

白山火山噴火に対する砂防部局の取り組み

岡嶋 康子・横山 悠

金沢河川国道事務所 流域対策課 (〒920-8648 金沢市西念3-23-5)

白山は過去1万年間に水蒸気噴火とマグマ噴火が複数回にわたり発生した記録が確認されている¹⁾²⁾³⁾とともに、近年では山頂付近で地震活動が認められるなど、活火山と位置づけされている山の1つである。白山の火山防災体制として、平成27年に白山火山防災協議会による噴火シナリオや白山火山防災計画の作成、気象庁により噴火警戒レベルの導入がなされ運用されている。一方、砂防部局においては、既往の噴火シナリオでの想定を基に、最新の知見を踏まえ対象現象・規模を検討し、火山噴火に伴い発生する土砂災害に対し被害をできる限り軽減(減災)するためのハード対策・ソフト対策からなる計画をとりまとめた。本報において報告する。

キーワード 白山、火山噴火シナリオ、火山防災協議会、緊急減災対策砂防計画

1. はじめに

白山は、石川県・岐阜県境に位置する火山で(図-1)、平成21年6月に「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」に選定され、気象庁による24時間体制の常時観測・監視が行われている。

白山の火山防災対策を検討する枠組みとして、平成25年に「白山火山防災協議会」が設置され、平成27年6月に噴火シナリオ⁴⁾や白山火山防災計画⁵⁾を作成、同9月からは気象庁により噴火警戒レベルの導入がなされている⁶⁾。

一方で、火山噴火に伴い発生する主な土砂災害として想定される「融雪型火山泥流」や「降灰後の土石流」は、広域かつ長期間にわたることからその被害は顕著であり、噴火が起こる前にあらかじめ対策計画を立案し備えておくことが必要とされている。

白山においても平成28年度から令和元年度の4年にわたり、砂防部局(金沢河川国道事務所、神通川水系砂防事務所、石川県土木部砂防課、岐阜県県土整備部砂防課)が主体となり白山火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会を立ち上げ計画検討を進めてきた。

本報では、白山火山防災協議会における既往噴火シナリオの想定を基に、最新の知見を踏まえ追加検討した内容、砂防計画に位置づけた対策の概要、及び協議会との調整事項等について報告する。

2. 白山火山噴火緊急減災対策砂防の位置づけ

白山の火山防災対策の全体イメージとして、火山防災協議会と緊急減災対策砂防の関係を図-2に示す。

火山防災協議会は噴火シナリオや火山ハザードマップ等の警戒避難体制等の整備を担う。緊急減災対策砂防は、火山災害による被害をできる限り軽減(減災)するために、平常時及び緊急時に砂防部局が主体となって実施する。

白山においては、火山防災協議会により噴火シナリオ等の運用が先行されていたことから、砂防部局が想定する対象現象・規模は、既往噴火シナリオを基に追加検討等を行う方針を進めた。



図-1 白山山頂部の溶岩ドーム(大汝峰から望む)

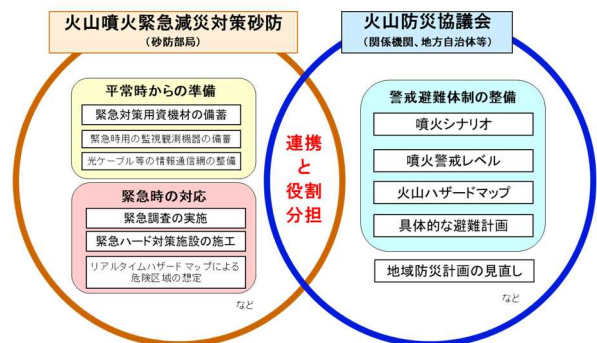


図-2 白山の火山防災全体のイメージ⁷⁾

3. 白山火山噴火緊急減災対策砂防計画で想定した

現象と影響範囲

(1) 白山火山防災協議会の噴火シナリオの概要

白山火山防災協議会で作成された噴火シナリオ（平成27年6月29日版において、下記の項目が検討済みであった。

- ・ 白山の噴火のまとめ（噴火様式、噴出物総量、噴火場所、噴火に伴う現象）
- ・ 検討対象とする噴火の想定（水蒸気噴火、マグマ噴火）
- ・ 想定される噴火場所（想定火口域）
- ・ 警戒が必要な範囲（噴火規模、現象、噴火事例、警戒が必要な範囲）
- ・ 火山活動フロー

(2) 白山火山噴火緊急減災対策砂防計画で想定した現象

(1)の噴火シナリオでの想定を基に、最新の知見を踏まえ、火山現象や土砂移動現象、および規模を追加して設定した(表-1)。追加した現象と規模、追加理由は以下のとおりである。

- ・ 火砕流（水蒸気噴火）：御嶽山2014年噴火で発生した実績がある⁸⁾。
- ・ 融雪型火山泥流（水蒸気噴火）：火砕流によるごく小規模な融雪で発生する可能性がある。

- ・ 火口噴出型泥流：有珠山2000年噴火や御嶽山2014年噴火で発生した実績がある。
- ・ 火口湖決壊型泥流：白山の山頂周辺には複数の火口湖がある。
- ・ 火砕流（マグマ噴火の規模）：酒寄(2014)⁹⁾等で火口から5kmの地点で火砕流堆積物の存在が報告されているが(図-3)、噴出量は推定されていない。噴出量を推定すると数百万m³規模となること、及び火山防災マップ作成指針の「規模の大きな火砕流は500万m³で試行すると良い」¹⁰⁾との記述を踏まえ、500万m³規模を追加した。
- ・ 融雪型火山泥流（マグマ噴火の規模）：火砕流500万m³規模で発生する融雪型火山泥流を追加した。
- ・ 山体崩壊・斜面崩壊・地すべり：火山活動や他の要因により発生する可能性がある。



図-3 新たに確認されている火砕流堆積物の存在
(白山山頂から東へ5kmの地点(岐阜県大白川ダム近傍)で確認、
金沢大学酒寄淳史教授提供資料)

表-1 噴火様式と想定現象

噴火様式	想定される現象	想定される規模（影響範囲）	
		白山火山防災協議会での想定 [H27.6.29版]	緊急減災対策砂防計画
水蒸気噴火	大きな噴石	想定火口域から2km	想定火口域から2km
	降灰	記述のみ	100万m ³
	火砕流	記述なし	御嶽山2014年噴火規模
	降灰後土石流・泥流	発生可能性の記述のみ	100年超過確率雨量
	融雪型火山泥流	記述なし	火砕流によるごく小規模な融雪
マグマ噴火	泥流	記述のみ	火口噴出型泥流：10万m ³ 火口湖決壊型泥流：70万m ³
	大きな噴石	想定火口域から4km	想定火口域から4km
	降灰	記述のみ	1,000万m ³
	火砕流	50万m ³	50万m ³ 500万m ³
	溶岩流	想定火口域から7km	想定火口域から7km
	融雪型火山泥流	火砕流50万m ³ 、積雪深6m	火砕流50万m ³ 、積雪深6m 火砕流500万m ³ 、積雪深6m
	降灰後土石流・泥流	発生可能性の記述のみ	100年超過確率雨量
	泥流	記述のみ	火口噴出型泥流：10万m ³ 火口湖決壊型泥流：70万m ³
その他	山体崩壊・斜面崩壊・地すべり	記述なし	過去の発生実績等を示す

斜字：規模の想定がされていない 黒字：協議会での記述 赤字：緊急減災対策砂防計画で「検討項目を追加」した現象

(3) 噴火シナリオ・土砂移動シナリオ

(2)の設定により、白山火山防災協議会で作成された噴火シナリオの火山活動フローを基に、緊急減災対策砂防用の噴火シナリオ・土砂移動シナリオを作成した。この噴火シナリオ・土砂移動シナリオから、想定される噴火規模と段階に対応した複数の現象の推移を示したイベントツリーを作成し(図4)、ケース毎に想定影響範囲を把握した。

(4) 想定される影響範囲

図4のイベントツリーの8つのケースにおいて、保全対象への直接の影響が想定されるのは、噴火履歴調査結

果に基づく実績、あるいは数値シミュレーション等により把握した結果、活発な火山活動の継続(マグマ噴火)で500万m³の火砕流によって発生する融雪型火山泥流(ケース6)のみである(但し、ケース8の山体崩壊・斜面崩壊・地すべりについては予測が困難であるため、検討の対象としていない)。

既往の火山防災協議会の噴火シナリオに基づく想定影響範囲との比較を図5に示す。火砕流規模を見直したことにより影響範囲に違いが生じるものの、地形条件や発生泥流の基本条件である融雪量等により、融雪型火山泥流の影響範囲は大きく変わらないことがわかった。

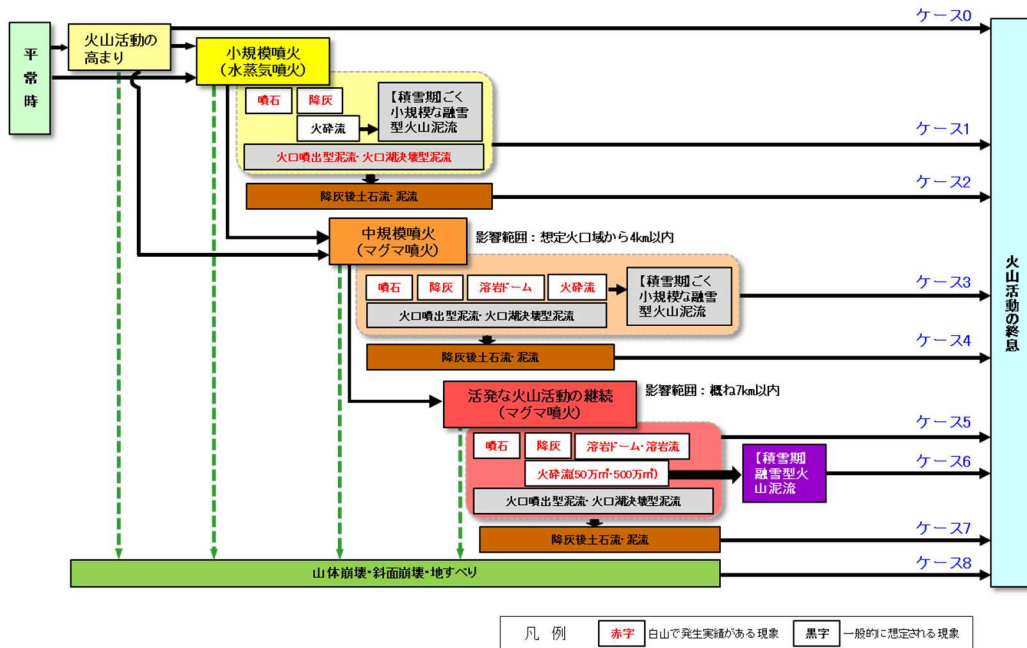


図4 噴火シナリオ・土砂移動シナリオに基づくイベントツリー

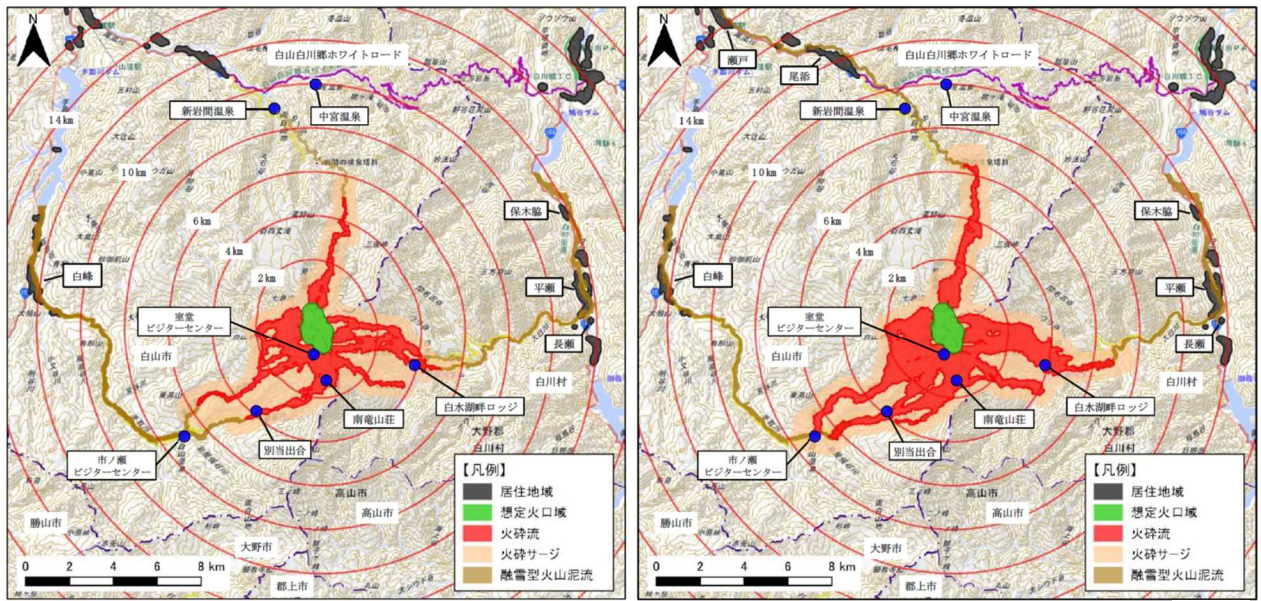


図5 火砕流・火砕サージ・融雪型火山泥の流影響範囲の比較 (左: 白山火山防災協議会での想定, 右: 緊急減災砂防での想定)

4. 緊急ハード対策・ソフト対策

(1) 緊急ハード対策の概要

緊急ハード対策は、以下の方針に基づき検討した。

- 目的：保全対象の被害軽減及び住民が使用する避難経路の安全確保
- 対象現象：マグマ噴火に伴って発生する融雪型火山泥流（火砕流規模500万m³で発生するもの、ケース6(図4)）を対象
- 方針：保全対象付近での流出土砂の流向制御等の被害防止・軽減のための施工を可能な限り実施
- 留意事項：降灰後の土石流・泥流（ケース2, 4, 7(図-3)）については、降灰状況に応じて復旧対策として既存堰堤などの除石・除木を実施
また、降灰影響範囲に位置する土石流危険渓流については、降灰後の緊急調査の結果に基づき、各所管において対策を検討・実施

上記により検討した緊急ハード対策のイメージを図-6,7に示す。

具体的には、流向規制や導流のため、保全対象の上流側に大型土のうやコンクリートブロック等による導流堤工の緊急的な整備を実施することとし、既設堰堤の除石・掘削を実施できる場合は、掘削土砂を導流堤設置に用いる大型土のう中詰材として転用するなど、備蓄資材等を活用した実現可能な工法とした。

なお、緊急ハードの施工期間は、火山活動の活発化前に対策工を終える計画とし、1週間としている。

(2) 緊急ソフト対策の概要

緊急ソフト対策は、以下の方針に基づき検討した。

- 目的：緊急減災対策を実施するための情報収集、緊急ハード対策作業従事者の安全確保、避難対策支援のための情報収集
- 対象現象：火山噴火に伴い発生する全ての土砂移動現象（ケース0を除く全てのケース(図4)）
- 方針：監視機器等の整備や緊急調査を実施
- 留意事項：国は土砂災害防止法に基づき、火山噴火に起因する土石流などを対象として緊急調査を行い、「土砂災害緊急情報」を通知¹⁾

上記により検討した緊急ソフト対策のイメージを図-8,9,10に示す。

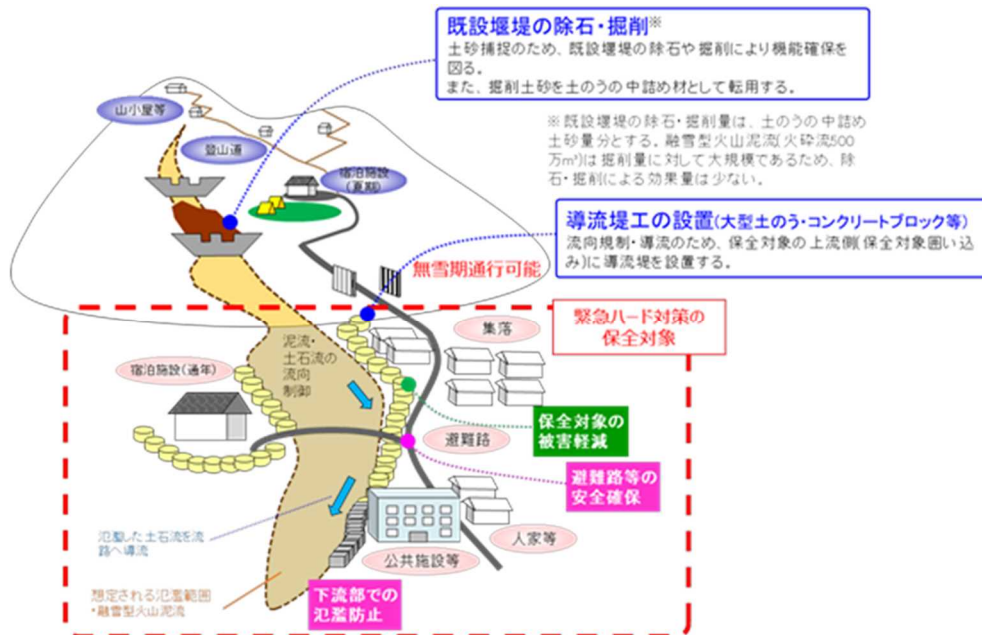


図-6 白山における緊急ハード対策のイメージ



図-7 他火山における緊急ハード対策のイメージ（左：導流堤，右：治山堰堤堆砂敷の除石工事）

出典：（左）国土交通省九州地方整備局IP （右）林野庁IP

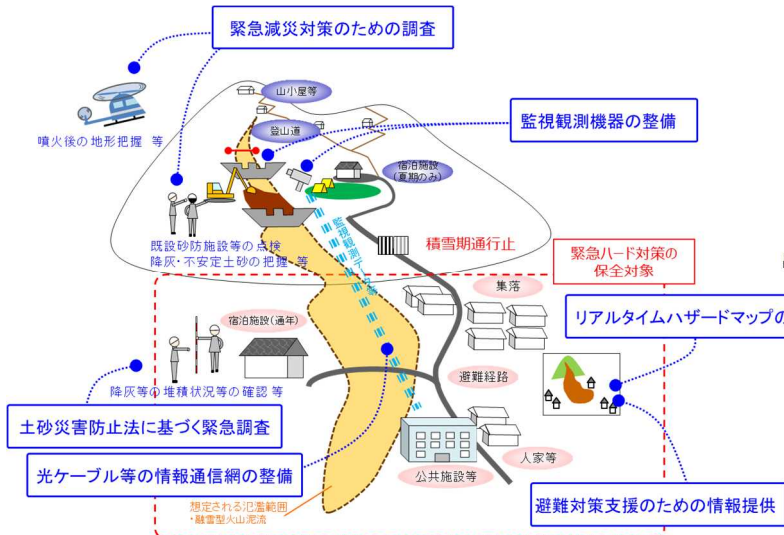


図-8 白山における緊急ソフト対策のイメージ



図-9 他火山における緊急ソフト対策としての機器設置イメージ

出典：「御嶽山噴火への対応（国土交通省中部地方整備局HP）」



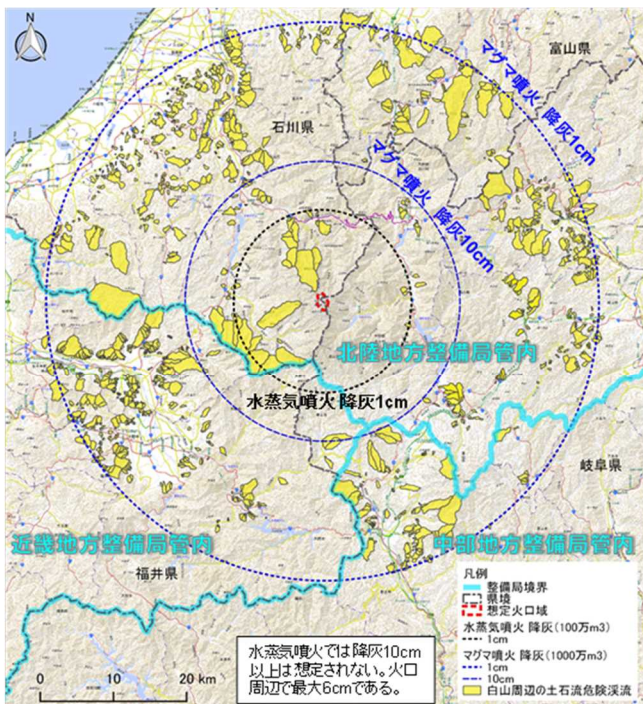
図-10 土砂災害防止法に基づく緊急調査のイメージ

出典：国土交通省九州地方整備局HP

(3) 白山火山噴火時における土砂災害防止法に基づく緊急調査の整理

マグマ噴火および水蒸気噴火の降灰影響範囲と、白山周辺の土石流危険渓流位置を図-11に示す。

噴火後には、降灰1cm以上の分布状況や地形状況、および土石流危険渓流カルテなどによる保全対象の分布状況等を踏まえて対象渓流を設定し、国が土砂災害防止法に基づく緊急調査を行うこととされていることから、図-11を整理したものである。



降灰1cm以上の土石流危険渓流については、土砂法に基づく緊急調査を国が実施する
図-11 降灰が想定される範囲と白山周辺の土石流危険渓流

マグマ噴火：噴出量1000万m³、噴煙柱高度5,000m、12月の平均風速の場合の到達距離を基にした想定火口からのパフファ
水蒸気噴火：噴出量100万m³、噴煙柱高度5,000m、12月の平均風速の場合の到達距離を基にした想定火口からのパフファ
背景に「地理院タイル（標準地図）」を使用

図-11により、降灰範囲が広範囲にわたることから、隣接整備局と今後連携が必要であることがわかった。引き続き、整備局間連携計画のとりまとめを進めている。

火山噴火時には、上述した緊急調査や土石流シミュレーション（QUAD-V）¹²⁾の結果から、対策が必要な土石流危険渓流を抽出することとなるが、必要な緊急対策については各所管で対応することとした。

なお、他火山での実績から、降灰後の降雨による土石流は、降灰厚10cm程度以上の範囲で発生しやすいと報告されている（表-2）。そのため、降灰10cm以上の範囲（マグマ噴火の場合、山頂から約19km）の土石流危険渓流について、緊急ハード対策を行う可能性があることで、整理をした。

表-2 他火山における降灰後の土石流発生事例整理

【参考】他火山における降灰後の土石流発生事例整理

- ・三宅島2000年噴火(平川・他, 2002)¹³⁾
泥流が発生しやすくなる限界値は、火山灰堆積厚 6.4-12.8cmの間
- ・雲仙岳(普賢岳)1990-1995年噴火(土木研究所, 2009)¹⁴⁾
火山灰堆積厚が5-10cm程度で土石流が発生
- ・桜島大正噴火(下川・地頭菌, 1991)¹⁵⁾
火山灰・軽石の堆積厚が概ね30cm以上の範囲で土石流が頻発
- ・富士山宝永噴火(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004)¹⁶⁾
宝永噴火後の主な土砂災害は降灰の厚さ10cm程度以上の範囲に集中

5. 平常時からの準備事項

平常時から、対策実施に関する手続き、対策のために必要となる土地の調整、緊急時の拠点の整備、各機関における実施事項の確認等を行い、緊急減災対策砂防を機能的に実施できるように準備すべき項目として、以下の内容について整理し、計画へ位置づけした。

- ・ 対策に必要な諸手続・土地利用の調整
- ・ 必要な資機材の備蓄・調達
- ・ 火山防災ステーション機能の強化
- ・ 光ケーブル網等の情報通信網の整備
- ・ 火山データベースの整備
- ・ 関係機関、住民等との連携事項と実施項目

また、白山火山噴火の際に迅速な対応ができるよう、検討委員会構成機関である関係各機関の役割分担を明確にし、関係者全員で取り組む計画であることを位置づけした。白山火山噴火緊急減災対策砂防において役割分担を明確にした各機関は以下のとおりである。

- ・ 気象庁 ・ 国土交通省
- ・ 林野庁 ・ 県
- ・ 市、村 ・ 環境省

6. 白山火山防災協議会との調整

砂防部局で進めてきた検討内容について、令和2年2月に開催された第9回白山火山防災協議会の場において報告をしたところである。

現在、白山火山防災協議会において砂防部局での検討内容を踏まえ、平成27年6月に策定された噴火シナリオ、および白山火山防災計画の見直しを進めている。白山火山噴火緊急減災対策砂防計画については、協議会の見直しを踏まえ、策定することで調整している。

7. おわりに

白山は、富士山・立山とともに日本三霊山と呼ばれ、多くの登山愛好家が訪れる山である。火山活動により噴出した溶岩が急速に固まり出来た弥陀ヶ原などの地形、丸みをもった大汝峰や荒々しく鋭い印象の御前峰と剣ヶ峰などの地形の多様性、地表を覆う様々な種類の高山植物、麓には火山の恩恵による温泉が湧出するなど、登山者を魅了してやまない。

一方で、白山が噴火した際の影響範囲は複数の市村や県に及ぶことが想定され、被害が長期化・甚大化する。

白山の噴火時に緊急減災対策砂防を速やかに実施するためには、関係機関が平常時から「顔の見える関係」を構築に努め、各機関の役割分担を明確にし、関係機関全員が万全の体制で白山の噴火に備えることが、火山噴火の被害を最小限にとどめる鍵となる。

白山火山の防災対策については、火山防災協議会・砂防部局が連携し各々の計画づくりを進めているところであり、引き続き、「顔の見える関係」の中で火山防災対策に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 気象庁編 (2013) : 日本活火山総覧 (第4版) .
- 2) 田島靖久・他 (2005) : 白山火山の最近1万年間の噴火活動史. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, G017-P002.
- 3) 酒寄淳史・他 (2018) : 白山火山における1.9~2.4 cal kBP のマグマ噴火—岐阜県大倉山周辺に見られるテフラ層からの知見—. 石川県白山自然保護センター研究報告, 44, 1-10.
- 4) 気象庁 (2015) : 噴火警報と噴火警戒レベル パンフレット, 平成27年9月.
- 5) 白山火山防災協議会 (2015) : 火山防災対策を検討するための白山の噴火シナリオ (平成27年6月29日版) .
- 6) 白山火山防災協議会 (2015) : 白山火山防災計画 (平成27年6月29日) .
- 7) 国土交通省砂防部 (2007) : 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン, 平成19年4月.
- 8) 山元孝広 (2014) : 御嶽火山2014年9月27日噴火で発生した火砕流. 地質調査研究報告, 65, 117-127.
- 9) 酒寄淳史 (2014) : 白山火山東麓に分布する2200年前の火砕堆積物の特徴と生成機構. 日本火山学会2014年度秋季大会講演予稿集, 40.
- 10) 内閣府 (防災担当)、消防庁、国土交通省水管理・国土保全局砂防部、気象庁 (2013) : 火山防災マップ作成指針.
- 11) 国土交通省河川局砂防部 (2011) : 土砂災害防止法の一部改正について (平成23年5月施行) .
- 12) 国土交通省砂防部砂防計画課、国土技術政策総合研究所土砂災害研究部、国立開発研究法人土木研究所土砂管理研究グループ (2011, 2016 一部改訂) : 土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き (噴火による降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流対策編)
- 13) 平川泰之・他 (2002) : 三宅島の噴火後の二次泥流発生条件. 平成14年度砂防学会研究発表会概要集, 16-17.
- 14) 土木研究所 (2009) : 火山灰堆積調査法に関する共同研究報告書. 共同研究報告書, 第391号.
- 15) 下川悦郎・地頭蘭隆 (1991) : 大正3年桜島大噴火が火山周辺域の侵食災害に及ぼした影響. 自然災害西部地区部会報・論文集, 12, 73-80.
- 16) 富士山ハザードマップ検討委員会 (2004) : 富士山ハザードマップ検討委員会報告書.