

提出日平成 18 年 3 月 16 日

調査航海概要報告書

1. 航海番号/レグ名/使用船舶 : NT05-18 航海, なつしま
2. 研究課題名 : 最北部マリアナ弧の火山性ガス成分(主に SO₂, CO₂)に富む海底熱水系の地質・地球化学・生物学国際共同研究
提案者/所属機関/課題受付番号 : 中村 光一/産業技術総合研究所/S05-52
3. 首席研究者/所属機関 : 中村 光一/産業技術総合研究所
4. 乗船研究者
中村 光一(産業技術総合研究所 地質情報研究部門)
稲垣 史生(海洋研究開発機構 極限環境生物圏研究センター)
Robert W. Embley(米国, 大気海洋庁 太平洋海洋環境研究所)
土田 真二(海洋研究開発機構 極限環境生物圏研究センター)
Marvin D. Lilley(米国, ワシントン大学 海洋学部)
John E. Lupton(米国, 大気海洋庁 太平洋海洋環境研究所)
Kevin Roe(米国, 大気海洋庁 太平洋海洋環境研究所)
Kaul Gena(岡山大学 理学部)
中川 聡(海洋研究開発機構 極限環境生物圏研究センター)
Julius Lipp(ドイツ, ブレーメン大学)
山口 寿之(千葉大学 海洋バイオシステム研究センター)
John F. Dower(カナダ, ヴィクトリア大学)
細谷 慎一(日本海洋事業株式会社)
5. 調査海域 : マリアナ島弧北端部
6. 実施期間 : 平成 17 年 10 月 22 日(土)~17 年 11 月 8 日(火)

調査航海概要

目的

多様性に富む島弧系の海底熱水活動の中で火山性ガスを主体とする海底熱水活動は、看過されてきた種類の海底熱水活動である。マグマへのガス成分の溶解度や噴気の機構を考えると、二酸化イオウ(SO₂)や二酸化炭素(CO₂)が熱水循環とは独自の挙動を示すと予想される。火山性ガス成分に富む海底熱水系では、独特の沈殿物、独特の代謝系を基礎におく生物群集の存在が予想される。本研究は、我々の知見を欠いて来た火山性ガス成分に富む島弧海底熱水活動を進めるために、典型的に火山性ガス成分に富む海底熱水系が発達する最北部マリアナ弧の 4 海底火山、6 地点で地質学、地球化学、生物学の側面から特徴を明らかにすることを目的とした。(1 地点潜航できず)

背景

米国, 大気海洋庁, 太平洋海洋環境研究所(NOAA, PMEL)の Embley らは 2002 年から始めた Submarine Ring of Fire プロジェクトにおいて、2003 年 2 月 9 日~3 月 5 日にワシントン大学研究調査船 Thomas G. Thompson 号の TN153 航海でグアム西方の北緯 13 度から日光海山の 23 度までのマリアナ島弧の海底火山と考えられる地形の詳細計測ならびに CTD による熱水プルーム観測を行った。対象とした 50 を越える海底地形の内、8 ケ所の新規発見を含む 12 ケ所において、海底熱水活動の徴候を検出した(Embley et al., EOS, 85, 37-44, no.4, Jan. 27, 2004)。引き続いて、2004 年 3 月 9 日~4 月 17 日に再び Thompson 号に無人潜水艇 ROPOS を搭載して TN167B 航海を実施した。この航

海では前年に検出した海底熱水活動由来の熱水ブルームの CTD による検証観測を行なうとともに、12 ケ所の内、7 ケ所で潜航調査を行い、6 ケ所で海底熱水活動を確認し、生物、地質、化学試料を採取した。中村は両方の航海に参加した。この一連の研究において、潜航調査を行った 6 ケ所の海底熱水活動の内、1 ケ所 (East Diamante Smt.) においてのみ、硫化物チムニーと金属硫化物を確認、採取している。NW Rota 1 Smt. においては海底噴火現象を確認し (Embley et al., 2006, Nature, in press), 栄福海山北西小海山 (NW Eifuku Smt.) においては、イオウチムニーを形成する白濁熱水の噴出を確認するとともに、その周囲の海底の火山砕屑岩の隙間に液体二酸化炭素が貯まっている現象を確認した。2004 年夏、中村が中心となって「火山性ガス成分に富む海底熱水系の研究の重要性」を強調するプロポーザル S05-52 を提出し、採択された。

実施状況 (概要)

2005 年 10 月 22 日 (サイパン) ~ 11 月 8 日 (横須賀) の航海期間中、最北部マリアナ弧の南春日海山 (1 回)、大黒海山 (2 回)、栄福海山北西小海山 (6 回、山頂部 4 回、南東山麓部 2 回)、日光海山 (3 回)、において合計 12 回の無人潜水艇ハイパードルフィンの潜航調査を行なった。

実施状況 (日誌)

10 月 22 日 (土) 快晴、風。「なつしま」乗船、搭載研究資材の研究室への搬入、機器のセットアップ開始。11:00 サイパン港出港、調査海域に向け航走開始。

10 月 23 日 (日) 快晴、風。海底地形調査をしながら、北上。ミーティング、機器の準備、点検。

10 月 24 日 (月) 快晴、風。9:30 調査海域到着。引き続き、潜航調査予定点の大黒海山、南春日海山の詳細地形調査。深夜にようやくハイパードルフィンに装着する全ての機器の準備を完了。

10 月 25 日 (火) 晴。

ハイパードルフィン、第 490 潜航、南春日海山、8:42 潜航開始、9:00 着底 (水深 390m)、14:45 離底 (水深 350m) 15:18 揚収完了、最大潜航深度 430m。

山頂付近の生物群集を中心に調査を行なった。随所に水の揺らぎは観察されるが、熱水活動は顕著ではなく、採水に適した場所を見つけることはできなかった。底棲魚類を採取中に砂礫を多く吸引し、6 連キャニスターが動かなくなった。底棲魚類の分布頻度を調査する目的で前方に垂直に搭載した Seamax デジタルスチルカメラにうまくライティングができないことも分かった。

10 月 26 日 (水) 晴、風やや強く、うねりもやや高い。

ハイパードルフィン、第 491 潜航、大黒海山、8:27 潜航開始、8:52 着底 (水深 456m)、15:54 離底 (水深 340m)、16:34 揚収完了、最大潜航深度 456m。

山頂下の斜面に密集する底棲魚類の調査を 2 測線で写真を取りながら行なった。山頂直下に存在する火口の偵察調査を行なった。PMEL 航海の潜水艇 ROPOS 潜航で「底」に到達することができなかった山頂の深い穴はせり上がって浅くなり、非常に濃い粒子状硫黄の白濁熱水を噴出しており、火口内部に潜航することができなかった。火口からは白色の海水が出ており、それを採水した。白色海水は、温度が周辺海水よりも 1 度高い程度で、ほとんど上昇しない。火口の形状の調査を目的として Imagenex ソナーによる測線探査を実施した。顕著な熱水活動地点は見つけることはできなかった。底棲生物ならびに岩石も採取した。

10 月 27 日 (木) 晴、風やや強く、うねりもやや高い。

ハイパードルフィン、第 492 潜航、栄福海山北西小海山山頂部、8:13 潜航開始、9:06 着底 (水深 1,629m)、15:12 離底 (水深 1,540m)、16:18 揚収完了、最大潜航深度 1,629 m。

PMEL 航海の潜水艇 ROPOS 調査で発見された熱水と液体二酸化炭素湧出サイト、Champaign site に比較的すぐに到着することができた。昨年より少し、熱水噴出の程度が下がったようだ。熱水、生物、岩石の採取を行なった後、周囲の探索と生物採取を行ない、もうひとつの熱水サイト、Cliff House も確認し、温度計測をした。最後に、頂上付近の厚く、赤い鉄分を含むマットを採取して離底した。山頂下の斜面に密集する底棲魚類の調査を 2 測線で写真を取りながら行なった。

10月28日(金)晴,風やや強く,うねりもやや高い,午前中のスコールを境に海況やや改善.

ハイパードルフィン,第493潜航,栄福海山北西小海山の南東麓,8:28 潜航開始,10:07 着底(水深2,854m),14:48 離底(水深2,385m),16:14 揚収完了,最大潜航深度 2,854 m.

南東麓に北西-南東方向にならぶ側火山体の探査を行なった.枕状熔岩が卓越し,堆積物は鞍部を除いて少なかった.嶺の上では噴出中心と思われる大きな枕状熔岩が発達し,嶺の側面では,流れ下る枕状熔岩もしくは,ブロックとして転動した枕状熔岩が見られた.熱水活動の徴候は見られなかった.熔岩を3箇所合計5個採取した.

10月29日(土)晴,風もうねりも収まった.午前中に再びスコールがあった.

ハイパードルフィン,第494潜航,栄福海山北西小海山山頂部,8:14 潜航開始,9:15 着底(水深1,769m),15:14 離底(水深1,582m),16:14 揚収完了,最大潜航深度 1,769 m.

山頂部の西麓にあるバクテリアマットの地帯を探査し,試料採取を行なった.その後,Champaign site,ならびにCliff Houseで温度計測,熱水試料,岩石,生物試料を採取した.

10月30日(日)晴,うねり,ややあり.

ハイパードルフィン,第495潜航,栄福海山北西小海山の南東麓,8:08 潜航開始,9:37 着底(水深2,840m),14:47 離底(水深2,619m),16:20 揚収完了,最大潜航深度 2,840m.

南東麓に北西-南東方向にならぶ側火山体の主に,熔岩と堆積物の境界,ならびに側火山列の延長方向に存在する小さな火山体の探査を行なった.枕状熔岩が卓越することは全体を通して前回潜航と同じであった.堆積物は火山噴出起源の斑晶や火山ガラスと深海堆積物の混合物であった.潜航の半ばにおいて,岩石への付着生物が比較的多い地域に遭遇し,周囲をかなり時間をかけて探索したが,熱水活動の徴候は見つからなかった.熔岩を1個,堆積物をM式コアで1本,生物を1個体採取した.潜航調査後,地形調査を行わずに,日光海山海域へ移動を開始した.

10月31日(月)晴,うねり,ややあり.

ハイパードルフィン,第496潜航,日光海山,8:06 潜航開始,8:30 着底(水深463m),15:35 離底(水深447m),16:14 揚収完了,最大潜航深度 2,840m.

日光海山頂のカルデラ中心部に着底した.着底前から海水が白濁し,Ehも低下して熱水域を感じさせたが,着底地点はハオリムシが密生し,各種熱水固有生物も存在する熱水域であった.観察しながら,北側のカルデラ壁の麓に向かい,そこで,白濁した熱水を噴き上げる地点を数箇所発見した.熱水,生物,堆積物,岩石の採取を行ない,潜航中にカルデラ内の北側約1/3の範囲を数字の「4」の形に走航したが,潜航中に熱水域を出ることはなかった.潜航調査後,日光海山の地形調査を行なった後,栄福海山北西小海山海域へ移動を開始した.

11月1日(火)晴,うねり,ややあり.1日で2潜航実施した.

ハイパードルフィン,第497潜航,栄福海山北西小海山山頂部,9:03 潜航開始,9:51 着底(水深1,642m),12:06 離底(水深1,611m),13:03 揚収完了,最大潜航深度 1,642m.

栄福海山北西小海山のChampaign siteの2箇所において,採水を行ない,2番目のサイトで岩石を1個採取した.

ハイパードルフィン,第498潜航,大黒海山,14:51 潜航開始,15:08 着底(水深427m),16:19 離底(水深399m),16:47 揚収完了,最大潜航深度 428m.

大黒海山の熱水地帯において主に大型生物の試料採取を行なった.

11月2日(水)晴,うねりあり.

ハイパードルフィン,第499潜航,栄福海山北西小海山山頂部,8:18 潜航開始,9:14 着底(水深1,697m),15:31 離底(水深1,545m),16:32 揚収完了,最大潜航深度 1,697m

山頂部の西側斜面のバクテリアマットの発達する地点に着底し,熱水サイトであるCliff Houseに向かい,Cliff Houseで熱水の採取を行なった.その後,同じ嶺の反対側にあるChampaign siteにおいて,採水を行なった.再び,西側斜面のバクテリアマットに戻って,採水と試料採取を行なっ

た後、山頂のバクテリアマットの地点まで航走し、採水と試料採取を行なった後、離底した。

11月3日(木)晴、うねり、やや高い。

ハイパードルフィン、第500潜航、日光海山、8:23 潜航開始、8:46 着底(水深472m)、15:30 離底(水深460m)、16:09 揚収完了、最大潜航深度 472m。

日光海山頂のカルデラ中心部に着底した。第496潜航で採水作業を行なった北壁付近の熱水サイトに向かい、二酸化炭素と推定される湧出気泡の採取を行なった。その後、その近傍の熱水サイトにおいて採水と観察を行なった。北壁付近から出発して、カルデラ壁付近を時計周りに南西端まで探索をしながら周回し、その後、中心部から南部に戻り、再び、北進してカルデラの北東部分の探索を行なった。カルデラ南部では白濁海水の濁りが強く、十分な観察ができなかったが、北壁から南壁まで広い範囲に熱水噴出地点が分布することが判明した。カルデラ南部の1箇所、北東部の2箇所においても熱水、生物、岩石試料の採取を行なった。

11月4日(金)晴。

ハイパードルフィン、第501潜航、日光海山、8:37 潜航開始、8:59 着底(水深459m)、15:35 離底(水深469m)、16:13 揚収完了、最大潜航深度 469m。

日光海山頂のカルデラ北部にある熱水噴出地点で、前日の第500潜航において最後に熱水の採取を行なった地点で水素ガス濃度確認のためのガスタイト試料採取を行なった後、ワシントン大学と産総研共同の複合センサーシステムと ROV minitransponder 1 個ずつを設置した。この地点の北西に位置する熱水噴出地点で主成分分析用の WHATS 採水を2本行なった後、カルデラ西部を中心に探索、観察、追加試料採取を行なった。その過程で南端のカルデラ外壁の少し外側まで出たが、そこにもハオリムシなどの熱水固有の生物群集が多数存在し、本航海の3潜航を通して、ついに熱水域の外に出ることはできなかった。潜航終了後、横須賀に向かって回航を開始した。

11月5日(土)晴。横須賀へ向け回航中。化学、生物関係者は試料の分析、処理。後片付け開始。

11月6日(日)晴のち曇りのち雨。回航。後片付け。研究者まとめ会議。500回潜航記念写真。

11月7日(月)雨、前線を横切る頃によく揺れた。回航。後片付け。

11月8日(火)晴。9:00 入港。機材陸揚げ。下船。

実施項目、手法

地形調査：Seabat マルチナロービームによる海底地形調査、Imagenex による詳細微地形調査。

地質調査：観察、岩石採取。プローブ式温度計による温度計測。

熱水化学：ROCS ピストン方式採水器(筑波大学、内海真生氏より借用した。記して感謝する)、米国 PMEL/UW ガスタイト採水器、PMEL 気泡/液体二酸化炭素採取用ガスタイト採水器などにより、ガス成分を含む化学分析用試料の採取。採水時の熱水温度計測。潜水艇装着 Eh 現場測定。

微生物調査：WHATS ガスタイト採水器による熱水採取。MBARI 式コアラ、M 式コアラ、ブッシュコアラによる堆積物やバクテリアマットの採取。バッグ採水による熱水やマットの採取。

大型生物調査：スラップガン-キャニスタならびにバイオボックスによる採取。デジタル写真、ハイビジョンズーム撮影による生物の様々な行動の記録。

長期観測：UW/AIST 温度、海水電気伝導度、水素、Eh 計測複合センサーを1セット、日光海山に設置。(2006年5月に米国調査船 Melville 航海で無人潜水艇 JASON II にて回収予定)

結果まとめ

多分野の専門家が協力して効率的に調査を進めた結果、熱水中の火山ガス起源のイオウや硫化水素の挙動と化学合成生物群集を支える役割や同じく火山ガス起源の二酸化炭素の濃度の違いによる微生物群集の差異が解明されつつある。海底下における火山ガスと海水の化学反応の実態も解明されつつある。大型生物群集の地理的分布における位置も明らかになった。

謝辞

「なつしま」斎藤船長以下乗組員各位、千葉運航長以下、無人機運航チーム各位に深く感謝する。