

マグマ粘性の岩石学的な概算尺度の提案-マグマの噴火能力を評価するツールとして-

Petrological viscosity scale for preeruptive magmas as a tool to assess magma eruptability

竹内 晋吾^{1*}

Shingo Takeuchi^{1*}

¹電力中央研究所

¹CRIEPI

本研究では、マグマの噴火能力 (eruptability) を評価する尺度として重要なマグマ粘性を、最も簡便には全岩SiO₂量・斑晶量という基本的な岩石学的データから概算する手法を提案する。

【マグマ粘性評価の重要性】

将来的に噴火が予想される火山で活動しているマグマの粘性は、噴火発生可能性評価のための重要な基礎情報となる。例えば、噴火準備の一過程であるマグマ溜まりからの岩脈成長には粘性の高いマグマほど大きな過剰圧が必要となるため (Rubin, 1995, JGR), 噴火能力が低いと考えることができる。マグマ溜まりから岩脈成長し、噴火開始しうるマグマの粘性の限界は約10⁶Pas程度と推定され (Takeuchi and Nakamura, 2001)、噴火実績 (Scaillet et al., 1998, JGR; Takeuchi and Nakamura, 2001, BV; Takeuchi, 2004, Geology) とも調和的である。これに基づくと10⁶Pasを超える粘性を持つマグマは、噴火を開始する能力が失われているとの評価が成り立つ。このようにマグマ粘性は、マグマの噴火能力を評価する上での重要な尺度の一つとなる。

マグマ溜まり条件でのマグマの粘性は、メルト組成・メルト含水量・温度・斑晶量の測定・推定値 (岩石学的精密データと呼ぶ) に基づき評価が可能である。しかし粘性評価に必要な岩石学的精密データの取得は煩雑で、それらの測定・推定が困難な場合も少なくない。そのため噴火のダイナミクスを支配する本質的な物性であるにもかかわらず、マグマ粘性の岩石学的な評価例は多いとは言いがたい。

【マグマ粘性概算尺度の導出とその性能】

本研究では、基本的な岩石学的データからマグマ粘性を概算する手法を構築するためにメルト組成・メルト含水量・温度・斑晶量の精密な関係が得られる高温高压実験のデータを基に、マグマ粘性と岩石学的データとの間の関係を検討した。

マグマ溜まり条件で行われた高温高压実験で得られている822組の斑晶-メルトの相平衡関係 (メルト組成・メルト含水量・温度) について、粘性計算モデル (Giordano et al., 2008, EPSL) によりメルト粘性を計算し、メルトSiO₂量との関係を調べた。結果、メルトSiO₂量とメルト粘性の間に良い相関が見出され、メルトSiO₂量からメルト粘性を概算するための経験式が得られた (概算法1)。概算法1によって計算されたメルト粘性に斑晶量の補正 (例えばMarsh, 1981, CMP) を行うことで、マグマ粘性の概算が可能となる。メルトSiO₂量 (石基SiO₂量) は、必ずしも得られやすい量ではないので、全岩SiO₂量と斑晶量からメルトSiO₂量 (石基SiO₂量) を概算する式を、高温高压実験データ (590組の全岩SiO₂量・メルトSiO₂量・斑晶量の関係) を基に導いた (概算法2)。天然の噴火事例について岩石学的精密データに基づいて評価されたマグマ粘性と本概算法による結果と比較した。概算法1と概算法2を合わせ全岩SiO₂量と斑晶量のみか

ら得られたマグマ粘性と岩石学的精密データに基づくマグマ粘性の間の二乗平均偏差はlog unitで0.7であった。玄武岩～流紋岩組成の天然マグマがとる粘性の範囲が $10^1 \sim 10^{10}$ Pasの9桁に及ぶ(竹内, 2009, 火山学会) ことを考えると、本経験式は十分実用に耐える概算方法と考えられる。

【本概算法の有効性】

従来、マグマ粘性の定性的尺度として考えられてきた全岩SiO₂量は、斑晶の影響によってマグマ粘性の尺度としては不十分であることが示されている(竹内, 2009, 火山学会)。一方で、本研究の概算法では、全岩SiO₂量に加え斑晶量のデータがあれば、マグマ溜まり条件でのマグマ粘性を定量的に表現することができる。

メルト含水量や温度の推定値を必要とせず、全岩SiO₂量・斑晶量のみからマグマ粘性が概算可能なことは、過去に報告されている岩石学的データの蓄積を有効活用できるという点でメリットは大きい。また、ガラス包有物の含水量分析・鉄チタン鉱物による平衡温度見積もりなどが困難な徐冷された試料(溶岩・火砕流など)にも適用し易い。噴出物解析に基づく岩石学的粘性評価と火山地質学的方法を組み合わせることにより、マグマの噴火能力の観点から中長期的な火山の活動パターンを評価する研究が今後、重要となるだろう。

キーワード: マグマ粘性, 噴火能力, マグマ溜まり, 火山岩, 岩石学的解析

Keywords: magma viscosity, eruptability, magma chamber, volcanic rock, petrological analysis