

ピストンモデルに基づく三宅島噴火における脱ガス量の見積もり

Estimation of SO₂ degassing at Miyake-jima volcano, on the basis of the piston model

大湊 隆雄[1], 渡辺 秀文[2]

Takao Ohminato[1], Hidefumi Watanabe[2]

[1] 東大震研, [2] 東大・地震研

[1] ERI, [2] Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo

三宅島の火山活動は数万トン/日に達する大量のSO₂を放出しながら継続中である。活動初期に見られた地震波パルスの説明するモデルとして提案されたピストン降下モデルはパルス幅と、ピストンの質量・断面積・マグマ溜り体積の関係を与えるので、ピストン径とピストン長からマグマ溜り体積を見積もることができる。火口底の沈降速度、完全消磁域の広がり、震源分布からピストン径とピストン長の推定値はそれぞれ300~600m、3~3.5kmとなり、マグマ溜りは $1.5 \sim 7.1 \times 10^{10} \text{m}^3$ と推定される。マグマ中のSO₂量を540ppmと仮定すると、脱ガス継続期間は1.5~7年、2000ppmと仮定すると脱ガス期間はさらに延びて5.5~26年となる。

2000年6月26日に始まった三宅島の火山活動は、翌日にはマグマが三宅島西方に移動し、そのまま終息すると思われたが、7月1日より山頂下の地震活動が始まり、7月8日の山頂陥没に至った。その後数回の山頂噴火を経て、9月上旬以降は大量のSO₂を放出する活動へと推移した。山頂陥没と時を同じくしてパルス幅50秒の地震波が発生し始めたが、8月18日の山頂噴火とともに地震波パルスの発生は止んだ。8月29日には低温の火砕サーージを伴う噴火が発生し、それ以降山頂からの灰噴火が続くと共に、噴煙中のSO₂量が急激に増加した。地震活動や地殻変動は8月下旬以降次第に低下しているにもかかわらず、山頂からの大量のSO₂放出は続き、9月上旬には一日数万トンに及ぶ脱ガス量に達し、半年を経た3月上旬においても脱ガス量は低下していない。この大量の脱ガスは、ガスに富んだ新鮮なマグマがマグマ溜りより脱ガス深度まで効率的に運ばれる、いわゆる火道内マグマ対流モデル等により説明されているが、現在の脱ガスがいつまで継続するかは、マグマ溜りに存在するマグマ量に依存する。地震波の減衰域の広がり、震源分布の空白域等によりマグマ溜りの大きさの推定が試みられているが、決定的な推定値はない。本研究では、三宅島の活動初期に見られたパルス幅50秒の地震波を説明するために提案されたピストン降下モデルに基づいてマグマ溜りのサイズを見積もり、今後の脱ガス継続期間を推定する。

山頂の陥没が始まった7月8日から、8月18日までの期間に観測された地震波パルスは速度波形で見たときにサイン波の半周期分の波形であり、そのパルス幅は40~50秒とほぼ一定の値を示すことから、地震波パルスが発生させるメカニズムは非破壊的で、かつ、パルスの発生期間にわたって大きく変化することのない物理量によって周期が規制されるものでなければならない。このようなモデルとして、ピストン降下モデルが提案された(熊谷他)ピストンモデルとは、火道との摩擦およびマグマ溜りの圧力により支えられている火道内のピストン上の岩塊が、マグマ溜り内に間欠的に滑り落ちてゆき、降下時にマグマ溜りの圧力を上昇させることにより、地震波パルスが発生するというものである。ピストンモデルによると、地震波パルスの幅はピストン断面積に反比例し、ピストン質量とマグマ溜り体積の平方根に比例する。また、マグマの体積弾性率の平方根に反比例する。マグマの体積弾性率としては玄武岩溶岩の $1.3 \times 10^{10} \text{Pa}$ を用いればよい。ピストンの断面積と長さが推定できればマグマ溜りの体積を見積もることができる。これらを推定するために以下の考察を行った。

(1) 火口底の沈降速度：ピストン径が大きいほど一回のパルス毎のピストン降下量は小さい。山頂火口の陥没速度は陥没初期には40~50m/日あったと推定されるが、ピストンの降下量はこの値を超えるはずである。ピストン降下量がこの値を超えるためにはピストン直径が600m以下でなければならない。

(2) 完全消磁域の大きさ：全磁力の観測によると、7月初めに $5 \times 10^7 \text{m}^3$ の空洞、すなわち完全消磁域が火口直下1.5~2kmで生じ、その体積を変えずに上昇して山頂陥没に至ったことが報告されている(笹井他)。消磁域を火道内の円筒状の空洞と仮定すると、解析精度から見てその長さは1kmを超えない。長さが1kmを超えないという条件から、空洞の直径は300m以上でなければならない。ピストン径も空洞径と同程度と考えられるから、その直径は300m以上と考えられる。

(3) 震源分布：雄山山頂直下の震源分布(酒井他)には、火口直下から3~3.5kmの長さ、直径500m程度の筒状の分布が見られる。これが火道の広がりに対応するならば、ピストン長は3~3.5kmであろう。なお、震源分布には深さ方向に2.5km、水平方向に3km程度の広がりをもつ空白域が見える。この空白域がマグマ溜りに対応するならば、その体積は $1.2 \times 10^{10} \text{m}^3$ となる。

(1) - (3)より、ピストン径は300~600m、ピストン長は3~3.5kmと推定することができる。この値を用いると、マグマ溜りの体積は $1.5 \sim 7.1 \times 10^{10} \text{m}^3$ となる。2001年2月上旬におけるSO₂放出量は3~4万トン/日である。この脱ガスペースが維持されると仮定し、マグマに含まれるSO₂を伊豆大島のマグマと同じ540ppmとすると、全マグマが脱ガスするまでに1.5~7年かかることになる。マグマ中のSO₂量を、実測値である2000ppmと

すると、脱ガス期間はさらに延びて5.5~26年となる。