

鹿児島湾北部の海底噴気ガス成分の変化と 火山活動の推移

小坂丈予^{*1} 平林順一^{*2} 野上健治^{*2}
黒崎 誠^{*3} 橋本 惇^{*4}

筆者らは鹿児島湾北部の海底に噴出する火山性ガスを1977・1978・1990・1991年に採取・分析し、その成分の変化から、海底での火山活動の推移を推定しようと試みた。ガスの主成分は、 H_2S : 0.15~1.37, CO_2 : 77.0~92.6, N_2 : 1.69~7.4, CH_4 : 5.0~19.9%などであった。観測途中の長い空白期間に、海底の状況も変化しており、同一の噴気孔からのガスの採取は出来なかった。従って厳密な比較は行えないが、その成分の変化傾向から、この海底での火山活動に若干の衰退が認められた。しかしガス成分は同種のもの組合せからなっており、その変化の程度は著しいものではないと考えられる。

Variation of chemical composition of volcanic gases from the northern part of Kagoshima bay

Joyo OSSAKA^{*5} Jun-ichi HIRABAYASHI^{*6} Kenji NOGAMI^{*6}
Makoto KUROSAKI^{*7} Jun HASHIMOTO^{*8}

Volcanic gases emitted from the northern part Kagoshima bay were collected in 1977, 1978, 1990 and 1991. Change of submarine volcanic activity was estimated by chemical composition of volcanic gases. It was difficult to collect at the same point but chemical compositions were not different to each other. Range of chemical compositions were 0.02~1.4% of H_2S , 77~93% of CO_2 , 1.7~7.4% of N_2 and 5~20% of CH_4 . It is considered that submarine volcanic activity was not changed drastically.

-
- * 1 玉川大学
 - * 2 東京工業大学
 - * 3 岡山大学
 - * 4 海洋科学技術センター
 - * 5 Tamagawa University
 - * 6 Tokyo Institute of Technology
 - * 7 Okayama University
 - * 8 Japan Marine Science and Technology Center

1. これまでの経過

筆者らのうちの2名(小坂・平林)は1975～1976年度に、鹿児島湾北部の海面に認められる発泡現象、いわゆる“たぎり”の起源の解明にたずさわった。観測や試料の採取は海面上から行われたため、発泡原因と予想される、海底での噴気活動を直接把握する事が出来ず、また海面で採取した気泡中のガスには、 H_2S 、 CO_2 等の火山起源のガスが含まれていなかった。しかし一方これらのガスには少量の H_2 が混入していることや、場所によっては海底の海水のpH値が低いものがある事などから、この海域の水面下には、何らかの火山現象が存在する可能性があるものと推定された(小坂, 1976; 鎌田, 1977)。

このため1977～1978年には、日本海洋産業の潜水艇“はくよう”を用いての潜水調査が行われた。その結果はじめて発泡海面下の海底にそれぞれ存在する噴気孔群が発見され、海底での諸観測と試料採取が行われた。これらの噴気孔群から放出されるガス中には、多くの火山性成分が含まれており、そのうえかなりの高温のものも存在していた。同時にこの付近海底で採取された、海水や、底泥などの分析結果から、ガスとこれに伴って湧出している熱水の影響が、それらの噴出孔を中心にして、かなりの範囲にまで及んでいることが確認された(鹿児島県, 1978)。

それから十数年、この海域での潜水調査の機会がなく、従って海底噴気孔のその後の状況や変化を知ることが出来なかった。ところが1990年、海洋科学技術センターの無人海中探査機ドルフィン-3Kにより、鹿児島湾海底調査が開始され、翌1991年にもそれが続行された。筆者らもこれらの調査に参加する機会が与えられたので、以前のデータと比較して、その変化を求める事が出来た。今回は特に海底噴気ガスの成分変化から、同海域における海底火山活動の状況を推定しようと試みた。

2. 調査の状況

前回の1975, 1976年の調査では、図1-(b)のI(水深78m)、II(水深200m)の2地点で行われた。今回の1990, 1991年度には事情により地点Iには入域出来なかったため、調査は専ら地点II

付近の海域に限って行われた。観測は先ず前回の結果にもとづき、水深200mの海域の北西部について、海底における噴気孔の分布や、活動状況の観測などについて行ない、試料採取に適切な地点を選ぶ事にした。しかしなにも前回の調査から12年を経過しており、海図も改訂され、測位の方法も進歩しており、また海底地形や噴気孔の位置や状況も変化しているため、前回と同一地点に到達し、同一の噴気孔と確認して測定・比較する事は困難であった。このため1990年の調査では、図1(c)に示すように、あらためてこの時点での噴気孔の位置・分布等を測定し、それらの中からガス湧出量・噴出温度等を考慮して測定点を選定した。1991年度にはさらにこの調査範囲を拡げ、測定密度を上げることによって、より多くの噴気地点を確認した(図1-c)。

温度測定は海洋科学技術センターによって行われ、記憶式のサーミスターを用い、浮上後母船内でデータ読取りを行った。

噴気ガスの採取は、このための特に設計・製作された捕集器を噴気孔上にかぶせ、これと直結した真空容器内にガスを導入して行った。採取されたガスは小沢竹二郎(1968)の方法にもとづいて分析を行った。

以上のような経過であったから、この前回と今回の調査時における噴気活動の盛衰を、直接比較する事は困難であったが、少なくとも今回の調査範囲内の噴気孔について言えば、前回のもののほど高温で、且つガス噴出量の大きな噴気孔は見当らなかった。

3. 海底噴気ガスの分析結果

表1, 図2に今回(1990, 1991年)の水深200m地点に湧出する噴気ガスの化学分析結果を示した。また比較のため前回(1977, 1978年)のこの付近の噴気ガス(II地点)、及び水深80mのI地点の噴気ガスの分析結果の一部も同表に併記した。

200m深のガスの成分中最も多いのは CO_2 で77～92%で、次は CH_4 の5.0～19.9%、 N_2 の1.7～7.4%、 H_2S の0.15～1.37%、 H_2 の0.2～0.8%の順になっており、これら主要成分間の濃度順は、どのガスをとっても同じ傾向にあると言える。し

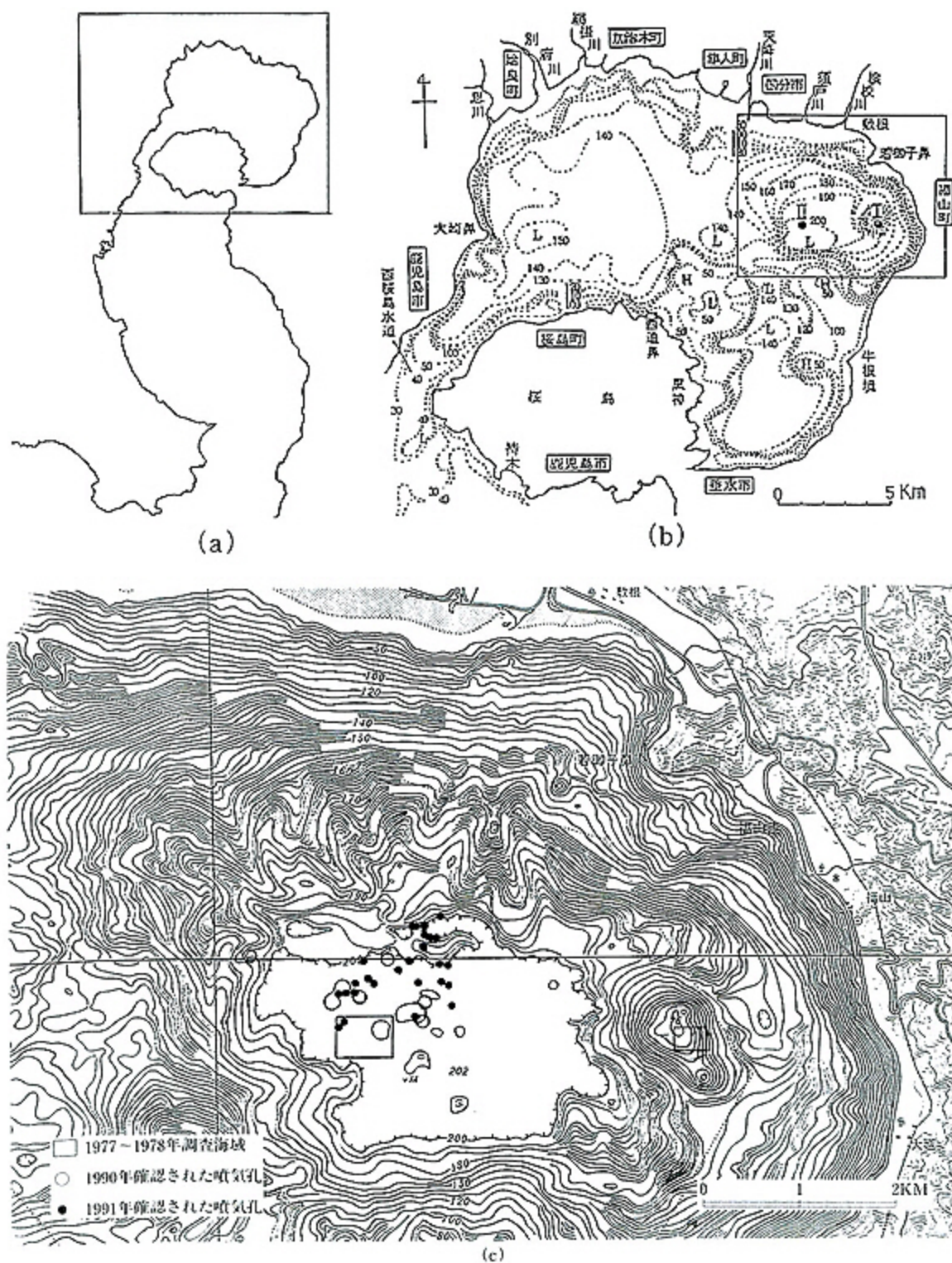


図1 鹿児島湾北部の調査地域図
Fig. 1 Northern part Kagoshima bay

かしこれらの成分を、前回のものと比べてさらに詳しく検討すると、CO₂とH₂Sは前回に比べて今回の方が若干減少しているものが多く、N₂とCH₄、H₂は逆に増加の傾向を示すものが多かった(図2)。

なお今回は測定出来なかったI地点のガスは、前回同時期に測定されたII地点のものと比較して、CO₂、H₂Sのほとんどが、その値が小さく、逆にN₂とCH₄は多くなっている。またH₂は全く検出されなかった。

さらに噴気温度の測定結果は表2、図2に示す。今回の噴気温度は全般的に低いものが多く、前回のような200°Cを越える噴気は見つかっていない。また1991年度は装置の故障で温度の測定は行えなかった。

4. ガスの成分変化と海底火山活動

Iwasaki, Ozawa et. al (1966)によれば、火山ガス成分と噴気温度(火山活動度)との間には、表3のような関係がある。同表によればこの海域のガスのような100~200°Cの温度帯では、SO₂、H₂S、CO₂、N₂及び少量のH₂などの存在が期待される。またCH₄は、それらの火山ガスが上昇する際、この海域の海底のカルデラ堆積層中に混

在する有機物層を通過する時に伴って来たものと考えられる。これらの諸主要成分中、SO₂、H₂S、CO₂は海水に溶解するが、それらのうちでも特に海水に溶け易いSO₂は、ガスが海中に放出される時いち早く海水に溶解して、採ガス以前に失われてしまっていると考えられる。それよりは海水に溶け難いH₂Sやさらに溶解度の低いCO₂などは、本調査のように海底で噴出直後に採取したガス中には、残留しているが、これが海水中を上昇して海面に達した時には、いずれも全く溶失してしまっている。この事実はこの海域における、それ以前の筆者らの調査で明らかにされている(小坂, 1976; 鎌田, 1977)。一方ガス中に残る他の成分、N₂、H₂、CH₄などは、海水には溶解し難いため、少量でもガス中に残存する。このため、火山活動の後退、或はそれにとまって噴気温度が降下すれば、H₂S、CO₂などの火山ガス成分が減少し、相対的にN₂やCH₄、H₂などの成分が増加することになる。それ故前述の通り、同一地点で、同じ噴気孔についての観測が行われたわけではないので、厳密な比較は難しいが、1977~1978年頃に比べて、1990~1991年の時点では、そのガス分析結果の変化傾向から見て、H₂S/CO₂や、またH₂/N₂の値が小さくなり少なくともこ

表1 鹿児島湾北部海底噴気ガスの化学成分 (Vol.%)
Table 1 Chemical composition of volcanic gases from the northern part of Kagoshima bay.

	H ₂ S	CO ₂	N ₂	H ₂	O ₂	CH ₄	Ar	Ne
第II地点 (水深 200m)								
1977-9-13	0.32	87.3	3.2	0.37	0.07	8.7	—	—
〃 9-14	0.43	92.6	1.8	0.2	0.02	5.0	0.001	0.0003
〃 9-15	0.46	91.7	1.81	0.20	0.02	5.77	—	—
1978-8-27	1.30	91.6	1.73	0.23	0.03	5.11	—	—
〃 〃 〃	1.37	91.6	1.69	0.22	0.07	4.92	—	—
第I地点 (水深 78m)								
1990-6-29	0.53	78.1	7.21	0.41	0.54	13.2	0.03	—
〃 6-30	0.55	83.9	4.35	0.34	0.11	10.8	0.04	—
1991-5-4	0.43	77.2	5.63	0.47	0.20	16.0	0.02	— ¹⁾
〃 5-7	0.38	91.8	1.91	—	0.07	5.88	0.01	— ²⁾
〃 5-8	0.15	71.3	7.37	0.81	0.44	19.9	—	— ³⁾
第I地点 (水深 78m)								
1977-9-12	0.07	80.6	4.0	0.0	0.04	15.3	0.003	<0.0001
1978-8-27	0.47	84.3	2.6	0.0	0.06	12.5	—	—

1) He: 0.0002, 2) He: 0.0001, 3) He: 0.0003を含む

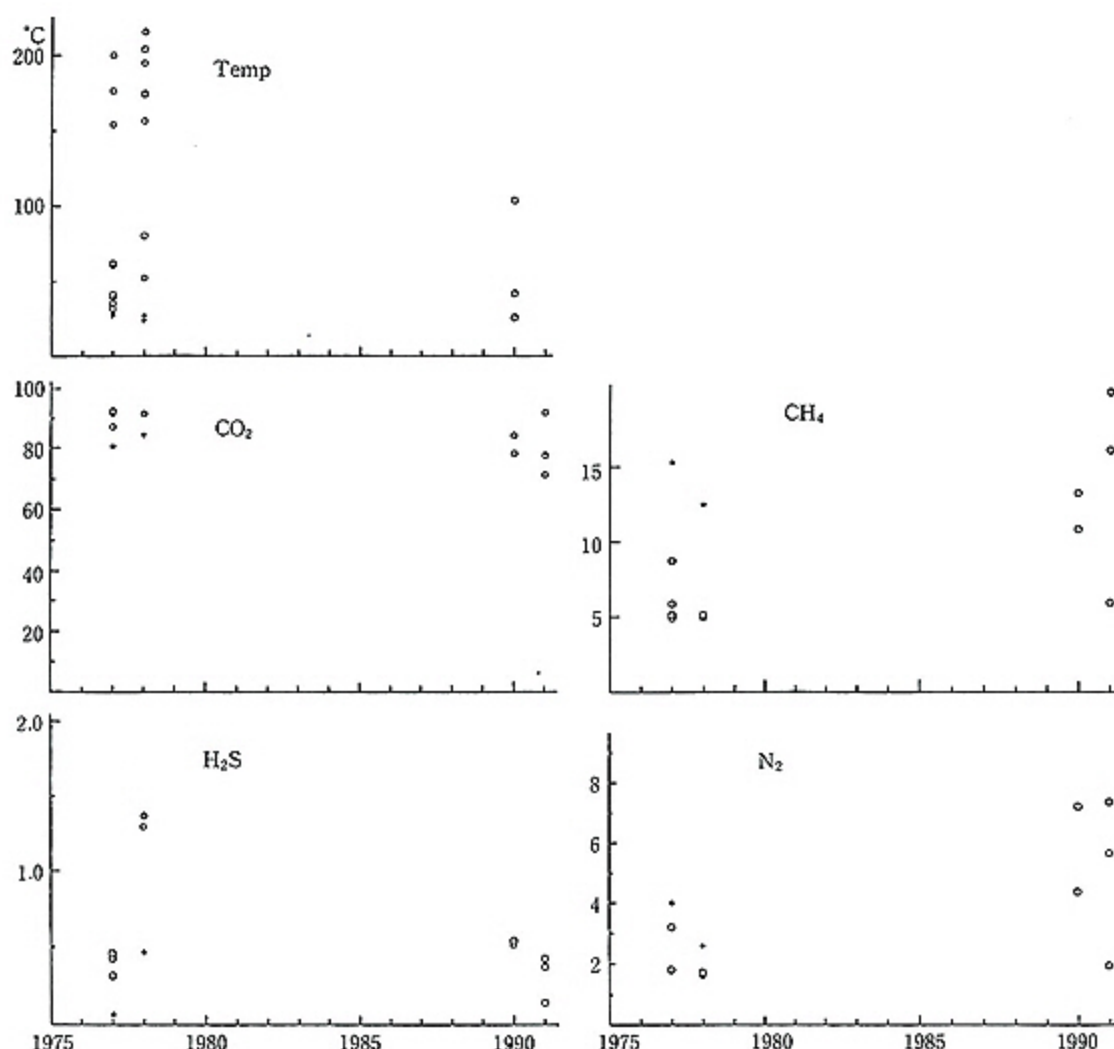


図2 鹿児島湾北部海底噴気ガスの成分

Fig. 2 Chemical composition of volcanic gases from the northern part of Kagoshima bay.

の200m 深度の調査地域においては、海底での火山活動に、若干の衰退が認められる。しかし前後期を通じガス成分はすべて同種のものの組合せよりなっており、その活動状況の変化は特に著しいものではないと解釈される。

なお1991年のガス分析結果において、特に N_2 (1.9~7.4), CH_4 (15.9~20) にバラツキが多いのは、この年の調査では測定範囲を広げたため、各活動段階の火山ガスや、海水影響の異なるガスを含める事になったためではなかろうかと考える。

5. 海中でのガス試料採取

既に述べて来たように、噴気ガス中でも特に火

山性のガスの多くは、海水と反応して失れ易い。それ故海底から放出される噴気ガスの採取にあたっては、噴出後出来るだけ海水との接触を避け、直ちに採取する事、ならびに採取容器等に海水が残らないようにする事などに特別の考慮をはらってきた。

例えば表1の1977年の測定では、はじめて海底で直接ガスを採取したが、海面では全く検出されなかった CO_2 , H_2S の採取に成功した。しかし $200^{\circ}C$ 以上と言う温度での火山ガス中に、当然期待される SO_2 は認められなかった。このため1978年の調査では、ガス捕集器に重りをつけ軟底泥中に沈めて、より一層海水が排除された状態でガス採取を行ったが、なお SO_2 は採取出来な

表2 鹿児島湾北部海底噴気孔の温度 (°C)

Table 2 Temperature of fumavoles at the bottom of the northern part of Kagoshima bay.

測定年月日	I 地点(水深78m)	II 地点(水深200m)
1977-9-11	<28 <30	154 >200
9-13		40.2 35.0 41.0 199 177
9-14		61 62 <32 <30
1978-8-24	24 27	
8-25		<100 102 <100
8-26		215 204 195 52 157 52
8-27	25	175
1990 * 6-29		* 26.07 41.94 26.19
7-1		* 25.45 104.83 25.57

* 海洋科学技術センター測定

表3 火山ガスの温度と化学成分

Table 3 Temperature and chemical composition of volcanic gases.

	火山ガス成分	温度範囲°C
(1)	H ₂ O, HF, HCl SO ₂ >H ₂ S, CO ₂ , N ₂ <H ₂	1200~800
(2)	H ₂ O, HF, HCl SO ₂ >H ₂ S, CO ₂ , N ₂ >H ₂	800~100
(3)	H ₂ O, (HF, HCl) SO ₂ >H ₂ S, CO ₂ , N ₂	
(4)	H ₂ O, SO ₂ <H ₂ S, CO ₂ , N ₂	100~60
(5)	H ₂ O, CO ₂ , N ₂	<60

った。しかし H₂S や CO₂ の採取率は著しく向上した。また表4に示すように、ガス容器中に海水が混入している場合には、そうでないものと比較して、H₂S で半分以上、CO₂ でも10~15%が失われてしまう事が判明した。それ故、周囲が総て海水であり、さらに海底下の地中にまでも海水が侵入している事も当然考えられる、海底噴気ガスの採取法は、未だ決して十分なものとは考えられない。それ故今後も海底での採ガス装置の改善、ガス採取場所の選択、或は採取方法の工夫等におい

表4 海水による火山ガスの化学成分変化

Table 4 Change in chemical composition of volcanic gases with the effect of sea water.

採取日	区分	H ₂ S	CO ₂	R ガス
1990	A	0.43	77.2	22.3
-5-4	B	0.16	67.0	32.7
1990	A	0.38	91.8	7.8
-5-7	B	0.16	84.2	15.6

A: 放出ガス

B: 海水トラップ中に残ったガス

て、一層の努力が必要な事を強く感じる次第である。

6. 謝 辞

本調査を開始するにあたり、深い御理解をいただいた。牧村信之元理事長、また調査遂行にあたって絶大な御支援を賜った堀田宏・深海研究部長をはじめとする、海洋科学技術センターの各位、調査現地で様々な御便宜、御協力下さった「なつしま」越智貞己船長以下の乗務員ならびにドルフィン-3K 運行チームの方々に深く感謝申し上げる次第である。

参考文献

- Iwasaki, I., Ozawa, T., Kamada, M. et al., 1966, Differentiation of magmatic emanation. Bull. Tokyo Institute of Technology, Vol. 74, 1 ~ 57.
- 鹿児島県, 1978, 鹿児島湾の水銀に係る環境調査報告書, 1~38.
- 鎌田政明, 1977, 桜島北部海域の海底火山活動と環境の異常, 文部省総合研究“海底火山活動による桜島北部海域の環境変化に関する研究”調査報告書, 1~84.
- 小坂丈予, 1976, 鹿児島湾北部の海中火山活動と環境, 文部省総合研究“桜島火山海底噴火による鹿児島湾北部の環境変化に関する研究”調査報告書, 1~78.
- 小沢竹二郎, 1968, 地球化学におけるガス分析法 (II) 火山ガス, 分析化学 Vol 17, No. 3, 395~405.