

鹿児島湾口山川港沖噴気孔密集海域における観測

福田隆二^{1*}, 内山正樹¹, 日高正康², 町口朋紀¹

Observation at Narrow Area of Submarine Fumarole off Yamagawa Port in Kagoshima Bay

Ryuji Fukuda^{1*}, Masaki Uchiyama¹, Masayasu Hidaka², Tomonori Machiguchi¹

Key words: Kagoshima Bay, ROV, submarine fumaroles,

Abstract

The CTD and memory type temperature-depth gauge observations had been carried out in the narrow area of submarine fumarole off Yamagawa Port located at a mouth of Kagoshima Bay. Vertical change of temperature and salinity shows similar characters in this sutady area. It is found that water temperature inside a submarine fumarole crater is nearly 26°C, and 9°C warmer than water outside of the crater.

Improvement of image signal wiring of ROV was conducted, too. For instance, more clear ROV image signal could be obtained. Small fish and white sediment was visualized clearly inside of submarine fumarole crater small crustacean by this project.

鹿児島大学水産学部附属練習船南星丸(175GT)では2011年に鹿児島湾口山川港沖において海底噴気孔を確認して以来、主に音響測深儀(JRC COLOR ECHO SOUNDER JFV-130, 200/50kHz)を用いた噴気孔位置の特定及びROV(Remotely Operating Vehicle:ROV以下, ROV(Video System Q・I3D-DELTA-150))を用いた目視観測を継続してきた。^{1), 2)}

「鹿児島湾口山川港沖における噴気孔の確認」²⁾において31°-11'.7N, 130°-40'.4E(WGS)を中心とする半径500mの範囲に噴気孔が集中していることが明らかになった。そこで、2013年7月10日から7月11日にかけて南星丸に装備されているCTDシステム(19 plus SEA-BIRD ELECTRONICS INC.)およびメモリー式水温深

度計(アレック電子㈱COMPACT-TD以下, COMPACT-TD)を用いてこの地点付近の海水温, 塩分濃度の測定を実施した。

さらに、これまで実施してきたROVによる目視観測では複雑な船内配線を用いていたためノイズが発生し、映像が不明瞭であったため、今回は画質向上を図り、ROVから録画装置及び観測用モニタに至るまでの画像信号経路の改良を試みてROVによる目視観測を行うこととした。

方 法

CTD・COMPACT-TDによる観測

31°-11'.7N, 130°-40'.4E 付近の噴気孔が密集している

1 鹿児島大学水産学部附属練習船南星丸(Training Ship Nansei Maru, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan)

2 鹿児島大学水産学部漁業工学分野(Fisheries Engineering, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan)

* Corresponding Author, Email: fukuda@fish.kagoshima-u.ac.jp

海域に9点の観測地点を定め、さらに音響測深儀で噴気反射イメージが最も顕著に表れる $31^{\circ}\text{-}11'.663\text{N}$, $130^{\circ}\text{-}40'.534\text{E}$ の St.10 を加えた合計 10 地点で CTD および COMPACT-TD による観測を行った。St.1 から St.10 の各観測地点の配置を Fig.1 に、位置を Table.1 に示す。

CTD センサーの着底事故を防止するため CTD センサーの降下深度は海底上 5m と定め、これ以深の観測は CTD センサーの下に取り付けた 5m のロープの先に COMPACT-TD を取り付けることで海底直上の水温を測定した。

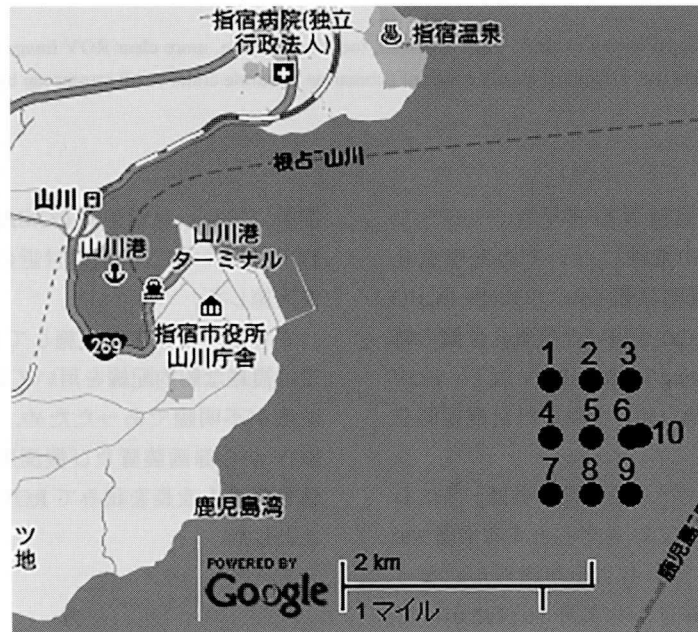
ROV 目視観測

これまで、ROV カメラから ROV 船上局へ送られてくる映像は ROV 船上局から同軸ケーブルを用いて船内のアナログ TV 放送システムに取り込み TV 画面に出力し、その映像を HDD レコーダに録画していた。Fig.2 に映像信号の配線図を示す。この配線では船内の複雑な TV ア

ンテナ配線を介しているため録画画像にノイズが発生しやすい。

今回は、ROV カメラから ROV 船上局へ送られてきた映像を、手作りした同軸-ピンジャック変換ケーブルを用いて直接 HDD レコーダに入力し、HDD レコーダから観測用 TV モニタへ出力し録画しながら観測を行った。さらに、船橋等、観測用 TV モニタから離れた場所でも目視観測が出来るように HDD レコーダから観測用 TV モニタのピンジャックコードを分岐させ、同軸ケーブルを繋ぎ船内のアナログ TV 放送システムに映像信号を取り込んだ。但し、船内のアナログ TV 放送システムを介した映像信号にはこれまでと同様のノイズが入ることになる。Fig.3 に改良した配線図を示す。

さらに、ROV が乗り入れられる程の大きな噴気孔が見つかった場合、噴気孔内の水温を測定できるよう、ROV に COMPACT-TD を取り付けた。



地図データ©2013 Google,ZENRIN-

Fig.1 Map of off Yamagawa Port showing the 10 stations.

Station	Latitude	Longitude
1	31°-11'.90N	130°-40'.10E
2	31°-11'.90N	130°-40'.30E
3	31°-11'.90N	130°-40'.50E
4	31°-11'.65N	130°-40'.10E
5	31°-11'.65N	130°-40'.30E
6	31°-11'.65N	130°-40'.50E
7	31°-11'.40N	130°-40'.10E
8	31°-11'.40N	130°-40'.30E
9	31°-11'.40N	130°-40'.50E
10	31°-11'.663N	130°-40'.534E

Table.1 Position of observation station.

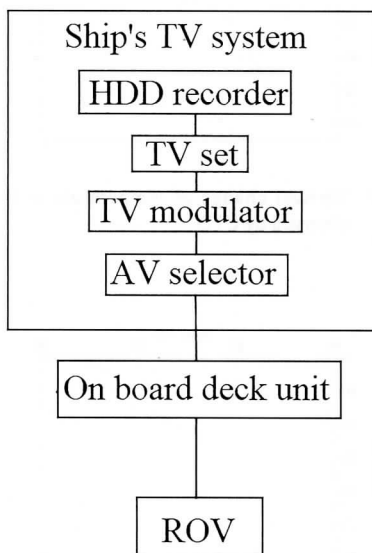


Fig.2 Diagram of wiring for recording before improving.

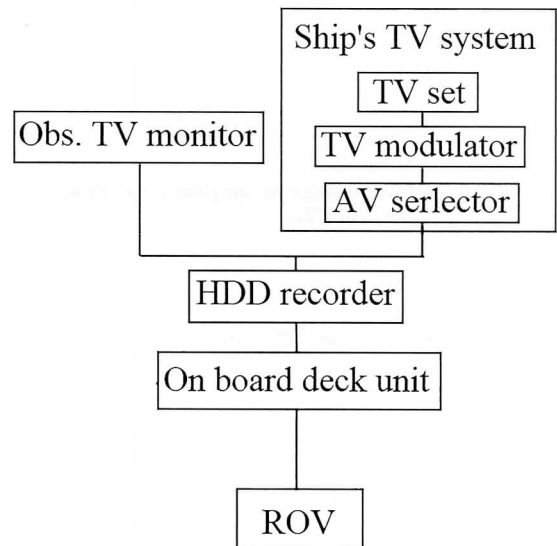


Fig.3 Diagram of wiring for recording after improving.

結 果

CTD・COMPACT-TDによる観測

St.1のCTDデータは観測後に破損してしまい、解析することが出来なかった。

St.2からSt.10にて測定したCTDによる水温の鉛直変化をFig.4からFig.12に示す。どの観測点においても水深10mから20m付近で水温が急激に下がりはじめ、水深30m付近から緩やかに下がるという傾向がみられた。COMPACT-TDはCTDよりも5m深部まで計測できたが、各観測点でCTDと同様の傾向がみられた。COMPACT-

TDではSt.1のデータも良好に取得できた。COMPACT-TDで観測したSt.1の水温の鉛直変化をFig.13に示す。

これら10地点の水温の観測データの中でSt.8だけが最深部で若干水温が上昇する傾向がみられた。これはCOMPACT-TDで計測したデータでも同様であった。St.8におけるCOMPACT-TDで観測した水温の鉛直変化をFig.14に示す。

St.2からSt.10にて観測したCTDによる塩分濃度の鉛直変化をFig.15からFig.23に示す。どの観測点においても同じような傾向を示しており、各観測点間に大きな

差異は認められなかった。しかし、水温の鉛直変化で最深部における水温が若干上昇する傾向がみられた St.8

では、最深部の塩分濃度がこれもまた若干ではあるが減少する傾向がみられた。

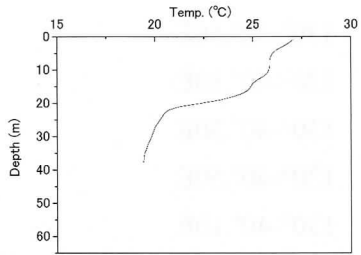


Fig.4 Vertical change of temperature at St.2 observed by CTD.

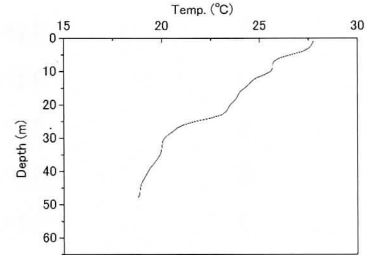


Fig.5 Vertical change of temperature at St.3 observed by CTD.

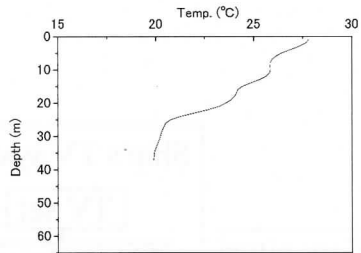


Fig.6 Vertical change of temperature at St.4 observed by CTD.

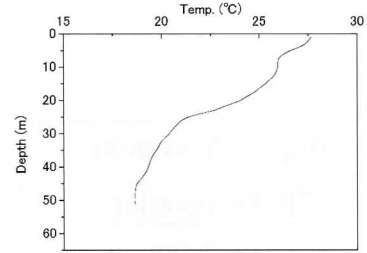


Fig.7 Vertical change of temperature at St.5 observed by CTD.

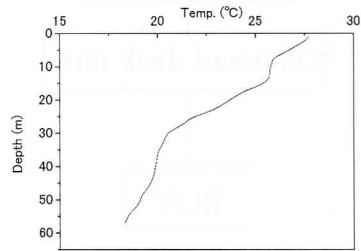


Fig.8 Vertical change of temperature at St.6 observed by CTD.

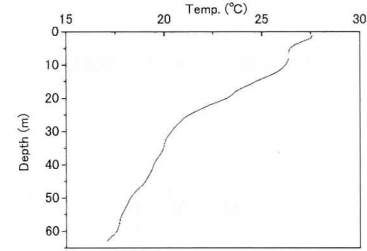


Fig.9 Vertical change of temperature at St.7 observed by CTD.

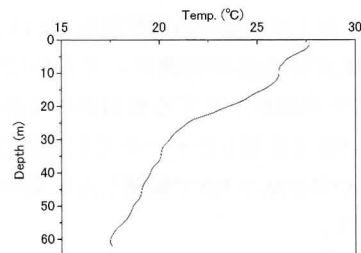


Fig.10 Vertical change of temperature at St.8 observed by CTD.

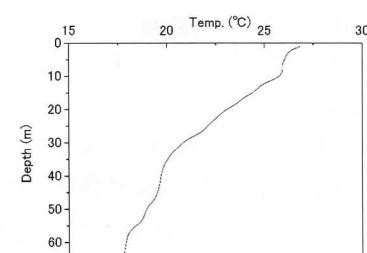


Fig.11 Vertical change of temperature at St.9 observed by CTD.

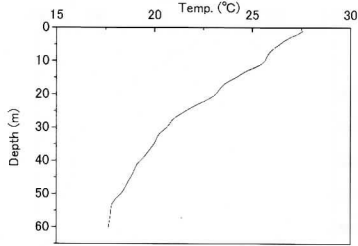


Fig.12 Vertical change of temperature at St.10 observed by CTD.

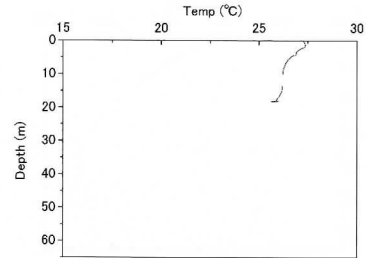


Fig.13 Vertical change of temperature at St.1 observed by COMPACT-TD.

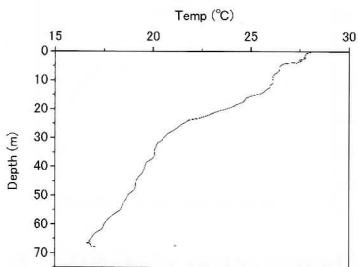


Fig.14 Vertical change of temperature at St.8 observed by COMPACT-TD.

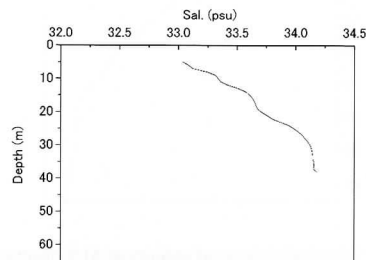


Fig.15 Vertical change of salinity at St.2 observed by CTD.

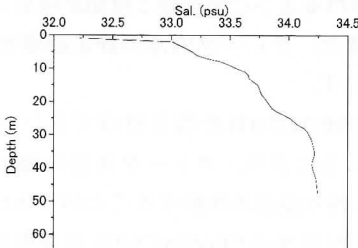


Fig.16 Vertical change of salinity at St.3 observed by CTD.

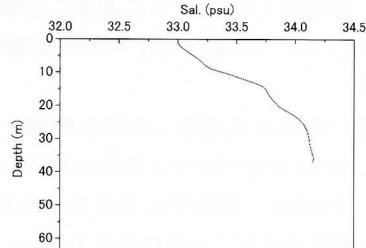


Fig.17 Vertical change of salinity at St.4 observed by CTD.

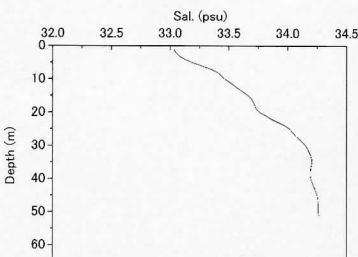


Fig.18 Vertical change of salinity at St.5 observed by CTD.

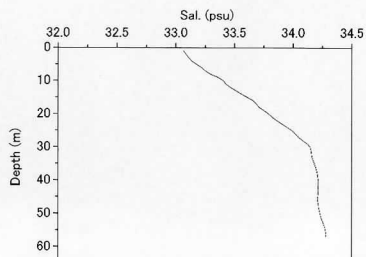


Fig.19 Vertical change of salinity at St.6 observed by CTD.

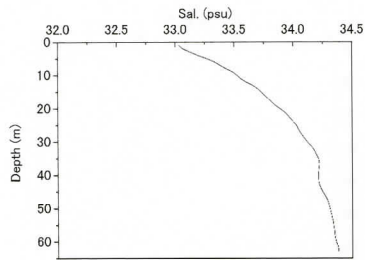


Fig.20 Vertical change of salinity at St.7 observed by CTD.

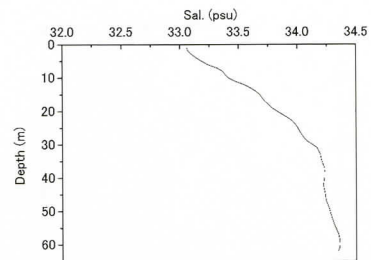


Fig.21 Vertical change of salinity at St.8 observed by CTD.

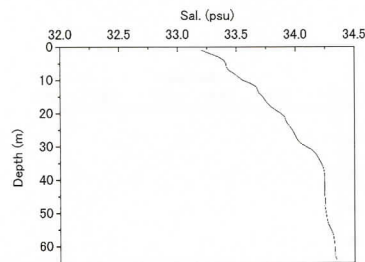


Fig.22 Vertical change of salinity at St.9 observed by CTD.

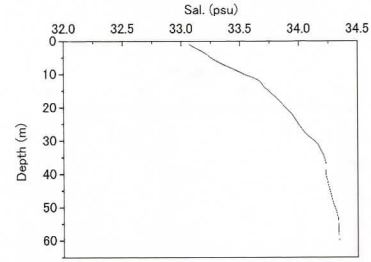


Fig.23 Vertical change of salinity at St.10 observed by CTD.

ROVによる目視観測

ROVからHDDレコーダまでの映像信号の経路を改良した結果、ノイズが減少し良好な画質が得られるようになった。比較のため2012年に録画した噴気孔の静止画像をPlate.1に、今回録画した噴気孔の静止画像をPlate.2に示す。

噴気孔を遠い位置から撮影した静止画像をPlate.3に示す。これにROVを近づけると非常に細かい気泡と液体を連続的に噴き出し、間欠的に大きな気泡を噴き出している様子が観測できた。その様子をPlate.4に示す。

ROVを噴気孔のクレータ内部に乗り入れることが出来たため、クレータ内部の様子を撮影することができた。

クレータ内部を接写してみると、海藻や木の枝に白い堆積物が産毛状に付着し、噴気および噴出している液体の勢いによって揺れているのが観測できた。また、その堆積物の中に隠れるように甲殻類と魚類が棲息していることも観測できた。クレータ内部の静止画像をPlate.5からPlate.7に示す。

ROVにCOMPACT-TDを取り付けてクレータ内部に乗り入れたことにより、クレータ周辺の海水温度とクレータ内部の海水温度を比較することができた。クレータ内部乗り入れ前後のCOMPACT-TDの深度と海水温の時間変化をFig.24に示す。

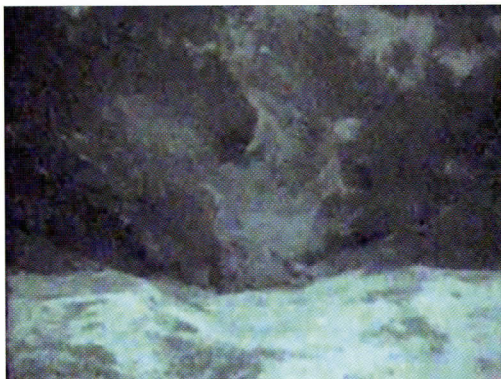


Plate.1 Still image of ROV video record before improve the image signal wiring.



Plate.2 Still image of ROV video record after improve the image signal wiring.

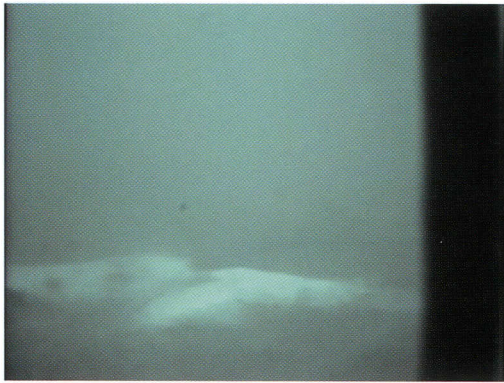


Plate.3 Still image of ROV video record recorded far from submarine fumarole.

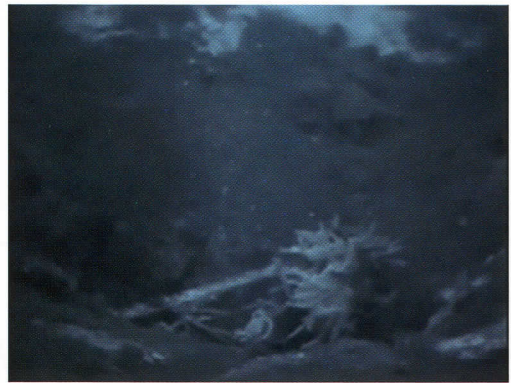


Plate.4 Bubbles image spouting from fumaroles from ROV video record.



Plate.5 White sediment image from ROV video record recorded inside of crater.



Plate.6 Crustacean image from ROV video record recorded at inside of crater.



Plate.7 Fish image from ROV video record recorded at inside of crater.



Plate.8 Still image of ROV video record. Turn on the lights.

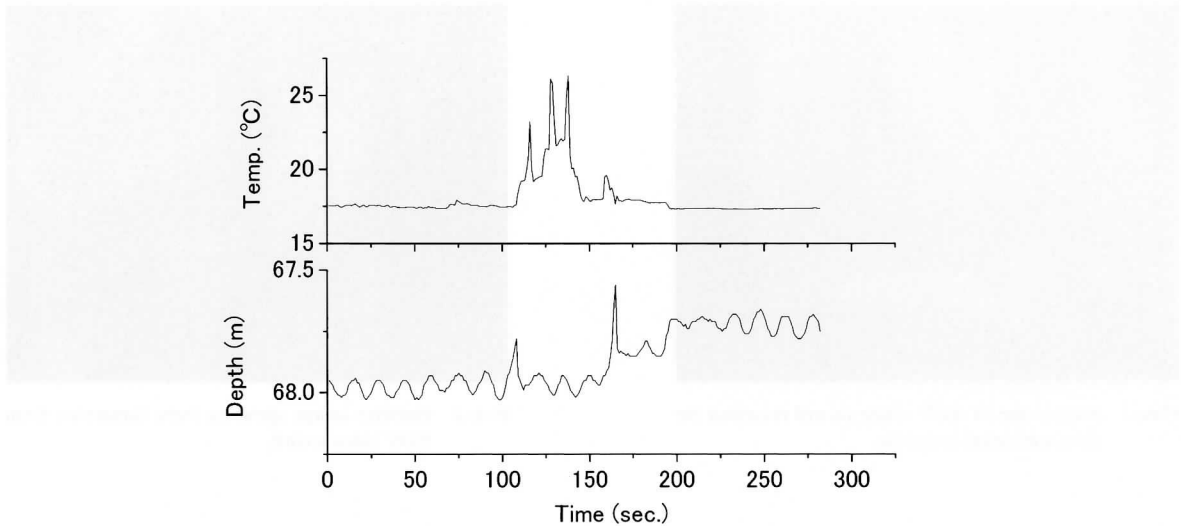


Fig.24 The relationship between time and temperature and depth.

考 察

CTD・COMPACT-TDによる観測

噴気孔が密集するこの海域内では水温の鉛直変化に各観測点間で差異はなく、また塩分濃度の鉛直変化も各地点間で差異がないことが分かった。ただし、St.8においてはその他の観測地点と異なり最深部で水温が若干上昇し、塩分濃度が若干減少する傾向がみられたがこれはSt.8のごく近辺に噴気孔があり、その影響を受けているためではないかと推察される。今後この海域から海域外へ放射状に同様の観測を行い、噴気孔から噴出される噴気物の影響の有無を探る必要がある。

Fig.24はROVがクレータ内に乗り入れる前後のCOMPACT-TDの水温と深度の関係である。深度のグラフで110秒と170秒程のところにピークがあるが、これはROVをクレータ内に乗り入れ、そして離脱させるためにROVのキャプタイヤケーブルを引っ張って浮上させたためである。110秒以降、170秒以前の約1分間がCOMPACT-TDがクレータ内に留まっていた時間となる。この間、水温計の示す値は高くなっていることが分かる。クレータ内乗り入れ前後が約17°Cを示し、乗り入れ後ピーク時で約26°Cと9°C程高くなっていることが分かる。2012年7月の観測時にもほぼ同様の値が観測されており、この海域のこの時期の噴気孔クレータ内の水温は周辺の海水温より9°C程高いということが分かった。

しかし、各観測地点においてはCOMPACT-TDで海底面直上まで計測したにもかかわらず、St.8以外のところでは噴気孔の影響らしきものは見られなかった。このことから、この海域では噴気孔から噴出する気泡および液

体の総量及び周辺水域への影響は極めて小さいものであるか、または、この海域の潮流による攪拌によりクレータ内でしか顕著な変化が見られないのではないかと考えられる。現在、クレータ周辺の流速を観測する方法を模索しているところである。

ROVによる目視観測

今回画質向上のためにROV船上局からHDDレコーダまでの配線を改良したが、Plate.1とPlate.2を比較して分かるとおりのノイズが減少し良好な画質で観測および記録が可能となった。今後、本研究以外の観測でも映像記録の方法として有効になってくる。今回記録した映像でも静止画にすると画質が粗くなってしまいが、これ以上の画質向上を図るためにはROVのカメラ自体をデジタルハイビジョンカメラ等の高画質カメラに交換する必要がある。

ROVによる目視観測で噴気孔を見つける際に重要となるのが白い堆積物の存在である。Plate.3に示すように遠くからでも目立つため、まずはこの堆積物を探しながら探索を行った。この海域では特に噴気孔に近づくにつれて浮遊物が多くなり、カメラのライトをつけた状態ではPlate.8に示すように視程は悪い。この浮遊物も噴気孔由来のものと思われる。このため、噴気孔を探索する際はライトを消した状態で探索した方が暗くはなるが、浮遊物が反射しないため探索しやすいことが分かった。

噴気状態の観測においてもライトを消した状態で観測を行った方が噴気の状態が分かりやすかった。Plate.4に示すように細かい気泡と液体を連続的に噴出し、断続的に大きな気泡を噴き出している様子が確認できた。これ

まで ROV 目視観測では細かい気泡の様子は確認できなかったが、映像信号の配線改良により、ノイズが減少し確認できるようになったものと考えられる。

噴気状態を録画した後、クレータ内部に乗り入れてカメラレンズを上下左右に動かしてみると、白い堆積物に隠れるように Plate.6 に示すような甲殻類、Plate.7 に示すような魚類が生息している様子が初めて確認できた。これらの生物が Fig.24 に示すとおりクレータの外側(約 17°C)に比べて水温が 9°C 高いクレータ内部に棲息しているということが非常に興味深い。残念ながら今回も種の特定には至らなかったが、これら生物は接写している状態での観察であることから小型の生物であることが推察できる。今後はサイズおよび種が特定できるような工夫が必要である。また、これらの生物の行動範囲はクレータ外におよぶのかどうかといった調査も必要となる。なお、このような接写時には浮遊物の反射も少ないためライトを点灯しての撮影が有効であった。

クレータ内の撮影および水温計測を終えた後、白い堆積物をカメラのフレームに絡ませて回収しようと試みたがうまくいかなかった。この堆積物の回収方法は今後の検討課題である。また、噴気孔クレータ内部の水温測定についても、噴気孔から噴き出す液体の温度を直接測定できておらず、今後検討する必要がある。

まとめ

今回行った調査で各観測点間の水温の鉛直変化には大きな差異は認められないことが分かった。また、塩分濃度の鉛直変化についても各観測点間で大きな差異は認められないことが分かった。クレータ内部の水温はその外部の水温より 9°C 高かったことから、噴気孔から噴出する気泡および液体は少なくともクレータ内部には影響を及ぼしているといえる。今回の観測地点はすべて噴気孔密集エリア内であったことから噴気孔密集エリア内外の比較ができなかった。今後、噴気孔密集エリア内外の観測を行い比較することで噴気孔から噴出する気泡および液体がクレータ外にも影響を及ぼしているのかどうか確認する必要がある。

ROV による目視観測においては映像信号の配線を改良したことにより画質が向上したこともあり、白い堆積物の様子を詳しく観察することができた。また、初めてクレータ内部で魚類と甲殻類が生息していることが確認された。クレータ内外の温度差が約 9°C あることから、これらの生物がクレータ内部だけで行動しているのか、それともクレータ外部でも行動するのか、その行動範囲は非常に興味深いものである。本調査では水温および塩

分の測定においては噴気孔からの噴出物の影響はクレータ内でしか確認することはできなかったが、ROV による目視観測ではこの海域一帯に噴気孔由来のものと思われる白い浮遊物が漂っており、少なくとも視程という点ではクレータ外にも噴出物の影響が及んでいることが確認できた。

これまで ROV による目視観測に加え、CTD およびメモリー式水温計を用いた観測を行ってきたが、今後はより定量的な考察ができるような観測手法を考案し調査していく必要がある。

謝 辞

本調査にあたってお世話になった方々にこの場をお借りして御礼申し上げます。デッキ作業で全面的にサポートし ROV 映像信号配線の改良を手伝って下さった南星丸乗組員、機材準備、積込み、積み降ろしでご協力いただいた鹿兒島大学水産学部技術部児玉正二技術職員に感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 福田隆二, 内山正樹, 日高正康, 東政能 (2011). 鹿兒島湾口山川港沖における噴気孔の確認およびその探索手法. 鹿兒島大学水産学部紀要, 60:1-11.
- 2) 内山正樹, 福田隆二, 日高正康 (2012). 鹿兒島湾口山川港沖における噴気孔の確認. 鹿兒島大学水産学部紀要, 61:1-8.
- 3) 橋本惇, 三浦知之 (1992). 鹿兒島湾の火山性噴気現象の調査概要. 深海探査技術を用いた鹿兒島湾の火山性噴気現象に関する総合研究, 1-5.
- 4) 三浦知之, 鈴木廣志, 橋本惇 (1992). 火山性噴気現象に伴う生物群集. 深海探査技術を用いた鹿兒島湾の火山性噴気現象に関する総合研究, 11-13.
- 5) 三浦知之 (2009). 鹿兒島湾の火山性ガス噴出孔とサツマハオリムシ. 海洋と生物, 31(1):28-36.
- 6) 坂本隼雄 (1992). 鹿兒島湾北部海底噴気孔周辺の水質および底質の特異性. 深海探査技術を用いた鹿兒島湾の火山性噴気現象に関する総合研究, 6-10.
- 7) 根建心具, 大木公彦, 上野宏共, 伊藤信夫, 橋本惇, 早坂祥三, 小坂丈予, 野上健治 (1992). 若御子カルデラの“たぎり”噴出部周辺の底質. 深海探査技術を用いた鹿兒島湾の火山性噴気現象に関する総合研究, 14-20.
- 8) 大木公彦, 早川祥三, 高柳洋吉 (1992). 火山性噴気現象に伴う底生有孔虫群集の垂直的变化 - 酸性水塊はいつ起こったか -. 深海探査技術を用いた鹿兒島湾の火山性噴気現象に関する総合研究, 21-24.