

伊豆東部火山群の地震活動予測情報と噴火警戒レベル

気象庁地震火山部
地震予知情報課 調査官 宮岡一樹
火山課 火山対策官 齋藤 誠

1. はじめに

伊豆半島東部の伊東市の沿岸から沖合にかけての領域（以下、「伊豆東部」）では、1978年以降、群発的な地震活動が繰り返し発生してきている。図1には震央分布図を、また図2には伊東市鎌田で観測された微小地震の日別地震回数グラフを示した。直近では2009年12月に、M5.1の地震を含む活発な地震活動により、住家一部損壊などの被害が発生している。

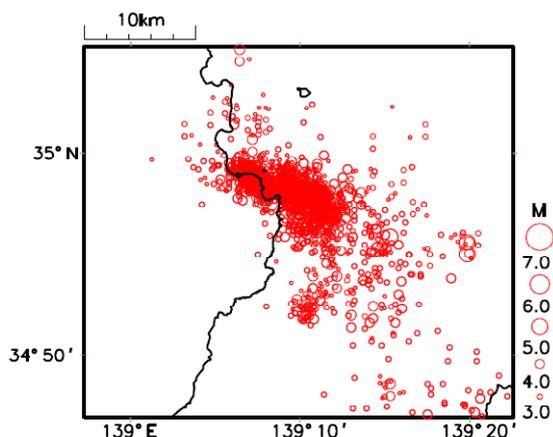


図1 伊豆東部の地震活動の震央分布図
(1980年以降のM \geq 3.0を表示)

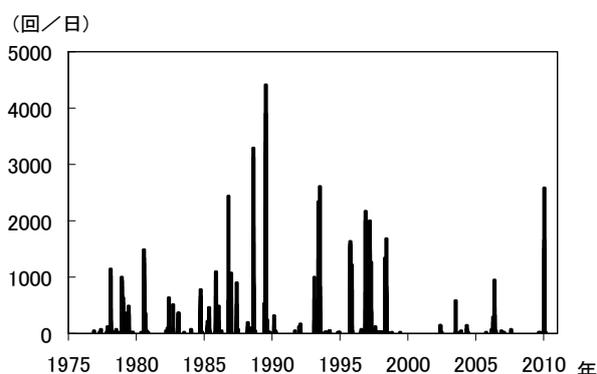


図2 伊東市鎌田における日別地震回数

山が分布する火山地帯で、伊豆東部火山群と総称されている。繰り返し発生しているこれらの地震活動も広い意味で火山活動によるものであり、

1989年7月の活動の際には伊東市の沖約3kmの海底（手石海丘）で噴火が発生している。

伊豆東部で発生するこれらの活動については数多くの観測や研究がなされてきた¹⁾。地震調査研究推進本部地震調査委員会は、2010年9月、これまでの研究成果などを基に、伊豆東部における地震活動の予測手法を取りまとめた。この手法は、活動初期において、観測された地殻変動量から活動の規模を予測するものである。気象庁はこの手法を用いて、伊豆東部で発生する地震活動の予測情報を発表することとし、その準備を進めている。またさらに、伊豆東部火山群に噴火警戒レベルを導入するための協議も行っている。

本稿ではその地震活動の予測手法と共に、予測情報および噴火警戒レベルを用いて提供できる防災情報の内容について紹介する。

2. 予測手法について

伊豆東部における群発地震活動の際、マグマが地下の岩盤中の割れ目を上げながら貫入してくることにより、周辺の地殻変動観測点（傾斜、歪、GPS、地下水位など）で明瞭な変化が観測される。その地殻変動の総量もしくは地殻変動の変動率（単位時間あたりの変化量）はマグマ貫入量に比例している²⁾。また、発生する地震活動の規模（地震回数など）もマグマの量に比例することが経験的に知られている。つまり、貫入してくるマグマ量が多ければ大きな地殻変動が観測され、地震活動の規模も大きくなり、マグマ貫入量が少なければ活動も低調のまま終わる。

本予測手法は、活動初期の地殻変動の変動率を基にマグマの貫入量を推定し、その貫入量から地震活動の規模や推移を予測するものである。詳しくは、地震調査研究推進本部地震調査委員会の報告書³⁾

(<http://www.jishin.go.jp/main/yosoku/izu/index.htm>) を参照いただきたい。図3に、予測の概念図を示した。予測項目は以下の通り。

- ①活動期間中の最大規模の地震のM（マグニチュード）とその地震による震度
- ②震度1以上を観測する地震の回数
- ③主たる活動期間

過去の事例について検証してみたところ、このうち①最大規模の地震のMは±1、震度も震度階級で±1の誤差で、また②の地震回数については、倍半分程度の誤差範囲での予測が可能である。

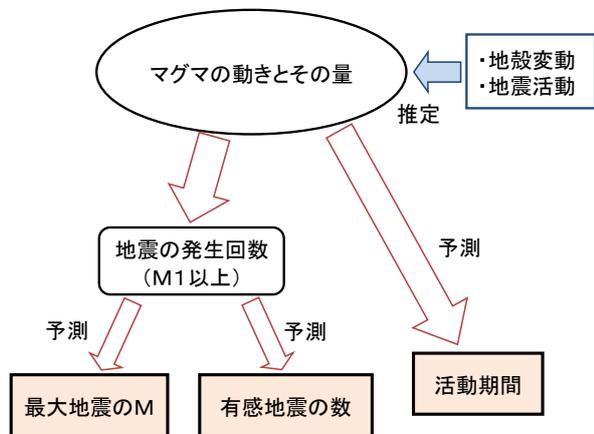


図3 地震活動の予測概念図

③の主たる活動期間とは、身体に感じるような地震が多発する活発な地震活動が継続している期間を対象としている。この期間はマグマ活動（地下の岩盤への貫入、上昇）が継続している期間であり、地殻変動が観測されている期間でもある。過去の活動事例を検証すると、主たる活動期間は

マグマの量に関わらず、マグマ貫入1回あたり、平均で4日、長い場合で1週間程度である。

ただし、過去には活動の途中に地殻変動の変化傾向が大きく変わった事例も観測されている。これは活動中に新たなマグマ貫入があったものと考えられ、そのような場合は当然、活動が長引くことになってしまう。新たなマグマが貫入してくること自体を予測することは不可能だが、活動を監視しながら、新たなマグマ貫入があったと判断された場合には、さらに4日から1週間程度、活動が継続すると予測することができる。

なお、マグマ活動が停止し、地震活動も低下した場合には、主たる地震活動は終息したとの判断が可能である。

3. 地震活動の予測情報と噴火警戒レベル

現在、気象庁は静岡県や伊東市などと共に、伊豆東部火山群の噴火警戒レベル導入のための準備を進めている。噴火警戒レベルは、火山活動の状況を噴火時等の危険範囲や必要な防災対応を踏まえて5段階に区分されている。住民らに必要な防災対応がわかりやすいように、各区分にそれぞれ「平常」「火口周辺規制」「入山規制」「避難準備」「避難」のキーワードを付けて警戒を呼びかけている。

通常の火山では、火口周辺や山体周辺における注意・警戒態勢から始まり、規模の大きな噴火が懸念される場合に住民の避難行動を呼びかけることとなっている。しかし、伊豆東部火山群は何度

活動評価	平常	異常現象発生 (マグマ貫入、地震活動)	異常現象拡大 (マグマが浅部に上昇、 低周波地震の活発化)	噴火前兆 (低周波地震の多発、 火山性微動の発生)	噴火発生	噴火終息
噴火警戒レベル	レベル1 (平常)	レベル1 (平常)	レベル4 (避難準備)	レベル5 (避難)	レベル5 (避難)	レベル1 (平常)
情報・警報等の発表(例)		地震活動の予測情報 → 適宜発表 →	噴火警報(避難準備) レベル4 → 火山活動解説資料 → 火山の状況に関する解説情報 → 適宜発表 →	噴火警報(避難) レベル5 → 火山活動解説資料 → 火山の状況に関する解説情報 → 火山の状況に関する解説情報 → 火山活動解説資料 → 適宜発表 →	噴火予報(平常) レベル1	

図4 噴火警戒レベルの運用と情報発表例

も噴火を繰り返す複成火山のような火口がないために予め噴火場所を特定できないことや、また噴火場所が市街地の直下あるいはごく近傍であることから、レベル2「火口周辺規制」とレベル3「入山規制」の段階を設定することができない。このため、火山活動が高まり、噴火が予想される事態に至れば、レベル1「平常」からレベル4「避難準備」に跳ね上がることとなる（図4）。

一方で、レベル4に至るまでの状況においても地震活動による被害が生じる可能性があるため、地震活動に対する注意・警戒の呼びかけを地震活動の予測情報の中で伝えていくこととする（図4）。また地震活動が始まると火山活動についての不安も生じると考えられるが、直ちに噴火する可能性がないレベル1の間は、地震活動の予測情報の中で、「噴火の兆候はない」旨を併せて伝えることとしている。その後、マグマが極浅い場所に上がってきた場合に観測されるであろう低周波地震の活発化などがレベル4への切り替えのひとつの目安となる。

このように、伊豆東部火山群の噴火警戒レベルは、レベル2～3の設定がない特殊な事例であるが、活動初期に注意すべき地震活動については地震活動の予測情報を用い、その後、火山活動が高まってきた場合には火山に対する警戒と対応を呼びかける噴火警報（噴火警戒レベル4～5）を用いることで、シームレスに防災情報を提供できることとなる。図5に、マグマの上昇に応じた重要監視項目と発表される情報の関係の概要を示す。

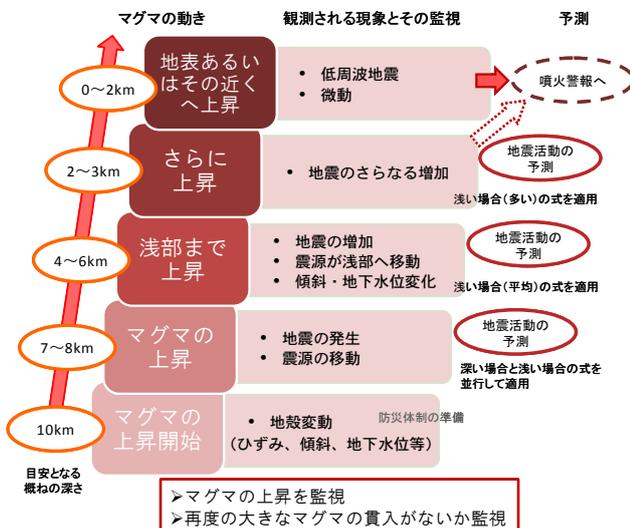


図5 マグマの上昇と監視項目

4. 予測情報の利用について

伊豆東部の地震活動の予測は、僅かな前兆を捉えて大地震の発生を予測する、いわゆる地震予知とは対象や手法は異なるが、地震活動が始まった直後、活動が活発化する前にその地震活動の規模についての予測を行うものであることから、これらの情報を基に予めの防災対応をとることが可能である。

過去の例では最大震度5（1980年）、震度5弱（2006年、2009年）程度の地震が発生し、家屋等の被害のほか、負傷など人的被害も発生している。情報が発表された場合には、家具の固定や棚の上の物の転倒・落下防止のための措置や、危険な場所に近づかないなどの予防行動をとることにより、人的被害などが軽減できるものと考えている。

また伊東市は温泉などを資源とする観光地であり、過去の地震活動の度に宿泊キャンセルなどの経済的被害を受けてきている。いつまで続くかわからない地震活動を不安に思う方が旅行を控えることが原因と考えられるが、この予測情報では地震活動の規模（最大地震のMなど）や推移の見通しや、さらに地震活動の終息も伝えることとしており、避難行動の要否の判断に役立つものと考えている。

ただし、この予測情報の利用にあたっては、手法の適用範囲を十分に理解しておく必要がある。

今回の手法は過去と同様の機構で発生する地震活動を予測対象としている。1978年以降の活動は伊東市の沿岸部および沖合に限られており、その原因となるマグマの量も1989年の活動（海底噴火）の際を最大とした範囲に留まっている。場所や貫入マグマの量がこれまでの活動とかけ離れている場合、今回の手法を適用できないことになる。

また、過去において、マグマ貫入による活発な地震活動が収まった後、活動域の端あるいはその周辺で、やや規模の大きな地震が発生することがあった。これらはマグマ貫入によって生じた地殻ひずみの拡散過程で発生しているものと考えられる。マグマ活動による地震活動を予測する本手法

でこれらの地震発生を予測することはできないが、そのような地震が発生しうることに留意しておく必要がある。

これらの適用限界や2項で述べたような予測誤差について、十分な理解を得られるよう、必要な説明を行っておく必要がある。またこの情報が必要のない心配や憶測のためにかえって風評被害となってしまうまいよう、防災関係者や住民、さらには観光客に正しく適切に理解されることが重要である。

そのようなことから、現在、気象庁では静岡県や伊東市と共に、予測情報発表のタイミングや情報の内容等について協議を行っている。その後、各方面への説明を行い、十分な周知が図られれば、平成23年度から運用する予定である。

参考文献

- 1) たとえば 東京大学地震研究所（阿部勝征）・気象庁地震予知情報課（1998）：伊豆半島東方沖群発地震活動の直後予測，地震予知連絡会会報，59，223-227.
- 2) 宮村淳一・上野 寛・横田 崇（2010）：体積歪変化量から推定した伊豆東部火山群のマグマ貫入量と火山活動評価の試み，北海道大学地球物理学研究報告，73，239-255.
- 3) 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2010）：「伊豆東部の地震活動の予測手法」報告書，30p.