

気象庁における火山の監視・情報提供体制の改善について

土井 恵治
DOI, Keiji

気象庁地震火山部管理課長

1—はじめに

わが国はたびたび自然災害に見舞われます。台風や豪雨による災害は毎年のように発生しており、平成25(2013)年に発生した伊豆大島や平成26(2014)年に発生した広島市での土砂災害のときに見られるように、近年ではこれまでに経験したことのないような雨の降り方が各地で観測されています。国土交通省では『温暖化の進行により危惧されているような極端な雨の降り方が現実起きており、明らかに雨の降り方が変化している』という状況を『新たなステージ』と捉え、豪雨災害への対策について検討を進めています。また、平成23(2011)年に発生した東日本大震災のみならず、強い揺れや津波をもたらす地震についても毎年数回発生しています。加えて、首都直下地震や南海トラフ沿いの巨大地震による災害の発生の懸念も指摘されているところです。火山活動については、桜島などにおいて、火山灰による社会インフラや農作物の影響もしばしば発生しています。そして、平成12(2000)年の有珠山や三宅島の噴火災害は犠牲者こそ出なかったものの、住民の避難を余儀なくされました。気象庁は、これらの自然災害の防止軽減

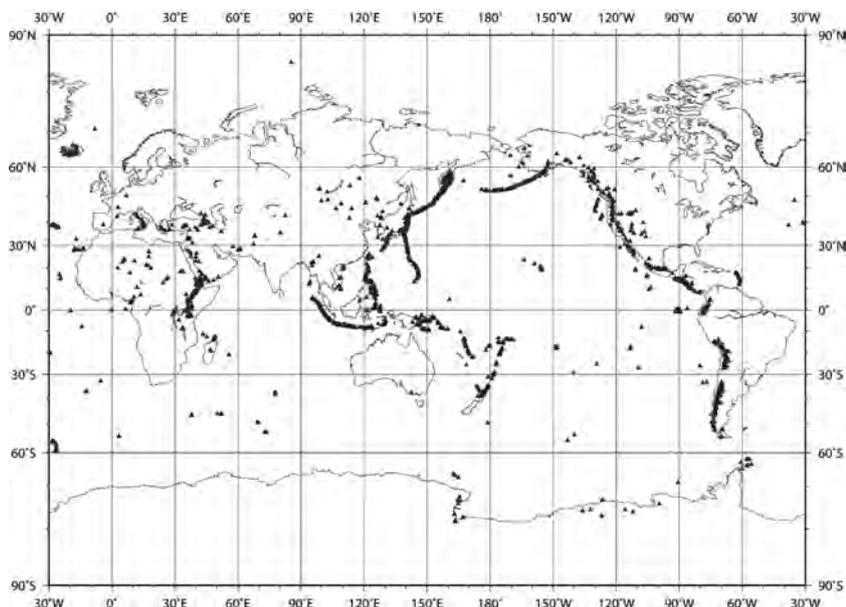
のため、24時間体制で観測データの収集、分析を行い、今後の現象の推移を予測して、警報や各種情報を提供しています。

しかしながら、これらの自然現象の中でも、火山噴火は、その発生頻度が少なく、現在の科学技術で予測が困難でありながら、突然、大きな災害をもたらすという点に特徴があります。昨秋の7年振りの御嶽山の噴火と、それによる惨事は、これまでの気象庁の火山防災体制の再点検を促す事案として、庁を挙げて取り組みを進めているところです。

本稿では、火山噴火災害の軽減に関する気象庁の取り組みの現状とともに、御嶽山噴火後、約半年にわたる有識者による検討を経て提言いただいた、火山の観測監視、情報提供に関する改善策について紹介します。

2—日本は火山国

地球上には過去1万年程度の間には噴火など何らかの活動があった火山が1500以上存在するとされています。図一1に示すとおりその分布は極めて偏っていて、日本列島周辺は環太平洋火山帯とも呼ばれる火山の密集地帯の一部に位置しており、



■図一1 世界の活火山(米国スミソニアン博物館の資料をもとに気象庁が作成)

日本は火山国であることが分かります。

わが国には海底火山も含め110の活火山があります。活火山とは、火山噴火予知連絡会^{注1)}での検討に基づき、「概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山」を言います。以降、活火山を単に「火山」と表します^{注2)}。

火山の周辺には温泉が湧出し私たちの生活に潤いを与え、噴火活動による風光明媚な景観を作るなど観光資源として重要な位置を占めています。また地下のミネラル分が火山灰として地表に運ばれることにより肥沃な土地を作り、あるいは熱源として活用されるなど、火山は私たちの社会経済活動に多くの恵みをもたらします。他方、噴火活動はその現象の激しさや規模の大きさにより、時に私たちの生活環境に悪影響を与え、あるいは破壊します。災害の頻度はそれほど高くなく、火山がもたらす恩恵が大きいため、私たちは火山の間近で生活を営んでいるわけですが、火山災害が身近であることを常に意識することが必要です。

火山活動による影響（災害）は、噴火に伴う噴石の落下、空振（爆発による衝撃波）による窓ガラスなどの破壊、降灰による交通障害、農作物被害、溶岩の流出による火災、毒性の強い火山性ガスの放出による大気や水質の汚染、地熱地帯の拡大による植生へのダメージ、降り積もった火山灰が雨で流されることによる土石流の発生など多様です。また、長距離を飛ばす航空機にとっては、上空吹き上げられた火山灰がジェットエンジンに与えるダメージも軽視できません。

3—わが国の火山対策の枠組みと気象庁の役割

このような多様な火山の災害誘因による影響を少しでも減らしあるいは未然に防ぐために、国、地方公共団体や関係する機関が協力して対策にあたる必要があります。このため活動が活発で特に観測・監視体制を強化する必要がある火山（後述

する「常時観測火山」)の多くで、市町村、都道府県、地元の気象台を含む国の地方支分部局、自衛隊、警察、消防機関及び火山の学識者や、必要に応じて、日本赤十字社や電気、ガスその他の公共機関から構成される「火山防災協議会」が設置されています。火山防災協議会では、火山防災マップ^{注3)}や避難計画の作成、避難訓練の実施などの災害対策が講じられることとなっています。気象庁は、この火山防災協議会の中核メンバーとして、火山活動に関する情報を提供するのみならず、火山防災マップの作成に必要な噴火シナリオの検討を関係者と進めています。

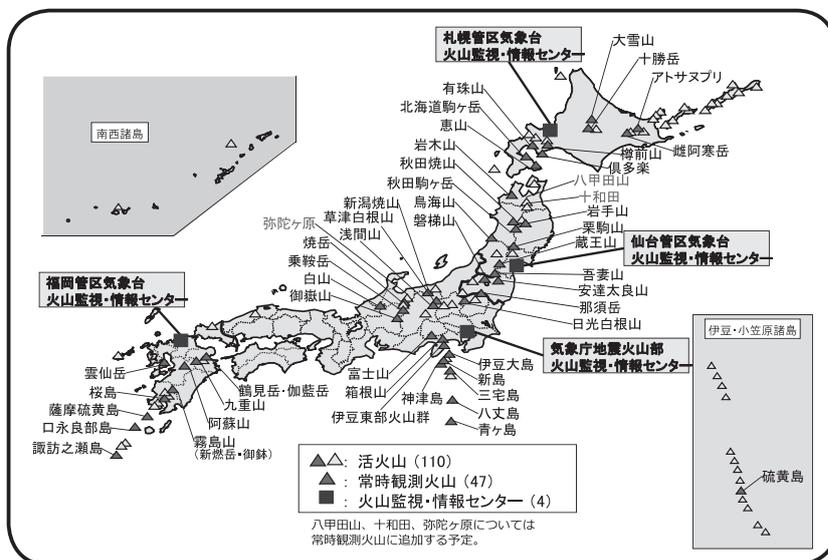
3.1 気象庁による火山の監視体制

気象庁は、気象庁本庁（東京）及び札幌・仙台・福岡の各管区気象台に設置した「火山監視・情報センター」において、わが国にある110の火山の活動状況を監視しています。これらの火山のうち、「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」として平成20年に火山噴火予知連絡会によって選定された47火山（常時観測火山）については、地震計、傾斜計、空振計、GNSS^{注4)}観測装置、監視カメラなどの火山観測施設を整備し、関係機関（大学等研究機関や自治体・防災機関等）からのデータ提供も受け、火山活動を24時間体制で常時観測・監視しています（図—2、図—3）。

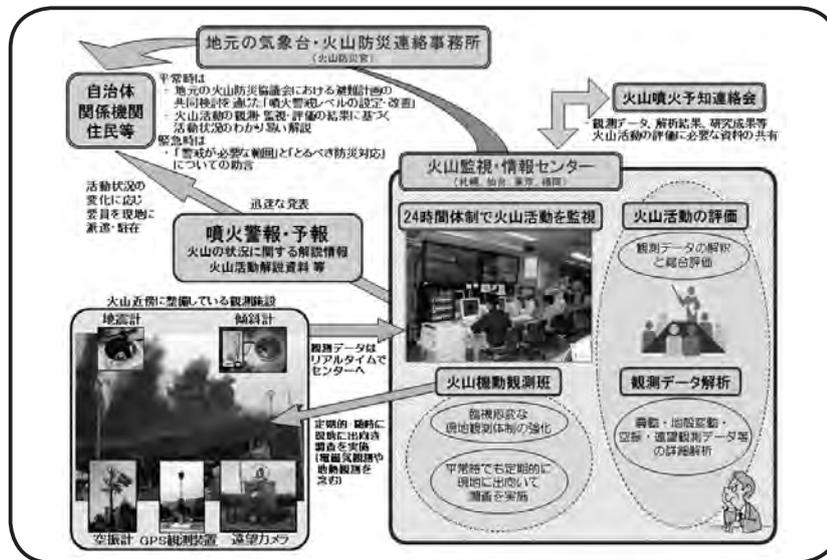
また、各センターは、火山活動に高まりが見られた場合には、必要に応じて現象をより詳細に把握するために機動的に観測体制を強化します。

3.2 気象庁による火山の情報提供体制

気象庁は火山での観測の成果を用いて火山活動の評価を行い、居住地域や火口周辺に危険を及ぼすような噴火の発生や拡大が予想された場合には「警戒が必要な範囲」（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）を明示して噴火警報



■図—2 わが国の活火山分布と常時観測火山



■図—3 火山活動の観測・監視・評価の結果に基づく噴火警報等の発表

種別	名称	対象範囲	レベルとキーワード
特別警報	噴火警報 (居住地域)	居住地域 及び それより 火口側	レベル5 避難
	又は 噴火警報		レベル4 避難準備
警報	噴火警報 (火口周辺)	火口から 居住地域 近くまで	レベル3 入山規制
	又は 火口周辺警報	火口周辺	レベル2 火口周辺 規制
予報	噴火予報	火口内等	レベル1 平常

■図—4 噴火警報、噴火警戒レベルとキーワード (噴火警戒レベル1のキーワードは「活火山であることに留意」と変更します)

を発表します (図—4)。また、噴火した際に飛散する火山灰の降灰範囲を降灰予報として発表します。このほか必要に応じて火山の活動状況について情報発表するとともに、週ごと、月ごとにとりまとめた概況も発表します (表—1)。これらの警報、予報、情報は、専用の電話回線やインターネットにより国、都道府県、市町村や報道機関などに伝達されます。

また、航空機の安全航行のため、火山灰の拡散状況に関する情報を航空管制機関や航空会社に提供することが求められています。気象庁は、国際民間航空機関 (ICAO) の要請に応じ、世界に9つある航空路火山灰情報センター (VAAC: Volcanic Ash Advisory Centre^{注5)}) のひとつとして、わが国のみならずアジア太平洋地域を責任範囲として航空関係者に火山灰の拡散の実況や予測に関する情報を提供しています (図—5)。

4—御嶽山の噴火災害

4.1 噴火に至る経過

御嶽山は昭和54 (1979) 年に有史以来始めて噴火し、その後平成3 (1991) 年、平成19 (2007) 年に小規模な噴火が発生しました。いずれも噴火の形態は“水蒸気噴火”と呼ばれる、マグマの関与は間接的で火口直下に蓄えられていた高温高压の地下水が爆発的に沸騰して火口から岩石などを噴出させるものでした。平成19 (2007) 年以降は顕著な地震活動はなく噴煙の状況も火山灰の混じらない水蒸気が主体の白色噴煙のみという落ち着いた状況で推移していました。

平成26 (2014) 年8月下旬に入り、火山性地震 (体に感じない極めて小規模の地震) が発生し始め、9月10日、11日には一日の火山性地震発生回数が50回を超えましたが、9月12日以降は地震発生回数は減少していきました。そして、9月27日11時52分に、平成19 (2007) 年以降の噴火が発生しました。この噴火も水蒸気噴火でした。この噴火により、噴煙は火口から上空約7000mまで上がり、噴石が約1kmの範囲に飛散しました。

4.2 気象庁の情報発表と火山噴火予知の現状

気象庁は、火山性地震が活発になった9月中旬以降、「火山の状況に関する解説情報」を3回発表し、関係者に今後の火山活動の推移に注意を促しました。その後も、注意深く観測していましたが、前回の噴火の際に観測された、火山性微動や山の膨らみが認められませんでした。噴火直前の9月27日11時41分頃から火山性微動を観測し、同45分には、突然、山体の膨張を示す傾斜変動が始まり、52分噴火に至りました。気象庁は、直ちに、噴火の事実を確認し、「噴火に関する火山観測報」、「噴火警報」を発表しました。

マグマの貫入といった火山直下で大量の物質が移動する場合には、山の形が変形するため、地殻変動を精密に測定する

ことにより噴火に至る準備が始まったことが判る場合があります。しかしながら、水蒸気噴火はマグマが移動することなく高温高压の水蒸気が噴出する現象であり、直前の変化は微小で、変化が現れるとしてもその範囲は限定的で火口周辺に限られると考えられます。また、9月中旬以降に火山性地震を観測しましたが、火山性地震の増加のみでは噴火に至らない事例も数多くあり、火山性地震が一時的に増加したことが噴火の予兆と言える訳ではありません。火山の活動は火山ごとに特徴があり、噴火事例の多い火山では噴火予知の手がかりが得られているものもありますが、そうでない火山については現在の科学的・技術的知見では、噴火予知は極めて難しく、まだまだ研究途上にあります。

4.3 課題の抽出

今般の御嶽山の噴火に関し、火山噴火予知連絡会の「火

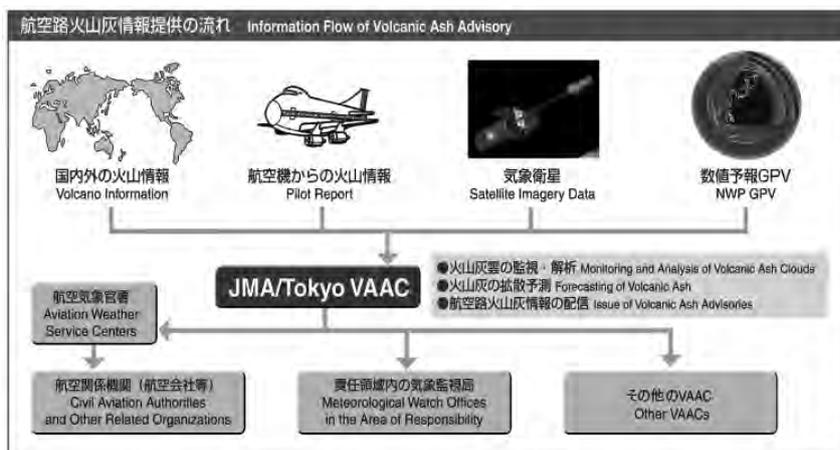
山観測体制等に関する検討会」及び「火山情報の提供に関する検討会」において、専門の見地から、事態の経緯を検証した結果、以下のような課題が抽出されました。

今回の噴火のような水蒸気噴火は、噴火前の変化が火口周辺に局所的に現れます。そのため、水蒸気噴火につながるかもしれない火山活動の変化を捉えることは、大変難しい課題です。しかしながら、気象庁が火山に整備した観測機器は必ずしも火口付近に設置しているわけではありません。このためマグマの動きに伴う規模の大きな火山活動の変化を捉えることはできますが、水蒸気噴火の予兆を捉えるようとするためには、改善が求められます。

また、今般の御嶽山の噴火災害で犠牲となったのは登山者の方々でした。登山者の中には御嶽山が火山であることを知らない、あるいは意識していないまま、登山しているとの指摘がありました。また、火山性地震の増加を地元自治体には伝えて

■表—1 気象庁が発表する火山に関する警報、予報、情報

情報名	概要
噴火警報	生命に危険を及ぼす大きな噴火、火砕流、融雪型火山泥流等の発生やその拡大が予想される場合に「警戒が必要な範囲」(生命に危険を及ぼす範囲)を明示して発表(噴火警戒レベルが運用されている火山では、噴火警戒レベルを付す)
火山の状況に関する解説情報	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
火山活動解説資料	地図や図表を用いて、火山の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
噴火に関する火山観測報	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
降灰予報	(定時) 噴火の有無に関わらず、一定規模の噴火を仮定して、18時間先(3時間区切り)までに噴火した場合に予想される、降灰範囲や小さな噴石の落下範囲を発表
	(速報) 噴火発生から1時間以内に予想される、降灰量分布や小さな噴石の落下範囲を、噴火後速やかに(5~10分程度で)、提供
	(詳細) 噴火した際に、降灰の範囲や降灰開始時刻に加え、降灰の量(多量(1mm以上)、やや多量(0.1~1mm)、少量(0.1mm未満))の予測結果を発表
火山ガス予報	居住地域に長期間影響するような多量の火山ガスの放出がある場合に、火山ガスの濃度が高まる可能性のある地域をお知らせ(現在は、三宅島のみを対象に実施)
火山現象に関する海上警報	噴火の影響が海上や沿岸に及ぶ恐れがある場合に緯度・経度と範囲を指定して、付近を航行する船舶に対して警戒を呼びかけ
週間火山概況	過去一週間の火山活動の状況や警戒事項をとりまとめた資料
月間火山概況	前月1ヶ月間の火山活動の状況や警戒事項をとりまとめた資料
地震・火山月報(防災編)	月ごとの地震・火山に関連した各種防災情報や地震・火山活動に関する分析結果をまとめた資料



■図—5 航空路火山灰情報

いたものの、その情報が、必ずしも登山者には伝わっていないとの指摘もありました。加えて、その内容が登山者にとってリスクの高まりと理解し、適切な行動に結びつけることができるようなわかりやすいものであったか、登山者の命を守るために噴火したことを速やかに伝える必要があるのではないか、という指摘もありました。

さらに、火山活動の状況を伝える各種火山情報には活動の状況とともに噴火警戒レベルとそのキーワードを付して発表しています。御嶽山での地震が多発したことを「火山の状況に関する解説情報」で伝えた際も「噴火警戒レベル1（平常）」を付していましたが、このキーワード“平常”が“安心”あるいは“安全”と理解されているとの指摘がありました。

そして、当然のことながら、適切な情報発表のためには火山活動の推移を適確に評価する能力を一層向上する必要があります。また、噴火予知を目指した技術開発も必要です。

なお、火山防災対策としては、退避壕の整備や情報伝達手段の多重化、学校教育の充実なども大変重要です。これらについては中央防災会議の「火山防災対策ワーキンググループ」において検討が進められました。

5— 御嶽山の噴火災害を踏まえた今後の気象庁の 取り組み

検討会では、これらの課題への対処策として観測体制の強化、火山活動の評価の手順、関係機関との連携強化のあり方について検討いただき、去る平成27年3月26日に検討の取りまとめ結果が公表されました。

以下に、検討結果を踏まえた気象庁の取り組みを以下に述べます。

5.1 観測の強化について

気象庁の火山観測体制は、水蒸気噴火の予兆を捉えるためには必ずしも十分ではありませんでした。これについて気象庁では、噴気の状況や火口内の温度の状態を把握するため監視カメラを整備し、また高温高圧の地下水の動きに連動すると考えられる火口周辺の微小な地殻変動や震動を捉えるための傾斜計、地震計を常時観測火山に新たに整備します。また、現在地震活動が活発な状況にあるものの常時観測を実施していない八甲田、十和田、弥陀ヶ原（立山）の3つの火山について地震計、傾斜計、空振計、GNSS観測装置、監視カメラといった常時観測のための機器を整備します。これにより、我が国の常時観測火山は47から50になります。さらに、火山活動に変化が捉えられた場合には、火山機動観測班を現地に派遣し、噴気の状態や地熱地帯の状況の変化など地震計など常時観測機器による観測では得られない情報を収集します。また、山小屋の管理者や登山ガイドなど日頃火山に接している方々からの

情報も収集するようにするため、これらの方々とのネットワークを構築していきます。

5.2 情報発表の改善について

噴火前に観測された現象が噴火の予兆なのかどうかを判断することは現時点での科学技術の水準では極めて難しい状況にあります。そのため、火山ごとに過去の噴火などの火山活動をもとに、噴火警報発表の基準を改めて整理し、この基準に達する変化を観測した場合には速やかに噴火警報を発表します。あわせて、どのような火山活動の状況になると噴火警報を発表する事態になるかを登山者や住民の方々にご理解いただくために、この基準を公表します。

また、噴火警報の発表に至らないものの、火山活動の変化を観測した場合には、「火山の状況に関する解説情報」について「臨時に」発表したことを明記し、変化の内容をわかりやすく表現し、火山機動観測班を派遣するといった気象庁がどのような対応を取っているかも示します。これにより、活動の変化の意味するところが科学的・技術的に必ずしも明確でない場合であっても、火山活動に何らかの異常な変化が発生していること、今後の火山の状況に関して注目していただきたいことをよりの確に伝えます。

噴火警戒レベル1のキーワードの“平常”については、中央防災会議の「火山防災対策ワーキンググループ」における検討の結果、これを“活火山であることに留意”とするよう提言されました。今後、内閣府や関係機関と協力して周知を進めていきます。

さらに、火山が噴火した場合に、登山者や観光客など火山に立ち入っている人々に「噴火した事実」を速やかに伝えて直ちに命を守るための行動を取っていただけるよう「噴火速報」を創設し、この夏の登山シーズンを目途に発表できるよう準備を進めます。また、登山者への情報の伝達については、携帯端末の活用など様々な手段を講じ、多様化を図ることが重要です。これについても、関係事業者や地元関係者と協議していきます。

登山者向けの情報提供の取り組みとして、火山の活動状況や火山の防災マップなど火山に登山する上で必要な情報をワンストップで閲覧できる「火山登山者向けのページ」を御嶽山噴火直後の10月10日に気象庁のHPに新たに作成しました。今後、週ごとあるいは随時発表される最新の活動状況の解説記事や日々の火山の活動状況を示す観測データを掲載するなどこのページをさらに拡充していきます。

5.3 関係機関との連携

火山活動に変化があった際に気象庁が取る措置やその際の防災関係機関の対応行動を予め整理しておき、それを「火山防災対応手順」として火山防災協議会の中で共有すること

により、火山活動の変化へのより迅速かつ円滑な対応が期待できます。特に、レベル1の段階での火山活動の変化への対応は、重要であり、関係者が状況を速やかに共有できるような緊密な連携体制を予め作りこんでおくことが求められます。これについても防災関係機関と連携して、火山ごとに早期に作成できるよう取り組んでいきます。

6—おわりに

気象庁の重要な責務である警報や各種防災情報の発表にあたっては、現象を確実に観測し、その結果を分析して将来の現象がどのように進展するかをいかに精度良く予測できるかにかかっています。しかしながら、現象の予測は原理的に不確実さを伴うため、予測の結果は確率で表すしかない、という科学的な限界があります。実際に、天気予報においても降水確率を導入しているところですが、しかしながら、避難指示など災害回避のための対応を行うにあたっては、そのような措置を取るか取らないかの二者択一にせざるを得ないことから、気象庁が出す警報には確率表現を用いることなく、危険な状況にある、あるいは今後危険な状況になりそうだということを伝えています。

火山現象については、気象と比べ更に予測が困難であり、噴火警報を出した後、噴火に至らないこともあります。また、噴火警報は、地域にとって様々な影響もあります。適確な情報発

表のためには観測データの分析評価能力の向上が必須で、気象庁は、より確実な情報を出せるよう大学などの火山研究者と連携して、能力向上を図っていくことは当然のことながら、国民の皆様には、火山に関する情報には、大きな不確実さが含まれていることを念頭に、常に「活火山であることに留意」して火山と接するようにしていただき、情報や警報が発表された際には一層の注意、警戒を払っていただきたいと思います。

注

注1) 火山噴火予知連絡会：火山噴火予知計画（文部省測地学審議会（当時）の建議）により、関係機関の研究及び業務に関する成果及び情報の交換、火山現象についての総合的判断を行うこと等を目的として、昭和49（1974）年に火山噴火予知連絡会が設置されました。この連絡会は、気象庁が事務局を担当しており、委員は学識経験者及び関係機関の専門家から構成されています。

注2) 「活火山」「休火山」「死火山」：この分類は明治時代の地震学者である大森房吉が用いたとの記録があり、教科書では昭和30年代前半まで用いられていたようです。気象庁では昭和20年代後半に「活休火山」という語を用いていましたが、昭和43年以降はこれを「活火山」という語にしました。「休火山」「死火山」という語は気象庁では用いていません。

注3) 「火山防災マップ」は、噴火による現象の影響範囲、噴火警報等の解説、避難所や避難経路、避難の方法、住民への情報伝達の方法等の防災対策上必要な情報を記載した資料。火山防災協議会における検討結果をもとに市町村が作成し、住民や公共施設に配布しています。

注4) GNSS：Global Navigation Satellite System（全地球測位衛星システム）は米国のGPS、日本の準天頂衛星など人工衛星からの信号を用いて位置を決定するシステムの総称。

注5) 国際民間航空機関（International Civil Aviation Organization）は火山灰に関する情報を航空関係機関に提供するVolcanic Ash Advisory Centre（VAAC）の設置を勧告し、気象庁は世界に9つあるVAACのひとつとして平成9（1997）年3月から情報提供業務を開始しました。