

火山噴煙における噴煙内外の乱流混合の性質

Turbulent mixing inside and around the volcanic eruption clouds

鈴木 雄治郎[1]; 小屋口 剛博[2]

Yujiro Suzuki[1]; Takehiro Koyaguchi[2]

[1] 東大・新領域; [2] 東大・地震研

[1] Frontier Sciences, Univ Tokyo; [2] ERI, Univ Tokyo

<http://www.gaea.k.u-tokyo.ac.jp/~yujiro/>

爆発的火山噴火において、大気は上昇する噴煙に取り込まれ、火砕物の熱で膨張する。この膨張によって獲得された浮力が、噴煙上昇の原動力となる。したがって、上昇中の噴煙がどれだけ周囲の大気と混合するかが、噴煙のダイナミクスを決定する重要な要因となる。そこで本研究では、噴煙内外で生じる乱流混合が噴煙の挙動に与える影響を、噴煙の数値シミュレーションによって調べた。これまでの数値モデル[Woods, 1988; Dobran and Neri, 1993]では、乱流混合を経験的なパラメータを用いて記述していたが、本モデルではそのような仮定なしに大域的な乱流の性質を再現する数値モデル(3次元座標系・空間3次精度スキーム)を構築した。

数値計算の結果、噴煙における乱流混合は(1)大気を取り込み、(2)噴煙の均質化という2つの物理過程に関係することがわかった。大気を取り込みは、噴煙と大気境界での乱流の渦運動によって行われる。それにより、噴煙内部での平均的な[噴煙:大気]の混合比が決定される。また、噴煙の均質化については、噴煙内部での乱流の渦運動によって行われる。一般に、火口から出た噴煙は外側から混合が進行する。火口からの距離とともにこの混合領域は中心軸に向かって拡大していき、ポテンシャルコアと呼ばれる中心軸周りの高濃度領域を浸食していく。混合領域が中心軸に達すると、ポテンシャルコアが消滅してなくなる。その後、噴煙は均質化され発達した乱流ブルームとなる。

上記2つの物理過程によって、噴煙挙動の多様性を以下のように説明することができる。大気を取り込み量によって噴煙の平均的な密度が決定し、噴煙柱・部分崩壊・火砕流という流れの違いが生じる。また、噴煙内の均質化の度合いについては、初期運動量を失う前にポテンシャルコアが消滅するか否かによって、運動様式は分類される。初期運動量が失われた時点でポテンシャルコアが残っていた場合、高濃度の噴煙が噴水の頂部のような特徴的な運動をする。これをFountain構造と呼ぶ。一方、初期運動量が失われた時点でポテンシャルコアが残っていない場合は、均質化した流れとなる。

Fountain形成の条件、火砕流発生の条件の物理的な意味を考察し、解析的なモデルによって記述した。このモデルはマグマの温度、揮発成分量、噴出率、噴出速度によって構成される。Fountainの形成条件は、ポテンシャルコアの長さ(L)と初期運動量を失う高さ(H)の比(H/L)で説明できる。H>>Lの場合はHに達した時点でポテンシャルコアが消滅しているので、Fountainができない。一方、H<<LであればHでポテンシャルコアが残りFountainとなる。数値計算結果によると、Fountain形成の条件はH/L=0.8で与えられていて、この条件は、マグマの温度や揮発成分量に依存しない。火砕流の発生条件は、初期運動量を失う高さ(H)に達した時、平均的な密度が大気よりも軽いかわりに重いかわりで決定される。高さHに達した時に混合流体密度が大気よりも軽ければ、上昇を続け噴煙柱となり、重いままであると地表を流れ下り火砕流となる。混合流体の密度は、マグマの温度、揮発成分量、大気を取り込み量によって決定する。大気を取り込み量が多いほど、温度が高いほど、揮発成分量が多いほど、混合流体の密度は小さくなる。したがって、火砕流発生の条件は噴煙濃度及びマグマの温度、揮発成分量に強く依存する。