

蔵王火山、五色岳火碎岩類上部における噴火準備過程

Pre-eruptive magmatic processes of upper part of Goshikidake pyroclastic rocks, Zao volcano

*佐藤 初洋¹、伴 雅雄¹

*Motohiro Sato¹, Masao Ban¹

1. 山形大学大学院理工学研究科

1. Graduate School of Science and Technology, Yamagata University

蔵王火山は東北地方において最も噴火履歴の多い火山である。最新の山体である五色岳は約2 kaから活動を開始し、0.8 kaからは御釜に火口を移して現在も活動を続けている。2013年以降火山性微動や火山性地震の一時的な増加などの前兆的現象が観測されており、噴火準備過程の解明は急務である。近年、斑晶鉱物の累帯構造などを詳しく解析することによってマグマ供給系の噴火準備過程をより深く理解する試みが幾つかの火山で行われている。そこで本研究では蔵王火山の御釜火口から噴出した過去800年間の噴出物を対象に噴火準備過程の詳細な解明を目的として、斑晶鉱物の組成累帯構造の解析と熱力学的手法とを組み合わせた検討を行った。

噴出物はマグマ水蒸気爆発に伴う多数のサージ堆積物とスコリア質の降下火碎物からなる。噴火の休止期と考えられる水蒸気爆発堆積物や崖錐堆積物から6つのphaseに細分し、本質物と考えられる発泡度の高い降下火碎物を系統的に採取して分析に用いた。噴出物はすべて玄武岩質安山岩～安山岩 ($\text{SiO}_2=56\text{-}57 \text{ wt.\%}$) かつ中間カリウム・カルクアルカリ系列に分類されハーカー図において直線的なトレンドを示す。主な斑晶鉱物は斜長石、直方輝石、単斜輝石、磁鉄鉱である。稀にカンラン石が含まれるが、単斜輝石の反応縁が観察されることから、メルトとは非平衡であったと考えられる。

鉱物化学組成は、斜長石はコアで $\text{An}_{64\text{-}86}$ (ピーク値 $\text{An}_{68,74}$)、リムで $\text{An}_{60\text{-}86}$ ($\text{An}_{64,70,76}$)、石基コアで $\text{An}_{57\text{-}80}$ (An_{63}) である。直方輝石はコアで $\text{Mg\#}=60\text{-}75$ ($\text{Mg\#}=65$)、リムで $\text{Mg\#}=63\text{-}76$ ($\text{Mg\#}=65, 71$)、石基コアで $\text{Mg\#}=63\text{-}67$ ($\text{Mg\#}=64$) である。単斜輝石はコア $\text{Mg\#}=64\text{-}67$ 、リム $\text{Mg\#}=64\text{-}76$ である。磁鉄鉱は $\text{Mg/Mn}=7\text{-}20$ ($\text{Mg/Mn}=9, 14$) である。斜長石と直方輝石について組織と組成累帯によって類型化を行い、斜長石は4種類に分類された；C-type：溶融組織はみられず正累帯あるいは均質（コア組成 $\text{An}_{70\text{-}80}$ ）。P-type：パッチ状包有物（BSE像の明色部 $\text{An}_{70\text{-}75}$ 、暗色部 $\text{An}_{60\text{-}66}$ ）をもつ。多くの場合波動累帯構造をもつ。D-type：均質 ($\text{An}_{60\text{-}70}$) またはpatchyなコアをもち、リムにdusty zone ($\text{An}_{75\text{-}90}$) をもつ。H-type：コアに高An ($\text{An}_{75\text{-}85}$) のhoneycomb textureをもち、均質な低Anリム (An_{65}) をもつ。直方輝石は Mg\# だけでなく拡散係数の小さいAIのゾーニングプロファイルを参考に6種類に分類した；L-type：低 Mg ($\text{Mg\#}=64\text{-}67$) で均質または波動累帯構造をもつ。R-type：逆累帯をもつ（コア $\text{Mg\#}=60\text{-}67 \rightarrow$ リム $\text{Mg\#}=65\text{-}76$ ）。R-typeはさらに3種類のsubtypeに細分され、逆累帯の幅が狭く (<数um) 高 Mg ($\text{Mg\#}=71\text{-}76$) かつAIの逆累帯が見られるsubtype I、逆累帯の幅が広く (数十um)，中 Mg ($\text{Mg\#}=69\text{-}70$) でAIの細い逆累帯が見られるsubtype II, subtype IIと同様に逆累帯の幅が広く中 Mg だがAIは均質な組成累帯をもつsubtype IIIに細分される。M-type：中 Mg のコア組成 ($\text{Mg\#}=69\text{-}70$) をもち、多くが微斑晶 (<50um) として存在する。H-type：不均質で高 Mg ($\text{Mg\#}=76\text{-}70$) コアをもつ。先行研究を参考に圧力を1.5-2.0 kbarとして両輝石温度計を適用した結果、マグマ温度は低 Mg で950-1000°C、中 Mg で1010-1040°C、高 Mg で1030-1060°Cと推定された。

記載岩石学的証拠から噴出物は高温マグマと低温マグマの2端成分混合によって形成したと考えられる。全岩化学組成における一連のトレンド上に端成分マグマが存在すると仮定し、rhyolite-MELTSによる繰り返し計算を行って端成分マグマの組成を求めた。このとき低温マグマは低 Mg 直方輝石の温度 (950-1000°C) かつ低温マグマ由来 (低An斜長石、低Mg輝石) の斑晶モード組成を満たすこと、高温マグマは高 Mg 直方輝石の温度 (1030-1060°C) 以上かつカンラン石および高An ($\text{An}_{>80}$) 斜長石が平衡に存在することなどから制約すると、低温マグマの組成は $\text{SiO}_2=59.0\text{-}62.0 \text{ wt.\%}$, $T=953\text{-}999^\circ\text{C}$, $P=1.5 \text{ kbar}$, $\text{H}_2\text{O}=1.0\text{-}2.0 \text{ wt.\%}$ 程度、高温マ

マグマの組成は $\text{SiO}_2 = 48.0\text{-}50.0 \text{ wt.\%}$, $T = 1060\text{-}1126^\circ\text{C}$, $P = 1.5\text{-}2.0 \text{ kbar}$, $\text{H}_2\text{O} = 1.0\text{-}2.0 \text{ wt.\%}$ 程度という結果が得られた。得られた端成分マグマの条件から直方輝石の組成累帯構造から混合マグマについて検討する。低Mgな直方輝石は珪長質マグマと平衡で、高および中Mgな直方輝石は高温マグマと平衡共存しないため混合マグマ由来であると考えられる。最も普遍的に観察されるR-type (I) のMg#のゾーニングプロファイルは、リムで高Mgに増加した後に最外縁リムで中Mg程度まで減少する。このことから混合マグマは高Mgな直方輝石と平衡な条件 ($1030\text{-}1060^\circ\text{C}$) でいるのはマグマ混合直後のごく短時間で、それ以外の期間は中Mgな直方輝石と平衡な条件 ($1010\text{-}1040^\circ\text{C}$) で存在していると考えられる。マグマプロセスのタイムスケールを推定するため、直方輝石斑晶の滞留時間をゾーニングプロファイルから推定した。滞留していたマグマの温度は中Mgの直方輝石と平衡 (1025°C) で、酸素分圧はNNO-bufferであると仮定して拡散係数を求め、Mg#の初期プロファイルはAI組成から推定して計算した。その結果、R-type (I) は半日—2年程度、R-type (II) やR-type (III) では5-20年程度の滞留時間が見積もられた。一方斜長石では直方輝石よりも複雑な組成累帯が観察される。微量元素であるMgに着目すると、Anと同期して変化する場合としない場合があり、大半は逆相関を示すが一部斑晶のリムではAnとMgがともに増加する。この成因としては拡散によってMgの組成プロファイルが均質化した可能性、噴火の直前に注入が活発化した可能性、斑晶が対流によってマグマ溜まりの混合が活発な領域に移動した可能性など複数の要因が考えられる。

キーワード：マグマ供給系、滞留時間、rhyolite-MELTS、組成累帯構造、直方輝石、蔵王火山

Keywords: magma plumbing system, residence time, rhyolite-MELTS, chemical zoning, orthopyroxene,

Zao volcano