

## 小笠原諸島，海形海山KC峰の海底

仲 二郎\*1 深海調査グループ\*1

小笠原諸島，父島西南西方約120 kmには，七島一硫黄島海嶺上の海底火山である海形海山がある。海形海山にはKC，KM，KNとKCという4つの峰がある。KC峰には直径約2 kmのカルデラがあり，その中の北寄りには中央火口丘も認められる。

カルデラ壁は安山岩質の溶岩，角礫岩，カルデラ地形と平行な同心円状の環状岩脈群からなる。中央火口丘は玄武岩質の溶岩と火山砂礫と火山岩頸状岩脈群からなる。中央火口丘の頂部には不明瞭であるが直径80m程度で深さ20～30mの火口が認められる。

カルデラ壁では間欠的な熱水活動の存在が考えられる。一方中央火口丘では，温水湧出が認められ，それに伴われると考えられる生物群集が存在した他，自然硫黄や硫化物の沈殿物も認められた。この中央火口丘の熱水活動はカルデラ壁に比べ恒常的なものと思われる。

## Sea Bottom Observation around the KC Peak of the Kaikata Seamount, Bonin Islands

Jiro NAKA\*2: Deep Sea Research Group\*2

Kaikata seamount, which is one of the submarine volcanoes on the Shichito-Iwojima Ridge, is located at 120km south west of Chichijima island, Bonin islands. The Kaikata seamount has 4 peaks: KC, KM, KN and KS. The KC peak has a 2 km wide caldera with a central cone.

The caldera was composed of andesitic lava, breccia and ring dykes concentric-circular to the caldera topography. The central cone was composed of basaltic lava, volcanic sand and gravel and neck-like dykes. Around the summit of the cone, about 80m wide, and 20-30m deep, crater was observed, however, the shape was not clear.

Probably, an intermittent hydrothermism occurs around the caldera area. On the other hand, hot water springs were observed on the central cone. Some biological communities and native salfer and sulfide deposit were also observed around the hot water springs, and these were probably related to the hot water springs. The hydrothermism of the central cone is more continuous compared with the caldera.

\*1 海洋科学技術センター

\*2 Japan Marine Science and Technology Center.

## 1. はじめに

小笠原諸島父島西南西方約120 kmには、伊豆小笠原弧の島弧の火山列が作る七島—硫黄島海嶺上の、海底火山の一つである海形海山がある。海形海山の北方約60kmには西之島があり、南方約60kmには海底火山の海徳海山がある(図1)。両者とも

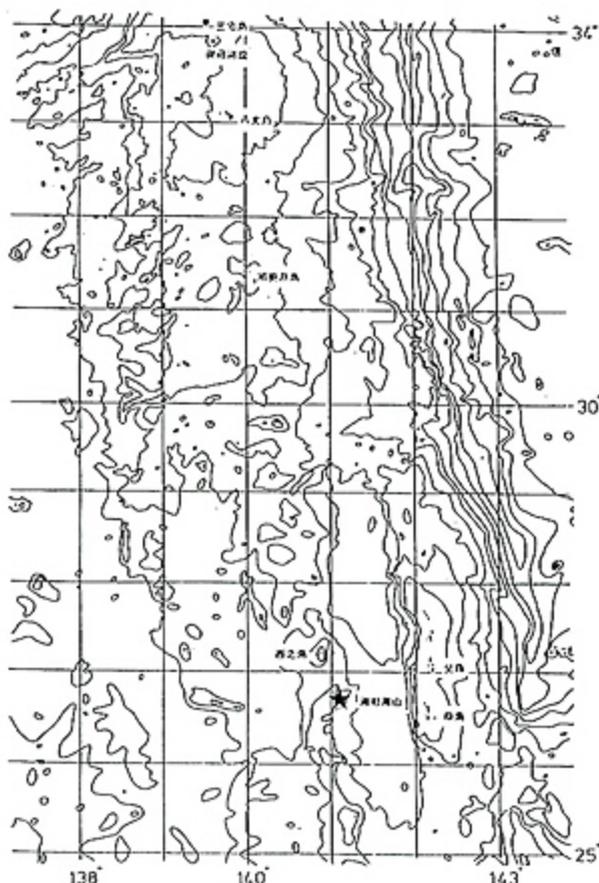


図1 調査海域位置図

Fig. 1 Index map of surveyed area.

七島—硫黄島海嶺上の火山で、西之島は1973—74年に活動し、新島を形成した。海徳海山は1984年に海底噴火を起こし、軽石等を噴出した(土出他1985)。両者とも最近の火山活動のある活火山である(日本活火山総覧, 1984)。海形海山はこの中間に位置しているが噴火の記録はない。

海形海山は島弧上の海底火山であるため、火山活動に関連して熱水現象の存在が予想されるため、工業技術院地質調査所が昭和59年度から実施している「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」の調査海域の一つとして集中的に

調査された。その結果海形火山は、KM、KN、KSとKCの4つの峰を持つこと、KC峰には直径約2 kmのカルデラが存在し、その北西寄りに中央火口丘が存在することが明らかになった(図2)。

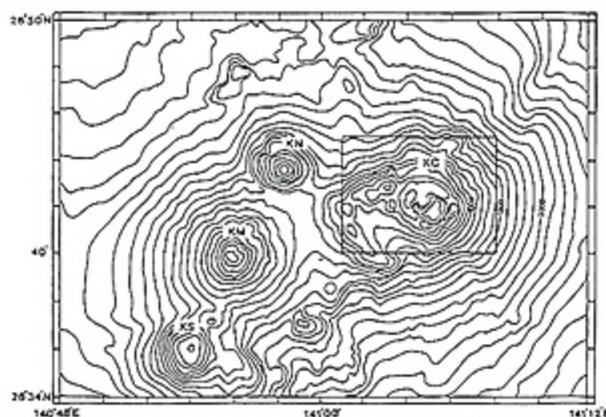


図2 海形海山地形図(工業技術院地質調査所, 1986より)

Fig. 2 Bathymetric map of the Kaikata seamount.  
(after Geological Survey of Japan, 1986)

さらにKM峰の山腹には熱水性のマンガン酸化物が広く存在すること、KC峰のカルデラ内には熱水変質を受けた安山岩質が存在することが明らかになった(工業技術院地質調査所, 1985, 1986, Urabe et al, 1986, Usui et al, 1987)。

そこで「しんかい2000」による潜航調査が昭和61年度と63年度に、地質調査所と海洋科学技術センターの研究者により実施された。この過程で海洋科学技術センターでは、事前・事後調査として実施してきた深海曳航調査等で、KC峰の中央火口丘で熱水現象の徴候を認めたため(深海調査グループ, 1988)、昭和61年度以降KC峰を中心に調査を行ってきた。本稿では海洋科学技術センターの調査結果を中心に、海形海山KC峰の海底地質を紹介する。

## 2. 海形海山KC峰周辺の地形

KC峰において海中作業実験船「かいよう」装備のシービームで調査した地形図を図3に示す。KC峰のカルデラはほぼ円形で直径約2 kmである。カルデラ底は平坦で平均水深は約910 mであり、

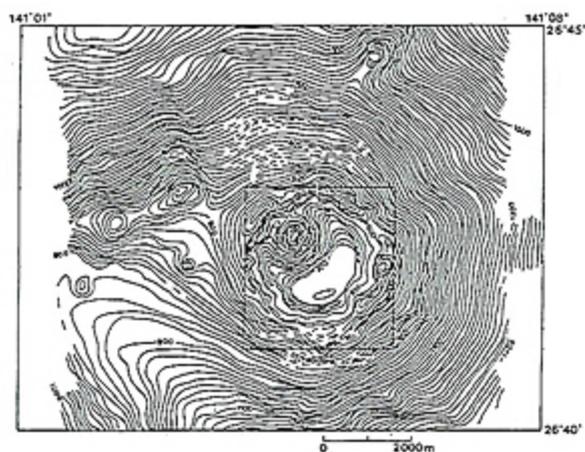


図3 海形海山KC峰地形図  
Fig. 3 Bathymetric map of the KCpeak

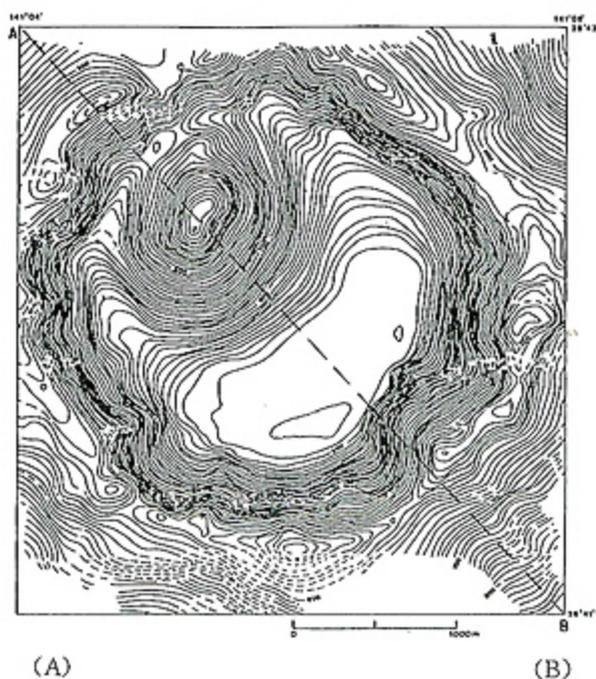


図4 KC峰カルデラ周辺地形図 (A), 及び地形断面 (B)  
Fig. 4 Bathymetric map around the caldera of the KCpeak (A) and cross Section (B)

外輪山は水深500~600mである。カルデラ内の北西寄りに中央火口丘があり、頂部の水深は約430mである。その裾野の北西寄りの部分はカルデラ壁につながっているが、南東部は分離している。中央火口丘の側面の傾斜は $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ で、外輪山はそれよりやや緩傾斜である。一方カルデラ壁は $40^{\circ}\sim 30^{\circ}$ で堆積物の安息角を超えている部分もある(図4 A, B)。しかしカルデラ壁の北東部の基底には $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ の比較的緩傾斜が、広く認められる。

「シービーム地形図」の上では中央火口丘に火口は認められない。一方、深海曳航カメラが頂部を通過する際は、曳航方向によらず深さ20~30m、幅50~80m程度の凹地地形を認める(図5)。「し

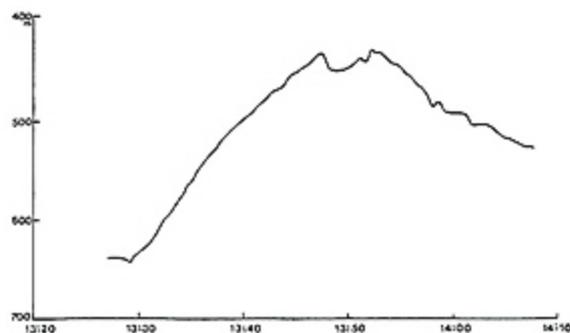


図5 中央火口丘地形断面(深海曳航カメラ搭載CTDによる)

Fig. 5 Cross section of the central cone.  
(sarvied by CTD installed in deep tow camera)

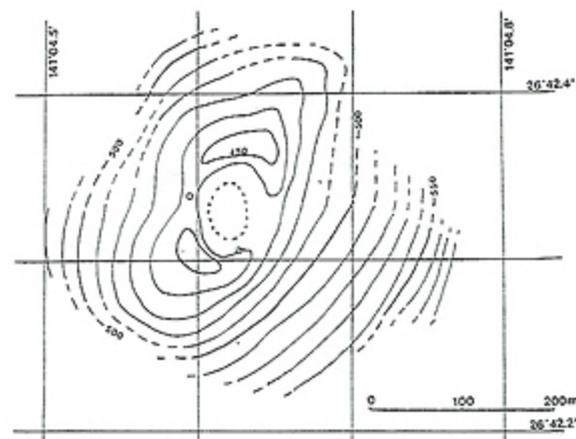


図6 中央火口丘頂部付近の地形図  
Fig. 6 Bathymetric map around the summit of the central cone.

んかい2000」による潜航調査でも、頂部付近に凹地地形を認めたため火口が存在するものと思われる。しかし、特に東側では火口縁が不明瞭であり、また火口内の海水が白濁していたこともあり、目視観察結果の上では火口の形状は確かではない。図6に深海曳航カメラ搭載のCTDの記録や「しんかい2000」による目視観察結果に基づく中央火口丘頂部付近の地形図を示す。

### 3. KC 峰の底質

KC 峰については、深海曳航ソーナー・カメラによる調査を数度にわたり実施してきた。これらに「しんかい2000」による目視観察結果を合わせて、以下にKC 峰の底質について記述する。

#### 3.1 カルデラ壁

カルデラ壁は傾斜が急で、堆積物の安息角を超える部分が多い。湯浅他(1987, 88)で述べられているカルデラ壁南部の潜航では(第253潜航、観察者湯浅氏、地質調査所)、カルデラ壁基底部にカルデラ壁から崩れ落ちた崖錐性の角礫が数10mの高い所まで見られた以外は、離底した水深(約600m)までほぼ連続した露頭が観察されている。基底部から約100mは、熱水変質を受けた安山岩質の岩石からなる塊状の変質帯が認められている。それより上位ではほぼ垂直な平行の岩脈群と、溶岩あるいは角礫岩が交互に現われている。以下に、この観察結果を基に海洋科学技術センターが実施した調査結果を合わせて、カルデラ壁の底質を考察する。

カルデラ壁基底部に見られた崖錐性角礫は、恐らく基底部全域にある程度の量存在すると思われる。サイドスキャンソーナーの記録(図7)では、カルデラ北東部に10数m程度の凹凸を示す記録が見られる。この部分を深海曳航カメラで観察したところ、数10cm~1m大の巨角礫が広く見られた(写真1)。この付近は地形的に他のカルデラ壁基底部に比べ緩傾斜であるので、この部分のカルデラ壁が他の部分より大規模に崩壊が起きて出来た崖錐性の角礫部であると考えられる。

浦辺他(1987)によると、熱水変質を受けた安山岩質の岩石がドレッジにより採取されたのはカルデラの南部からで、他の部分のものは未変質の

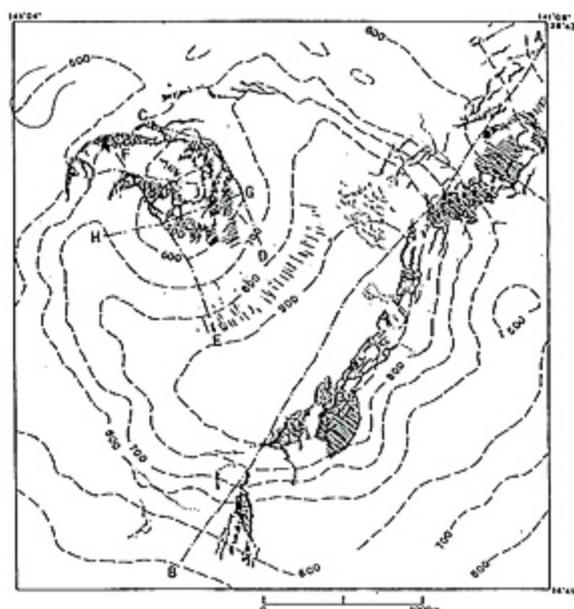


図7 サイドスキャンソーナー記録解釈図破線は曳航測線を示す。探査幅は各片航1000m。

Fig. 7 Interpretative map of sidescan sonar records.

Broken lines indicates the survey lines. Survey range is 1000 m for each side.

安山岩類である。サイドスキャンソーナーの記録上(図7)、湯浅他(1987, 1988)が観察した熱水変質部は、他のカルデラ壁に比べ、弱い反射を示している。この反射の弱い部分に変質を受けた安山岩の分布域とすれば、熱水変質帯はカルデラ壁の幅200~300m程度の範囲になると思われる。また写真2のように変質安山岩と思われる転石も、深海曳航式カメラの観察でカルデラ南部の測線のみで観察された。

カルデラ壁で観察されたほぼ垂直な岩脈群は、深海曳航カメラで冷却節理をもった幅1m程度の岩脈が、カルデラ壁の測線のほとんどで認められるため(写真3)、カルデラ壁面には不偏的にあるものと思われる。さらにサイドスキャンソーナーの記録には、これらの岩脈に相当すると考えられる強い反射を示す縞模様か幾本も見られる(図7)。これらは記録が得られている範囲で、カルデラ地形に平行に同心円状に分布している。したがってこの岩脈群は外輪山に貫入した環状岩脈群と考えられる。

### 3.2 中央火口丘及びカルデラ底

中央火口からは外輪山と異なり玄武岩が採取されている(湯浅, 1987)。火口の中心部は深海曳航カメラの観察では、表面を灰白色の沈澱物が薄く覆っているため不明瞭であるが、曳航体に付けたドレッジでは急冷縁を伴う玄武岩の角礫が採取された。火口底の周辺から火口縁には高さ10~20 mの、表面に冷却節理の見られる尖塔状の岩脈(火山岩頸状岩脈)が、多数林立している。一部のは崩壊し、瓦礫状の角礫の集合体になっているものもある(写真4)。この岩脈も玄武岩質であるが、かなり多孔質である(写真5)。

火口縁では写真6のように玄武岩と思われる溶岩や火山角礫や、淘汰の悪い火山砂礫や火山砂が見られる。火口外側では高さ10 m程度の火山角礫岩からなる崖も見られた。火口外側斜面では玄武岩質と思われる淘汰の悪い火山砂礫が見られ、溶岩はほとんど観察されなかった(写真7)。

カルデラ底は表面に澱痕の見られる淘汰の良い玄武岩質と思われる火山砂が全体を埋めている(写真8)。調査時には顕著な流れは観測されなかったが(溝澤他, 1989)、澱痕の存在やカルデラ壁から転落した岩塊の周囲の火山砂が洗掘されていることは、かつてかなり強い流れがカルデラ底に存在していたことを示している。

### 3.3 KC峰の構造

上述の結果をまとめたKC峰の底質図を図8に示す。

KC峰の外輪山は安山岩質の岩石からなっている(湯浅, 1987)。湯浅他(1987)によるとカルデラ壁の環状岩脈以外のものでは、下部が溶岩勝ちで、上部が角礫岩勝ちになっている。恐らく、外輪山の頂上水深の上昇に伴い、溶岩に対する角礫岩の割合が増加していったものと思われる。また外輪山の斜面をそのまま延長すると、その頂部は海水面前後に達することから、外輪山の上部にはかなりの割合で火山砕屑物が含まれていると思われる。またこの間のいずれかの時期に環状岩脈群の貫入が起ったものと思われる。カルデラの形成は上述の活動の後あるいは末期に起ったと考えられる。

カルデラ形成後、カルデラ内のやや北西寄りの

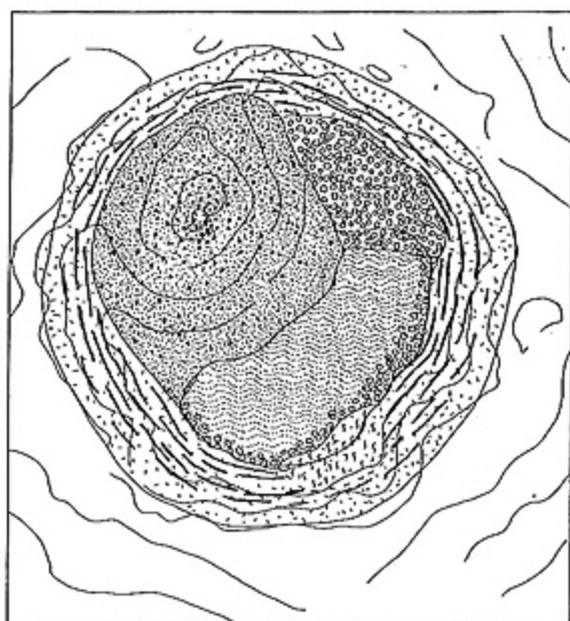


図8 KC峰底質図

1. 安山岩質溶岩及び角礫岩 2. 岩脈  
3. 淘汰の悪い火山砂礫 4. 淘汰の良い火山砂  
5. 崖錐角礫 6. 熱水変質帯

Fig. 8 Bottom material map of the KC peak.

1. Andesitic lava and breccia. 2. Dyke.  
3. Poor-sorted volcanic sand and gravel.  
4. Well-sorted volcanic sand. 5. Debris.  
6. Hydrothermally altered area.

部分で、玄武岩質の火山岩を噴出する中央火口丘の火山活動が始ったと思われる。カルデラ底はこの中央火口丘由来と思われる火山砂で覆われており直接観察できない。またソーナー曳航体に装備されている4.8 KHzのサブボトムプロファイラーの記録(図9)でも、底質が粗粒なため海底下のものは判らない。

中央火口丘な現在火山砂礫でほとんどが覆われているが、初期段階では水深も深かったため溶岩の割合が多かったものと思われる。したがって中央火口丘の下部には溶岩が多く、上部は火山砂礫が多くなっていると思われる。火口内に見られる尖塔状の岩脈は、この火山砂礫を供給したフィーダーダイクの可能性もある。以上の結果をまとめた断面図を図10に示す。

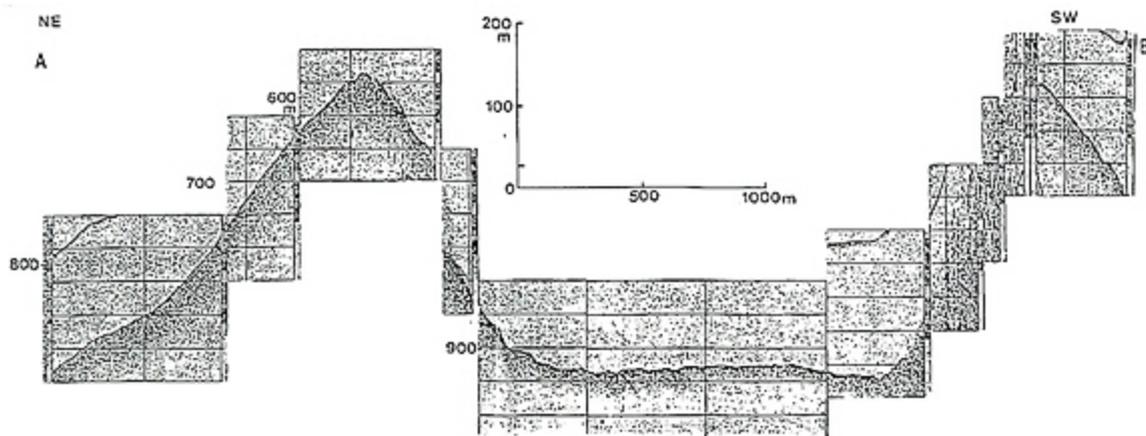


図9 カルデラのサブボトムプロファイル。測線は図7に図示。

Fig. 9 Subbottom profile of the caldera. Survey line indicated in Fig. 7.

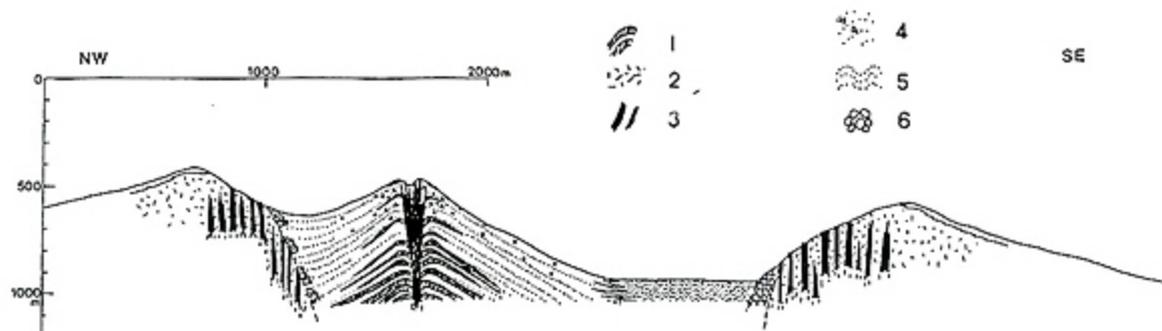


図10 KC峰の地質断面す。

1. 玄武岩質溶岩
2. 安山岩質溶岩及び角礫岩
3. 岩脈
4. 淘汰の悪い火山砂礫
5. 淘汰の良い火山砂

Fig.10 Geological cross section of the KC peak.

1. basaltic lava.
2. andesitic lava and breccia.
3. dykes.
4. poor-sorted volcanic sand and gravel.
5. Well-sorted volcanic sand.

#### 4. KC峰の熱水現象

海形海山KC峰では地質調査所及び海洋科学技術センターの研究者による「しんかい2000」による潜航調査と、当センターによる深海曳航体による調査を数度にわたり実施してきた。この間にカルデラ内及び中央火口丘で、熱水活動に関連があると思われる種々の現象を認めた。以下にカルデラと中央火口丘に分けてそれらを記述する。

##### 4.1 カルデラ底及びカルデラ壁

カルデラ内では昭和61年より数度にわたり深海曳航カメラによる観察を行うとともに、XBTを

カルデラ内外に投入して测温を実施してきた。测温の結果は既に湯澤他(1989)により報告されている。それによれば、カルデラ内の水深が600~700m以深の部分には、常にカルデラ外より高温でかつ一定温の水塊が存在することが認められている。その観測値は1986年11月に最高の9.1~9.3℃を記録し、それ以外は8℃前後であった。この1986年11月には「しんかい2000」による潜航調査が実施され、カルデラ壁で海水のゆらぎが観察されたほか、カルデラ底で多量の鉄の水酸化物と考えられる、温泉沈澱物様の浮遊物が観察されている(湯澤他1987)。このことはカルデラ壁で

は間欠的に熱水活動が起っていることを示しているものと思われる。

#### 4.2 中央火口丘

中央火口丘では昭和63年5月の潜航調査で、最高22℃で、周囲の海水より約10℃高い温水が湧出していることが観察された。温水湧出部の周辺には温水に関連があると思われる白色のカニやフジツボが群生していた。また温水湧出部から採取した玄武岩の表面がごくうすく白色に変色していた(写真9)。また火口縁で採取した火山砂はかなり強い硫化水素様の臭いがするとともに、硫化物(FeS)が含まれていた(写真10)。また火口内において深海曳航体に取り付けたドレッヂで採取した玄武岩には自然硫黄が付着していた(写真11)。これらは中央火口丘での活発な熱水活動を示すものといえる。

また、白色のカニは中央火口丘の曳航調査では昭和61年から毎年確認されている。このカニが何らかの形で熱水活動に関連があるとすると、中央火口丘ではカルデラ壁に比べ、恒常的な熱水活動が起っているものと考えられる。

#### 謝 辞

本研究の調査において、「しんかい2000」の司令ほか運航チーム、「なつしま」及び「かいよう」の船長ほか乗組員の方々には大変お世話になった。また「しんかい2000」の潜航調査や深海曳航調査時に「なつしま」に同乗されていた地質調査所の湯浅真人氏、浦辺徹郎博士、村上文敏氏、臼井朗氏には色々有益な御助言、御討論をいただいた。以上の方々に深く感謝する。

※深海調査グループ：堀田宏、門馬大和、大塚清、橋本惇、田中武男、松本剛、松澤誠二\*\*、溝澤巨彦

\*\*…退職者

#### 参考文献

気象庁、1984、日本活火山総覧、日本気象協会、482 P  
工業技術院地質調査所、1987、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

61年度研究概要報告、184 P

工業技術院地質調査所、1986、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60年度研究概要報告、149 P

溝澤巨彦、門馬大和、堀田宏、深海調査グループ、1989、海形海山海底カルデラ周辺の水温分布及び流れの特性、海洋科学技術センター試験研究報告、No.21、1-10.

深海調査グループ、1988、海形海山深海曳航調査(DN87-3-MCS)調査速報、海洋科学技術センター試験研究報告、No.20、223-230.

土出昌一、加藤茂、打田明雄、佐藤寛和、小西直樹、小坂丈予、平林順一、1985、海徳海山の海底火山活動、水路部研究報告、No.20、47-82.

Urabe, T., Yuasa, M. and Nakao, S., 1987, Hydrothermal Sulfides from a submarine caldera in the Schichito-Iwojima ridge, Northwestern Pacific, Mar. Geol., 74, 295-299.

浦辺徹郎、佐々木昭、湯浅真人、1987、海形カルデラの熱水性硫化物、「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61年度研究概要報告、工業技術院地質調査所、140-146.

Usui, A., Yuasa, M., Yokota, S., Nohara, M., Nishimura, A. and Murakami, F., 1986, Submarine hydrothermal manganese deposits from the Ogasawara (Bonin) Arc, off the Japan Island, Mar. Geol., 73, 311-322.

湯浅真人、1987、GH 86-1及びGH 86-3航海により採取された岩石、「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61年度概要報告書、工業技術院地質調査所、68-76.

湯浅真人、浦辺徹郎、村上文敏、1987、伊豆、小笠原弧、海形カルデラの熱水変質帯—「しんかい2000」による潜航調査一、地質ニュース、No.391、6-8.

(原稿受理 1989年5月22日)

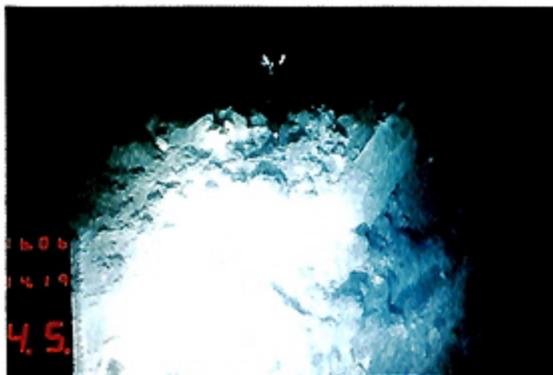


写真1 カルデラ北東部の崖錐角礫  
photo. 1 Debris around the northeastern  
foot of the caldera.

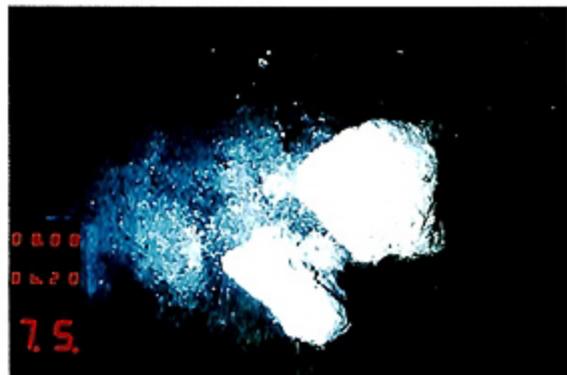


写真2 熱水変質岩の転石  
photo. 2 Float stones of the hydrother-  
mal altered rock.

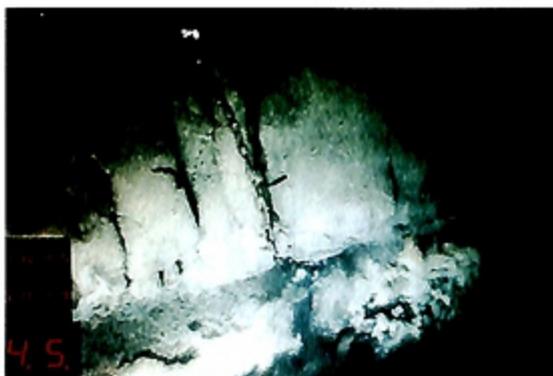


写真3 カルデラ壁の環状岩脈  
photo. 3 Ring dyke on the caldera wall.

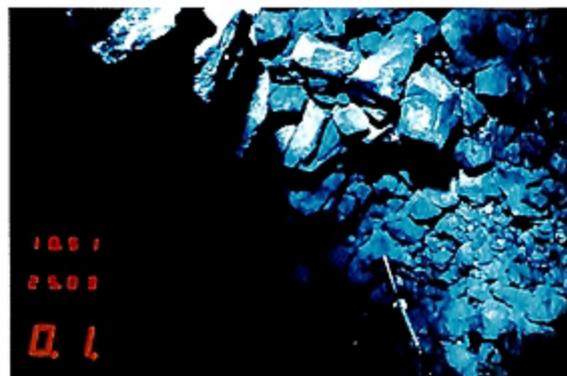


写真4 崩壊した尖塔状岩脈  
photo. 3 Collapse neck-like dyke

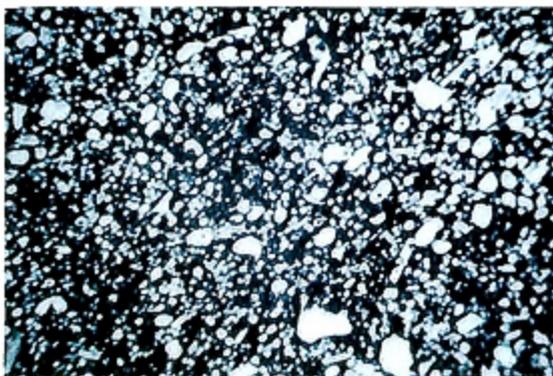


写真5 尖塔状岩脈から採取した試料の薄片写真  
photo. 5 Microphotograph of the neck-  
like dyke sample.

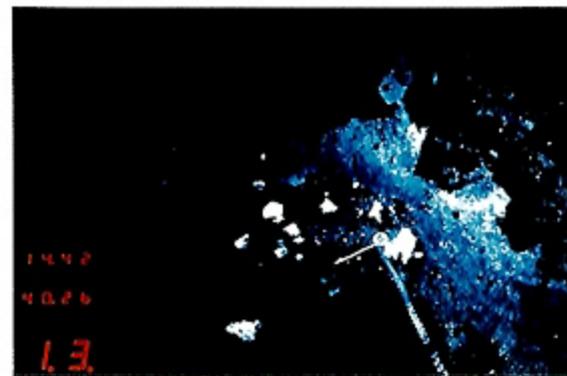


写真6 火口縁の溶岩及び角礫  
photo. 6 Lava or breccia around the edge  
of the crater.



写真7 中央火口丘側面上の火山砂礫  
photo. 7 Volcanic sand and gravel on the  
flank of the central cone.

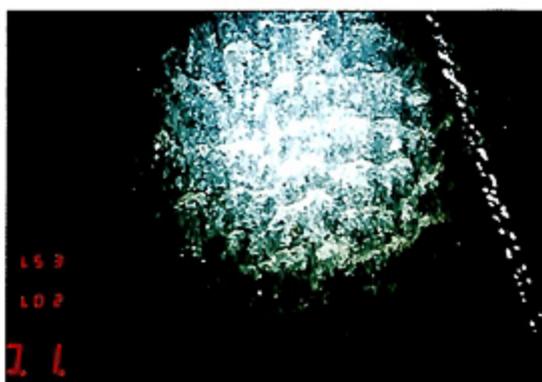


写真8 カルデラ底の漣痕の見られる火山砂  
photo. 8 Volcanic sand with ripple mark  
on the caldera floor.



写真9 尖塔状岩脈から採取した岩石の切断面。  
photo. 9 Cross cut surface of the neck-  
like dyke sample.



写真10 火山砂礫の薄片写真, 砂粒をうすくFeS  
が覆っている。  
photo.10 Microphotograph of volcanic  
sand and gravel sand, grains are  
fringed with FeS.

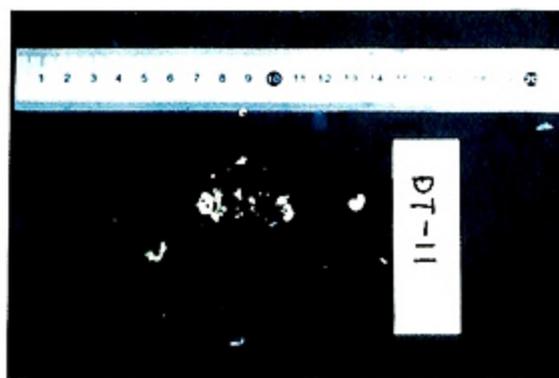


写真11 自然硫黄の付着した玄武岩  
photo.11 Basalt cobble and native sulfur.