

八丈島・青ヶ島間に存在する仮称「南八丈堆」の地形・地質学的特徴

坂本 泉*¹ 呉 時国*¹
佐藤 武*² 石田 光男*³

八丈島・青ヶ島間に存在する南八丈堆の地形・地質観察を行った。結果以下のことが明らかになった。

南八丈堆は八丈島の南に発達する島棚南端に位置し、西側に発達する八丈凹地の小海丘群や南に発達する青ヶ島に属する海丘群とは地形的に独立した存在である。

南八丈堆の頂上に発達する凹地は、中央部に中央火口丘状地形が発達し、周辺からは多量の流紋岩質火山岩や軽石が分布していることから、カルデラ起源の凹地であると推定される。中央火口丘斜面では角礫質の軽石や巨大軽石が点在し、頂部では陥没地形が発達し流紋岩質角礫岩が分布している。

カルデラ底北東部に存在する小海丘は、下位より塊状流紋岩体と流紋岩質角礫岩の互層が続き、最上部ではハイアロクラスタイト状の碎屑物に変化し、頂上に至るまで軽石発達が明瞭でない。

よって南八丈堆のカルデラは、爆発的な火山噴火活動よりは流紋岩質溶岩ドーム活動とそれに伴う水冷破碎活動により多くの碎屑岩が形成されたと推定される。

キーワード：伊豆-小笠原弧，カルデラ，流紋岩，ハイアロクラスタイト

Topographical and geological characteristics of 'South-Hachijo Bank', located between Hachijoshima Is. and Aogashima Is.

Izumi SAKAMOTO*⁴ Shiguo WU*⁴
Takeshi SATO*⁵ Mitsuo ISHIDA*⁶

We made a geological observation of the caldera at the top of the South Hachijo Bank located between Hachijoshima Is. and Aogashima Is. The areal extent of this caldera is about 20km (E-W direction) × 13km (N-S direction).

The caldera floor is composed of unconsolidated sediments (medium to coarse grain sand) and N-type to M-type pumice fragments. Giant pumice block and altered M-type pumice are distributed on the flank to the upper part of the central cone. A graben structure is developed at the top of the central cone, and rhyolitic breccia and woody pumice are observed around the surface of the cone.

A small knoll is located at NE part of caldera. This knoll is divided into 4 geological units in ascending order as follows; 1) massive rhyolite volcanic body, 2) rhyolite volcanic fragment, 3) rhyolite lava (or dike), and 4) rhyolitic hyaloclastite.

These geological features show that this caldera forming volcanic activity was not explosively. Submarine dome formation and associated fragmentation are the main observed volcanic activity on this caldera.

Key words : Izu-Ogasawara Arc, Caldera, Rhyolite, Hyaloclastite.

* 1 海洋科学技術センター 深海研究部

* 2 東海大学海洋学部

* 3 東海大学開発工学部

* 4 Deep Sea Research Dept. JAMSTEC

* 5 School of Marine Sci. & Technology, TOKAI Univ.

* 6 School of High-Tech. for Human Welfare, TOKAI Univ.

1. はじめに

伊豆一小笠原弧は、南北1500Km東西800 Kmの規模を持つ海洋性島弧であり、その大きさは東北日本弧に匹敵している。この南北に伸びた島弧の脊梁部にあたる七島一硫黄島海嶺上には、伊豆大島をはじめとし三宅島、八丈島などの火山島が分布し、伊豆一小笠原弧における第四紀火山フロントを構成している。また本海嶺上にはカルデラを伴う海底火山も多く分布し(村上・石原, 1985, 岩淵他, 1989, Yuasa et al., 1991, 湯浅, 1995, 村上, 1997), これらは娯婦岩構造線より北部には著しく分布している。これらのカルデラからは硫化チムニーを伴う熱水活動の報告され(飯笹他, 1997)資源環境的に注目を集めている。

近年、これらの海底カルデラや背弧凹地において採泥調査や潜水調査が行われ、多量の流紋岩質軽石や玄武岩質岩片が分布していることが明らかになってきた(仲ほか, 1987, 山崎ほか, 1991, 藤岡ほか, 1991)。これらの火山は海底環境で活動したことが推定され、その形成機構についていくつか議論されている(湯浅, 1995, 村上,

1997, Fiske, 1998)。

本報告では、八丈島・青ヶ島間に存在する(堆の中心: $32^{\circ} 42' N$, $139^{\circ} 45' E$, 水深540m)カルデラ状地形を伴う堆(図-1)における地形学的特徴、および潜航調査によって明らかにされた海底地質学的特徴について報告する。

なおこの堆は、北青ヶ島カルデラ(Klaus et al., 1992)と呼ばれたが、地形・地質記載等の報告は無く、本論では地形・地質学的に判断し「南八丈堆」とする。

2. 南八丈堆付近の研究史および調査概要

2.1 南八丈堆付近の研究史

南八丈堆周辺では、1967年Upper Mantle Project (B zone)の第三次調査航海が行われ、水路部拓洋によりSt. 8($32^{\circ} 43.3' N$, $139^{\circ} 44.3' E$, 水深350m)において採泥作業が行われ、両輝石ガラス質安山岩、両輝石アルカリ角閃石安山岩、軽石、石灰質堆積物が採取されている(Iwabuchi and Mogi, 1973)。この石灰質堆積物中に含まれる軽石中からは Brushite と思われる鉱物の存在が報告されている(佐藤, 1983)。

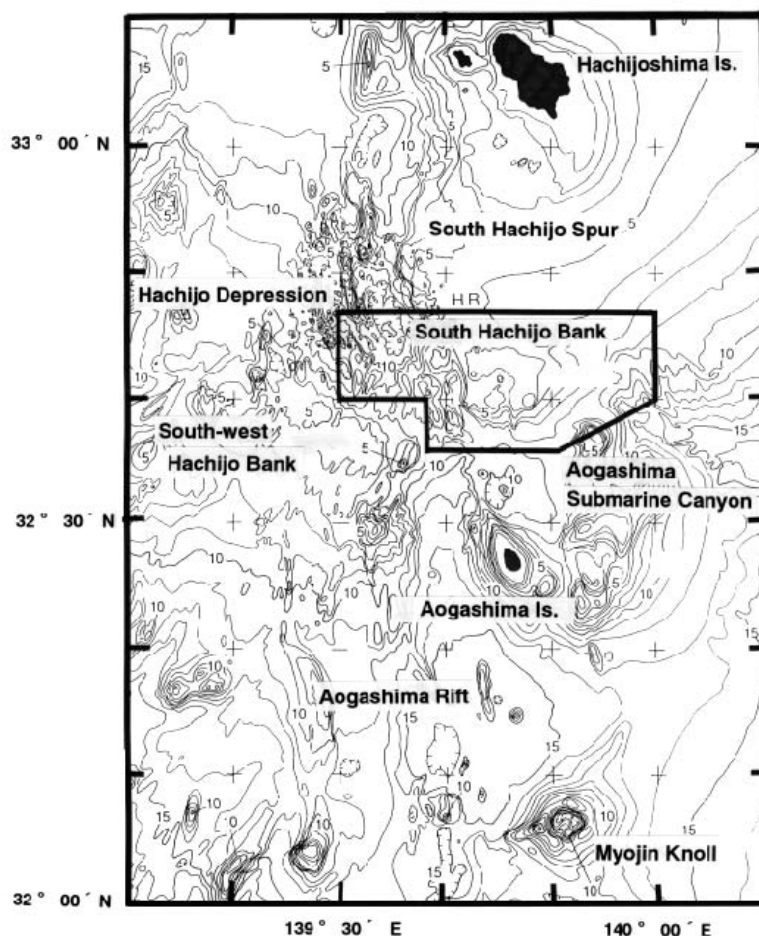


図1 調査海域の海底地形図(Klaus et al., 1992に加筆)。

Fig. 1 Bathymetric map of the surveyed area (after Klaus et al., 1992)

地質調査所では1984年「海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究」の一環として、周辺海域の音波探査調査を行っており(工業技術院地質調査所, 1985)、一部ではあるが本海丘付近にも測線が存在する。このデータ基にKlaus et al. (1992)は、八丈・青ヶ島西方に存在する背弧リフティングの形成過程について考察している。

1989年から1993年にかけて、東海大学の調査グループによって南八丈堆を中心に地形、地磁気、採泥調査が行われ、大量の岩石試料が採取されている(佐藤ほか, 1990, 坂本ほか, 1994, 1996, 八丈島・青ヶ島間海域調査グループ, 1995, 石田ほか, 1998)。採取された試料は大量の流紋岩質軽石、玄武岩と石英閃緑岩、細粒閃緑岩、ピクライト質玄武岩であった(佐藤ほか, 1990)。これらの試料のうち玄武岩質火山岩については、表面構造やスケタル結晶の発達状況などから水中で噴出した可能性が推定され、さらに化学特性(低 TiO_2 , 低 Na_2O+K_2O)から島弧性の玄武岩であることが記載されている(坂本ほか, 1994, Sakamoto and Sato, 1995)。調査海域から採取された多量の流紋岩質軽石については、その形態的特徴より1) Mタイプ: 角礫質, 低発砲率で高密度, 2) Nタイプ: 円礫質, 高発砲で低密度, 3) Iタイプ: MとNの中間, の3つに分類され、Mタイプ軽石については冷却節理の発達や結晶サイズの鉛直方向での変化が観られることなどから、水底噴出した溶岩ドーム又は溶岩の破片であり、現地性の可能性が高いと記載された(坂本・谷本, 1996)。八丈島・青ヶ島間海域調査グループ(1995)は、本地域にカルデラが存在することを推定している。

2.2 調査概要

本報告に用いた観測データは以下の調査により得られた。周辺精密地形観測は、1997年12月に海洋科学技術センター調査船「よこすか」搭載のマルチナロービーム測深機により観測された。調査地域は主に $32^{\circ} 32' N \sim 32^{\circ} 50' N$ と $139^{\circ} 29' E \sim 140^{\circ} 05' E$ に囲まれた範囲で行われた(図-2)。この調査では東西方向を主に0.5マイル間隔の測線および数本の南北測線でクロスチェックを行った。

地質観察としては、1998年9月に「しんかい2000」による潜航調査がカルデラ底に沿って行われ、1999年6月にドルフィン3Kによる潜航調査がカルデラ底東端～中央火口丘～カルデラ底西端で行われ、同月に「しんかい2000」によるカルデラ底西端～中央火口丘～カルデラ壁周辺の潜航調査が行われた。

3. 南八丈堆周辺の地形・地質学的特徴

3.1 南八丈堆周辺の地形学的特徴

南八丈堆は、八丈島の南方約30kmに位置している(図-1)。この堆の北側には、北方に位置する八丈島から続く平坦かつ緩やかな南傾斜の斜面(島棚)が発達している。この島棚の勾配は、いちばん緩いところで20/1000ほどである

(八丈島・青ヶ島間海域調査グループ, 1995)。南八丈堆は、島棚斜面部の南端部に存在し、440～460m等深線によって独立した凸状地形を呈している。さらに、南に位置する青ヶ島との間には水深900mの谷地形が発達し、これによって地形的に完全に青ヶ島から独立しているのが明らかである。

本調査地域は地形的特徴から次の1)南八丈堆西部域(八丈凹地)、2)南八丈堆本体、3)南八丈堆東部域の3つに大きく区分される。以下に地形的特徴を記述する。

3.1.1 南八丈堆西部域(八丈凹地)

南八丈堆の西側および南側は急斜面が発達している。堆の西方には八丈凹地(仲ほか, 1987, 門馬ほか, 1990, 他に八丈ディプレッション; 玉木ほか, 1981, 新八丈凹地; 藤岡ほか, 1991)が存在し、NW-SE方向を呈した小海丘群(比高200m前後、底径1-2Km)が分布している(図-3)。これら小海丘群の長軸は、 $32^{\circ} 47' N$ 付近を境にし、その北側でN-S方向を、南側でNW-SE方向を呈している(図-1)。

八丈南堆の南西方には水深1000m等深線で囲まれる緩やかな高まりを呈する南西八丈堆(仮称)へ続く緩い南西傾斜の海脚が存在している(図-1, 3)。本海脚上には、八丈凹地から続く南東方向の構造を呈する小海丘群が存在している。これらの小海丘群も凹地中の小海丘群同様に、比高150-250m前後、底径0.8-2KmのサイズでN30-40Wの走向を呈している。南八丈堆と小海丘群の境界付近には、小海丘群と平行に走る谷地形(水深900～700m)が発達している(図-3, 4)。この谷地形の北西端には底径2.5Km比高100-150mで、山頂部に直径500m比高140mのカルデラ状地形を伴う海丘(新八丈カルデラ: 藤岡ほか, 1991)が存在する。このカルデラ状地形も北西部にある小海丘群からの延長部に位置しており、海洋科学技術センターの曳航調査が行われ、軽石巨角礫が観察されている(門馬ほか, 1990)。

3.1.2 南八丈堆

南八丈堆は、八丈島から南に伸びる緩傾斜の島棚地形の南端に位置し、長径(東西方向)が15km、短径(南北方向)が13kmの円～多角形状を呈し、比高は南斜面で最大約500mである。頂部には長径(東西方向)が5.2km、短径(南北方向)が5kmのカルデラ状凹地が発達している(図-4)。

外輪山状地形は水深400-450m等深線で囲まれ、比高約50-200mの緩やかな凸地形として存在している。この外輪山の外形は、カルデラの形状同様円錐形でなく、それぞれピークを有する凸状地形(ブロック)の連続した集まり(NEブロック, NWブロック, SEブロック, SWブロック)として存在している(図-5)。

NWブロックは、東西6Km、南北4Kmで最浅は水深280mであり、西端は八丈凹地(最深800m)からの急斜面(300/500)、北側は八丈島からの緩やかな島棚と接している。頂上は、斜面に比べ平坦であり(100/2000)、東西方

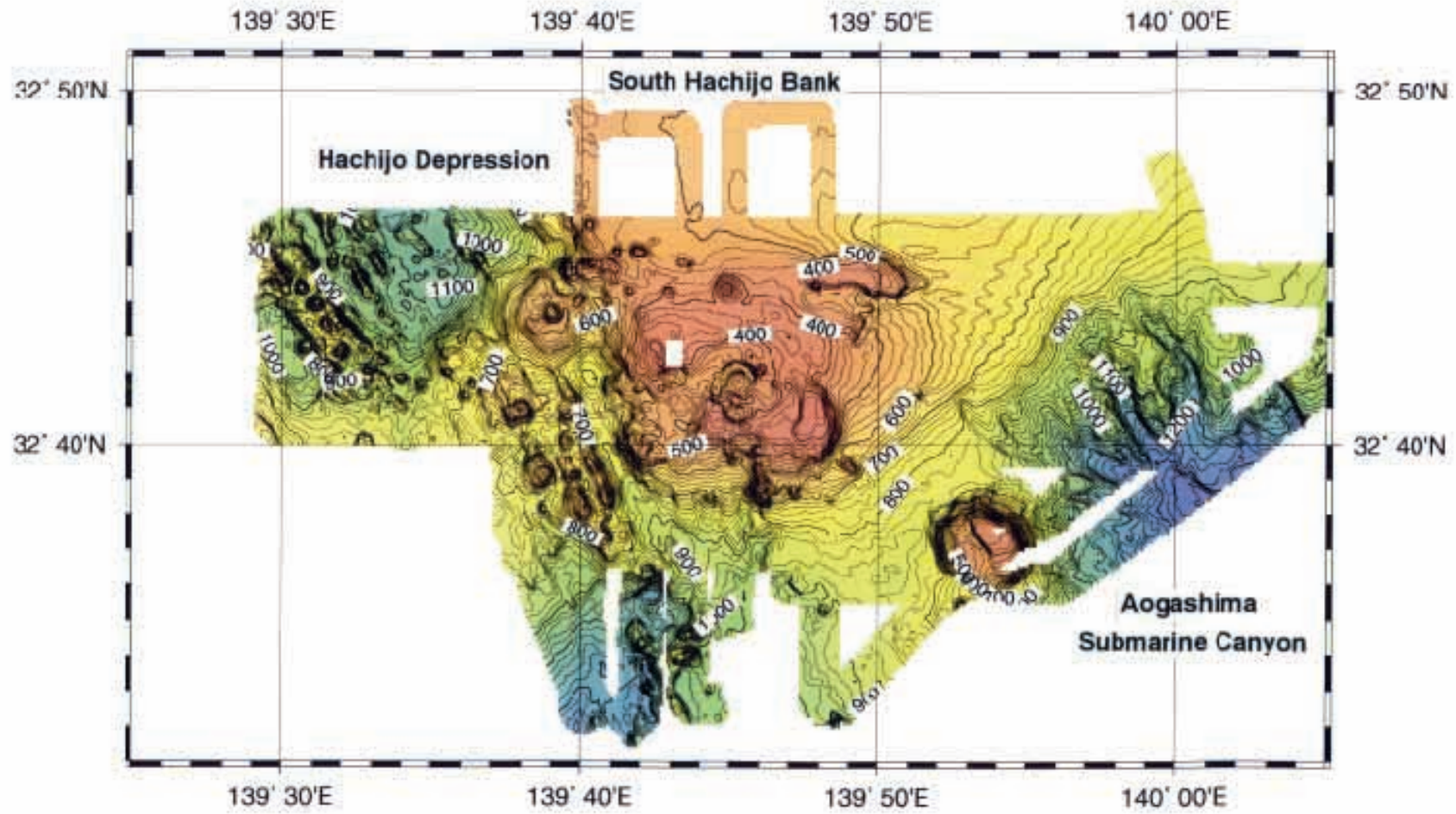


図2 南八丈堆周辺の海底地形図。等深線間隔は20m。
 Fig. 2 Bathymetric map of the South Hachijo Bank. The contour interval is 20m.

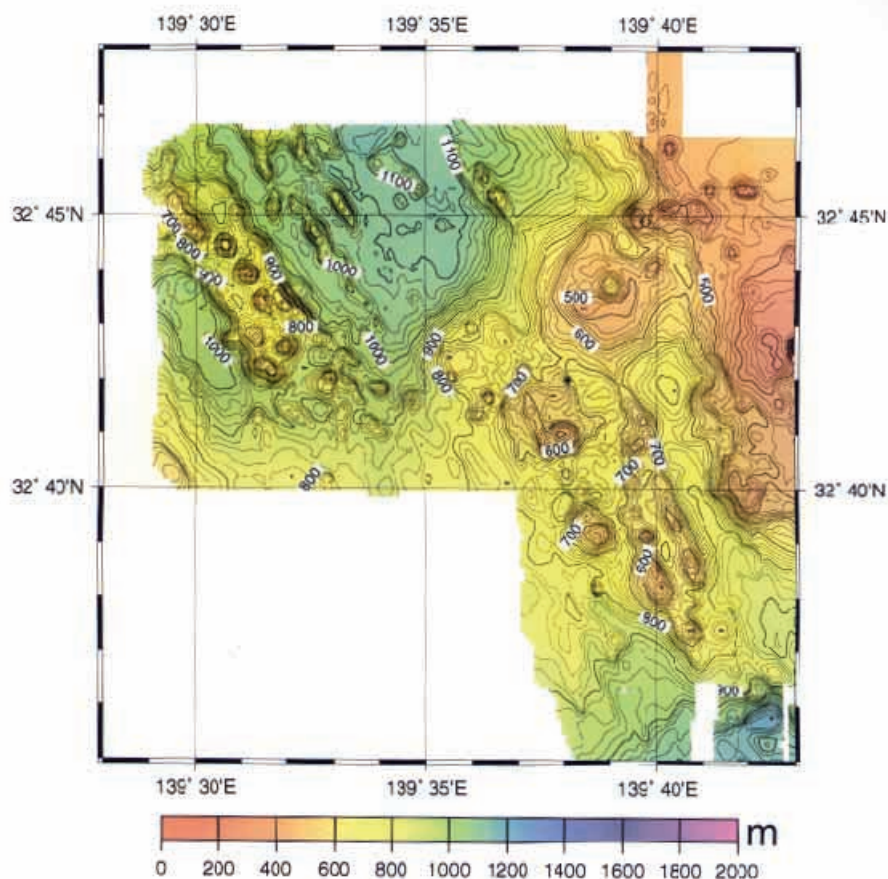


図3 南八丈堆西部(八丈凹地)海域の海底地形図。NW-SE方向を示す小海丘列が観察される。等深線間隔は20m。

Fig. 3 Bathymetric map around the western part of South Hachijo Bank (same as Hachijo depression). Distributed small knolls show NW-SE direction. The contour interval is 20m.

向の構造を呈している。NWブロック北方には、底径500–1000m比高100未満の小海丘が点在している。これらの小海丘は、八丈凹地に存在する小海丘群とサイズは同様であるが、構造方向は不定である点で異なっている。

NEブロックは、北西–南東方向5.2Km、北東–南西方向3.1Kmで、ブロック中央に最浅部(水深340m)が存在し、4ブロック中最も平らな高まりである。構造は、NW-SE方向であり、北東側斜面は緩やか(200/1850)である。本ブロック北東方向1000mには、東西方向3km南北方向0.9kmの楕円形を呈した海丘が存在する。本海丘も、斜面部(200/160)に比べ山頂は比較的平坦(40/1400)である。

SEブロックは北東–南西方向5.2Km、北西–南東方向3.3Km、最浅は水深260mであり、隣接するSWブロックとの境周辺では幅が0.9Kmほどに狭くなっている。カルデラ側斜面(140/1000)に比べ、山腹斜面(280/500)の方が急であり、山頂はブロック北東端に存在し南北方向の構造を呈している。しかしブロック南端からは別の緩やかな(400/1000)伸びが東西方向に観察される。

SWブロックは北西–南東方向5.2Km、北東–南西方向2.4Km、最浅は水深320mである。SWブロックの北西半分は水深500mまで落ち込んでおり、外輪山はこの南西部において開口している。頂上から発達する斜面は、カルデラ側斜面(100/250)、山腹側斜面(140/400)でほぼ同じ値を示している。開口部から南西方向に非円錐型を呈したなだらかな斜面と高まりを呈した地形(32° 40' N, 139° 42' E)が発達している。

南八丈堆の南方には、外輪山状地形(SWブロック、SEブロック)から発達する急斜面が観察される(図-3, 4)。この急斜面は外輪山状地形部(水深=400-500)において最大(100/250)であり、それ位深(500-900m)ではやや緩やか(400/2000)になり、900m位深ではさらに緩やか(100/2500)になり、前述した八丈凹地との境界部に存在する谷地形へと続いていく。この谷からは小規模な枝沢が数本発達し(いずれも水深700m付近に谷頭が位置している)堆の裾のを削っている。

南側急斜面上には、堆頂部SEブロックから連続し南北

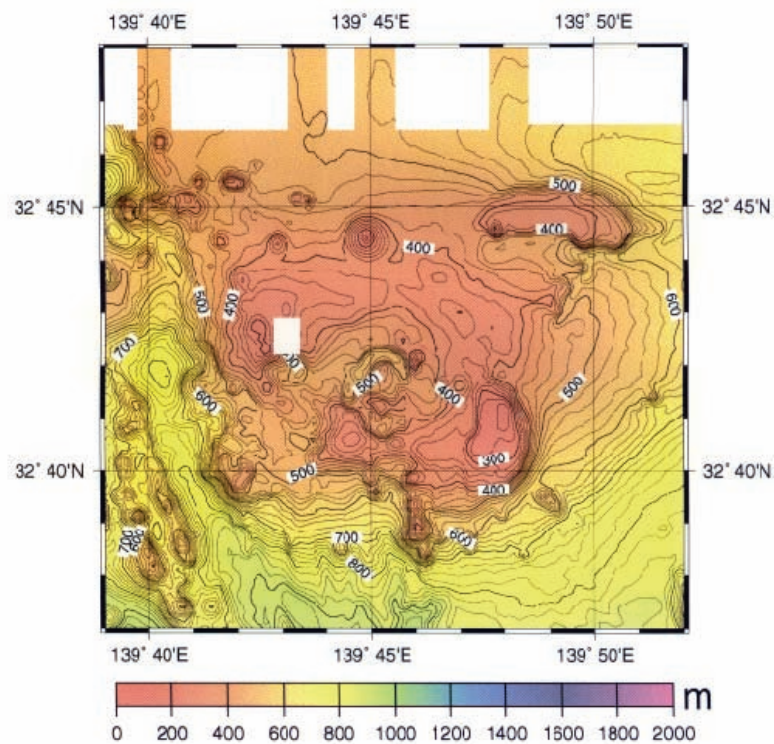


図4 南八丈堆海域の海底地形図. 等深線間隔は20m.
Fig. 4 Bathymetric map around the South Hachijo Bank. The contour interval is 20m.

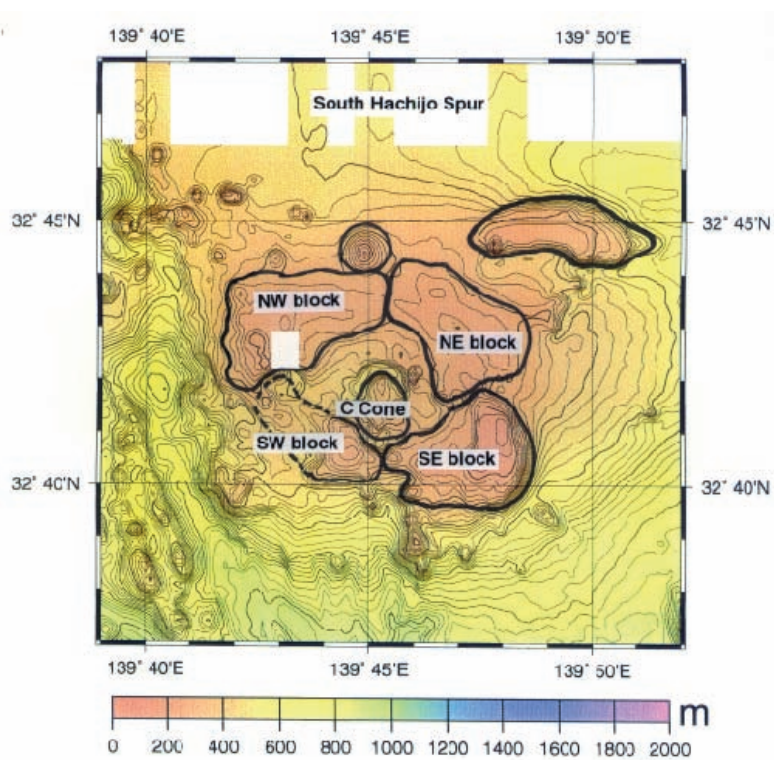


図5 南八丈堆の地形名称. NW block = NWブロック, NE block = NEブロック, SE block = SEブロック, SW block = SWブロック, C Cone = 中央火口丘を示す.
Fig. 5 Location map of South Hachijo Bank. NW block = North West block, NE block = North East block, SE block = South East block, SW block = South West block, C Cone = Central cone

に伸びる小海丘列{4.7(N-S方向)×1.8Km(E-W方向)、比高最大400m}が発達している。この小海丘の南側は、水深400-700mまで300/150の急斜面が発達している。

カルデラ状地形は、4.6(N-S方向)×5.0(E-W)Kmのサイズで変形四角形を呈している。水深400mよりカルデラ中心部に向けて緩やかな傾斜(60/600；北西部)が発達している(図-4)。カルデラ壁の比高は、カルデラ底を500mとしたときに100m前後であり、もっとも急斜面が発達する南西端では160mほどである。カルデラ中心部付近には、溝状の凹地底(カルデラ凹地底)が存在している。この溝の外輪山側壁は急であり、水深500～540mの凹地底まで100/200の傾斜が発達している。カルデラ凹地底は、カルデラ中央部～北部にかけて発達し、南半分では後述する中央火口丘状凸地形のため観察されない。北部で顕著なカルデラ凹地底は、水深500mの等深線で囲まれ、幅は最大500mで比較的平坦(特に北部；傾斜20/500)であり、最深部は水深約530mである。さらにカルデラ北東部には底径350m比高180mの小海丘が存在し、カルデラ側斜面では160/1600の傾斜を呈し、「しんかい2000」での潜行調査では連続した70°～90°近い急斜面が観察された。

カルデラ中央～南部には二つの凸状地形がNS方向に配列し発達している。北部の凸状地形は底径約1.3Km(NS方向)×0.9Km(EW方向)、比高100mであり、ほぼ円錐形(ややNSに伸びている)を呈している。この凸状地形の斜

面部は、比較的緩やか(100/300)であるが、潜水調査によって1m程の階段状の崖(ほぼNS方向に伸びている)が数段観察された。さらに、この凸状地形の頂上部には、幅30m深さ5m未満の溝地形形状の割れ目が発達し、周囲には流紋岩質の角礫岩が分布しているのが確認されている。南部の凸状地形は1.4Km(EW方向)×0.9Km(NS方向)で比高60mのややEW方向に伸びかつ複雑形を呈している。これらの凸状地形は、カルデラ伴う火山地形で特徴的な中央火口丘と推定される。

3.1.3 南八丈堆東部域(図-6)

南八丈堆の東方は、西方に比べ緩やかな斜面が最大で約4Kmほど発達している。傾斜は、360/4000であり、急斜面が発達する西部域とは対照的である。さらに水深約700m以深には伊豆一小笠原トラフから連続し発達している青ヶ島海底谷の谷頭が発達している(図-6)。調査範囲では、3本の主流谷と約10本の枝沢谷が発達しているのが確認できる。これらの谷頭は水深730m付近で不明瞭になり、それより浅では八丈島から続くなだらかな地形に移す。3本の主流谷は水深1300m付近で1本の谷に集約される。各枝沢は北西－南東方向に伸び、それらの傾斜は谷頭水深および沢の集約地点が同一であることから、ほぼ同値(400/4000)である。枝沢の発達状況より、これらの谷は浸食谷であると推定される。

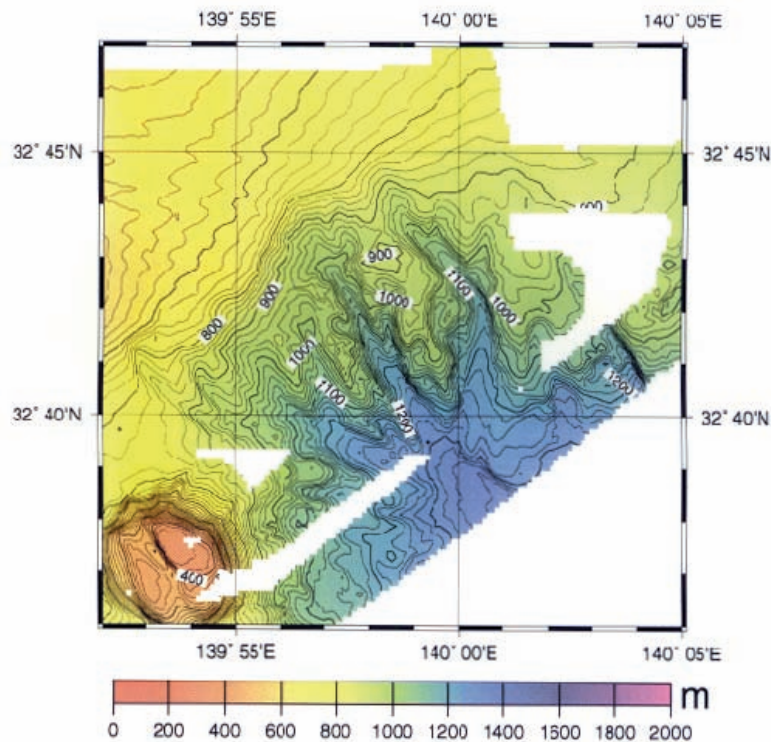


図6 南八丈堆東部の海底地形図。青ヶ島海底谷に続く支流が-1300～-700mの間で観察される(谷頭は-700m)。等深線間隔は20m。

Fig. 6 Bathymetric map around the Eastern part of South Hachijo Bank. The tributaries of Aogashima submarine canyon observed from -1300 to -700m (all of the valley head show -700m level). The contour interval is 20m.

3.2 南八丈堆周辺の地質学的特徴

1998年から1999年にかけて「しんかい2000」及び「ドルフィン3K」による、凹地底～外輪山NEブロック南西斜面にかけて潜航調査が行われた。潜行調査は1998年「しんかい2000」による凹地底北部域調査(2K#1046潜行)、1999年「ドルフィン3K」による中央火口丘東方向横断調査(3K#420潜行)、1999年「しんかい2000」による中央火口丘～外輪山NEブロック南西斜面横断潜行(2K#1109潜行)が行われた。

1) 「しんかい2000」#1046潜行

本潜行は、溝状凹地に沿って西端(始点)～北端～北東端(終点)にかけ行われた(図-7)。

着底地点付近は荒粒砂上に不淘汰軽石が散在している産状が観察された。進行方向右手に存在する中央火口丘からの緩い北西傾斜の斜面上には1-3mサイズの角礫～テーブル状巨大軽石が確認された。その後西端～北端部にかけては、20-70cmの不淘汰軽石ゾーン(写真-1)と淘汰の良い小さいサイズ(5-10cm)のN-type軽石ゾーン(写真-2)が観察された。また部分的に幅2-5mで水平堆積構造の発達した白色シルト岩層や褐色シルト岩層が観察された(写真-3)。

北端部では、未固結砂(中粒～粗粒)床が300m程続き

(写真-4)、所々Woody pumice状の角礫質軽石が点在しているのが観察された。また進行方向右手の斜面には2-3mサイズの巨大軽石が点在しているのが確認された(写真-5)。北端部において、砂床上に比較的軽石が少ないのは、定常的に東向きに流れている底層流により密度の低い円礫質軽石が堆積しにくいことが考えられる。

北西端部も未固結砂(中粒～粗粒)床が存在するが、北端部に比べ多くの円礫質の軽石が砂床上に散在している産状が観察された。

2) 「ドルフィン3K」#420潜行

本潜行は、溝状凹地東端部～中央火口丘～凹地西端部への横断潜行であった(図-8)。着底地点では、未固結砂(中粒～粗粒)床が分布し、砂床上を円礫質の軽石礫が部分的に覆っているのが確認された。-500m付近では板状のシルト岩が、5m幅で分布し、さらに斜面沿いには3m前後の巨大軽石が観察された。

火口丘頂上付近までの斜面沿いにはリップルマークを伴った未固結砂(中粒～粗粒)床が分布し、砂床上を変質した塊状タイプ(角礫質)軽石が分布しているのが確認された(写真-6)。山頂付近下部では巨大角礫質軽石が分布しており、底質も未固結砂床から茶褐色角礫岩層(厚さ30cm以上)へと変化していく。角礫岩は流紋岩質と思わ

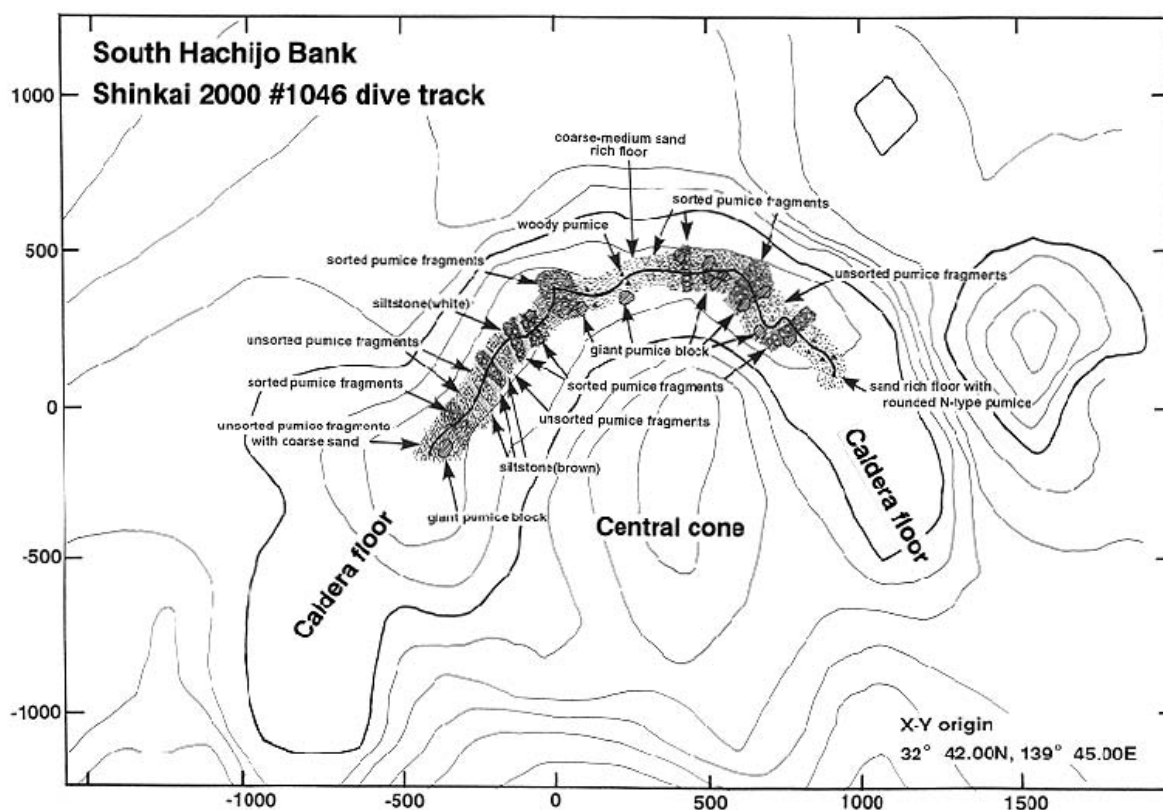


図7 「しんかい2000」#1046潜航調査により観察されたカルデラ底周辺のルートマップ。

Fig. 7 Geological route map along the caldera floor observed by Shinkai 2000 #1046 dive.

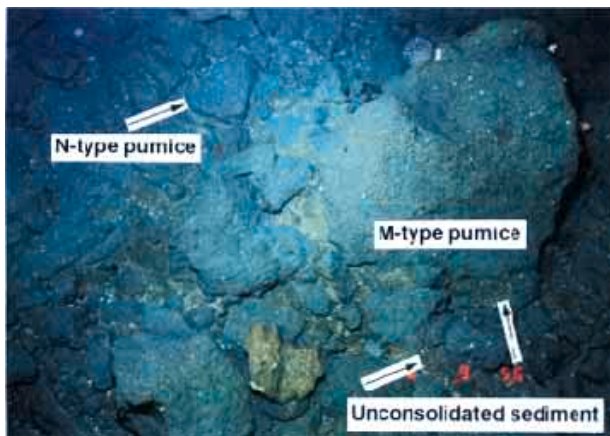


写真1 カルデラ底西部に分布する不淘汰軽石。10～70cmサイズの軽石が未固結堆積物上に観察される。
 Photo 1 Unsorted pumice fragments distributed western part of caldera floor. 10 to 70cm sized pumice are observed on the unconsolidated sediment.



写真2 カルデラ底で観察される淘汰軽石。10-20cmサイズのNタイプ軽石が観察される。
 Photo 2 Well sorted pumice fragments observed western part of the caldera floor. This point is consisted by the 10-20cm sized N-type pumice.

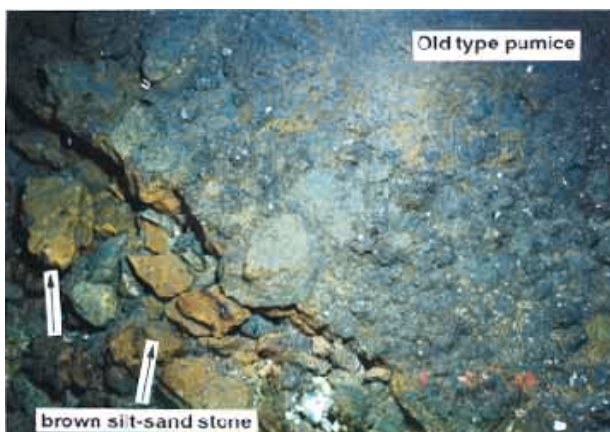


写真3 カルデラ底西部で観察される古期軽石を含んだ茶褐色シルト岩～砂岩。
 Photo 3 Brown silt - sand stone including old pumice fragments located western part of Caldera floor.

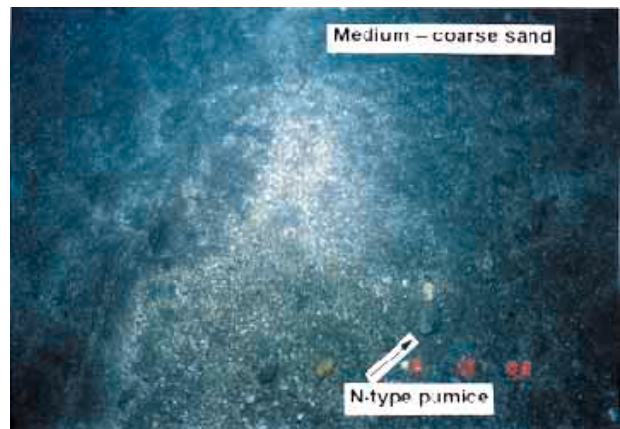


写真4 カルデラ底北部で観察される未固結堆積物。表層にN-type軽石が散在している。
 Photo 4 Unconsolidated sediment (coarse to medium sand) observed around the northern part of caldera floor. N-type pumice (10-20cm) are scattered on the caldera surface.

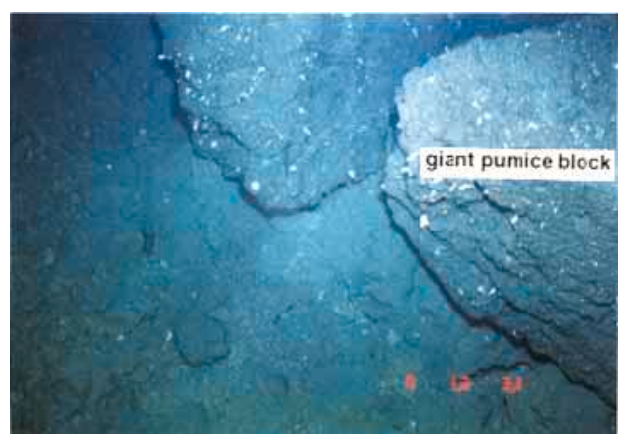


写真5 中央火口丘裾付近で観察される巨大軽石ブロック。
 Photo 5 Giant pumice block (2 to 5m sized) observed around the flank of the central cone.

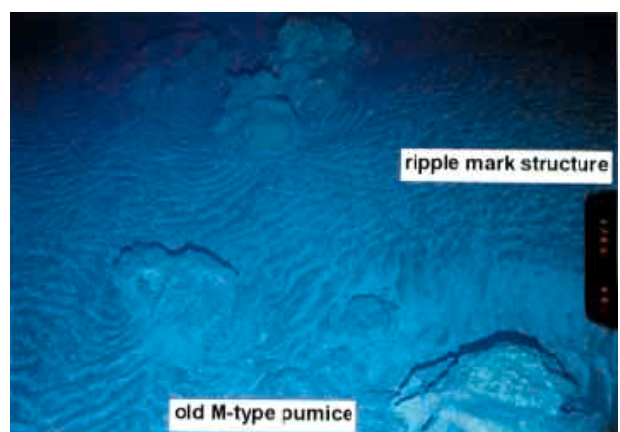


写真6 中央火口丘頂上付近で観察される変質M-type軽石。周辺にはリップルマークを伴った未固結堆積物が分布している。
 Photo 6 Altered M-type pumice observed around the top of central cone. Unconsolidated sediment with ripple mark structure are distributed on the top of central cone surface.

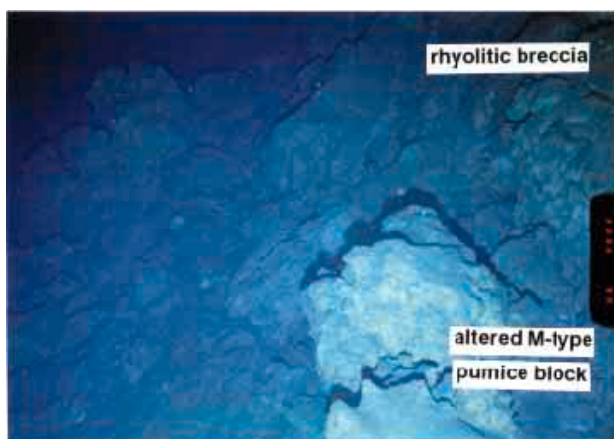


写真7 中央火口丘頂部付近に発達する溝状凹地斜面。写真の左手に向かい斜面が発達している。周辺は流紋岩質角礫岩や変質した軽石ブロックによって構成されている。

Photo 7 A slope of depression developed around the top of the central cone. This depression is developing toward the right direction in this photograph. Rhyolitic volcanic breccia and altered pumice block consists around the central cone area.

れ10-30cmの角礫質部と茶褐色基質部からなり自破碎状を呈している(写真-7)。さらに頂上部では幅30-50mの範囲で、段差1~2m(最深部は頂上より5m落ち込んでいる)の両側が落ち込んだ(写真-7)溝状崩壊地形(図-8)が観察された。

山頂部から火口丘西側の下り斜面には、東側斜面同様に変質した塊状タイプ(角礫質)軽石(M-type pumice)が点在し、それらの中には未固結砂(中粒~粗粒)床が分布しているのが観察された。

西側凹地底部には、リップルマークを伴った未固結砂(中粒~粗粒)床が分布しているのが確認された(図-8)。

3)「しんかい2000」#1109潜行

#1109潜行は、凹地底西端部より中央火口丘に向け斜面を観察し、頂上を越え200mほど東側斜面を下ったところで、海底を離れ凹地底東端まで通過し、凹地底東端に着底後北東に進路を取り、NEブロック南西側斜面下部に存在する小海丘の南西側斜面を下部~頂上まで観察した(図-9)。

凹地底西端部の着底地点周辺(図-9)では粗粒砂床が広がりその上に不淘汰(10~70cm)な軽石破片(円礫~垂角

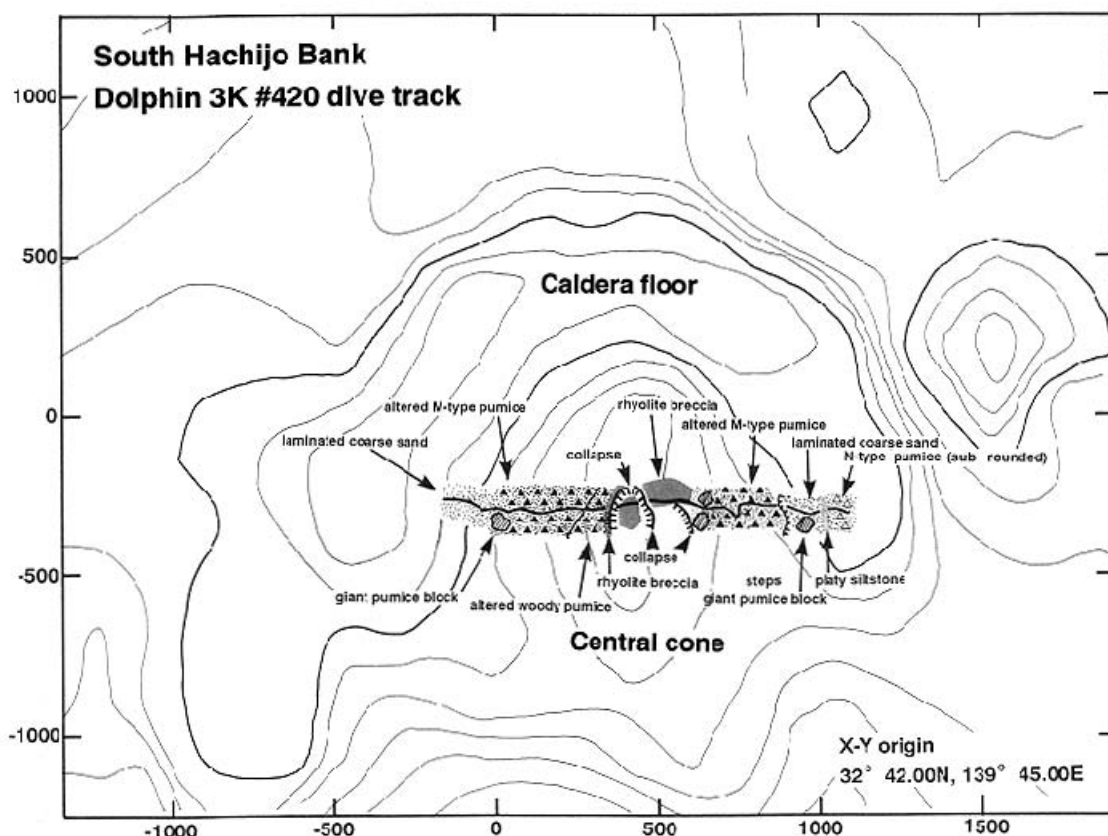


図8 「ドルフィン3K」#420潜航調査により観察された中央火口丘周辺のルートマップ。

Fig. 8 Geological route map around the central cone observed by Dolphin 3K #420 dive.

礫質)が散在しているのが観察された(写真-8)。凹地底～火口丘斜面下部は、粗粒砂床上に10-20cmの淘汰の良い円礫質軽石(N-type pumice)が観察された(写真-9)。これらの円礫質軽石は異地性と推定される。さらに部分的に白色シルト岩ゾーン(幅約2m)が観察された(写真-10)。

火口丘西側斜面下部～中部(図-9)は表層に軽石の少ない白色未固結砂(中粒～粗粒)床が観察された。黒色の中粒砂が、表面を覆い、リップルマークの底で白色砂が確認され、表層の黒色砂は薄いことが確認された(写真-11)。中部付近には1m前後の階段状の段(N-S方向)が数段観察された。さらに斜面上には3-5mサイズの角礫質塊状巨大軽石がいくつか観察され、それらの接地面では底層流のため砂質が削られ、凹地状になっている。

火口丘西側斜面中～上部域(図-9)では、淘汰度の良い中～細粒砂床から構成され、斜面部では、変質した角礫状・材木状軽石(Kato,1987)が分布しているのが観察された(写真-12)。

火口丘頂部においては、北部域を潜行した「ドルフィン3K」でも確認された崩壊地形が観察された(図-9)。崩壊地形に沿っては流紋岩質の角礫岩ゾーン(幅3-5m)が確認さ

れた。しかし崩壊地形の東端を確認することはできなかった。崩壊地内において、角礫岩ゾーン以外の地域にも、変質した角礫状・材木状軽石が分布しているのが観察された。

凹地東端部着底周辺(図-9)では、粗粒砂床および淘汰の良い軽石礫が観察された。凹地中央部付近から巨大軽石破片が散在しているのが観察され、さらに東進すると3mサイズの巨大材木状軽石礫が散在し、礫間を不淘汰軽石破片(崖錐性?)が埋めるように散在する。

凹地底～斜面下部(カルデラ北東部に存在する小海丘)においては1m前後の流紋岩ブロックが散在し(崖錐性)、斜面下部では切り立った5m以上の崖が現れ、柱状節理および流理構造の発達した流紋岩体が観察された(写真-13)。これらの流紋岩体の上部では同質と思われる角礫岩(20-30cm)が分布しているのが確認された(写真-14)。

斜面中部～上部周辺(図-9)、特に斜面中部では下部から連続している数mサイズの崖が連続して現れ、流理の発達した流紋岩質岩体により構成されている様子が確認された(写真-15)。これら流紋岩体の周縁部は質角礫岩層に移行し、部分的には材木状な表面構造を呈する様子も

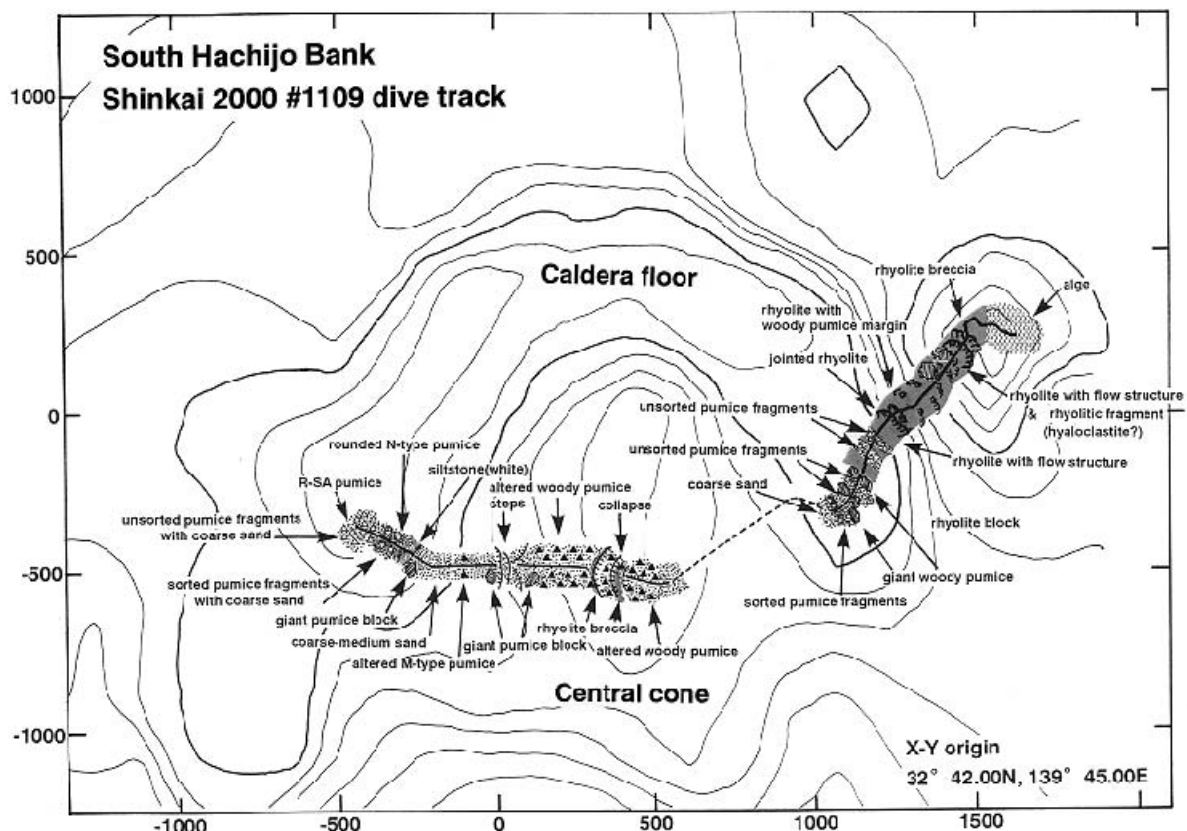


図9 「しんかい2000」#1109潜航調査により観察されたカルデラ底～中央火口丘～小海丘周辺のルートマップ。

Fig. 9 Geological route map around the caldera floor, central cone and small knoll observed by Shinkai 2000 #1109 dive.

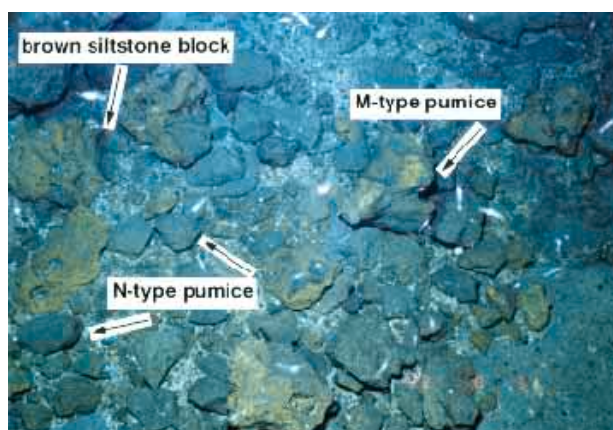


写真8 カルデラ底西部で観察された不淘汰軽石と茶褐色シルト岩。
Photo 8 Unsorted pumice and brown siltstone fragments observed around the western part of Caldera floor.

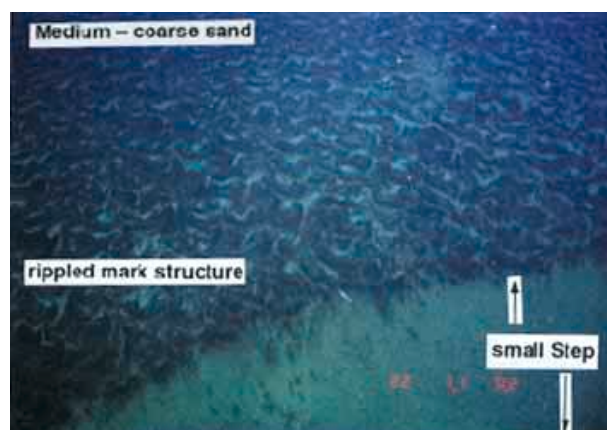


写真11 中央火口丘西側斜面に分布するリップルマークの発達した未固結堆積物。手前に小さな段が発達している。
Photo 11 Unconsolidated sediment with ripple mark structure distributed around the western flank of the central cone. There is small step (height is as small as 1 to 2m) on this side of photograph.

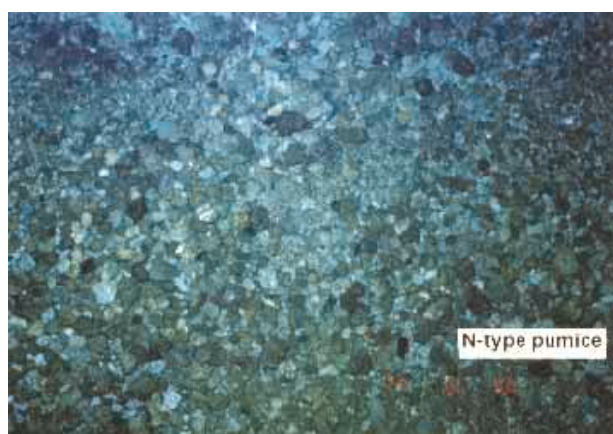


写真9 カルデラ底西部～中央火口丘で観察された淘汰されたN-type軽石。
Photo 9 Well sorted N-type pumice observed around the western part of the caldera floor to the central cone.



写真12 中央火口丘頂部で観察された変質材木状軽石。リップルマークを伴った未固結堆積物が表面を覆う。
Photo 12 Altered woody pumice observed at the top of central cone. This area is covered by unconsolidated sediment with rippled structure.

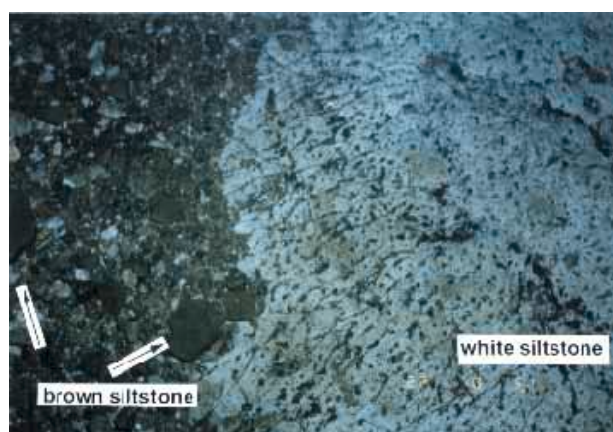


写真10 カルデラ底西部に分布する白色シルト岩。
Photo 10 White siltstone layer distributed around the western part of the caldera floor.

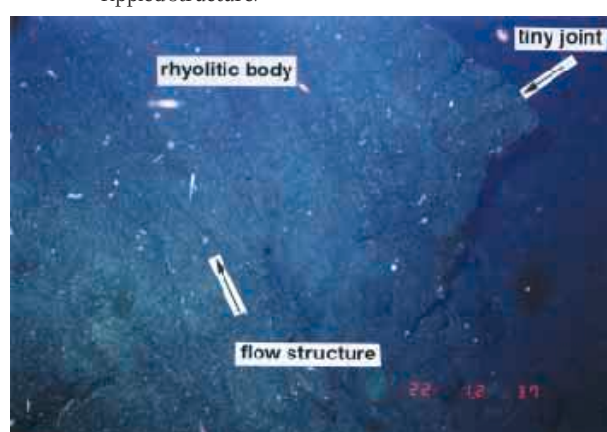


写真13 流紋岩質小海丘の露頭。流理の発達した流紋岩体が分布し、表面には小規模節理が発達している。
Photo 13 Outcrop of rhyolitic volcanic body which situated around the lower part of small knoll. There are flow structure in the rhyolite body and tiny joints on their surface.

観察された(写真-16)。上部域に産する角礫岩の中にはジグソー破碎(Yamagishi,1987)化したハイアロクラスタイト状の角礫岩(サイズ=10-15cm前後, 写真-17)も存在し, 各岩片中にも連続した流理構造が確認された。

頂部周辺(水深400m)から生物の付着が多くなり, 水深350m位浅はアルジェ(algae)が海底面を構成している様子が確認された(写真-18)。

4. 考察

4.1 南八丈堆の地形学的特徴

八丈島の南に発達する島棚末端に位置する南八丈堆は, その西側に存在する八丈凹地中の小海丘群や, 南に存在する青ヶ島に属する海丘群とは地形的に独立した存在である。堆の頂部はカルデラ状凹地を呈し, 採泥により多量の流紋岩質軽石が採取されていることから, この堆は海底カルデラ活動によって形成された可能性が指摘

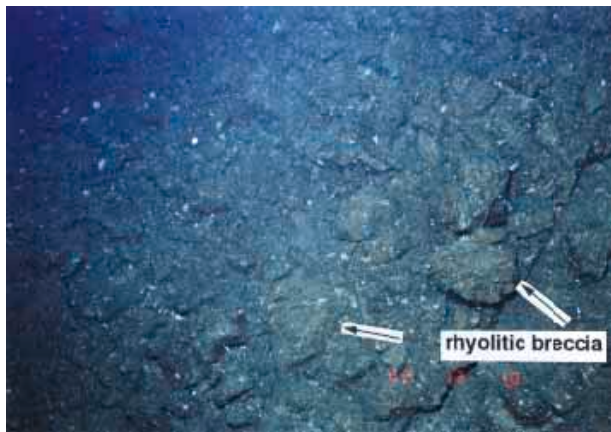


写真14 塊状流紋岩体上部に発達する同質角礫岩。

Photo 14 Essential volcanic fragments developed on the upper part of rhyolitic massive body.

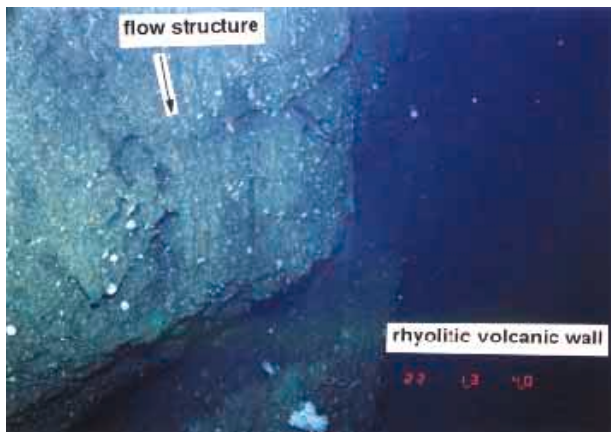


写真15 小海丘中～上部斜面に分布する塊状流紋岩体で形成された急斜面。表面には流理が発達している。

Photo 15 A steep slop of massive rhyolitic body which developed around the middle to upper slop of small cone. Many flow structures are observed on their surface.

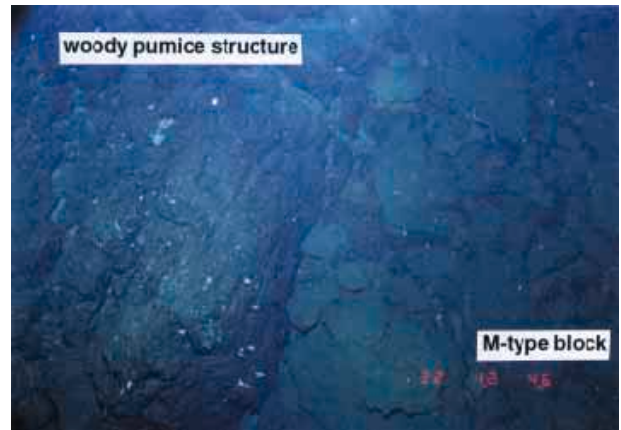


写真16 流紋岩周辺に発達する材木状軽石構造とM-type火山角礫岩。
Photo 16 A woody pumice structure and M-type volcanic fragment developed on the marginal part of massive rhyolitic body.

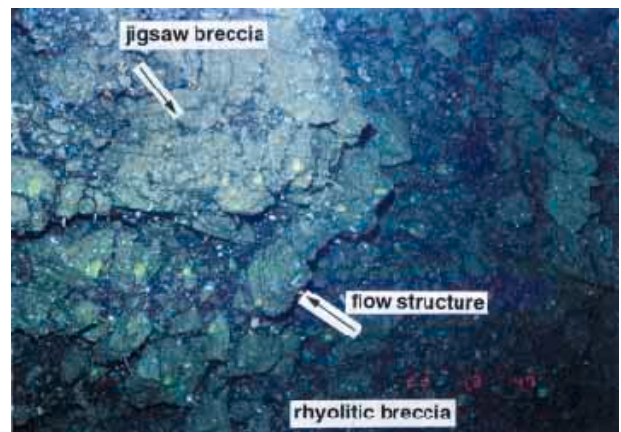


写真17 小海丘上部に発達するハイアロクラスタイト状の流紋岩質火山岩片。岩片はジグソー構造を呈し, 各岩片の表面には流理が観察される。

Photo 17 Hyaloclastitic rhyolite fragments developed around the upper part of the small knoll. These rhyolitic fragments show the character of jigsaw breccia, and flow structure is observed on their surface.

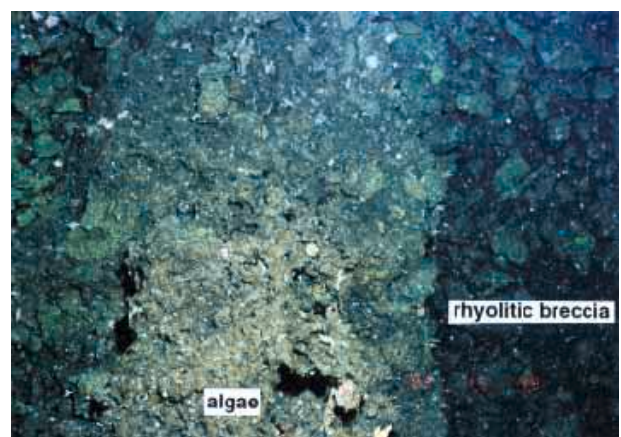


写真18 小海丘上部付近(-350m以浅)で観察される火山角礫岩とアルジェ。

Photo 18 Rhyolitic fragments and algae observed around the upper part (shallower than -350m) of small knoll.

されている(八丈島・青ヶ島間海域調査グループ, 1995, 坂本・谷本, 1996)。本章では海底カルデラで最も良く調査されている明神海丘(32° 02' N~32° 12' Nおよび139° 46' E~139° 57' E, 水深480m最浅部)の地形学的特徴(仲ほか, 1995, 湯浅, 1995, 村上, 1997)と比較を行い, 南八丈堆の活動形態を推定する。

南八丈堆の地形学的特徴として, 1)山体斜面, 2)平らな外輪山, 3)カルデラ地形の存在が上げられる。

4.1.1 非対称な山体斜面

南八丈堆は, 八丈島の島棚上に位置しており, 山頂付近傾斜は八丈島棚に接している北側斜面(100/3200)と南側斜面(140/400)とでは異なっている(図-2, 4)。堆の北側及び東側は八丈島棚斜面に地形的に収斂していくため, 海盆中に独立して発達している明神海丘に比べ山体傾斜は緩やかである。しかし, 南八丈堆の南側斜面は急であり, 明神海丘における山頂付近の傾斜(600/1800)とほぼ同じ値を示している。

4.1.2 平らな外輪山

地形記載の項でも示したとおり, 外輪山と思われる凸状地形が, 堆の周辺に発達している。これらは大きくNEブロック, NWブロック, SEブロック, SWブロックの4つのブロックから構成されている(図-5)。これらの高まりは, 緩やかな裾野傾斜とカルデラ壁状斜面, 平坦な(40~100/2000m)山頂により特徴づけられる。これに対し明神海丘の場合, 山頂は平坦でなく急傾斜(500/2000)で, 外輪山は層状に堆積した軽石から形成され, カルデラを取り巻くように山体が円錐形状に形成されている。しかし南八丈堆の場合, 外輪山はそれぞれにピークを持った4つのブロックの複合体により形成されており, 堆形成は幾つかの複合的火山活動により発達した可能性がある。

4.1.3 カルデラ地形

南八丈堆頂上付近は, 凹地状地形が発達し(図-2, 4), 多くの軽石試料が採取され, 火山作用によって形成された凹地(火口)であると推定される。火山学の定義によれば2Km(または1マイル)以上の火口はカルデラと提起されており(荒牧, 1969, Macdonald, 1972), 南八丈堆頂上付近の凹地状地形はカルデラと考えられる。

南八丈堆では, カルデラ壁が一様に発達しておらず, 1)外輪山から続く緩やかな斜面(60/2000)が大部分を形成し, 2)水深440m付近で傾斜が変化し500~540mの凹地底まで急斜面(100/200)が発達する。典型的なカルデラ火山では, カルデラ壁は急崖で構成されるのが特徴である。しかし, 南八丈堆の場合大部分のカルデラ壁は緩い傾斜である。明神海丘の場合外輪山は, 層状に堆積した軽石層より形成されていることがカルデラ壁周辺の潜行観察(湯浅, 1995)から報告され, 明神海丘の火山活動により形成されていると推定される(湯浅, 1995, Fiske et al., 1995, 村上, 1997)。この様なことから南八丈堆におけるカルデ

ラ壁の2段の傾斜は, それぞれが異なった活動により形成されたと考えられる。

南八丈堆ではカルデラ凹地中央部に, 中央火口丘状の凸状地形が発達している(図-4)。この凸状地形は2つ存在し南北方向に配列している。北側の凸状地形は円錐状に発達しているが, 南側のものは複雑形を呈しより南に存在する外輪山に連続し発達している。北側の凸状地形は1.3×0.9Kmで比高100mであり, 明神海丘の中央火口丘(直径2.2Km, 比高240m)に比べやや小さい。

2) 南八丈堆の地質学的特徴

「しんかい2000」および「ドルフィン3K」による潜行調査におけるルートマップ(図-7, 8, 9)から, 南八丈堆頂上付近に発達するカルデラ付近の地質図を作成した(図-10)。

カルデラ凹地底を構成しているのは, 未固結堆積物(中粒~粗粒砂)であり, 部分的に円礫~角礫質の流紋岩質N~M-type軽石が散在するのが確認されている(写真-9)。カルデラ底の西部においては軽石破片が多く, 部分的に淘汰の良い所や淘汰の悪い所が交互に分布している様子が観察されている。しかし, 北部から東部にかけてのカルデラ底では, 中粒~粗粒砂(未固結堆積物)床優勢であり, 軽石破片は点在するのみであった。カルデラ底では定常的に潮の流れが起こっており, 特に西から東に向かう潮が強くなるため移動性が高いN-type軽石は堆積しにくいと考えられる。カルデラ底北部~東部にかけての軽石の産状が淘汰の良いことで表されているのも, この流れに依存している事の状況を示すと考えられる。中央火口丘の西側斜面でも, 中粒~粗粒砂(未固結堆積物)床が発達しており, 水深が浅くなり流れの影響がでていると推定される。

カルデラ底において巨大軽石ブロックが点在しているのが確認されているが(写真-5), これと同様の巨大軽石は中央火口丘斜面に多く観察されており, これらは中央火口丘の火山活動によって形成されたものと推定される。

中央火口丘では, 斜面頂部に向かうにつれ中粒~粗粒砂(未固結堆積物)床中に変質した材木状軽石が観察されるようになっていく。これらは頂部では茶褐色の角礫質流紋岩に漸移していく。頂部では各段差が数メートルの陥没(溝)地形が出現し, 溝中では角礫質流紋岩と変質材木状軽石が観察されている。頂部における陥没地形は, 溶岩ドームの表面に形成されるクラック構造に相当するものと考えられ, 材木状軽石や角礫質流紋岩はマグマの水冷破碎により形成されたと推定される。全体的に未固結堆積物により覆われているものの, 水底流紋岩質ドームにおける表面構造の特徴が現れていると思われる。

カルデラ底に点在している多くの軽石は, 円礫質のN-type軽石と角礫質のM-type軽石に分類される。軽石についての記載岩石学的特徴および岩石化学的特徴については別の機会に記述することにしては, 淘汰の良い

円礫質の軽石については異地性の可能性が推定される。軽石はその高発泡による低い密度特性により、噴出後海流に乗って遠距離に運ばれる事が知られている(Frick and Kent, 1984, 吉田ほか, 1987, 加藤, 1988, 中野ほか, 1992)。しかし、カルデラ底や中央火口丘斜面に存在しているM-type軽石、材木状軽石、巨大軽石は現地性の可能性が高いと考えられる。これらの原因として噴出後高温のガスにより充満された気泡が冷却し気泡中に海水が流入することにより素早く沈降する現象が推定されている(Whitham and Sparks, 1986)。周辺から採取された材木状軽石、M-type軽石は、高密度であり流紋岩質溶岩の一部であることが推定されている(坂本・谷本, 1996)。さらに「しんかい2000」で採取された試料についても同様な特徴を有していることから、M-type軽石、材木状軽石、巨大軽石は、南八丈堆を形成する火山活動(特に海底溶岩ドーム活動)で形成されたと推定される。

カルデラ底北東部に存在する小海丘では、下位より上位に向け塊状流紋岩体、流紋岩質角礫岩、塊状流紋岩、流紋岩質破砕岩への岩相変化を観察することが出来た。下位の塊状流紋岩体では、数m~数十mの崖が発達し、壁面上に流理の発達を観察されている(写真-13)。塊状流紋岩体の上部は角礫岩が形成されており(写真-14)、単体

の溶岩活動の中心部~縁辺部を観察していると推定される。上位に発達している流紋岩質破砕岩は、ジグソー破砕したハイアロクラスタイト状の碎屑物であり(写真-15)、個々の破片に流理の発達を観察されている。頂上に至るまで軽石発達が明瞭でないことから、この海丘は火山噴出活動が極めて少なく、むしろ海底噴出した流紋岩質溶岩ドームの構造を示していると考えられる。

以上の地質学的特徴から、南八丈堆および頂部に発達するカルデラ状地形を発達させる活動は、明神海丘のように厚い軽石層の発達で特徴づけられる爆発的火山活動よりはむしろ、複数の流紋岩質溶岩ドーム貫入活動およびそれに伴われる水冷破砕岩生成活動によって形成されたと推定される。

5. まとめ

八丈島・青ヶ島間に存在する、「南八丈堆」の地形・地質観察を行い、それぞれの特徴をとらえ、その形成過程について考察を行った。その結果以下のことが明らかになった。

1) 南八丈堆は八丈島の南に発達する島棚南端に位置し、南八丈堆は西側に発達する八丈凹地の小海丘群や南に発達する青ヶ島に属する海丘群とは地形的に独立した存在である。

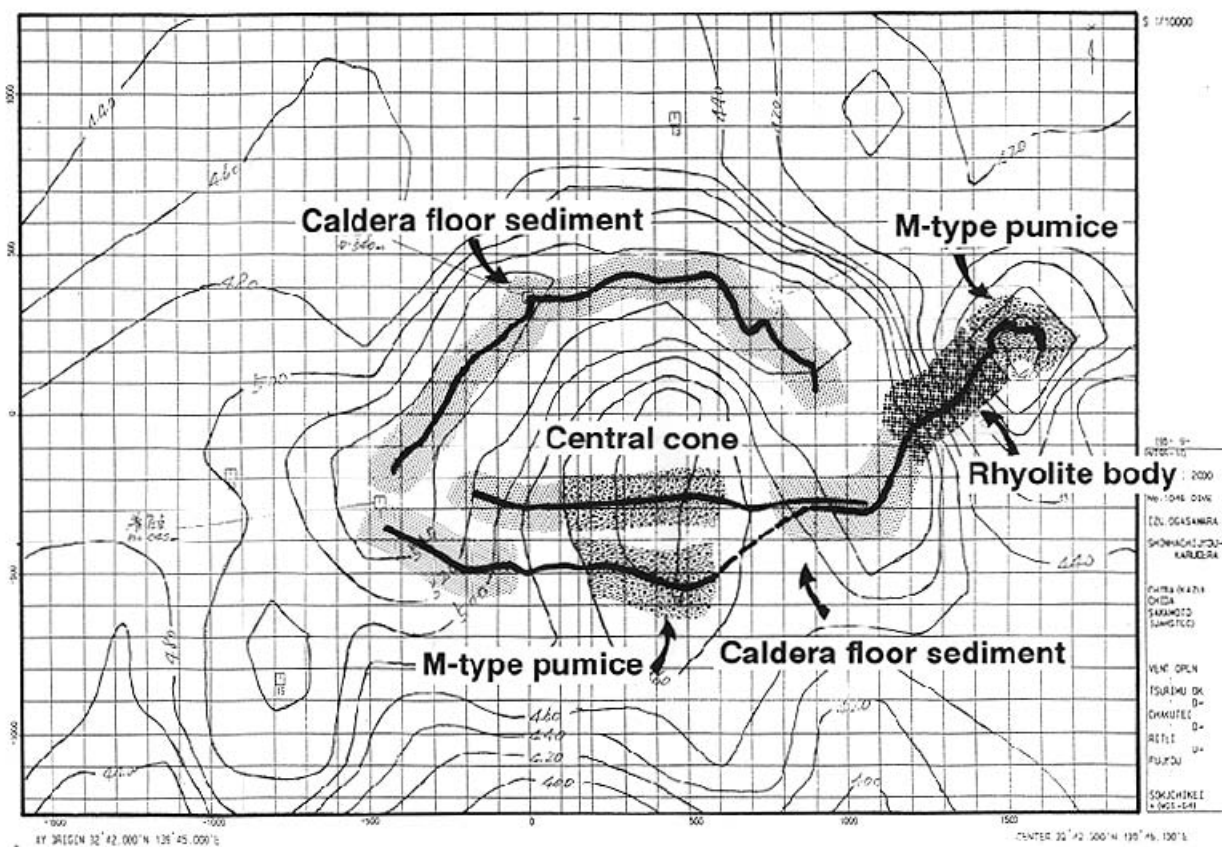


図10 南八丈堆頂部に存在するカルデラ内の岩相図。

Fig.10 Lithofacies map of caldera located on the top of South Hachijo Bank

2) 頂上に発達する凹地は、中央部には中央火口丘状の凸状地形や平坦なカルデラ底状凹地底が発達し、さらに多量の流紋岩質火山岩や軽石が分布している状況から、カルデラ起源の凹地であると推定される。

3) カルデラ凹地底では中粒～粗粒砂(未固結堆積物)床が発達し、これらの堆積物上にN-typeやM-typeの軽石が散在している様子が確認された。

4) 中央火口丘斜面では角礫質の軽石や巨大軽石が点在し、頂部では陥没地形が発達し流紋岩質角礫岩が分布している。

5) カルデラ底北東部に存在する小海丘は、下位より塊状流紋岩体と流紋岩質角礫岩の互層が続き、最上部ではハイアロクラスタイト状の碎屑物に変化し、頂上に至るまで軽石発達が明瞭でないことから流紋岩質ドーム活動の構造を示していると推定される。

6) カルデラ底および中央火口丘における底質特徴から、爆発的な火山噴火活動よりは流紋岩質の溶岩ドームとそれに伴う水冷破碎活動により形成された可能性が推定される。

これらの結果は、主にカルデラ内を中心に行われた調査をもとにしていることから、南八丈堆における火山活動末期の現象を復元しただけに過ぎない。今後は南八丈堆の火山発達史を考察する上で、カルデラ壁での観察を行う事が必要である。また音波探査記録結果とも合わせ、周辺の地質構造を考察していく必要がある。

6. 謝辞

本研究をまとめるにあたり、97年に行われた「よこすか」による地形調査においては斉藤房夫船長をはじめ乗組員の方々には荒れ狂う海況の中、調査に協力していただいた。98・99年の「しんかい2000」・「ドルフィン3K」による潜航調査では依田代志男司令をはじめチームの皆様および母船「なつしま」の乗組員の皆様には協力をしていただいた。海洋科学技術センター藤岡換太郎博士、富士原敏也博士には地形・地質における有益なご助言を頂いた。東海大学花田正明助教授、地質調査所湯浅真人博士、石原文実博士、村上文敏博士、宇都浩三博士、石塚治博士、米国スミソニアン博物館R.Fisk博士には地形、岩石記載において有益なご助言をいただいた。以上の方々に厚くお礼を申し上げる。

7. 参考文献

- 1) 荒牧重雄(1969): カルデラに関するいくつかの問題. 火山, 第2集, 14, 55-76.
- 2) Fiske, R. S., Naka, J., Iizasa K., and Yuasa, M.(1995): Caldera-forming Submarine Pyroclastic Eruption at Myojin Knoll, Izu-Bonin Arc. JAMSTEC J. Deep Sea Res., 11, 315-322.
- 3) Fiske, R.S., Cashman, K.V., Shibata, A., and Watanabe, K. (1998): Tephra dispersal from Myojinshn, Japan, during its shallow submarine eruption of 1952-

1953. Bull. Volcanol. 59, 262-275.

- 4) Frick, C. and Kent, L.E. (1984): Drift pumice in the Indian and South Atlantic Oceans. Trans. Geol. Soc. S. Afr., 87, 19-33.
- 5) 藤岡換太郎・松岡裕美・小泉聡子(1991): 玄武岩と流紋岩の小海丘群—しんかい2000による新八丈凹地の潜航調査その1—。海洋科学技術センター試験研究報告, 115-130.
- 6) 八丈島・青ヶ島間海域調査グループ(1995): 八丈島・青ヶ島間海域の地質学的・地球物理学的調査(1990-1992年調査報告). 東海大学紀要海洋学部, 40号, 41-62.
- 7) 飯笹幸吉・仲 二郎・湯浅真人・リチャードフィスケ(1997): 明神海丘カルデラにおける硫化物チムニーを伴う熱水活動. JAMSTEC 深海研究第13号, 443-456.
- 8) 石田光男・坂本 泉・花田正明(1998): 伊豆-小笠原弧北部, 新八丈海底カルデラ(仮称)の地形と磁気異常. 地球惑星関連合同学会, p-401-402.
- 9) 岩淵 洋・浅田 昭・玉木 操(1989): 伊豆諸島利島北西の海底カルデラ. 火山 第2集, 34巻, 295-299.
- 10) Iwabuchi, Y. and Mogi, A. (1973): Summarization of Submarine Geology in Each Zone of Japanese Upper Mantle Project, in "The Crust and Upper Mantle of Japanese Arc" Part II, Geology and Geochemistry, Geol. Surv. of Japan, 138-162.
- 11) 加藤祐三(1988): 福徳岡の場から琉球列島に漂着した灰色軽石. 火山第2集, 33巻, 21-30.
- 12) Kato, Y. (1987): Woody pumice generated with submarine eruption. Jour. Geol. Soc. Japan, Vol. 93, No.1, 11-20.
- 13) Klaus A., Taylor B., Moore G.F., Murakami F., and Okamura Y. (1992) Back-arc rifting in the Izu-Bonin Island Arc: Structural evolution of Hachijyo and Aoga Shima Rifts. The Island Arc, 1, 16-31.
- 14) 工業技術院地質調査所(1985): 海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究. 昭和59年度研究報告書, 99p.
- 15) Macdonald, G.A. (1972): Volcanoes. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J., 510p.
- 16) 門馬大和・仲 二郎・松本 剛・深海調査グループ・堀田 宏(1990): 伊豆-小笠原弧深海曳航調査(DK88-3-IZU)速報. 海洋科学技術センター試験研究報告R23, 219-236.
- 17) 村上文敏・石原文実(1985): 小笠原島弧北部で発見された海底カルデラ. 地球, 7, 638-646.
- 18) 村上文敏(1997): 伊豆・小笠原島弧北部域の明神海丘における海底カルデラの形成機構. 地学雑誌, 106, 70-86.
- 19) 仲 二郎・A. Malahoff・田中武男・門馬大和・堀

- 田 宏(1987): 八丈凹地北部の海底地質及び微細地形. 海洋科学技術センター試験研究特集号, 3, 127-137.
- 20) 仲 二郎・リチャード フィスケ・平 朝彦・山本富士夫・飯笹幸吉・湯浅真人(1995): 伊豆諸島明神礁北西方, 明神海丘の海座地質. JAMSTEC深海研究第11号, 323-331.
- 21) 中野 俊・川辺禎久(1992): 1991年, 琉球列島西表に漂着した軽石. 火山 37, 95-98.
- 22) 坂本 泉・西澤 徹・山本玄珠・鈴木弘明・佐藤武(1994): 八丈島・青ヶ島間の堆上から採取されたペペライト質火山岩片. 東海大学紀要海洋学部, 第37号, 115-127.
- 23) Sakamoto, I. and Sato, T. (1995): Subaqueous erupted Dacitic Pumice and basaltic peperite dredged from the bank between Hachijyoshima Is. and Aogashima Is., North part of Izu-Ogasawara Arc, Japan, IUGG XXI General Assembly, B-419.
- 24) 坂本 泉・谷本裕則(1996): 八丈島・青ヶ島間の堆から採取された珪長質軽石. 東海大学紀要海洋学部, 41号139-156.
- 25) 佐藤 武(1983): 八丈島・青ヶ島間の堆より得られた石灰質堆積物の鉱物組成. 東海大学紀要海洋学部, 17, 29-38.
- 26) 佐藤 武・根元謙次・坂本 泉・青木 斌(1990): 八丈島・青ヶ島間の堆上から得られた底質試料について. 東海大学紀要海洋学部, 30, 82-89.
- 27) 玉木賢策・井上英二・湯浅真人・棚橋 学・本座栄一(1981): 小笠原弧の第四紀背弧拡大活動の可能性について. 月刊地球, 3, 7, 421-431.
- 28) Whitham, A.G. and Sparks, R.S.J. (1986): Pumice, Bull. Volcanol. V.48, 209-223.
- 29) Yamagishi, H. (1987): Studies on the Neogene subaqueous lavas and hyaloclastites in southwest Hokkaido. Rept. Geol. Surv. Hokkaido, No.59, 55-117.
- 30) 山崎俊嗣・湯浅真人・村上文敏・飯笹幸吉(1991): 伊豆・小笠原弧北部, 青ヶ島リフトの火山活動熱水活動. 海洋科学技術センター試験研究報告, 105-114.
- 31) 吉田武義・藤原秀一・石井輝秋・青木謙一郎(1987): 伊豆・小笠原弧, 福岡岡の場海底火山の地球化学的研究. 核理研報告, 20, 202-215.
- 32) Yuasa M., Murakami F., Saito E., and Watanabe K. (1991): Submarine topography of seamounts on the volcanic front of the Izu-Ogasawara (Bonin) Arc. Bull. Geol. Surv. Japan, vol.42, 703-743.
- 33) 湯浅真人(1995): 「しんかい2000」による海底軽石火山の観察: 明神海丘潜航調査. 火山, 第40巻, 4号, 277-284.

(原稿受理: 2000年 1月25日)