

海形海山カルデラ内の流れ及び水温の観測 —第560回潜航結果—

満澤巨彦^{*1}

海形海山カルデラは、小笠原諸島父島の南西方120kmに位置しており、カルデラ内には、一定水温の水塊が存在しその水温は変動していることが観測されている。また、カルデラ底にはリップルマークが広く分布しており、底層流の存在が示唆されている。このような水温の経年変化や底層流の存在を確かめるために行なった「しんかい2000」による第560回潜航では、海底付近の流れがカルデラ底の長径方向に一致した北東向きから東向きであり、リップルマークの方向と一致していることが確かめられた。また、崩壊地形と考えられたカルデラ底北東側の斜面には枕状溶岩が分布しており、崩壊により一時的に強い流れが生じるという可能性は少ないと考えられる。

Measurement of Current and Temperature inside the Submarine Caldera in the Kaikata Seamount

Kyohiko MITSUZAWA^{*2}

Kaikata seamount, a volcanic front of Izu-Ogasawara Island-arc system, is located at 120km south west of Chichijima island, from middle layer to bottom layer was measured by XBT and CTD profiler. At the bottom, there some ripple mark was observed by deep towed camera and submersible.

A temperature distribution and bottom current were observed the Dive 560 of the submersible "SHINKAI 2000" inside the caldera. At a bottom of caldera, the bottom current is ranging from 2 to 5cm/sec and direction is north east.

At the north east slope of the caldera, pillow lava is found by the submersible.

* 1 海洋科学技術センター深海研究部

* 2 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

1. はじめに

海形海山は小笠原諸島父島の南西120kmに位置しており、4つの山体からなる複合火山であり、一番東に位置する海山が海底カルデラを形成している(図1)。このカルデラにおいては通産省工業技術院地質調査所及び海洋科学技術センターにより海底の調査が実施されており、1986年にはカルデラ南壁において熱水変質帯が発見され(湯浅ほか, 1987)、1988年にはカルデラ内北西に位置する中央河口丘において、熱水の湧出が確認された(満澤ほか, 1989; 仲ほか, 1989)。これら一連の調査により、カルデラ底には一定水温の水塊が存在しており、またカルデラ底の一部には強い流れの存在を示すリップルマークが確認されている。第560回潜航は、海底付近の水温分布、及びリップルマークの成因となる流れの観測を目的とし1991年7月17日に実施された。

2. 潜航調査

潜航調査は、カルデラ底中央付近より中央火口丘の西側の崩壊地形と考えられていた付近にかけて、海底のリップルマークの分布状況と底層流の観測及び崩壊地形の観察に重点をおいて実施した。図2に潜水船の航跡と経過時間、水深を示した。潜航概要を以下に示す。

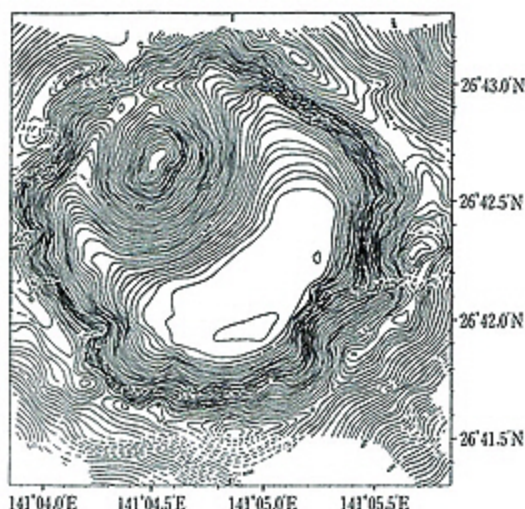


図1 海形海山カルデラ海底地形図

Fig. 1 Bathymetric map around the caldera of the Kaikata seamount.

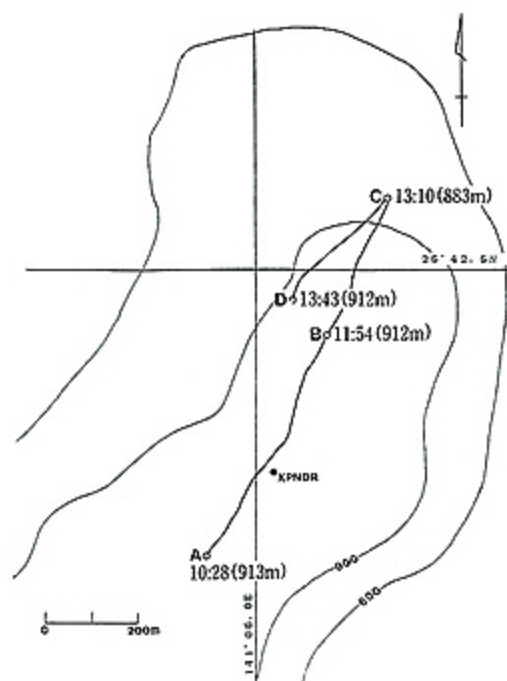


図2 第560潜航の航路(1991年7月17日)

Fig. 2 A track of No. 560 dive of the "SHINKAI 2000" in July 17, 1991.

第560回潜航 1991年7月17日

船長 桜井利明 潜航士 佐々木義高
観察者 満澤巨彦

- 09:34 潜航開始
- 10:26 着底。深度913m。平坦な砂地。北東方向のリップルマークが見られる。熱水性浮遊物。
- 10:36 航走開始。深度913m。海底にはリップルマーク及び熱水性沈着物。
- 10:44 着底。深度911m。リップルマーク。
- 10:47 染料による流れの観測実施。
- 10:56 温度計測実施。
- 11:22 航走開始。深度911m。
- 11:30 深度915m。転石及び洗掘構造。リップルマーク。
- 11:32 深度914m。所々に転石、洗掘構造。
- 11:47 深度912m。リップルマークが不明瞭になってきた。
- 11:54 着底。深度912m。熱水性沈着物が堆積。
- 12:03 温度計測実施。
- 12:27 染料による流れの観測実施。

- 12:40 転石を1個採取。
 12:44 航走開始。深度911m。転石が多くなってきた。リップルマークがみられなくなった。
 12:46 露岩地帯となる。深度911m。
 12:55 枕状溶岩地帯。深度901m。
 13:04 枕状溶岩地帯を抜け、転石の多い泥の斜面。深度895m。
 13:10 このまま航走しても、流れの観察用のブイを設置できそうにもないと判断し、北西方向に反転し、再びカルデラ底に向かった。深度883m。
 13:18 再び枕状溶岩地帯となる。深度892m。
 13:20 深度888m。
 13:41 深度909m。
 13:43 着底。泥の平坦地。リップルマークは見られない。流れ観察用のブイ設置し、染料による流れの観測を実施。深度912m。
 14:20 離底。深度912m。
 14:58 浮上。

3. 潜航結果

1) 流れと海底微地形

カルデラ底のほぼ中央に位置するA地点では、海底にリップルマークが観察された(写真1)。染料による流れの観測により、東方向に2~5 cm/sの底層流が観測され、リップルマークの形成時の流れの方向とよく一致していた。

B地点における流れの観測においても東向きの2~5 cm/s程度のゆっくりとした流れが観測された。

北東側斜面の崩壊地形の基部に近づくにしたがいリップルマークは不明瞭となり、数10cmから1m程度の転石が所々に見られた。斜面にかかる露岩が見られ(写真2)、崩壊地形と思われていた斜面には北東の外輪山から流出したと推定される枕状溶岩が分布していた(写真3)。

写真4に示すように、D地点において流れの観測を実施したところ3 cm/s程度の流れであったが、流向は、はじめ北東方向であったが、測定中に大きく変化し、南西方向へとほぼ反対向きになった。

2) 堆積物中の温度計測

堆積物中の温度計測は、カルデラ底のA、B地点において実施した。温度計(離合社製RMT水温計)はセンサー部全長が30cmであり、したがって、海底下30cmの温度が計測できる。温度は、センサーを海底に突き刺してからデータが安定するまで待ってから計測した。その結果A地点においては0.5℃、B地点においては0.3℃程周囲海水より高かった。

3) 水温・塩分の分布

海形海山のカルデラ内では、ある深度より海水温度が一定となり、その一定となる深度及び水温は変動していることが確かめられている。さらにカルデラ内の水温は、カルデラ外の同深度の水温より高いことがわかっている。今回の潜航では水温と塩分のより高精度の測定をするためにCTD(米シーバード社製SBE19)をベイロッドラックに取り付けた。得られた水温・塩分の鉛直分布を図3に示す。これによると、海面からカルデラ底までの水塊は、水温勾配及び塩分の変動より、0から100mの表層、100から650mまでの中層、さらに深度650mから海底までのカルデラ内底層の3層に大別できる。表層は、太陽からうける熱エネ

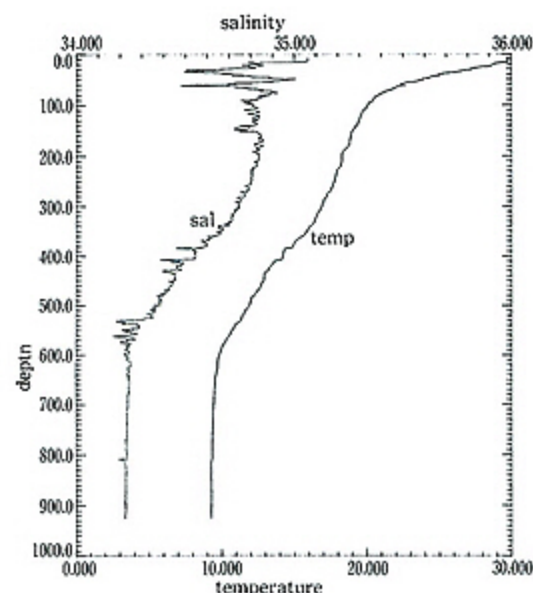


図3 水温・塩分の鉛直分布
(潜水船に取り付けたCTDによる)

Fig. 3 Vertical profiles of water temperature and salinity measured by CTD profiler mounted on the "SHINKAI 2000"

ルギーにより温度躍層が発達し、それに伴う波動現象による混合が塩分濃度の変動となって現れている。また、中層海水の400mと550m付近に塩分の変動がみられる。山体による湧昇流が山頂付近で剥離し渦を形成したものと考えられるが、中央火口丘から湧出する熱水による可能性もあり、興味深い。深層では深度700m付近より水温が9.3℃、塩分が34.2と一定となっている。同日に観測したXBTによると、カルデラ外の深度900m付近の水温は、5.2℃であった。

図4は水温、塩分、深度の時間変動を示したものである。これによると、カルデラ底の水温は水平方向にはほとんど変化してないことがわかる。しかし、塩分についてはカルデラ中央付近で小さな変動がみられる。

4) 濁度分布

潜水船のベイロッドラックに取り付けた濁度計(アレック電子製MTB16K)による測定結果を図5に示す。

図5(1)は全データの時間変動を示したものである。この中で、3ヵ所ほどで見られるスパイク状の変化は潜水船により海底の堆積物の巻き上げによるものである。海底では、細かい変動はあるも

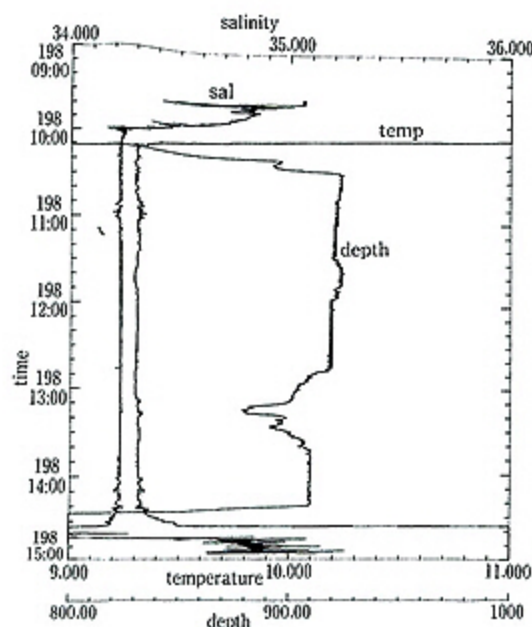


図4 第560潜航 水温・塩分・深度の時間軸プロフィール

Fig. 4 Time profiles of CTD data mounted on the "SHINKAI 2000" at No. 560 dive.

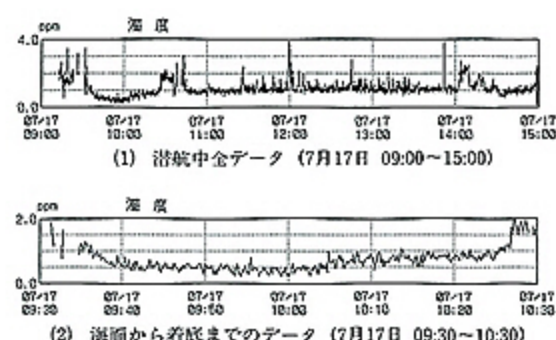


図5 第560潜航 濁度の時間軸プロフィール

Fig. 5 Time profile of Turbidity data mounted on the "SHINKAI 2000" at No. 560 dive.

の、ほぼ1 ppmで一定である。

図5(2)は海面から着底するまでの変化を時間軸で表したものである。海面から中層(9:40ごろ、深度100m)にかけて濁度は徐々に減少し、中層においてばらつきながらもほぼ一定となる。深層(10:05ごろ、深度650m)では中層の値より0.5ppmほど高い値ではほぼ一定となる。このように、濁度の鉛直分布からも表層、中層、深層に大別でき、水温による層分けとよく一致している。

4. カルデラ内の水温及び流れの係留観測

潜航に先だって、カルデラ内海底上約25mの高度に電磁流速計(米インターオーシャン製S4D)と水温計(離合社製RMT精密水温計)を係留した。設置位置は、26°42.26'N, 141°05.2'Eで、係留深度は880mである。設置期間は7月15日07:00から7月17日15:00までの2.25日間である。得られた流速と流向の時間変動を図6に示す。これによると一部の期間を除いて、流速は2~5 cm/s程度で数時間から6時間程度の周期で変動しており、流向は主として時計周りに変化しているが、急激に反転することがしばしばある。また、15日と16日の8時から11時には、10cm/sを越える比較強い流れが観測された。しかし、17日の同じ時間帯にはこのような流れは観測されておらず、今回の観測では流れの規則性は得られなかった。

7月17日の9時から15時の潜航期間をとうして、流速は2~5 cm/sで流向は西向きから時計周りに東向きに変わっており、海底において染料により流れを観測した10:50ごろは北東方向、12

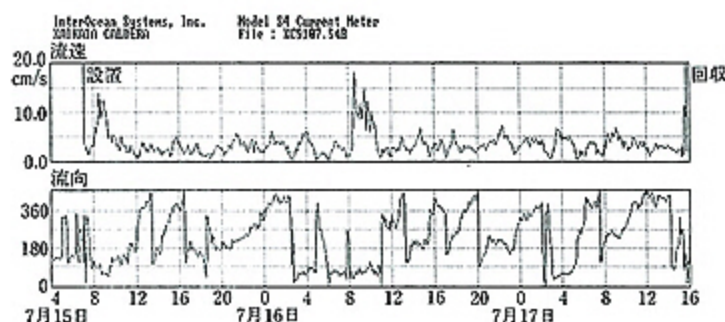


図6 カルデラ底海底上25mにおける流速・流向の時間変化 (1991年7月15~17日)

Fig. 6 Time series of the current and direction at the depth of 880m at bottom of the caldera.

：30ごろは東方向となっており、海底直上での観測結果とよく一致している。

図7に係留観測期間中の流向流速をベクトルで表した流れのポーラーダイアグラムを示す。流向が東北東の時に強い流れが起きていることがわかる。この向きはリップルマークの向きとよく一致している。

水温の時間変動を図8に示す。これによると観測期間中の水温の変動幅は9.23℃から9.43℃の約0.2℃であり、数10分の短い周期の変動が卓越している。より長期間の変動については観測期間が短いため捉えることができなかった。また、水温が比較的低い時期は、15日と16日の比較強い流れが観測された時期とよく一致している。

5. まとめ

- 1) 染料による流れの観測より、リップルマークの形成時の流れと一致する東向きの2~5 cm/sの流れがカルデラ底において観測された。
- 2) 崩壊地形と考えられていたカルデラ内壁の北

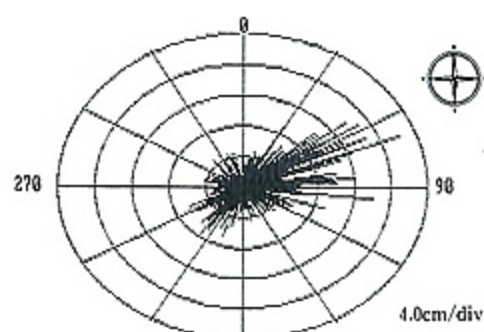


図7 流れのポーラーダイアグラム (1991年7月15~17日)

Fig. 7 Polar diagram of the current.

東斜面は、北東方向から流れたきた枕状溶岩が分布していることが確認できた。

3) カルデラ底の堆積物中の温度は、周囲海水より0.3~0.5℃程高いことがわかった。

4) 水温と塩分の鉛直分布より、表面よりカルデラ底までの海水は、大きく3つに分けられる。これは、濁度の鉛直分布のデータともよく対応している。特に濁度は、カルデラ内では、ほぼ一定で

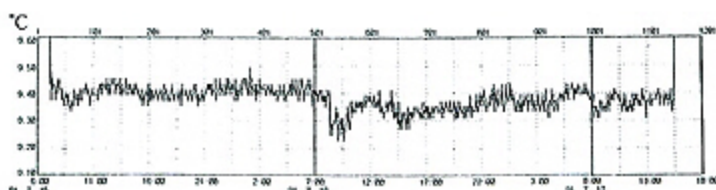


図8 カルデラ底海底上25mにおける水温の時間変化 (1991年7月15~17日)

Fig. 8 Time series of the water temperature at the depth of 880m at bottom of the caldera.

ある。

5) 流れと水温の係留観測により、流速が2~5 cm/sで、流向はほぼ時計周りに変化している。また、1日に3時間ほど10cm/sを越える東向きの流れが観測され、これに対応して水温も0.1℃程低下する。

6. おわりに

今回の潜航により、カルデラ内の流れの特徴を把握することができた。リップルマークについても2回程観測された東向きの流れにより形成されている可能性がある。しかし、この程度の流れでは、カルデラ底の所々にみられる洗掘構造を形成することは難しい。このことは、今回観測された流れより、さらに強い流れの存在を示唆するものであり、その流れの要因として海底熱水現象が関わっていると考えられる。これを捉えるためには、海底の形状がどのように変化するかを時間的に捉え、流れ変動と対応づけ長期連続観測が必要である。

謝 辞

第560回潜航を実施するにあたっては、段野司令ほか「しんかい2000」運航チームの方々、越知船長ほか母船「なつしま」の乗組員の方々に大変お世話になった。深く感謝いたします。

参考文献

- 満澤巨彦・門馬大和・堀田宏・深海調査グループ, 1989, 海形海山 KC 峰周辺の水温及び流れの観測, 第5回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, 47-55.
- 仲二郎・深海調査グループ, 1989, 小笠原諸島海形海山 KC 峰の海底, 第5回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, 57-63.
- 深海調査グループ, 1988, 海形海山深海曳航調査 (DN87-3-MCS) 調査速報, 海洋科学技術センター試験研究報告第20号, 223-230.
- 湯浅真人・浦辺徹郎・村上文敏, 1987, 伊豆・小笠原海形カルデラの熱水変質帯「しんかい2000」による潜水調査, 地質ニュース, 391, 1-8.
- 湯浅真人・浦辺徹郎・村上文敏, 1988, 海形海山

熱水変質帯の潜航調査 第253回潜航結果, 第4回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, 129-139.

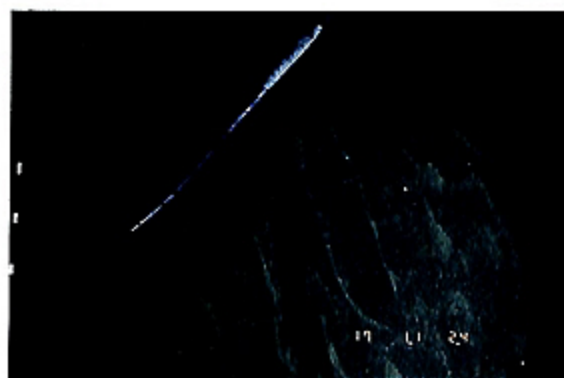


写真1 カルデラ底で観察されたリップルマーク (水深915m)

Photo 1 Sandy bottom with ripple mark at the depth of 915m.

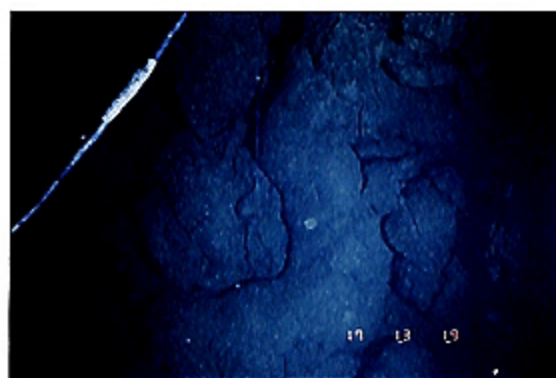


写真3 カルデラ内北東側斜面で観察された枕状溶岩 (水深888m)

Photo 3 Pillow Lava on slope of north east side in the caldera at the depth of 888m.



写真2 カルデラ内北東側で観察された溶岩の角礫 (水深901m)

Photo 2 Breccias of Lava at the depth of 901m.

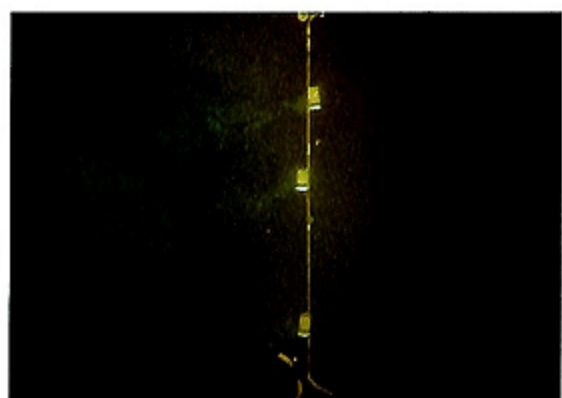


写真4 流れの可視化実験 (水深912m)

Photo 4 Observation of bottom current using dye and buoy at the depth of 912m.