

## 2000 年三宅島噴火における活動評価、情報発信および防災対応における問題点

渡辺 秀文\*

### 1. はじめに

火山噴火災害を軽減するためには、観測データと火山学的な知見を総動員した的確な活動評価と火山情報の発信、および迅速な防災対応が求められる。三宅島 2000 年噴火では、カルデラ形成に伴う爆発的噴火の発生とその後長期間継続する大量の火山ガス放出により、活動評価、火山情報の発信および防災対応において大変困難な状況が生じた。当時、筆者は火山噴火予知連会伊豆部会長として活動評価に関わった。本稿では、これらの事前に想定されなかった火山現象の活動評価、情報発信および防災対応の過程で生じた問題点と教訓について報告する。

### 2. 三宅島の噴火履歴

三宅島火山の約 2500 年前の噴火では山頂カルデラが形成され、その後は山腹噴火と山頂火口から大量の火山灰を放出する噴火も発生していた。しかし 1469 年以降は、山頂火口からの顕著な火山灰放出は起こらず、山腹割れ目噴火が数十年毎に繰り返し発生した。近年の噴火間隔は約 20 年で、その最後が 1983 年噴火であった。これらの噴火は爆発性が低く、火山災害としては溶岩流によるものが主であった。

### 3. 2000 年噴火の事前準備

#### 3.1 噴火準備過程の把握

前回の 1983 年噴火後に水準測量が繰り返され、噴火に伴い沈降した南西部がその後隆起を続けることが捉えられた。変動源の位置等の詳細を明らかにするため、1990 年に実施された集中総合観測では GPS 観測が初めて実施された。1995 年集中総合観測における再測定により、山頂南山腹を中心とする顕著な山体膨張が捉えられ、変動源の深さは約 9.5 km と推定された(三ヶ田・他, 1996)。その後 GPS 連続観測が行なわれるようになり、1997～1999 年の期間における GPS 観測および水準測量

データのインバージョンでは、膨張源の位置は山頂の南西 2 km の地下約 9.5 km と推定された(西村・他, 2002)。これらの結果は、1983 年噴火後の水準測量により判明していた三宅島南西部の相対的な隆起とも調和し、三宅島火山におけるマグマの蓄積過程を初めて明瞭に捉えたものであった。また、全島をカバーする全磁力観測網により、1996 年後半から、山頂南山腹の地下浅部における温度上昇も検知されていた(笹井・他, 2001)。これらは三宅島火山 2000 年噴火の準備過程を捉えたものであるが、2000 年 6 月 26 日にマグマが上昇を開始し、群発地震とそれに伴う地殻変動が発生するまで、噴火活動を事前に予測するには至らなかった。

#### 3.2 ハザードマップの作成と防災対応

三宅村住民には噴火の経験者も多く、火山災害に備える必要性が広く認識されていた。1994 年には、過去に発生した災害実績にもとづき、三宅村は「三宅島火山防災マップ」を作成し、全住民に配布している。ただしこの防災マップは、カルデラ形成、山麓に達する噴石、火山灰の大量噴出と泥流発生、火山ガスの大量放出のような、低頻度ではあるが危険度の高い現象については記載していなかった。

三宅村は、1983 年噴火発生日の 10 月 3 日を三宅村防災の日とし、毎年全村規模の避難訓練を実施してきた。このことは、2000 年 6 月 26 日のマグマ貫入開始後の迅速な住民避難に極めて有効であった。また三宅島では、1983 年噴火以来、地域の防災関連機関からなる四者協議会(三宅村、三宅支庁、三宅島測候所、三宅島警察署)が定期的に開催されていた。このため相互の連絡体制が緊密であり、2000 年噴火の初動対応もうまく機能した。

#### 4. 噴火の推移に対する活動評価と情報発信

火山噴火予知連絡会は、三宅島火山の活動状況に依拠して頻繁に伊豆部会を開催し、観測調査結果の総

\* 東京都総務局総合防災部

合的な検討と活動評価を行った。伊豆部会は2000年6月26日の三宅島火山活動開始以来10月6日までに19回開催され、検討結果は「コメント」として発表された。噴火の推移に対する伊豆部会の活動評価および情報発信の概要および問題点を以下にのべる。

#### 4.1 前兆地震から三宅島西方へのマグマ貫入開始

2000年6月26日に開始した火山活動の初期には、震源や地殻変動発生源の追跡によって、マグマが三宅島の地下深部から南山腹に向けて上昇し、その後22時頃から27日にかけて西北西方向に移動したことが捉えられた。27日には西海岸の沖合で変色水が観測され、海底で小規模な噴火が発生したと解釈した。また、島内の地震活動と地殻変動も低下したので、島内および周辺海域で噴火の発生する可能性はほとんどなくなったとの見解を29日に発表し、三宅島南部地域からの避難も解除された。7月8日の山頂陥没につながる山頂直下浅部での現象を除くと、三宅島島内の地震活動、東部の収縮と西側でのダイク貫入に伴う南北の伸びのいずれも鈍化していたことから、この時点での判断は妥当なものであったと思う。

#### 4.2 山頂陥没と大規模水蒸気／マグマ水蒸気爆発

7月4日頃から発生し始めていた山頂直下の浅い地震が8日にはさらに増加し、昼頃から微動も次第に大きくなり、夕方山頂で小噴火が発生した。翌9日午前の現地調査により、山頂カルデラ内に大きな陥没孔が確認された。この現象については、活動初期のマグマの西方海域への貫入移動により地下に空隙が生じ、カルデラ底が陥没したものと解釈されたが、事後に実施された全磁力および重力観測データの解析結果もそれを支持するものであった。

一方、6月27日以降7月7日まで鈍化していた三宅島の収縮は、8日の陥没発生直前から加速し、その後8月18日の最大規模噴火発生までほぼ一定の速度で続いた。大規模な陥没が三宅島地下から西方へのマグマの流出を再加速したものと考えられるが、当時その意味について必ずしも十分な認識をもつことが出来なかった。現在でも、山頂陥没後に長期間継続した三宅島の収縮と三宅島～神津島間に生じた開口変動の力学的な因果関係については、十分に解明されてはいない。三宅島火山直下からのマグマの移動と西方海域での開口変動の力学的な因果関

係を定量的に解明することは、今後三宅島やその他の火山で類似の現象が発生した際に、現象の理解と予測に大きく貢献するであろう。

当時理解が困難であったことのもう1つは、山頂カルデラ陥没の進行に伴い、繰り返し水蒸気／マグマ水蒸気爆発が発生したことである。地殻変動や重力観測結果から判断して、マグマは地下に下降していると思われるのに、山頂カルデラからの噴火活動は激しさを増し、8月18日の最大噴火が発生し、29日には火砕流もどきの現象まで発生した。このため、迅速な防災対応に役立つ情報を現象発生前に発信することができなかった。この原因として、噴火予知(火山学)研究と監視体制の両面における不十分さがあったと思われる。

我々は通常、マグマが火道や地下浅部に上昇貫入し、地下水や海水と接触して発生する水蒸気／マグマ水蒸気爆発を想定することが多い。伊豆大島火山1986年山頂噴火後のように、火道内の小規模なドレインバックの場合は、大規模な水蒸気／マグマ水蒸気爆発は起こりにくいと考えられる。しかし、キラウエア(1790, 1924)や伊豆大島(5世紀)の例のように、大規模な水蒸気／マグマ水蒸気爆発は、むしろ大規模な陥没に伴って発生している。三宅島山頂カルデラ地下で大規模な陥没が継続することにより、山頂直下深部で高温物質と地下水との大規模な接触が繰り返し起こったことが原因と考えられる。水蒸気爆発発生素過程に対する一般的な理解だけでなく、大規模現象の事例やメカニズムに対する認識を十分に持っていれば、7月8日以降に大規模な陥没が進行していた時点で、事前に大規模な水蒸気爆発／マグマ水蒸気爆発の危険性を指摘できていたかもしれない。8月21日の部会では、大規模な陥没に伴う爆発現象について集中的な議論がなされた。

8月18日噴火の正確な把握とその後の防災対応の遅れをまねいたもうひとつの要因は、噴火が夜間に発生したことと、現地に測候所以外の観測研究拠点がなく現象の迅速な把握が出来なかったことである。このため、人命に危険が及ぶ可能性のある火山岩片が山麓の集落にまで降ったことを確認できなかった。地元住民による貴重な情報がインターネット掲示板等に寄せられていたが、これらを活用することはできなかった。火山近傍に火山専門家がいるとは限らない(特に近年、気象庁や大学の観測施設

が集約化されている)ことも考えると、一般住民等からの情報収集とその確認や評価を迅速にできるような体制を事前に構築しておくことが必要であろう。

### 4.3 大量脱ガス

8月18日最大噴火前後の地殻変動、重力、火山ガス等の観測データからは、皮肉なことに、マグマは噴火後に本格的に山頂火道を上昇開始したことが示唆された。9月以降現在まで継続している大量脱ガスは、火道内のマグマ対流によって維持されていると理解されているが、火山ガス供給源の詳細(三宅島直下のマグマ溜りやさらに深部の下部地殻に存在するかもしれないマグマプールの深さ、サイズ等)が分かっていないため、今後の推移を予測することができていない。

## 5. 火山情報と防災対応

三宅島火山の2000年6月26日活動開始以来の火山現象、火山情報および防災対応の関連を表1にまとめる。

6月26日に、火山活動開始と噴火の可能性を告げる伊豆部会コメントが気象庁から緊急火山情報として発信され、これを受けて、三宅村および東京都に災害対策本部が設置され、迅速な防災対応がとられた。その後、伊豆部会の6月29日の活動終息コメントを受けて、東京都および三宅村の災害対策本部は廃止された。

7月8日以降のカルデラ陥没の進行と山頂爆発の続発に対して、三宅村の災害対策本部は再設置され、度重なる避難等の防災対応が実施された。しかし、東京都の災害対策本部は8月29日の山頂爆発と低温火砕流発生後まで再設置されなかった。この間の火山活動の推移に対しては、火山情報の発信と防災対応の両方とも火山現象の後追いとなったが、人的被害が無かったことは幸運であった。

## 6. 火山情報の発信と防災対応における問題点

三宅島2000年噴火に際して、活動評価と情報発信および防災対応において、いくつかの深刻な問題

表1 三宅島2000年噴火の推移、火山情報発信および防災対応

月日	火山現象	火山情報(気象庁・噴火予知連絡会)	防災対応(東京都・三宅村)
6/26	群発地震と地殻変動開始	三宅島南部で噴火の可能性高い マグマは山頂から南西部に貫入	三宅村 災害対策本部設置 三宅島南部に避難勧告
6/27	三宅島西方近海で小規模海底噴火	西方近海および西山腹での噴火の可能性 東部での噴火の可能性は極めて低い	東京都 災害対策本部設置 三宅島西部に避難勧告
6/28		西方海域および沿岸での噴火の可能性	
6/29		火山活動は低下し、噴火の可能性はない 西方海域での地震活動に注意	避難勧告の解除 東京都・三宅村 災害対策本部廃止
7/4	山頂で微小な地震発生開始		
7/8	山頂小噴火、カルデラ底陥没	山頂で小噴火が継続する可能性	三宅村 災害対策本部設置(9日廃止)
7/14	山頂爆発、噴煙高度1.5 km	山頂で水蒸気爆発、風下では火山灰に注意	三宅村 災害対策本部設置 三宅島東部に避難勧告
7/15	山頂爆発		
8/10	山頂爆発、噴煙高度3 km	今後も山頂爆発の可能性、火山灰と泥流に注意	三宅島東部に避難勧告
8/18	山頂爆発、噴煙高度14 km 山麓まで噴石が飛ぶ	これまでで最大の爆発 今後も山頂爆発の可能性、火山灰と泥流に注意	住民の間で自主避難 三宅島西部、北部、東部に避難勧告
8/21		今後も山頂爆発の可能性、噴石と火山灰に注意	
8/24		この間の噴火の予測は困難 今後も山頂爆発の可能性、噴石と火山灰に注意	
8/29	山頂爆発、噴煙高度8 km 山麓まで低温低速の火砕流		東京都 災害対策本部設置 国 非常災害対策本部設置 児童生徒および高齢者の島外避難
8/31		より大規模な噴火や火砕流の可能性 噴石、泥流、火山ガスに注意	
2000.9.1-3			全島避難の勧告と実施
8月末	山頂から大量の火山ガス放出開始		
10/6		8月下旬以降、火山ガスの放出量増加 爆発的噴火や火砕流の可能性は低い 火山ガスに警戒が必要	



が生じた。その主要な原因として以下の3つがあげられる。

1つ目は、現地に測候所以外の観測拠点がなく、マンパワー不足のため情報収集が遅れ、迅速な活動評価ができなかったことである(特に、8月18日の最大噴火)。噴火予知連絡会総合観測班が早期に組織されなかった一因でもあった。これまでの主要な噴火(有珠山1977年、雲仙岳1995年、有珠山2000年など)においては、現地にある国立大学附属火山観測所が総合的な観測研究の拠点となり、迅速な観測調査や情報収集に大きく貢献した。今後も、観測研究拠点から離れた伊豆諸島や南西諸島などの火山において大規模噴火が発生した場合には、迅速な活動状況の把握が困難となる恐れがある。

2つ目は、観測調査にもとづき確かな活動評価を行うために参照すべき噴火シナリオ(発生可能性のある火山現象の時系列的な推移を表現する系統図)が作成されていなかったことである。このことが、2000年7月8日から8月29日までのカルデラ陥没に伴う噴火活動激化の予測がうまくできなかった一因となった。特に、噴火履歴上は低頻度であるが危険な想定外の現象が発生する場合には、論理的に発生可能な現象のシナリオを随時参照することが有効であろう。

3つ目は、火山情報発信と防災対応をつなぐシステムの構造的な問題である。噴火予知連絡会は気象庁長官の私的諮問機関であり、運営要項で定められた任務として、「噴火に際して、当該火山の噴火現象について総合判断を行い、火山情報の質の向上を図ることにより防災活動に資すること」とされている。このため、検討の重点は観測データにもとづく活動評価に置かれてきた。噴火予知連絡会メンバーの主体も火山専門家であり、どのような防災対応をとるべきかについて直接的な情報を提供するシステムにはなっていない。特に、三宅島2000年噴火活動のように想定外の現象が続発した場合には、活動の現状把握と発生機構の理解にもとづく推移予測に

全力を投入しようとするほど、それらの検討に時間をとられ、防災対応にとって重要な観点が後回しになってしまうきらいがある。現在の噴火予知連絡会においても、火山専門家以外に、防災機関や防災担当者が同席されているが、必ずしも独自の役割が発揮されていない。少なくとも、会議の最終段階で一定の時間を確保し、観測データを総合した活動評価に対して、防災対応の観点からの検討を行うことが必要だと思われる。

これまで防災対応面で重要な役割を果たしてきたのは、現地にある火山観測所研究者(いわゆる、ホームドクター)の責任感にもとづく個人的な貢献、関連防災機関からなる(現地)災害対策本部、自治体が必要に応じて組織した専門家からなる各種の委員会であった。三宅島2000年噴火でも、噴火後の防災対応のため、東京都および三宅村が各種の委員会を組織した(東京都:三宅島火山活動検討委員会2000.9.26、三宅島火山ガスに関する検討会(内閣府と共同で設置)2002.9.30;三宅村:三宅村火山ガス安全対策検討委員会2003.3.28、三宅村安全確保対策専門家会議2004.7.1)。

また、主として防災対応の観点から判断する役割をになう人材とその意見を組み込むシステムも必要である。将来的には、気象庁火山監視情報センター等を主体とする人材が火山活動評価能力を向上させるとともに、火山近傍の自治体防災担当者との交流を通じた経験の蓄積によって、防災対応に習熟することが有効だと思われる。火山活動監視機関である気象庁等の担当者と防災機関や自治体等の防災担当者との日常的な交流と経験の蓄積は、火山活動の迅速な評価と防災対応の成否を左右する要だと思う。この意味で、国の「防災基本計画」にも明記されている「火山防災協議会」(気象庁・火山周辺自治体の防災担当者・関連防災機関・火山専門家等で組織)を確立し、その機能を充実することが極めて重要である。