

三宅島火山 2000 年噴火における硫黄・酸素同位体システムティクス

S and O isotopic systematics of the 2000 eruptions of Miyakejima volcano

佐藤 久夫[1], 清水 徹[2], 篠原 宏志[3]

Hisao Satoh[1], Toru Shimizu[2], Hiroshi Shinohara[2]

[1] 地質調査所 (科技団, 科技特), [2] 地質調査所, [3] 地調

[1] Geological Survey of Japan (JST PD), [2] Geological Survey of Japan

三宅島火山噴火の高濃度 SO₂ ガスの起源を探るために, 噴出物 (火山灰および火山弾), 水溶性付着成分について, S, O 同位体地球化学的検討を行った。オリビン-石基の酸素同位体温度は約 1135 °C, 異質岩片のチャート-硬石膏の酸素同位体温度は 380 °C と推定され, マグマ-熱水系が噴火に関わっていることが暗示される。S-O 同位体システムティクスから, 2000 年噴火は, (1) 噴火前マグマの上昇・減圧による H₂O-SO₂ 分離, (2) 山体地下熱水系の形成 (石英, 硬石膏の沈澱), (3) マグマ噴火による H₂O-SO₂ 放出, (4) それに伴う硫酸の生成と熱水系の枯渇, の過程を伴いながら進行したと考えられる。

1. はじめに

2000 年 7 月に活発な山頂噴火活動を開始した三宅島火山の噴火は, 極めて大きな SO₂ フラックス (~4 万トン/日) で特徴づけられる。斎藤ほか(本講演集)によると 2000 年 8 月 18 日放出の火山弾は 1100degC 以上の CO₂, SO₂ に飽和した高温マグマ由来である。高濃度 SO₂ ガスの起源を探るために, 噴出物 (火山灰および火山弾), 水溶性付着成分について, S, O 同位体地球化学的検討を行った。このようなアプローチは, すでに El Chichon, 1982 年噴火に対して Rye et al. (1984) に前例があるが, 長期に継続する噴火の動向を予測するツールとして重要である。

2. 分析

火山灰や火山弾表面には SO₂ と H₂O の反応による硫酸イオン (石膏や硫酸) が付着し, 火山弾石基中には, チャートやメルトとの反応縁をもつ硬石膏が含まれている。火山灰試料は水溶性付着成分のみを行い, イオンクロマト分析 (SO₄, Cl), および BaSO₄ 回収 (付着硫酸 S-O), 火山弾は粉碎前に水溶性付着成分の水洗除去を行い, それを粉碎した後の試料を水洗処理して出てきた硫酸イオンを BaSO₄ 回収 (硬石膏 S-O) し, これらを木羽溶液法および炭素還元法で S-O 同位体分析を行った。水洗処理を終えた粉碎済み火山弾全岩試料は木羽溶液法で S 抽出 (残留マグマ S) して S 同位体分析に用いた。火山弾中の斑晶 (オリビン, 斜長石, 輝石)・石基・全岩・異質岩片 (チャート質岩片) は, それぞれ酸素同位体比測定に用いた。全岩と分離石基試料はガラス化して EPMA 化学分析に用いた。

3. 火山灰付着成分の同位体組成

2000 年 8 月 18 日から 9 月 22 日までの火山灰付着成分の S-O 同位体組成はそれぞれ +8.0 から +5.5‰, +7.9 から +9.3‰ へと変化する。高濃度硫酸付着試料 (3 wt%) が放出された噴火初期ほど高 d₃₄S, 低 d₁₈O 組成で, 後期ほど低濃度 (1 wt%) で低 d₃₄S, 高 d₁₈O 組成になる傾向がある。一方, 溶脱分離した硬石膏の S-O 同位体組成は +4.1, 11.3‰, 残留マグマ S の S 含有量は 200 ppm, d₃₄S 値は +3.8‰ を示した。

4. 火山弾の酸素同位体組成

ガラス化した火山弾試料の全岩化学同位体組成は SiO₂ = 50 wt%, d₁₈O = 5.6‰ で, 三宅島火山の噴出物が描く化学-酸素同位体組成トレンドの未分化側にプロットされる。このことは, 今回の噴出マグマがこれまでと同起源のものであることを示す。分離したオリビン, 斜長石, 輝石, 石基の d₁₈O 値は, それぞれ 4.9, 5.9, 5.1, 5.7‰ であり, オリビン-石基の酸素同位体分別 (Kyser et al., 1981) から計算される両相の平衡温度は約 1135degC と推定される。一方, 異質岩片のチャートおよび, 硬石膏の d₁₈O 値はそれぞれ 10.0, 11.3‰ であり, Lloyd (1968), Matsuhiisa et al. (1979) から計算される両相の平衡温度は 380degC と推定される。硬石膏には石基中にメルトとの反応縁をもつもの以外に, Na-rich 斜長石に包有されているものもあり, 低温沈澱物との関わりが強く示唆される。

5. 議論

S 同位体的には, 付着硫酸 S (=8-5.5‰) > 硬石膏 S (=4.1‰) ~ 残留マグマ S (=3.8‰) の関係は, 硫酸がマグマ由来の SO₂ と凝縮水の不均化反応 (3SO₂ + 2H₂O = 2H₂SO₄ + H₂S) で生じたときの分別関係と調和的である。SO₄-H₂S 間の分別係数の温度依存性 (例えば Ohmoto and Rye, 1979) より, 付着硫酸 S の d₃₄S 値の減少は不均化反応が, 低温から高温にかけて起こったことを示しているのかもしれない。また, 脱ガス過程で S 同位体分別はないと考えると, 硬石膏 S と残留マグマ S の類似性は, 噴火前の熱水系がマグマ S のシステムに支配されていたことを表している。

る。また、硫酸の酸素同位体組成は、不均化反応に関与した H₂O の性質を反映し、おそらく噴出するガスの中の水蒸気の割合が減少することで、硫酸の生成量の減少と蒸留による酸素同位体比の増加がもたらされたのであろう。

以上のことから、S-0 同位体システムティクスから考察できる 2000 年噴火は次の過程で進行したと考えられる：
(1) 噴火前マグマの上昇・減圧による H₂O-SO₂ 分離，(2) 山体地下熱水系の形成（石英，硬石膏の沈澱），(3) マグマ噴火による H₂O-SO₂ 放出，(4) それに伴う硫酸の生成と熱水系の枯渇。