

桜島火山歴史時代噴火の比較岩石学：磁鉄鉱組成からの制約

Comparative petrology of the historical large eruptions of the Sakurajima Volcano: constraints from magnetite chemistry

田村 翔 [1]; # 中村 美千彦 [1]; 井口 正人 [2]; 味喜 大介 [3]

Sho Tamura[1]; # Michihiko Nakamura[1]; Masato Iguchi[2]; Daisuke Miki[3]

[1] 東北大・理・地球惑星物質科学; [2] 京大・防災研; [3] 京大・防災研・火山活動

[1] Earth Planet. Materials Sci., Tohoku Univ.; [2] SVO; [3] Sakurajima Volcano Research Center, DPRI, Kyoto Univ.

<http://www.ganko.tohoku.ac.jp/touko/>

マグマ溜まりに、温度や化学組成が異なるマグマが注入され、マグマ溜まりの増圧や密度不安定、粘性の低下などを通して噴火の引き金となるモデルが複数提案されている (e.g., Sparks & Sigurdsson, 1977; Huppert et al., 1982; Pallister et al., 1992; Takeuchi & Nakamura, 2004; Eichelberger, 2007)。このような場合には、マグマの混合が生じたことが噴出物の解析から検出される。能動的であるか受動的であるかは別としても、マグマ混合現象が噴火時に起こったかどうかを判定することは、噴火の開始条件を理解する上で避けて通り難い問題である。もし噴火の開始条件が理解できれば、観測された前兆的な現象から、噴火の時期や様式を予測することに結びつく。

桜島火山では、全岩化学組成・同位体組成や斑晶鉱物組成の特徴から、歴史時代の活動を通じてマグマの混合現象が起こっており、苦鉄質な端成分マグマの量比が増加して、マグマの組成が徐々に苦鉄質に向かっていることが知られている (宇都ほか, 2005; 柳, 1991)。そこで本研究では、有史の三大噴火 (文明・安永・大正; 小林, 1982) の噴出物に含まれる磁鉄鉱の鉱物化学的特徴を解析し、マグマ混合現象とマグマ溜まりの進化、および噴火開始条件との関係を検討した。

一般に、より高温で苦鉄質のマグマとの混合が起こると、低温側のマグマに含まれていた固溶体鉱物はリキダス温度を超えた場合には単純溶解し、そうでない場合には部分溶解 (逆累帯構造の形成) を起こす。後者は、溶解による固相量の減少 (Step1) に続いて高温成分に富む固溶体組成のリムの成長 (Step2)、さらに元素拡散による均質化 (Step3) の三つの素過程によって進行する。これらの鉱物の非平衡組織は、その鉱物の溶解や拡散などの速度に応じて、異なる時代の混合現象を記録している。磁鉄鉱は元素拡散速度が他の珪酸塩鉱物に比べてはるかに速いため、桜島のマグマの温度では、マグマ混合によって形成される累帯構造は数年程度で均質化し、混合によるマグマの温度・組成の変化に追従して行く。よって、斜長石など他の鉱物内に取り込まれることでマグマとの元素のやりとりを停止した磁鉄鉱包有物組成を調べれば、マグマ溜まりが過去に経た温度の「スナップショット」を、数年程度の時間分解能で知ることができる。一方、マグマと接している斑晶磁鉄鉱の累帯構造を解析すれば、噴火直前の数年程度以内の温度変化を検出できる (Nakamura, 1995)。磁鉄鉱は、チタン鉄鉱と平衡共存する場合には温度と酸素分圧によって固溶体組成が一意に決まり、通常のマグマの条件では、温度の上昇とともにウルボスピネル成分 (U_{sp}) が緩やかに増加する。逆に、チタン鉄鉱と共存しない場合には、大抵の場合には温度が上昇すると酸素分圧が上昇する効果が大きいため、 U_{sp} は低下する。

以上のような方法に基づいて、(a) 各噴火の噴出物にチタン鉄鉱が含まれるか、(b) 含まれる磁鉄鉱斑晶が噴出急冷時に安定か、単純溶解中か、または部分溶解のどの Step にあるのか、(c) 斜長石斑晶中の磁鉄鉱の組成頻度分布 を測定することで、以下のような知見が得られた。文明噴火と安永噴火の間ではマグマ溜まりがリセットしたか、両者は異なるマグマ溜まりに由来し、一方安永噴火と大正噴火は一連のマグマ溜まりから噴出していると考えて磁鉄鉱組成に矛盾はない。文明噴火のマグマ溜まりは、小刻みな温度上昇を繰り返してから噴火しており、現在観測されているような継続的なマグマの注入が文明噴火以前から起こっていたことを示唆する。文明噴火の東部・西部軽石の噴火直前数年以内には、マグマ混合が起こった形跡は認められない。安永噴火の軽石層序内ではマグマ組成の大きな不均質は見られないにもかかわらず磁鉄鉱斑晶は幅広い組成を持つことから、噴火前には不均質なマグマ溜まりが存在し、マグマ溜まりの overturn または噴火時の火道内混合などによってマグマが均質化後、数年以内に噴出した可能性がある。大正噴火に含まれる磁鉄鉱は数十 mm 程度溶融しており、噴火のごく直前にマグマ混合による温度上昇が起こった可能性が高い。以上を総合すると、繰り返し噴出している有史の三大噴火の直前には、マグマ混合が起こったと考えられる場合とそうでない場合の両方が存在するらしい。この点も含め、大噴火の直前のマグマプロセスは、画一的なパターンを共有していないと考えられ、さらに詳細な検討を行っていく必要がある。