

巨大噴火前に地殻に蓄積し得るマグマ体積の上限の推定 Estimating of the maximum volume of magma accumulation in the crust before a large volcanic eruption

藤田 詩織^{1*}; 清水 洋²
FUJITA, Shiori^{1*}; SHIMIZU, Hiroshi²

¹九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻, ²九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター
¹Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, ²Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University

一回の噴火で数 100km^3 のマグマを噴出するような巨大噴火は、カルデラの形成を伴い、日本全体では1万年に一回程度の頻度で発生してきた。これだけのマグマを噴出するためには、噴火前にそれ以上のきわめて大量のマグマを地殻内に蓄積する必要があるが、マグマ溜まりの深さや形状、マグマ蓄積率などによって、地殻が力学的にどれだけのマグマを蓄積し得るのかについては、これまでほとんど考察がなされていない。

過去の巨大噴火のマグマ噴出量から推定される長期的なマグマ蓄積率は $0.001\text{-}0.01\text{km}^3/\text{yr}$ と推定されるが、Druitt et al. (2012) は Santorini 火山の斜長石中の Mg の組成解析から、噴火前 100 年程度の短期間で約 10km^3 の大量のマグマが蓄積した可能性を示した。これは、 $0.05\text{-}0.1\text{km}^3/\text{yr}$ という極めて大きなマグマ蓄積率を意味するが、このような大きなマグマ蓄積率は、近年いくつかの火山において観測されている。例えば、Chang et al. (2010) は、Yellowstone カルデラにおいて、GPS と InSAR を用いた地殻変動観測から、2005-2008 年に $0.06\text{-}0.07\text{km}^3/\text{yr}$ のマグマ蓄積率を得ている。また、ボリビアの Uturuncu 火山においても、InSAR 観測から $0.03\text{km}^3/\text{yr}$ (1994-2004 年) のマグマ蓄積率が推定されている (Sparks et al., 2008)。これらの研究結果は、少なくとも数年~100 年程度の短期間に急速にマグマが地殻内に上昇・蓄積する場合があることを示している。地殻を粘弾性体と考えた場合の応力緩和時間ははるかに長いことから、このような急激なマグマ蓄積による地殻の応答は弾性体の変形として扱うことができる。

そこで、本研究では、まず地殻の応力緩和時間よりも短時間にマグマが蓄積する場合に地殻内に蓄積し得るマグマ量について推定する。マグマ溜まりの深さ・形状・体積を様々に変えた場合の地殻の変形、ひずみや応力を計算し、地殻の限界ひずみと比較する。マグマ溜まりの形状は球状、ダイク、シルなどを想定し、10 数 km から数 km の深さにマグマ溜まりを仮定して考察する。ひずみの計算には、主に Okada (1992) による弾性体の地殻変動計算モデルを使用する。

マグマ蓄積率が大きく、地殻を完全弾性体と見なせる場合について、深さ 10km に体積変化量 10km^3 の球状のマグマだまりを置くと半径約 30km 内の範囲でひずみの値は地殻の限界ひずみである 10^{-4} を超えることが分かった。この結果は、深さ 10km の球状マグマ溜まりの場合は、 10km^3 蓄積する前にマグマ溜まり周辺の地殻は降伏して塑性変形するか、脆性破壊が発生することを示唆する。

キーワード: 巨大噴火, マグマ蓄積, 地殻, ひずみ, 応力, カルデラ
Keywords: large volcanic eruption, magma accumulation, crust, strain, stress, caldera