

「しんかい2000」による伊平屋海凹の 第284, 286, 287, 366潜航と伊是名海穴 第364潜航の成果

木村政昭*¹ 大森保*¹ 井沢英二*² 加藤祐三*¹
田中武男*³ 仲二郎*³ 小野朋典*¹

沖縄トラフ伊平屋海凹における第284, 286, 287, 366潜航および伊是名海穴における第364潜航結果について報告する。これらの調査によって、いくつかの活動的な熱水活動の行われている地点が見いだされた。また、塊状硫化鉱床や熱水性生物群集も見出された。採取された鉱床は東北日本で見られる黒鉱鉱床に酷似していることが確認された。

Research results of the 284, 286, 287 and 366 dives in the Iheya Depression and the 364 dive in the Izena Hole by "SHINKAI 2000".

Masaaki KIMURA*⁴ Tamotsu OOMORI*⁴ Eiji IZAWA*⁵
Yuzo KATO*⁴ Takeo TANAKA*⁶ Jiro NAKA*⁶ Tomonori ONO*⁴

Diving results of the 284, 286, 287 and 366 dives in the Iheya Depression and the 364 dive in the Izena Hole revealed that there are several active hydrothermal spots, which are composed of massive sulfide and vent biota. Analytical results of ore deposits recovered from these areas show that they are very similar to Kuroko ore which has been produced in northeast Japan.

* 1 琉球大学理学部
* 2 九州大学工学部
* 3 海洋科学技術センター
* 4 College of Science, University of Ryukyus.
* 5 Faculty of Technology, Kyushu University.
* 6 Japan Marine Science and Technology Center.

1 はじめに

1987年と1988年に行われた「しんかい2000」による調査結果を報告する(図1)。ただし、一部はすでに報告してあるが、それについてはその後の結果を加えてここに再報告をさせていただいた。小論で取り扱われたサンプルについては表1と2に示されている。サンプリング地点の詳しい様子は伊平屋海凹については田中ほか(1988; 1989a, b), 仲ほか(1989) 伊是名海凹については木村ほか(1989) および木村(1989)を参照していただきたい。また総合的なものとしては、門馬ほか(1989)がある。

小論作成にあたり、地殻熱流量の計算をして下さった東京大学地震研究所の山野誠博士、資料の整理を手伝っていただいた小池隆之君をはじめとする琉球大学海洋学科学学生諸君に謝辞を表す。ま

た、本研究の一部に文部省科研費一般研究(A)(課題番号63440006)を使わせていただいた。

2 伊平屋海凹の調査結果

2-1 潜水調査

1984年のDELP 沖縄航海では最大1600mW/m²の高い地殻熱流量が測定され、同時にドレッジにより多数の火山岩のサンプルが得られた。(Japanese DELP Research Group on Back Arc Basins, Okinawa Trough, 1986)。一方、海洋科学技術センターの潜水船「しんかい2000」によって、1984年以降1986, -87, -88, -89-90年と調査がつづけられてきており、着実に成果が蓄積されている。

1986年に伊平屋海凹中の「なつしま84-1海丘」の山頂で42°Cの熱水を湧出する熱水性マウンドが発見された(木村ほか, 1987a; Kimura et al., 1988)。

翌1987年、さらにその付近の調査が行われた。これについては概報のみで(木村ほか, 1987b), 一部をのぞいて未公表であるためここに報告したい。潜航は伊平屋海凹内の「なつしま84-1海丘」の東にある海丘(第284潜航), さらにその北東約2.2kmに位置する小海丘(第285潜航)そして伊平屋海丘西端(第287潜航)について行われた。それら一連の調査に関し大島ほか(1988)の地形調査が基本的に役立っている。関連潜航で得られたサンプルは表1, 2に示してある。

2-2 第284潜航

本潜航は伊平屋海凹中の「なつしま小海盆」の南縁にある小海丘である。ここは2つの海丘がならんでいて、西側のものが「なつしま84-1海丘」であり(木村ほか, 1987a), 今回は東側の海丘(「東なつしま84-1海丘」と仮名)に潜航した。潜航開始位置は127°09.75'N, 27°34.2'Eである。観察者は木村政昭である。以下観測状況は次のようである。ルートマップは図2のようになる。ここで表してある水深は、「しんかい2000」のSTD記録から作成したものである。海丘の下部では泥が優先し、上部では軽石や塊状の溶岩が優先する。PDR(精密音響測深機)地形調査の際、山頂部に火口があると思われた。その山頂は

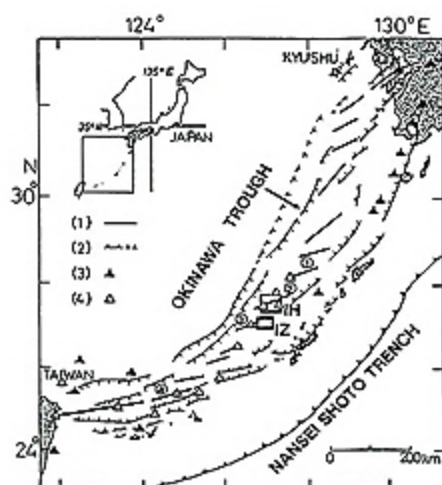


図1 調査研究域と沖縄トラフ。IH: 伊平屋海凹、IZ: 伊是名海凹。凡例: (1)中央地溝、(2)断層(点線: 埋積部)、(3)陸上活火山、(4)第四紀海底火山。①-④: 活動的熱水域: ①硫黄グラベン、②伊平屋グラベン、③粟国グラベン、④八重山グラベン。ベースの地質図はKimura et al. (1988)に基づく。

Fig.1 Location map of surveyed areas and active hydrothermal areas (①-④) in the Okinawa Trough. IH: Iheya Depression, IZ: Izena Hole, KR: Kerama Gap. Legend: (1): Central rift, (2): Fault. Broken line shows estimated one. (3): Active volcano (land), (4): Quaternary submarine volcano. ①: Torishima Graben, ②: Iheya Graben, ③: Aguni Graben, ④: Yaeyama Graben. Base map was taken from Kimura et al. (1988).

表1 1987年の中部沖縄トラフの伊平屋海凹で得られたサンプル表。

Table 1 Location of samples recovered from the Iheya Depression in the middle Okinawa Trough by diving surveys of "SHINKAI 2000" in 1987.

Station No.	Date	Time	Latitude(N)	Longitude(E)	Depth(m)
D286-1	87/07/09	11:53~12:03	27° 34.92'	127° 11.63'	1745
D286-2	87/07/09	12:17	27° 34.99'	127° 11.59'	1700
D286-3	87/07/09	12:38	27° 35.02'	127° 11.54'	
D286-4	87/07/09	14:00	27° 35.13'	127° 11.53'	1575
D286-5	87/07/09	14:05~14:15	27° 35.14'	127° 11.53'	1585
D287-1	87/07/10	12:42	27° 29.25'	126° 50.10'	1700
D287-2	87/07/10	14:36~15:12	27° 29.65'	126° 49.99'	1390
D287-3	87/07/10	15:20~15:36	27° 29.64'	126° 50.00'	1380

表2 1988年、伊是名海穴で得られたサンプル表。

Table 2 Location of samples recovered from the Izena Hole in the middle Okinawa Trough by "SHINKAI 2000" in 1988.

伊是名海穴、第364番航(木村)

サンプル番号	経度、経度	水深	サンプル
St. 1	27° -16.09' N 127° -04.93' E	1340m	コア(泥、20cm長、5cm径) 平底
St. 2	27° -16.13' N 127° -04.92' E	1328m	断崖の上: 石英安山岩質(凝灰作用受ける)。16x4x3cm。
St. 3-①	27° -16.14' N 127° -04.90' E	1333m	364-1-①チムニー(コブラヘッド)足元。32x17x15cm。外見黒と白。表面多孔質。黄色物質付着。ラジウム濃度(ウラン238系列)。
St. 3-②	同上	1333m	同上。14x7x4cm。マウンド物質。黒色。一部赤さび色。ラジウム濃度。
St. 3-③	同上	1331m	同上。17x11x9cm。死んだチムニー頂部。中央出口(径5cm)が埋塞されたようにみえる。切断面: 黒。黄鉄鉱様結晶物多数見られる。点状に赤みの強い部分あり。ラジウム濃度。
St. 4-①	27° -16.16' N 127° -04.90' E	1342m	364-2-①チムニー(大チムニー)足元。9x12cm。黒色板状。水中で白色(実態は黄色)物質をサンドイッチ状にはさむ。一部赤色部あり。ラジウム濃度。
St. 4-②	同上	同上	同上。14x11cm厚板片。多くは表面赤色がかかる。グレースモーカー付近。ラジウム濃度。
St. 4-③	同上	同上	同上。35x11x17cm。縦長大岩石。表面赤黄色と黒褐色の斑状。多孔質。コンクリート付着。ヒバリガイ他。船まで付着。カンザンゴカイ類付着。船上では灰色の丸い塊状の付着物となる。岩石破断面に赤色沈着物あり。トリウム系列放射性核種濃度。
St. 4-④	同上	同上	同上。グレースモーカー(黒色小チムニー)。10x13cm 1片。5x11cm 1片。黒色金属光沢岩石。silicaと思われる結晶物多くみられる。小片の方に黒状白色物質付着する。トリウム系列濃度。
St. 4-⑤	同上	同上	同上。グレースモーカー周辺の盛り上がり。ヒョウタン型大。10x17x14cm。青灰色。極く粘土質にみえる。所々赤褐色部分が斑状にある。大きい穴。チムニー頂部の可能性あり。ノントロナイト? 破断面の一部に赤色沈着物。コンクリート10匹ほど付着してサンプル袋にはいる。このうち2匹が回収された。トリウム系列濃度。
St. 4	同上	同上	同上。ヒバリガイ20個つながり。コンクリート2匹。長径4cmおよび2cm。新居の可能性あり(長径微細鑑定)。

伊平屋海凹(クラムポイント)、第366番航(田中)、第367番航(湯澤)、第369番航(仲)

366-	27° -32.65' N	1400m	チムニー。白色結晶質。炭酸塩結晶。
St. 3-A	126° -58.13' E		
St. 3-C	同上	同上	白色・灰色互層状沈着物。表面、部分的に黒色物質被覆。炭酸塩結晶。
St. 3-D	同上	同上	白色。結晶質。炭酸塩結晶。
367-2	27° -32.67' N 126° -58.18' E	1405m	玄武岩質片(砕屑性?)。
369-3	27° -30.37' N 126° -53.80' E	1280m	マウンド物質(黒褐色。表面一部赤褐色)。5x5x1cm 2片(割検センター保管)。他の小片は大型分析。

DIVE 284 ROUTE MAP (KIMURA, 5-Jul-1987)

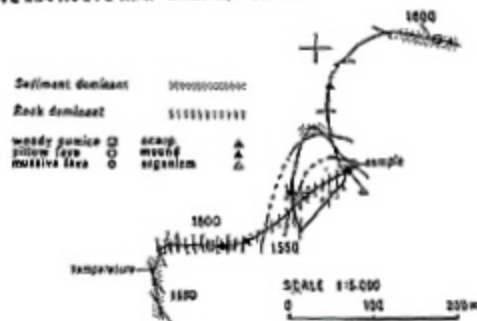


図2 第284潜航の航跡図とルートマップ（伊平屋海
山、潜航者木村政昭、1987年）

Fig.2 Route map of Dive 284 by "SHINKAI2000" at
the Iheya Ridge observed by M. Kimura in
1987.

泥に覆われていた。地熱は水深1,650mのこの地
点で測定されたが特に高い値は得られなかった。
この海丘の特徴としては、海丘上部に見られた軽
石のほとんどが材木状軽石であるということであ
る。このようにはっきりと材木状とわかるものが
大小様々あり、基盤らしい部分を広く被覆してい
る。採取した材木状軽石の分析結果より、岩質は
1986年に熱水活動がみられた所の基盤と同じ安山
岩質であることが分かった（図5）。しかし、熱
水およびそれに伴う熱水性堆積物は見られなかつ
た。

2-3 第286潜航

ルートマップは図3に示される。ここは第284
潜航の潜航地点の北東約2.2kmにあるなつしま

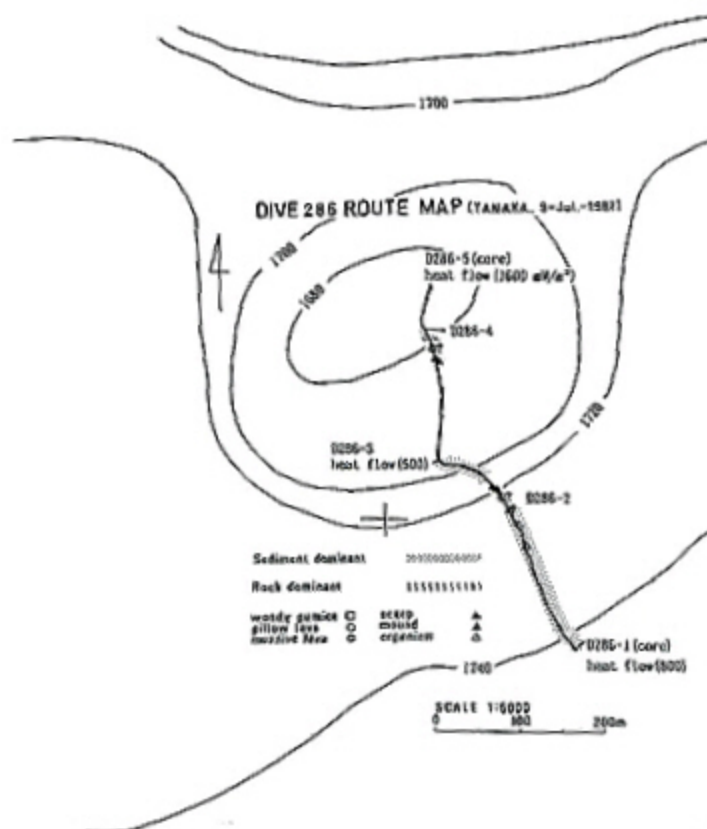


図3 伊平屋海嶺北斜面の第286潜航航跡図とルートマップ。観測
者は田中武男（1987年）。D286-1～5はサンプル採取地
点。

Fig.3 Route map of Dive 286 at the northern slope of the Iheya
Ridge, observed by T. Tanaka in 1987. Sampling stations
D286-1～5 are shown.

小海盆底内にある小海丘である。観察者は田中武男である。観測状況は以下のようである。

全体として泥質堆積物が海丘部を広く覆っており、所どころに安山岩質と思われる岩石が露出している。すでに述べた第284潜航で多数見られた材木状軽石は殆ど見られない。地殻熱流量は3地点で測定された。測定の行われた D-286-1, D-286-3, D-286-5の地点について、平衡温度を計算し、温度勾配を求めると、それぞれ1120, 740, 2320mK/m となった。表層の堆積物の熱伝導率を0.7W/m・kと仮定すると、熱流量は約800, 500, 1600mW/m² となるから、1984年に「なつしま84小海盆」で測定された地殻熱流量に匹敵する高熱流量であると言ってよい(山野誠計算)。なつしま84-1小海盆の噴出口から3mほど離れたところでは11-14mW/m²であった。またこの地域よりマイクロチムニーを思わせるような煙突状の小片を含む鉄-マンガン質堆積物やマンガン質堆積物で覆われた軽石などが採取された(表1)。今回なつしま海盆北斜面から取れたサンプルは1986年に熱水性マウンドから得られた熱水性堆積物と似ている。但し今回は表面が黒くなっているマイクロチムニー状の堆積物が採取された。そしてマンガン質で覆われた軽石も得られた。このように1986年の第231潜航の熱水性マウンドのサンプルとこの第286潜航のサンプルは見掛上同じような堆積物ではあるが、化学分析の結果から部分的にかなりの変化があることがうかがえる。Fe, Mn, Mo, As, Naは1986年の熱水性堆積物の範囲に入っているが、Sb, Ni, Zn, Coについてはそれよりも高い濃度を示すものがある。特にD284-3のサンプルでは、Ni, Zn, Coが一桁高く、Znは世界の他の地域の熱水性堆積物中の値より2-4倍も高い値となっている。またコバルトもかなり高い値を示している。ただし、マリアナ西方の海山上のいわゆるコバルトクラストに比べると一桁低いオーダーである。この地域では、熱水の噴出は認められなかった。しかし、非常に高い地熱、熱水性と思われる堆積物の存在および1986年発見の熱水性マウンドの大きさ(径約15m)などを考えあわせると、この地域に活動的な熱水性ベントが発見される可能性は高いと思われる。

2-4 第287潜航

本地点は上記2地域より西南西側にある。伊平屋海凹の中軸部に東西に伸びる海嶺である伊平屋海嶺の西端部にあたる(図4)。この地域は海嶺下部では細かい泥に広く被覆され、露岩は殆ど見られなかった。しかし1,500m以浅あたりからアメをのばしたような形の巨大な枕状溶岩が出現し、さらに頂上へ向けて徐々に角礫状の岩石が多くなった。ここからは枕状溶岩は見られず、基盤らしい岩盤とそれを覆うガサガサした角レキ状の溶岩が見られた。頂上は平らで泥がたまっており、その中には径数cmの小礫状の火山岩が多数混在している。特にこの小礫は泥底の表面に混在しているようである。頂上付近から取った角レキ状のサンプルを分析した結果、それはガラス質の高アルミナ系列の安山岩であった(表3, 図5)。高アルミナ系列に属しているということは、これまで得られた岩石と同様である。図5は、今までこの地域で取られたサンプルの分析結果をプロットしたものである。この図からわかるように、この海域の岩石は玄武岩と酸性安山岩-デイサイトの2グループが多いバイモダルの傾向をもっている。第287潜航で得られたこのサンプルはその中間の組成を有している。

2-5 第366潜航

翌1988年再度「しんかい2000」により伊平屋海凹の潜航が行われた。その結果、伊平屋海嶺北斜面において生物コロニーのみられる活動的な熱水性ベントシステムが認められた(中村ほか, 1988a, b)。そこでは、複数の熱水性マウンドが認められた。第366潜航域では、水深1,400mの比較的平坦な海底面に多数の微細な割れ目が現れている。それらは複数の小マウンドに囲まれていて、割れ目からは盛んに熱水が噴出している。熱水噴出の勢い、量は伊是名海穴より活発にみえる。熱水の温度は最高220°Cが計測された(田中ほか, 1989a)。熱水の白濁はほとんど認められなかった。マウンドは熱水性沈殿物あるいは枕状溶岩を含むと思われる岩礫の集積である。これらは後述の伊是名海穴のものに比較して高さは小さく、数m以内にとどまるが、数多く存在している。ここでは、伊是名海穴のような巨大な熱水性

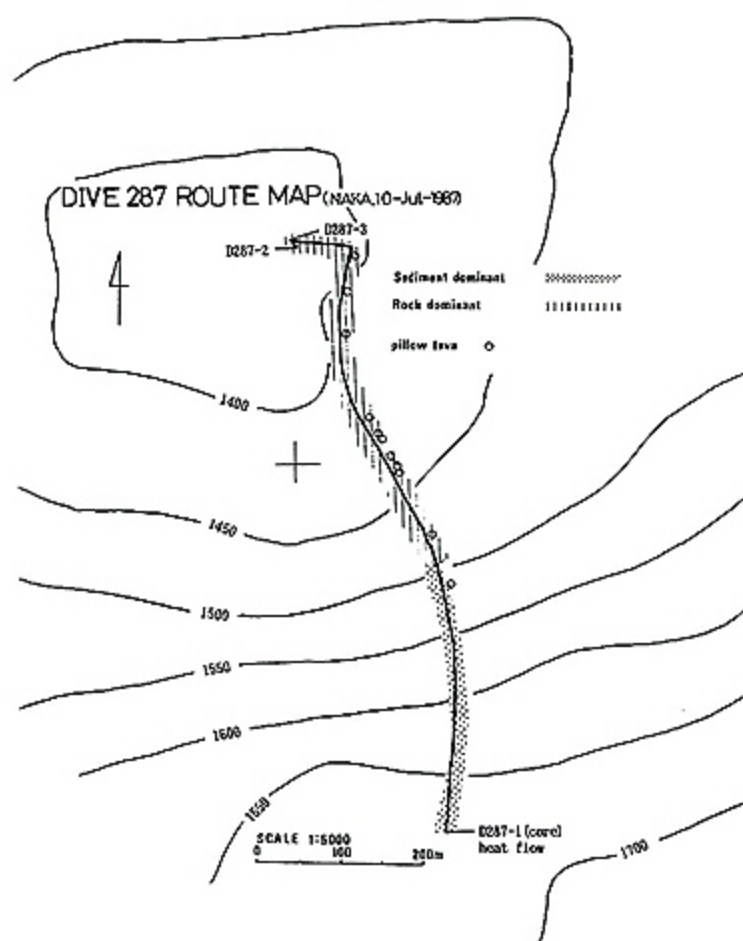


図4 中部伊平屋海嶺北斜面の第287潜航航跡図とルート・マップ。仲二郎、1987年観測。サンプル採集地点は D287-1 ~ 3。

Fig.4 Route map of Dive 287 in the southern slope of the middle Iheya Ridge, observed by J. Naka in 1987. Sampling stations D287-1 ~ 3 are shown.

SiO ₂	57.06
TiO ₂	1.25
Al ₂ O ₃	15.25
Fe ₂ O ₃	1.94
FeO	6.65
MnO	0.18
MgO	3.41
CaO	6.93
Na ₂ O	4.24
K ₂ O	1.08
H ₂ O(+)	1.40
H ₂ O(-)	0.20
P ₂ O ₅	0.38
Total	99.99

表3 1987年、伊平屋海凹で得られた、岩石サンプル D286-2A、-2B、-2C の平均化学組成。3 試料の組成差は小さい。

Table. 3 Average chemical composition of rock samples D286-2A, -2B and -2C recovered from the Iheya Depression by "SHINKAI 2000" in 1987.

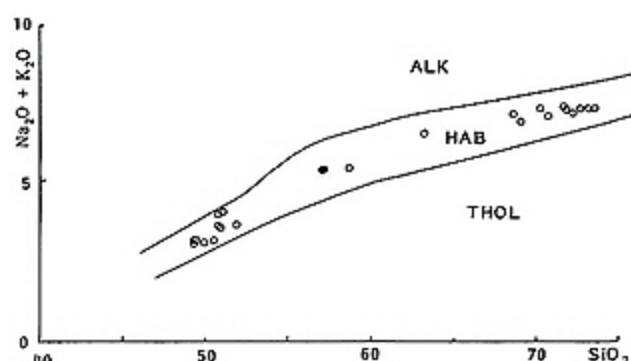


図5 沖縄トラフ中軸から採取された岩石のSiO₂ - (Na₂O + K₂O) ダイアグラム。木村ほか(1987a)に新データ(表3)を加えたもの。ALK: アルカリ玄武岩、HAB: 高アルミ玄武岩、THOL: ソレライト。

Fig.5 SiO₂ - (Na₂O + K₂O) diagram of lava samples which were recovered from the central axis of the Okinawa Trough. New data were added to those of Kimura et al. (1987a). ALK: Alkali basalt, HAB: High-alumina basalt, THOL: Tholeiite.

チムニーは見当たらなかった。本潜航で白色の炭酸塩岩の一部がサンプリングされた（後述）。

2-6 サンプル分析結果

2-6-1 「なつしま小海丘」の沈積物

第286潜航の際、「なつしま小海盆」の北壁で得られた鉄-マンガン質堆積物について分析した（表4）。試料(3)は、褐色の堆積物に付着した黒色マンガン質堆積物である。それぞれのサンプルを番号 D286-2-1（褐色部）、D286-2-2（黒色部）(1)、D286-2-3(2)、D286-2-4(4)とした。試料(4)は、軽石の表面に付着した黒色のマンガン質堆積物である。サンプル番号はD286-4-1（軽石）、D286-4-2（混合物）、D286-4-3（マンガン質堆積物）とした。分析は非破壊中性子放射化学分析（京都大学原子炉実験所、KUR）で行われた。

分析結果は次のようになった（表4）。

- 1) Fe, Mn, Mo, As, Na 濃度は、1986年に得られた「なつしま小海丘」上の熱水性マウンドのサンプルの熱水性の鉄・マンガン質試料の範囲に入っており、同じ様な試料と思われる。
- 2) Sb, Ni, Zn, Co については、1986年度採集された柱状コアの含有量（Kimura et al., 1988）よりも高い濃度を示すものがある。また D 2 8 6 - 4 のマンガン堆積物では Ni, Zn, Co 含有量が比較的高い。
- 3) 1986年と87年の2年間で集められた熱水性のマンガン質堆積物の化学組成の特徴は、モリブデン含有量が300-2500p. p. m. と高いことである。熱水性マンガン堆積物中のモリブデン含有量は数百 p. p. m. 程度のものが多く、世界の熱水系サン

プルにおいても、2,000p. p. m. を越すものはあまり例がない。南西太平洋トンガ-ケルマデックの島弧の熱水系において2,000p. p. m. 程度のモリブデンを含むものが見つけられている。

4) Co, Ni, Zn の含有量がやや高い試料があり、これらの金属元素がマンガン堆積物中で遷在しているように思われる。

5) 沖縄トラフにおける、これらの重金属元素の地球化学的な挙動や、集積のプロセスについては今後の課題である。

2-6-2 「なつしま小海丘」山頂のコア堆積物

「しんかい2000」で1986年に採集された柱状コア、D286-1（暗灰色の泥；長さ21cmのコア）とD287-3（暗灰色の泥；長さ13cmのコア）について検討を行った（表5）。「なつしま小海丘」の熱水性マウンドの近くの一見正常にみえる堆積物である。アクリルパイプ内の試料を-20°Cで氷結させ、それぞれを表層から3cmごとにプラスチックナイフで切断したものである。

分析方法は、主要成分は湿式法（原子吸光、重量法、EDTA 滴定）、微量成分は非破壊中性子放射化学分析により行った。堆積速度は Pb-210法で行った。分析結果は表4, 5に示した通りで、試料は炭酸塩をおよそ20%程度含むケイ酸塩質堆積物である。とくに熱水活動に関連した顕著な特徴を示す元素はみつけれられていないが、Fe, Mn, Al の深度分布については興味ある結果を得た。図6-1に試料 D286-1 と D287-3 における (Fe+Mn)/(Fe+Mn+Al) 比の深度分布を示す。どちらの試

表4 伊平屋海凹で得られた堆積物コアの化学分析。

Table 4 Chemical analysis of cored sediments from the Iheya Depression by "SHINKAI 2000" in 1987.

	SiO2(%)	CaO(%)	MgO(%)	Fe2O3(%)	Al2O3(%)	MnO2(%)	K2O(%)	Na2O(%)	Sr(ppm)	U(ppm)	As(ppm)	Co(ppm)
D286-1.1	45.15	8.76	3.65	5.46	9.59	2.63	1.98	2.20	126	29	18	18
.2	47.75	9.48	3.22	5.24	8.23	1.98	1.51	2.20	155	39	23	18
.3	46.39	9.44	3.17	5.13	9.19	1.66	1.93	2.13	154	42	20	18
.4	47.49	11.35	2.54	4.70	7.53	0.84	1.54	2.05	196	32	14	17
.5	47.17	10.30	2.65	5.46	9.40	1.28	1.13	1.85	172	39	18	19
.6	45.22	9.60	3.22	5.65	10.75	1.82	1.67	1.93	148	44	19	22
.7	45.52	10.48	2.96	5.77	10.51	1.38	1.93	1.85	164	32	20	20
D287-3.1	50.51	8.73	2.73	5.00	9.53	1.01	1.90	2.57	135	43	*	14
.2	52.19	8.82	2.66	4.98	9.65	0.76	1.81	2.18	136	*	*	*
.3	50.29	10.13	2.31	4.69	8.78	0.32	1.63	1.90	153	*	*	*
.4	50.63	10.66	2.33	4.62	8.80	0.22	1.66	1.82	158	*	*	*

表5 伊平屋海凹より得られた熱水性堆積物の化学分析。
D231とD238は「なつしま84-1海丘」の活動的熱水性マウンドのもの。

Table. 5 Chemical analysis of hydrothermal deposits recovered from the Iheya Depression. D231 and D238 samples were recovered from the active hydrothermal mound on Natsushima 84-1 Knoll.

sample	Fe (%)	Mn (%)	Mo (ppm)	As (ppm)	Sr (ppm)	K (ppm)	Zn (ppm)	Co (ppm)	Ni (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	F, S, *
D231													
-A-2-1	31.27	0.29	-	262	13	-	-	-	2.5	0.28	0.24	0.37	22.89
-2	30.54	0.21	50	240	14	-	-	0.5	2.5	0.31	0.24	0.36	23.67
-3	28.93	0.26	240	220	11	-	-	2.1	2.3	0.30	0.26	0.49	17.89
-4	25.05	2.27	230	180	10	-	-	2.5	2.4	0.29	0.43	0.52	27.39
-5	25.88	18.35	480	110	9	-	-	4.1	2.3	0.45	0.44	0.56	16.19
D238													
-2-1**	0.30	14.32	2500	59	41	30	100	-	2.6	0.57	1.56	0.24	2.80
-2***	0.51	11.67	2700	41	52	50	120	0.8	2.5	0.54	1.50	0.24	2.50
-2****	7.46	24.59	2700	54	45	30	140	1.2	2.6	0.50	0.44	0.24	10.80
D286-2-1													
-2	25.44	2.34	-	249	5	-	20	4.2	3.9	2.05	1.38	0.76	
-3	9.75	22.69	230	30	14	-	33	23	2.4	2.32	1.24	0.64	
-4	1.33	32.23	200	40	18	40	99	25	2.9	2.54	1.36	1.11	
-5	10.22	17.53	200	50	25	26	240	18	2.6	4.70	1.62	1.18	
D287-3													
-1	2.10	3.55	-	8	9	29	130	21	4.1	1.97	0.26	0.58	
-2	0.83	29.17	200	40	110	140	650	33	2.3	4.47	0.79	1.53	
-3	0.73	31.83	540	50	86	250	1300	150	3.0	5.56	0.79	2.28	

*主成分不純物 (main impurity in solubility test)

**ごく軟らかい (very soft part)

***軟弱部 (soft part)

****硬弱部 (hard part)

試料D286-2: 彩色の堆積物を付着した黒色のマンガン質堆積物。彩色部は深さより3層に分けられた。

試料D287-4: 砂石の表面に付着した黒色のマンガン質堆積物。

D286-2-1: 同色部
-2: 同色部 (1)
-3: 同色部 (2)
-4: 同色部 (3)

D287-4-1: 砂石
-2: 砂石
-3: マンガン質堆積物

分析施設: 東京大学地球化学研究所

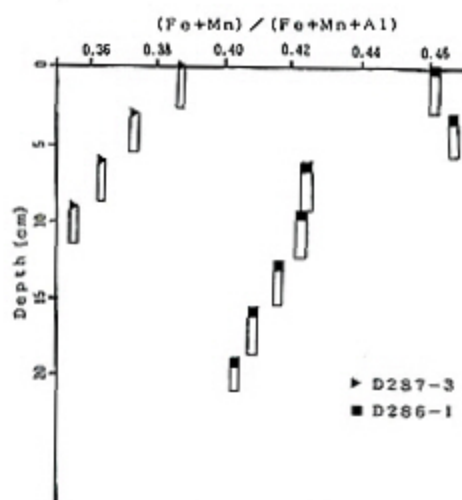


図6 コアサンプルの $(Fe+Mn)/(Fe+Mn+Al)$ とコア長との関係。

Fig.6 Relationship between $(Fe+Mn)/(Fe+Mn+Al)$ and depth of cored sediments.

料も表層で高く、深さと共に直線的に減少している。これは主に、表層でMnが多く、Alが少なく、下層では反対に、Mnが少なく、Alが高くなる傾向にあることによるものである。Feの深度による変動は大きくない。このような傾向は堆積

物の表面と内部での酸化還元環境の違いによって説明できる。注目したいのはD286-1の地点で $(Fe+Mn)/(Fe+Mn+Al)$ 比が大きいこと、とくに表層から第2層 (0-6 cm) で高いことである。これは堆積循環の変化したことをしめすものであり、近くで熱水性マウンドがあり、熱水の活動と関係があるのかどうか検討することが必要であろう。

試料D286-1とD287-3におけるPb-210の放射能の測定値の深度分布を図7に示す。D286-1については、図7より堆積速度0.16cm/yを得た。12cm以深では75年以上の時間経過を示しており、Pb-210法の測定限界に近いものと思われる。D287-3については、測定値にばらつきがあるが、堆積速度0.25cm/yを得た (図7) ただし、これらの試料は、アクリルパイプの容器に採集したが、試料の量が充分でなく、船上に運ぶ途中に試料が部分的に攪乱された可能性があるので一応参考値としておきたい。

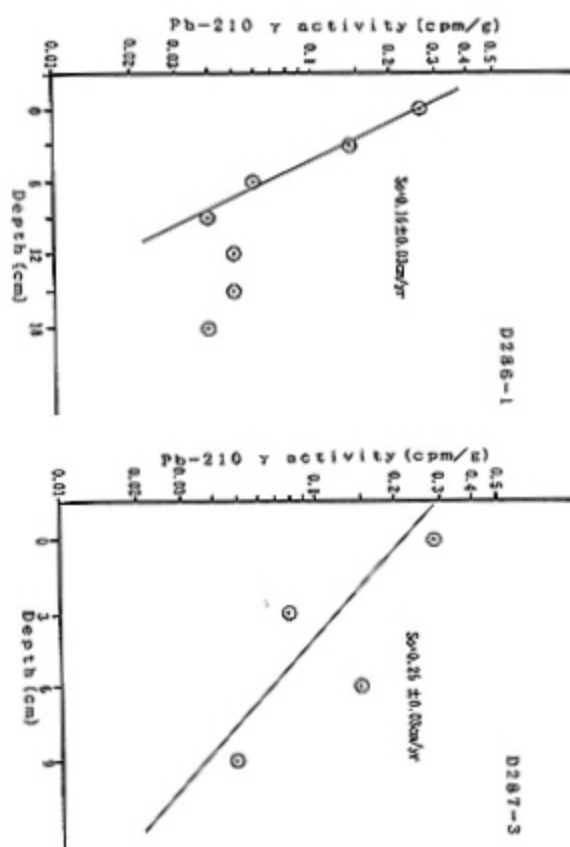


図7 Pb-210の垂直分布。
Fig.7 Vertical Distribution of Pb-210 activity.

2-6-3 伊平屋海嶺の熱水性マウンド物質

1988年の第366潜航により伊平屋海嶺北麓部に活動的熱水マウンド（熱水温度220°C）に伴う白色チムニー（マウンド状沈殿物）が得られた（田中ほか，1989a）。今回，光学顕微鏡，X線粉末回折，EPMA等により， CaCO_3 - MnCO_3 系の炭酸塩鉱物や著量のマンガン・鉄を含むウルツ鉱等が検出された。また，EPRやMARで検出されているのと同様なアイソキューバナイト-黄銅鉱共生体の存在も明らかになった。海底熱水鉱床に伴ってマンガンに富む炭酸塩沈殿物が検出された例は珍しい。採取地点は，27°33'N，126°58'E，深度1,400mで，伊是名海穴で発見された硫化物鉱床（後述）の北北西35kmにあたる。周囲には玄武岩質の枕状溶岩やその角礫等が分布する。検討試料は，①硫化物に乏しい炭酸塩沈殿物（D366-3-A，D366-3-D）と，②鉱染状黒色硫化

合物に富む珪質炭酸塩沈殿物（D366-3-C）に分けられる。①は主としてマンガン方解石からなり，②は菱マンガン鉱と非晶質シリカを主としマンガンに富むものである。いずれも試料の表面にはマンガン酸化物の薄い皮殻がみられ，硫化物鉱物は粒径数十～数百で細粒である（表2）。

①：試料 D366-3-A と D366-3-D：8～20mol.%程度の MnCO_3 成分を含む白色緻密なマンガン方解石からなり，粒間に微量の方鉛鉱，磁硫鉄鉱，ウルツ鉱，アイソキューバナイト-黄銅鉱共生体，輝銀鉱等を伴っている。ウルツ鉱は磁硫鉄鉱と共生し，29～30mol.%の MnS を含んでいる。硫化物は認められず，大部分白っぽい炭酸塩からなっている。主な鉱物はカルサイト，菱マンガン鉱である。表面を黒色のマンガン酸化物が覆っている。最大16.1%の割合でシリカが認められた。ただし石英の形はとっていない。第364潜航と比較して，重金属元素量比は低い傾向にある。成分としてCa（0～39%），Mn（0～26%），Zn（0～0.5%），Pb（0～0.4%），As（0～0.5%），Sb（0.6～1400p.p.m.），Hg（0～310p.p.m.），Ag（0～290p.p.m.）。Auは一試料（D366-3-C-5）にのみ0.1p.p.m.検出された（本村ほか，1989）。

②：試料 D366-3-C：多孔質粗鬆な桃白色の炭酸塩鉱物集合体を主とし，空隙中に方鉛鉱，磁硫鉄鉱，ウルツ鉱，アイソキューバナイト，鶴頭石等と共に顆粒状あるいはファイバー状の非晶質シリカを伴っている。また，局部的に磁硫鉄鉱やウルツ鉱を覆う後生のコロフォーム状黄銅鉱がみられる。炭酸塩鉱物はマンガンに富み， MnCO_3 29～81mol.%の組成をもち，マンガン方解石からクツナホラ石，菱マンガン鉱の領域を占めている。主体となる菱マンガン鉱は，顆粒状非晶質シリカ中に樹枝状に成長し，急速な沈殿・成長が起こったことを示している。ウルツ鉱は鏡下で異方性を示し，薄片中では不透明～赤褐色である。本鉱物は磁硫鉄鉱と共生し，30～45mol.%の FeS と23～51mol.%の MnS を含み，炭酸塩鉱物と同様に①よりもマンガンに富む特徴を持っている（本村ほか，1989）。

伊平屋海凹熱水域にみられる炭酸塩物質（カルサイト）のサンプル D366-3-A，-3-Dにつ

いて、安定同位体組成 $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ を測定しその結果、炭素同位体 ($\delta^{13}\text{C}$) は $\delta^{13}\text{C} = -6.6 \sim -4.6\%$ (PDB) であった。この測定値は軽い炭素の成分特徴を示しており、標準的な海水の同位体比 $\delta^{13}\text{C} = \pm 2 \sim +1\%$ (PDB) および生物起源の炭酸塩の値とはかけ離れている。むしろ、熱水起源 (またはマグマ?) のカルサイトの炭素同位体比の範囲 (Heefs, 1980) にある。そのため、熱水またはマグマに由来する炭酸塩の析出が考えられる。また酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) は $8.7 \sim 10.9\%$ (SMOW) の範囲にある。これは海水の値と大きな差はなく、 $\delta^{13}\text{C}$ の結果から、この伊平屋海山の熱水性マウンドに集積している炭酸塩岩の炭素は、マグマ起源である可能性がある (木村ほか, 1989)。以上、第366潜航で熱水性マウンドから採取された炭酸塩岩は、炭素の安定同位体分析により、通常の熱水起源の炭酸塩と同様な同位体組成が得られた。したがって、そのサンプルは熱水起源であることが暗示され、カーボナタイトの可能性は考えられない。

3 伊是名海穴

3-1 第364潜航

1988年に伊平屋海山の南の伊是名海穴で活動的な熱水域が確認された (加藤・岩淵, 1988; 加藤ほか, 1989; 中村ほか, 1988a, b; 中村ほか, 1989; 木村ほか, 1988, 1989; Halback et al., 1989)。伊是名海穴については既述の論文のほか多くの成果が出されている (中村ほか, 1987; 青木ほか, 1989; 浦部, 1989)。以下第364潜航 (木村ほか, 1989) に、その後の分析結果を加えて報告する。第364潜航では、364-1 マウンドと仮称されたマウンドが見つかった (木村, 1989; 木村ほか, 1989)。このマウンドの形状はほぼ長円形で、北東-南西方向に伸びている。長軸の長さは約30-40m、幅約10m、高さは約10-15mである。マウンドは角-丸に近い形状の岩塊を積み上げたようで、さながら、土塁か築山のような形状を呈している。表面は薄く泥状の堆積物に覆われている。各岩塊の大きさは30cm ~ 1m 前後であり、一見堅そうに見える。それらはチムニーと同じ熱水性堆積物である。マウンド頂部はおおむね平坦で、大小多数のチムニーが林立している。大きさ

は径数 cm ~ 1m 前後、高さ数 cm ~ 3m 余りに達しており、形状もさまざまである。ふつうは円柱状だが、円錐状など、様々な形態が認められる。

ここで最も活動的なものは364-1-②チムニーとされているものである。全体が白いのでホワイトコーン・チムニーあるいはその独特な三角状からコブラヘッドチムニーと呼ばれる (木村ほか, 1989; 中村ほか, 1988a, b)。全体から透明な熱水が湧出しており、全体がゆらぎに包まれている。チムニーの基部に近い部位に大きな亀裂があって、そこから盛んに熱水が湧きだしている。大チムニー周辺には、小規模のチムニーが多数発達している。灰色の煙状の熱水が湧出している高さ、径ともに10cm 程度の一つの小チムニーの噴出口にセンサーをさし入れて測定された温度は、130°C 以上であった。ホワイト・チムニーの表面は多種多様な生物群集に覆われている。チムニーの先端にいたるまで全体が白いふわふわした綿のようなものにおおわれていて、その上には白色のコシオリエビの仲間が群生している。加えて、赤・白半透明、白透明等の、数 cm 長のが多数。チムニーのふもとには赤や白のイバラガニの仲間 (大きさは最大30cm 幅に達する) がいる。エビ、カニ類は白い綿状物質を摂食していた。多分、白色物質にはバクテリアのコロニーが含まれ、それを補食していると思われる。他に、シロウリガイ属やシンカイヒバリガイ属と思われる二枚貝の群れが認められた。364-1-②チムニーの熱水性深海生物コロニーの生物被覆度は70% 以上はある。

364-1 マウンドのすぐ東側に、北東-南西方向に走る断層崖がある。複数このマウンド群は北落ちに並行する北落ちの断層崖によって区切られていると思われる。364-1 マウンドのすぐ北に、より規模が大きく、巨大なチムニーが多数林立している。これは364-2 マウンドと仮称された。そのうちの一つ、高さ3m 以上の大チムニーを364-2-①チムニーと仮称された。364-2-①チムニーの東側に、長さ3m ぐらいの大きな割れ目があり、全体から透明な熱水が噴き出していて、周辺はゆらいでいる。割れ目のすぐそばに小チムニーがあり、灰色に濁った熱水が噴き出して

いる。ここでも130°C以上の熱水の温度が測定された。364-2マウンドでも豊富な生物群が観察された。364-2-①チムニーのふもとで岩石サンプルと共にコシオリエビ類の個体が採集されており、新属新種に鑑定された。

第364潜航で概説のように、一部灰色の煙を噴く小さなスモーカーが見いだされた。それらは、サンプリングの際、中央の穴が破壊されると、一時的により黒い煙が噴き出し、より大規模なブラック・スモーカーの存在を伺わせた(グレー・スモーカー)。その翌年、1989年の「しんかい2000」の潜水調査により、伊是名海穴の364-1マウンドより100mほど南の地点で常時黒煙を噴き上げている「ブラック・スモーカー」が発見された(中村, 1989)。測定された熱水温度は336°Cであった(田中ほか, 1989b)。

3-2 伊是名海穴の熱水性鉱床および沈積物

1986年に「しんかい2000」潜航で発見された伊平屋海門中のなつしま84-1海丘上の熱水性マウンドは、主に非晶質の水酸化鉄とFe-ス멕タイト(ノントロナイト)、マンガン酸化物等で構成されていた(Kimura et al., 1988)。しかし、1988年6月、西ドイツの調査船ゾネ号(SO56 Cruise)が伊是名海穴でドレッジしたものは、黒鉱型鉱床に類似した鉱床であった。金の含有率0.3-9.8p.p.m.、銀含有率0.02-0.65%に達している高品位の有価値鉱石と呼べるサンプルが得られた(中村ほか, 1988a; Halbach et al., 1989)。

1988年の「しんかい2000」による、伊是名海穴の第364潜航で得られた熱水性マウンドおよびチムニーを構成する物質についても似たような結果が得られた。その分析例を表6に示す。これは木村ほか(1989)で示されたものについて、その後の分析で改訂したものである。サンプルについてはX線分析および中性子放射化分析等により成分定量が行われた(表7、8)。第364潜航の364-1マウンドのD364-3-①~③および364-2マウンドのD364-4-①~⑤のチムニー物質についてみる(表7)。化学組成は、主としてBaSO₄(重晶石)、PbS(方鉛鉱)、ZnS(閃亜鉛鉱)、FeS(黄鉄鉱)、S(自然硫黄)などで、ほかにCaSO₄

表6 伊是名海穴から得られたサンプルのX線回折によって決定された鉱物。木村ほか(1989)に新しいデータを加えて修正。

Table 6 Mineral species detected by X-ray diffraction method. Samples were collected from the Izena Hole. New data were added to those of Kimura et al. (1989).

サンプル番号	サンプル	構成鉱物
St. 2	明灰色軽石状切片	石英、長石、雲母、重晶石
St. 3-①	D364-1-① 灰面 チムニー足元	灰面 [白-黒] ... 重晶石 [黄色] ... 自然硫黄、重晶石、閃亜鉛鉱、 方鉛鉱、重晶石、方鉛鉱 内面 [灰色] ... 重晶石 [黒色] ... 閃亜鉛鉱、重晶石、自然硫黄
St. 3-②	D364-1-② 灰面 チムニー足元	灰面 [白色] ... 重晶石、方鉛鉱
St. 3-③	D364-1-③ 灰面 チムニー足元	灰面 [暗黄色] ... 重晶石、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、 自然硫黄 内面 [暗黄色] ... 重晶石、閃亜鉛鉱、 方鉛鉱、自然硫黄
St. 4-①	D364-2-① チムニー足元	黄色部 ... 自然硫黄 灰色部 ... 石英、長石、雲母、 方鉛鉱、緑泥石
St. 4-②	D364-2-② チムニー足元	黄色部 ... 自然硫黄 赤黄色部 ... 重晶石 内面 [灰色] ... 重晶石、閃亜鉛鉱、方鉛鉱
St. 4-③	D364-2-③ 灰面 チムニー足元	灰面 [白色] ... 重晶石、方鉛鉱、 閃亜鉛鉱
St. 4-④	D364-2-④ 灰面 チムニー足元	赤黄色部 ... 重晶石、方鉛鉱、 自然硫黄 黄色部 ... 自然硫黄、重晶石、 方鉛鉱
St. 4-⑤	D364-2-⑤ 灰面 チムニー足元	灰色部 ... 閃亜鉛鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、 自然硫黄

表7 伊是名海穴より得られたサンプルのX線蛍光分析による半定量結果。木村ほか(1989)に新データを加えた。

Table 7 Semi-quantitative analytical results by X-ray fluorescence. Samples were collected from the Izena Hole. New data were added to those of Kimura et al. (1989).

		D364-1				D364-2	
		重晶石 St. 1-①	暗黄色部 St. 1-②	暗黄色部 St. 1-③	暗黄色部 St. 1-④	重晶石 St. 1-⑤	暗黄色部 St. 1-⑥
Al	%	0.03	0.05	0.2	0.6	0.07	0.1
Ca	%	0.01	4.6	5.5	3.5	0.1	5.8
Fe	%	0.1	16	30	21	1.3	19
Cd	%	<0.01	0.2	0.1	0.1	<0.01	0.1
Pb	%	0.03	7.5	6.8	2.4	0.1	4.4
Sb	%	0.01	0.1	0.7	1.2	0.02	2.8
As	%	0.1	0.1	0.7	0.5	0.2	2.8
Co	%	0.04	3.1	10	6.8	0.2	1.3
Mn	%	<0.01	0.03	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
Si	%	16	<0.01	1.3	11	46	3.1
Sr	%	2.5	0.02	0.04	0.09	0.2	0.07

(硬石膏)、SiO₂(非晶質シリカ)も認められる。石英が生成していないことと自然硫黄に富むことを除けば、構成鉱物、化学組成ともに、「黒鉱型鉱床」の鉱石に良くにている。これらは、石英安山岩質火成物質に伴われていて、これも生成環境の点で類似している。

重金属元素では、バリウム含有量が高く(0-

表8 伊是名海穴第364潜航により得られたサンプルの中性子放射化学分析による成分分析結果表。木村ほか(1989)に新データを加える。

Table 8 Analytical result by neutron activation. Samples were collected from the Izena Hole. New data were added to Kimura et al. (1989).

	Na (X)	Zn (X)	Sr (X)	As (X)	Si (p.p.m.)	Hg (p.p.m.)	Ag (p.p.m.)	Au (p.p.m.)
2-1	6.27	0.23	0.23	0.073	49	5.7	-	0.13
2-2	3.55	0.25	-	0.11	39	9.1	-	0.25
2-3	4.27	0.26	0.14	0.11	12	9.0	-	0.29
3-10-1	24.7	0.13	1.13	2.27	550	110	360	5.4
3-10-2	26.3	0.082	1.06	0.45	490	52	380	1.7
3-2-1	11.7	1.39	-	0.41	6000	170	5400	4.2
3-2-2	13.3	1.49	0.11	0.84	3040	110	4800	3.8
3-28-1	9.8	8.53	-	1.85	1.2K	370	8500	4.7
3-28-2	5.6	15.39	-	0.43	1.2K	430	6500	3.0
3-28-3	0.91	24.13	-	0.34	4700	120	1700	1.2
4-1-1	0.13	0.05	-	0.28	10	4	0.9	1.0
4-1-2	-	0.17	-	0.55	40	36	-	8.0
4-1-3	0.19	0.10	-	0.40	27	8.1	-	3.1
4-2-1	11.5	0.15	0.51	0.04	64	10	44	0.39
4-2-2	11.8	0.70	0.64	0.36	1200	50	510	0.34
4-3	24.0	1.47	1.19	0.99	3300	210	1900	1.7
4-4-1	1.94	0.14	0.36	0.072	250	24	320	0.08
4-4-2	-	10.5	-	2.53	1.97K	210	2000	-
4-5A-1	23.7	0.10	1.52	1.52	620	190	1670	5.2
4-5A-2	6.6	0.12	0.50	0.30	200	85	330	2.0
4-5A-3	12.7	0.13	0.56	0.11	86	53	140	1.3
4-5B-1	0.6A	0.24	0.09	0.094	160	22	73	0.18
4-5B-2	0.39	-	-	0.13	140	-	-	1.1

26%), 相当量の亜鉛 (0-11%), アンチモン (0-2%), 砒素 (0-3%) を含有する。ほとんどのサンプルでかなりな量の水銀 (4-430p.p.m.) のを確認した。D364-3-③で銀の量比の最大量8,500p.p.m. が得られた。また、ほとんどのサンプルが金を含んでいて、364-4-①で金の量比最大8.0p.p.m. が得られた。マウンドから少し離れた所 (D364-2) で得られた軽石にも0.13-0.25p.p.m. ほどの金が含まれる。それらの成分は堆積物中で大部分硫酸塩および硫化物の産状を呈しており、いずれも“黒鉱型鉱床”の特徴を示している (表8)。

第364潜航の St. 3 と St. 4 のサンプルで高い放射能が検出された。ガイガー・カウンターで200-300CPMを示すものがあり、この放射性サンプルについてガンマ線スペクトル分析を行った結果、ウラン系列のみの放射性核種を含むもの (D364-4-①, -②, -③, D364-4-④, -⑤) と、トリウム系列と少量のウラン系列の核種を含むもの (D364-4-③, -④, -⑤) があつた。これらのサンプルにはウラン (U-238) やトリウム (Th-232) の含有量は少なく、ラジウ

ム (Ra-226, Ra-228) あるいは鉛 (Pb-210) のガンマ線反応が顕著であつた。特に D364-4-②と D364-4-⑤では Th-228/Ra-228 の放射能比が平衡値より小さく、生成後1-3年しか経過していないと思われる。

1988年の DELP 沖縄航海の際ドレッジされた鉱床中の liquid inclusion から、鉱床生成の温度が250°Cと推定された (Kimura et al., 1991)。1989年に、同域で336°Cの熱水を噴出するブラック・スモーカーが発見され、ほぼこの推定を裏づけたことになる。

1988年の第366潜航 (伊平屋海凹) の200°C以上の熱水を噴出する熱水性マウンドのサンプル (D366-3-A-D) では、硫化物は見られず、大部分白っぽい炭酸塩からなっている。主な鉱物はカルサイト、菱マンガン鉱である。表面を黒色のマンガン酸化物が覆っている。最大16.1%の割合でシリカが認められた。ただし石英の形はとっていない。第364潜航と比較して、重金属元素量比は低い傾向にある。

成分として Ca (0-36%), Mn (0-26%), Zn (0-0.5%), Pb (0-0.4%), As (0-

0.5%), Sb (0.6–1400 p. p. m.), Hg (0–310 p. p. m.), Ag (0–290 p. p. m.)。Au は一試料 (D366–3–C–5) にのみ 0.1 p. p. m. 検出された (木村ほか, 1989)。

伊平屋海嶺の北麓部で活動的な熱水性マウンド (熱水温度 220°C) に伴う白色チムニー (マウンド状沈積物) が発見された (田中ほか, 1989a)。今回、光学顕微鏡、X 線粉末回析、EPMA 等により、 CaCO_3 – MnCO_3 系の炭酸塩鉱物や微量のマンガン・鉄を含むウルツ鉱等が検出された。また、EPR や MAR で検出されているのと同様なアイソキューバナイトー黄銅鉱共生体の存在も明らかになった。海底熱水鉱床に伴ってマンガンを富む炭酸塩沈積物が検出された例は珍しいので構成鉱物の産状や化学組成の概要を木村ほか (1989) に基づいて記す。試料は 1988 年の「しんかい 2000」の潜航調査 (第 366 潜航) により採取されたものである。採取地点は 27° 33' N, 126° 58' E, 深度 1,400m で、伊是名海穴で発見された硫化物鉱床 (後述) の北北西 35km にあたる。周囲には玄武岩質の枕状溶岩やその角礫等が分布する。検討試料は、①硫化鉱物に乏しい炭酸塩沈積物 (D366–3–A, D366–3–D) と、②鉱染状黒色硫化物に富む珪質炭酸塩沈積物 (D366–3–C) に分けられるが、①は主としてマンガン方解石からなり、②は菱マンガン鉱と非晶質シリカを主としマンガンを富むものである。いずれも試料の表面にはマンガン酸化物の薄い皮殻がみられ、硫化鉱物は粒径数十～数百で細粒である (表 2)。

①：試料 D366–3–A と 366–3–D は、8–20 mol. % 程度の MnCO_3 成分を含む白色緻密なマンガン方解石からなり、粒間に微量の方鉛鉱、磁硫鉄銅、ウルツ鉱、アイソキューバナイトー黄銅鉱共生体、輝銀鉱等を伴っている。ウルツ鉱は磁硫鉄銅と共生し、29–30 mol. % の MnS を含んでいる。②：試料 366–St. 3–C は多孔質粗鬆な桃白色の炭酸塩鉱物集合体を主とし、空隙中に方鉛鉱、磁硫鉄鉱、ウルツ鉱、アイソキューバナイト、鶏頭石等と共に顆粒状あるいはファイバー状の非晶質シリカを伴っている。また、局部的に磁硫鉄鉱やウルツ鉱を覆う後生のコロフォーム状黄鉄鉱がみられる。炭酸塩鉱物はマンガンを富み、 MnCO_3 29–81 mol. % の組成をもち、マンガン方解石からク

ツナホラ石、菱マンガン鉱の領域を占めている。主体となる菱マンガン鉱は、顆粒状非晶質シリカ中に樹枝状に成長し、急速な沈澱・成長が起こったことを示している。ウルツ鉱は鏡下で異方性を示し、薄片中では不透明～赤褐色である。本鉱物は磁硫鉄鉱と共生し、30–45 mol. % の FeS と 23–51 mol. % の MnS を含み、炭酸塩鉱物と同様に①よりもマンガんに富む特徴を持っている本村ほか (1989)。伊平屋海凹熱水域にみられる炭酸塩物質 (カルサイト) のサンプル D366–3–A, –3–D について、安定同位体組成 $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ を測定された。その結果、炭素同位体 ($\delta^{13}\text{C}$) は $\delta^{13}\text{C} = -6.6 \sim -4.6\%$ (PDB) であった。この測定値は軽い炭素の成分特徴を示しており、標準的な海水の同位体比 $\delta^{13}\text{C} = \pm 2 \sim +1\%$ (PDB) および生物起源の炭酸塩の値とはかけ離れている。むしろ、熱水起源 (またはマグマ?) のカルサイトの炭素同位体比の範囲 (Heefs, 1980) にある。そのため熱水またはマグマに由来する炭酸塩の析出が考えられる。また酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) は 8.17–10.9% (SMOW) の範囲にある。これは海水の値と大きな差はなく、 $\delta^{13}\text{C}$ の結果から、この伊平屋海凹の熱水性マウンドに集積している炭酸塩岩の炭素は、マグマ起源である可能性がある (木村ほか, 1989)。以上、第 366 潜航で熱水性マウンドから採取された炭酸塩岩は、炭素の安定同位分析により、通常の熱水起源の炭酸塩と同様な同位体組成が得られた。したがって、そのサンプルは熱水起源であることが示唆され、カーボナタイトの可能性はない。

4 まとめと今後の問題

第 284 潜航は、なつしま小海盆付近で行われ、材木状軽石や重鉛やコバルトの含有量の高い鉄–マンガン質堆積物が得られた。熱水性ベントは確認できなかった。287 潜航は伊平屋海嶺北麓の熱水性ベントシステムのある所。ここでは熱水性の Carbonate の沈積物が得られた。

第 364 潜航は伊是名海穴で行われた。その一部は、すでに報告済みである (木村ほか, 1989)。これにより、グレー・スモーカーが見つかった。新たなデータを加えて検討した結果、銀の量比最大 8500 p. p. m, 金の量比最大 8.0 p. p. m. が得ら

れた。また、得られた熱水性鉱床からは200-300cpmという高い放射能が検出され、これらには、ウラン (U-238) やトリウム (Th-232) の含有率は少なく、ラジウム (Ra-226, Ra-228) あるいは鉛のガンマ線反応が顕著であった。またTh-228, Ra-228によりチムニーの年代によは生成後1~3年しか経過していないものがあることがわかった。

沖縄トラフの中軸部には、中央地溝がある。伊平屋海凹は、典型的な沖縄トラフの中央地溝に位置づけられる。しかし、塊状硫化鉱床が発見された伊是名海穴は、一見中央地溝からはずれたところにある。ところが、1988年のDELP沖縄航海やこれまでに得られた内外の調査結果から、伊是名海穴は栗国中央地溝 (Japanese DELP Research Group on Back-Arc Basins, 1986) の東端に位置するようにみえる。例えば奄西海丘 (橋本ほか, 1989) の解明などがある (Kimura et al., 1991)。したがって、ここでの熱水活動も中央地溝での現象と関係が深いかもしれない。今後の検証が重要であろう。

沖縄トラフ中部中軸域では潜水船によりまだ中部中軸域で熱水活動が発見されたばかりである。このような熱水域がトラフ全体ではどのように分布するか、鉱床の規模がどの程度のものであるか等重要な問題が後に残されている。さらに、今後の問題として、このリフト系が中央海嶺系におけるそれと本質的に同一とみなせるものかどうか、背弧海盆における海底拡大の問題とともに今後の課題といえよう。

参考文献

青木正博, 中村光一, 1989. 伊是名海穴, 鉱床サイト2のチムニー群の産状及び硫化物チムニーの組織と鉱物組成. 海洋科技センター試験研報, 197-210.

Halbach, P., Nakamura, K., Wahsner, M., Lange, J., Sakai, H., Kaselitz, L., Hansen, R., Yamano, M., Post, J., Prause, B., Seifert, R., Michaelins, W., Teichmann, M., Kinoshita, M., Märten, A., Ishibashi, J., Crerwinski, S., and Blum, N., 1989. Probable modern analogue of Kuroko-type massive sulphide deposits in the

Okinawa Trough back-arc basin. ; Nature, 338, 496-499.

橋本博, 藤本克則, 堀田宏, 1989, 奄西海丘における温水湧出現象に伴う深海生物群集. 第6回「しんかい2000」研究シンポジウム稿集, 77-79.

Heefs, J., 1980. Stable Isotope Geochemistry. Springer Verlag, Berlin. Heidelberg. New York, 208p.

Japanese DELP Research Group on Back-Arc Basins, 1986. Bull. Earthquake Res. Inst., Univ. Tokyo, 61, 159-310.

加藤幸弘, 岩淵洋, 1988. 沖縄トラフ, 伊是名海穴の海底地質について. 第5回「しんかい2000」研究シンポジウム稿集, 71.

加藤幸弘, 中村光一, 岩淵洋, 橋本博, 金子康江, 1989. 沖縄トラフ中部, 伊是名海穴の地形と地質-1987, 88年の潜航調査結果-1. 海洋科技センター試験研報, 163-182.

木村政昭, 加藤祐三, 田中武男, 仲二郎, 蒲生俊敬, 山野誠, 安藤雅孝, 上田誠也, 酒井均, 大森保, 伊沢英二, 兼永勝, 小野朋典, 押田淳, 1987a. 沖縄トラフ中央地溝の研究. 海洋科技センター試験研報特集号, 165-196.

木村政昭, 加藤祐三, 小野朋典, 田中武男, 仲二郎, 山野誠, 安藤雅孝, 1987b. 沖縄トラフ中軸の1987年潜水調査. 第4回「しんかい2000」研究シンポジウム稿集, 1-2.

木村政昭, 安藤雅孝, 許正憲, 田中武男, 仲二郎, 大森保, 井沢英二, 加藤祐三, 1988. 中部沖縄トラフ熱水域の地形・鉱床・生物. 第5回「しんかい2000」研究シンポジウム稿集, 72-78.

Kimura, M., Uyeda, S., Kato, Y., Tanaka, T., Yamamoto, M., Gamo, T., Sakai, H., Kato, S., Izawa, E. and Oomori, T. 1988. Tectonophysics, 125, 209-230.

木村政昭, 1989. 琉球弧の海底地質学的展望. 月刊地球, 11, 576-584.

木村政昭, 田中武男, 許正憲, 安藤雅孝, 大森保, 井沢英二, 嘉川郁朗, 1989. 「しんかい2000」による沖縄トラフ中部熱水域の地形・鉱床・生物の観察. 海洋科技センター試験研

報, 223-244.

Kimura, M., Furukawa, M., Izawa, E., Ishikawa, M., Kuramoto, S., Sakai, H., Uyeda, S., and Makris, J., 1991. Geologic Investigations of the central rift in middle to southern Okinawa Trough. Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo 66, 179-209.

本村慶信, 井沢英二, 田中武男, 木村政昭, 1989. 沖縄トラフ伊平屋海嶺産炭酸塩チムニーの鉱物組成. 三鉱学会秋期連合学術講演会講演要旨集, 166.

門馬大和, 橋本惇, 田中武男, 深海調査グループ 1989. 沖縄トラフ深海曳航調査 (DK88-2-OKN-LEG1,2) 速報. 海洋科技センター試験研報, 203-221

仲二郎, 深海調査グループ, 1989. 沖縄トラフ中軸部, 伊平屋海嶺の火山噴出物. 海洋科技センター試験研報, 245-258.

中村光一, 岩淵洋, 金子康江, 1987. 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, 5-6.

中村光一, 浦部徹郎, 丸茂克美, 青木正博, 金沢康夫, 酒井均, P. ハルバック, 1988a. 伊是名海穴で発見された現世の「黒鉱」について. 63年度三鉱学会で講演.

中村光一, 浦部徹郎, 丸茂克美, 青木正博, 金沢康夫, 1988b. 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, 67-70.

中村光一, 1989. 沖縄トラフ, 伊是名海穴熱水性鉱床の研究Ⅰ—新たに発見されたブラックスモーカーを中心とする鉱床の分布と産状—. 第6回「しんかい2000」研究シンポジウム, 海洋科技センター, 32-33.

中村光一, 加藤幸弘, 木村政昭, 安藤雅孝, 許正憲, 1989. 伊是名海穴海底熱水性鉱床の分布, 産状—1988年の知見のまとめ—. 海洋科技センター試験研報, 183-190.

大島章一, 高梨政雄, 加藤茂, 内田摩利夫, 岡崎勇, 春日茂, 川尻智敏, 金子康江, 小川正泰, 河合晃司, 瀬田英憲, 加藤幸弘, 1988. 沖縄トラフ及び南西諸島周辺海域の地質, 地球物理学的調査結果. 水路部研報, (24),

19-43.

田中武男, 堀田宏, 深海調査グループ, 1988. 沖縄トラフ伊平屋海凹域の熱水活動と微細地形について. 第5回「しんかい2000」研究シンポジウム, 海洋科技センター, 79-82.

田中武男, 満澤巨彦, 堀田宏, 1989a. 沖縄トラフ伊平屋小海嶺東部の1988年度潜航調査について. 海洋科技センター試験研報, 267-282.

田中武男, 満澤巨彦, 松本剛, 長沼毅, 堀田宏, 酒井均, 石橋純一郎, 井沢英二, 大森保, 1989b. 沖縄トラフ, 伊平屋海嶺・伊是名海穴の熱水域微地形. 第6回「しんかい2000」研究シンポジウム, 24-26.

浦部徹郎, 1989. 伊是名海穴 (鉱床サイトⅠ) の鉱床の鉱物学的特徴—黒鉱との比較において—. 海洋科技センター試験研報, 191-196.