

**草津白根山（本白根山）
火山噴火緊急減災対策砂防計画**

（計画編）

令和 3 年 3 月

国土交通省 関東地方整備局 利根川水系砂防事務所

計画の策定にあたって

草津白根山は、白根山（湯釜付近）、逢ノ峰、本白根山を含めた三山の総称です。本白根山・白根山（湯釜付近）は群馬県吾妻郡草津町・嬭恋村に位置する活火山であり、白根山（湯釜付近）では有史以降多くの噴火をくり返しています。

国土交通省利根川水系砂防事務所では、関係機関と協力しながら白根山（湯釜付近）における監視機器の設置・管理などの火山防災対策を進めるとともに、白根山（湯釜付近）の噴火による土砂災害を軽減することを目的として、平成27年3月に「草津白根山火山噴火緊急減災対策砂防計画」（以降、「白根山（湯釜付近）火山噴火緊急減災対策砂防計画」とする）を策定しました。

一方、平成30年1月23日の噴火では本白根山を火口とする噴火が発生し、死者1名、重傷3名、軽傷8名という被害が生じました。同計画においては、白根山（湯釜付近）のみを想定していたことから、利根川水系砂防事務所では「本白根山火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会」を設置し、「本白根山火山噴火緊急減災対策砂防計画」の策定に向けた検討を開始しました。

しかしながら、本白根山・白根山（湯釜付近）は近接する火山であり、対策を実施する範囲に重複が見られることなどから、想定する現象や規模、対策について両火山で整合を図る方針とし、「本白根山・白根山（湯釜付近）火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会」を設置し、「草津白根山（本白根山）火山噴火緊急減災対策砂防計画」と「草津白根山（白根山（湯釜付近））火山噴火緊急減災対策砂防計画」（改訂）を策定いたしました。

なお、上記のような理由から、本計画書においては各火山に関する事項と、2火山で共通する事項の記載があります。そこで、草津白根山全体（白根山（湯釜付近）、逢ノ峰、本白根山）を示す場合は「草津白根山」と標記し、本白根山・白根山（湯釜付近）を単体で示す場合はそれぞれ「本白根山」、「白根山（湯釜付近）」と標記することとしました。

内容

第1章 計画の基本理念	1
1.1 計画の目的	1
1.2 計画の位置づけ	2
1.3 計画の内容	3
1.4 計画の更新	4
第2章 想定される影響範囲と被害	5
2.1 噴火・土砂移動シナリオ	5
2.2 想定される影響範囲と被害	9
第3章 対策方針	15
3.1 緊急減災対策の基本的な考え方	15
3.2 本計画で対象とする噴火現象・規模	16
3.3 緊急減災対策の基本方針	18
3.4 対策の開始・中止のタイミング	21
3.5 対策可能期間	22
3.6 対策箇所	23
3.7 対策実施体制	24
第4章 ハード対策	25
4.1 ハード対策の実施方針	25
4.2 実施する工種・工法	33
4.3 施設配置計画	40
4.4 施工に要する時間	42
4.5 施工優先度	44
第5章 ソフト対策	45
5.1 ソフト対策の実施方針	45
5.2 火山監視機器等の整備	46
5.3 避難対策支援のための情報提供	52
5.4 観測情報の連続性を確保するための体制	54
第6章 緊急調査	55
6.1 実施方針	55
6.2 調査項目	57
6.3 調査実施体制と役割分担	58
第7章 平常時からの準備事項	60
7.1 緊急調査に関する準備事項	60
7.2 ハード対策に関する準備事項	62
7.3 緊急ソフト対策に関する準備事項	65
7.4 対策実行訓練等の実施	67

第1章 計画の基本理念

1.1 計画の目的

草津白根山（本白根山）火山噴火緊急減災対策砂防計画は、規模や発生時期の予測が難しい火山噴火に伴って発生する土砂災害に対して、ハード対策とソフト対策からなる緊急対策を迅速かつ効率的に実施し、被害をできる限り軽減（減災）することを目的とする。

<解説>

火山噴火は、噴石、降灰、火砕流、溶岩流、火山泥流、土石流、岩屑なだれなど多様で、かつそれらの規模が幅広いという特徴がある。そのため噴火災害は甚大な被害をもたらすことがあり、特に、大規模な火山泥流や降灰を原因として発生する土石流などは、広域かつ長期間に亘ることからその被害は顕著である。このため、火山砂防計画に基づき、基本対策を計画的に実施することが重要であるが、基本対策による施設の整備には長い期間と多大な費用を要する。

このため、いつどこで起こるか分からない火山噴火に備えた緊急的なハード対策とソフト対策からなる計画を策定し、これに基づき平常時からの準備を行い、噴火時の対応を迅速かつ効果的に実施し、被害をできる限り軽減するための火山噴火緊急減災対策砂防を実施することが重要である。

この計画は『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 国土交通省砂防部）』に則り、本白根山の噴火に伴い発生する土砂災害に対して、ハード対策とソフト対策からなる緊急対策を迅速かつ効果的に実施し、被害をできる限り軽減（減災）することにより、安心して安全な地域づくりに寄与することを目的に策定するものである。

1.2 計画の位置づけ

火山噴火時の防災対策は、関係省庁および地方公共団体により行われる総合的な対策であり、火山噴火緊急減災対策砂防は、火山活動の推移に対応して行われる各機関の防災対策と連携をとりつつ、土砂災害に対して適切な対策を行う。

<解説>

火山噴火時の防災対策は、火山活動状況の監視・観測と情報提供、住民避難や立入禁止等による人命の保護、社会資本や住宅等の被害の防止・軽減対策の実施等、関係機関が連携して実施するものである（図1）。

火山噴火時には、各関係機関において、火山災害による被害を出来る限り軽減（減災）するための様々な火山防災対策を実施するが、本計画は、その中で砂防部局が実施する対策をとりまとめた計画である。今後、本計画に基づき、平常時から行う準備事項については、順次、関係機関と調整を図りつつ進めるものであるが、草津白根山の火山防災は砂防部局の取り組みのみで為し得るものでなく、併せて各関係機関とともに草津白根山における火山防災力が高められていくことが重要である。

なお、噴火シナリオ、火山ハザードマップ、噴火警戒レベル、具体的な避難計画については、各火山防災協議会において協議される事項である。火山噴火緊急減災対策砂防の検討及び実施に際しては、これらの事項について火山防災協議会と連携を図る。

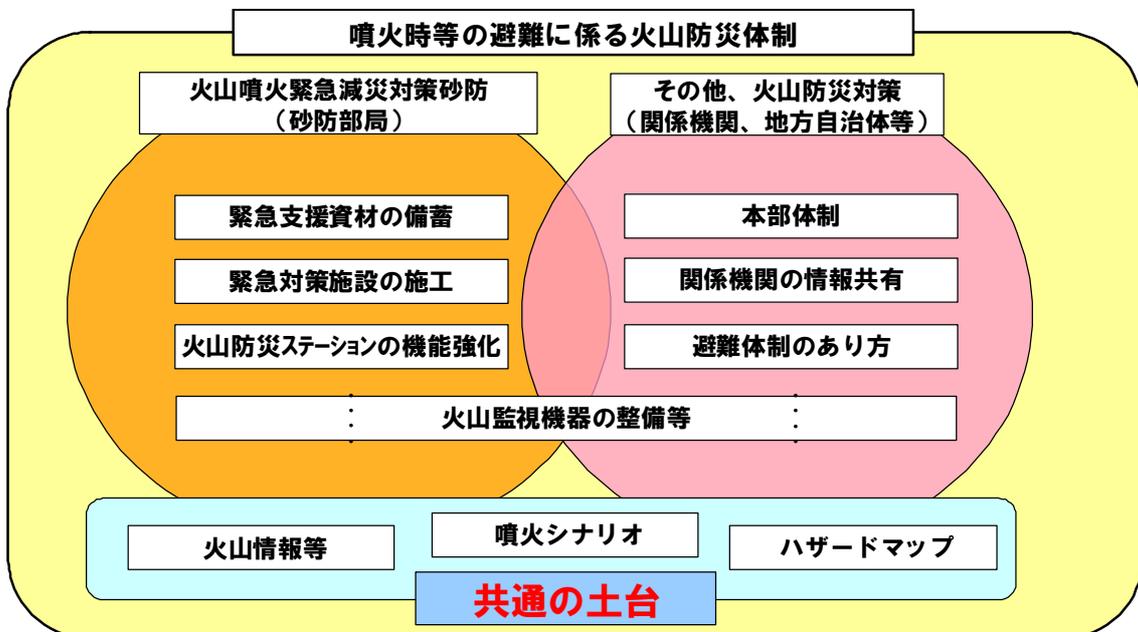


図1 緊急減災対策と火山防災対策の関係

1.3 計画の内容

火山噴火緊急減災対策砂防計画は、「平常時からの準備事項」と「緊急時に実施する対策」からなり、噴火シナリオと想定される被害、土地利用の状況など、火山活動および地域の特性を考慮して、緊急時に最大限の効果を発揮する内容とする。

<解説>

「平常時からの準備事項」とは、「緊急時に実施する対策」を迅速かつ効果的に実施して被害軽減の効果をより高めていくため、噴火の発生前からあらかじめ行っておく準備事項をいう。「緊急時に実施する対策」とは、火山活動が活発化し、被害が発生するおそれがあると判断された時点から噴火終息までの期間において、緊急的に実施する対策をいう。

草津白根山（本白根山）火山噴火緊急減災対策砂防の主な内容は、次のとおりである。

[平常時からの準備事項]

- ・基本対策の整備
- ・緊急支援資機材の備蓄
- ・光ケーブル網等の情報通信網の整備（平常時からの情報交換など）

[緊急時に実施する対策]

- ・緊急ハード対策施設の施工（除石、砂防堰堤・導流堤の施工 など）
- ・火山監視機器の緊急整備
- ・リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定
- ・緊急調査

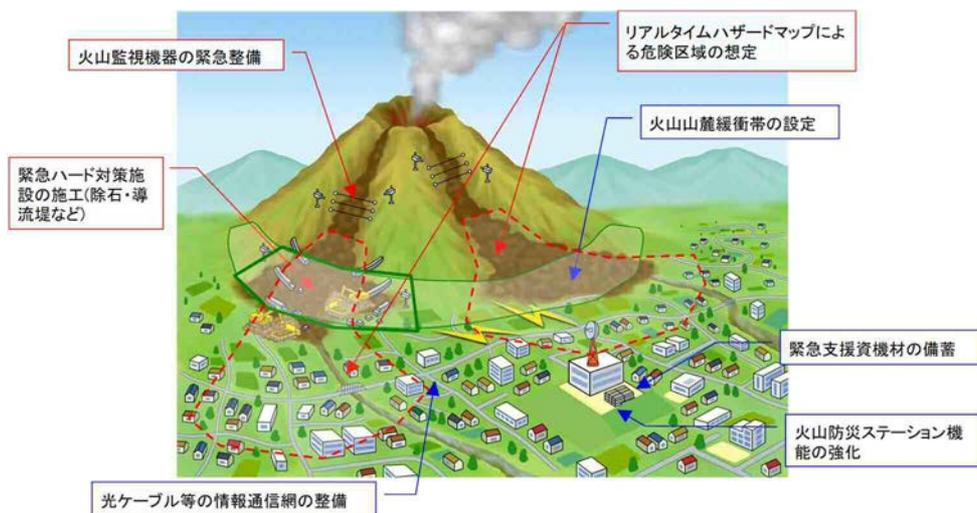


図 2 火山噴火緊急減災対策砂防のイメージ

出典：火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン

1.4 計画の更新

火山噴火緊急減災対策砂防計画は、計画策定時点の砂防施設の整備状況や、社会環境などの変化を踏まえるとともに、その実行性を向上させるため継続的な更新を行うものとする。

<解説>

本計画は、計画策定時点の砂防施設の整備状況や、社会環境などを踏まえて、可能な限り被害を軽減するために実施可能なハード・ソフト対策からなる緊急対策をとりまとめたものであるが、それらの条件は時間の経過と共に変化するものである。さらに、対象とする火山に関わらず、火山噴火が発生した場合は新たな知見の蓄積や、経験に基づく改善点などが見いだされる可能性がある。

また、火山噴火緊急減災対策砂防計画は、噴火時に対策が円滑かつ効果的に実施できるようにその実効性を高めることが重要である。実効性の向上には、施工計画等の詳細検討を行うとともに、ワーキンググループ等を通じた協議・調整や防災訓練等により緊急時の対応の確認や課題抽出など、PDCA サイクルによりスパイラルアップを図ることが望ましい。

以上を踏まえ、火山噴火緊急減災対策砂防計画は、計画の更新が必要と判断される変化が生じた場合は適宜更新を行い、継続的に実行性の向上を図るものとする。

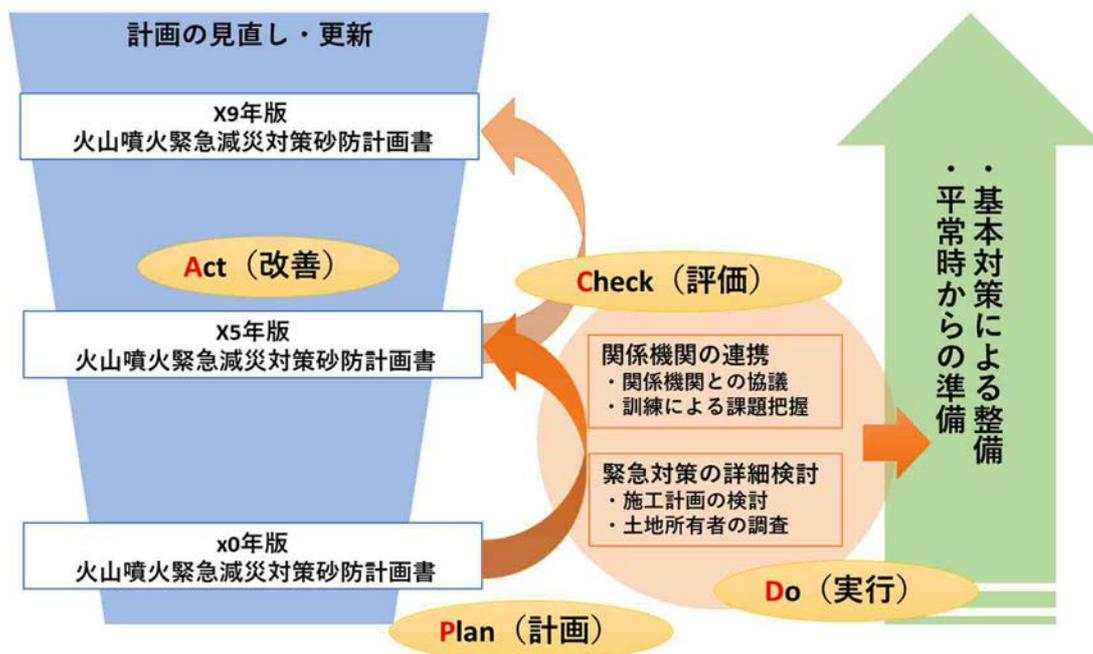


図 3 継続的な更新のイメージ

第2章 想定される影響範囲と被害

2.1 噴火・土砂移動シナリオ

気象庁の噴火シナリオは、対象火山において発生することが想定されている現象とその規模、およびそれらの推移を時系列にまとめたものであるが、本白根山においては作成されていない。

本白根山の噴火に伴う土砂移動現象は、火砕流、降灰後または火砕流後の土石流、溶岩流、積雪期の火砕流発生に起因する融雪型泥流が想定される。

<解説>

(1) 本白根山で想定される噴火様式と噴火現象

本白根山山頂火口周辺で発生した有史以降の噴火は、2018年に発生した小規模な水蒸気噴火のみである。一方、有史以前は本白根火砕丘の形成のほか、本白根山、逢ノ峰等で爆発的な噴火による火砕丘の形成と溶岩流の流下など噴出物量が1億 m³ オーダーのマグマ噴火が発生している。そこで、本白根山で想定する噴火様式は、水蒸気噴火とマグマ噴火の2種を設定する。

また、本白根山においては、気象庁により水蒸気噴火及びマグマ噴火による火砕流が想定されている。なお、ここで想定する水蒸気噴火による火砕流は、平成26年の御嶽山噴火に伴う火砕流のような低温火砕流（温度100～200℃）である。

表1 本白根山で想定される噴火様式と噴火現象

噴火様式	規模	噴火に伴う現象	警戒が必要な範囲	過去事例
水蒸気噴火	小噴火	大きな噴石、小さな噴石・降灰、空振	火口から概ね1 km 以内 (大きな噴石)	2018年噴火
	中噴火	大きな噴石、火砕流、小さな噴石・降灰、空振	火口から概ね2 km 以内 (大きな噴石) 居住地域近くまでの範囲 (火砕流)	有史以降の事例なし
マグマ噴火	大噴火	大きな噴石、降灰、溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流、小さな噴石・降灰、空振	火口から概ね3 km 以内 (大きな噴石) 火口から概ね7 km 以内 (溶岩流)	約3000年前 本白根火砕丘形成、石津溶岩等 有史以降の事例なし

出典：「草津白根山（本白根山）の噴火警戒レベル判定基準とその解説」, 気象庁, 2018

(2) 本白根山で想定される噴火・土砂移動シナリオ

本白根山においては過去の噴火実績が乏しく、噴火推移の推定が困難であるという理由から、本白根山の噴火シナリオは作成されていない状況である（令和3年3月現在）。したがって、火山活動の推移の時間（目安）については現時点では考慮しないものとする。

草津白根山

もとしらねさん
(本白根山)

の噴火警戒レベル

— 火山災害から身を守るために —

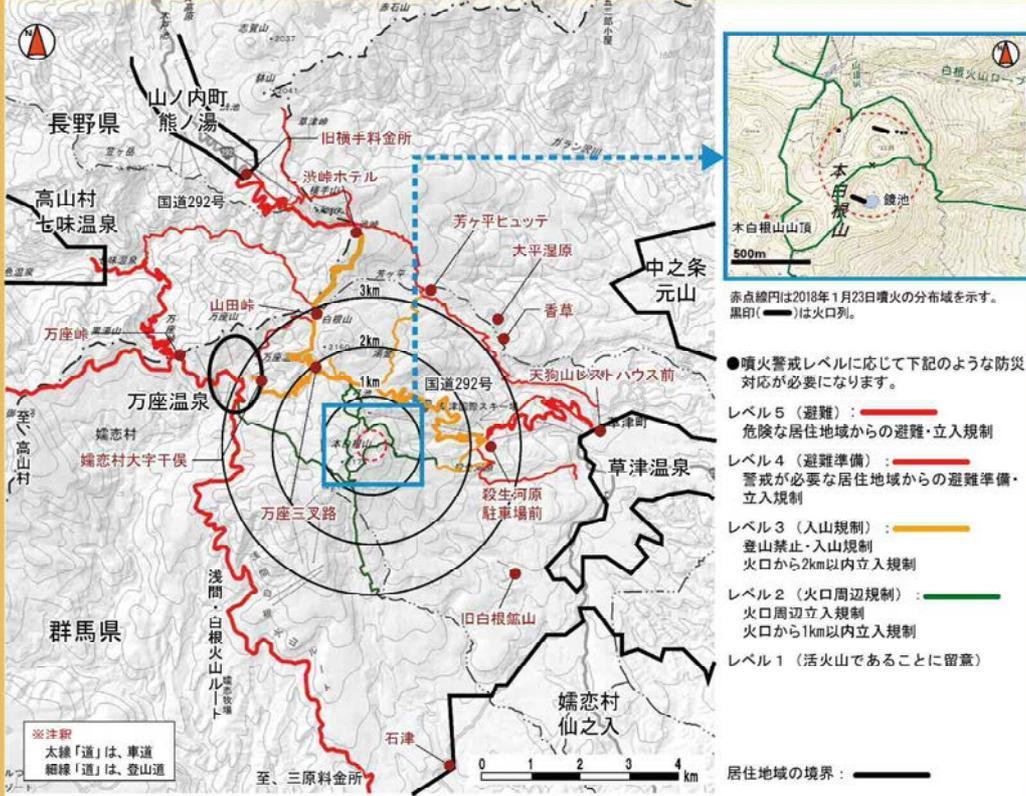
噴火警報等で発表する 噴火警戒レベル

- 噴火警戒レベルとは、噴火時などに危険な範囲や必要な防災対応を、レベル1から5の5段階に区分したものです。
- 各レベルには、火山の周辺住民、観光客、登山者等のもとのべき防災行動が一目で分かるキーワードを設定しています（レベル5は「避難」、レベル4は「避難準備」、レベル3は「入山規制」、レベル2は「火口周辺規制」、レベル1は「活火山であることに留意」）。
- 対象となる火山が噴火警戒レベルのどの段階にあるかは、噴火警報等でお伝えします。

草津白根山(本白根山) 白根火山ロープウェイ山麓駅から撮影



■ 草津白根山(本白根山) 噴火警戒レベルに対応した規制範囲



- 噴火警戒レベルに応じて下記のような防災対応が必要になります。
- レベル5（避難）：危険な居住地域からの避難・立入規制
- レベル4（避難準備）：警戒が必要な居住地域からの避難準備・立入規制
- レベル3（入山規制）：登山禁止・入山規制
火口から2km以内立入規制
- レベル2（火口周辺規制）：火口周辺立入規制
火口から1km以内立入規制
- レベル1（活火山であることに留意）

■ この図は噴火警戒レベルに対応した主な登山道・避難対象区域を示しています。
 ■ 登山道の規制については、主なものを表示しています。
 ■ 各レベルの具体的な規制範囲等については、地域防災計画などで定められていますので、各町村にお問い合わせください。

草津白根山(本白根山)の噴火警戒レベルは草津白根山防災協議協議会（草津町、嬭恋村、中之条町の地元自治体等）と調整して作成しました。



本冊子は、植物油インクを使用しています。



気象庁地震火山部火山監視課 火山監視・警報センター
 TEL : 03-6758-3900(内線 5189) <https://www.jma.go.jp/>
 ■ 前橋地方気象台 TEL:027-696-1220 <https://www.jma-net.go.jp/maebashi/>
 ■ 長野地方気象台 TEL:026-232-3773 <https://www.jma-net.go.jp/nagano/>

図 4 草津白根山（本白根山）におけるリーフレット（表面）
(気象庁 平成 30 年 3 月版)

草津白根山(本白根山)の噴火警戒レベル

予報 警報	対象 範囲	レベル (+7-F)	火山活動の状況	住民等の行動及び登山 者・入山者等への対応	想定される現象等
噴火警報	居住地域及びそれより火口側	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。	<ul style="list-style-type: none"> ●溶岩流が居住地域に到達、あるいは切迫している。 過去事例 有史以降の事例なし 約3,000年前：本白根山で噴火、溶岩流が南側へ約6kmの石津まで到達 ●火口から噴火が発生し、概ね3kmまで大きな噴石が飛散、あるいはそのような噴火が切迫している。 過去事例 有史以降の事例なし 約3,000年前：本白根火砕丘形成、殺生河原まで噴石飛散
		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(可能性が高まっている)。	警戒が必要な居住地域での避難の準備、要配慮者の避難等が必要。	<ul style="list-style-type: none"> ●噴火活動の高まり、有感地震多発や顕著な地殻変動等により、大きな噴石や溶岩流が居住地域まで到達するような噴火の発生が予想される。 過去事例 有史以降の事例なし
火口周辺警報	火口から居住地域近くまで	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。	住民は通常の生活。状況に応じて要配慮者の避難準備等。登山禁止・入山規制等危険な地域への立入規制等。	<ul style="list-style-type: none"> ●火口から概ね2kmまで大きな噴石が飛散する、あるいは居住地域近くまで火砕流が到達するような噴火の発生またはその可能性。 過去事例 有史以降の事例なし
	火口周辺	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。	住民は通常の生活。火口周辺への立入規制等。	<ul style="list-style-type: none"> ●火口から概ね1kmまで大きな噴石が飛散する噴火の可能性。 過去事例 有史以降の事例なし ●火口から概ね1kmまで大きな噴石が飛散する噴火の発生。 過去事例 2018年1月23日：噴火により火口から約1kmの範囲に噴石飛散
噴火予報	火口内等	1 (ここに留意)	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)。	状況に応じて火口内への立入規制等。	<ul style="list-style-type: none"> ●火山活動は静穏。

注1) ここでいう「火口」とは、2018年1月23日に発生した噴火の火口が分布する領域をいい、表中の距離はこの領域の中心からの距離で表現している。

注2) ここでいう「大きな噴石」とは、主として風の影響を受けずに弾道を描いて飛散するものとする。

※このレベルは地元市町村等と協議して作成したものです。各レベルにおける具体的な規制範囲等については地域防災計画等で定められています。

■最新の噴火警戒レベルは気象庁HPでもご覧いただけます。

<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>

図5 草津白根山(本白根山)におけるリーフレット(裏面)

(気象庁 平成30年3月版)

2.2 想定される影響範囲と被害

気象庁作成の噴火シナリオおよび本計画で作成した噴火・土砂移動シナリオにおいて想定される各現象の影響範囲と被害を把握する。

<解説>

数値シミュレーション等により把握した想定される各現象の影響範囲を以降に示す。

(1) 想定火口範囲

本計画で想定する火口範囲は、本白根山の山頂周辺における全ての火口跡を網羅する範囲とする。

本計画で想定する火口範囲は、本白根山の山頂周辺における全ての火口跡を網羅する範囲とする（図 6）。

なお、気象庁による本白根山の想定火口は、平成 30（2018）年の噴火で確認された噴火口分布を基に想定されていることから、本計画の想定は気象庁の想定と異なることに留意する。

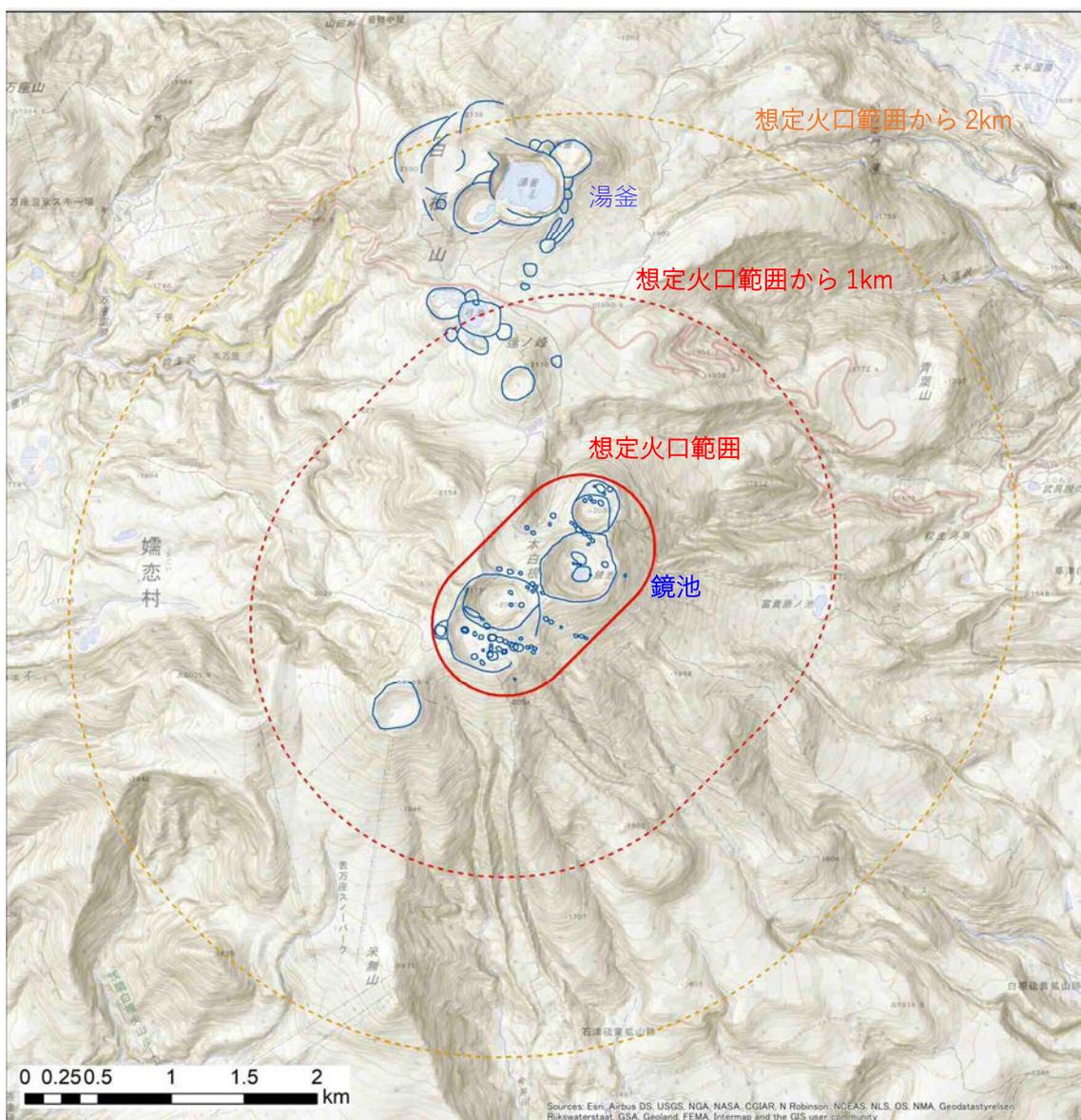


図 6 本計画で想定する火口位置および火口範囲

(2) 想定される土砂移動現象の規模

本白根山において想定される土砂移動現象と規模を表 2、表 3 に示す。本白根山における噴火に伴う土砂移動現象の規模は、本白根山における噴火実績、白根山（湯釜付近）における噴火実績を基本とし、実績がない現象については他火山の実績等を基に設定したものである。

表 2 水蒸気噴火に伴う土砂移動現象の想定規模

現象	規模	規模の設定根拠
降灰	250万m ³	白根山（湯釜付近）における1939年噴火の実績規模
(低温型) 火砕流	27万m ³	浅間山における中規模火砕流の想定規模

表 3 マグマ噴火に伴う土砂移動現象の想定規模

現象	規模	規模の設定根拠
降灰	4500万m ³	本白根山における第3噴火期の最大規模
火砕流	1000万m ³	本白根山における第3噴火期の最大規模の降灰の1/4が、火砕流として流下した場合
	2000万m ³	本白根山における第3噴火期の最大規模の降灰の1/2が、火砕流として流下した場合
融雪型火山泥流	火砕流 1000万m ³	1.0mの積雪条件において、想定規模の火砕流が発生 (気象庁草津観測所における1990～2017年の年最大積雪深の平均99.8cm)
	火砕流 2000万m ³	
溶岩流	1億m ³	本白根山における第3噴火期における溶岩流の実績規模

(3) 水蒸気噴火で想定される土砂移動現象の影響範囲

① 降灰（火山灰量）

白根山（湯釜付近）における 1939 年噴火の実績規模である降灰量 250 万 m³ を想定し、火山灰粒子の挙動を風による移流と粒子の拡散で表現したシミュレーションモデル

「Tephra2」を用いて降灰の影響範囲を評価した。評価に当たっては過去 30 年分の月別の平均風を使用した場合と、過去 3 か年分の毎日（9 時、21 時）の風向風速を使用した場合の 2 ケースを採用した。なお、毎日の風向風速を使用した計算結果については、その計算結果を重ね合わせ、地形メッシュごとに任意の厚さ以上の降灰が何回堆積するのかを集計した降灰頻度マップを作成し、降灰範囲を評価した。

月別平均風を使用した場合では、降灰 1cm 以上の範囲が群馬県方向に約 20km 程度の距離まで到達している。毎日の風向風速を基に評価した場合は、長野県側にも降灰が飛散し、草津温泉及び万座温泉において、降灰による人命や建造物に対する直接的な被害が生じる可能性が示唆された（降灰厚 30cm で木造家屋が損壊するとされる）。

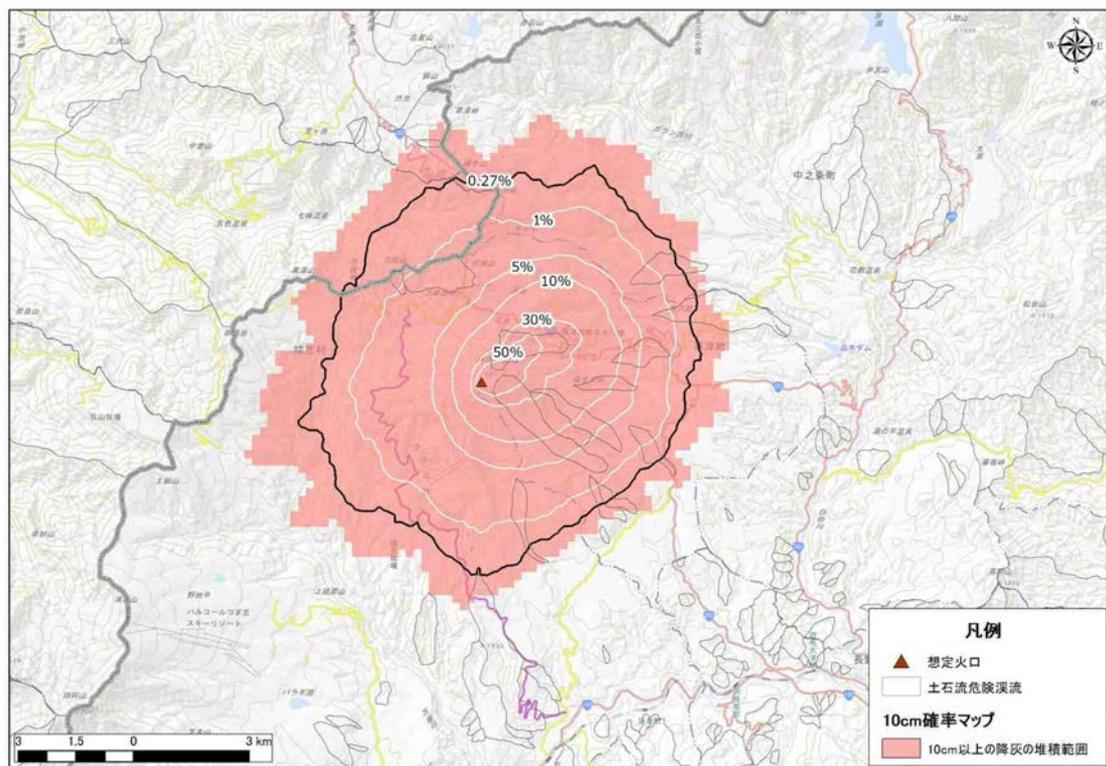


図 7 降灰範囲（降灰頻度マップ）

（1年に1回以上の風により、降灰が10cm以上堆積すると想定される範囲）

② (低温型) 火砕流

本白根山及び白根山(湯釜付近)においては、水蒸気噴火により火砕流が発生した実績はない。そのため、水蒸気噴火における火砕流は、浅間山の中規模噴火規模である27万 m^3 と仮定し、噴煙柱の崩落により発生する火砕流を想定した。

本白根山の噴火による火砕流(27万 m^3)では、草津温泉までは到達しない。一方で、西側では火口の形成される位置にもよるが、万座温泉近傍まで火砕流本体が到達する可能性が示唆された。

③ 降灰後・火砕流後の土石流

降灰シミュレーションにより、1年に1回以上の風により降灰が10cm以上堆積すると想定される範囲内の土石流危険渓流を対象として、数値シミュレーションにより土石流の影響範囲を把握した。

(4) マグマ噴火で想定される土砂移動現象の影響範囲

① 火砕流

白根山（湯釜付近）における第3噴火期の最大規模の降灰（4,500万 m^3 ）のうち、1/4（1,000万 m^3 ）～1/2（2,000万 m^3 ）が火砕流として流下した場合を想定規模とし、数値シミュレーションによりその流下範囲を把握した。

火砕流による影響範囲は、想定火口範囲を8方位で分割し、それぞれの端部と谷地形を考慮して計算開始点とした10ケースの数値シミュレーションの結果を重ね合わせ、最大となる影響範囲とした。いずれの規模においても、万座温泉は火砕流本体が到達しており、草津温泉は火砕流が河道内を流下しているなどから本体の到達は見られない。しかしながら、火砕流シミュレーションは火砕流本体を対象としているが、実現象では熱砂等を含む火砕サージが本体よりも広域に影響を及ぼすことに留意が必要である。

② 融雪型火山泥流

前述の噴出量1000万 m^3 の火砕流を熱源として発生する融雪型火山泥流を想定した。積雪深は、気象庁草津観測地点における年最大積雪深の平均値（1.0m）とし、熱収支計算を行い火砕流到達範囲の融雪水量を算出した。融雪型火山泥流の流下範囲は、保全対象の上流の谷出口等を計算開始点として、数値シミュレーションを行い把握した。

③ 溶岩流

草津白根山において、第3噴火期に流出した溶岩流のうち、最大規模である約3,000年前の殺生溶岩の噴出量1億 m^3 （早川1983）を想定規模とする。4箇所の噴火想定位置を設定して個別の数値シミュレーションによりその影響範囲を把握し、その結果を包含する範囲を示したものである。

第3章 対策方針

3.1 緊急減災対策の基本的な考え方

- ・ 草津白根山における緊急減災対策は、基本対策と緊急対策を組み合わせ、火山噴火に伴う土砂災害対策を実施する計画である。
- ・ 平常時には基本対策による施設整備及び緊急対策を実施するための準備（資材の備蓄や用地確保等）を行い、緊急時には緊急対策を実施する。
- ・ 砂防施設の整備途中段階において噴火した場合に備え、現時点で利用可能な備蓄資機材・道路・用地等を勘案し、緊急時に暫定的に整備する施設も検討する。

<解説>

活火山地域における土砂災害対策（砂防）には、以下のような計画がある。降雨による土砂災害対策は、噴火の発生にかかわらず砂防施設の整備などを実施している。

草津白根山における緊急減災対策は、基本対策と緊急対策を組み合わせ対応するものとする。基本対策は、平常時（火山噴火が発生していない状況）から計画的な砂防施設整備を実施するものである。緊急対策は、平常時には緊急対策を実施するための準備（資材の備蓄や用地確保等）を行い、緊急時（火山噴火発生時）には緊急対策を実施する。

また、砂防施設整備の整備途中段階において噴火した場合に備え、現時点で利用可能な備蓄資機材・道路・用地等を勘案し、緊急時に暫定的に整備する施設も検討する。

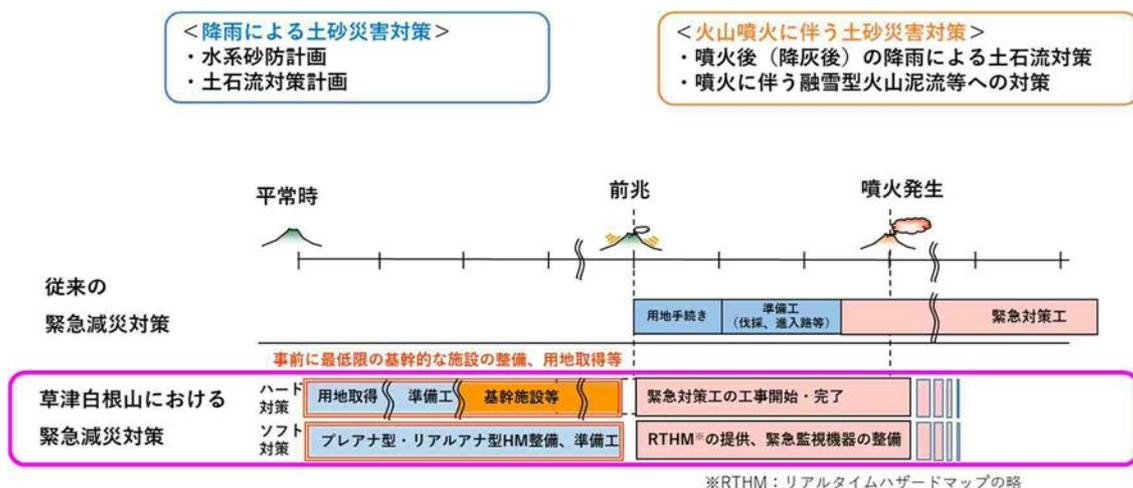


図 8 草津白根山における緊急減災対策

3.2 本計画で対象とする噴火現象・規模

本計画のハード対策で対象とする現象は、「降灰後及び火砕流後の土石流」および「融雪型火山泥流」とする。

緊急ソフト対策では原則としてすべての土砂移動現象・規模を対象とする。

<解説>

火山噴火緊急減災対策砂防計画では、原則として地表を流下する土砂移動現象を対象とする。本計画は緊急時の火山砂防計画であることから、ハード対策で対応する対象として「降灰後及び火砕流後の土石流」（以下、「降灰後等の土石流」とする）と「融雪型火山泥流」を設定する。

また、ソフト対策では原則としてすべての土砂移動現象を対象とするが、発生検知や影響範囲の予測・周知などは関係機関と連携して実施する。

なお、マグマ噴火等の大規模な噴火時における融雪型火山泥流、降灰後及び火砕流後の土石流は規模が特に大きく、ハード対策による対応が困難であることから、ソフト対策の対象とする。融雪型火山泥流に対するハード対策の整備目標は、火砕流 27 万 m³、積雪深 1.5m で発生する融雪型火山泥流とする。

表 4 水蒸気噴火に伴う土砂移動現象の対象規模

現象	規模	規模の設定根拠
降灰	250万m ³	白根山（湯釜付近）における1939年噴火の実績規模
（低温型）火砕流	27万m ³	浅間山における中規模火砕流の想定規模

表 5 マグマ噴火に伴う土砂移動現象の対象規模

現象	規模	規模の設定根拠
降灰	4500万m ³	本白根山における第3噴火期の最大規模
火砕流	1000万m ³	本白根山における第3噴火期の最大規模の降灰の1/4が、火砕流として流下した場合
	2000万m ³	本白根山における第3噴火期の最大規模の降灰の1/2が、火砕流として流下した場合
融雪型火山泥流	火砕流 1000万m ³	1.0mの積雪条件において、想定規模の火砕流が発生 (気象庁草津観測所における1990～2017年の年最大積雪深の平均99.8cm)
	火砕流 2000万m ³	
火口湖決壊型火山泥流	640万m ³	湯釜の水量＋火口壁が幅100mで火口底まで崩壊した土砂量＋融雪水量(平均積雪深1.8m)
溶岩流	1億m ³	本白根山における第3噴火期における溶岩流の実績規模

表 6 現象毎の対策方針

現象	特徴	ハード対策	ソフト対策
噴石	<ul style="list-style-type: none"> ・ 火口周囲に弾道で飛散する ・ 破壊力が大きく人命に被害 	影響が広範囲に及ぶこと、また砂防施設による減災が困難であることから、ハード対策の対象としない。	草津白根山では複数の監視カメラが設置されていることから、監視カメラにより可能な範囲で監視する。
降灰	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上空から風によって広範囲に飛散 ・ 直接人命に被害をおよぼさないが、土石流発生誘因となる 	降灰自体が直接土砂災害に繋がる可能性は低いため、ハード対策の対象としない。	降灰範囲および堆積厚の情報を収集し、降灰後の土石流の発生・渓流を予測する。降灰の分布状況の情報を関係機関で共有する。
降灰後等の土石流	<ul style="list-style-type: none"> ・ 火山灰や火砕流が堆積した地域では、少量の降雨でも発生する ・ 噴火終了後も数年間は継続して発生する 	降灰分布や火砕流の堆積範囲、降雨予測などから規模や発生位置を推定することができ、構造物による減災は可能であるためハード対策の対象とする。	降灰範囲や火砕流の堆積範囲、降雨状況により発生・渓流、時期を予測する。センサーなどによる降灰後の降灰後の土石流の発生検知を行う。
溶岩流	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流下速度が遅い（数 km/h 程度） ・ 規模が大きい ・ 高熱（1000℃以上）であり層厚が厚い 	小規模の溶岩については流向制御の可能性はあるが、規模の大きい溶岩流の制御は非常に困難であることから、ハード対策の対象としない。	カメラ等既存観測施設を活用し、可能な範囲で監視を行う。
火砕流	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流下速度が非常に速い（100km/h 以上） ・ 高温（通常 400℃以上）であり生命・財産に甚大な被害を及ぼす 	規模が大きく流下速度も速い高温の流れで、効果的なハード対策がないことからハード対策の対象としない。	カメラ等既存観測施設を活用し、可能な範囲で監視・観測を行う。
火砕サージ	火山灰と空気が混ざった高温の気体で、火砕流の周辺で発生するほか、水蒸気噴火でも突発的に発生する危険性がある	気体を多く含む希薄な流れで構造物による対応が困難であることから、ハード対策の対象としない。	
融雪型火山泥流	<ul style="list-style-type: none"> ・ 積雪期のみ火砕流に起因して発生 ・ 流下速度が速い（30km/h 程度） ・ 規模（総量、ピーク流量）が大きい ・ 谷沿いや川筋を流下する 	構造物による減災は可能であることから、ハード対策の対象とする。ただし、流下速度が早く、規模も大きく構造物による対策効果が発揮されにくいいため、ハード対策が可能な規模を対象とする。	積雪に関する情報を収集し、監視や観測により発生検知及び影響範囲の予測を行う。

3.3 緊急減災対策の基本方針

降灰後及び火砕流後の土石流に対して、平常時から基本対策を実施する。融雪型火山泥流に対しては、平常時における基本対策と噴火時における緊急対策を実施する。さらに、施設の整備途中段階において噴火した場合に備え、利用可能な備蓄資機材・道路・用地等を勘察し、緊急時に整備する暫定的な施設（暫定緊急施設）も検討する。

<解説>

降灰後等の土石流に対しては、基本対策を実施する。融雪型火山泥流に対しては、平常時における基本対策を実施するとともに、噴火時における緊急対策を実施して対応する。

基本対策は、ハード対策として平常時からの砂防施設の整備を進め、ソフト対策として既存監視機器の活用や計画的な機器整備および情報共有等などを行う。

緊急対策は、基本対策施設を整備途中の段階において噴火が切迫あるいは発生した場合に実施する。緊急ハード対策として既存施設の除石や仮設堤の施工等を、緊急ソフト対策として監視機器の緊急整備、土砂災害防止法に基づく緊急調査およびリアルタイムハザードマップの作成等を行う。

平常時には基本対策の整備及び緊急対策を実施するための準備（資材の備蓄や用地確保等）を行い、緊急時には緊急対策を実施する。

基本／緊急	内容	具体的な内容	
基本対策	計画的な砂防施設の整備	砂防堰堤工 掘削工	← 降灰後等の土石流対策
緊急対策	平常時からの準備	資機材備蓄 用地取得 工事用道路 等	← 融雪型火山泥流対策
	噴火時における緊急ハード対策	砂防堰堤工 導流堤工 掘削工	← 融雪型火山泥流対策

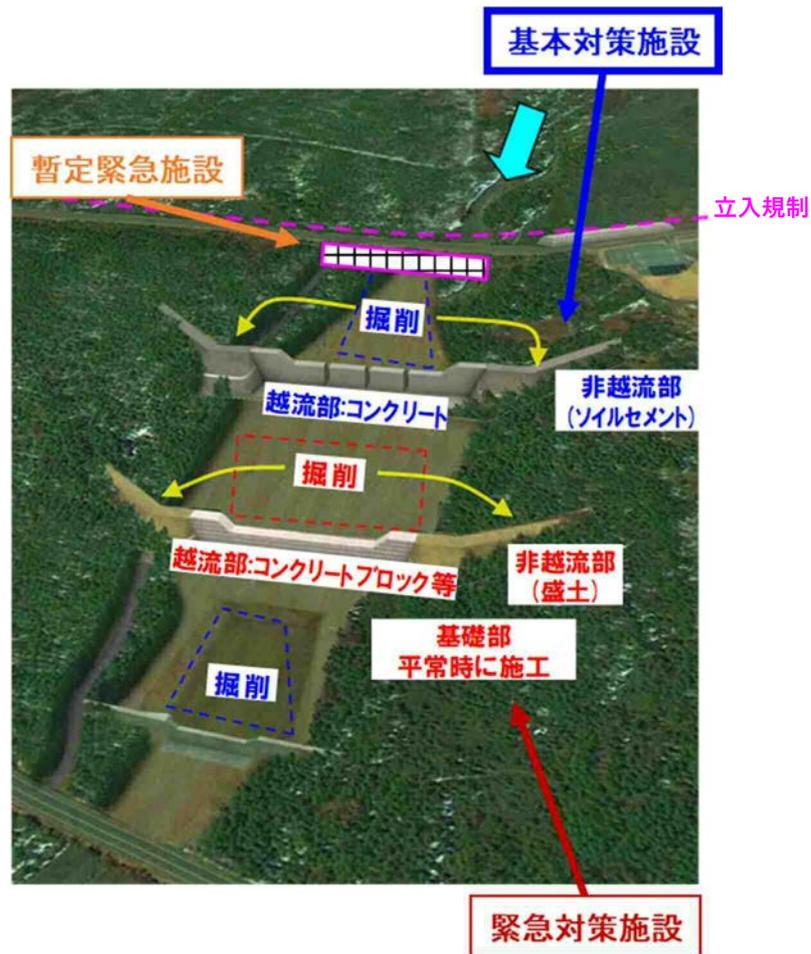
図 9 基本対策と緊急対策の位置づけ（イメージ）

(1) 基本対策の方針

- ・ 平常時より、降灰後の土石流及び火砕流後の土石流に対し、保全対象の上流において計画対象規模の土石流を捕捉するための施設（基本対策施設）を整備する。
- ・ 既存施設及び新規施設の機能を維持する。
- ・ 火山噴火に伴う土砂移動現象に対して、工事従事者の安全確保及び観光客・住民の警戒避難支援のための機器整備等を行う。

平常時より、降灰後等の土石流に対し、保全対象の上流において計画対象規模の土石流を捕捉するための施設（基本対策施設）を整備する。

なお、事業の整備途中段階において噴火した場合に備え、利用可能な備蓄資機材・道路・用地等を勘案し、緊急時に整備する暫定的な施設（暫定緊急施設）も検討する。



(2) 緊急対策の方針

- ・ 緊急時に、融雪型火山泥流に対し、保全対象の上流において土砂を捕捉または安全に下流に導流するための施設（緊急対策施設）を整備する。
- ・ 平常時より、緊急対策の実施に必要な資機材等の準備や用地等の調整、施工時間短縮のための対策（基礎部の施工等）を実施する。
- ・ 既存施設の機能向上や機能回復を図るとともに、それらの機能を維持する。
- ・ 火山噴火に伴う土砂移動現象に対して、工事従事者の安全確保及び観光客・住民の警戒避難支援のための情報収集及び提供を行う。

砂防部局として、基本対策完了前に噴火が切迫あるいは発生した際に、各機関の提供する火山観測情報等を参考にしつつ、ハード/ソフトからなる緊急対策を可能な限り実施する。また、効果的な緊急対策を実施するために必要な事項については、平常時から準備を進める。

【緊急ハード対策】

- ・ 保全対象に対する有害な土砂・流木の捕捉（遊砂地の施工や既存施設の除石）と下流への安全な導流を基本として、安全かつ地形的に効率的な箇所で行うこととする。ただし噴火警戒レベルが上がって対策実施箇所が立入規制区域になった時や、降雨により土石流の発生が予測される時には対策工事を実施しない。
- ・ また、緊急ハード対策の実施可能期間はあくまで目安程度であるため、まず既存施設の除石を行い、その後嵩上げや新規に施設配置を行うなど、段階的に対策をすすめ、対策期間が確保できなくても一定の効果を確保するよう計画する。

【緊急ソフト対策】

- ・ 緊急ハード対策の工事従事者の安全確保と自治体の避難対策支援を主な目的として、土砂移動現象の監視および監視情報伝達と、火山活動状況に応じた影響範囲の予測を行う。
- ・ 監視にあたっては、地元自治体と協力して情報収集に努める。また影響範囲の予測結果を情報共有することにより、住民の避難路の確保にも役立てる。

3.4 対策の開始・中止のタイミング

緊急対策開始と中止の判断は、噴火警戒レベルの発表や、火山噴火の前兆現象の観測情報を総合的に勘案して判断する。

<解説>

本白根山における緊急対策の開始と中止のタイミングは、気象庁が発表する噴火警戒レベルおよび火山活動の状況等を総合的に勘案して判断する。

噴火警戒レベルを判断基準とする場合は、以下のような対応を基本とする。なお、対策再開のタイミングは対策実施箇所が安全上実施可能になった時点とする。

- ・ レベル2（火口周辺規制）では、緊急対策に係る資機材の確認等の準備を開始する。
- ・ レベル3（入山規制）で、緊急ハード、緊急ソフト対策を開始する。
- ・ レベル4（避難準備）で、立入規制区域及び危険が想定される区域内での施工を中止する。

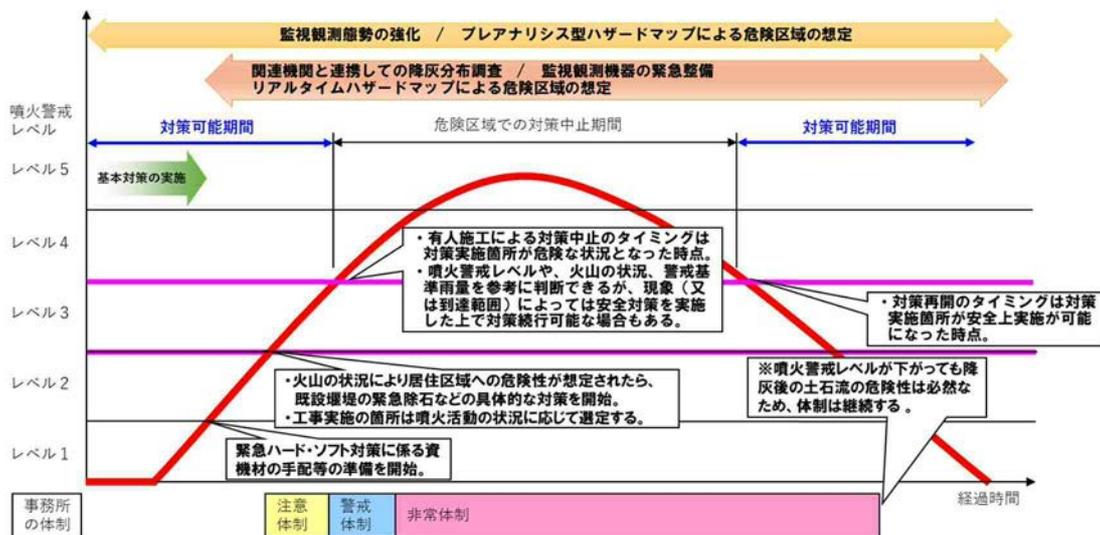


図 10 噴火警戒レベルを目安として緊急対策を実施するイメージ

3.5 対策可能期間

対策可能期間（時間的余裕）の想定は行わず、対策可能期間を複数ケース設定して緊急対策を計画する。また平常時からの基本対策および緊急対策実施に向けた準備を進めることで対策可能期間が僅かな場合でも、減災効果を発揮できるよう備える。

<解説>

本白根山では、計画で対象とする土砂移動現象の時間的推移の推定に資するような噴火の観測記録がないため、対策可能期間の想定は困難である。また、平成26年の口永良部島の噴火では、火山活動が急激に活発化したため、対策可能な期間がほとんどなかった状況もある。

そこで、対策可能期間を複数ケース設定し、1週間でできる対策などから検討するとともに、対策が途中で打ち切られても一定の効果が確保できるような対応を行う。また平常時からの基本対策および緊急対策実施に向けた準備を進めることで対策可能期間が僅かな場合でも、減災効果を発揮できるよう備える。

【※例】

第1段階：1週間程度で施工可能な対策

第2段階：数か月かかる対策

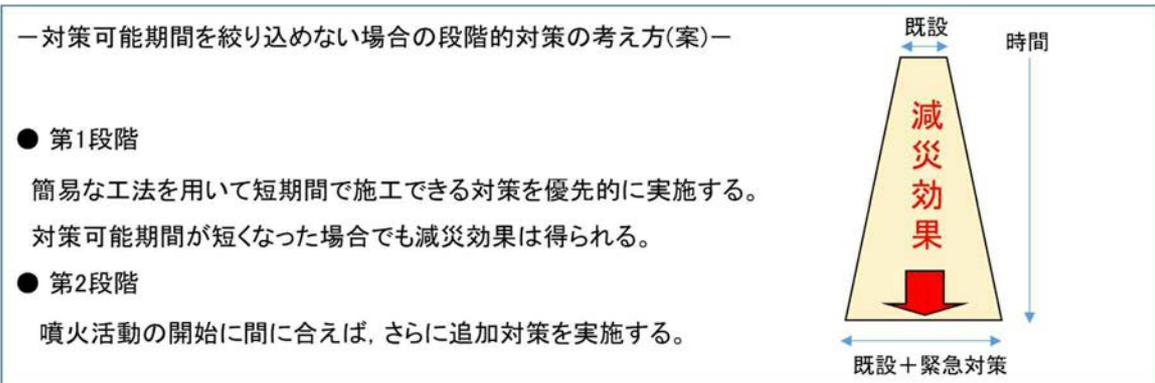


図 11 段階的施工の考え方

3.6 対策箇所

保全対象の位置、地形条件、現象の影響範囲、噴火警戒レベルによる立ち入り規制範囲等を考慮し、効果的な対策が実施可能な箇所を抽出する。

<解説>

対策箇所の抽出にあたっては、想定する現象の影響範囲、立入規制範囲、保全対象の位置などから、以下の条件に当てはまる対策可能箇所を抽出する。

【対策箇所の条件】

- 降灰後等の土石流、融雪型火山泥流の影響範囲内
- 保全対象より上流
- 噴火警戒レベル3における立ち入り規制区域である想定火口位置から3km以遠。
- 国立公園などの法規制、指定地、用地などの制限がないことが望ましい
- 用地が確保でき、工事用の重機が進入可能

なお、対策箇所のうち以下の条件に当てはまる箇所は、優先的に対策を検討する。

- 防災拠点施設など重要な保全対象が存在する箇所
- 既存砂防施設が存在する箇所
- 勾配変化点、狭窄部、平坦部など地形的に効果的な対策が実施可能な箇所
- 工事に利用できる道路が存在するあるいは敷設が容易である

3.7 対策実施体制

噴火災害に動員できる人員、調達可能な資機材あるいは資機材の備蓄状況等を踏まえ、緊急減災対策を実施する際の体制を整える。

<解説>

噴火発生時には危機管理計画に従って実施体制を定める。実施体制については随時更新する。

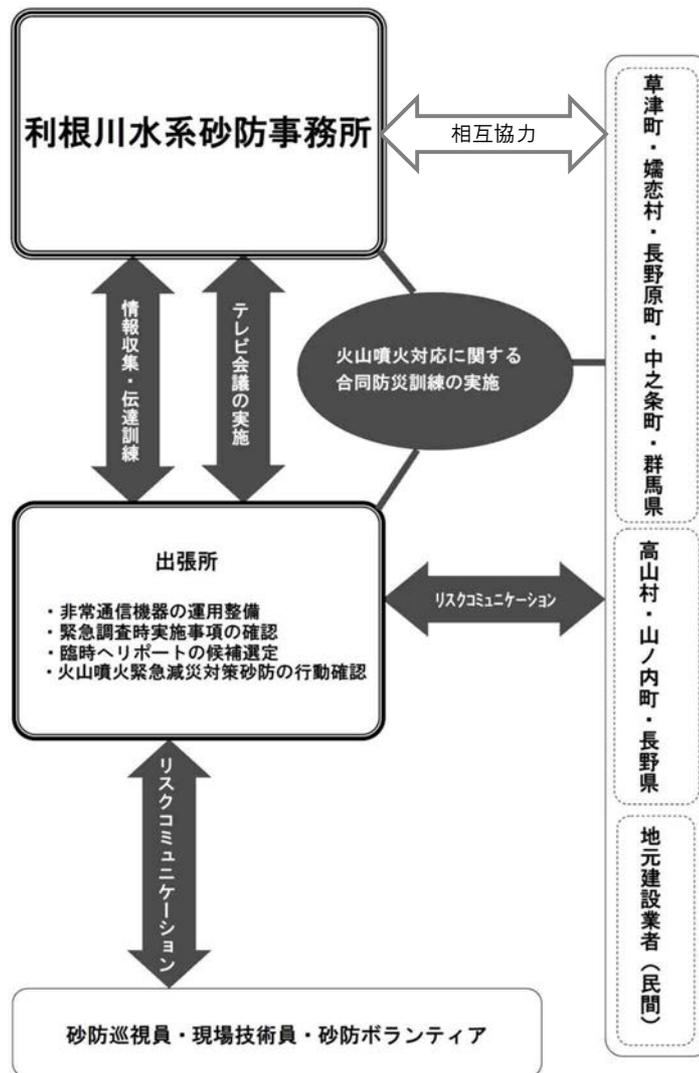


図 12 対策実施体制

第4章 ハード対策

4.1 ハード対策の実施方針

降灰後及び火砕流後の土石流および融雪型火山泥流を対象に、保全対象の上流において土石流を捕捉するための施設（基本対策施設）を整備する。マグマ噴火の火砕流に伴い発生する融雪型火山泥流を対象として、保全対象の上流において土砂を捕捉または安全に下流に導流するための施設（緊急対策施設）を整備する。

<解説>

■基本ハード対策の方針

- ・ 平常時より、100年超過確率降雨により発生する降灰後の土石流及び火砕流後の土石流を対象として、保全対象の上流において土石流を捕捉するための施設（基本対策施設）を整備する。
- ・ 対象溪流の一部では流水が pH2 程度の強酸性を示し、火山性のガスも認められるため、腐食対策などの酸性対策を講じる。
- ・ 対象溪流の一部では火山性のガス（硫化水素）が発生しており、窪地等に滞留して人体への許容基準値を超える場合があるため工事安全管理において留意する。

■緊急ハード対策の方針

- ・ 緊急時に、マグマ噴火の火砕流に伴い発生する融雪型火山泥流を対象として、保全対象の上流において土砂を捕捉または安全に下流に導流するための施設（緊急対策施設）を整備する。
- ・ 土砂処理方針（捕捉・導流）及び工種・工法は、保全対象上流の既設施設の有無、地形条件、アクセス性などを考慮して個別に設定・選定する。
- ・ 既存施設がある場合は、嵩上げによる機能向上あるいは除石等による機能回復を図るとともに、捕捉容量の維持を図る。
- ・ 緊急対策であることを鑑み、簡易かつ作業効率の高い施工方法を採用する。
- ・ 緊急時の負荷を軽減させるために、平常時から緊急対策施設の一部（基礎部等）を整備する。
- ・ 基本ハード対策と同様に、腐食対策などの酸性対策を講じる。
- ・ 基本ハード対策と同様に、工事安全管理において火山性のガスの滞留に留意する。
- ・ 緊急ハード対策の対策可能期間は1週間～3ヶ月程度を想定して検討する。
- ・ 火山噴火に伴う土砂移動現象に対して、工事中の安全対策を講じる。

(1) ハード対策の対象箇所

<降灰後の土石流>

- ・ 降灰堆積厚が 10cm 以上となる頻度が 0.27%以上の範囲にある土石流危険渓流

<融雪型火山泥流>

- ・ 火砕流 (27 万 m³) の想定流下範囲に源頭部を有する溪流

① 降灰後土石流の対象箇所

草津白根山では、他火山での事例を参考に降灰堆積厚 10cm 以上で降灰後の土石流が発生すると想定し、降灰の数値シミュレーションにより、降灰堆積厚が 10cm 以上となる降灰頻度が 0.27% (1/365) 以上の範囲にある土石流危険渓流を対象とする。これは、一年間毎日噴火が発生した場合に 1 日でも降灰が 10cm 以上堆積する恐れのある範囲と同義である。

上記に基づき、16 溪流 (万座川 1、万座川 2、泉水沢、白根沢、巖洞沢 1、巖洞沢 2、巖洞沢 3、熊倉沢、母狸沢、谷川沢、松川、遅沢、中原沢、堂沢、仙ノ入沢、空沢) を対象とする。ただし、土石流区域調書ならびにシミュレーションを実施して溪流毎の保全対象を把握し、保全対象 (人家等) がないと判断される場合は、ハード対策は計画しないものとする。

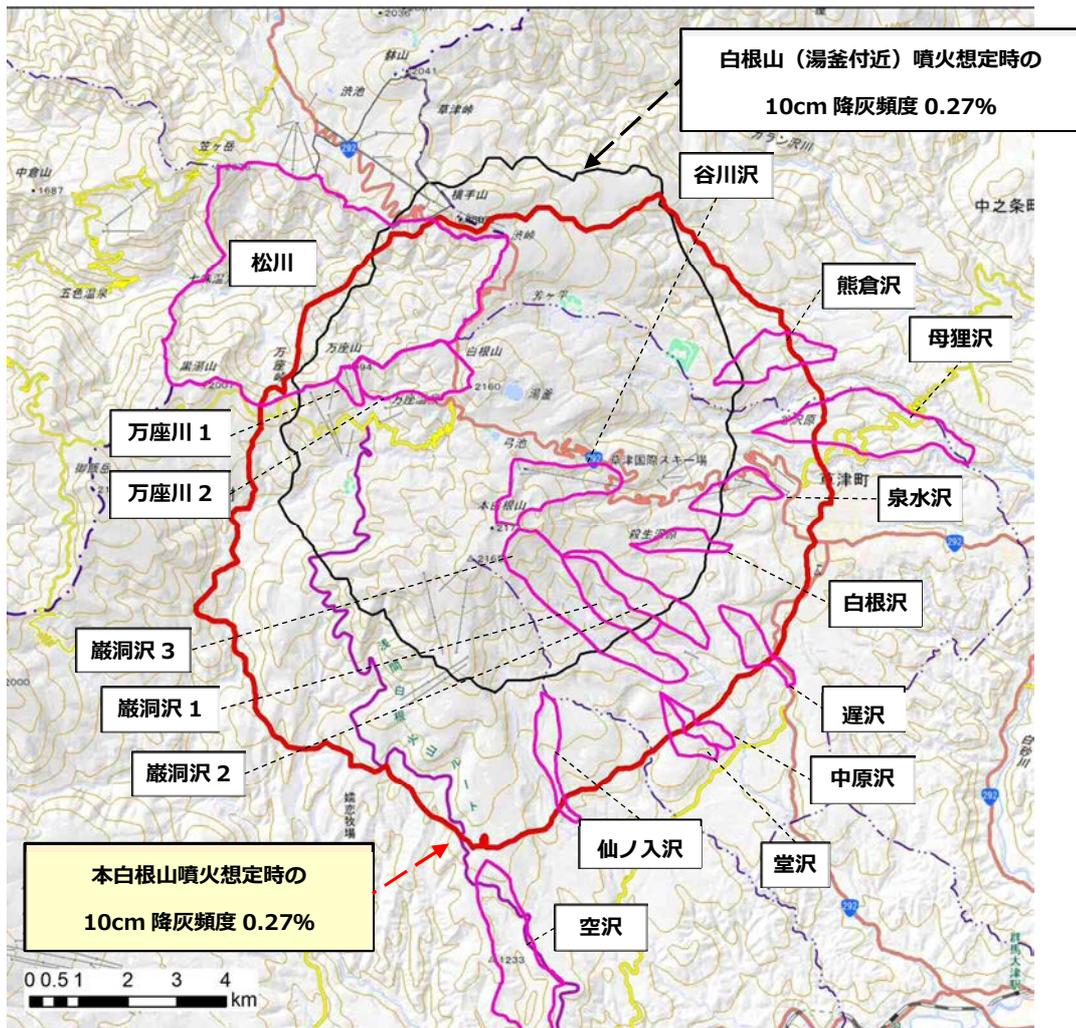


図 13 降灰後の土石流の対象溪流

② 融雪型火山泥流の対象箇所

融雪型火山泥流の対象箇所は、保全対象の上流で、数値シミュレーションにより融雪型火山泥流が流下すると想定された範囲とする。融雪型火山泥流の流下範囲は、保全対象の上流の谷出口を起点として火砕流の影響範囲を網羅するように複数の集水域を設定し、その集水域内で発生する泥流が火砕流の末端部から流下するものと想定した数値シミュレーションにより把握する。

なお、嬬恋高原から万座温泉をつなぐ一般自動車道（有料道路・プリンスホテルが管理運営）である万座ハイウェイは融雪型火山泥流の影響範囲内に位置する。万座ハイウェイにおけるハード対策は、万座温泉が孤立した場合の想定、対策・復旧工事に要する時間やタイミングの考慮などから、関係機関と調整を図りながら避難計画との連携も考える必要があるため、今後関係機関と調整を図ったうえで対応方針を検討とすることとする。

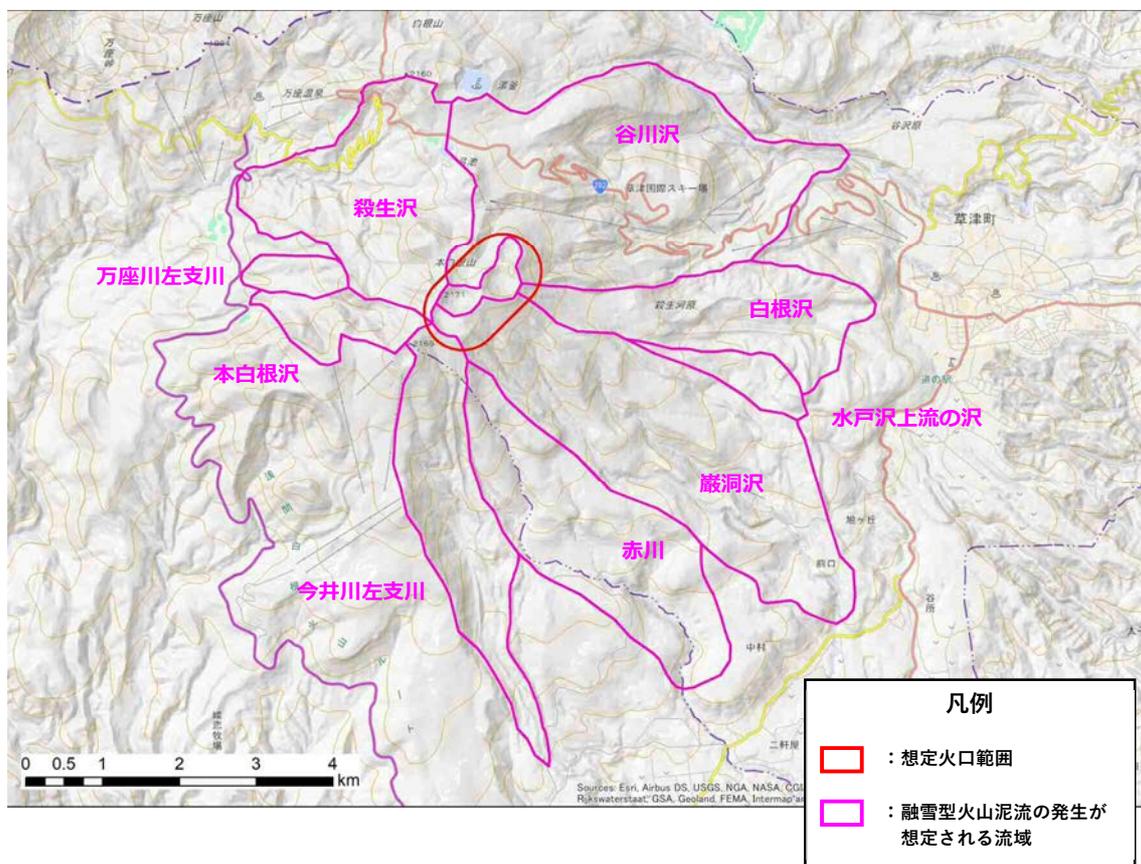


図 14 融雪型火山泥流の流下が想定される流域

(2) ハード対策の整備目標

<降灰後等の土石流>

- ・ 100年超過確率日雨量により発生する土石流

<融雪型火山泥流>

- ・ 火砕流 27万 m^3 、積雪深が1.5m（一律）により発生する融雪型火山泥流

① 降灰後等の土石流

降灰後土石流の対象規模は、100年超過確率雨量により発生する土石流とする。降灰または火砕流による影響は、他火山における噴火後の土砂流出状況を踏まえ、流域内に降灰が一律に10cm堆積してそのうちの5%が流出する場合と、火砕流堆積物の5%が流出する場合とを比較し、大きい方を想定する。

1) 計画対象降雨

計画対象降雨は、対象流域近傍の観測所の観測値を利用する方針とし、草津白根山より東側は草津雨量観測所（気象庁）の値を、西側は横手山雨量観測所（国土交通省）の値を採する。



図 15 草津白根山周辺の雨量観測所位置図

表 7 草津白根山周辺の雨量観測所位置図

番号	観測所名	所管	観測開始日
①	横手山 (よこてやま)	国土交通省	1965年6月1日
②	天狗山 (てんぐやま)	国土交通省	2000年8月9日
③	草津 (くさつ)	国土交通省	1963年1月1日
④	草津 (くさつ)	気象庁 (アメダス)	1976年4月15日
⑤	前口 (まえぐち)	国土交通省	2000年8月10日

表 8 100年超過確率日雨量と時間雨量

観測所名	項目	標本数	採用値	確率モデル
横手山観測所 (国土交通省)	日雨量	53	307.5 mm/day	②グンベル分布
	時間雨量	(1965~2017)	63.9 mm/hr	②グンベル分布
草津観測所 (気象庁)	日雨量	39	274.2 mm/day	⑥対数正規分布
	時間雨量	(1979~2017)	50.2 mm/hr	④GEV分布

2) 計画流出土砂量

計画流出土砂量は、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」に基づき、移動可能土砂量と運搬可能土砂量を比較して小さい方の値とする。

堆積火山灰量は火山灰等が流域に一律に 10cm 堆積した場合を想定して算出し、三宅島や雲仙普賢岳の過去の噴火における降灰等の流出実績を基に、堆積した降灰等のうち 5% が移動可能土砂量として流出に寄与すると仮定する。

【運搬可能土砂量】 対象となる降雨によって運搬できる土砂量

【移動可能土砂量】 流域内における移動しうる不安定土砂量

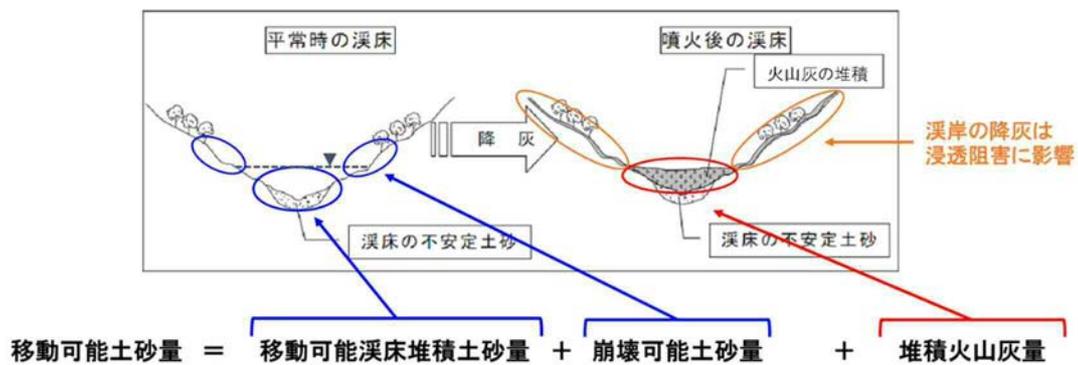


図 16 降灰の堆積と流出の想定

表 9 降灰後の土石流の計画流出土砂量

溪流名	溪流番号	流域面積 (km ²)	移動可能土砂量 (千m ³)			運搬可能土砂量 (千m ³)	計画流出土砂量 (千m ³)
			渓床堆積土砂量	流出降灰量または 火砕流堆積物量			
万座川-1	425-I-548-1	0.16	2.7	0.8	3.5	96.3	3.5
万座川-2	425-I-548-2	1.46	30.9	7.3	38.2	72.5	38.2
泉水沢	426-I-507	0.67	0.8	3.35	4.2	176.9	4.2
谷川沢	426-I-508	1.16	8.4	8.7	17.1	697.9	17.1
白根沢	426-J-502	0.37	21.1	1.85	23.0	222.6	23.0
熊倉沢	427-I-514	0.88	11.1	4.4	15.5	193.3	15.5
母狸沢	426-II-001	1.46	67.8	7.3	75.1	222.6	75.1
巖洞沢1	426-I-504	0.78	9.7	3.9	13.6	234.8	13.6
巖洞沢2	426-I-505	0.87	2.2	4.35	6.6	523.4	6.6
巖洞沢3	426-I-506	1.96	18.7	12.3	31.0	430.5	31.0
遅沢	426-I-506	0.49	3.4	2.45	5.9	107.6	5.9
二軒屋沢	426-I-501	0.07	3.2	0.35	3.6	42.1	3.6
堂沢	426-I-502	0.34	1.8	1.7	3.5	204.6	3.5
中原沢	426-I-503	0.30	1.6	1.5	3.1	79.2	3.1
空沢	425-I-552	2.72	19.6	13.6	33.2	1572	33.2
仙ノ入沢	425-I-554	0.50	16.6	2.5	19.1	300.8	19.1
松川	5431100	8.86	135.9	44.3	180.2	1946	180.2

※赤字は流出火砕流堆積物量の方が流出降灰量よりも大きい場合

② 融雪型火山泥流

草津白根山においては、本白根山における第3噴火期の最大規模の降灰の1/4～1/2程度（1000万m³～2000万m³）が火砕流として流下することを想定する。しかしながら、そのような火砕流が発生した場合は、火砕流本体が市街地まで到達する（サージはより遠くまで達する）ことが想定されること、泥流の流量が総じて大きいことから、ハード対策による対応は困難である。

一方で、想定規模よりも小さい火砕流であれば、ハード対策により対応できる可能性があり、また1000万m³や2000万m³規模の火砕流も、規模の小さい火砕流の繰り返しによるものであった可能性もある。

そこで、融雪型火山泥流のハード対策の目標とする規模は、融雪型火山泥流の流下範囲に現実的に実施が可能な最大限の施設を整備した場合に、数値シミュレーションにより被害の防止あるいは減災効果が期待できる規模とし、火砕流27万m³、積雪深1.5m（一律）を設定する。この規模は、火砕流3ケース（13万m³、20万m³、27万m³）と、積雪深3ケース（0.5m、1.0m、1.5m）の3ケースの組み合わせで、現実的に実施が可能な最大限の施設を整備した場合の数値シミュレーションを行い、対象とする全溪流において対策施設による防災あるいは減災効果が確認できた規模である。

なお、積雪深1.5mは、気象庁草津における過去約10年（H22～30年）の積雪データを基に算定した20年超過確率積雪深（154cm）に相当する。

表 10 融雪型火山泥流のハード対策の整備目標

流域名	火砕流量 (万m ³)	火砕流最大方向	積雪深 (m)	泥流総量 (万m ³)
谷川沢(振子沢)	27	北北西	1.5	47.7
白根沢		東南東		42.3
水戸沢川上流の沢		東南東		4.8
巖洞沢		南南東1		56.8
赤川		南南東1		11.5
今井川右支川		南南西		76.0
本白根沢		西南西		14.9
万座川左支川1		西南西		0.6
殺生沢		西南西		35.9

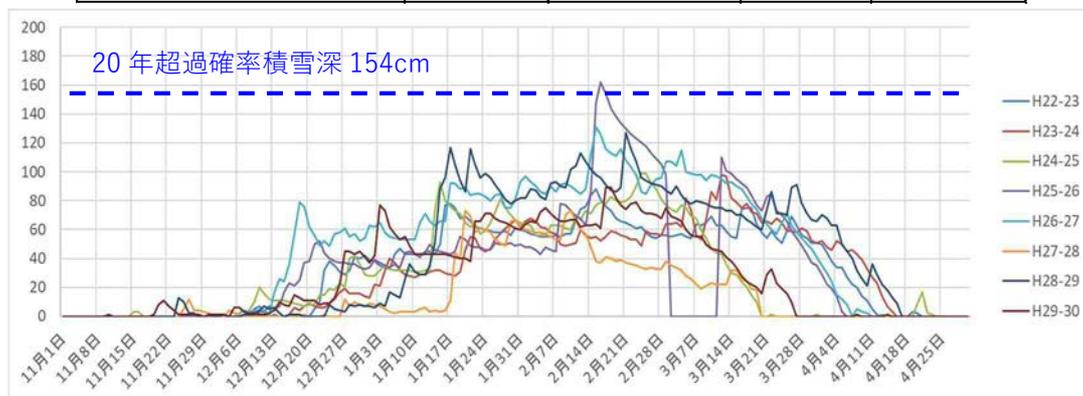


図 17 気象庁草津における過去約10年（H22～30年）の日別積雪深の推移

(3) 土砂処理方針

<降灰後等の土石流>

- ・ 降灰後等の土石流により流出する土砂及び流木を谷出口より上流において捕捉することにより、下流側の保全対象への被害を防止する。

<融雪型火山泥流>

- ・ 保全対象の上流において捕捉工あるいは導流堤を整備し、土砂及び流木加えて泥水を捕捉（貯留）または安全に下流に導流する。

土砂処理方針は、対象現象ごとに、対象溪流における地形条件（河床勾配、川幅等）と、保全対象との位置関係を踏まえて溪流毎に設定する。

溪流内あるいは保全対象上流における土砂の捕捉を基本とするが、保全対象との位置関係及び下流流路の整備状況等から、安全に流下させることができる場合は導流を検討する。

① 降灰後等の土石流に対する土砂処理方針

降灰後等の土石流により流出する土砂および流木を保全対象の上流において捕捉することにより、保全対象への被害を防止する。溪流内に既存の砂防・治山施設がある場合は、既存施設との位置を考慮して捕捉工を配置する。

② 融雪型火山泥流に対する土砂処理方針

融雪型火山泥流は、多量の泥水が流下することが想定される現象である。そのため、保全対象の上流において、土砂及び流木に加えて水を捕捉（貯留）することにより、保全対象への被害を防止あるいは減災する。ただし、融雪型火山泥流はその規模が大きいため、すべての泥水を捕捉することは地形条件等から困難な場合や、必要な規模を満足する緊急対策施設の整備に時間を要する場合は考えられる。そのため、保全対象との位置関係及び下流流路の整備状況等から、安全に流下させることができる場合は導流を検討する。

4.2 実施する工種・工法

実施する工種・工法は、降灰後等の土石流および融雪型火山泥流についてそれぞれ土砂処理方針および対策を実施する箇所の地形条件等の制約条件を考慮して選定する。

<解説>

具体的な工種・工法の種類については、設置場所の制約条件を考慮して選定する。対策施設の種別あるいは想定される土砂移動現象ごとに、対象現象の捕捉、導流などの土砂処理方針を考慮し、これに適した工種・工法を選定する。また、緊急対策施設及び暫定緊急対策施設は緊急時に実施する対策であることに鑑み、既設施設の除石や簡易で作業効率が高い施工方法を選択することを基本とする。

(1) 基本対策施設の工種工法

基本対策施設は、降灰後等の土石流および融雪型火山泥流対策であることを鑑み、堰堤工を基本とする。融雪型火山泥流対策を兼ねる施設の場合は、不透過型砂防堰堤とすることを基本とし、管理型堰堤として位置づける。

降灰後等の土石流は、基本対策として、流出する土砂に対して谷出口より上流側で全量の捕捉を目標としているため、基本的に砂防堰堤による整備を行う。融雪型火山泥流対策を兼ねる施設の場合は、泥流による土砂に加えて泥水を捕捉（貯留）することを考慮して不透過型砂防堰堤を採用することを基本とし、管理型堰堤として除石管理等によりその容量を常に確保するものとする。また、必要に応じて溪流保全工及び流木対策工を整備する。

なお、砂防堰堤の整備による対策が困難な場合は、既往施設の除石管理による容量確保を実施する。

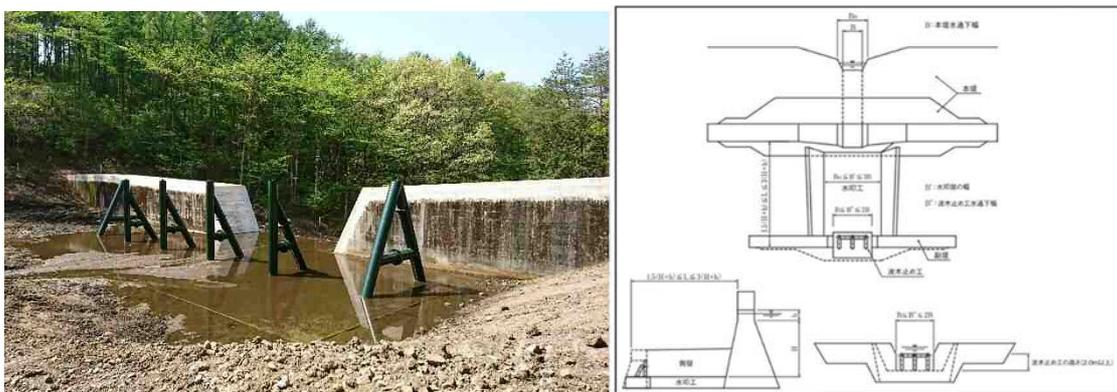


図 18 基本対策における流木対策事例（左：張り出し型、右：流木止め付前庭保護工）
（張り出し型：長井川砂防堰堤（利根川水系砂防事務所管内））

(2) 緊急対策施設及び暫定緊急対策施設の工種工法

緊急対策施設及び暫定緊急対策施設は、緊急対策であることを鑑み、短時間で施工可能な簡易な工法を基本とし、工事の進捗に見合った効果が発揮できる構造とする。

緊急対策施設及び暫定緊急対策施設は、緊急時に実施する対策であること及びに鑑み、仮設堰工、導流工あるいは除石工を基本とし、作業効率が高い施工方法・構造を選択することを基本とする。

ただし、融雪型火山泥流を対象とする場合は、火山泥流の外力に対して安全性を確保することに留意する。

なお、緊急対策であるため、緊急対策施設及び暫定緊急対策施設は仮設的な施設として位置付ける。

表 11 緊急対策施設及び暫定緊急対策施設で用いる工種・工法

工種（機能）	工法	概要・特徴	施工期間
土砂捕捉	堰堤工	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリートブロック等による仮設的な堰堤を整備 ・ 用地、資機材の準備が必要 ・ 施設規模に応じた効果が期待できる 	中
	除石	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既設堰堤の堆積土砂を掘削・搬出して容量を確保 ・ 用地の調整が不要（搬出土砂の仮置きは必要） ・ 準備工が不要で、早急に工事に着手できる ・ 掘削した土砂量分の効果が見込める 	短
氾濫抑制	導流堤	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大型土のう等により築堤する ・ 用地、資機材の準備が必要 ・ 氾濫を防止できる ・ 導流先の安全確認が必要 	短
流木止め	鋼製枠等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既設堰堤等の水通し部に鋼製部材等を設置する ・ 鋼材等の資機材が必要 	短～長

(3) 工種・工法の概要

① 除石工

既設施設の除石を行い、貯砂空間で湛水させて、融雪型火山泥流のピークカットを行う。除石にあたっては、流体力が直接堰堤や溪岸に作用しないような形状とする。

なお、除石した土砂は化学的性質（酸性土壌）を強く帯びていることが十分予測されるため、他流域への搬出は行わず、大型土の中詰材への転用など、できるだけ流域内での活用を検討する。

工法	既存砂防施設施設の活用
工種	掘削工、除石工
模式図	
概要	・既設施設の除石を行い、ピークカットする。
特徴	・施工が容易である。 ・掘削した土砂の置き場が必要。

図 19 除石工の概要

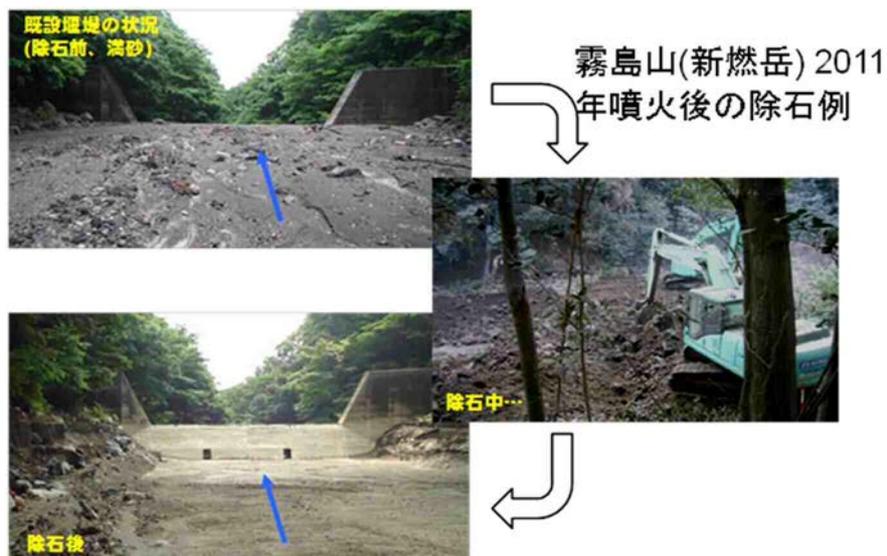


図 20 新燃岳における除石事例（新燃岳 2011 年噴火）

② 仮設堰堤工

資材の備蓄や外力に対する安定、国立公園内での施工を想定して、景観や自然環境に配慮し、最終的には撤去可能なコンクリートブロックによる構造を基本とする。ただし、実際の緊急時には調達可能な資機材の状況により、コンクリートブロックやソイルセメント、土構造に加えて、それらの複合構造などを柔軟に選定する。

工法	仮設堤工
工種	ブロック工
模式図	
概要	・堤体をすべてコンクリートブロックで施工する
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・強度があり安定性がある。 ・ブロック数が多く必要となり備蓄が必要である。 ・撤去が容易であり、道路通行部を空けることも可能。

図 21 仮設堤工の概要



図 22 2014 年御嶽山噴火後の施工例

③ 導流堤工

溪床との保全対象までの比高が小さく、保全対象に対して直接的な被害が想定される場合には、資機材の調達が容易な大型土のうやコンクリートブロックを使用する。

なお、対象溪流は強酸性を示す流域が多いことから耐候性土のう等を使用する。



図 23 導流堤のイメージ

④ 簡易流木止め

下流河道に位置する橋梁、河道沿いの保全人家に対しては、簡易な構造の流木止めにより被害を防止する。



図 24 流木対策の事例（左：鋼製牛柵（新燃岳）、右：ワイヤネット）

(4) 施設効果量の考え方

融雪型火山泥流は、大量の水に細粒土砂を含む流動性が高い流体であるため、水平に堆積するものと想定する。

降灰後の土石流の場合は、元河床勾配の2/3の勾配で堆積するものとする。

融雪型火山泥流の場合は、大量の水に細粒土砂を含む流動性が高い流体であることから、水平に堆積するものとする。

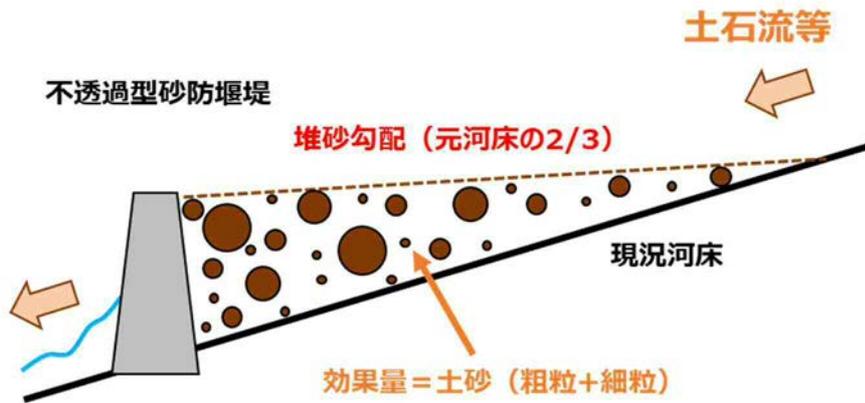


図 25 降灰後土石流に対する施設効果量の考え方

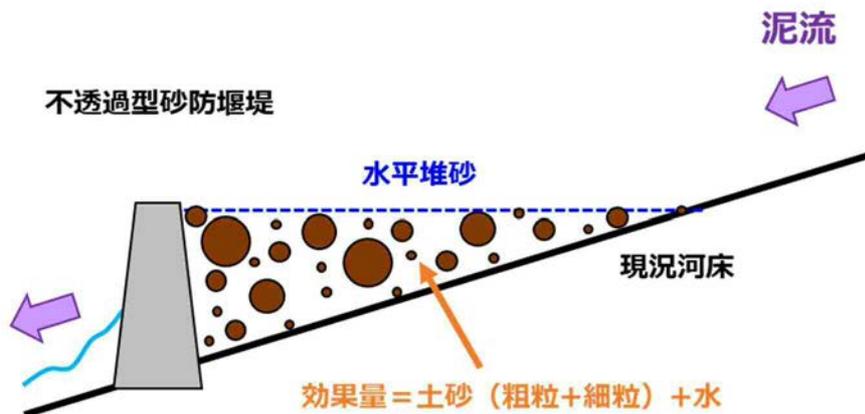


図 26 融雪型火山泥流に対する施設効果量の考え方

(5) 無人化施工

立入規制区域内での施工や夜間施工の必要が生じた場合など、工事従事者の安全確保が困難な状況においては、無人化施工による工事を実施する。

無人化施工については、適用可能な箇所あるいは無人化施工を想定した緊急ハード対策をあらかじめ検討し、施工計画を整理する。

立入規制区域内での施工や夜間施工の必要が生じた場合など、工事従事者の安全確保が困難な状況においては、無人化施工による工事を検討する。

しかしながら、無人化施工は給油・メンテナンスと、有人施工と無人施工の境界から対策箇所までの移動に要する時間が制約条件となる。そのため、無人化施工は有人施工の代替としてではなく、適用可能な箇所あるいは無人化施工を想定した緊急ハード対策をあらかじめ検討し、施工計画を整理する。

4.3 施設配置計画

施設配置計画は、草津白根山として地形状況、保全対象、既往施設の位置等を踏まえ、基本対策施設及び緊急対策施設の施設配置を計画する。

<解説>

地形状況、保全対象、既往施設の位置等を踏まえ、基本対策施設及び緊急対策施設の施設配置を計画する。基本対策施設と緊急対策施設の計画施設の一覧を以下に示す。降灰後等の土石流に対しては、基本対策施設で土砂整備率を100%とする計画である。融雪型火山泥流に対しては、対象量が大きいこと、地形条件等によりハード対策に限界があることなどから、防災または減災効果を期待する。

本白根山と白根山（湯釜付近）は隣接する火山であり、それらの火山噴火による影響範囲は重複する箇所がある。そのため、対策施設においてもいずれかの火山の土砂移動現象に対して効果を発揮する場合と、両方の火山の土砂移動現象に対して効果を発揮する場合がある。そこで、計画施設については草津白根山全体を考慮して計画するものとし、本白根山と白根山（湯釜付近）を合わせた施設一覧として示した。

表 12 計画施設一覧（基本対策施設+緊急対策施設）

No.	対象溪流		施設名称（仮）	区分	対象現象				
	融雪型火山泥流	土石流危険溪流			土石流（平常時）	本白根山		白根山（湯釜付近）	
						降灰後等の土石流	融雪型火山泥流	降灰後等の土石流	融雪型火山泥流
1	-	泉水沢	泉水沢 計画	基本	●	●		●	
2	白根沢	-	白根沢 計画1	緊急			●		
3		白根沢	白根沢 計画2	基本	●	●	●	●	●
4	巖洞沢	巖洞沢1	巖洞沢1 計画	基本	●	●		●	
5		巖洞沢3	巖洞沢3 計画	基本	●	●		●	
6		-	巖洞沢 計画1	基本	●	●		●	
			巖洞沢 計画2	緊急			●		
7	-	遅沢	遅沢川計画	基本	●	●			
8	-	中原沢	中原沢計画	基本	●	●			
9	-	堂沢	堂沢計画	基本	●	●			
10	-	万座川1	万座川1 計画	基本	●	●		●	
11	万座川2	万座川2	万座川2 計画	基本	●	●		●	●
12	-	松川	松川 計画	基本	●	●		●	
13	-	カラホリ沢	カラホリ沢 計画	基本	●			●	

※青字は緊急対策施設

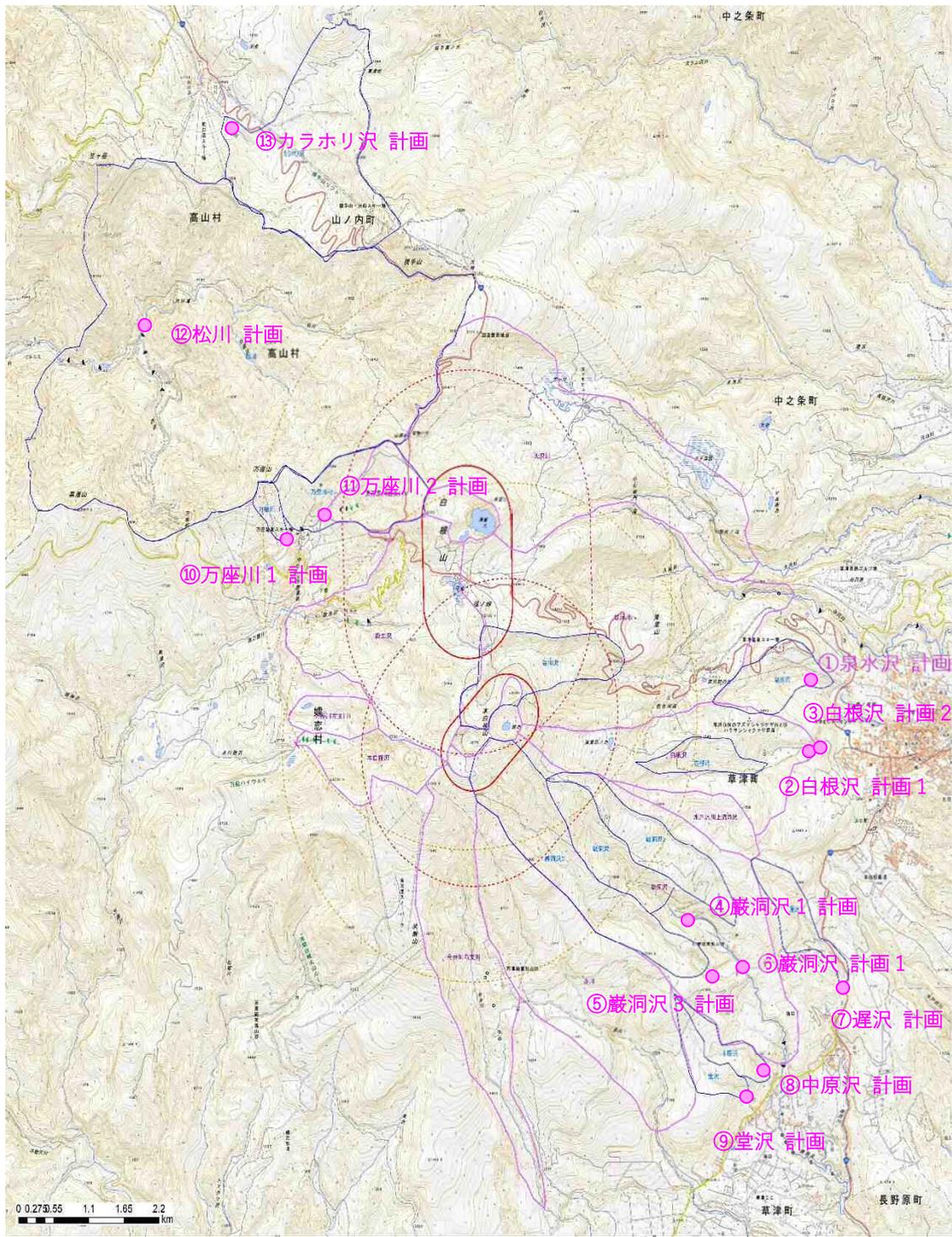


図 27 計画施設位置図（基本対策施設+緊急対策施設）

4.4 施工に要する時間

主な対策工として使用する仮設堰堤工、導流堤工、除石工の3種の工法について、他火山における緊急減災対策の施工実績を参照した上で施工日数を算出した。

<解説>

草津白根山における緊急対策施工に要する時間は、他火山（浅間山、御嶽山）の施工事例を参照に算出した現実的な施工効率と、『平成30年土木工事標準積算基準書』から、1日当たりの作業量を設定し、施工に要する時間を算出した。

仮設堰堤工（コンクリートブロック堰堤工）導流堤工、除石工に係わる施工量は以下の通りとした。

<コンクリートブロック堰堤工>

- ◆ コンクリートブロックの運搬 30 個/日・P（浅間山実績）施工速度 47 個/日・P（御嶽山実績）として、仮設堰堤の規模を検討する。
 - 1 週間：ブロック 330 個相当の堰堤工（御嶽山では、堤長 34m、堤高 4m）
- ◆ ブロックは連結して設置する。

<導流堤工>

- ◆ 大型土嚢を利用する場合の施工速度は、工事实績より。
 - 大型土嚢の据え付け速度を 70 個/日・P（浅間山実績）として規模を検討する。
- ◆ 箱型鋼製枠の利用による施工効率の向上も考えられる。

<除石工（河道掘削工）>

- ◆ 堰堤の除石工事の効率を 400m³/日・P（御嶽山実績）として施工計画を検討する。

※P:パーティー

【現実的な施工効率①(御嶽山の事例)】

□ 御嶽山噴火(2014.9)における実績を考慮した施工効率

<砂防部局>

◆工事の着手から約1ヶ月でコンクリートブロック堰堤が完成。

◆コンクリートブロック堰堤諸元

堤長34m、堤高4m、コンクリートブロック数330個

◆所要日数

①現地調査 :1日間(全体の4%)

②測量 :2日間(全体の7%)

③工事用道路 :18日間(全体の64%)

④コンクリートブロック据え付け:7日間(全体の25%)

21日間(全体の75%)

⇒コンクリートブロック設置実績 47個/日(8h)

>>> 1週間で約330個の設置が可能

◆ただし、コンクリートブロックは備蓄資材を使用、用地に関しては借地



<治山部局>

◆治山ダムの除石工事を実施し、1ヶ月で4箇所、計 47,000m³を除石

⇒1カ所あたり400m³/日(8h)の掘削実績

>>> 1週間で約2,800m³の除石が可能

◆噴火4日後に除石工事に着手



【現実的な施工効率②(浅間山の事例)】

□ 浅間山における施工実績(H28)と無人化施工試験(H19)の様子

施工箇所	ブロック運搬	ブロック据付	大型土嚢制作	大型土嚢設置
地蔵川・小滝沢	【10km】 30個/日	【3t】 60個/日	90個/日	70個/日
片蓋8号捕捉工	【2km】 39個/日	【3t】 60個/日	90個/日	70個/日
大日向川砂防堰堤	【18.3km】 52個/日	【3t】 50~60個/日	-	-
濁川堰堤	-	【3t】 63個/日	-	-



船ヶ沢川西砂防堰堤の施工状況



濁沢 据付工事状況



無人化施工による掘削試験

➤ ブロック積みや大型土嚢設置の他に、資機材の運搬、伐採や伐根、整地を実施

※P:パーティー

図 28 他火山における緊急減災対策の施工実績

4.5 施工優先度

基本対策施設の優先度は、発生が想定される現象、降灰厚 10cm となる頻度、保全対象を考慮して優先度を設定する。緊急対策施設および暫定緊急施設の優先度は、実際の噴火の状況と予想される影響範囲、保全対象、地元関係機関との調整等を踏まえて設定する。

<解説>

基本対策施設の優先度は、当該施設において発生が想定される現象、保全対象の戸数や公共施設の有無、降灰頻度の大小をによりⅠ～Ⅲの3段階で設定する。

緊急対策施設および暫定緊急施設は、実際の噴火の状況と予想される影響範囲、保全対象、地元関係機関等との調整等を行い、その結果を考慮して設定するものとし、実際の状況に応じて判断する。また、実際に施工する際は、地元関係機関等と個別に調整する。

表 13 草津白根山における対策箇所と優先度

No.	基本対策施設名称(仮)	影響の及ぶ火山		発生が想定される現象		保全対象			降灰頻度		優先度
		降灰後の土石流		融雪型火山泥流		降灰後の土石流		融雪型火山泥流	頻度		
		本白根山	白根山(湯釜付近)	本白根山	白根山(湯釜付近)	人家戸数	公共施設等	建物数	本白根山	白根山(湯釜付近)	
1	泉水沢計画	●	●			0			5%以上	5%以上	Ⅱ
3	白根沢計画2	●	●	●		0		374	5%以上	5%以上	Ⅰ
4	殿洞沢1計画	●	●	●		0		204	5%以上	5%以上	Ⅰ
5	殿洞沢3計画	●	●			0			5%以上	5%以上	Ⅱ
6	殿洞沢計画1	●	●	●		0			5%以上	5%未満	Ⅱ
7	遠沢川計画	●				0			5%未満	5%未満	Ⅲ
8	中原沢	●				9			5%未満	5%未満	Ⅲ
9	堂沢計画	●				29	公民館		5%未満	5%未満	Ⅲ
14	万盛川1計画	●	●			0	万盛温泉施設		5%未満	5%未満	Ⅱ
15	万盛川2計画	●	●		●	0	万盛温泉施設	1	5%未満	5%以上	Ⅱ
16	松川計画	●	●			0	七味温泉		5%未満	5%以上	Ⅱ
17	カラホリ沢計画		●			0	温泉施設		5%未満	5%未満	Ⅲ

第5章 ソフト対策

5.1 ソフト対策の実施方針

ソフト対策は、『避難対策を支援するための情報提供』と『緊急対策工事の安全管理』を目的とし、避難支援の体制整備、火山監視機器の緊急整備、観測情報の連続性を確保するための体制整備を実施する。

<解説>

ソフト対策で実施する項目と目的を表 14 に示す。

表 14 ソフト対策の実施項目と目的

項目		目的
火山監視機器等の整備	火山観測カメラの整備	火山噴火に伴う土砂移動現象を観測する（工事従事者の安全確保と住民の警戒避難の支援にも活用）
	土砂移動検知機器の整備	火山噴火に伴う土砂移動現象を監視・観測し、工事従事者の安全を確保する
	積雪深の観測	融雪型火山泥流の影響範囲の推定に際し、その総量を推定するための積雪深の情報を得る
	降灰量計の設置	降灰後の土石流の発生の危険性等を把握する
避難対策支援のための情報提供	リアルタイム「サードマップ」の整備と提供（周知）	火山噴火の状況に応じた土砂移動現象の影響範囲を推定する
	火山観測カメラの映像共有	住民の警戒避難支援として情報を提供する
観測情報の連続性を確保するための体制	山頂付近における気象観測	土砂移動現象の影響範囲の推定に必要な気象情報を、火山噴火時にも継続的に把握・推定する

5.2 火山監視機器等の整備

緊急ハード対策の工事従事者の安全を確保するため、火山活動及び土砂移動現象を監視・観測するための機器を整備する。また、土砂移動現象の規模や発生危険度を把握するための気象観測等を実施する。

<解説>

緊急ハード対策の対象現象である降灰後土石流は、降灰の影響で平常時の土石流に比べ少量の雨でも発生し、また頻発することが想定される。また融雪型火山泥流は、火砕流が発生してからわずかな時間で発生・流下する恐れがある。これら現象の発生による対策工事従事者の安全を確保するための対策を実施する。

表 15 緊急減災計画において追加設置する監視観測機器の例

目的	直接的に土砂移動を監視する				土砂移動現象の規模・範囲・方向を推定するために、気象状況等を観測する				
	監視カメラ	ワイヤーセンサ	振動/音響センサ	水位/流速計	地上雨量計	積雪計	自動降灰量計	風向/風速計	
イメージ									
機能	火山活動の変化の把握 噴煙の方向から降灰エリアの把握 土砂移動の発生確認	土砂移動の発生と規模確認	土砂移動の発生と規模確認	土砂移動の発生と規模確認	土石流発生基準雨量の把握	積雪深の把握 融雪水量の把握	火山灰の降灰厚把握	火山灰の降灰予測	
施工のしやすさ	○	○	△ (平常時からの機器準備が必要)	△ (平常時からの機器準備が必要)	△ (平常時からの機器準備が必要)	△ (平常時からの機器準備が必要)	△ (平常時からの機器準備が必要)	△ (平常時からの機器準備が必要)	
維持管理のしやすさ	○	△	○	○	○	○	△	○	
緊急減災時の留意点 (共通:通信系の確保)	設置基礎の準備が必要	施工時の安全確保	施工箇所の用地確保	施工箇所の用地確保	施工箇所の用地確保	施工箇所の用地確保	施工箇所の用地確保 設置基礎の準備が必要	施工箇所の用地確保	

(1) 火山観測カメラ等の整備

- <基本対策>
- ・ 火山噴火時の土砂移動現象を観測するための監視カメラを整備する。
 - ・ 関係機関と連携し、山体を全方位から監視・観測できる体制を構築する。
- <緊急対策>
- ・ 既設の監視カメラが被災した場合に、関係機関と連携し、代替となる観測カメラを整備する

草津白根山の火山噴火時の土砂移動現象を監視・観測するためのカメラを整備する。融雪型火山泥流は、火砕流が発生してからわずかな時間で発生・流下する恐れがあることから、緊急ハード対策の工事従事者の安全確保ならびに住民の警戒避難の支援として山体方向のカメラを設置して火砕流等の発生を監視・観測する。なお、火山活動そのものの監視・観測については気象庁が実施するため、砂防部局は火山噴火に伴う土砂移動現象を対象とした監視・観測を実施することに留意する。

また、火山噴火時には噴石の飛散等により既設の機器が破損する恐れがある。そのため、想定火口範囲から 2km に位置する既存の監視・観測カメラが破損した場合を想定し、バックアップ体制を検討する。

表 16 既存の監視・観測カメラと想定火口との位置関係

火山監視・観測カメラの諸元			想定火口範囲との位置関係			
所管機関	観測点名	機種備考	本白根山		白根山（湯釜付近）	
			1km圏	2km圏	1km圏	2km圏
気象庁	草津白根山 逢ノ峰山頂	高感度	●	-	●	-
	草津白根山 奥山田	可視				●
	水釜北東2	熱映像	●	-		
	草津白根山 草津	可視				
関東地方整備局	逢ノ峰	高感度・赤外線	●	-	●	-
関東地方整備局 (利根川水系砂防事務所)	臨時カメラ 本白根山方向	可視		●		
	本白根山臨時カメラ（干俣）	可視				●
	田代（本白根方向）	可視				
	横手山	高感度・赤外線				●
草津町	白根山防災カメラ	可視	●	-	●	-
	白根山防災カメラ（移動式）	可視	●	-	●	-
	本白根山防災カメラ	可視	●	-	●	-
	本白根山監視カメラ	可視	●	-	●	-

(2) 土砂移動検知センサー等の設置

<基本対策>

- ・ 緊急ハード対策の実施箇所の上流において、繰り返し利用可能な土砂移動検知機器（振動計等）を整備する

<緊急対策>

- ・ 緊急ハード対策工事の実施箇所の上流において、土砂移動検知機器が未設置の場合に、土砂移動検知機器を緊急的に整備する

火山噴火に伴う土砂移動現象を監視・観測し、工事従事者の安全を確保するため、緊急ハード対策等の工事現場の上流において、土砂移動検知センサー、可搬型監視カメラ、又は振動センサーを設置する。

① 簡易監視カメラ

土砂移動監視局にはワイヤーセンサー等のセンサーと監視カメラを設置する。監視カメラは、緊急時の場合は下図に示すような仮設的な構造とする。



図 29 霧島山の噴火対応で緊急設置した監視カメラ

② ワイヤーセンサー

土砂移動検知センサーとして、実績が豊富なワイヤーセンサーを全ての監視観測局に設置する。



図 30 ワイヤセンサー設置イメージ

③ 簡易振動センサー

ワイヤーセンサーは 1 回検知するとワイヤーを再設置する必要があり、短い期間に繰り返して発生する土石流等に対応できない。そこで、繰り返し検知可能な振動センサーをワイヤーセンサーと併設することとする。

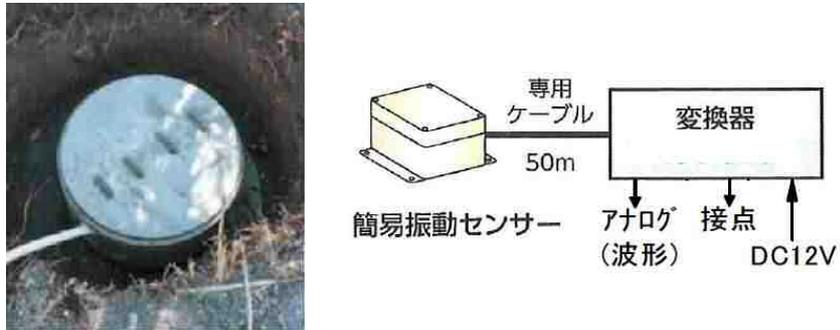


図 31 簡易振動センサーのイメージ

④ 警報局

ワイヤーセンサーや振動センサーによる土石流検知情報は工事現場に遅延なく伝達する必要がある。そこで、サイレンと回転灯からなる土石流警報装置を工事現場に設置するものとする。



図 32 警報局設置事例

(3) 積雪深の観測

<基本対策>

- ・ 融雪型火山泥流の発生源となる山腹などに積雪深計を整備し、観測データを蓄積する
- ・ 噴火発生時に空中からの調査等により積雪深の推定ができる箇所に、スノーポールなどを整備する

<緊急対策>

- ・ リアルタイムの積雪深を把握あるいは推定し、リアルタイムハザードマップの作成に活用する
- ・ 必要に応じて、航空レーザ測量等により面的な積雪深を把握する

平常時における数値シミュレーションやリアルタイムハザードマップシステムにより融雪型火山泥流の影響範囲を推定するに際し、その総量の推定に必要な積雪深の情報を得るため、積雪深の観測を実施する。

基本対策として、融雪型火山泥流の発生源となる山腹などに積雪深計を整備し、観測データを蓄積・分析する。また、火山噴火発生時に空中からの調査等により積雪深の推定ができる箇所にスノーポールなどを整備する、又は目印となる構造物等（擁壁・ガードレール・樹木等）の高さを把握しておき、積雪深の面的な情報を得られる体制を構築する。

緊急対策として、平常時に整備した機器等を利用し、リアルタイムの積雪深を把握あるいは推定し、リアルタイムハザードマップの作成に活用する。また、スノーポール等による情報が得られなかった場合や、より詳細な積雪分布の情報が必要な場合などは、航空レーザ測量等により面的な積雪深を把握する。



図 33 積雪計（左）とスノーポール（右）

(4) 降灰量計の設置

<基本対策>

- ・ 山体周辺において、降灰マーカーなど、火山噴火時に降灰量あるいは降灰厚を把握できる機器を配置する

<緊急対策>

- ・ ヘリコプターや UAV により降灰マーカーなどの写真等から、降灰厚を把握する

降灰の分布状況を把握し、降灰後の土石流の発生の危険性等を把握するため、降灰量計等を設置する。

基本対策として、火山噴火時に立ち入りが困難となることが想定される山体周辺において、降灰マーカーなど、火山噴火時に降灰量あるいは降灰厚を把握できる機器を配置する。自動降灰量計は、定期的な観測情報が得られる一方、電源及びデータの伝送、定期的なメンテナンスが必要となることから、それらが確保できる場合に整備する。なお、降灰マーカー・自動降灰量計共に、定期的な清掃等のメンテナンスを実施する。

緊急対策として、ヘリコプターや UAV により降灰マーカーなどの写真等から、降灰厚を把握する。その際、降灰マーカー以外にも降灰堆積深の目安となるモノ（登山道標識、住宅、小屋、巨岩や樹木等）も活用する。



図 34 自動降灰量計（左）と降灰マーカー（右）

5.3 避難対策支援のための情報提供

住民の警戒避難支援として、土砂災害が想定される区域の情報や火山監視カメラの映像等について、火山防災協議会と情報共有を図る。

<解説>

(1) リアルタイムハザードマップの提供

平常時には避難対策の基礎資料として噴火時には緊急対策の基礎資料とするとともに、住民の避難を支援するため、関係機関に情報を提供する。

① プレアナリシス型ハザードマップの提供

火山噴火シナリオ等から、草津白根山で想定される噴火時の影響範囲を推定し事前に複数のハザードマップを作成する。作成したハザードマップはデータベースに格納し、火山活動が活発化した場合や噴火が進行している場合において、条件に最も近いものを選択して提供する。

② リアルタイムアナリシス型ハザードマップの提供

火山噴火においては、新たな火口からの噴火など想定と異なる現象が起こる場合もあるため、想定外の火山活動（火口位置、規模、現象、地形改変など）が発生した場合にプレアナリシス型のマップでは十分に対応できないことが懸念される。

国土交通省では、実際の火山活動状況を速やかに反映させたハザードマップを緊急的に作成するシステム（リアルタイムハザードマップシステム）を開発し、想定と異なる噴火活動が発生しても、本システムによるハザードマップを活用して住民の避難を支援する。

リアルタイムアナリシス型ハザードマップは、火山防砂協議会等を通じて市町村等に提供され、住民の迅速な避難誘導等に活用される。



図 35 リアルタイムハザードマップシステムの特徴

出典：砂防 NEWS(国土交通省 水管理・国土保全局砂防部砂防計画課, 平成 30 年 9 月 19 日)

(2) 土砂災害緊急情報の提供

国土交通省では、大規模な土砂災害が急迫している状況において、市町村が適切に住民の避難指示の判断等を行えるよう、河道閉塞・火山噴火に起因する土石流、河道閉塞による湛水といった特に高度な技術を要する土砂災害については国土交通省が緊急調査を行い、被害の想定される区域・時期に関する情報を市町村へ提供することとなっている。

(3) 火山監視情報の共有

噴火が発生した際に、監視カメラ（既設、増設）で山体およびその周辺の情報を取得・配信することで、近隣市町村に、火山噴火による降灰状況、降灰後の土石流の発生状況等について情報を提供する。

5.4 観測情報の連続性を確保するための体制

緊急時に山頂付近の降水量等を推定できるように、山頂付近（立ち入りが可能な箇所）の雨量観測などを実施し、山頂に近い箇所と気象庁草津地点等の降水量について相関分析を行う。

<解説>

降灰後等の土石流等の危険性の把握には、発生源となる山頂付近における降水量が重要となる。しかしながら、火山噴火時には山頂周辺は立入規制となり新規の雨量計等の設置は困難となる。また、レーダー雨量等の間接的な観測も考えられるが、解析雨量の精度確認も必要となる。

そこで、平常時から山頂付近における短期的あるいは長期的な雨量観測を行い、山頂に近い箇所と気象庁草津地点等の降水量について相関分析などを行い、観測情報の連続性を確保するための体制を構築する。

火山噴火時には、緊急対策として草津白根山周辺の雨量観測所の観測情報から、山頂周辺の雨量を推定する。

第6章 緊急調査

6.1 実施方針

火山噴火時に、その状況を把握し緊急的な対策を検討するための調査を実施する。
 火山噴火による降灰が確認され、降灰等が『土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律』に示される基準を超えた場合には、降灰後等の土石流に関する緊急調査を実施する。

<解説>

緊急調査には『土砂災害防止法に基づく緊急調査』と『緊急減災対策砂防計画に基づく緊急調査』がある。それぞれ、根拠法、目的、調査項目等下の通りである。

火山噴火による降灰が確認された場合には、『土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律』（平成23年5月1日改正）（以下、「土砂災害防止法」とする）に基づき予備調査を実施し、降灰等が一定の基準を超えた場合には火山噴火を原因とする土石流に関する緊急調査を実施する。

なお、土砂災害防止法に基づく緊急調査は、「土砂災害防止法に基づく緊急調査の手引き」に基づいて実施する。

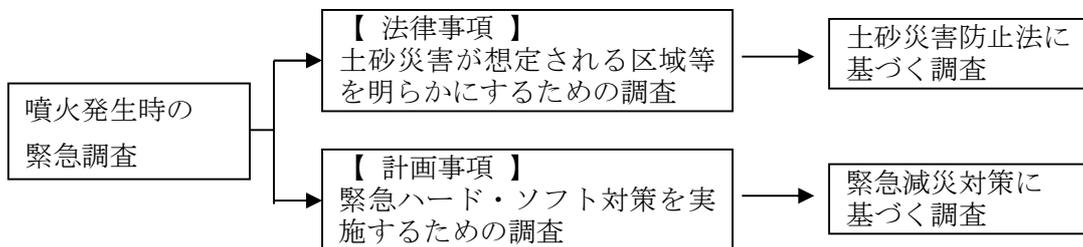


表 17 緊急調査の種類と概要

	土砂災害防止法に基づく緊急調査	緊急減災対策計画に基づく調査
法規制等	土砂災害防止法（法第26条、27条）	火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン
目的	重大な土砂災害が急迫している状況において、土砂災害が想定される土地の区域及び時期を明らかにするための調査	火山噴火時にその状況を把握し緊急的な対策（ハード及びソフト）を検討するするための調査など、的確な危機管理対応に資するよう実施する調査
調査箇所	概ね10戸以上の人家に被害が想定される。	緊急減災対策計画の対象としている降灰後等の土石流泥流、融雪型火山泥流の影響範囲
実施機関	国	国・都道府県
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・危険渓流の抽出 ・数値解析等による氾濫解析 ・調査結果の公表（これに伴い市町村において警戒避難基準雨量の設定） ・土砂災害緊急情報の通知 	「土砂災害防止法に基づく緊急調査」の結果を踏まえ、緊急的な対策を講じるのに必要な調査や情報の収集を行う。（地形変化、降雨状況、積雪量など）

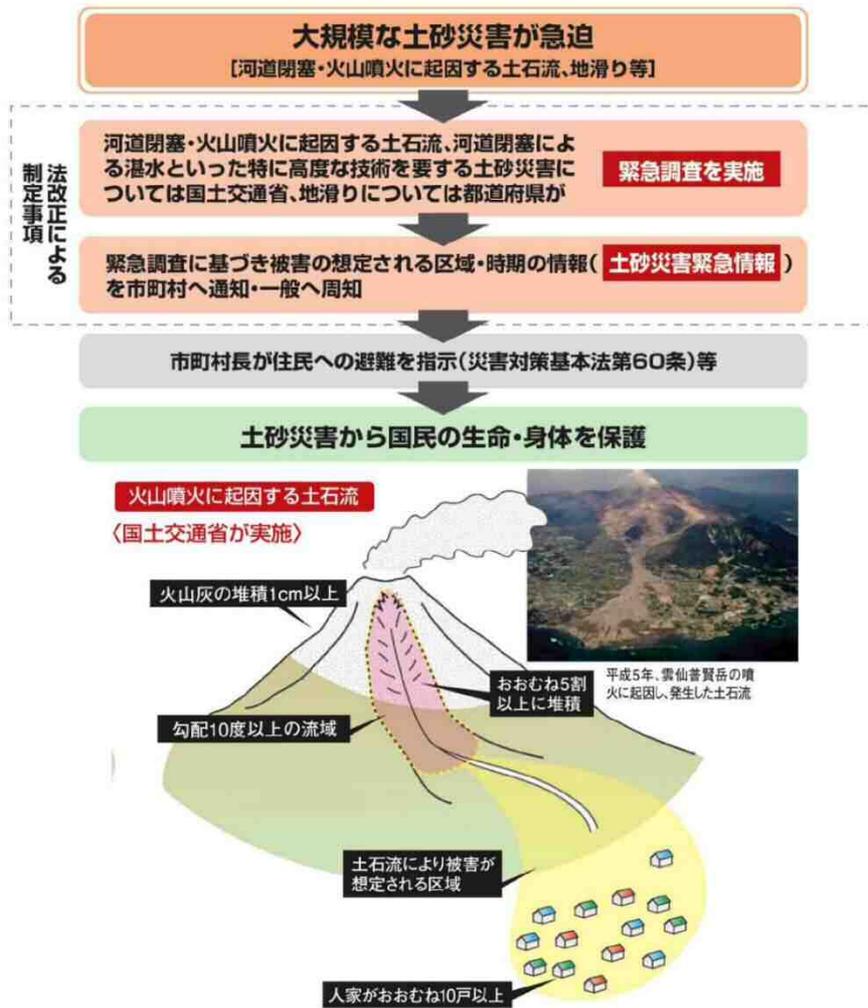


図 36 大規模土砂災害発生時の対応 (土砂災害防止法)

6.2 調査項目

火山噴火が発生、あるいは火山活動が活発化した場合は、緊急的な対策を検討するため、火山活動状況、土砂移動状況、地形変化、被災状況等について調査・把握する。

なお、緊急減災対策のための緊急調査の調査項目の一部は、土砂災害防止方に基づく緊急調査や、他関係機関が実施する調査と共通する。

<解説>

火山噴火は、事前の想定と同じ位置・規模で発生する事は少ないことから、各噴火時点で、適宜状況を把握する必要がある。そのため、噴火シナリオに対応した各時点で把握すべき情報とその調査方法を事前に検討しておく必要がある。

緊急減災対策の実施にあたっては、火山活動状況、土砂移動状況、地形変化、被災状況等多くの事項について調査・把握する必要がある。これらの調査項目については、砂防部局だけでなく、国や関係機関においても調査やパトロール等を行うため、関係機関の情報共有により、速やかに、不足することなく情報収集にあたることが重要である。

表 18 緊急減災対策のための緊急調査項目

実施項目	実施内容
降灰・不安定土砂の把握	降灰・不安定土砂の把握を行うため、情報収集、ヘリ調査、現地調査等を実施する。
降雨状況・土砂移動の把握	降雨状況・土砂移動の把握を行うため、既設雨量計の保守点検、土砂移動検知センサの緊急設置、土石流発生・非発生データの蓄積、ガリー調査等を実施する。
砂防施設の点検調査	砂防施設の堆砂状況、破損状態を把握するため、現地調査、ヘリ調査、監視カメラによる調査により点検調査を実施する。
緊急対策予定地の状況把握	緊急対策予定地およびアクセス道路の状況を把握するため、現地調査、ヘリ調査を実施する。
土砂移動に影響する地形変化の把握	土石流、火砕流、溶岩流等による被災範囲の想定（リアルタイムハザードマップ）の精度を上げるために、噴火中の地形変化を把握する。
被災範囲の想定	緊急調査結果をふまえた被災範囲の想定として、避難対策支援に資する情報となるリアルタイムハザードマップを作成する。

6.3 調査実施体制と役割分担

火山噴火時の緊急調査項目は多岐にわたるため、関係機関で連携し、調査結果を相互に共有することにより、迅速な状況把握に努める。また、緊急調査の役割分担については、平常時から関係機関との連携体制を構築していくことが重要であり、防災訓練等により事前に手順を確認し、効率的に調査が実施できるよう備える。

<解説>

緊急調査を円滑に行うため、平常時から、国及び県の砂防担当者、研究機関、火山及び砂防の専門家などからなる調査の実施体制・情報共有体制を構築する。気象庁や大学、研究機関等と火山噴出物の分布情報を共有すると共に、砂防部局で行った緊急調査による降灰量等については、リアルタイムハザードマップ等に降灰後土石流の危険範囲とともにまとめ、必要に応じて火山防災協議会と情報共有する。

また、道路部局や市町村から得られる道路の状況や住民避難の状況等を勘案して、優先度の高い箇所から緊急ハード・ソフト対策を実施する。

表 19 緊急時に必要な情報内容と砂防部局および砂防部局以外が実施する調査

調査目的	必要な情報内容	砂防部局で実施する調査	砂防部局以外が実施する主な調査
被災範囲の概略把握	・降灰の方向 ・地形変化の状況	・降灰状況調査	・ヘリによる観測調査(気象庁等)
降灰後の土石流対策溪流の抽出	・降灰・不安定土砂の状況	・降灰量調査(改正土砂法)	・火山噴出物の調査(産総研、気象庁、大学等)
融雪型火山泥流規模の想定	・積雪量	・積雪量調査	・積雪深計測(気象庁)
緊急減災対策の効率的な実施	・緊急対策箇所の状況 ・土砂移動状況	・土砂移動状況調査	・住民避難の状況調査(自治体) ・保全対象、道路の状況調査(道路管理部局、自治体等)
工事の安全確保	・気象状況 ・火山活動状況 ・土砂移動状況	・気象観測(雨量計) ・土砂移動実績調査 ・リアルタイムハザードマップの提供	・気象観測(気象庁) ・観測データの解析、噴火の推移予測(研究機関、気象庁)
避難対策の支援	・火山活動状況 ・地形変化の状況	・地形変化の確認 ・リアルタイムハザードマップの提供	・観測データの解析、噴火の推移予測(研究機関、気象庁)

火山噴火時に実施する『土砂災害防止方に基づく緊急調査』と『緊急減災対策に基づく緊急調査』で調査する項目について、実施主体を踏まえて、噴火警戒レベルの推移ごとに整理した結果を示す。今後、各機関の実施する調査項目や防災対応を整理した上で、緊急調査をより効率的に実施できる手順および役割分担について調整を行う。

表 20 火山噴火時に実施する緊急調査の噴火警戒レベルに沿った流れ

実施主体	項目	レベル1		レベル2	レベル3	レベル4-5	レベル2-3、1
		平常時	前兆現象発生	前兆現象～小規模噴火後	中規模噴火後	大規模噴火発生が 切迫、あるいは発生 直後	活動減衰 噴火終息後
関東地方整備局	土砂災害防災法に基づく緊急調査	緊急調査対象となる可能性のある溪流の基礎情報の収集など		緊急調査の着手を判断するための予備調査 被害の生じる恐れのある区域及び時期の想定に関する調査			
(国土技術政策総合研究所、利根川水系砂防事務所、国土地理院等と連携)	地形変化の把握	航空レーザー測量による噴火前データの取得・データベース化		航空レーザー計測・空中写真撮影 衛星画像(光学、SAR)の利用	○ UAV(無人航空機)レーザー計測・撮影 ○ 衛星画像(SAR)の利用		現地調査
	砂防施設の堆砂・破損状況の把握	現地調査による現地状況の把握 基本情報データベース化		現地調査 ヘリコプター等からの観測		○ UAV(無人航空機)からの観測	現地調査
	緊急対策予定地、アクセス道路の状況の把握	現地調査による現地状況の把握 基本情報データベース化		ヘリコプター等からの写真撮影 現地調査		○ UAV(無人航空機)からの撮影	現地調査による恒久対策への移行の計画
	降灰・不安定土砂の把握	降灰量計の備蓄		現地調査(下流域) 降灰量計の設置 ヘリコプター等からの観測 レーザー計測 衛星画像(光学、SAR)			現地調査 ヘリコプターなどからの観測(ガリーの状況など) レーザー計測
	降雨状況・土砂移動の把握	優先度の高い箇所の土砂移動検知センサーの設置 土石流発生非発生データの蓄積、振動データ分析		緊急的な土砂移動検知センサーの設置 土石流発生非発生データの蓄積、振動データ分析			土砂移動検知センサーの計画見直しと恒久対策化
	被災範囲の想定	プレアナリシス型ハザードマップデータの整備		リアルタイム型ハザードマップの実施			データベースの再整理

第7章 平常時からの準備事項

7.1 緊急調査に関する準備事項

土砂災害防止法に基づく緊急調査及び緊急減災対策のための緊急調査を効率的に実施するために、平常時から調査に必要な資機材の準備、調達方法、流域データの収集等を進める。

<解説>

(1) 調査に必要な資機材の準備

緊急調査に用いるUAV（無人航空機）などの特殊な調査機器や防災ヘリコプターは、緊急調査での使用について関係機関と予め調整を図る。

(2) 火山データの整備

噴火が長期間継続した場合やマグマ噴火に進展した場合には、さらに広い範囲で対策が必要となる。そのため、本白根山と白根山（湯釜付近）の中心部に位置する逢ノ峰を計算開始点とした水蒸気噴火時の降灰頻度マップで、降灰が1cm以上堆積する可能性が95%以上となる範囲に位置する土石流危険渓流で、保全対象が10戸以上の渓流を対象として流域諸元等を整理する。

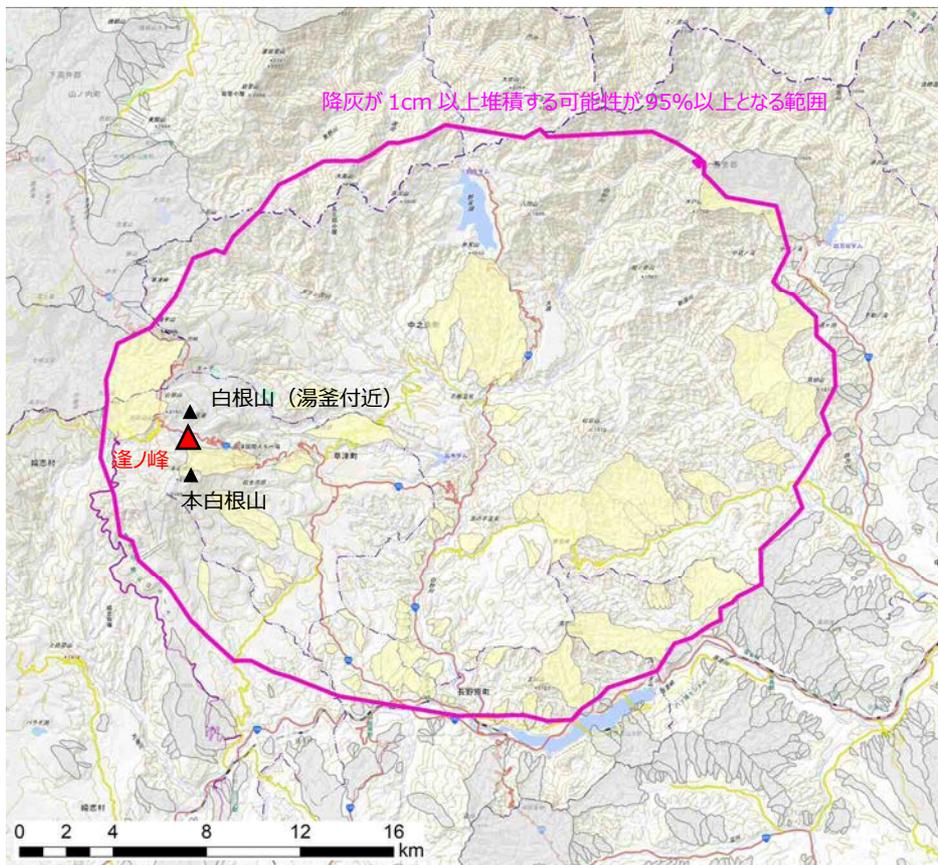


図 37 降灰厚さ1cm以上となる可能性が95%以上となる範囲に位置する渓流分布
計-60

(3) 緊急調査を効率的に実施するための準備

緊急調査を効率的に実施するための準備として、降灰量調査地点の位置と現地写真等を事前に整理する。また、緊急対策予定箇所および流域の状況について事前調査した結果は、緊急対策カルテなどに整理し、緊急対策実施時に活用する。

降灰量調査地点台帳(位置図)				観測地点調査表							
ルート番号	1	地点番号	J-10	火口からの距離	11120 m	調査日	年 月 日	採取時刻		採取番号	
緯度	36° 34' 23.1"	経度	138° 37' 28.7"	標高	681 m	厚さ	(mm)	採取重量	(g)	採取面積	(cm ²)
所在地	群馬県吾妻郡中之条町日影		土地利用	道路		単位面積重量	(kg/m ²)	乾燥密度	(g/cm ³)	換算堆積厚さ	(mm)
調査地点地図(ルート図)		調査地点地図(1:25,000)		現地写真:降灰前(遠景)		現地写真:降灰前(近景)		現地写真:降灰前(採取地点)			
現地スケッチ(★調査ポイント丸印で写真撮影位置)		全景(降灰前)		周辺状況		周辺状況		周辺状況			
		コメント		火山灰堆積計測		採取材料		採取材料量			
		冬季状況									
		道路脇駐車スペース 冬季実施可		調査時 コメント							

図 38 緊急調査時のカルテイメージ

(4) 上空からの緊急調査を効率的に実施するための準備

上空からの緊急調査を効率的に実施するための準備として、下記の事項を準備する。

- ・ 山腹における降灰堆積深の目安（登山道標識、住宅、小屋、巨岩や樹木等）となる物を抽出してリスト化する。
- ・ 立体地図に降灰堆積深の目安となる物の位置、該当箇所の写真集を準備する。
- ・ 現地確認のため、ヘリ搭載のGPS基図に、河川名、ランドマーク等を追加する。
- ・ 噴火前後の航空写真の比較により降灰・不安定土砂の分布域を把握するための航空写真集を作成する。

7.2 ハード対策に関する準備事項

緊急ハード対策を効果的に実施し、さらに緊急時の作業期間を短縮するために、資機材の準備・調達方法や土地の確保等について関係機関と調整する。

<解説>

(1) 緊急ハード対策に用いる資機材の備蓄・調達

緊急ハード対策に用いる資機材の確保について関係機関と調整を進める。

(2) 緊急ハード対策実施のための資機材搬入ルートを選定

対策候補地の地権者を把握し、緊急時の利用の可否について確認・調整を進める。

(3) 土捨て場、備蓄資材仮置き場の確保

備蓄資材仮置き場の確保について、関係機関等と調整を進める。本白根山で対策を実施する場合、浅間山に備蓄されている資機材の流用も考えられるが、移動距離が長くなるため、平常時から草津白根山周辺で資機材を備蓄するヤードの候補地を選定する。候補地の選定に当たっての検討方針を以下に示す。

<資機材ヤードの条件>

- ①市町村等が管理する公共用地
- ②施設駐車場等すでに平坦地として整備済みの場所
- ③近傍に道路がありアクセスが可能
- ④噴火警戒レベルで設定される立入規制区域外の安全な場所

(4) 土地の調査

対策候補地の地権者を把握するとともに、緊急時の利用の可否について確認・調整を進める。また、対策箇所 の地形情報について調査を実施する。

(5) 国立公園内および国有林内での対策に関する調整

国立公園内および国有林内におけるハード対策について、関係機関と調整を進める。

表 21 対策箇所の法規制一覧

No.	対象溪流		施設名称 (仮)	区分	法規制			
	融雪型火山泥流	土石流危険溪流			国有林野	保安林	自然公園	砂防指定地
①	-	泉水沢	泉水沢 計画	基本	●	●	● (特別地域)	
②	白根沢	-	白根沢 計画1	緊急	●	●	● (特別地域)	
③		白根沢	白根沢 計画2	基本	●	●	● (特別地域)	
④	巖洞沢	巖洞沢1	巖洞沢1 計画	基本	●	●		
⑤		巖洞沢3	巖洞沢3 計画	基本	●	●		
⑥		-	巖洞沢 計画1	基本	●	●		
			巖洞沢 計画2	緊急	●	●		
⑦	-	遅沢	遅沢川計画	基本				
⑧	-	中原沢	中原沢計画	基本				
⑨	-	堂沢	堂沢計画	基本				
⑩	-	万座川1	万座川1 計画	基本			● (特別地域)	
⑪	万座川2	万座川2	万座川2 計画	基本	●		● (特別地域)	●
⑫	-	松川	松川 計画	基本		●	● (特別地域)	
⑬	-	カラホリ沢	カラホリ沢 計画	基本			● (特別地域)	

機関	法規制	必要な資料	手続き・処理期間
林野庁	森林法 (保安林)	〈事後提出でもよい〉 ・「保安林内作業行為の実施に関する同意書の交付申請書」 ・「国有林野貸付申請書」 ・保安林内作業行為箇所位置図 (1/25,000) ・保安林内作業行為箇所区域図 (1/5,000) ・林小班別面積内訳書 ・実測図兼面積計算図 ・工事工程表	・緊急時であれば、届出の前に着手可能。 ・着手後は30日以内に書類を提出。
環境省	自然公園法	位置図(1/25,000、1/5,000)、平面図、立面図、断面図、構造図及び意匠配色図(立面図に彩色したものでも可)	・緊急時であれば、届出の前に着手可能。 ・着手後は14日以内に「非常時災害応急措置届出書」を提出。

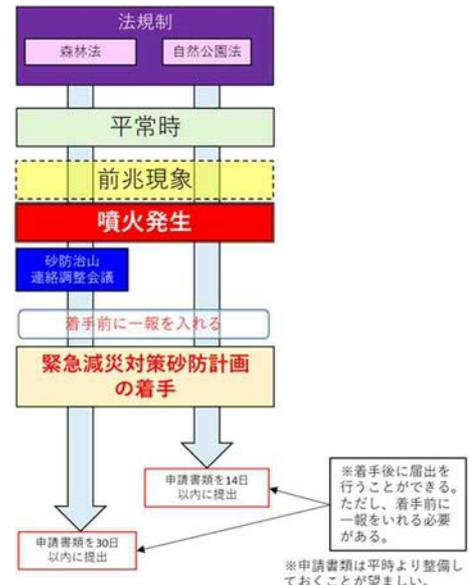


図 39 関係機関への手続き概要およびタイミング

(6) 緊急対策工事における安全対策

噴石避難壕、熱風避難壕等の緊急対策工事における安全対策施設の保有状況等について情報収集を行う。また、施工従事者への情報伝達方法について検討する。

(7) 無人化施工の準備

無人化施工については、適用可能な箇所あるいは無人化施工を想定した緊急ハード対策をあらかじめ検討し、施工計画を整理する。緊急時に現地に配備できる機械の種類、台数、オペレーターの数等を把握し、無人化施工に必要な許認可申請の迅速化を進めるなどの準備を併せて行う。

(8) 緊急減災対策開始のタイミング

緊急減災対策開始のタイミングについては、気象庁、砂防部局、自治体等で構成される「ワーキンググループ」で平常時から検討と情報共有を行い、必要に応じて適宜本計画へ反映するものとする。(例：自治体の避難行動と緊急ハード対策工事車両が錯綜しないようタイミングや対策位置を変更する。)

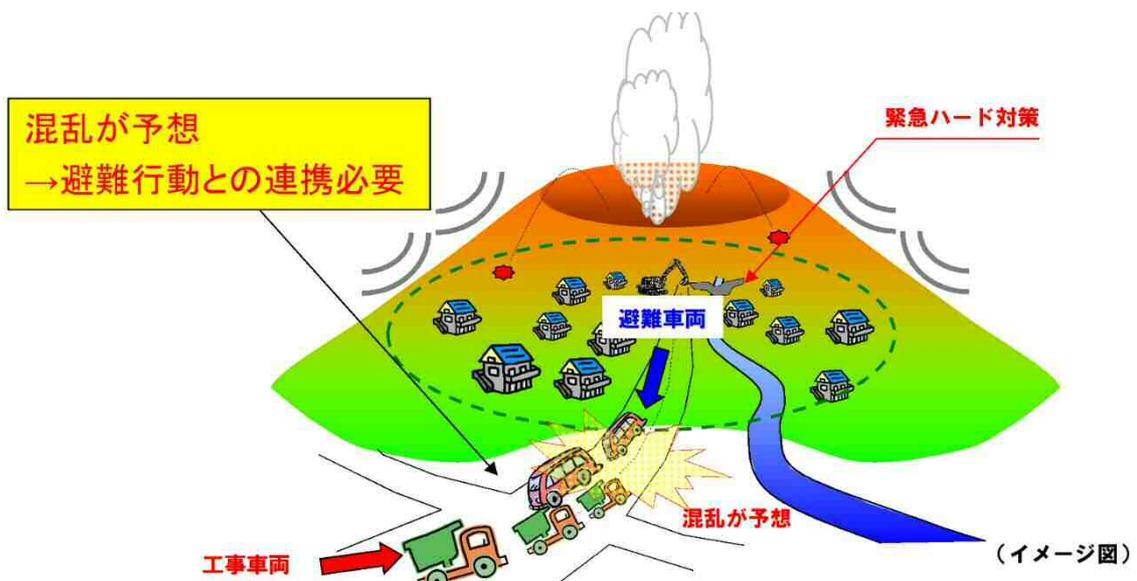


図 40 自治体との調整事項イメージ (避難行動と緊急対策の錯綜)

7.3 緊急ソフト対策に関する準備事項

平常時には、監視・観測機器等の整備を進める。また、緊急ソフト対策を効果的に実施するため、関係機関との調整を計画的に進める。

<解説>

(1) 機器の準備

監視機器の緊急的な調達のため、平常時から関係機関や機器メーカーと調整、情報収集を図る。

(2) 監視観測機器のデータ取得

平常時から降雨データや土砂移動現象が発生した場合のデータを収集する。

(3) 国立公園内および国有林内での観測機器設置の許可

国立公園内および国有林内で観測機器を設置するため、関係機関との調整を進める。

(4) プレアナリシス型ハザードマップ

避難対策を支援するため、土砂移動現象毎の影響範囲等を整理した災害予想区域図集を事前に作成する。データの種類によってデータ量が膨大となることから、外部サーバー等に格納し、情報の種類毎に更新の目安を設定し定期的に更新して管理する。

(5) リアルタイムアナリシス型ハザードマップ

本白根山では、リアルタイムハザードマップシステムを運用する。数値シミュレーションに入力するパラメータ等の設定方法、パラメータ設定に必要となる噴火時のデータの入手方法などについてあらかじめ検討するなど、緊急時の運用に向けた準備を進める。

(6) 情報通信網の整備

草津白根山周辺では、群馬県側では関東地方整備局による火山監視および河川監視用のカメラが整備されており、それに併せて光ケーブルが整備されている。長野県側では、横手山まで光ケーブル網が整備されている。緊急時における土砂移動センサー等の整備に当たってはこれら既存の通信システムやその電源を活用することが想定される。そのため、平常時から現状の情報通信システムの配備状況を把握するとともに、通信網の整備を進めておく必要がある。

また、観測局等への距離が遠い場合や想定外の現象に対応する場合など、既存の情報通信システムで不足する場合には、携帯電話による回線の確保や、衛星系無線通信システム（衛星携帯電話、衛星通信車、Ku-SAT 等）、地上系無線操作、災害対策テレメーター等の情報通信システムを利用し、土砂移動を監視するため必要なデータが伝送可能となる体制を整備する。

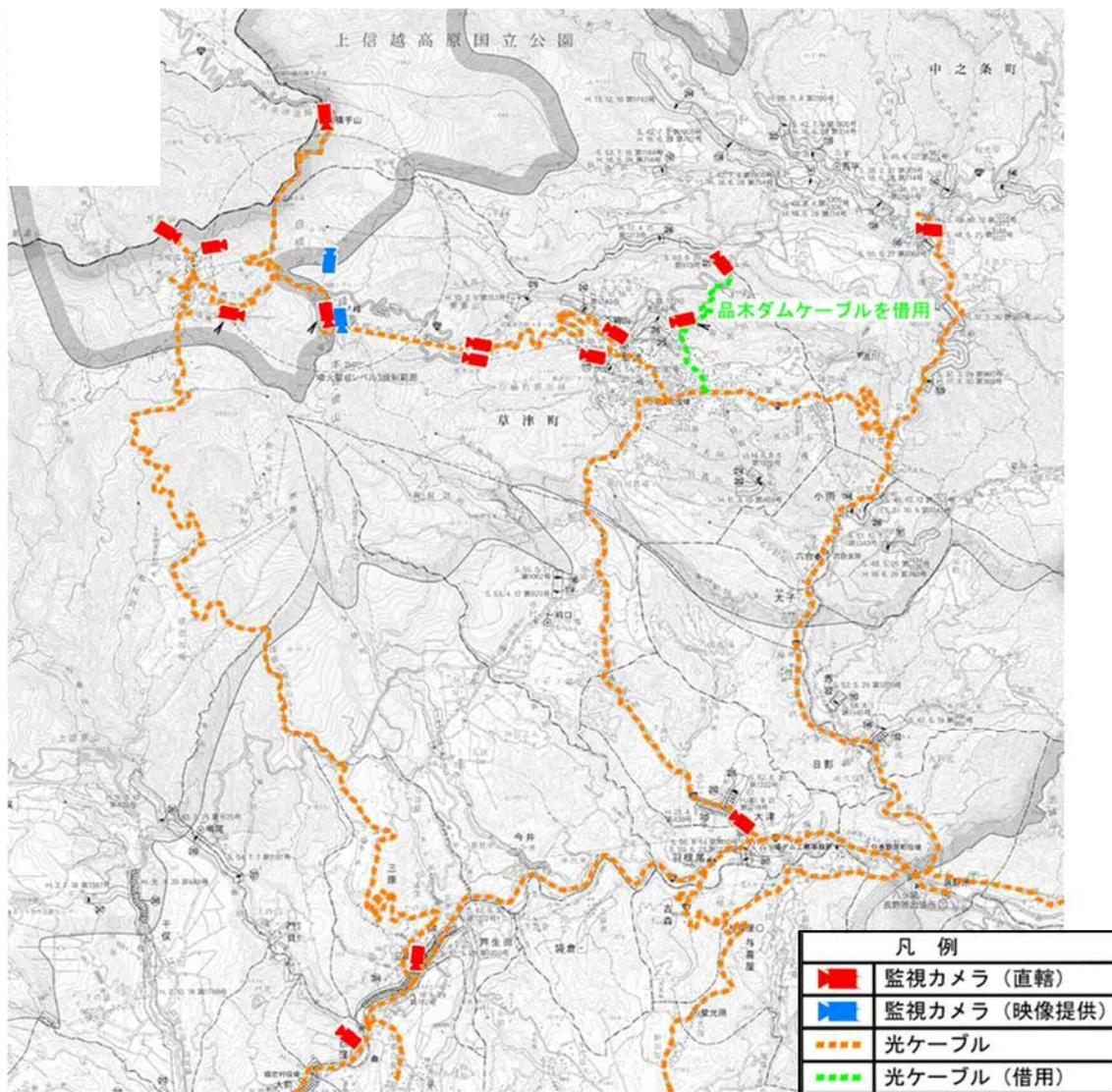


図 41 草津白根山周辺における光通信ケーブル整備状況

7.4 対策実行訓練等の実施

防災訓練等の実施により、噴火時に対策が円滑かつ効果的に実施できるようにその実効性の確保に努める。

(1) 職員の研修

緊急減災対策を効果的に実施するためには、対策実施に関わる職員が草津白根山の特徴や過去の災害状況等を理解しておくことが重要である。

そのため、火山や砂防、過去の災害を熟知した学識者、職員OB、ならびに内閣府火山防災エキスパート等を講師として、継続的に職員の研修を行い、草津白根山の火山活動や火山防災の知識を高めておく必要がある。

(2) 防災訓練等

緊急減災対策では、関係機関の連携や火山活動の状況に応じた臨機応変な対応が求められる。噴火の場면을時系列で想定した机上訓練（防災訓練等）は、多様な現象が想定される火山噴火に対して有効であり、関係機関等の円滑な対応が可能であるか等を検証し、必要な事項を抽出することで、計画の実行性の向上を図る。