

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

福田隆二^{1*}, 内山正樹¹, 日高正康², 東 政能³

Confirmation of Submarine Fumarole off Yamagawa Port in Kagoshima Bay and their Search Method

Ryuji Fukuda^{1*}, Masaki Uchiyama¹, Masayasu Hidaka², Masataka Higashi³

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

Abstract

Submarine fumaroles, "Tagiri" in Japanese, located in inner Kagoshima Bay have been frequently observed by a training ship Nansei Maru. The basic searching method is to keep the ship over the submarine fumaroles by finding bubbles spouting from them when a sea surface is relatively calm, or by finding a certain vertical echo-sounding image of bubbles originated to submarine fumaroles when a sea surface is rough condition. Similar echo-sounding images to "Tagiri" have been obtained off Yamagawa Port located at a mouth of Kagoshima Bay. Submarine fumarole located off Yamagawa Port had been searched by a ROV. The fumarole discharge sand, water and bubbles. Additional bubbles spouted from small vents in the area. The biological and sedimentary environments around fumarole are widely different from the "Tagiri" area. The submarine fumarole discovered by this project is located at 31°-11.912N, 130°-40.333E (WGS) and the depth is 49.4m.

目 的

鹿児島大学水産学部附属練習船南星丸 (Plate 1 以下, 南星丸) では鹿児島湾奥北東部に位置する水深約 200m の若尊カルデラにある海底噴気孔 (古くから「たぎり」と呼ばれている。以下, 「たぎり」) 付近で CTD, 採泥, ROV 探索等の観測を 1 年に 10 回程度行っている。「たぎり」周辺は凹地形になっており世界でも珍しい酸性水塊を形成し, 現在も多くの研究者が注目する海域となっている。「たぎり」の存在する位置は大まかに確定されているが, 海底にある噴気孔を確認した時の船位を用いるため, 噴気孔の正確な位置を緯度経度で表すことは困難である。

このため南星丸が実習観測で「たぎり」を観測する際に目安としているのが, 「たぎり」から噴出する気泡である。気泡が海表面に上がってくるのを目視で探しその直上に船を停止させる。この場合気泡は潮流の影響を受けているので, 噴気孔の直上に船が停止していることはまずあり得ないと考えられるが, 噴気孔が 1 箇所だけでなくこの海域にある程度の範囲をもって点在しているため¹⁾, この方法で水中カメラによる「たぎり」の撮影, 「たぎり」付近の採泥, CTD 観測が可能となっている。

しかし, 強風で波がある場合または雨天時など海表面が荒れる時には, 気泡を目視することが出来ない。このような荒天時に「たぎり」の付近に停船させる手段とし

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)

3 鹿児島大学水産学部附属練習船かごしま丸 (Training Ship Kagoshima Maru, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan)

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

て音響測深儀を使用している。噴気孔から噴出された気泡は海底から上昇するに従って大きくなり、音響測深儀が発信した音波を反射できる大きさになるとモニターに表示される。このエコーが現れる位置に船を停船させることで、気泡目視による停船方法と同等の精度で「たぎり」へ接近することが可能である。Plate 2は「たぎり」付近における音響測深儀のモニターをデジタルカメラで撮影したもので、海底付近から海表面に向かって垂直に伸びる反射イメージが「たぎり」から噴出される気泡のエコーである。このように、音響測深儀を利用して噴気孔へ接近できるのであれば、未だ報告されていない「たぎり」と類似した海底噴気孔を本手法で確認できるのではないかと考えた。

南星丸では2009年8月頃から、鹿児島湾口阿多カルデラ内の山川港沖水深約50mの地点において「たぎり」と似た音響測深記録を確認していた。その反射強度は観測日、場所によって異なるものの、ある一定の範囲において複数の「たぎり」と似た反射イメージを確認することができた。その反射イメージを確認した日時、位置及

び水深をTable 1に、またその時の音響測深儀のモニター画面をデジタルカメラで撮影したものの一例をPlate 3に示した。そして、鹿児島湾奥「たぎり」の海域とともに山川港沖で「たぎり」に似た反射イメージを確認した海域をFig.1に図示した。2つの地点は大きく離れているが、Plate 2とPlate 3を比較して分かるように「たぎり」と山川港沖での音響測深記録は非常に似ており、山川港沖においてもこのような音響測深記録が現れる付近に海底噴気孔があるのではないかと考えた。

この研究では、

1. 鹿児島湾奥に位置する「たぎり」以外の海域で海底噴気孔の存在を確認するために音響測深儀利用の有効性を検証すること
2. 上記1の検証を行うために「たぎり」と似た音響測深記録が確認できる海域で海底噴気孔を確認するための簡易的な手法を確立すること
3. 海底噴気孔の存在が確認できた場合、ROVを用いて噴気孔およびその周辺の目視観察を行うことを目的としている。

D/M/Y	Lat.	Long.	Depth	Notes
Unconfirmed	31°-11'.61N 31°-12'.31N	130°-40'.05E 130°-40'.68E	Unconfirmed	Confirmed 4 responses between these points.
Unconfirmed	31°-11'.76N	130°-40'.05E	Unconfirmed	
10/11/2009	31°-11'.80N	130°-40'.24E	Unconfirmed	
02/12/2010	31°-11'.93N	130°-40'.34E	Unconfirmed	
20/05/2010	31°-19'.23N	130°-40'.43E	Unconfirmed	
08/11/2010	31°-13'.22N	130°-40'.96E	53m	
15/11/2010	31°-13'.56N	130°-41'.01E	Unconfirmed	
02/12/2010	31°-11'.76N	130°-40'.20E	48m	
03/12/2010	31°-11'.64N	130°-40'.16E	55m	
23/08/2011	31°-11'.91N	130°-40'.33E	49.4m	
05/09/2011	31°-11'.81N	130°-40'.34E	Unconfirmed	

Table 1. Positions obtained similar echo-sounding image to “Tagiri” off Yamagawa.



Plate 1. The training ship Nansei Maru. (175GT, Length/ 41.96M, Breadth/ 7.50M, Depth/3.3M, Capacity/ 30 persons)

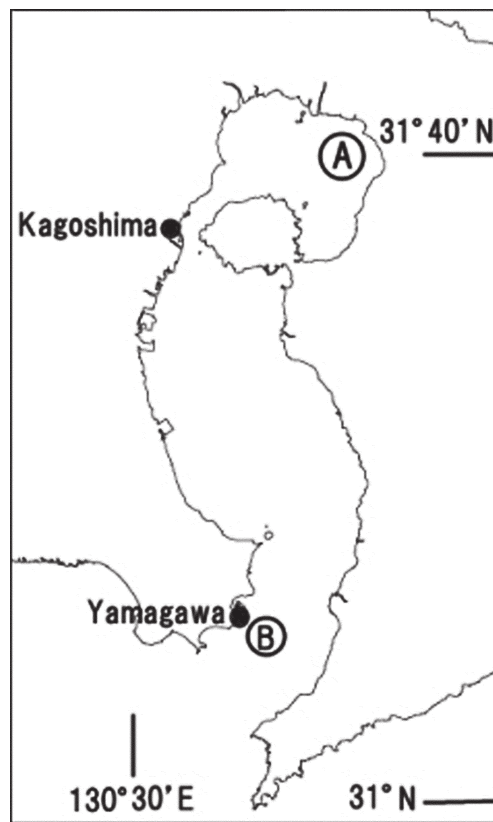


Fig.1. Map of the Kagoshima Bay.
A shows the location of the “Tagiri” area. B shows search area off Yamagawa Port.
(Modified from: http://technocco.jp/n_map/0460kagoshima/0460kagoshima_a36.png)

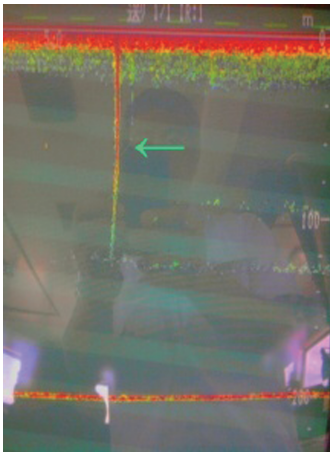


Plate 2. An image from echo-sounder to bubbles at the "Tagiri" area.

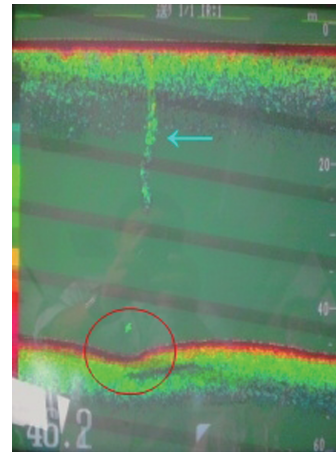


Plate 3. An image from echo-sounder off Yamagawa.

方 法

使用機器及び人員配置

探索は南星丸、音響測深儀 (JRC COLOR ECHO SOUNDER JFV - 130, 200/50kHz), ROV (Video System Q・I 3D-DELTA-150) を使用して行う。人員は南星丸の船橋に1名、デッキに3名配置する。船橋の1名は音響測深儀のモニタリング及び操船, 船位の確認を行うこととした。デッキの3名はROV操作班とし, 2名はROVと繋がっているキャプタイヤケーブルの繰出しと巻き取

り, 1名はROVにて撮影される映像のモニタリング及びROVのスラスト操作を行うこととした。

今回, ROV専用の録画装置であるVHSビデオデッキが故障しているため, ROVカメラからROV船上局へ送られてくる映像は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レコーダに入力して録画することとした。

Fig.2に映像信号の配線図を示す。

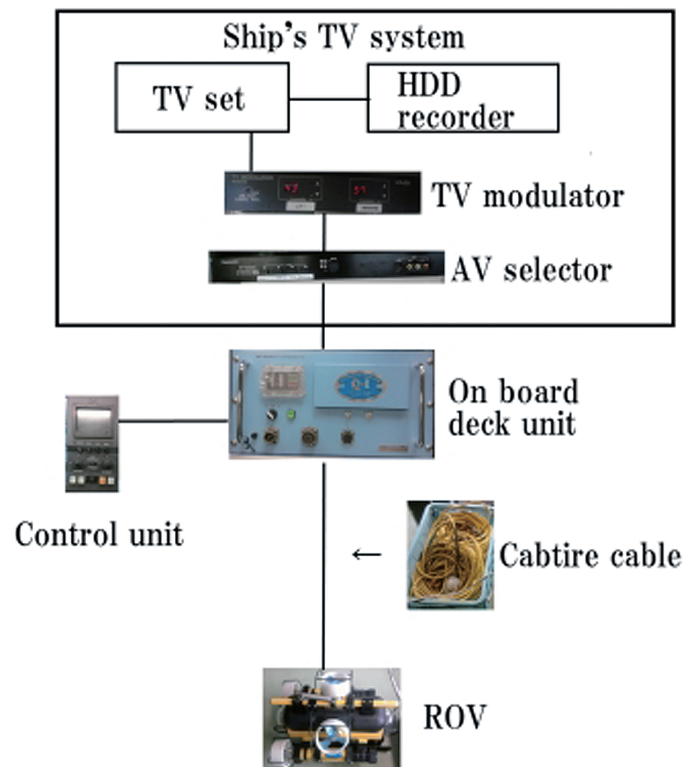


Fig.2. Diagram of wiring for recording video signal.

海底噴気孔探索の手順

手順としては山川港沖の Table 1 に示す海域を調査領域とし、音響測深儀 (50kHz) を作動させながら南星丸を航走させ、Plate 1 の画像と類似した反応が現れる地点に船を停船させる。停船後直ちに ROV を海中に投入し、海底の探索を行う。噴気孔の発見が出来ないまま目的位置から離れてしまった場合は、360° どの方向にも推力を得ることのできるポンプジェットスラストによって潮上りを行い船が目的位置にうまく流れていくような位置で停船漂泊し、探索を繰り返す。

今回使用する小型の ROV は航走性能が悪く、ケーブルを長く伸ばした場合はその重みで航走できなくなり、潮流が強い場合には海底を自走させても海底の堆積物を巻き上げるだけであまり移動できないため、カメラが下向きになるように錘を取り付け、船上からキャプタイヤケーブルで海底に着底しないように吊り下げた状態で、船を風潮流にまかせて漂泊させることにより移動しな

がら海底の探索を行う。噴気孔を発見した場合は直ちに ROV を海底に着底させ、その後 ROV のスラストを作動させ ROV の向きを調整することとした。同時に船橋にも連絡し南星丸のポンプジェットスラストを用いて ROV のキャプタイヤケーブルが海底に向かって垂直に延びていくように、出来るだけ船位を保持する。しかし風潮流の状態によっては船位の保持が困難なため、キャプタイヤケーブルの繰出し巻き込み係はケーブルが張って ROV を引きずってしまわないように、ある程度の張力がかかった場合は相当な長さ繰出すこととした。

結 果

2011 年 8 月 23 日に探索を行った。探索中の 1 時間毎の気象状態を Table 2 に示す。探索中にビューフォート階級 4 の風が吹くこともあり、この場合、船の漂流速度が速くなるため船を風潮流に任せて漂泊させながらの ROV 探索には適した条件とは言えない天候であった。

Time	Weather condition	Wind		Atmospheric pressure (hpa)	Air temp.(°C)	Sea surface temp.(°C)
		Direction	Force			
11	c	SW	2	1009.0	30.5	28.8
12	bc	South	4	1008.4	30.1	28.8
13	bc	South	4	1007.9	30.5	28.9
14	bc	SSW	3	1007.7	30.3	28.9
15	c	SSW	4	1007.5	30.9	28.9

Table 2. Weather conditions encountered during the search for fumaroles.

山川港沖の目標地点付近で音響測深儀を用いて気泡らしきエコーを観測し、停船漂泊した。停船した直後に ROV を海中に投入し噴気孔の探索を開始した。これまでこの海域で海面上の気泡を視認したことは無かったが、今回は ROV による探索中に、少ないながらも海面上に気泡が上がってくるのを視認することができた。ROV を海底付近で吊り下げた状態でスラストを操作して ROV の向きを変え、気泡その他の噴気孔につながる手がかりを探しつつ、ROV が海底に着底して堆積物を巻き上げてしまわないように注意しながら探索を行った。探索中の ROV カメラの静止画像を Plate 4 ~ Plate 23 に示す。Plate 4 に見られるように海水の透明度も悪く、画質も鮮明とは言い難い状態であった。1 回目の探索では噴気孔を発見できず、気泡らしきエコーを観測した位置から離れてしまいポンプジェットスラストで潮上りする作業を数回繰り返した。

探索中に撮影した海底の状態は、Plate 5 ~ Plate 7 に示すように海藻類がまばらに生息し、砂地がむき出しになっている場所がほとんどであった。撮影した動画を静止画像にするとさらにぼやけた画像となり、映像から種の特定を行うことは不可能であった。Plate 8 ~ Plate 11 に見られるように数種類の魚類も確認できたが、貝類は貝殻のみ、甲殻類は探索中には認められず、後日の記録映像再生時に 1 個体の存在が確認できたのみであった。また、Plate 12 に示すように、付近にカゴ漁具が設置され、そのカゴの中に魚類が入っているのが確認できた。その他、Plate 13 及び Plate 14 に示すような生物か鉱物か映像の分解能が粗いため判別できないものや、Plate 15 および Plate 16 のような大小の噴気孔跡のような穴が観察された。

北緯 31 度 11.912 分、東経 130 度 40.333 分 (世界測地系)、水深 49.4m の地点において「たぎり」付近にあるものと

よく似た白い堆積物を確認した。堆積物に近づいた時点でキャプタイヤケーブルを繰出し、カメラを海底に着底させ撮影した静止画像が Plate 17 である。船橋でポンプジェットスラストにより船位の保持を行いつつ ROV の姿勢制御を行い、ケーブルの張り具合を調整して ROV の位置の保持に努め、ROV の向きを変えるタイミングを計りながら離着底を繰り返し堆積物の方向へカメラレンズを向けることができたとき、堆積物の直近に噴気孔を発見した。Plate 18 ~ Plate 20 はその際撮影された映像の静止画像で、画像内の丸印が気泡、中心付近の凹部分が噴気口である。静止画像では判別しにくい撮影さ

れた動画を観察すると Plate 21 で示すように噴気孔から砂が巻き上げられ、また間欠的に気泡も湧出していることが確認できた。周囲には Plate 22 に示すような小さな噴気孔も多数確認され、Plate 23 のように砂が巻き上げられている噴気孔の周辺部でも気泡を噴出している様子を観察できた。また、温度や溶け込んでいる物質が異なる流体が混じり合う際に生じる海水の揺らぎも撮影した動画で確認できた。今回の探索では噴気孔を発見してから 20 分ほど撮影を行い、勢いに強弱があるものの、この間継続して砂を巻き上げていることが確認できた。



Plate 4. Still image of ROV video record during the project.



Plate 5. Seaweed image from ROV video record.

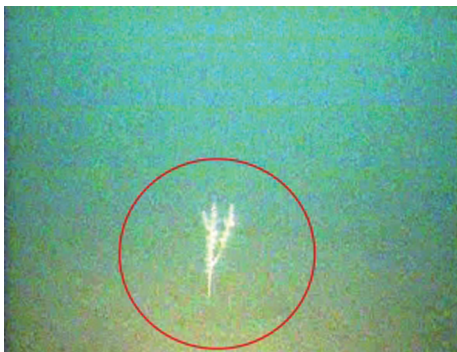


Plate 6. Seaweed image from ROV video record.



Plate 7. Seaweed image from ROV video record.



Plate 8. Fish image from ROV video record.



Plate 9. Fish image from ROV video record.



Plate 10. Fish image from ROV video record.



Plate 11. Fish image from ROV video record.

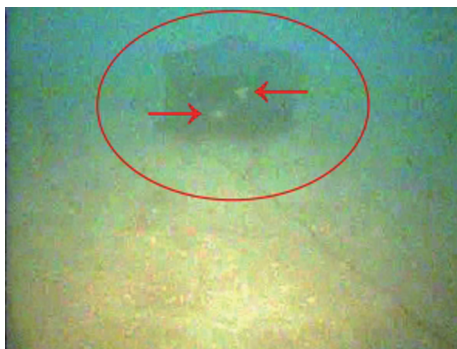


Plate 12. Fishing gear (Trap) image from ROV video record.



Plate 13. Unknown object image from ROV video record.



Plate 14. Unknown objects image from ROV video record.



Plate 15. Similar holes image to fumarole from ROV video record.



Plate 16. Similar hole image to fumarole from ROV video record.



Plate 17. White sediment image from ROV video record.



Plate 18. Bubbles image spouting from fumarole from ROV video record.



Plate 19. Bubbles image spouting from fumarole from ROV video record.



Plate 20. Bubbles image spouting from fumarole from ROV video record.



Plate 21. Sand image spouting from fumarole from ROV video record.



Plate 22. Small vents image around fumarole from ROV video record.



Plate 23. Bubbles image spouting from small vent around fumarole from ROV video record.

考 察

海底噴気孔探索における音響測深儀使用の有効性

今回の鹿児島湾口山川港沖の海底噴気孔（以下、山川沖噴気孔）探索において音響測深儀に Plate 2 及び Plate 3 のような海底付近から海面に縦に伸びる音響測深記録がある地点を ROV によって観察し、付近の海底で未だ報告されていない噴気孔を確認した。「たぎり」を対象に音響測深儀を使用して調査を行った橋本ら¹⁾の報告があるが、改めて、海底噴気孔の存在を確認するために音響測深儀を利用することが有効であるということを立証

することができた。Plate 2 及び Plate 3 の反射イメージを見ると海底付近では気泡のエコーがとらえられていないにもかかわらず、中層から表層にかけて気泡のエコーがとらえられているが、これは噴気孔から湧出している気泡が上昇するにつれて水圧低下により体積が増加するためであると考えられる。噴気孔から湧出したばかりの体積が小さな気泡のエコーをとらえることが可能になれば噴気孔の位置を確定することが可能になると考えられる。また、Plate 3 の丸印で示した海底は周辺よりも 1m 程深くなっており今回撮影した噴気孔の映像と照らし合

わせてみるとこの部分が噴気孔と推定されるが、Plate 2の反射イメージでは海底はフラットになっている。今後、海底の形状によって噴気孔のより詳細な位置が推定できるか調査が必要である。

山川沖噴気孔付近は「たぎり」のある湾奥部よりも潮流が強い地点である。^{2, 3)} 今回の調査では探索海域の潮流の観測は行っていない。そこでROV着底時に堆積物を巻き上げることによっておこる濁りに注目した。この濁りは「たぎり」付近におけるROV探索ではなかなか消滅せず、消滅するまでに1分以上要することもある。しかし、山川沖噴気孔におけるROV探査では10秒程で消滅する。堆積物の種類や粒度による違いとも考えられるため今後詳細な観測が必要であるが、「たぎり」付近の潮流よりも山川沖噴気孔付近の潮流の方が速いと推測される。これにより山川沖噴気孔から湧出する気泡の方が「たぎり」から湧出する気泡よりも大きく流されるということになる。これに対して、両地点の水深は「たぎり」付近では約100m～200mなのに対し、山川沖噴気孔では約50m程度であるため、山川沖噴気孔の気泡は「たぎり」の気泡よりも短時間で海面に達する。このため、噴気孔から湧出した気泡が海面に達するまでの水平移動距離はそれほど大きくならず、音響測深記録により船を噴気孔の付近に停船させることが可能となり、たぎりと同様に噴気孔付近の観察を行えたと考えられる。探索開始から約3時間と比較的早い時間で噴気孔を確認できたことから、今回のように水深と潮流の速さのバランスが適切であれば今回用いた手法によって噴気孔を確認することが可能であり、反対に水深が深い海域または潮流の速い海域では音響測深儀により気泡のエコーを捉える事が出来ても気泡が海底から海面に上昇する間に大きく流され、噴気孔を確認することは困難になると考えられる。今後、気泡の浮上速度を詳細に観測すれば、水深と水中各層の流速から気泡が海底から海面に達するまでの水平移動距離を推測することが可能になり、より効率的に噴気孔探索を行うことができると考えられる。

噴気孔探索の手法について

今回の探索では大がかりな機器は用いず、出来るだけ容易に探索を行うことを目標とした。比較的潮流の強い場所でキャプタイヤケーブルを長く伸ばすとその重みによって操縦性能が落ちてしまうような推進力の小さな小型のROVを用いて海底探索を行う際にはROVを自走させることをあきらめてあらかじめ船を潮上に停船させ、風潮流に任せて漂泊させ、ROVは吊り下げた状態で探索を行う方法が非常に有効であった。噴気孔だけでなくあらかじめ目標の大まかな位置が分かっている目標

物の観察、回収不能に陥った海底設置型の観測機器の確認など、他の海底探索にも有効な手法であると考えられる。

今回の調査では、船橋にて操船および音響測深儀のモニタリングを行う者（以下、操船者）とデッキにてROVの画像をモニタリングしROVスラストの操作を行う者（以下、ROVオペレータ）、さらにROVキャプタイヤケーブルの繰出し、巻き取りを行う者2名（以下、ケーブル係）を配置した。

噴気孔探索中は操船者が調査海域にて船を漂泊させ、船位、水深の情報を細かくROVオペレータに連絡した。ROVオペレータは操船者からの船位、水深の情報とROVからの画像情報を考慮してROVが海底に着底しないように、またROVが海底から離れすぎないようにケーブル係に繰出し、巻き上げの指示を出し、ケーブル係はROVオペレータの指示通りキャプタイヤケーブルの操作を行った。

噴気孔発見時には発見した瞬間にROVオペレータがケーブル係へケーブル繰出しの指示を出し、ROVを着底させ、操船者はポンプジェットスラストを操作して船位の保持に努めた。その後ROVの向きを変えるためにキャプタイヤケーブルの張り具合、方向を考慮してタイミングを計り、ROVのスラストを操作しながら離底、着底を繰り返した。この作業では特にROVオペレータの細かい指示とケーブル係の細かい操作が重要であった。

噴気孔観察中にはケーブル係はROVを引きずってしまわないようにケーブルの張り具合を調整しながらその延びる方向を操船者に報告し、操船者はそれに応じてケーブルが真下に延びるようにポンプジェットスラストによる細かい操船を行った。

このように、この手法を用いる場合、作業を行う者の連携と船の操縦性能が重要である。

山川沖噴気孔の周辺には白い堆積物(Plate 17)があり、この堆積物が噴気口発見の糸口になった。「たぎり」周辺においても類似した堆積物が確認できることから、このような堆積物が噴気孔の位置を探る目標になると考えられる。

今回用いた録画方法はカメラからのアナログ信号を船内のアナログTV放送システムに取り込みこの映像をアナログ信号でHDDに入力し録画する方法であった。ROVの映像自体も解像度が良いとは言いが、アナログTV放送システムの混信等の影響を受け映像の劣化が著しかった。カメラの高画質化(デジタル化)、カメラから録画装置に至るまでの信号経路のシンプル化およびデジタル化を図ることにより、さらに詳細な観察が可

能になると考える。

山川沖噴気孔周辺の環境について

「たぎり」周辺ではサツマハオリムシ等の珍しい生物や、ゴカイ類が生息する泥管が芝生状に林立しているのが観察されている^{4, 5)}。さらに、他の海域で見られる生物も一部生息していることが確認されている⁴⁾。これに対し、今回発見した山川沖噴気孔周辺は、砂地が広がり、まばらに海藻が生え、魚類も数多くは確認できなかった。

今回の探索では時間的、技術的に制約があり十分な観察は行えなかった。特に、録画した映像は生物等の観察を行うには解像度が悪く生物の種の特定が難しいものばかりであり、Plate 13 および Plate 14 に示されるように生物か鉱物か判断できない場合もあったが、今後の詳細な調査により多様な生物を観察できる可能性も十分あると考えられる。

撮影した映像を観察する限り、噴気孔周辺の生物環境、底質は付近の噴気孔のない海域と大きな差異はないと思われる。これは海水の流入出が小さい「たぎり」周辺と比べて山川沖噴気孔周辺は大きく^{2, 3)}、噴気孔から噴出した物質等はすぐに拡散されることが原因である可能性がある。また、「たぎり」周辺の表層底質は粘土であるのに対して山川沖噴気孔周辺では砂である³⁾。地形は「たぎり」周辺が凹状で水深約 100m ~ 200m、山川沖噴気孔付近では西の陸地側に急傾斜があるものの、噴気孔が確認された地点は非常になだらかな斜面になっており水深約 50m となっているため、生物の生態系も「たぎり」とは大きく異なる可能性がある。これらの可能性を検証するために今後、噴気孔付近とその周辺海域の生物のサンプリング、流速の測定、海水の溶存物質の解析、溶存物質の拡散・沈降速度の計測等の詳細な調査が必要である。

山川沖噴気孔周辺で透明度が非常に悪かった点について、プランクトンの発生および噴気孔から噴出する砂と比較的速い潮流の影響も一因と考えられる。1回の音響測深儀の観測で Plate 2 及び Plate 3 のような音響測深儀の反応を複数個所観測する場合もあり、気泡等の噴出は確認されなかったが Plate 15 及び Plate 16 のような噴気孔らしき火山型の微地形も観察されていることから、今回確認された噴気孔の周辺にも他の噴気孔が存在し、この付近一帯で砂や気泡を噴出しており透明度が悪くなっている可能性もあり、今後さらに詳細な探索が必要である。

鹿児島湾の噴気孔について

山川港周辺には良質な温泉が多数存在している。今回の観察においても大きな噴気孔からは砂や気泡と一緒に

流体も噴き出しているようであった。山川沖噴気孔においても「たぎり」と同様に熱水が噴き出している可能性も大いに考えられる。

若尊カルデラ内に位置する「たぎり」の周辺は西桜島水道の浅く狭い地形によって海水の流入、流出が少なく、約 200m の凹地にあるため噴気孔によって酸性水塊が形成されるなど世界でも珍しい環境であり^{3, 6, 7, 8)} 多くの研究者の研究対象になっている。一方、阿多カルデラ内に位置する山川港沖噴気孔周辺は鹿児島湾の湾口部西側の陸地より続く急傾斜地より東側のなだらかな斜面水深約 50m に位置し、海水の流入出が比較的多く、噴気口から噴出する物質はすぐに拡散され、「たぎり」周辺に見られるような酸性水塊を形成することは無いと考えられる。今後、存在する噴気孔の数および範囲、噴気孔から噴き出す流体の温度および成分、海域の海水や底質中に含まれる成分、噴気孔周辺の生物のより詳細な調査等、様々な調査観測を行う必要がある。これにより得られたデータを「たぎり」周辺のデータと比較することによりさらなる解明や発見の可能性もあると考えられる。

また、今回山川港付近で噴気孔が確認されたことから鹿児島湾の別の海域にさらに噴気孔が存在している可能性も否定できない。鹿児島湾全域での調査も興味深い。このような新しい噴気孔を探索する試験的な調査には今回用いた探索手法は簡易的で低コストであるため、撮影映像の画質向上、信号経路のシンプル化等の改良を行うことにより、非常に有効な手法になると考えられる。

謝 辞

今回の噴気孔の探索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て下さった南星丸甲板部の村田幸男二等航海士、小平田優甲板長、横内悟甲板次長、村下徳盛操舵手に感謝の意を表します。また、ROV の電源プラグのコネクタが合わず、電源コードを加工して下さった南星丸機関部の島里錠次機関長、森雄司一等機関士、中臺雅己二等機関士、富永敏彦操機長、窪吉英操機手、当日の探索がスムーズに進むようご配慮いただいた司厨部の貴島洋一郎司厨長、谷実之司厨次長、ROV の積込み、積み降ろしでご協力いただいた鹿児島大学水産学部技術部児玉正二技術職員、静止画像の加工についてご助言下さった鹿児島大学水産学部山中有一准教授に感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 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.
- 2) 仁科文子, 山中有一, 東政能, 幅野明正, 中村啓彦 (2009). 鹿兒島湾の海水循環. 海洋と生物, 31(1):6-11.
- 3) 大木公彦 (2009). 鹿兒島湾の地質学的背景と堆積環境. 海洋と生物, 31(1):12-20.
- 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.