

ダイク貫入過程にマグマの固化が及ぼす影響

The Effect of Magma Solidification on the Dike Intrusion Process

森田 裕一[1]

Yuichi Morita[1]

[1] 東大・地震研

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

1. はじめに

火山活動に伴って発生する地震は、しばしば群発型の活動となる。つまり、震源が非常に限られた狭い地域に集中するだけでなく、時間的にも地震発生の頻度が極めて高い時間帯と低い時間帯が交互に見られ、発生が間欠的であることが多い。なぜ、火山活動に伴う地震は間欠的な場合が多いのか。ひとつの原因として考えられるのは、マグマの深部から供給が間欠的でそのマグマの移動によって地震が発生していると考えられることであろう。一方、それとは別に、たとえマグマが定常的に深部から供給される系においても、ダイク内部でのマグマの固化の影響によりダイクの進展が間欠的になり、それによって地震活動も間欠的になることがあり得る。ここでは、伊豆半島東方沖群発地震活動について、マグマの固化がダイク貫入に及ぼす影響を評価し、それが群発地震発生の間欠性の原因のひとつとなっている可能性について述べる。

2. マグマの固化の影響

これまで精度の高い震源と高密度GPSデータを用いた高空間分解能の測地データから、1998年の伊豆半島東方沖群発地震活動はダイク貫入現象で非常に良く説明できることを示し、地球物理観測量からダイク成長過程を定量化してきた。ダイク先端での破壊規準に適切なものを用いると、ダイク内部のマグマの粘性率は活動初期では 10^{11} Pas程度で、2週間後の活動終期には 10^{13} Pas程度にまで大きくなるが判った。この値はこの地域で期待される玄武岩質マグマの値としてはかなり大きい。観測データから求められた粘性率は系全体の運動を表現する粘性率として信頼の置ける数少ない観測値であると考えられる。

ダイクの成長は、マグマが移動してダイク先端で周囲の岩石を破壊することにより起こり、これまでの多くの研究では主としてダイク先端での破壊規準のみに注目して解析されてきた。しかし、ここで求められた粘性率とマグマ流の大きさから、マグマ内部で消費される粘性消散のエネルギーを実際に見積もると、ダイク先端を破壊するのに必要なエネルギーに比べて、その大きさが無視できないことが判った。つまり、マグマが上昇して得られたエネルギーは、ダイク先端の破壊に消費される以外にも、ダイク内部の粘性消散にも多くが消費される。ダイクの拡大は両者の和が常に極小となるように、進行してゆくであろう。

1998年の活動で推定されたダイク形状とダイク内部の圧力分布から、実際にダイクが単位体積増加する際に、粘性消散で消費されるエネルギーと先端の破壊で消費されるエネルギー和を、ダイク先端の破壊を伴う場合とダイク先端が進展しないのでその場で太くなる場合について比較した。マグマの固化を考慮しない場合には常にダイク先端を破壊しながら進展し続ける方が消費するエネルギーは小さく、ダイクは定常的に進行する。一方、マグマの固化の影響を受ける（つまり固化によりダイク内壁に固相ができ、動けるマグマの部分が狭くなる）場合には、ある瞬間ではダイク先端が静止しその場で太くなる方がエネルギーの消費が少ない。しかし、それが続くとダイク先端の進行を伴う方がエネルギーの消費が少なくて済む。つまり、ダイクの先端の移動と静止が交互に起こるのが、最もエネルギー消費を少なくすることが判った。これは、固化によって相対的に狭くなったダイク内でマグマ流が速くなるため、粘性消散の影響が大きく効くためと考えられる。

3. 群発地震発生の間欠性

これまでに伊豆半島東方沖で発生した群発地震活動のうち、震源が精度良く求められている活動を見ると、活動は常に間欠的である。しかも全ての活動には以下のような特徴がある。1) マグマの深部からの上昇を示す比較的深い領域での地震活動は活動開始後1日間くらいで終息し、それ以降は全く発生しない。2) 群発地震はいくつかのバースト活動からなり、1つのバースト活動は2時間程度の短時間に集中する。3) 1つのバースト活動の中の個々の地震はそれぞれ隣接するように発生し、線状の分布をする。4) 地震の移動は深い場所から浅い場所ではなく、浅い場所から深い場所へというケースが多い。5) バーストはこれまで発生した震源の縁で起こる。

このような特徴を説明するには、マグマ供給が間欠的であるのではなく、前節で述べたプロセスが実際に起こっていると考えの方が合理的である。つまり、一連の伊豆半島東方沖群発地震は、群発地震発生の間欠性がダイク貫入過程に起因し、それにダイク内マグマの固化の影響が大きくかかわっている可能性が高いことを示唆している。