気象庁の火山防災業務

山里　平*・舟崎　淳*・高木康伸*

1. 日本の活火山

日本は世界でも有数の火山国であり，過去に数多くの火山災害に見舞われてきた．我が国では，気象庁・火山噴火予知連絡会（火山噴火予知計画により設置されている気象庁長官の私的諮問機関：藤井，2013）による「活火山」の定義が広く用いられており，この定義によれば，全国に 110 の活火山がある（**図 1**）．「活火山」の定義は，様々な時代変遷を経て，2003 年からは「概ね過去 1 万年以内に噴火した火山および現在活発な噴気活動のある火山」とされている（山里，2007）．

活火山の中には，桜島のように活発に噴火活動を続けている火山から長期にわたり静穏な火山まであり，その活動度の幅は様々である．そのため，火山噴火予知連絡会は，2003 年の「活火山」の定義の見直し（それ以前は過去約 2000 年以内に噴火した火山とされていた）に際して，火山学的に過去の活動度によって A，B，C の 3 ランクに区分けした．しかし，このランク分けは過去の火山活動度に基づいており，必ずしも噴火の切迫性を反映したものではないこと，社会的な影響について評価したものではなく，そのまま防災上の対応の必要度に当てはめられ

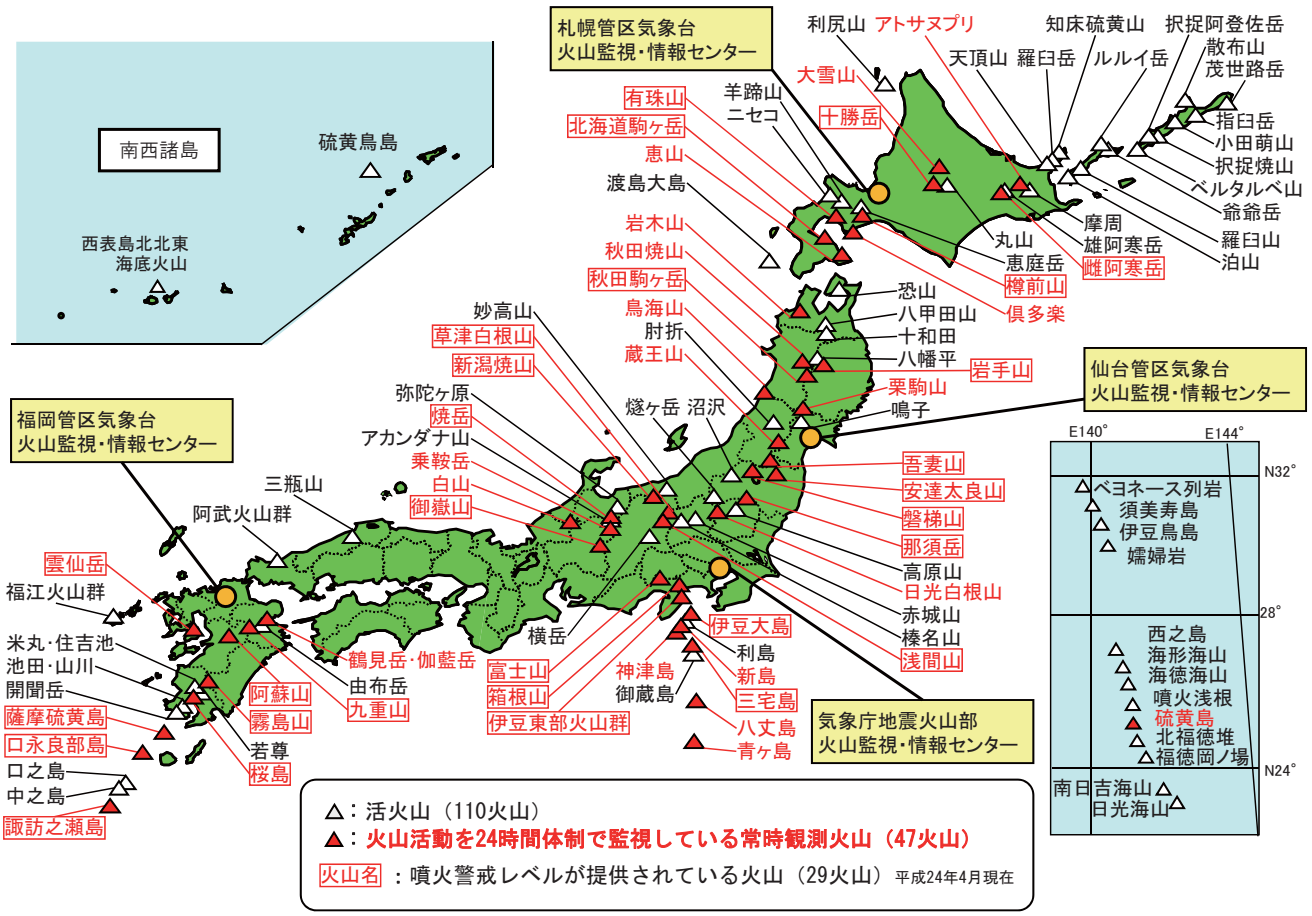

図 1　我が国の活火山と火山監視体制

* 気象庁地震火山部火山課

るものではなかったことから，2007 年から，火山噴火予知連絡会は，火山防災対策の充実を図るべき火山の選定作業を行い，およそ 100 年程度の中長期的な噴火の可能性を評価して，社会的な影響も考慮した上で，火山防災のために監視・観測体制の充実等の必要がある火山として，2009 年に 47 火山を選定した．それにより，後述の気象庁の常時監視体制もその選定に基づくものとなって現在に至っている．なお，新たな視点で要注意火山が選定されたことや，47 火山の中には 2003 年時点ではランク C とされた火山も多く含まれていることから，現在は気象庁ではランクは使用していない．

2. 気象庁の火山監視

日本においては，火山活動の監視，火山防災情報の発表は，国土交通省の外局の気象庁がその責務を担っている．さらに，同じ国土交通省の外局である海上保安庁が海底火山や離島火山の監視観測を，国土地理院が全国的な地殻変動観測網によって地殻変動の観測を行っている．これに加え，国土交通省や都道府県の砂防部局が，砂防事業の一環として，泥流等の監視を行っている．これら以外にも，大学や研究機関が研究目的で火山観測網を整備し，火山噴火予知のための研究を推進している．ここでは，気象庁の火山監視体制について紹介する．

気象庁は，主な活火山の最寄りの気象台や測候所で火山観測を行ってきた．1888 年には，鹿児島測候所で機械式地震計による地震観測を開始したが，これが日本で最初の火山近傍における定常的な地震観測である．その地震計は 1914 年の桜島噴火（大正大噴火）を記録することになる．また，1911 年には，当時の文部省震災予防調査会と長野測候所が共同で，浅間山に日本初の火山観測所を設置した．

1960 年代になってからは，気象庁は，本格的に全国での常時火山観測体制を整備，当初は 17 の活火山を常時観測火山に指定して，高感度地震計を設置，

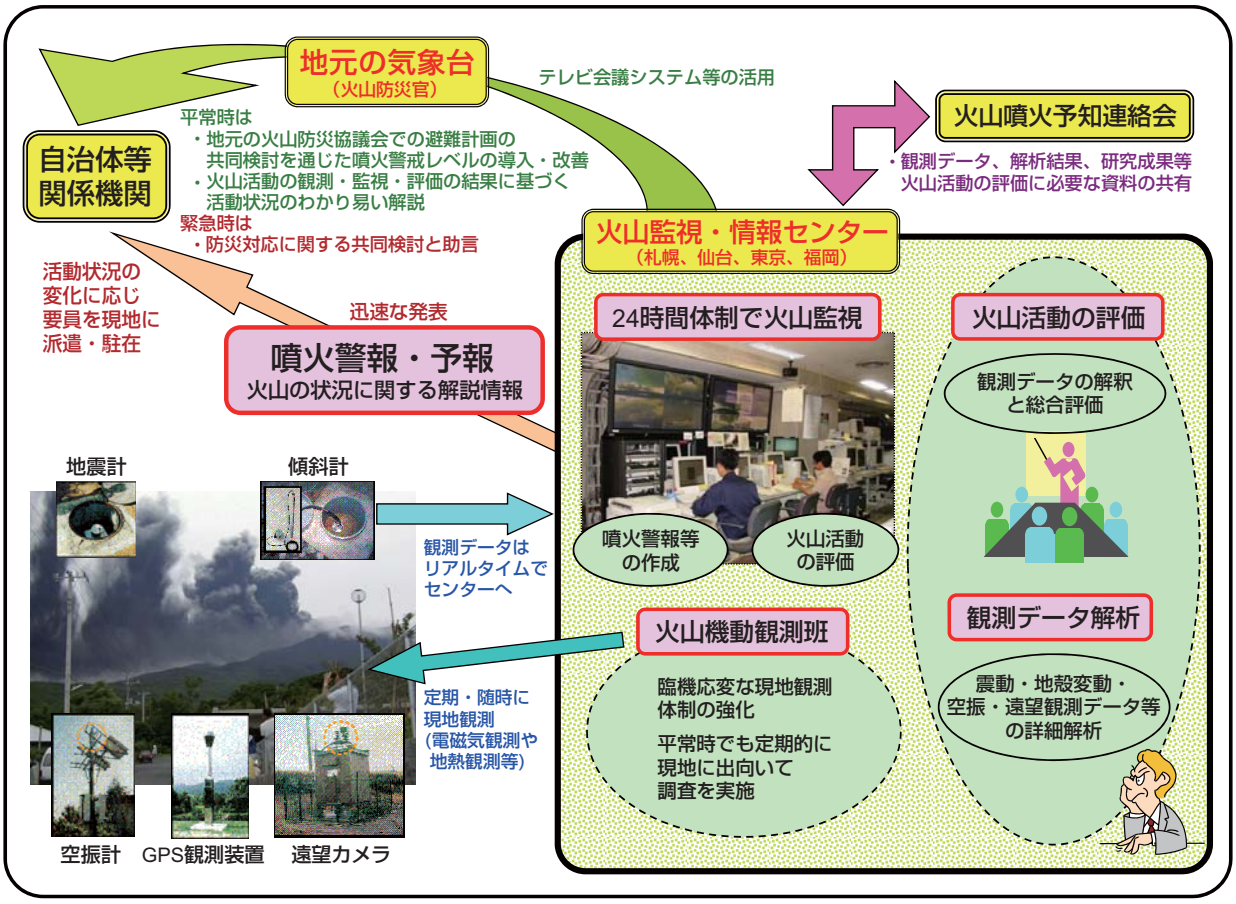

図 2　気象庁の火山監視と警報等の発表

最寄りの気象台や測候所からの目視観測などによる常時観測を開始した．常時観測火山以外の火山については，火山機動観測班が定期的に巡回観測を実施する体制とした．

2002 年からは，札幌，仙台，東京，福岡に，火山監視・情報センターを設置して，火山近傍に設置した観測機器からのデータを 24 時間集中監視する体制を構築した（山里，2005）．前述のように火山噴火予知連絡会が監視・観測体制の充実等の必要がある火山として，2009 年に 47 火山を選定したのに応じ，ボアホール式の地震計・傾斜計をこれらの火山に整備，既設の機器とあわせて，火山監視･情報センターで監視を行っている（**図 2**）．

火山監視・情報センターでは，地震観測，GPS や傾斜計等による地殻変動観測に加え，高感度カメラや火口カメラによる目視観測や空振観測を組み合わせた 24 時間集中監視体制をとっている．また，近年，大学や研究機関，砂防部局等関係機関の観測データのリアルタイムでの活用も進み，監視体制は飛躍的に強化されている．さらに，テレメータ観測だけでなく，各火山監視・情報センターが，定期的に現地に出かけて，地熱や火山ガス，GPS，全磁力などの繰り返し観測（火山機動観測）を実施し，火山活動の把握に努めている．火山機動観測は，火山異常時にも観測強化のために臨時に実施される．

また，特に活動的な火山では，現地に職員が常駐し，監視観測や機動観測を実施している．最も活動的な火山のひとつである桜島については，福岡火山監視・情報センターと連携して，鹿児島地方気象台が監視観測を行っている．浅間山，伊豆大島，三宅島，阿蘇山には，火山防災連絡事務所が設置され，地方自治体と連携した防災業務を行うとともに，火山機動観測も担当している．

3. 気象庁の火山防災情報

気象庁は，1960 年代の常時火山観測体制の構築と同時に，1965 年からは火山情報の公式発表を開始し，それ以来，火山災害を軽減するための防災情報の提供を行ってきた．

気象庁の火山情報は，時代の要請を受けて，幾度かの変遷をしてきたが，2007 年 12 月より，火山災害の一層の軽減を図るため，噴火警報，噴火予報の発表を開始した．

噴火警報および予報の発表開始は，それまでの火山情報のうち防災上重要な情報を法規的に明確に位置づけるものであるが，その基軸をなすのは「噴火警戒レベル」である．

2000 年の富士山での深部低周波地震の多発を受けて富士山の火山ハザードマップの作成の機運が盛り上がり，富士山ハザードマップ検討委員会が設置されるなどの対策が進んだが，一連の検討の中で，いざという時の防災対策について，気象庁の火山情報をトリガーとするという考え方がまとめられた．その考え方は，その後の「火山情報等に対応した火山防災対策検討会」（藤山ほか，2013）において，明確化された．すなわち，各火山で過去の噴火履歴などから想定される火山活動の推移（噴火シナリオ）と危険区域（火山ハザードマップ）をもとに，関係機関が，災害の及ぶ範囲のイメージを共有して，避難や登山規制などの防災対応の開始時期を表す基準を共同で決定，そして現在がどのような火山活動の段階にあるかを 24 時間体制で火山監視を行っている気象庁が「噴火警戒レベル」で公表するというスキームである．

噴火警戒レベルは，火山活動の状況を噴火時等の「警戒が必要な範囲」や「とるべき防災対応」を踏まえて，1 ～ 5 の 5 段階に区分している．特段の防災対応が必要でない段階をレベル 1，居住地に危険は及ばないが登山規制等が必要な段階をレベル 2 ～ 3，居住地に危険が及び始める段階でレベル 4 ～ 5 とする（**表 1**）．レベル 2 と 3 は，登山規制等が必要な範囲に応じて使い分けられ，その定義は，地元関係機関による協議で事前に決定される．レベル 4 においては，一般住民は避難準備行動，災害時要援護者は避難行動をとる段階，レベル 5 は，一般住民も含めた避難が必要な段階である．噴火警戒レベルには，住民や登山者・入山者等に必要な防災対応が分かりやすいように，各レベルに，それぞれ「避難」「避難準備」「入山規制」「火口周辺規制」「平常」のキーワードがつけられる．

噴火警戒レベルは，常時観測を行っている火山について，後述する火山防災協議会等の場で地元関係機関による共同検討を進めて，噴火警戒レベルに応じた「警戒が必要な範囲」と「とるべき防災対応」が地元自治体の地域防災計画等に定められた火山で，順次運用が開始（導入）されており，2012 年末現在，29 火山で運用されている（**図 1**）．

噴火警戒レベルが運用されている火山では，噴火警戒レベルが変更あるいは切り替えられる（防災対応をとるべき「警戒が必要な範囲」が変更される）際に，レベルを付した噴火警報・噴火予報が発表される．レベル 2 ～ 3 においては，「噴火警報（火口周辺）」（略称は火口周辺警報），レベル 4 ～ 5 においては，「噴火警報（居住地域）」（略称は噴火警報）として発表される．レベル 1 の段階では噴火予報が発表される．噴火警報は「警戒が必要な範囲」（この範囲に入ると生命に危険が及ぶ）を明示して発表され，「避難」，「避難準備」等が必要な地方自治体がどこであるかがわかるようになっている．

噴火警戒レベルが導入されていない火山においても「警戒が必要な範囲」が火口周辺に限られ居住地域まで及ばない場合は火口周辺警報，「警戒が必要な範囲」が居住地域まで及ぶ場合は噴火警報が発表されることになるが，具体的な防災対応が明確になっていないと，気象庁の噴火警報が防災に活かされないことになるため，後述する火山防災協議会における避難計画等の共同検討を進め，順次噴火警戒レベルを導入していく必要がある．

噴火警報・予報は，オンラインシステムで，関係都道府県をはじめとする関係機関に即時に伝達され，市町村，報道機関やホームページを通じて住民等に伝達される．なお，海底火山の噴火警報は，「噴火警報（周辺海域）」として発表される．

4. 火山防災協議会における共同検討

噴火警戒レベルは，中央防災会議（平成 23 年 12 月 27 日，平成 24 年 9 月 6 日）で改定された防災基本計画（火山災害対策編）に基づき，各火山の地元の都道府県等が設置する火山防災協議会（都道府県，市町村，気象台，砂防部局，火山専門家を含む地元の関係機関で構成される）において，避難計画（いつ・どこから誰が・どこへ・どのように避難するか）の共同検討を通じて，設定や改善を関係機関が共同で進めている．こうして地元の避難計画と一体的に噴火警戒レベル（いつ・どこから誰が避難するか）は設定される（**図 3**）．

気象庁では，前述の 47 常時観測火山を対象に，関係するほとんどの気象台に火山防災を主職務とする「火山防災官」を配置している．火山防災官は，噴火時等に噴火警戒レベルが地域の避難体制と一体となって機能するように，平常時から地域の関係機関

表 1　噴火警報・予報と噴火警戒レベル

警報・予報	対象範囲	レベルとキーワード		説明		
				火山活動の状況	住民等の行動	登山者・入山者への対応
噴火警報（居住地域） 略称 噴火警報	居住地域及びそれより火口側	レベル 5	避難	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは切迫している状態にある。	危険な居住地域からの避難等が必要（状況に応じて対象地域や方法等を判断）。	
		レベル 4	避難準備	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される（可能性が高まってきている）。	警戒が必要な居住地域での避難の準備、災害時要援護者の避難等が必要（状況に応じて対象地域を判断）。	
噴火警報（火口周辺） 略称 火口周辺警報	火口から居住地域近くまで	レベル 3	入山規制	居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	通常の生活（今後の火山活動の推移に注意。入山規制）。状況に応じて災害時要援護者の避難準備等。	登山禁止・入山規制等、危険な地域への立入規制等（状況に応じて規制範囲を判断）。
	火口周辺	レベル 2	火口周辺規制	火口周辺に影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	通常の生活。	火口周辺への立入規制等（状況に応じて火口周辺の規制範囲を判断）。
噴火予報	火口内等	レベル 1	平常	火山活動は静穏。 火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。		特になし（状況に応じて火口内への立入規制等）。

や火山専門家に働きかけて火山防災協議会の設置や開催を推進するとともに，噴火警報の「警戒が必要な範囲」を避難計画の「避難勧告・入山規制の範囲」と一致させるよう関係機関とすり合わせを行うなど，避難計画の共同検討を通じた噴火警戒レベルの見直し・改善を進めている．こうして，平常時から，火山防災協議会において地域の関係機関が噴火警戒レベルに対応した避難計画を共同で検討することは，関係者間で「顔の見える関係」と「防災対応のイメージ共有」（噴火警戒レベルに応じた具体的な防災対応に係る認識の共有）を確立することにつながり，噴火時等に関係機関が連携して避難計画に基づく防災対応をとるために不可欠である．

改定後の防災基本計画に基づく地方公共団体での具体的な動きとして，富士山では，山梨県・静岡県・神奈川県の防災部局が中心となって，関係機関に呼びかけ，2012 年 6 月 8 日に「富士山火山防災対策協議会」が設立された．地元の気象台および気象庁本庁も協議会のコアグループの構成員として参画している．設立に当たっては，この火山防災協議会が防災基本計画に基づく「避難の共同検討体制」として実質的かつ継続的に機能する（平常時には避難計画等を共同検討し，緊急時には避難対象地域を助言する）ように，次の 4 つの条件が満たされた設置規約が合意された．

① 明確な法的位置付け：火山防災協議会の構成員となる関係機関の温度差を解消するために，また，関係機関が参画に要する経費（主として開催地までの旅費）を確保するために，災害対策基本法第 40 条で規定された「都道府県地域防災計画」に基づき設置するという形をとることが重要である．

② 避難対象地域の助言を所掌：噴火リスクの専門的な検討を踏まえた適確な避難勧告の発令ができるように，避難対象地域は，火山防災協議会において関係機関が共同で検討し，火山防災協議会として市町村長に対して助言する必要がある．もし，関係機関が個別に検討すると，噴火リスクに関する情報が住民に届くまでの過程（警報 → ハザードマップ → 避難勧告）で，次第に安全係数が加えられるなどして避難を呼びかける対象範囲が増幅を起こし，住民に過大な避難を

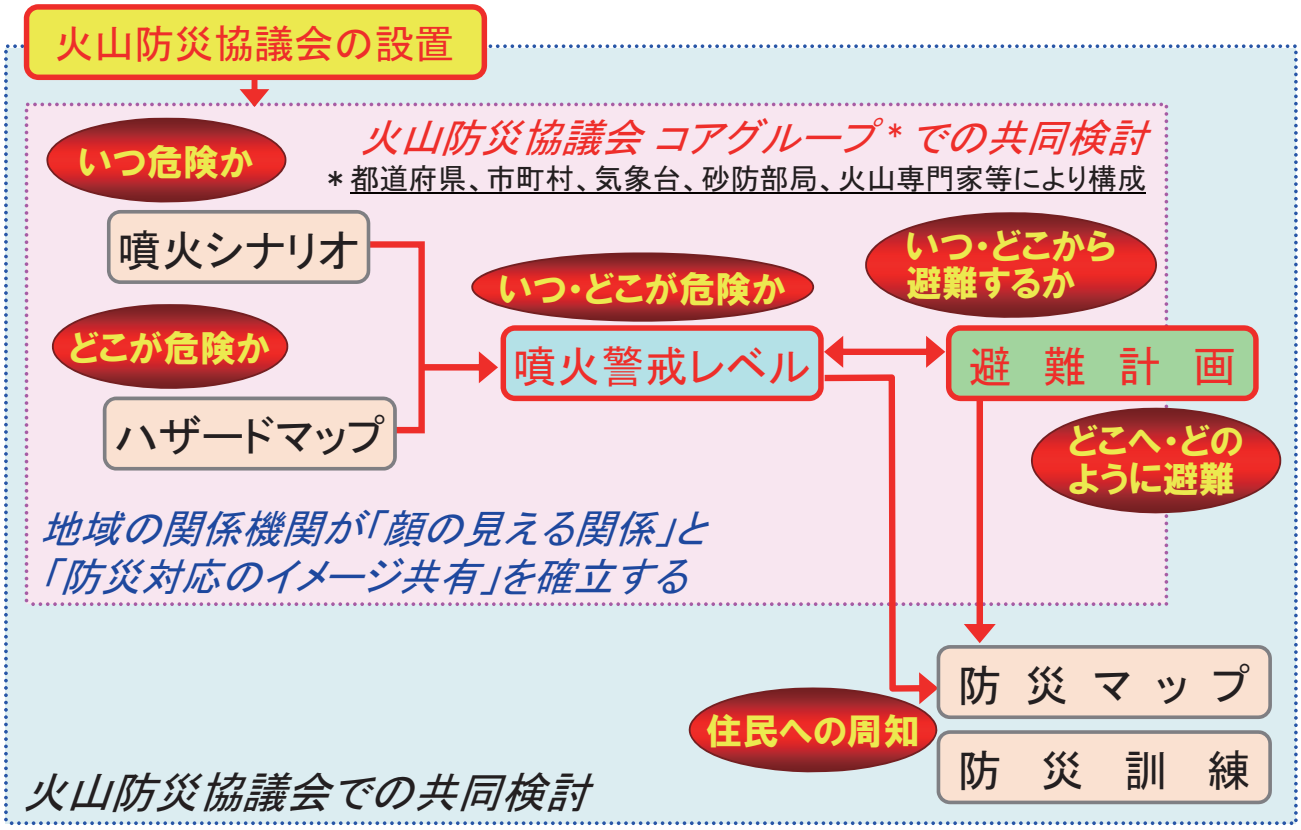

図 3　防災基本計画に基づく火山防災協議会の役割

強いてしまう（経営学でいうブルウィップ効果）可能性が生じるばかりか，過大な避難の呼びかけを繰り返せば，防災情報が住民の信頼を失い，本当に危険が切迫しているときの避難の呼びかけに応じにくくなるなど，かえって警戒が緩んで円滑な避難に支障を来し，犠牲が拡大する（オオカミ少年効果）おそれがあると考えられる．

③ 避難開始時期・避難対象地域の技術的検討を行うコアグループの設置：火山防災協議会が避難対象地域を市町村長に対して助言するためには，避難開始時期・避難対象地域（いつ・どこから避難するか）の確定に深く関与する五者（都道府県，市町村，気象台，砂防部局，火山専門家）等で「コアグループ」を構成し，必要な時に機動的に機能するようにしておくことが不可欠である．

④ 火山専門家の参画：避難時期・避難対象地域の技術的検討を円滑に進めるためには，火山噴火予知連絡会委員等の火山専門家が正式な委員として（オブザーバー等としてではなく）共同検討に参画する体制が必要である．

以上の 4 条件は，火山防災協議会が防災基本計画に基づく「避難の共同検討体制」として正常に機能するために，全国の火山地域でも参考にするべきポイントであると考えられる．

5. 噴火警報および噴火予報以外の各種情報

噴火警報および噴火予報のほかに，気象庁は，次のような火山現象に関する予報を 2008 年 3 月から発表している．

1 つは，「降灰予報」で，一定規模以上の噴火が発生した場合に発表し，噴火発生から概ね 6 時間後までの火山灰の降ると予想される地域を知らせるものである．観測された噴火規模から噴煙モデルを仮定し，数値予報データを用いて移流拡散モデルによる計算結果をもとに発表する．これまで，桜島，霧島山（新燃岳），浅間山で発表された．2009 年の浅間山噴火の際には東京西部にあった微量の降灰を精度よく予測した．しかし，現在の降灰予報は，降灰の範囲だけの予報となっており，「とるべき防災対応」を踏まえて量的な情報を盛り込む等の高度化に向けて検討を続けている．

2 つめは「火山ガス予報」で，居住地域に長時間影響するような多量の火山ガスの放出がある場合に発表し，火山ガスの濃度が高まる可能性のある地域を知らせるものである．現在は，多量の二酸化硫黄の放出が続く三宅島で 1 日 2 回上空の風の予報とともに高濃度の火山ガスの危険性がある地域を明示して発表している．

また，これらの警報・予報に加え，**表 2** に示すような各種情報を定期的あるいは随時に発表している．

表 2　警報・予報以外の各種火山に関する情報

情報等の種類 Volcanic Information	概要及び発表の時期 Details
●火山の状況に関する解説情報 Details of Volcanic Activity	火山性地震や微動の回数、噴火等の状況や警戒事項について、必要に応じて定期的または臨時に解説する情報。 Details of Volcanic Activity specify the number of volcanic earthquakes or tremors and the situation regarding eruptions. They are issued as often as needed.
●火山活動解説資料 Bulletins on Volcanic Activity	地図や図表を用いて、火山活動の状況や警戒事項について、定期的または必要に応じて臨時に解説する資料。 Bulletins on Volcanic Activity specify the current status of volcanic activity. They are issued once a month or as often as needed.
●週間火山概況 Weekly Volcanic Activity Reports	過去一週間の火山活動の状況や警戒事項を取りまとめた資料。 Weekly Volcanic Activity Reports specify the volcanic activity status for the previous week. They are issued every Friday.
●月間火山概況 Monthly Volcanic Activity Reports	前月1ヶ月間の火山活動の状況や警戒事項を取りまとめた資料。 Monthly Volcanic Activity Reports specify the volcanic activity status for the previous month. They are issued at the beginning of each month.
●噴火に関する火山観測報 Observation Reports on Eruption	噴火が発生したときに、発生時刻や噴煙高度等をお知らせする情報。 Observation Reports on Eruption specify event times and plume heights. They are issued as soon as eruption occurs.

「火山の状況に関する解説情報」は，火山の活動状況を知らせるためのテキストベースの情報で，噴火警報・予報と同様，オンラインシステムで伝達される．「火山活動解説資料」は，図表や写真などを含む資料で，常時観測火山では毎月公表されるほか，必要に応じて常時観測火山以外の火山も含め臨時に公表される．「週間火山概況」，「月間火山概況」は，定期的に公表される資料である．

また，噴火が発生した時に，速報として「噴火に関する火山観測報」が発表される．観測報は，噴火の発生時刻や噴煙高度等必要最小限の情報をできるだけ速やかに知らせるもので，頻繁に噴火を繰り返している桜島においても，噴火発生のたびに，噴火数分後に発表している．

以上のほか，気象庁は，国際的な枠組みのもと，航空機向けに上空の火山灰の拡散状況を知らせる「航空路火山灰情報」を発表しているが，これについては別に述べる（白土，2013）．

参考文献

1) 白土正明（2013）：航空機のための火山灰情報．防災科学技術研究所研究資料，No. **380**，17-19.
2) 藤井敏嗣（2013）：火山噴火予知連絡会と火山防災．防災科学技術研究所研究資料，No. **380**，21-27.
3) 藤山秀章・徳元真一・河内清高・新原俊樹（2013）：内閣府における火山防災の取組．防災科学技術研究所研究資料，No. **380**，3-7.
4) 山里　平（2005）：近代火山観測の歴史－気象庁の監視観測を中心に－．火山，**50**，S7-S18.
5) 山 里　平（2007）：日本の活火山．科学，**77**，1256-1259.