

鹿児島湾口山川港沖における噴気孔の確認

内山正樹^{1*}, 福田隆二¹, 日高正康²

Confirmation of Submarine Fumarole off Yamagawa Port in Kagoshima Bay

Masaki Uchiyama^{1*}, Ryuji Fukuda¹ and Masayasu Hidaka²

Keywords: Kagoshima Bay, echo sounder, ROV, submarine fumaroles,

Abstract

Submarine fumaroles was surveyed by using echo-sounder of training ship Nansei Maru, off Yamagawa Port located at a mouth of Kagoshima Bay in 2012 similar to a study by Fukuda et al. (2011)¹⁾. The submarine fumaroles were checked visually, when ROV was sunk in the point where the reflective image was obtained by echo-sounder, so this approach is effective to search the submarine fumaroles. It found by attached temperature gauge of ROV that water temperature in an upwelling of a submarine fumarole indicates 27°C which is 9°C higher than the surrounding area. Forty five points of submarine fumaroles were searched by echo-sounder. It is found that thirty nine points of them were concentrated in the narrow area within 500m radius around location at 31°-11'.7N, 130°-40'.4E (WGS).

鹿児島湾奥北東部に位置する若尊カルデラでは海底噴気孔(古くから「たぎり」と呼ばれている。以下、「たぎり」が集中する海域があり, 研究者が調査を実施し「たぎり」の位置や水質, 周辺海域の底質・生物などについての調査結果が報告され,²⁾⁻⁶⁾ 鹿児島大学水産学部附属練習船南星丸(以下, 南星丸)でも同海域で数多くの調査実習を行っている。

若尊カルデラから南へ50km離れた鹿児島湾口山川港沖において, 2009年から2011年にかけて南星丸実習航海の途中, 「たぎり」と同じような音響測深儀反射イメージ12箇所を確認し, 水中テレビカメラロボット(Remotely Operating Vehicle :ROV 以下, ROV (Video

System Q・I 3 D-DELTA-150))を使用して探索した結果, 海底噴気孔を視認した¹⁾。この海域は大隈半島を東側のカルデラ壁とし, 西側は池田湖北西方の断層崖をカルデラ壁とする阿多カルデラ⁷⁾の東半分にあたり, 未確認の海底噴気孔の存在が予想される。

そこで今回, 音響測深儀を利用した海底噴気孔探索の有効性を検証し, 未確認噴気孔の位置特定, そして, ROVによる目視観測および温度測定を実施した。

方法

海底噴気孔位置の特定

南星丸に搭載している音響測深儀(JRC COLOR ECHO

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: uchiyama@fish.kagoshima-u.ac.jp

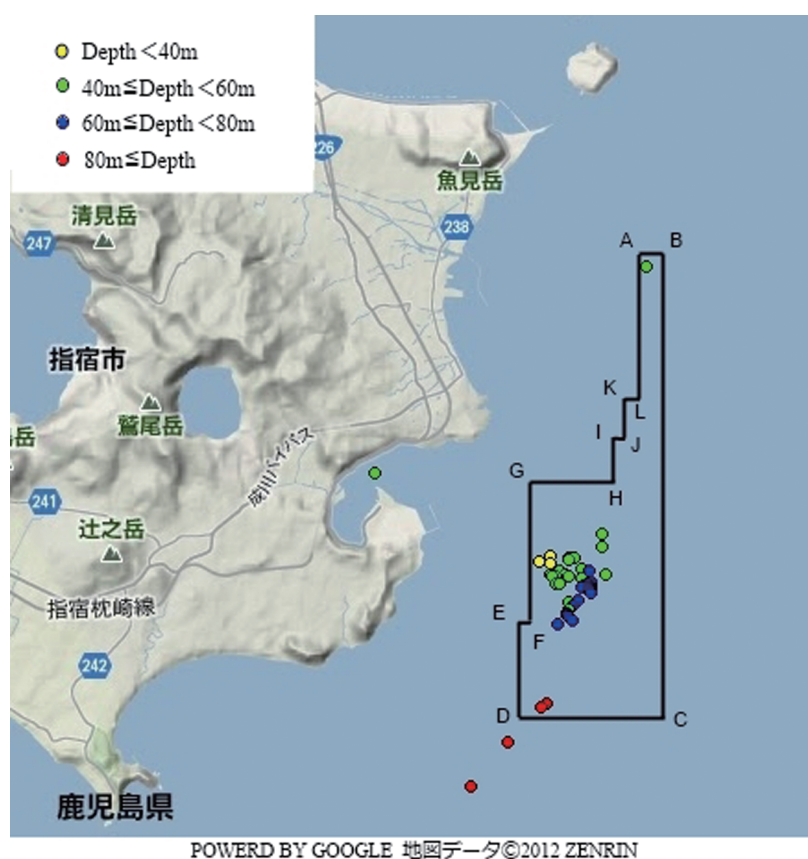


Fig.1. Map showing the survey area
 Circles indicate the location of the submarine fumarole

Search area		
Position	Latitude	Longitude
A	31°-14'.50N	130°-40'.95E
B	31°-14'.50N	130°-41'.20E
C	31°-10'.50N	130°-41'.20E
D	31°-10'.50N	130°-39'.85E
E	31°-11'.30N	130°-39'.85E
F	31°-11'.30N	130°-39'.90E
G	31°-12'.50N	130°-39'.90E
H	31°-12'.50N	130°-40'.70E
I	31°-13'.00N	130°-40'.70E
J	31°-13'.00N	130°-40'.80E
K	31°-13'.40N	130°-40'.80E
L	31°-13'.40N	130°-40'.95E

Table 1. Sea area surveyed by using echo-sounder

SOUNDER JFV - 130,200/50kHz) を使用し Table 1 に示す A ~ L の各点を順に結ぶ海域を東端は東経 130 度 41.20 分から西端の東経 130 度 39.85 分の間を、経度 0.05 分 (約 78m) の間隔で速力 6 ノットを保って南北に航走しながら、海底面からの噴気反射イメージを探索した。

なお、探索海域がいつになつているのは沿岸水域の水深と浅瀬の存在によるものである。

海底噴気孔の目視観測および水温変化の調査

鹿児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¹⁾において撮影した噴気孔とは異なる地点で ROV を投入し目視観測を行ったが、そのさい海底噴気孔の温度変化を測定するためメモリー式水温水深計 (ア



Plate 1. Depth and temperature meter attached to the ROV

レック電子(株)COMPACT-TD) を ROV 側面に Plate 1 に示すように取り付け、さらに現場の速い流れで ROV が流されてしまわぬよう重りを底面に Plate 2 に示すように取り付けた。

2012 年 5 月 30 日に行った音響測深儀による調査で、Plate 3 に示す海底噴気反射イメージが 4 箇所から立ち上っている水深 63m の位置、北緯 31 度 11.632 分、東経 130 度 40.492 分 (世界測地系) に南星丸を移動させた後は、ROV キャブタイヤコードまき込みや切断を防止するために本船プロペラを止め、ポンプジェットスラストのみ使用して船位保持を行いながら ROV 目視観測を行った。



Plate 2. The weight attached to the ROV

結果

海底噴気孔

2012 年 5 月 ~ 8 月の間、付近海域で行われた乗船実習の空き時間を利用しての音響測深儀による探索で確認した海底噴気孔の位置を Fig.1 および Table 2 に示す。Fig.1 の○印は噴気孔位置の水深 40m 未満を黄色、40m 以上 60m 未満を緑色、60m 以上 80m 未満を青色、80m 以上を赤色にて色分けしている。

その結果 A ~ K の各点を結んで囲まれる精密調査海域内で 42 箇所、範囲外で 3 箇所の海底噴気孔を確認した。調査中の噴気反射イメージの一部を Plate 3 ~ Plate 6 に示す。

今回の探索では総計 45 箇所の海底噴気孔のうち 39 箇所が山川港鵜瀬灯台より南東 1.6 海里にある口ノ曾根、水深 7.7m の北東方 0.5 海里、北緯 31 度 11.7 分、東経

130 度 40.4 分 (世界測地系) を中心とする半径 500m の狭い範囲に集中していることが確かめられた。

ROV 目視観測

ROV 移動は 2011 年に行った観測と同じように¹⁾、ROV 本体動力プロペラでの水中移動にたよらず、南星丸直下に吊るし本船の位置修正により行った。その時の音響測深儀反射イメージが Plate 7 および Plate 8 で、風潮流の影響が大きく本船定点保持は Plate 7 で 1 分 15 秒、Plate 8 で 1 分程度しか行えなかった。ROV を着底させた後に水中ライトを消灯し 360 度旋回させたところ、付近海底面にまず白色の堆積物 Plate 9 および Plate 10 を発見、その先にクレーター状のくぼみがありその中より気泡が勢よく噴出している様子を視認した Plate 11。

その後、水中ライトを点灯したところ海底からの液体湧出でおこるゆらぎを見ることができた Plate 12。また、

No.	Year/Month/Day	Latitude	Longitude	Depth
1	2012/5/28	31°-10'.533N	130°-40'.088E	83
2	2012/5/30	31°-11'.885N	130°-40'.014E	13.7
3	2012/5/30	31°-11'.753N	130°-40'.197E	46
4	2012/5/30	31°-11'.684N	130°-40'.196E	51.6
5	2012/5/30	31°-11'.761N	130°-40'.307E	55
6	2012/5/30	31°-11'.921N	130°-40'.399E	47.1
7	2012/5/30	31°-11'.457N	130°-40'.395E	65.7
8	2012/5/30	31°-11'.326N	130°-40'.394E	67.7
9	2012/5/30	31°-11'.632N	130°-40'.492E	63
10	2012/5/30	31°-11'.721N	130°-40'.493E	55
11	2012/5/30	31°-11'.812N	130°-40'.495E	55
12	2012/5/30	31°-11'.802N	130°-40'.577E	62
13	2012/5/30	31°-11'.694N	130°-40'.585E	64.5
14	2012/5/30	31°-11'.644N	130°-40'.589E	66.2
15	2012/5/30	31°-11'.592N	130°-40'.589E	65.4
16	2012/5/31	31°-11'.936N	130°-40'.134E	33.7
17	2012/5/31	31°-11'.874N	130°-40'.135E	30.2
18	2012/5/31	31°-11'.766N	130°-40'.137E	40.8
19	2012/5/31	31°-11'.398N	130°-40'.322E	67.1
20	2012/5/31	31°-11'.759N	130°-40'.765E	50
21	2012/5/31	31°-11'.928N	130°-40'.346E	46.5
22	2012/6/4	31°-11'.684N	130°-40'.552E	62.2
23	2012/6/4	31°-11'.650N	130°-40'.503E	63.6
24	2012/6/4	31°-10'.535N	130°-40'.106E	86.3
25	2012/6/4	31°-11'.382N	130°-40'.333E	66
26	2012/6/4	31°-11'.495N	130°-40'.335E	58
27	2012/6/4	31°-11'.429N	130°-40'.340E	50
28	2012/6/4	31°-11'.746N	130°-40'.339E	52
29	2012/6/5	31°-10'.160N	130°-39'.661E	92.9
30	2012/6/5	31°-09'.732N	130°-39'.255E	96.3
31	2012/6/5	31°-12'.025N	130°-40'.714E	56
32	2012/6/5	31°-12'.157N	130°-40'.713E	50.2
33	2012/6/5	31°-12'.725N	130°-38'.192E	45
34	2012/6/14	31°-14'.707N	130°-41'.215E	59
35	2012/6/28	31°-11'.511N	130°-40'.439E	65
36	2012/7/6	31°-11'.296N	130°-40'.225E	70
37	2012/7/10	31°-11'.610N	130°-40'.534E	63
38	2012/7/10	31°-11'.640N	130°-40'.568E	64
39	2012/7/10	31°-11'.353N	130°-40'.404E	66
40	2012/7/10	31°-11'.432N	130°-40'.349E	65
41	2012/7/10	31°-11'.912N	130°-40'.335E	49
42	2012/8/23	31°-10'.491N	130°-40'.045E	89
43	2012/8/23	31°-11'.744N	130°-40'.153E	43
44	2012/8/23	31°-11'.803N	130°-40'.248E	50
45	2012/8/23	31°-11'.682N	130°-40'.248E	55

Table 2. Position of the submarine fumaroles were detected by echo-sounder

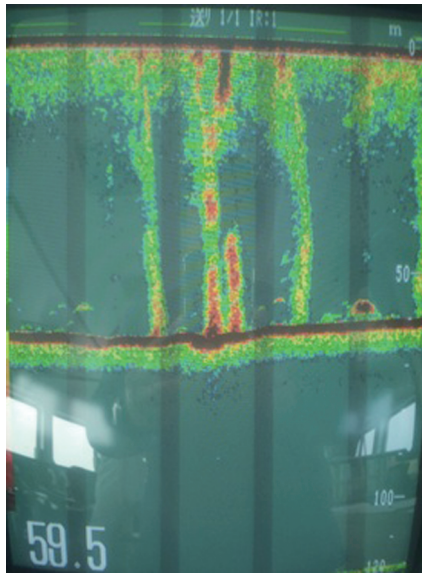


Plate 3. Image from echo-sounder depth of 63m

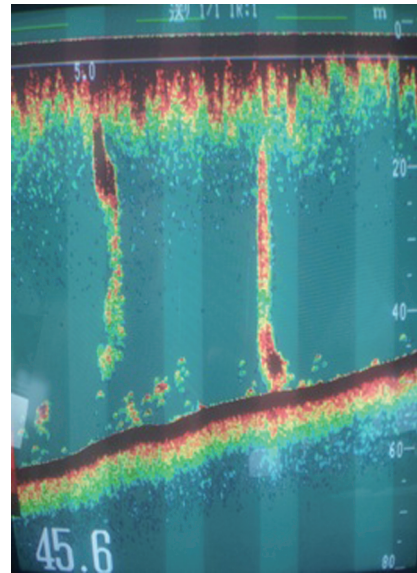


Plate 4. Image from echo-sounder depth of 50m ~ 60m

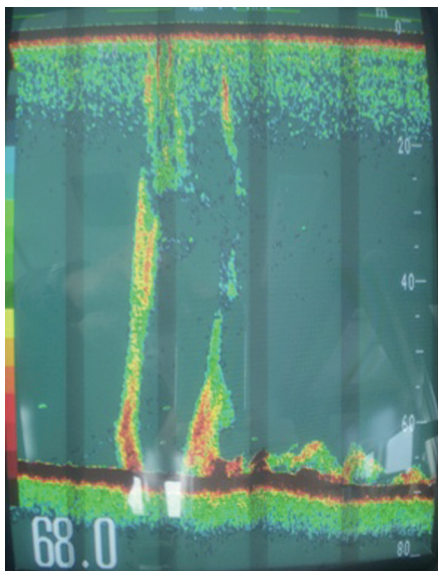


Plate 5. Image from echo-sounder depth of 68m

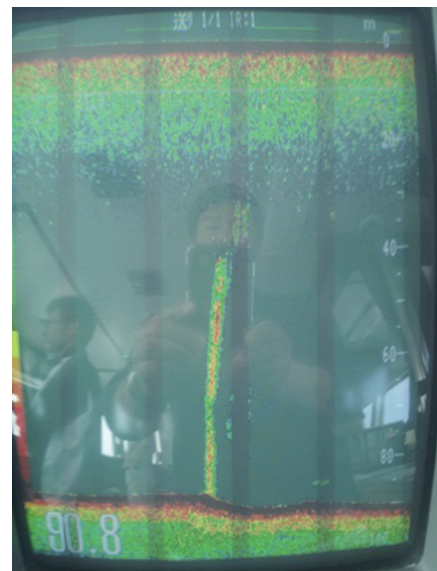


Plate 6. Image from echo-sounder depth of 83m

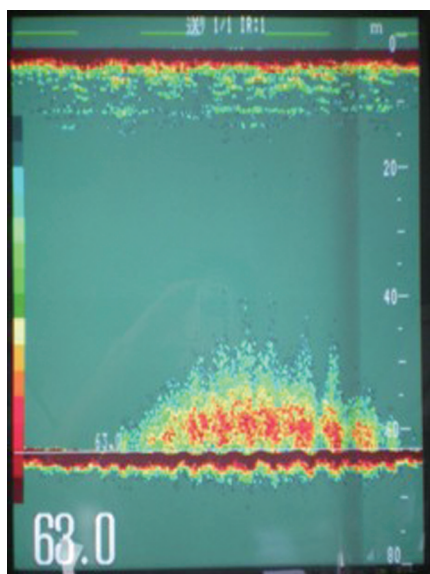


Plate 7. Echo-sounder image right above a fumarole
(1 minute and 15seconds)

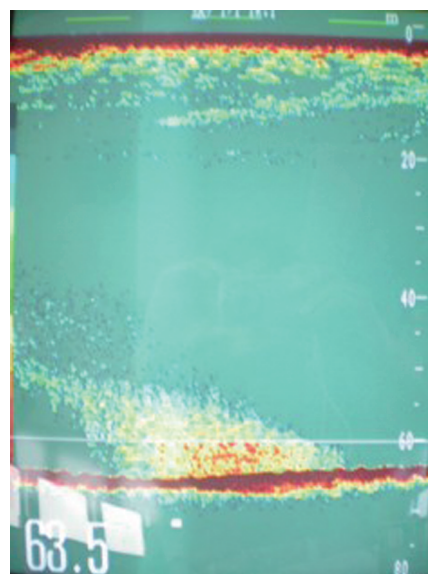


Plate 8. Echo-sounder image right above a fumarole
(1 minute)



Plate 9. White sediment image from ROV video record
Turn off the lights

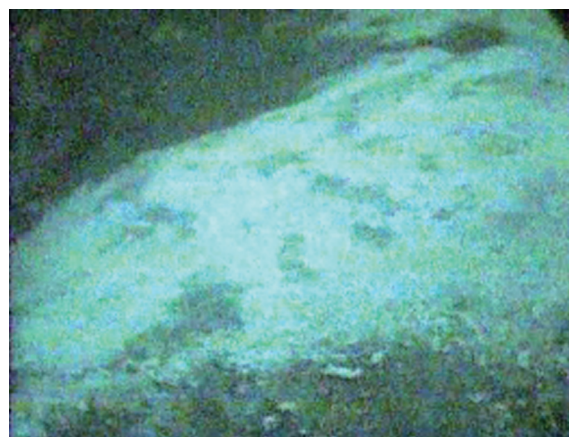


Plate 10. Short distance view of white sediment image from ROV
video record
Turn off the lights

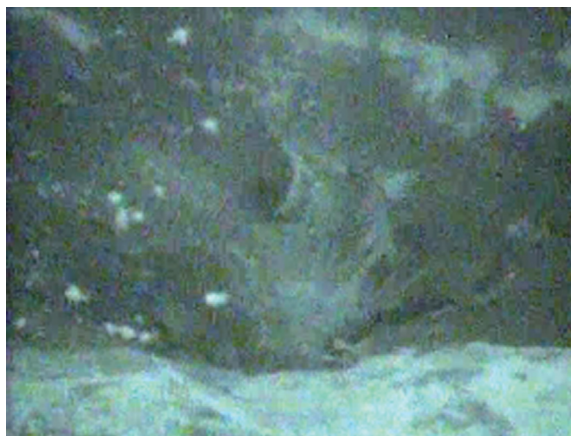


Plate 11. Bubbles image spouting from fumarole from ROV video
record
Turn off the lights

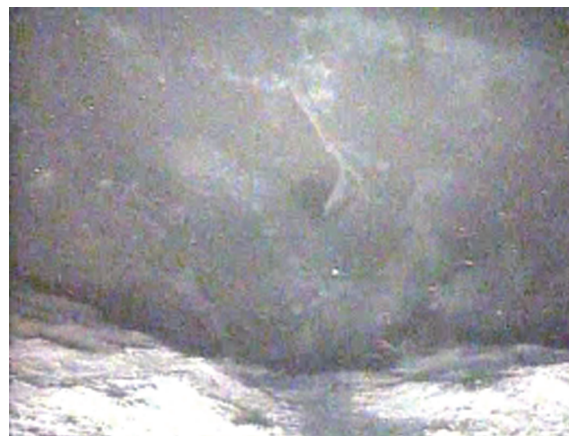


Plate 12. Image of sway from fumarole from ROV video record
Turn on the lights



Plate 13. Small vents image around fumarole from ROV video record
Turn on the lights

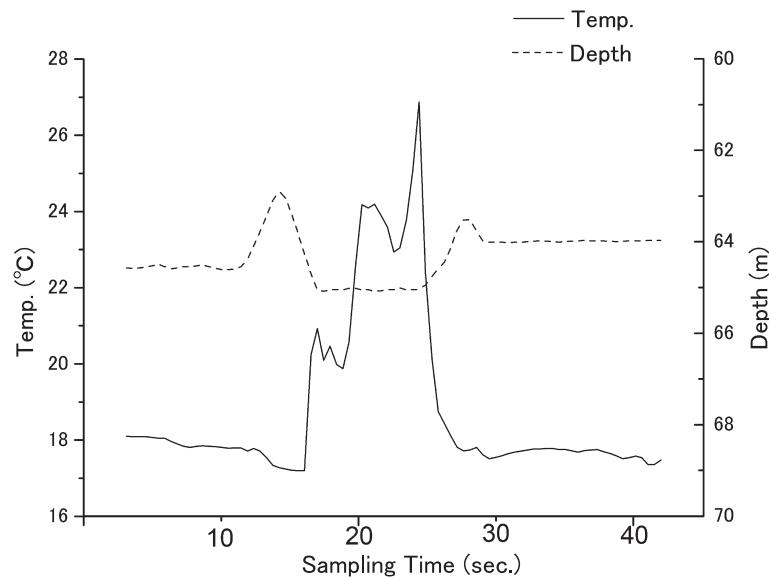


Fig. 2. Depth and temperature in the submarine fumarole

くぼみの周辺にはサイズは小さいものの気泡を噴出して
いる多数の海底噴気孔も捉えたPlate 13。

温度と水深変化の計測

クレーター状のくぼみ、およびその周辺観察を終えた
後、ROVをくぼみの中に乗り入れることで水温の測定
を試みた。水温の予測がつかないため高温によりROV
本体および水深水温計が破損しないよう海底噴気孔の直
上に位置することを避け、乗り入れ測定時間は15秒間
と非常に短時間であったが、Fig 2に実線で示すよう乗
り入れ前18°Cの水温が、くぼみに入った直後急激に上
昇、ピーク水温は27°Cに達し、周辺水温と比べて9°C
の温度差を得た。

また、水深を点線で示すがクレーター周辺は63m～

63.5mと盛り上がり、内部は65mまで深くなっている
ことがわかった。

考察

海底噴気孔の確認手法

2011年と同様に音響測深儀を使用して海底噴気孔の
探索を行い、反射イメージを得た地点で船体直下に吊り
下げたROV目視観測により、噴気孔の探索および観測
が比較的短時間でできたことは、噴気孔の位置確認に音
響測深儀を利用することの有用性を実証していると思わ
れる。

ただ、音響測深儀の周波数には低周波(50kHz)と高
周波(200kHz)があり今回の調査では主に低周波を使

用し、海底噴気孔からの反射イメージを捉えた後、高周波で確認を行ったが、高周波では反射イメージが弱くなる傾向が見られた。これは、音響測深儀垂直ビーム幅が低周波で35度、高周波で6度あり、水深50mにおいて低周波は約32mの幅を、高周波は約5mの幅を走査し、そして、水深80mにおいて低周波は約52mの幅を、高周波は約8mの幅を走査するためと思われる。精密調査海域にて南北に本船を走らせた航走線の間隔は約78mである。このため水深が80mを超える場所における今回の調査手法では、同一噴気孔を捉えている可能性も出てくるため反射イメージを確認し、噴気孔の位置が接近している場所では、操船上かなり難しい面はあるが音響測深儀の垂直ビーム幅を考慮した航走線間隔を設定し直して、音響測深儀の高周波を用いて再度精査する必要がある。

精密調査海域以外でも3箇所海底噴気孔の反射イメージを確認したため、阿多カルデラ海域内にて探索域を拡げさらに調査する必要がある。

ROV目視観測

水深60m程度の水深までは、晴天時において光が海底までわずかながら届き、水中ライトの点灯・消灯により対象物の鮮明度が違うことがわかった。

海底噴気孔近くに見られる白い堆積物や噴気孔から出る気泡は消灯時が見やすくなり、一方立ち上がるゆらぎは点灯時が見やすかった。そのため噴気孔目視観測を行うさい、洋上の光が届く水深の場合はライトを点灯してROVを降下させ、海底が確認できた後は消灯して、噴気孔やその近くにある堆積物を検索する手法が有効と思われる。

海底噴気孔および周辺環境

鹿児島湾奥、若尊カルデラにある「たぎり」では海底噴気孔にて摂氏156度²⁾の記録が残されていたので、今回の観測では水温計を装着したROVを長時間噴気孔の直上に留めることは躊躇され15秒で離脱したが、周辺海水温より明らかに高温であることが確認できた。本調査では水温変化しか確認できなかったが、今後は正確な温度測定法の考案、堆積物、湧水や気泡を採集・分析することで山川港沖の海底噴気孔にかかわる鉱物・水質そ

して生物についてさらなる調査を行い、若尊カルデラの「たぎり」周辺海域と比較することが必要である。

謝辞

本調査にあたってご助力下さった水産学部南星丸乗組員、水産学部技術部児玉正二技術員にご助言やご協力いただきました。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 1) 福田隆二, 内山正樹, 日高正康, 東政能 (2011). 鹿児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. 鹿児島大学水産学部紀要, 1-11.
- 2) 橋本惇, 三浦知之 (1992). 鹿児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児島湾の火山性噴気現象に関する総合研究, 1-5.
- 3) 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児島湾の火山性噴気現象に関する総合研究, 11-13.
- 4) 坂本隼雄 (1992). 鹿児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児島湾の火山性噴気現象に関する総合研究, 6-10.
- 5) 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児島湾の火山性噴気現象に関する総合研究, 14-20.
- 6) 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児島湾の火山性噴気現象に関する総合研究, 21-24.
- 7) MATSUMOTO, T. (1943). The Four Gigantic Caldera Volcanoes of Kyushu. Jap. Jour. Geol. and Geogr., 19, Special Number, 1-57.
- 8) 大木公彦 (2009). 鹿児島湾の地質学的背景と堆積環境. 海洋と生物, 31 (1):12-20.
- 9) 三浦知之 (2009). 鹿児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.