

## 霧島山

## ○ 地殻変動による球状マグマ溜まりの体積変化推定値について

- 有限の体積弾性率を持つマグマで充填された溜まりに新たなマグマが注入される場合、通常の茂木モデル式を用いた見積もりは、実際の注入マグマ体積に比べて過小評価になる可能性がある。
- 注入量と流出量（噴出量）の比較には、マグマ溜まり内のマグマの体積弾性率の影響の考慮が必要な場合がある。

## 1. 充填物の圧縮/非圧縮性による球状マグマ溜まりの体積変化の差

- ・非圧縮性の場合（山科, 1986）

$$\Delta V_{\text{chamber}} = \frac{\pi a^3 P_0}{\mu} = \Delta V_{\text{magma}}$$

ただし、 $\Delta V_{\text{chamber}}$  はマグマ溜まりの体積変化（非圧縮性マグマ充填の場合）、 $\Delta V_{\text{magma}}$  は注入マグマ体積、 $a$  はマグマ溜まり半径、 $P_0$  は注入による圧力増加（非圧縮性マグマ充填の場合）、 $\mu$  は母岩の剛性率。

- ・圧縮性流体の場合

$$\Delta V'_{\text{chamber}} = \frac{\pi a^3 P'}{\mu} = \Delta V_{\text{magma}} \left( \frac{1}{1 + \beta} \right)$$

$$\beta = \frac{4\mu}{3\kappa}$$

(Johnson et al., 2000)

ただし、 $\Delta V'_{\text{chamber}}$  はマグマ溜まりの体積変化（圧縮性マグマ充填の場合）、 $\Delta V_{\text{magma}}$  は注入マグマ体積、 $a$  はマグマ溜まり半径、 $P'$  は注入による圧力増加（圧縮性マグマ充填の場合）、 $\kappa$  は充填マグマの体積弾性率、 $\mu$  は母岩の剛性率。

## 2. 実際の計算例

たとえば、 $\kappa=\mu/3$  の場合、 $\beta=4$  となり、地殻変動から観測される膨張量が、見掛け上、実際の注入マグマ体積の 1/5 に見える（別紙図解参照）。

マグマの体積弾性率が地殻の剛性率の 1/3 であること、はそれほど不自然ではないと考えられるため、地殻変動で観測される膨張量が、注入マグマ体積（外圧 0）の数分の 1 である状況は十分ありうると考えられる。

$\kappa \sim 11.5\text{GPa}-17\text{GPa}$  @ atmospheric pressure to 17GPa (gas-free Olivine tholeiite: Fujii and Kushiro, 1977; Murase et al., 1977)  
 $\mu \sim 25\text{GPa}$  for Kilauea's Edifice (Manghnani and Wollard, 1968, 他)

（文献 2 を要約）

$\kappa=15\text{GPa}, \mu=25\text{GPa}$  の場合、見掛けの体積は真の注入量の約 1/3

マグマ中の気泡が増加すると、 $\kappa$  がさらに小さくなると予想されるので、見掛けの体積はさらに減少すると予想される。

## 参考文献

- 1) 山科健一郎 (1986) : 応力場と火山噴火, 火山 第 2 集, 30, S101-S119.
- 2) Daniel J. Johnson, Freysteinn Sigmundsson and Paul T. Delaney (2000) : Comment on " Volume of magma accumulation or withdrawal estimated from surface uplift or subsidence, with application to the 1960 collapse of Kīlauea volcano" by P. T. Delaney and D. F. McTigue, Bulletin of Volcanology, Volume 61, Number 7, 491-493, DOI: 10.1007/s004450050006.
- 3) Daniel Dzurisin (2006): Volcano Deformation, Praxis Publishing, pp. 300-301.
- 4) H. E. Huppert and A. W. Woods (2006): The role of volatiles in magma chamber dynamics, Nature, 420, 493-495.
- 5) 篠原宏志・風早康平(1994): マグマの脱ガス-熱水流体の放出過程-, 地質学論集, 43, 120-132.

別紙

一次元バネモデルとのアナロジー

