

何が山頂噴火とダイク貫入(山腹割れ目噴火)の違いを決めるのか - 1986年伊豆大島噴火を一例として -

What controls a change of eruption types from a summit eruption to a dike intrusion (a flank eruption)

森田 裕一 [1]

Yuichi Morita[1]

[1] 東大・地震研

[1] E.R.I. Univ. of Tokyo

2000年三宅島噴火や、約1700年前の伊豆大島噴火(S2)のように、カルデラ形成や山体陥没に大規模なダイク貫入が強く関わっている例が知られている。ダイク貫入により山頂直下のマグマ溜りに停留していた多量のマグマが外部に運ばれ、カルデラ形成や山体陥没につながると考えられ、このモデルは、伊豆大島や三宅島における噴出物成分の時間変化からも支持される。噴火履歴をみると、伊豆大島においては山頂噴火のみの活動と山頂噴火に割れ目噴火を伴うものがある。1777年の安永の噴火や1951年の噴火のように山頂噴火だけで終わる活動、1986年のように山頂噴火の後、ダイク貫入が発生して山腹割れ目噴火を起こす活動に分けられる。このように、山頂噴火のみの活動と山腹割れ目噴火を伴う活動の差異は何が決めるのか。この原因を考えることは、カルデラ形成を含む大規模噴火の要因を考える上で極めて重要な視点であり、火山学的に興味深い問題であるだけでなく、噴火推移を予測する噴火予知研究としても極めて重要な問題である。ここでは簡単なモデルを考えて、1986年伊豆大島噴火を例として、山頂噴火から山腹割れ目噴火に移行する要因について考察する。

これまで我々は、ダイク貫入過程を地震及び地殻変動の同時解析から、ダイクの形状、体積の時間変化を定量的に解析し、ダイク貫入時にマグマの移動に伴い消費される粘性消散エネルギーや、周辺岩体の破壊に要するエネルギーを定量的に見積もってきた [Morita et al, 2006]。これに基づき、簡単で妥当であると思われるモデルを考え、マグマが移動する際に消費されるエネルギーの大小を比較し、エネルギー消費の少ない噴火様式を選択するという仮説を立てた。山頂噴火としては、円柱状の火道をマグマが浮力中立深度から過剰圧で地表まで運ばれるモデル。ダイク貫入としては、矩形のダイクが同じ幅で、厚さと長さに関しては自己相似形を保ちながら浮力中立深度で水平方向に拡大するモデルである。ここではマグマを非圧縮粘性流体として取り扱った。

適当な近似と単純化を行い、マグマ移動により消費される単位時間当たりのエネルギー E' を、単位時間に浮力中立深度に供給されるマグマ体積、即ち貫入率 V' の関数として表した。山頂噴火の際に消費される粘性消散エネルギーは V' の2乗に比例する。比例乗数はマグマの粘性係数、火道の半径等の火山固有のパラメータである。また、質量の移動に伴うポテンシャルエネルギーは V' に比例するが、適当なパラメータをあてはめると、粘性消散エネルギーが支配的で、エネルギー消費率はマグマの貫入率の2乗に比例する。一方、ダイク貫入では、エネルギー消費はある長さのダイクを仮定すると、粘性消散エネルギーとダイク先端での破壊エネルギーはとも貫入率に比例する。即ち、貫入率が小さい時には山頂噴火の方がエネルギー消費率は小さいが、貫入率がある値を超えるとダイク貫入の方がエネルギー消費率は小さくなる。つまり、マグマの貫入率の大小により、同じ噴火の環境下にある火山でも、山頂噴火からダイク貫入に移行することが明らかになった。

ここで考えたモデルの妥当性を1986年伊豆大島噴火やその他の火山噴火を用いて検証する。1986年伊豆大島噴火では、11月15日に開始した山頂噴火では、山頂からのマグマ噴出率は最大で $10^7 \text{m}^3/\text{day}$ 程度と見積もられている [遠藤・他, 1988]。一方、11月21日のダイク貫入とそれに続く山腹噴火発生時には、12時間程度で $3 \times 10^8 \text{m}^3$ のマグマが貫入したと見積もられ [橋本・多田, 1988]、貫入率にすると $3 \times 10^8 \text{m}^3/\text{day}$ となる。つまり、山頂噴火時に比べダイク貫入時には貫入率が2桁程度大きかった。1951年山頂噴火では噴出率は1986年よりも1桁小さく、1777年の大噴火の際は、噴出総量が1986年の10倍程度と見積もられ、共に貫入率は1986年のダイク貫入時よりも小さかったと考えられている。また、2000年三宅島噴火の際にも、大きな貫入率を持ったマグマ貫入があったことが知られている。2000年6月26日18時頃より約4時間で $4 \times 10^7 \text{m}^3$ (貫入率で $10^8 \text{m}^3/\text{day}$ 程度) のマグマが貫入した [Ueda et al, 2005]。このように、ダイク貫入時には大きな貫入率を持つことは、多くの場合に成り立ちそうである。

以上のように、非常に簡単なモデルといくつかの仮定を用いた結果であるが、貫入率が山頂噴火やダイク貫入かの噴火様式を大きく支配することを、モデルを用いて示すことができた。講演では、この他にもいくつかの噴火事例を挙げてモデルの妥当性を更に検討する。