

# 三宅島火山噴煙観測結果 (2000年9月～2001年5月)\*

Observation of volcanic plume from Miyakejima Volcano  
(September 2000 – May 2001)

産業技術総合研究所地質調査総合センター\*\*

気象庁気象研究所\*\*\*

気象庁火山課\*\*\*\*

Geological Survey of Japan, AIST

Meteorological Research Institute JMA

Volcanological Division, JMA

## 1. 噴煙組成 (CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>) ヘリ観測

### 1.1 方法

CO<sub>2</sub>およびSO<sub>2</sub>分析機器をヘリコプターに搭載し、三宅島噴煙の周囲を飛行し、大気を吸引・組成の測定を行い、噴煙通過時のCO<sub>2</sub>およびSO<sub>2</sub>のピーク濃度の比較から、火山噴煙起源のCO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>の濃度比を推定した(第1図)。噴煙起源のCO<sub>2</sub>の濃度(数ppm)は大気中のバックグラウンド濃度(360-380ppm)と比べ少ないため、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>の同時観測により、噴煙に由来するCO<sub>2</sub>ピークを同定することが必要である。測定には以下の機器を用いた:

CO<sub>2</sub>濃度: LICOR赤外CO<sub>2</sub>計6252または7000

SO<sub>2</sub>濃度: Interscan SO<sub>2</sub> sensor (2000年10月)

光明理化学SO<sub>2</sub> sensor (2001年1～4月)

サーモエレクトロン紫外蛍光SO<sub>2</sub>計43C (2001年3月～)

光明理化学のSO<sub>2</sub> sensorとサーモエレクトロン紫外蛍光SO<sub>2</sub>計の同時測定を3～4月に行い、データの相互校正を行った結果を第2図に示す。

### 1.2 結果

火山ガスのCO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>モル比は、2000年10月から2001年5月まで、0.8～1.2(平均0.9)の範囲に収まり、明らかな変化は見られない。マグマ中のSO<sub>2</sub>濃度はガラス包有物分析から2500ppmと推定されている。火山ガス中のCO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>モル比0.9から、マグマ中のCO<sub>2</sub>濃度は1500ppmと推定される。マグマ中のH<sub>2</sub>O濃度は1.5wt%と推定されているため、このH<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>の飽和圧力は300MPa(深さ12kmに相当)と計算される。もし、このマグマが100MPa(地下4kmに相当)に存在すると、マグマ中にCO<sub>2</sub>に富んだ気泡が存在することになる。この条件下ではマグマ中に占める気泡の体積は約1%である。

## 2. HCl/SO<sub>2</sub>比

三宅島島内4カ所にアルカリ吸収液を定置し、一定期間大気に暴露させその間に漂流した火山ガスを吸収させた後に分析を行い、火山ガス起源のHCl/SO<sub>2</sub>比を推定した。海塩起源のClの影響を除くために、同時に純水も設置し、その中のNa、Cl濃度も測定した。火山ガス中の硫黄成分にはSO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>Sがあり、三宅島では検知管などでの測定からSO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S比は5程度と推定されているが、ここでは分析されたSは全てSO<sub>2</sub>として表示してある。

火山ガス中のHCl/SO<sub>2</sub>モル比は約0.08で、2000年10月観測開始以降有意な変化は観測されていない。CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>比が一定であることと考え合わせると、この間には、火山ガスを供給しているマグマの組成や脱ガス条件(圧力)などに大きな変動が無かったことが推察される。

\* Received 4 Sep. ,2001

篠原宏志\*\*・風早康平\*\*・斉藤元治\*\*・松島喜雄\*\*・西祐司\*\*・佐藤久夫\*\*・福井敬一\*\*\*・尾台正信\*\*\*\*

Hiroshi Shinohara, Kouhei Kazahaya, Genji Saito, Nobuo Matsushima, Yuji Nishi, Keiichi Fukui and Masashi Odai

### 3. 水蒸気放出の推定

平成12年10月25日から阿古今崎地区設置した赤外カメラと気象庁の可視カメラ画像を最短2秒間隔でデジタル記録している。気象条件が良好で、明確な噴煙画像が得られた記録を用いて火口縁（標高約700m）での噴煙の上昇速度、噴煙温度および噴煙の幅を求めた。同時に記録している、観測地点（標高約30m）での気温、湿度を用いて福井の手法<sup>1)</sup>により水蒸気放出量を求めた。第3図に解析された結果を示す。この図には、9/19に海上保安庁の巡視船から撮影した画像の解析結果を含む。ここで求めた水蒸気量は、空気の混入を取り除いた、火口から少し上昇する噴煙に含まれる量である。10月以降は9月に比べ、水蒸気放出量は一桁減少した。地下水起源の水蒸気量の減少を示唆しているのであろう。

2000年10月～2001年2月の水蒸気放出量の平均は40万ton/dayとなった。SO<sub>2</sub>放出量<sup>2)</sup>のこの期間の平均は約4万ton/dayである。メルトインクルージョンの分析<sup>3)</sup>からこの活動にかかわるマグマに含まれる平均的なH<sub>2</sub>OとSO<sub>2</sub>の濃度をそれぞれ1.5wt%、0.25wt%とすると、マグマから脱ガスするH<sub>2</sub>Oの量は24万ton/dayと見積もられる。観測されたH<sub>2</sub>Oの放出量はマグマからの脱ガス量と同程度かやや多めの値を示している。

### 4. 火山灰の付着成分および8月18日火山弾のイオウ・酸素同位体測定

#### 4.1 分析および観測手法

7月8日から9月22日の期間に島内および洋上にて乾燥状態で採取された火山灰試料はすべて、遠沈管にて超音波純水溶脱処理を行い硫酸バリウム沈澱にて回収し、木羽溶液法とグラファイト還元法を用いてそれぞれ $\delta^{34}\text{S}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 測定に用いた。また溶脱溶液の一部はイオンクロマトグラフィー分析装置にてSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度分析に用いた。8月18日火山弾は純水洗浄したものを乾燥させて粉碎し、再び純水溶脱処理をして得られた硫酸イオンを「硬石膏」由来、残りの試料を「脱ガスし残りマグマ」由来として同じく $\delta^{34}\text{S}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 測定に用いた。火山弾に含まれる斑晶鉱物・石基・チャート質異質岩片は全て分離して $\delta^{18}\text{O}$ 測定を行った。同一火山弾試料をあわせて電子線マイクロプローブ（EPMA）観察・分析も行った。一方、比較のため、島内にてNaOH溶解採取したSO<sub>2</sub>は「脱ガス成分」として、 $\delta^{34}\text{S}$ 測定に用いた。

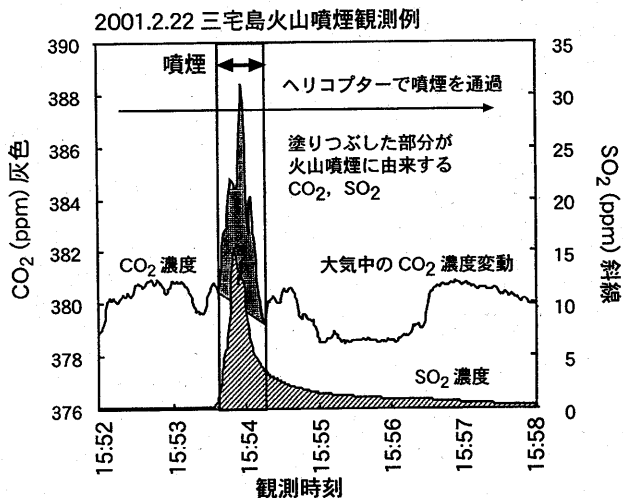
#### 4.2 2000年噴火の硫黄・酸素同位体システムティクス

8月から9月にかけて放出された火山灰の付着成分のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の濃度は8月18日以前では徐々に増加し、9月11日以降は急激にSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は低下している。これらの試料のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の $\delta^{34}\text{S}$ および $\delta^{18}\text{O}$ 組成には、高SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の火山灰では $\delta^{34}\text{S}$ が高く約+8パーミルであるのに対し、8月22日からは+7から5.5パーミルへと減少する一方、 $\delta^{18}\text{O}$ は一連の噴火過程で+8から+9.5パーミルと一方的に高くなる傾向がみられた（第4図）。なお海水中の硫酸イオンなどの高い $\delta^{34}\text{S}$ （＝+20パーミル）、 $\delta^{18}\text{O}$ （＝+10パーミル）の影響は付着成分にはみられない。硬石膏の硫酸の $\delta^{34}\text{S}$ 値は+4.1‰、全岩のそれも+3.8‰と同じような値を示したが、酸素同位体組成では、硬石膏は+11.3‰とマグマ中で平衡な硬石膏の $\delta^{18}\text{O}$ 値（＝6.1‰）よりも明らかに高く、マグマ由来でないことを示す（第4図）。異質岩片のチャートの $\delta^{18}\text{O}$ の値が10.0‰であり、硬石膏－石英間の同位体平衡を仮定すると380℃の熱水環境下での共存温度を得た（第1表）。EPMA観察では、硬石膏には散在するものと、Naに富む斜長石－石英で構成される異質岩片に含まれて存在するものがあり、産状に多様性が認められる。いずれもマグマとの反応縁をもっている。

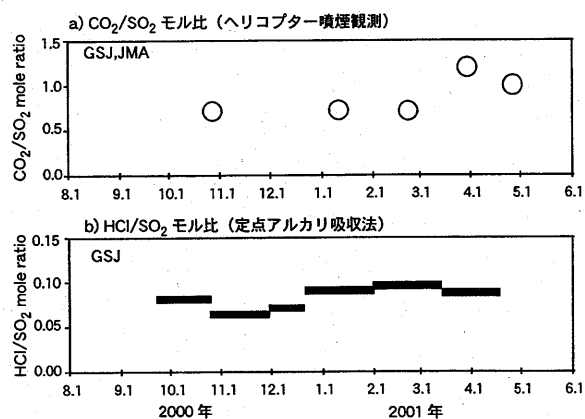
これらの測定結果は、マグマから放出される初生的SO<sub>2</sub>ガスの一部が地下に形成された熱水系にとりこまれ硫酸化し、残りのSO<sub>2</sub>と共に放出されている機構を支持する。

### 参 考 文 献

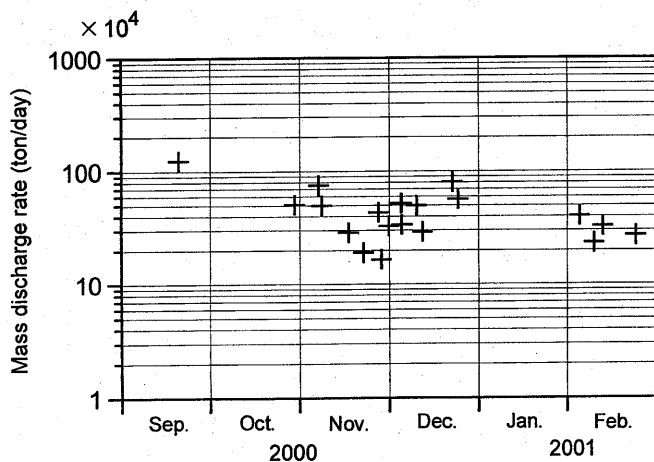
- 1) 福井敬一（1995）：阿蘇火山から非噴火特に出されるH<sub>2</sub>Oと熱エネルギー，火山，40，233-248.
- 2) 風早康平他（2001）：三宅島火山2000年噴火における火山ガス－火山灰の付着ガス成分およびSO<sub>2</sub>放出量から推測される脱ガス環境，地学雑誌，110，271-279.
- 3) 齊藤元治他（2001）：鉱物・ガラス包有物分析に基づく三宅島火山2000年8月18日噴火マグマの岩石学的特徴と揮発性成分濃度，地球惑星2001合同大会予稿集，V0-P017



第1図 噴煙のCO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>濃度観測例  
CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>分析機を搭載したヘリコプターで噴煙近傍を横切り、噴煙起源のCO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>のピークを捕らえ、その面積比から濃度比を求める。  
Fig. 1 CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> concentration peaks observed during helicopter flight passing through Miyakejima volcanic plume. The shadowed areas correspond to the peaks derived from volcanic gas. CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> ratio was calculated by integrating the areas.



第2図 三宅島噴煙のCO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>モル比、HCl/SO<sub>2</sub>モル比の時間変動  
Fig. 2 Variation of CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> and HCl/SO<sub>2</sub> mole ratio of volcanic plume from Miyakejima volcano.



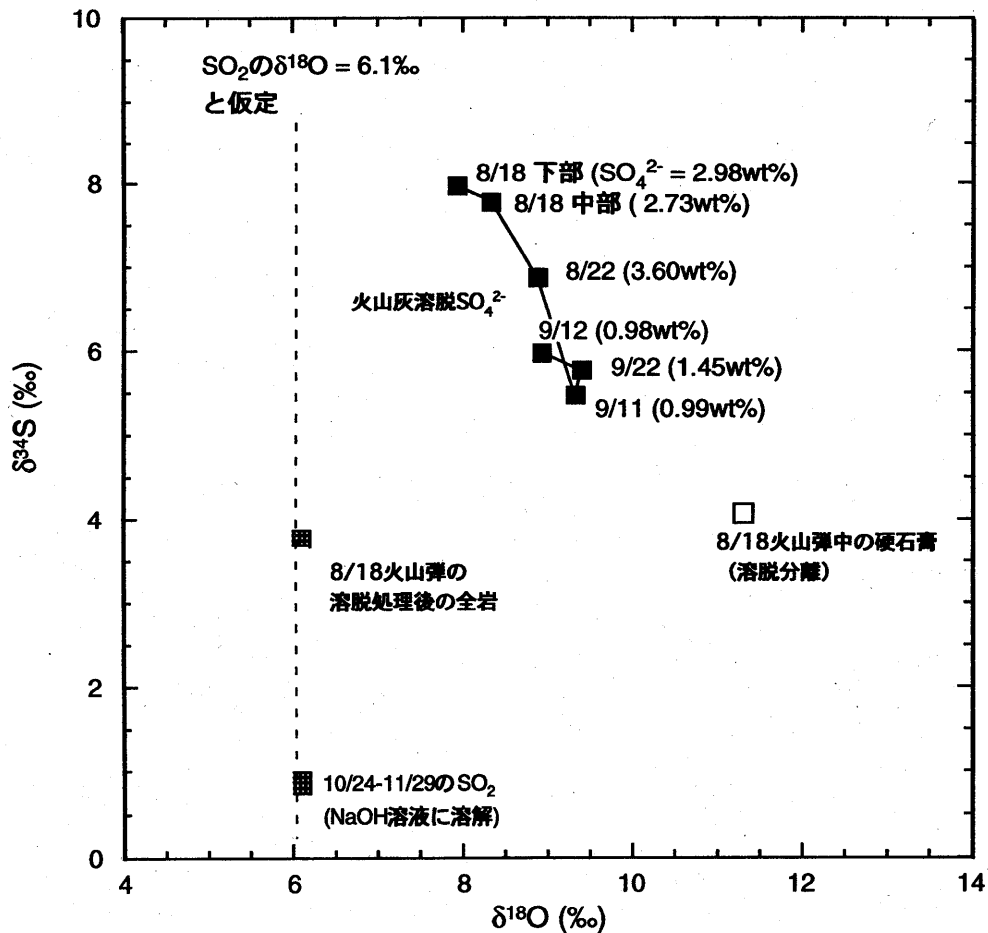
第3図 水蒸気放出量の経時変化  
Fig. 3 Temporal variation of H<sub>2</sub>O flux from September 2000 to February 2001.

第1表 三宅島噴出物の酸素同位体分析値

Table 1 Oxygen isotope composition of various materials in volcanic bomb of Aug. 18, 2001 and 1940 lavas of Miyakejima.

$\delta^{18}\text{O}$	石基 (‰)	斜長石 (‰)	オリビン (‰)	オリビン-石基温度* (℃)	チャート (‰)	硬石膏 (‰)	硬石膏-石英温度** (℃)
1940熔岩	5.3	5.5	5.1	1180			
2000.8.18火山弾	5.7	5.9	4.9	1135	10.0	11.3	380

NOTE \*:-オリビン斑晶-石基の酸素同位体分別係数から推定した生成(共存)温度(Kyser et al., 1981に基づく).  
 \*\*: 分離した硬石膏-チャート石英間の平衡共存温度(Matsuhisa et al. (1979), Lloyd (1968)に基づく).



第4図 三宅島8月18日-9月22日までの火山灰の溶脱硫酸、溶脱処理した8月18日噴石試料を粉碎して溶脱された硬石膏起源の硫酸、残りの噴石、およびアルカリ溶解による島内SO<sub>2</sub>ガスの硫黄・酸素同位体組成。火山灰試料の付着硫酸濃度は括弧内に示した。

Fig. 4 Sulfur and oxygen isotope compositions of leachates from ash and anhydrite in 8.18 bomb, dissolved bulk S in 8.18 bomb, and NaOH-trapped SO<sub>2</sub> gas of Miyakejima 2000, 8.18 to 9.22 eruptions. Sulfate content of ash-leachates are presented in each parenthesis.