

雲仙普賢岳の火山ガス組成から推定するマグマ脱ガス過程

Chemical composition of volcanic gases from Mt.Unzen, Japan: Implication to the magma degassing process

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

【序】溶岩噴出の原動力はマグマ中に含まれる揮発性成分の脱ガスであり、揮発性成分を含む火山ガスの化学組成の変化はマグマ噴出率の変化と密接に関係している可能性がある。本研究では、雲仙普賢岳の溶岩流出率と火山ガス組成変化の関係からマグマ脱ガスのプロセスについて考察する。

【観測】1991年から95年にかけての雲仙普賢岳の噴火活動では、山頂における溶岩ドームの成長と崩落はもっぱら東山麓方向に限られ、山頂の普賢池のあった西側には大規模な崩落は起こらなかった。溶岩ドームの西側の付け根からは高温の火山ガスが定期的に噴出し、我々は1992年5月から1993年10月にかけて6回にわたり高温の火山ガスを直接採取し分析することに成功した。

【分析結果】採取したガスの温度は、535から818と高温で、ガスに含まれるH₂Oの同位体比はマグマ起源のH₂Oに特有な値、 $d_{DSMO} = -36 \sim -28\%$ 、 $d_{18OSMO} = +7.4 \sim +9.5\%$ を示し、ガスの化学組成から推定される化学平衡温度は850~890 (Ohba et al. 1994)でFe-Ti酸化鉱物の組成から推定される溶岩の温度(Nakada and Motomura 1999; Venezky and Rutherford 1999)と一致した。採取したガスにはHCl, SO₂など水に溶解しやすい成分が高濃度で含有された。ガスのCO₂/H₂O比は1992年9月付近で極小になりその後増加した。その変化はパターンは溶岩流出率の時間変化と極めてよい相関を示したが、溶岩流出率は1992年12月に極小になり、CO₂/H₂O比の変化は少なくとも一ヶ月以上溶岩流出率の時間変化に先行した。一方、HCl/H₂O, (SO₂+H₂S)/H₂O比には時間変化がなかった。

【考察】火山ガスの化学分析値は気体成分の相対的な濃度であり、ある成分Aの濃度が変化した場合、それが必ずしもAがマグマから脱ガスする流量の変化であるとは限らない。他の成分の流量が変化したために、Aの濃度が変化しているように見えることもある。このような事情で、火山ガスの組成変化をマグマ脱ガスと関連付けて考える場合、現時点では以下の二通りのモデルが可能である。

モデル1) 火山ガスの発生はマグマ中での泡の形成に支配されている。泡の中のCO₂/H₂O比はCO₂とH₂O分子のマグマでの拡散速度とマグマと泡の間の分配係数により決まると考えられる。CO₂はマグマでの溶解度が低く、マグマが地表に近づいた段階で、すでに大部分が泡に分配している。一方、H₂O分子はマグマでの溶解度が相対的に高く、マグマが地表に近づいた時、かなりの部分が依然としてマグマに残っている。マグマ上昇の時間スケールとH₂O分子のマグマにおける拡散の時間スケールが拮抗している場合、溶岩噴出率の低い時期はマグマの上昇速度が遅く、H₂Oが泡に移動できる時間が長いので泡の中のCO₂/H₂O比は低下し、火山ガスのCO₂/H₂O比が低下し、観測事実と調和的である。しかし、HCl, SO₂, H₂Sなどのマグマでの溶解度はH₂Oに対してはるかに大きく、このモデルではHCl/H₂O, (SO₂+H₂S)/H₂O比が一定である観測結果を説明するのが困難である。

モデル2) 山頂で観測した火山ガスは、CO₂に富んだガスとCO₂に乏しいガスの混合物であり、CO₂/H₂O比の変化はCO₂に富んだガスの寄与が変化したことが原因と考える。CO₂はマグマでの溶解度が低く地下深部で泡としてメルトから分離する。地下深部でマグマから分離した気体はCO₂に富み、火道に沿って上昇する。一方、H₂O, HCl, SO₂, H₂Sなどの気体はマグマが地表近くに近づいてからマグマから泡として分離し、深部から移動してきたCO₂に富んだガスと混合し、火山ガスとして放出される。このモデルでは、溶岩噴出が1992年12月に一度停止した後、1993年2月に再開したことの原因として深部でのCO₂の脱ガスを上げることが可能である。HCl/H₂O, (SO₂+H₂S)/H₂O比が一定であったことは、H₂O, HCl, SO₂, H₂Sなどの気体の泡への移動時間スケールがマグマの上昇の時間スケールよりも十分に小さく、泡とマグマは気体の分配に関してほぼ平衡状態にあったとして説明される。