

火道・噴煙統合モデルの構築に向けて（その1）火口における噴出条件とマグマ溜りの圧力の関係

A combined model of conduit flow and eruption cloud dynamics. Part 1. The effect of magma chamber pressure on the vent conditions

小屋口 剛博 [1]; 小園 誠史 [2]; 鈴木 雄治郎 [3]

Takehiro Koyaguchi[1]; Tomofumi Kozono[2]; Yujiro Suzuki[3]

[1] 東大・地震研; [2] 東大・地震研; [3] JAMSTEC,IFREE

[1] ERI, Univ Tokyo; [2] ERI, Univ. Tokyo; [3] JAMSTEC,IFREE

爆発的噴火において、噴煙柱崩壊による火砕流の発生などの噴火タイプの推移を、地殻変動などの火山周辺の地球物理学的観測から予測することは可能であろうか。この問題を解決するためには、マグマ溜りから火道を経て地表に至るマグマの上昇運動と、地表に噴出後の噴煙のダイナミクスを統一的に理解する必要がある。本研究では、マグマ溜りの条件と地表における噴火のダイナミクスを結び付ける「火道・噴煙統合モデル」の構築を進めている。

一般に、爆発的噴火における火砕流の発生（噴煙柱崩壊）条件は、マグマの性質、火口の径、火口での圧力、噴出速度などによって決まる。Woods and Bower (1994) は、噴煙柱崩壊条件を決定する主要因が、火口におけるマグマの上昇速度が音速に達している場合と音速以下の場合で本質的に変わることを指摘した。火口におけるマグマの上昇速度が音速に達している場合、噴出する火砕物と火山ガスは、大気圧以上の圧力（「火口過剰圧」と呼ぶ）を持ち、噴出後に大気圧まで減圧・膨張する。火口過剰圧が或る程度以上になると、膨張後の噴出物の上昇速度がマグマの含水量で決まる一定速度に近似されようになり、その結果、噴煙柱崩壊条件に達した時点の「臨界噴出率」がマグマの含水量だけで決定される。一方、火口におけるマグマの上昇速度が音速以下の場合、火口における圧力が大気圧に一致し、火砕物と火山ガスの混合物の密度が一定値になる。この場合、火口における噴出速度（又は火口径）が噴煙柱崩壊条件の主要因として加わる。従って、火道流モデルによって、火口におけるマグマの上昇速度が音速に達する条件を決定することが、噴煙のダイナミクスの性質を理解する重要な鍵となる。

本研究では、当面の目標として、(1) 3次元噴煙モデルによって Woods and Bower (1994) による噴煙柱崩壊条件を定量的に吟味する、(2) 1次元火道流モデルに基づいて火口におけるマグマの上昇速度が音速に達する条件とマグマ溜りの条件（深さ、圧力）の関係を明らかにする、という2つの問題に焦点を合わせる。本発表では、上記(2)の問題に関する主要な結果を報告する。

本研究では、Koyaguchi (2005) の解析的手法を1次元定常火道流モデルに適用することによって、火口で音速に達する条件をマグマ溜りの深さ及びマグマ溜り中のマグマの圧力の関数として得た。その結果、マグマ溜りが或る特徴的な深さスケールより深いか浅いかによって、火口で音速に達する条件が大きく変化することが明らかになった。今、静止した気液二相マグマの圧力（「静マグマ圧」）が自重によって深さと共に増加する状況を考える。この静マグマ圧が大気圧からマグマ破砕面の圧力まで増加するのに要する深さスケール（ D とする）は、マグマの性質（主にマグマの含水量）のみによって決まる量であり、通常マグマでは数 km から 10 km の値を持つ。マグマ溜りが D よりも浅い場合、マグマの上昇速度は、マグマ溜り中のマグマの圧力の増減に関わらず、火口で音速に達し圧力が大気圧以上になる。それに対して、マグマ溜りが D よりも十分に深い場合、マグマ溜り中のマグマの圧力がリソスタティック圧よりある程度小さくなった段階で火口における圧力が大気圧になり、マグマが垂音速流として噴出する。

上記の結果は、マグマ溜りの深さが D より浅いか深いかによって、噴煙柱崩壊条件や噴火推移のシナリオが大きく変化することを示唆している。マグマ溜りの深さが D より浅い場合、噴煙のダイナミクスはマグマ溜り中のマグマの圧力変化の影響を受けず、また、マグマ溜り中のマグマの圧力が減少してもマグマの噴出率が維持される。この状況は、高い噴出率の爆発的噴火を維持したままマグマ溜りから大部分のマグマが噴出し、突然、カルデラ形成に移行する噴火のシナリオを合理的に説明する。一方、マグマ溜りの深さが D より深い場合、マグマの噴出によってマグマ溜り中のマグマの圧力が減少すると、マグマの噴出率や火口噴出速度が減少する。この状況は、高い噴出率のプリニー式噴火から相対的に低噴出率の火砕流噴火に移行する噴火のシナリオを説明する。