

三宅島傾斜ステップ圧力降下振動モデル

Pressure drop oscillation model for tilt-steps at Miyakejima volcano

藤田 英輔[1]

Eisuke Fujita[1]

[1] 防災科研

[1] NIED

2000年三宅島噴火で観測された傾斜ステップには以下の特徴がある：(1) 7/8~8/18に計46回発生、(2) 1日に1回~3回、12~60時間間隔で発生するといった周期性、(3) 7/8,9(No.1,2)の傾斜ステップは7/11以降の44回と異なる：No.1：山頂方向を中心とした放射状、発生前に山頂方向が加速的に沈降する傾斜変動、および、約8時間継続する火山性微動を観測；No.2：傾斜ステップ後に地震が多発；No.3以降：傾斜ステップ前に地震が多発、(4) 間欠的に発生した山頂噴火と同期しない、(5) 傾斜ステップ発生約1時間前から山体膨張を示す傾斜変動と低周波地震の多発、(6) 傾斜ステップと同期して50sパルス波が発生する。傾斜計および広帯域地震計のデータから、傾斜ステップの発生源としては島南東部から南西に向かって伸びる山頂方向上がり傾斜角20度のシル状マグマ溜まりの開口運動であることが分かっている。1回あたりの開口量は10~50cm、体積変化量は $0.1-1.1 \times 10^7 \text{m}^3$ である。また傾斜ステップに関連した現象として、以下の点について考慮する必要がある：(a) 6/26~27に発生したダイク貫入プロセスとこれにより形成されたマグマシステムを基とする、(b) 7/18 18:41の噴火で形成され、8/18の噴火で圧力的に開放されたシステムで発生している、(c) 7/2~7/5に小規模な傾斜ステップ、それと同期して低周波地震が発生、(d) 重力観測により7/2ごろには山頂直下に空洞が形成されていた(古屋・他, 2001)。

そこで、傾斜ステップを説明するモデルとして、マグマや水蒸気・火山ガスからなると推測される気液2相系がシル・火道に充填されている状況を考え、この2相系の不安定流動が発生メカニズムであると考えた。このような2相系の不安定流動は振動現象を生み、特に今回提唱するのは圧力降下振動である。

傾斜・地震データの解析から推定された三宅島のマグマ供給システムは、山頂方向へ向かう火道と南東部のマグマ溜まり、およびここから北西へと伸びるシル状のマグマ溜まりからなっていると考えられる。火道の上部にはガス溜まりが存在し、7/8の噴火によりふたをされた状態となり、圧縮性の空間となっている。マグマ溜まりおよびシル状マグマ溜まりではマグマ自らのガス成分の離脱が継続的に進み、ガス溜まりに蓄積する。ガス溜まりの圧力を P_g 、シル状マグマ溜まりの出口の圧力を P_e とし、その差圧を $P=P_g-P_e$ とする。また、シル内を流れるフラックスを f とすると、 P と f の状態は、周期的な軌跡をたどる。1. f が小さくマグマヘッドは次第に上昇するとともに P が上昇する、2. システムの差圧が臨海値に達するため、急激にもう一つの安定状態へ遷移するために急速に f が増加する。このとき急激にシルの開口がおこり、傾斜ステップが発生する、3. ゆっくりと f が小さくなり P は次第に解消される、4. P の最小値に到達し、急速に f が減少して1の状態に戻る。観測された傾斜ステップ準備期間(約1時間)、傾斜ステップと50-sパルス波、傾斜緩和はそれぞれ1, 2, 3の状態に対応しているものと考えられる。

この圧力降下振動の基本的挙動は、無次元化された流量、時間をそれぞれ X , T であらわすとファン・デル・ポール方程式であらわされる。この方程式はパラメータにより調和振動的な波形から弛緩振動的な波形を示し、圧縮性空間のキャパシティー $C(=V/Ap, V$:体積、 A :断面積、 p :圧力)や2相系の質量、気相部の質量などに依存したパラメータにより周期が決まる。脈動の周期は特に圧縮性の体積 V に支配される。観測された傾斜ステップの周期は12~60時間で特に後半にかけて長くなっていったが、これは圧縮性空間の体積が増加した、たとえばマグマヘッドが下降していったことなどにより説明できると考えられる。