

海水中のメタンを指標に用いた 三宅島周辺海底における火山活動調査の結果について

土岐知弘*・角皆 潤*・蒲生俊敬*・皆川昌幸**

(2001年3月21日受付, 2003年1月3日受理)

Geochemical Exploration of Volcanic Activity on the Sea Floor Using CH₄ as a Tracer: Miyakejima Volcano, Izu-Bonin Arc, Japan

Tomohiro TOKI*, Urumu TSUNOGAI*, Toshitaka GAMO* and Masayuki MINAKAWA**

In June 2000, several eruptions occurred on Miyake-jima Island, accompanied by volcanic and/or hydro-thermal activity offshore from the island. In January 2001, water samples were collected from five stations around the island in order to reveal the existence of volcanic activity on the seafloor in the area. Concentrations and stable carbon isotopic compositions of dissolved methane in the water samples, however, showed no sign of submarine volcanic activity over the area. These results indicate that the submarine volcanic activity in the area was not in steady state at least during the sampling program.

1. はじめに

伊豆七島の三宅島は2000年6月に、17年振りに活発な火山活動を再開した。2000年9月以降は顕著な噴火はなくなったが、なお火山ガスの放出は続いている。とくに、人体に有害な二酸化硫黄ガスの放出は世界的に見ても最大級の規模である(宮城・他, 2001)。この三宅島における噴火で特徴的だったのは、山頂の噴火活動の他に西方沖の洋上(北緯34度5.4分, 東経139度27.9分; Fig. 1)で変色水や気泡が観測されたことである。これは小規模な海底噴火活動あるいは海底における火山性流体噴出が原因であると考えられる(林・他, 2000)。変色水が確認された位置付近(北緯34度5.2分, 東経139度28.1分, 水深85m; Fig. 1)において海底火口列が確認され、無人潜水艇によって同火口列を観察した結果、火

口付近に散乱した岩片の間から熱水の噴出が確認された(白尾・他, 2000)。三宅島における今後の火山活動の推移を考察する上で、このような海底噴火、あるいは海底における火山性流体噴出(とそれに伴うガスの発泡現象)の有無を明確にしておくことは重要である。

高温で還元的な火山性流体中やその噴出に伴って発泡したガス中には、一般にメタンが豊富に含まれている(Welhan and Craig, 1983; Mottl *et al.*, 1995)。一方、酸化環境である海水中では、大気中のメタンとほぼ平衡がそれ以下の低い濃度(海水1kg中に数nmol程度)でしか存在しない(Scranton and Brewer, 1978)。また、メタンの炭素同位体比を用いて、火山性流体やその噴出に伴って発泡したガスを起源とするメタンかどうかを判別できる(Schoell, 1980; Whiticar, 1990)。

本研究では、三宅島周辺海底における火山性流体噴出とそれに伴うガスの発泡現象の有無を調べることを目的として、三宅島周辺海水中のメタン濃度と炭素同位体比を測定した。

2. サンプルング

中央水産研究所漁業調査船蒼鷹丸による「三宅島火山活動に伴う漁場環境調査第3次航海(2001.1.11~1.13)」において、三宅島東方を除く、Fig. 1に示した5つの測点で、各層の海水を2.7Lニスシリンジを用いて採取した。かつて変色域の存在した地点でのサンプルング

* 〒060-0810 札幌市北区北10条西8丁目
北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate
School of Science, Hokkaido University, N10 W8,
Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-0810, Japan.

** 〒236-8648 横浜市金沢区福浦2-12-4
中央水産研究所海洋生産部海洋放射能研究室
Radioecology Section, Marine Productivity Division,
National Research Institute of Fisheries Science,
Fukuura 2-12-4, Kanazawa-ku, Yokohama, Kanagawa
236-8648, Japan. Corresponding author: To-
mohiro Toki, e-mail: toki@ep.sci.hokudai.ac.jp

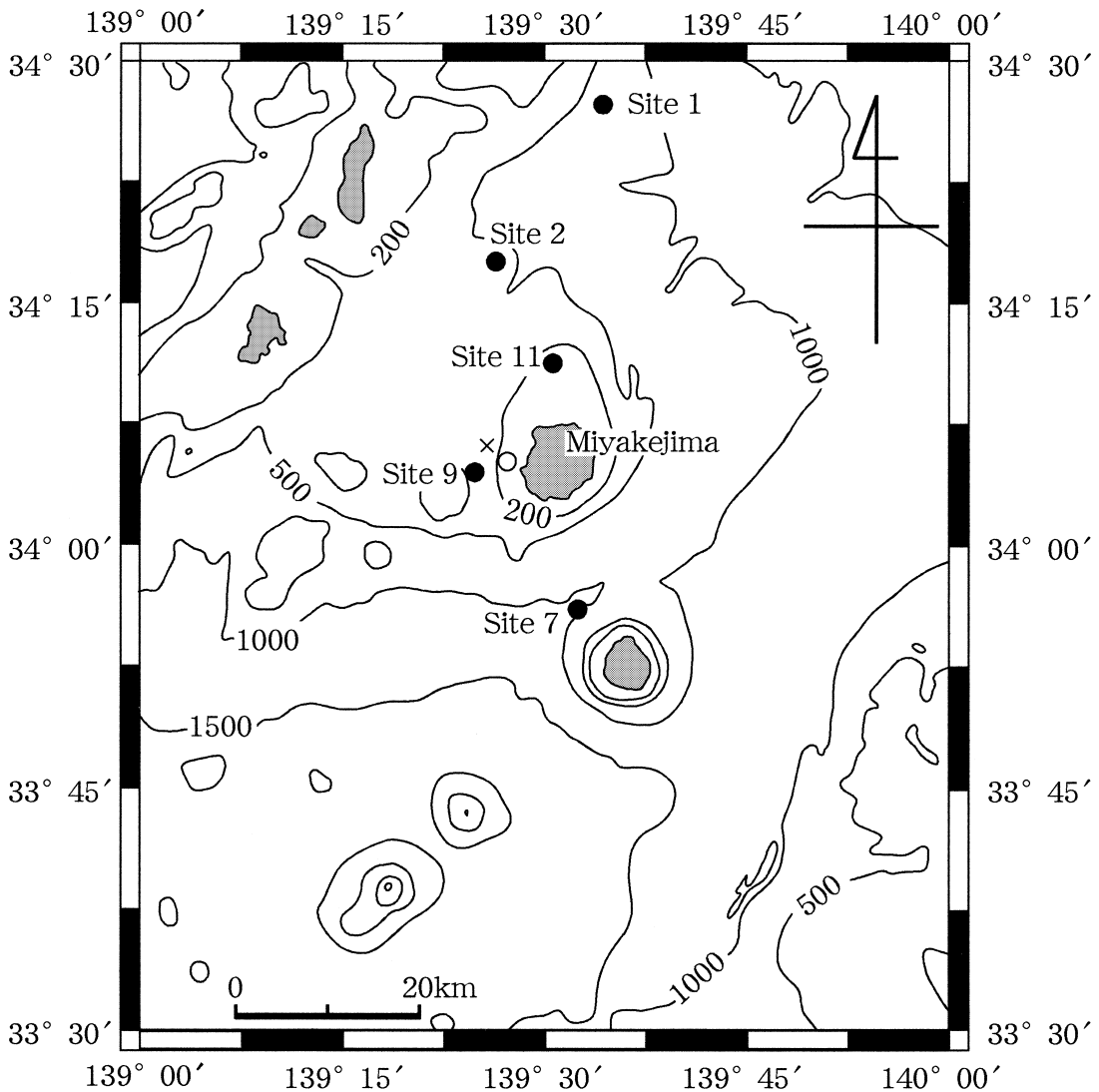


Fig. 1. Map showing the sampling stations of sea water (●: this study), together with locations of the colored sea water (×) and seafloor craters (○) (Shirao *et al.*, 2000).

図1. 本研究によるサンプリング測点, および変色水と海底火山列の観測地点 (白尾・他, 2000), (●: サンプリング測点, ×: 変色水観測地点, ○: 海底火山列観測地点).

は立ち入り制限のため実行できなかったが, 約5 km 南西の地点で採水を行った. 海水サンプルは船上で直ちに内容積 120 cc のガラス製バイアル瓶に分取, 分注器により飽和塩化水銀溶液 1.0 ml を添加し, 気泡が入らないように注意してブチルゴム栓およびアルミシールで密栓した. 温度変化による容器の破損を防ぐために冷暗所で測定まで保存した.

3. メタン濃度および炭素安定同位体比の測定

Tsunogai *et al.* (2000) に示された手法により, 北海道

大学においてパージ&トラップ型の抽出ラインとこれに連続したガスクロマトグラフ燃焼同位体比質量分析計 (Finnigan MAT 252) を用いて測定を行った. キャリアーガスとして超高純度ヘリウムを用いサンプルをパージし (100 ml/min), 液体窒素温度で Porapak-Q カラムにメタンを濃集した. これを高温で脱着し Ascarite および Drierite を通して脱水し, 液体窒素温度の Porapak-Q カラムに再濃集した. そして, クライオフォーカスを行った上で, PoraPLOT-Q カラムのガスクロマトグラフィーで精製した. 最後に, CuO 酸化炉 (960°C) (Pt 触媒) を

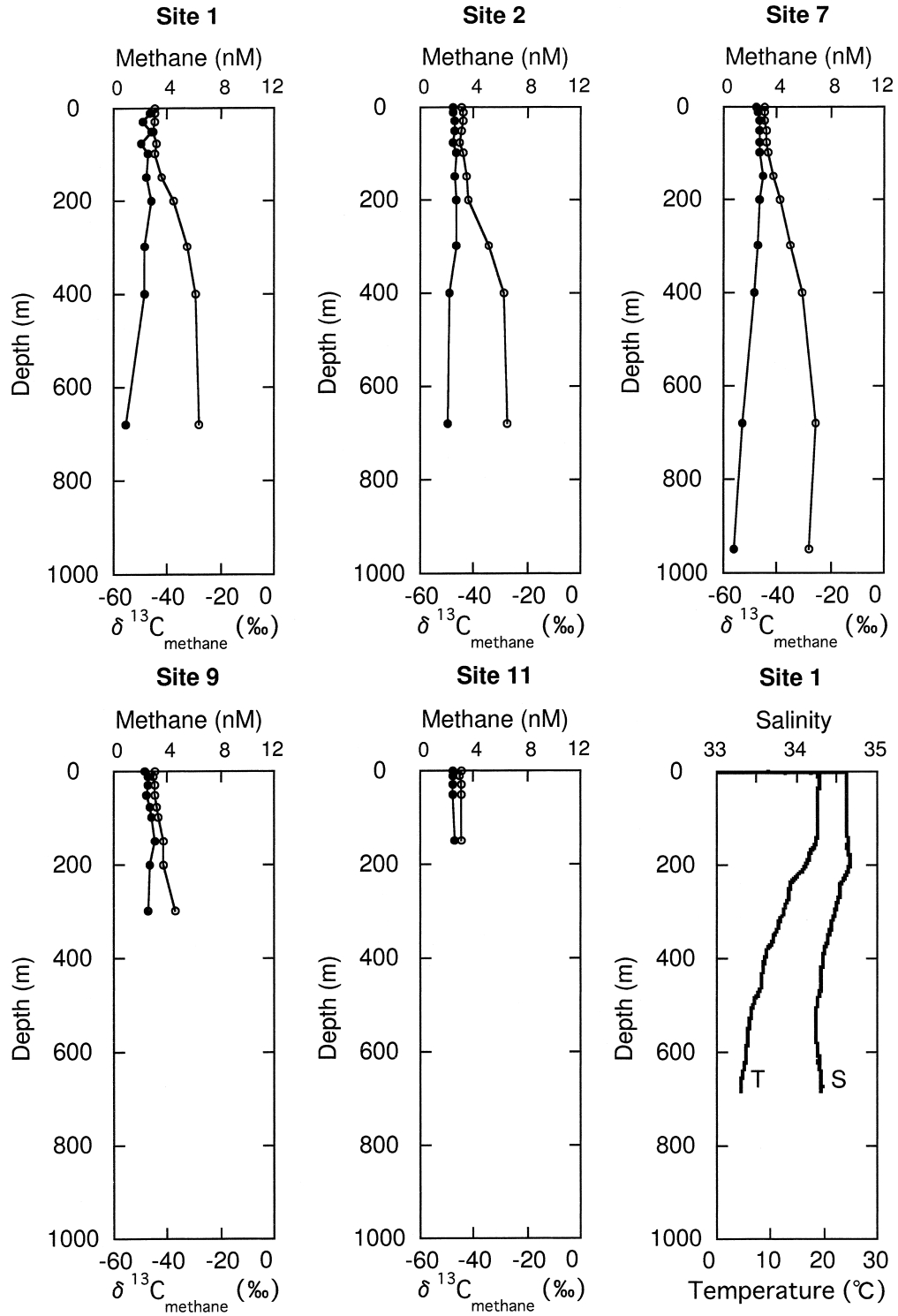


Fig. 2. Vertical distributions of concentration and carbon isotopic composition of methane, together with those of temperature and salinity at Site 1 (●: concentration of methane, ○: isotopic composition of methane).

図 2. メタン濃度および炭素同位体比鉛直分布と測点 1 における海水の水温と塩濃度鉛直分布 (●: メタン濃度, ○: メタン炭素同位体比).

通して CO₂ に酸化した上で、同位体比質量分析計に導入して、メタン濃度および炭素同位体比を測定した。同位体比の測定精度は 0.3‰ であり、濃度の測定精度は 3% である。メタン濃度は、標準ガス (CH₄ 濃度 550 ppm) を用いて校正した。炭素同位体比は、常法により

$$\delta^{13}\text{C 値} (\delta^{13}\text{C}(\text{‰})) \\ = \left\{ \left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}} \right)_{\text{試料中CH}_4} / \left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}} \right)_{\text{PDB標準}} - 1 \right\} \\ \times 1,000$$

で表示した。

4. 結 果

三宅島周辺海水中のメタン濃度および炭素同位体比の鉛直分布を、5つの測点で比較して図2に示した。これによると、すべての測点において表層150m付近までは大気平衡付近の濃度および炭素同位体比をもつメタンが分布している。同時に測定した水温と塩濃度の鉛直分布データ(図2)から、これは表面混合層がこの付近の深さまで発達しているためであると考えられる。200m以深においてメタン濃度は減少していくが、これは大気を主な起源とするメタンがバクテリアによって酸化分解されるためであると考えられる。同位体比にもバクテリアによるメタン酸化反応の際の同位体分別効果によって、炭素同位体比の重いメタンが相対的に多くなっていく様子が示されており、本見解を支持している。しかし、濃度分布にも同位体分布にも海底における火山性流体噴出とそれに伴うガスの発泡現象を示唆するものは見当たらなかった。

5. 考 察

1989年1月に噴出したマクドナルド海山では、水深156mの頂上海底においてガスの発泡現象が確認された (Cheminée *et al.*, 1991)。さらに、噴火の8日後から1カ月以内に頂上直上およびその周辺海域において計18点の海水採取を行い、そのうち最大5~7km離れた13点においてメタン濃度異常 (>9 nmol/kg) が観測されている (Cheminée *et al.*, 1991; Stüben *et al.*, 1992)。また、火山性流体中やその噴出に伴って発泡したガス中に一般に認められるマグマ起源のメタンの炭素同位体比は一般に-20‰よりも大きい (Welhan and Craig, 1983; Evans *et al.*, 1988; Welhan, 1988; Tsunogai *et al.*, 1994)。本研究では、序論において述べた変色水の観測された位置から約5kmの地点(測点9)で2001年1月(変色水確認の7カ月後に相当)に採取した海水サンプルでもメタン濃度および炭素同位体比鉛直分布を明らかにしたが、それにもかかわらずこの測点でも海底における火山性流体噴出とそれに伴うガスの発泡現象の影響は認められなかった

(Fig. 2)。したがって、各サンプリング地点の数km程度の範囲内で火山性流体噴出とそれに伴うガスの発泡現象は定常的に起こっていなかったと考えられる。

6. 結 論

今回採取されたすべての海水サンプルにおけるメタン濃度および炭素同位体比の鉛直分布は、大気からの供給とバクテリアによるメタン酸化分解のみによって説明がつくものであり、海底火山活動の影響は認められない (Fig. 2)。このことから、三宅島周辺海底において、サンプリングをした2001年1月に定常的な海底火山活動は起こっていなかったものと結論できる。

謝 辞

本研究で用いた海水サンプルの採取にあたって、中央水産研究所の方々および蒼鷹丸の船長をはじめとする乗組員の方々に様々なご便宜、ご協力をいただいた。また、査読者諸氏には有益なコメントをいただいた。これらの方々に深く感謝の意を表する。

引用文献

- Cheminee, J. -L., Stoffers, P., McMurtry, G., Richnow, H., Puteanus, D. and Sedwick, P. (1991) Gas-rich submarine exhalations during the 1989 eruption of Macdonald Seamount. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **107**, 318-327.
- Evans, W. C., White, L. D. and Rapp, J. B. (1988) Geochemistry of some gases in hydrothermal fluids from the Southern Juan de Fuca Ridge. *J. Geophys. Res.*, **93(B12)**, 15,305-15,313.
- 林信太郎・松島 健・木股文昭 (2000) 2000年6月27日に三宅島西方沖に出現した変色水の観察。2000年度日本火山学会秋季大会講演予稿集, 149.
- Mottl, M. J., Sansone, F. J., Wheat, C. G., Resing, J. A., Baker, E. T., and Lupton, J. E. (1995) Manganese and methane in hydrothermal plumes along the East Pacific Rise, 8°40' to 11°50'N. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **59**, 4147-4165.
- 宮城磯治・東宮昭彦・星住英夫・伊藤順一・川邊禎久・佐藤久夫・齊藤元治・濱崎聡志・中野 俊・高田亮・山元孝広・宇都浩三・森下祐一・木多紀子 (2001) 三宅島2000年噴火一噴出物編一。地質ニュース, **557**, 7-13.
- Schoell, M. (1980) The hydrogen and carbon isotopic composition of methane from natural gases of various origins. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **44**, 649-661.
- Scranton, M. I. and Brewer, P. G. (1978) Consumption of dissolved methane in the deep ocean. *Limnology and Oceanography*, **23**, 1207-1213.
- 白尾元理・中田節也・金子隆之・長井雅史・鴨野岳人・下司信夫・野上健治・平林順一・金沢敏彦 (2000) 三宅島2000年噴火でできた海底火口群の潜水艇観察。2000年度日本火山学会秋季大会講演予稿集, 5.

- Stüben, D., Stoffers, P., Cheminée, J. -L., Hartmann, M., McMurtry, G. M., Richnow, H. -H., Jenisch, A. and Michaelis, W. (1992) Manganese, methane, iron, zinc, and nickel anomalies in hydrothermal plumes from Teahitia and Macdonald volcanoes. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **56**, 3693–3704.
- Tsunogai, U., Ishibashi, J., Wakita, H., Gamo, T., Watanabe, K., Kijimura, T., Kanayama, S. and Sakai, H. (1994) Peculiar features of Suiyo Seamount hydrothermal fluids, Izu-Bonin Arc: Differences from subaerial volcanism. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **126**, 289–301.
- Tsunogai, U., Yoshida, N., Ishibashi, J. and Gamo, T. (2000) Carbon isotopic distribution of methane in deep-sea hydrothermal plume, Myojin Knoll Caldera, Izu-Bonin arc: Implications for microbial methane oxidation in the oceans and applications to heat flux estimation. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **64**, 2439–2452.
- Welhan, J. A. (1988) Origins of methane in hydrothermal systems. *Chemical Geology*, **71**, 183–198.
- Welhan, J. A. and Craig, H. (1983) Methane, hydrogen, helium in hydrothermal fluids at 21°N on the East Pacific Rise. In *Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers* (Rona, P. A. ed.), 391–406, Plenum Press, N. Y.
- Whiticar, M. J. (1990) A geochemical perspective of natural gas and atmospheric methane. *Organic Geochemistry*, **16**(1–3), 531–547.

(編集担当 石橋純一郎)