

三宅島火山2000年噴火で大気に拡散した硫黄成分の濃度と同位体比

Concentration and isotope ratio of sulfur species diffused in air after the eruption of Miyakejima volcano in 2000

大場 武[1], 平林 順一[2], 野上 健治[3]

Takeshi Ohba[1], Jun-ichi Hirabayashi[2], Kenji Nogami[3]

[1] 東工大・火山流体研, [2] 東工大・火山流体研究セ, [3] 東工大・草津白根

[1] Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology, [2] VFRC, Tokyo Inst. Tech., [3] Kusatsu-Shirane Volcano Obs., TIT

<http://131.112.25.6/indexJ.html>

三宅島火山は2000年7月8日に雄山山頂に陥没火口が形成された後、噴火活動期に入った。8月18日の噴火では噴煙が成層圏に達し、それ以来火山ガスの放出が顕著となり、現在では一日に3~4万トンのSO₂ガスが放出され続けている。11月から12月にかけて南西山麓に設置したKOH溶液に吸収された火山ガスの³⁴S/³²S比はd³⁴S(CDT)=+1.1‰であった。SO₂がKOH溶液に吸収される際の実験の結果、吸収されたSO₂の同位体比は大気中のSO₂に比べて約1.4~2.1‰低いことが判明した。これにより南西山麓に拡散したSO₂の同位体比はおおよそd³⁴S(CDT)=+2.5~+3.2‰と推定される。

【序】 三宅島火山は2000年6月26日に島内で地震が群発し翌27日には海底噴火が発生した。その後、島内の地震活動は一旦低下したが、7月8日雄山山頂に陥没火口が形成され、以後火山灰を放出する噴火活動期に入った。8月18日の大規模な噴火以後、火口からの火山ガス放出が顕著となり、現在(2001年2月)では一日に3~4万トンのSO₂ガスが放出され続けている。本研究では大気に拡散した硫黄成分の平均濃度と同位体比を調べるために火山ガスの採取および室内実験を行った。

【SO₂の採取・分析、結果】 雄山火口中心から南西2kmの山麓に5M KOH水溶液約200mlを外径85mm、高さ110mmの円筒形プラスチック容器に入れ、大気に開放したまま2000年11月24日から12月19日にかけて25日間静置し、大気中に拡散している硫黄成分を吸収させた。その結果、0.0029molの硫黄成分がKOH溶液に吸収された。KOH溶液を250mlにメスアップした後、50ml分取し、硫黄成分を硫酸イオンに酸化した後、BaSO₄に転換した。これを³⁴S/³²S分析に供し、d³⁴S_{CDT}=+1.1‰との結果を得た。

【SO₂吸収実験、結果】 KOH溶液に吸収された硫黄成分はSO₂とH₂Sの合計と考えられるが、現地観測によるとH₂S/SO₂モル比は0.1~0.2と、SO₂が主体であるので、SO₂ガスについてKOH溶液への吸収実験を行った。SO₂ガスがKOH液に吸収される過程において、SO₂分子は液面に接する空気層を拡散して通過しなければならない。SO₂分子と³⁴SO₂分子では空気中での拡散係数に相違があるため、吸収されるSO₂の同位体比と空気中のSO₂の同位体比の間にはある一定の差が生じると予想される。これを確かめるために室内実験を行った。縦、横、高さ、それぞれ45、45、50cmの密閉容器に内径48mmの円筒形プラスチック容器を置き、20mlの5MKOH溶液を満した。液面から容器の淵までの高さは、18.5~77.5mmに変化させた。密閉容器に外部から純SO₂ガスを60ml注入し、6Wのファンを設置し密閉容器内部の空気を攪拌した。ガス検知管による測定では、注入直後のSO₂濃度は450vol-ppmであった。この状態を5分間保持し、SO₂ガスをKOH溶液に吸収させた。吸収操作の直後に密閉容器内に残っているSO₂ガスを採取した。またKOH容器の上面には網を設置し空気の動きを制限した実験を行った。これらの室内実験は約16で行った。その結果、吸収されたSO₂の量は、0.06~0.14mmolと変化し、同位体比は空気中のSO₂と比較して、1.4~2.1‰低かった。

【考察】 観測および実験の結果を解析するためにSO₂の吸収速度 a (mol sec⁻¹)を $a = k \cdot c \cdot s$ とパラメータ化する。ここで、 k (m/sec)は比例定数、 c (mol m⁻³)はSO₂の空気中濃度、 s (m²)はKOH溶液の表面積である。 k は空気の流動の状態に変化し、風が液面に当たるような場合、大きな値を示し、無風状態では小さな値を示す。室内実験の条件で k は0.005~0.013 (m sec⁻¹)であった。この k の値と観測で得られたSO₂の吸収量から、大気中SO₂濃度は25日間の平均で、0.5~1.1 vol-ppmと見積もられる。

空気は無風状態においても微視的には、渦拡散が生じておりKOH溶液直上の空気層のSO₂濃度は常に変動していると考えられる。このような条件において分子拡散に関して分子の流量は $D^{0.5}$ に比例することが知られている。ここで D (m² sec⁻¹)は分子の拡散係数である。同位体を含む分子の拡散係数を $*D$ で表すと、分子拡散に起因する同位体の分別は、 $(*D/D)^{0.5}$ に相当すると考えられる。空気中の³⁴SO₂、³²SO₂分子に対してこの値を、Chapman-Enskog式を援用して計算すると0.9976となり、³⁴SO₂分子は³²SO₂分子よりも拡散による移動が遅い。即ち、空気中の³²SO₂分子は³⁴SO₂分子よりも早くKOH溶液に到達する。分子拡散過程で同位体の分別が起きると考え、一旦KOH溶液に吸収されたSO₂は空気中のSO₂に対して何ら影響を及ぼさないと仮定すると、溶液に吸収さ

れる SO₂ の同位体比は空気中の SO₂ に対して -2.4‰ 低下し、室内実験の結果に近似する。

【結論】 三宅島山麓での KOH 溶液静置法による観測と室内実験の結果から、硫黄成分が SO₂ で代表されたとした場合、観測期間の SO₂ 平均濃度は、0.5~1.1 vol-ppm と見積もられる。KOH 溶液に吸収された硫黄成分の同位体比は $d_{34S_CDT} = +1.1\text{‰}$ であったが、SO₂ については溶液に吸収される際に分子拡散過程により同位体比分別が生じ大気中 SO₂ に比較して約 1.4~2.1‰ ほど同位体比が低下すると考えられる。よって観測期間における大気中硫黄成分の同位体比は $d_{34S_CDT} = +2.5\sim+3.2\text{‰}$ 程度であったと考えられる。マグマから脱ガスした硫黄成分は SO₂ ガス、H₂S ガス、硫酸ミスト、火山灰付着成分などに分化し放出されるので、マグマに含まれていた硫黄成分の本来の同位体比を知るには、今後これら成分の同位体比、量比を調べる必要がある。