

新黒瀬堆から熱水性のマンガンの発見と その地球科学的意義

藤岡換太郎^{*1} 武藤光盛^{*2} 三田直樹^{*3}
飯笹幸吉^{*3} 湯浅真人^{*4}

黒瀬カルデラの東に広がる新黒瀬堆から熱水性のマンガンが潜水船「しんかい2000」による第598潜航によって発見された。熱水性のマンガンは巨礫で水深から考えてその起源は採集地点あるいはすぐ近くの高まり、拓南山に由来すると考えられる。新黒瀬堆は現在の火山フロントより海溝側すなわち前弧側に位置する。熱水性のマンガンがこのような位置で in situ に形成されるためには、1) 過去の火山フロントがここにあった、2) 現在の火山フロントはもっと海溝よりにある、3) 前弧にも熱水の可能性がある、の3つの可能性がある。新黒瀬堆の北西にある中の黒瀬より同様の熱水性のマンガンが得られていることから、過去の火山フロントが新黒瀬堆にあったこと、すなわち伊豆・小笠原弧の火山フロントは時代と共に西進したと考える。

Finding of hydrothermal manganese crust from the Shinkurose bank and its geotectonic significance

Kantaro FUJIOKA^{*5} Mitsumori MUTO^{*6} Naoki MITA^{*7}
Koichi IIZASA^{*7} Makoto YUASA^{*8}

Hydrothermal manganese crust were found from the Shinkurose bank by utilizing the JAMSTEC submersible "Shinkai 2000" during #498 dive. Manganese crust is boulder and the size of the crust suggests that the origin of this crust is on the bank or derived from the much shallower part, such as the Takunan Knoll. The existence of manganese crust implies three possibilities that is, 1) past volcanic front existed here, 2) present volcanic front may exist more trench ward than present, 3) hydrothermal activity also occurs in the forearc region. We prefer the interpretation that the Izu-Bonin forearc may

-
- * 1 東京大学海洋研究所
現在：海洋科学技術センター深海研究部
 - * 2 東京都水産試験場八丈分場
 - * 3 地質調査所海洋地質部
 - * 4 石油公団石油開発技術センター
 - * 5 Ocean Research Institute, University of Tokyo
Present : Japan Marine Science and Technology Center
 - * 6 Tokyo Fisheries Experiment Station, Hachiojima
 - * 7 Geological Survey of Japan
 - * 8 Japan National Oil Cooperation Technology Research Center

gradually move toward west with time.

1. はじめに

伊豆・小笠原弧には火山フロントに添って大島や八丈島などの成層火山とカルデラが並んでいる(村上・石原, 1985)。前弧域には古い基盤岩が父島から北に点々と分布し、特に八丈島以北の海域には新黒瀬堆と呼ばれる水深200mより浅いバンク(堆)がある(Honza and Tamaki, 1981)(図1)。新黒瀬堆の重力異常は小笠原父島と並んで極めて強い正の異常を示しており、地下には密度の大きい岩石が浅いところまで顔を出している可

能性がある(Ishihara, 1981; 海野, 1987)。新黒瀬堆は地質調査所の広域地域調査 GH80-4 航海で地形、地質、地球物理等が詳しく調査されている(Inoue, Ed., 1981)。

新黒瀬堆では筆者の一人武藤が堆の魚場の調査のため「しんかい2000」によって潜航調査した際に離底直前に岩石を3個採集した。そのうちの1個は真黒い金属光沢を持つマンガンのブロックであった。室内での検討の結果、これが熱水性マンガンであることが判明したのでここに記載し報告する次第である。

2. 地 形

新黒瀬堆は三宅島と八丈島の東にあり、南北約100km 東西約60km の巨大な浅瀬でその表面は石灰岩で覆われている(青木, 1979)。これは地形的には3つのブロックに分れており北黒瀬、中黒瀬、新黒瀬と呼ばれている。図2は新黒瀬堆の地形を、更に図3には新黒瀬堆の鯨鰐図を示した。3つのブロックの間には断層が走っている。水深は新黒瀬堆が最も浅く160mで170mに平坦な面を有し、このバンクは表面が平坦で波食を受けた可能性がある。図4に示すように地質調査所の音波探査断面を見ると著しく平坦な面が認められる。この平坦面は藤岡ほか(1984)により波食平坦面と考えられ、海水準低下期に形成されたと考えられている。彼らは新黒瀬堆の南北ではフィリピン海プレートの沈み込みによるプレート上面の変形の度合いが海溝軸に近い北程大きいことを議論している。地質調査所のカメラによる底質の調査によれば、バンクの表面は岩盤、砂連、泥に分かれる(Inouchi, 1981)(図5)。湯浅・村上(1985)は新黒瀬堆底質や岩石の採集などから地質図を発表しているが、新黒瀬堆は東西方向の断層により切られていること、また同時に南北性の断層によっても切られていることを示した(図6)。藤岡ほか(1984)は南御蔵海底谷が新黒瀬堆を切断しその南東にある拓南山が断層の残丘か火山であろうとしている。

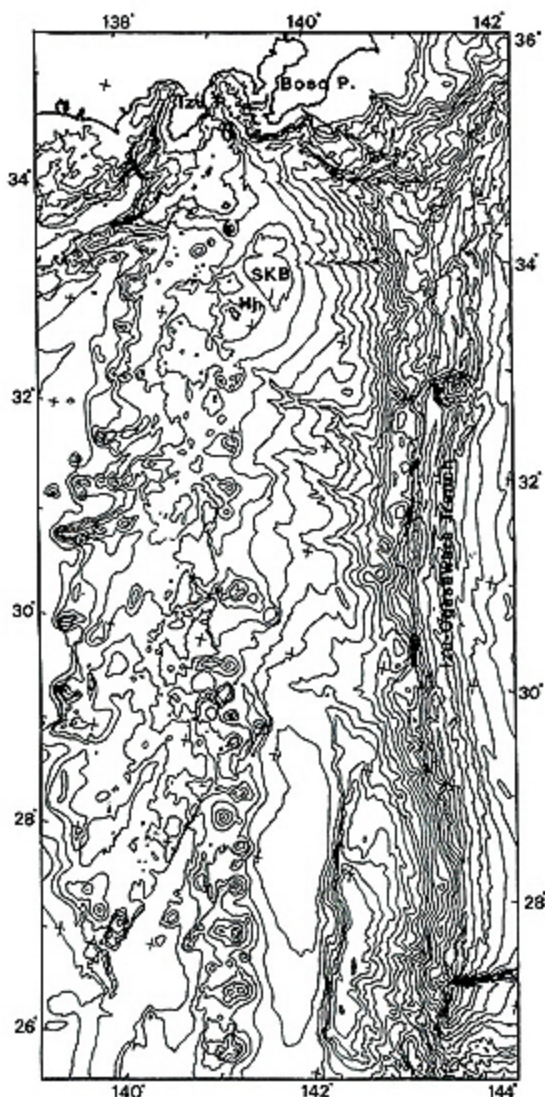


図1 伊豆・小笠原弧の地形

Fig. 1 Topography of the Izu-Bonin Arc

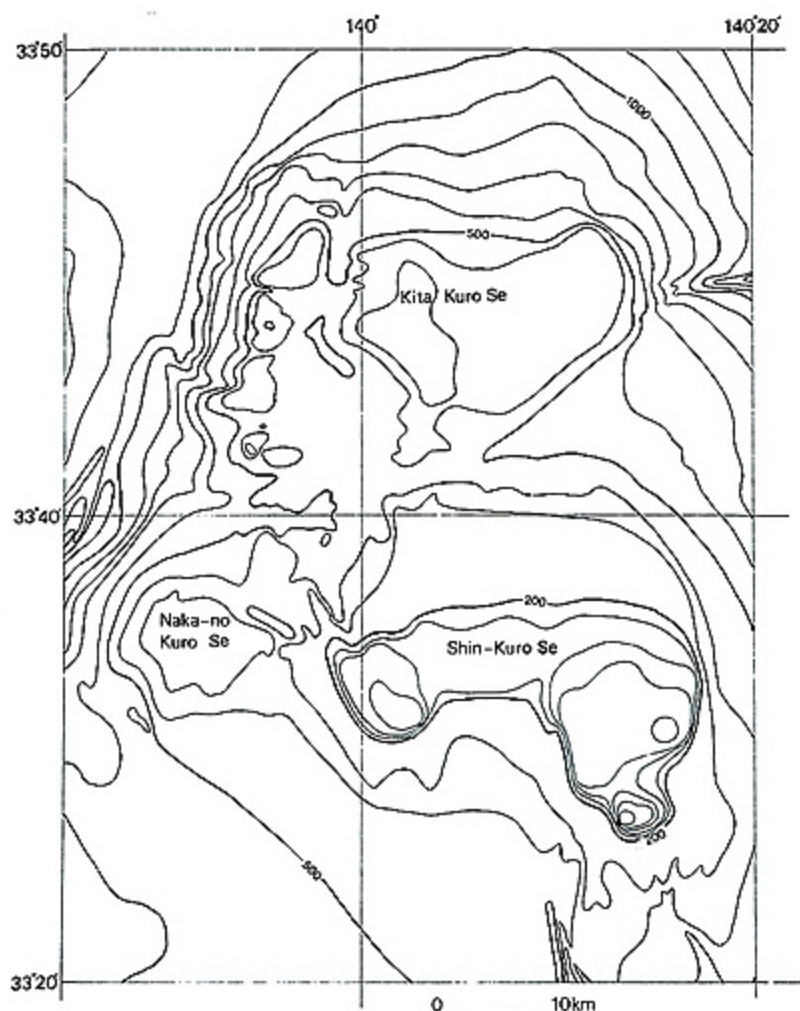


図2 新黒瀬堆の地形
Fig. 2 Topography of the Shinkurose Bank

3. 潜航地点の地形と底質

潜航目的は魚場の調査であったが、潜航中の写真やビデオなどから着定点と観察点の底質について簡単に記載する。潜航地点付近の地形を図7に示した。図に示すように着定点は拓南山の南東の水深400m程度の平坦面である。また底質については写真1-4を参照されたい。写真に示したように観察された地形は以下のようである。

- 1) 極めて平坦な表面を持つ
- 2) 厚さ数 cm 程度の薄い平坦な地層からなり数 cm の落差の数段のステップを有する
- 3) この地層は石灰質で礫を挟んでおり、一種のビーチロックのように見える

- 4) 場所によっては円礫を主とする巨礫が表面に散乱する
- 5) サンゴの破片が吹き溜まっている
- 6) 底質は粗い砂、岩石、露石が主で細かい堆積物は全て洗い流されたと考えられる

このような観察と藤岡ほか (1984) による新黒瀬堆のプレートの沈み込みによるベンディングとそれに伴う新黒瀬堆の沈降、藤岡・安江 (1989) による石灰岩の年代測定から以下のように考える。新黒瀬堆はある時期 (海水準低下期) に波食を受けた石灰質堆積物に富むバンクで、現在の父島や沖縄に見られるサンゴ礁の発達する環境にあった島であり、ビーチロックが形成されるような

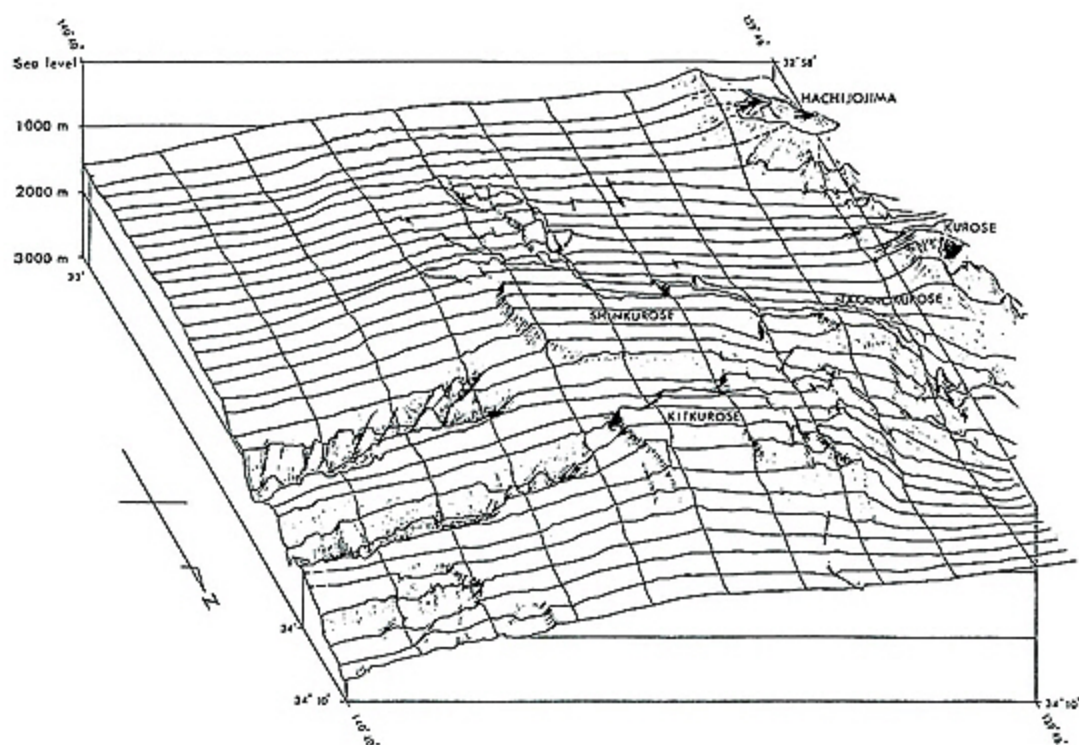
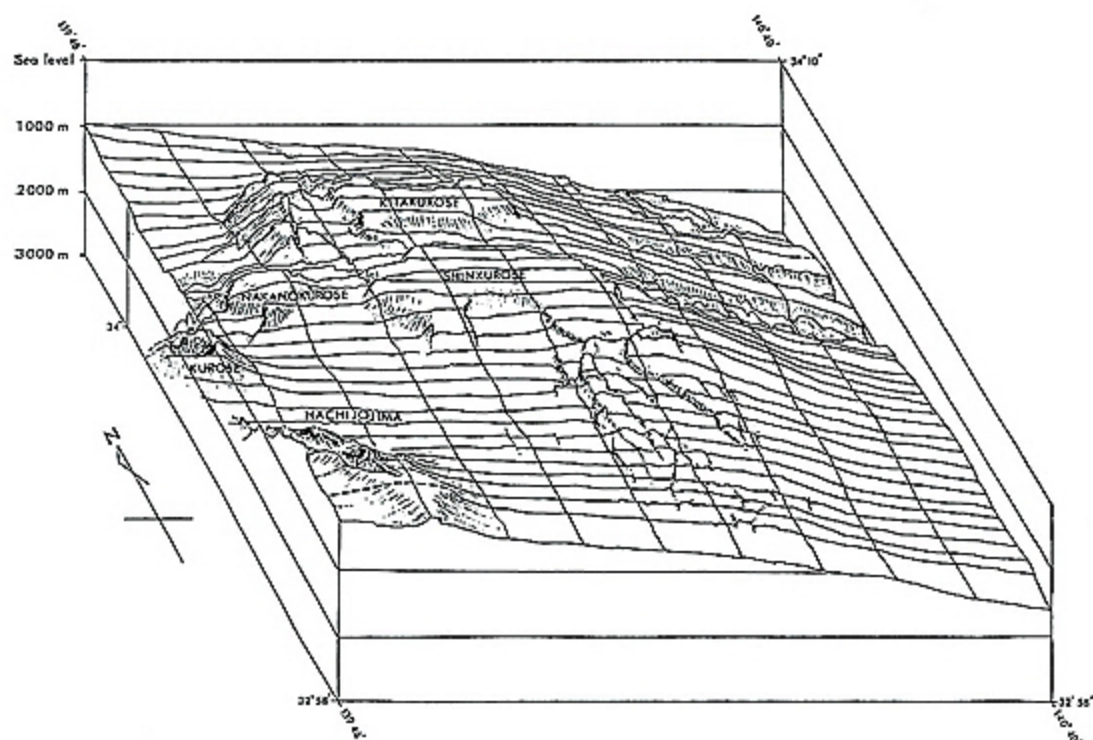


図3 新黒瀬堆の鯨眼図

Fig. 3 The whale-eyes' view of the Shinkurose Bank

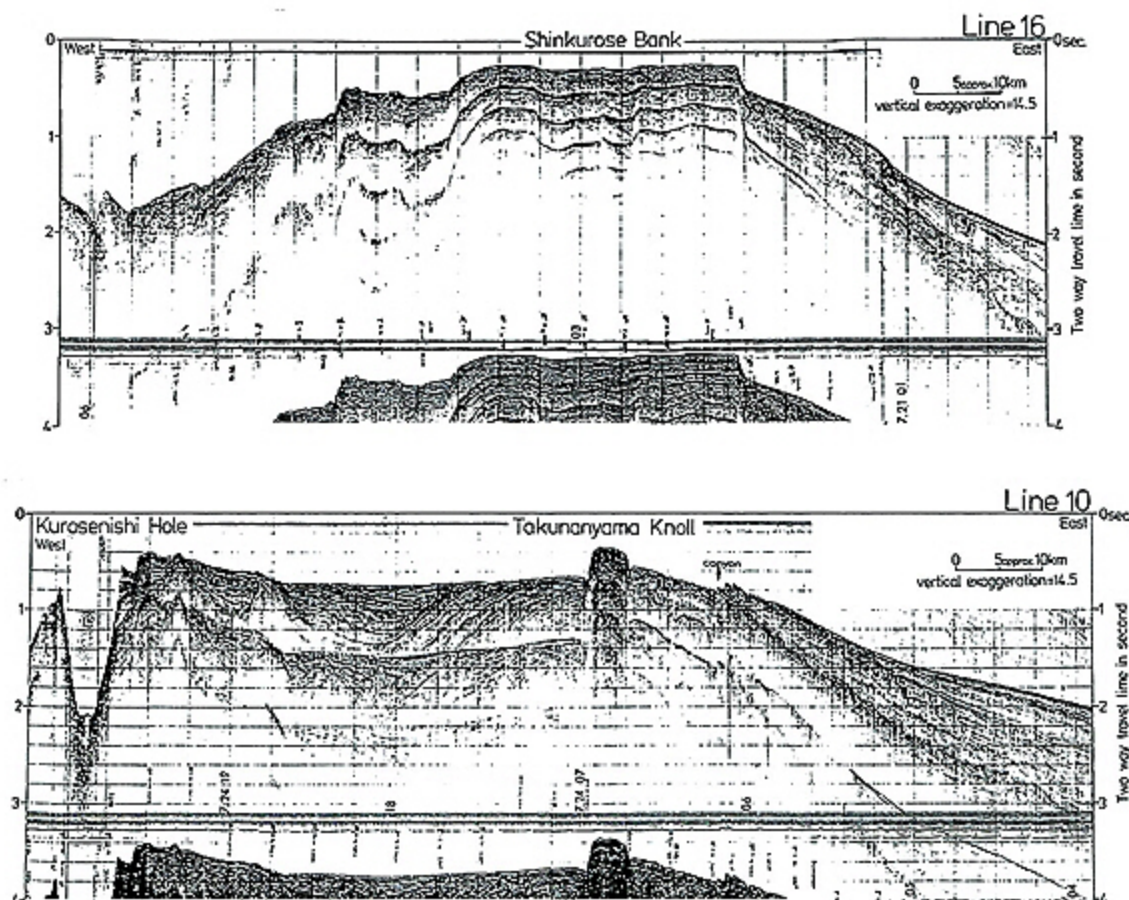


図4 拓南山を通る音波探査断面
Fig. 4 Seismic profiles across the Takunanyama

条件にあったと考えられる。それが海水準低下期に陸上侵食と波浪侵食を受けて平坦化し、海水準上昇とフィリピン海プレートの沈み込みに伴うベンディングと沈降により現在の様な沈降平坦面になっているものと考えられる。

4. マンガン酸化物

#498潜航では新黒瀬堆の拓南山の近くで魚場の調査が筆者の一人武藤によって行われたが、その際、離底の直前に岩石などの試料が3つ得られた。他の2つは玄武岩の円礫であったが残りの一つは黒い金属光沢を持つマンガンであった。

塊状マンガン水酸化物の産状と組織

層状および塊状部分が顕著に認められる todorokite 層と脈状および最外層に産する veranadite と Fe-Mn 水酸化物との混合層からな

る。図8はマンガンのX線解析の結果を示した。それによると、層状部は、薄層および厚い層からなる todorokite 層から構成されている。前者では新旧の todorokite 層の境界部に細粒の碎屑物が含まれる。後者では層状部に粗粒の碎屑物が顕著に見られ、todorokite は軽石の空隙部、岩片の一部や碎屑物粒子間を充填している。塊状部では、碎屑物を含まず扇形に発達した針状結晶が認められる。veranadite 及び Fe-Mn 水酸化物は、todorokite 層に生じ裂け目や最外層に産する。以上のことから、熱水性の todorokite の晶出は、表層堆積物粒子間に成長しその後堆積物上に成長したことが伺える。todorokite の薄層間に碎屑物を含むことから結晶成長の休止が何度となく起こったが、水性 veranadite の堆積を生じる時間がなかったことが推定される。最後に veranadite が裂け目や最外層に堆積した。



図5 新黒瀬堆の底質 (Inouchi, 1981)
Fig. 5 Sediments of the Shinkurose Bank

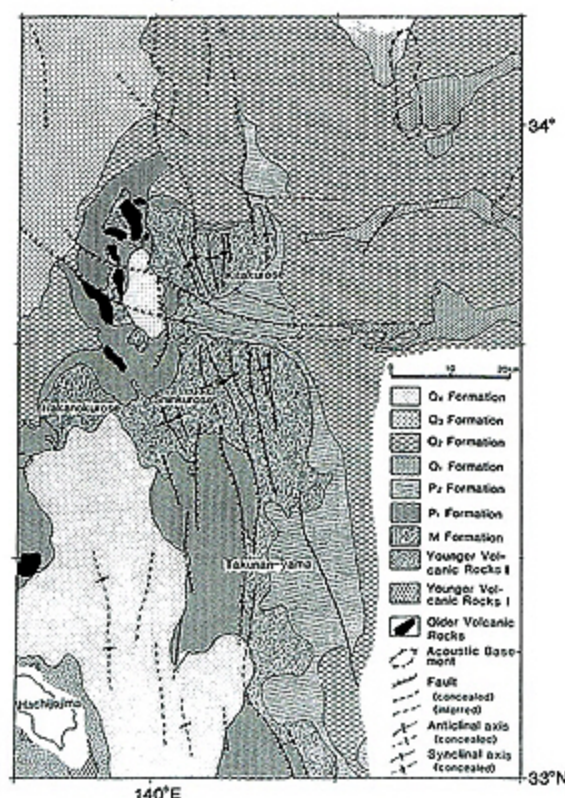


図6 新黒瀬堆の地質図 (Yuasa, 1981)
Fig. 6 Geologic map of the Shinkurose Bank and its environ

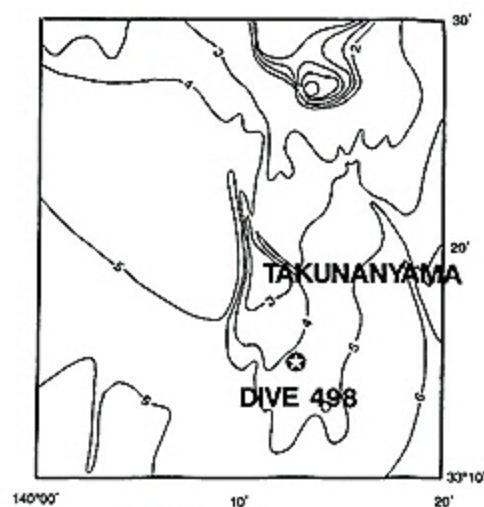


図7 潜航地点の地形
Fig. 7 Topography around the dive site

このマンガンの化学組成を表1に示した。マンガンは熱水性の物についてはその化学組成が水性の物とは異なる。これは他のマンガンと比べて鉄に乏しく銅、ニッケル、コバルトにも乏しい熱水性の物である。図9は様々なマンガンの化学組成をプロットしたものでガラパゴスの熱水地域のマンガンの組成と良く似ている。また臼井 (1991) によって記載された海形海山の KM の Gray dense layer のマンガンの化学組成と類似している。

火山岩礫

この潜航で火山岩が2つ得られた。写真2の2, 3が試料である。いずれも表面には生物が付着しておりかなり時間が経っているものと思われる。2, は円礫, 3, は重円礫で侵食し残しであると考えられる。火山岩の顕微鏡写真と分析値は写真3及び表2, 図10に示した。火山岩は SiO_2 60%の安山岩でその組成は低アルカリソレライト系の岩石で火山フロントに近いところに産出するものである。岩石はインターサータル組織を示している。

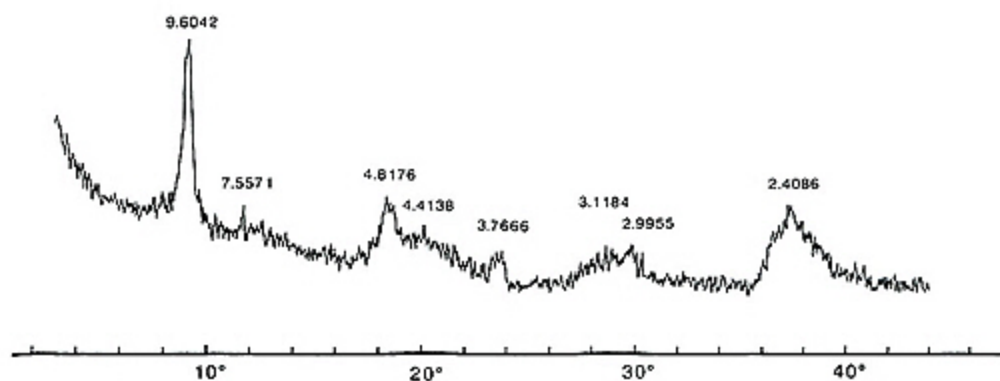


図8 マンガンのX線解析

Fig. 8 X-ray diffraction pattern of Manganese crust

表1 マンガンの化学組成

Table 1 Chemical composition of the Manganese crust

	498-1
Mn (%)	51.08
Fe (%)	0.66
Co (%)	0.005
Ni (%)	0.002
Cu (%)	0.000
Zn (%)	0.006
Pb (%)	0.000

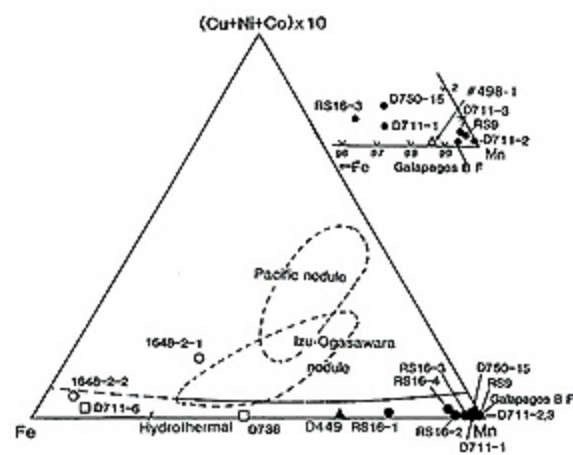


図9 マンガンの化学組成

Fig. 9 Chemical compositions of the Manganese crust

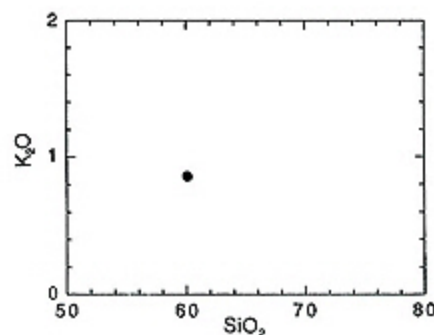
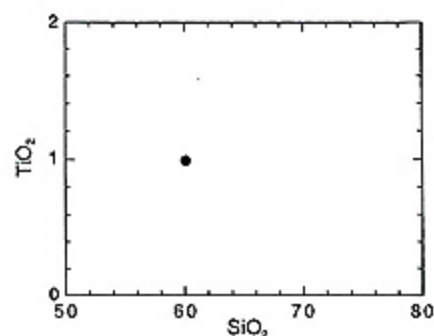
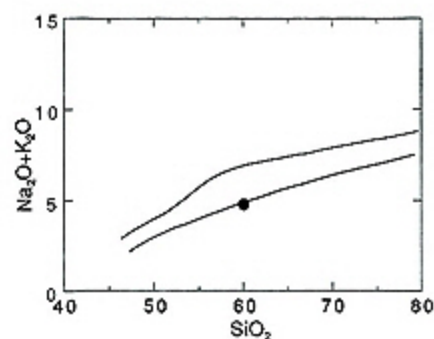


図10 火山岩の化学組成

Fig. 10 Chemical compositions of volcanic rock

表2 火山岩の分析値

Table 2 Chemical compositions of volcanic rock

Sample	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	Na ₂ O+K ₂ O	FeO*/MgO
498-3	60.08	0.99	16.56	7.53	0.17	2.34	6.70	3.92	0.86	99.16	4.78	3.22

5. 考 察

新黒瀬堆の表層から得られたマンガンの起源について以下の点について考察する。

1) マンガンの供給源

得られたマンガンのサイズは巨礫であり礫種は角礫であることから考えてその供給源はその場ないしはすぐ近くの高まりである例えば拓南山である可能性がある。

2) マンガンの起源

マンガンの鉱物種及び化学組成は熱水性を支持しガラバゴスなどの熱水地帯である。このことはマンガンの形成の場としての束縛条件を示す。

3) 新黒瀬堆付近から岩石

Yuasa et al. (1981) は中の黒瀬やその周辺から火山岩類をドレッジで得ている。このことは中の黒瀬では過去に火山活動があったことを意味している。

4) 重力と磁気

新黒瀬堆のフリーエアー重力以上は200mgal 以上の高い値を示しており地下の浅い所まで密度の大きい岩石が上がってきていることを示す。すなわち、父島と同様超塩基性の岩石が存在する可能性がある。同時に中の黒瀬や北黒瀬では磁気異常も大きくガブロの様な岩石が地下に存在する可能性があり (Ishihara, 1981), 表面に火山岩があった可能性はおおいにありうる。

以上の様な考察はしかし、現在の伊豆小笠原弧の火山フロントが新黒瀬堆より西にあることと調和しない。従って、熱水性のマンガンが新黒瀬堆で得られるためには、1) 過去の火山フロントがここにあった、2) 現在の火山フロントはもっと海溝よりにある、3) 前弧にも熱水の活動がある、の3つの可能性がある。

2) はすなわち伊豆小笠原弧の火山フロントをここでもかなり東に曲げねばならず困難である。

1) の可能性についてはこの熱水性のマンガンの年代によるが、これが古いとすれば火山フロントが年代とともに西へ移動したとすればよく、葉室ほか (1980, 1983) も伊豆半島の東沖にある海底の火山の研究から同様のことを述べている。3) については新黒瀬堆は東西及び南北の方向の断層で切られており、火山フロントの地下にあるマグマからリークしてきた熱水が前弧側に漏れることはありうる。

6. 結 論

新黒瀬堆の表面から採集されたマンガンは熱水性のマンガンであった。このようなマンガンがここから得られるためには、1) 過去の火山フロントがここにあった、2) 現在の火山フロントはもっと海溝よりにある、3) 前弧にも熱水の活動がある、の3つの可能性がある。我々は伊豆小笠原弧の火山フロントの西進によると考えた。

謝 辞

小論を書くにあたり貴重な試料を得るためにご協力頂いた「しんかい2000」の運航チームの方々ならびに母船「なつしま」の乗組員の方々に感謝いたします。静岡大学小泉聡子さんには火山岩の分析をしていただいた。東海大学岡野肇氏には原稿作成のお手伝いをしていただいた。これらの方々に感謝します。

参 考 文 献

- 青木三郎, 1979, 伊豆諸島島嶼および近接する堆の地形と地質, 東洋大学紀要教養過程篇, (自然科学), 22, 19-46.
湯浅真人・村上文敏, 1985, 小笠原弧の地形・地質と娯楽岩構造線, 地学雑誌, 94, 47-66.
藤岡換太郎・古田俊夫・飯山敏道・古家英・中村一明・中村保夫・小川勇二郎・竹内 章・

- 谷口英嗣・渡部正晴, 1984, 房総海底崖の地質—KT83-20次航海報告, 震研彙報, 55, 259-298.
- 藤岡換太郎・安江篤子, 1989, フィリピン海プレート北端部の火山と変動地形—Bankの傾向と海底カルデラの活動を石灰岩から追求する, 日本火山学会講演予稿集, No. 2, 94.
- 葉室和親・荒牧重雄・加賀美英雄・藤岡換太郎, 1980, 東伊豆沖海底火山群—その1—震研彙報, 55, 259-298.
- 葉室和親・荒牧重雄・藤岡換太郎・石井輝秋・田中武男・宇都浩三, 1983, 東伊豆沖海底火山群—その2—および伊豆諸島近海海底火山, 震研彙報, 58, 527-557.
- Honza, E. and Tamaki, K., 1981, The Bonin Arc, In Ocean basin and Margins, Plenum, 459-502.
- Inoue, E., ed. 1981, Geological investigation of the area northeast of Hachijojima Island, northern part of Ogasawara Arc, Cruise Report No. 16, 111p.
- Inouchi, Y., 1981, Sediments on the Shinkurose Bank and its vicinity, Cruise Report No. 16, Inoue Ed., 49-52.
- Ishihara, T., 1981, Gravity anomalies northeast of Hachijojima Island, Cruise Report No. 16, Inoue Ed., 20-24.
- 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.
- 臼井 朗, 小笠原海域「海形海山」の熱水性マンガン酸化物—第408回潜航調査—1991, 89-104.
- Yuasa, M., Inouchi, Y. and Kinoshita, Y., 1981, Bottom samples obtained by dredge and rock corer from the area northeast of Hachijojima Island, in the northern part of Ogasawara Arc, Cruise Report No. 16, Inoue Ed., 35-48.

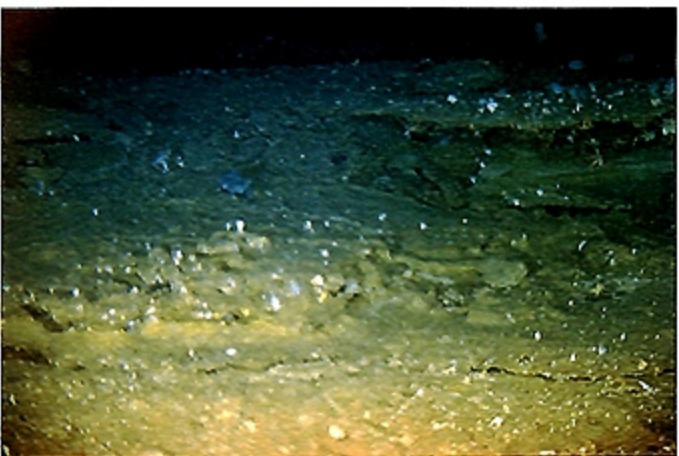


写真1 潜航点付近の新黒瀬堆の底質
Photo 1 Subbottom sediments around the dive site

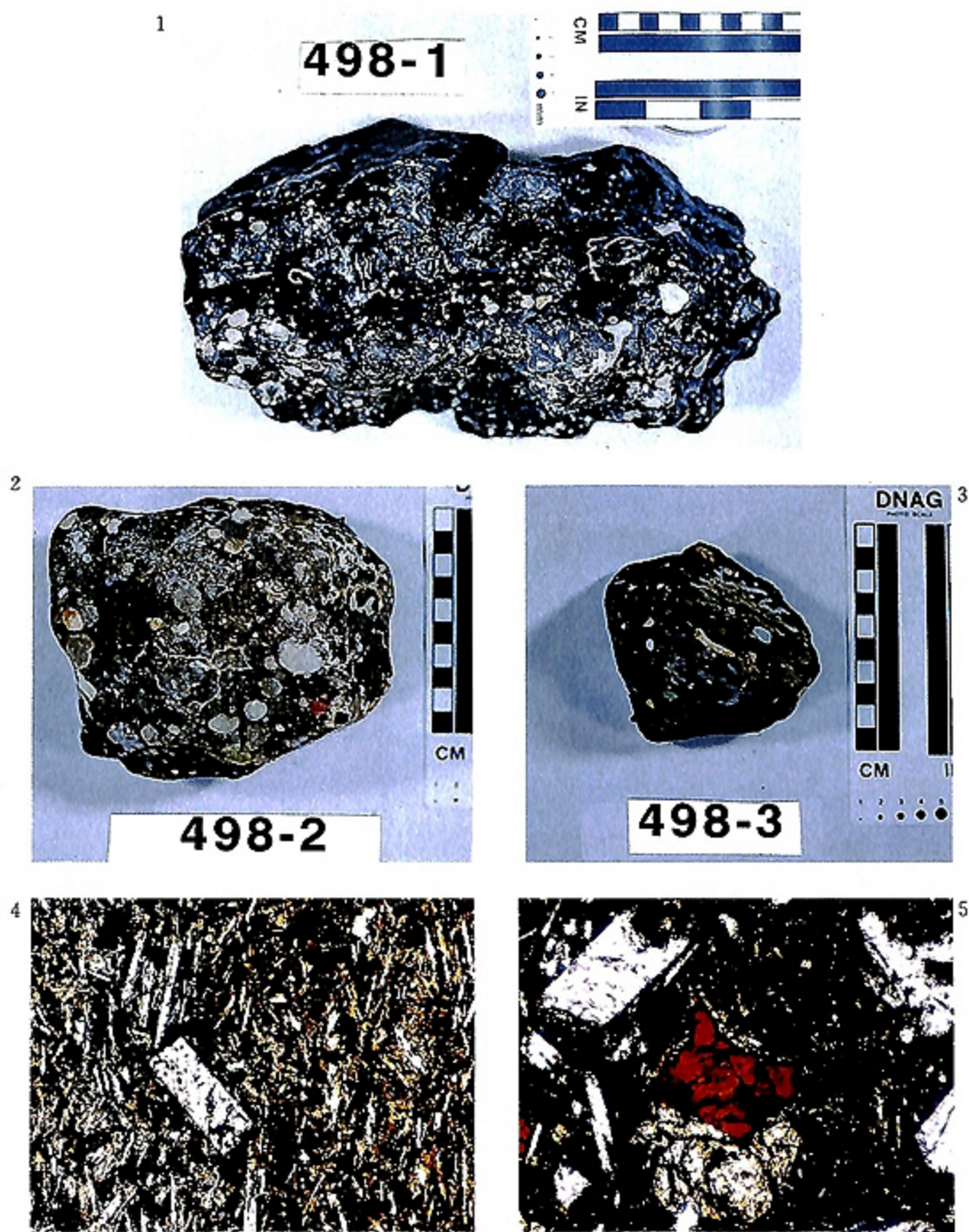


写真2 岩石試料

Photo 2 Rock samples and Photomicrograph of volcanic rock obtained from the Shinkurose Bank

- 1 マンガンの巨礫
- 2 火山岩の円礫
- 3 火山岩の亜円礫
- 4・5 火山岩の顕微鏡写真