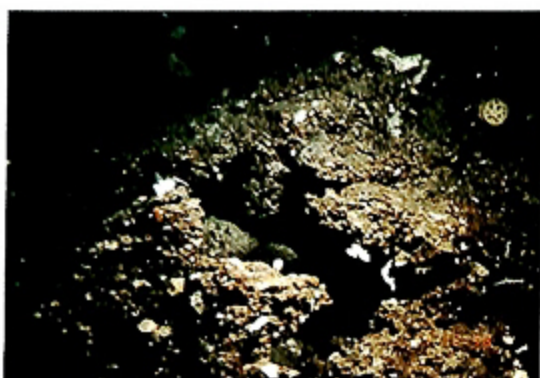


写真3 流紋岩礫を覆う石灰岩
photo. 3 The limestone overlying rhyolite pebbles.

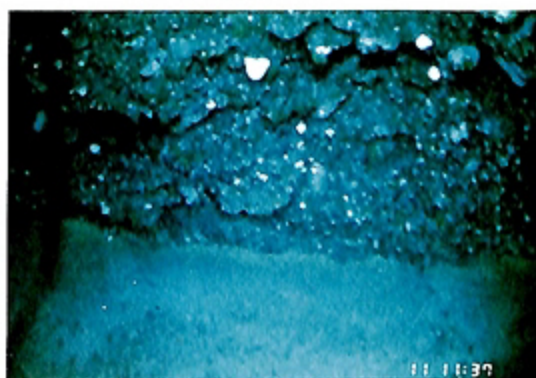


写真4 海穴壁に発達する谷の壁に見られる石灰岩と流紋岩の境界
photo. 4 The contact with limestone and rhyolite in a valley on the cliff.



写真5 海穴壁の谷底。岩屑流によって浸食を受け、一部を削られた流紋岩の巨礫がみられる。
photo. 5 Bottom of a valley. Rhyolite boulders, which are cut by debris flow, are observed.