

## 火山構造性地震の応力トリガー：マグマ貫入時と東北地方太平洋沖誘発地震の地震の比較

### Stress triggering of volcano-tectonic earthquakes: stress changes in the case of magma intrusions and great earthquake

森田 裕一<sup>1\*</sup>

MORITA, Yuichi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup> Earthquake Research Institute, University of Tokyo

火山周辺の地震活動は、マグマの上昇や移動などの指標として、火山活動のモニタリングに広く使われている。特に、山頂近傍の地下浅部で発生する長周期地震動は、マグマや火山ガスの移動を捉える情報として、多くの研究者により解析されている。一方、山麓や山頂から数～十数キロ離れた場所で発生する群発地震は、火山構造性地震と呼ばれ、火山活動に伴う応力変化により発生するとされている。例えば、2011年1月末に噴火した霧島山では、2006年頃から周囲約20kmの範囲の地震活動が徐々に高まり、噴火まで活動が上昇し続けた。2009年末に明瞭な地殻変動が観測されて噴火の可能性が明瞭になる約3年前から地震活動は地下深部のマグマ移動に伴う応力変化を捉えていた可能性がある。このように、火山周辺の地震活動はマグマが深部にあり、浅部に移動していない場合でも、火山活動の高まりを検知する現象として知られているが、地殻変動のような定量的な指標としてではなく、単に火山活動の活発化の可能性を示す相対的な指標としてしか利用しない。この理由として、火山構造性地震の発生機構と火山活動の関係を系統的かつ定量的に解析されてこなかったことや、マグマ移動以外の要因による応力変化によっても地震が発生すると考えられているためである。火山構造性地震は、既存の断層に働く応力場の変化により発生すると考えるので、個々の断層の性質やパラメータを理解し、他の要因による応力変化を推定できれば、マグマ移動による応力場を推定できる可能性があり、その情報は火山防災に一層役立つものとなるであろう。

これまで我々は、伊豆大島では約3年間隔でカルデラ北部の地下約5kmの場所に間欠的にマグマが蓄積され、この蓄積時にカルデラ内と伊豆大島西部沿岸の数か所で地震活動が活発になることを明らかにしてきた。このうち、沿岸部の数か所のクラスターで発生する群発地震は、マグマ貫入期間のある時期の1日から1週間程度の期間にのみ集中して発生する。これまでの震源分布から明らかになった断層面の位置、走行や地殻変動観測から明らかになった火山直下のマグマ貫入量を用いて、群発地震発生時の断層面にどれくらいのクーロン応力の増加し、それによって地震活動が活発化するかを系統的に調べた。

伊豆大島沿岸部で発生する群発地震の震源は北方沖（岡田沖）、北西沖（元町沖）、南西沖（野増沖）とほぼ3か所に大別できる。精密な震源分布から、それぞれ走行方向の異なるほぼ鉛直の断層で、発生する地震の発震機構解から横ずれの卓越した断層であることが判った。これらの場所では繰り返し地震が発生するため、同じ断層が応力の蓄積により繰り返し滑っていると考えられる。マグマの貫入によるこれらの断層面に働くクーロン応力変化を計算すると、前回の活動からほぼ同程度のクーロン応力の増加があると新たな群発地震活動が開始する傾向があることが明らかになった。この時の応力増加値は、10-50KPaの範囲にあり、応力の絶対値としては極めて小さい。つまり、これらの群発地震は極めて小さい応力変化量を感じて活動する。平成23年東北地方太平洋沖地震の発生時から数時間後に、これらの断層の2つで群発地震活動が発生した。本震時の静的応力変化によるこれらの断層に加わるクーロン応力の変化量も上記の範囲にあり、極めて小さな応力変化で群発地震活動が開始することを、全く異なった応力源による応力変化によっても支持される。

上記のように、これらの群発地震活動は10-50KPa程度の応力変化を敏感に捉えて活動していることが明らかになった。また、これらの活動は、既存の断層面に応力が蓄積し、それがある量に達すると群発地震活動が開始し、地震発生により応力を開放し、再度蓄積量が増加するというサイクルを繰り返していると考えられる。つまり、サイクルの間隔が短い時には、応力変化量が大きく、マグマ貫入等の応力変化が大きいことを示している。このようなメカニズムはこれまで漠然と想像されていたが、本研究は、具体的な応力値を推定し、火山性群発地震の発生機構を定量的に解析した。今後も解析を継続し、これまでより一歩進めた火山構造性地震の実体を解明したい。

キーワード: 火山構造性地震, クーロン応力変化, マグマ貫入, 誘発地震, 火山活動評価

Keywords: volcano-tectonic earthquake, Coulomb stress change, magma intrusion, induced seismicity, evaluation of volcanic activity