

安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防計画

平成27年 3月

福島県火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会

はじめに

安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防計画は、「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）」に基づいて、福島県火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会（委員長：東京農工大学大学院 石川芳治教授）による検討を経て作成されたものである。

安達太良山は、箕輪山、鉄山、安達太良山、和尚山など複数の頂からなる火山群の総称であり、有史以降多数の噴火記録が残されている。特に 1900（明治 33）年の噴火では、火口内硫黄精錬所の作業員 72 名が亡くなる災害が生じており、近年では、1997（平成 9）年に火山ガスにより、沼ノ平火口南西部で登山客 4 名が亡くなっている。また、2000（平成 12）年 2 月には、一時的に噴気が高さ 300m まで上がった。

このような状況の下、安達太良山では、2000（平成 12）年に設置された「福島県火山災害予想区域図検討会」により火山災害予想区域図が作成され、これを基に 2002（平成 14）年 3 月に『安達太良山火山防災マップ』が公表された。また 2009（平成 21）年 3 月には、気象庁により『噴火警戒レベル』が導入されている。

火山噴火により想定される全ての現象に対応した砂防施設等の整備には、多大な時間と費用を要する。さらに、事前の想定と異なる噴火現象も起こりえるので、火山噴火が発生した場合は、関係機関が連携して火山活動の推移に応じた効果的な減災対策を臨機応変に実施する必要がある。そのためには、平常時から噴火時の緊急減災対策に対する備えをしておくことが重要である。

そこで、本計画は、噴火時に実施するべきハード、ソフト対策の基本的な考え方を示し、その上で緊急減災対策を円滑に進めるために平常時から準備すべき事項について整理した。

今後、本計画に基づき順次関係機関と調整を図りつつ、平常時から行う準備事項について実行していくものだが、安達太良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はないことから、各関係機関とともに火山防災力を高め、噴火に備えていく方針である。

本計画書は平成 27 年 2 月現在での火山活動、噴火履歴、また砂防設備整備状況などを踏まえ作成したものである。今後、火山についての新しい知見や設備の整備進捗状況を踏まえ、適宜見直しを行っていく。

目 次

【 基 礎 事 項 編 】

1. 安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本理念	基-1
1.1 安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防計画の目的	基-1
1.2 安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防計画の位置づけ	基-4
2. 想定される影響範囲と被害	基-6
2.1 安達太良山の噴火の特徴	基-6
2.2 安達太良山の噴火警戒レベル	基-13
2.3 安達太良山で想定される噴火シナリオ	基-15
2.4 想定される影響範囲	基-20

【 計 画 編 】

1. 火山噴火緊急減災対策砂防計画の方針	計-1
1.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の内容	計-1
1.2 対象とする噴火シナリオのケースの抽出	計-2
1.3 対策の開始・休止のタイミング	計-3
1.4 対策可能期間	計-4
1.5 対策箇所	計-4
2. 緊急ハード対策ドリル	計-6
2.1 工法・構造の考え方	計-6
2.2 施設効果量の考え方	計-8
2.3 緊急ハード対策施設配置計画	計-10
2.4 対策効果の検証	計-15
2.5 緊急ハード対策ドリル	計-17
3. 緊急ソフト対策ドリル	計-18
3.1 基本方針	計-18
3.2 避難対策支援のための情報提供	計-19
3.3 火山監視観測機器の緊急整備	計-20
3.4 リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定	計-25
3.5 光ケーブルなどの情報通信網の整備	計-27
3.6 火山噴火時の緊急調査	計-28
3.7 緊急ソフト対策ドリル	計-31
4. 平常時からの準備事項	計-33
4.1 対策に必要な諸手続・土地利用	計-33
4.2 平常時における検討事項	計-35

4.3 緊急減災ハード対策に必要な資機材の備蓄	計-36
4.4 火山防災ステーションの整備	計-38
4.5 関係機関との連携事項	計-39
4.6 火山防災の周知・啓発	計-41
4.7 顔の見える関係づくり	計-43

基礎事項編

1. 安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本理念

1.1 安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防計画の目的

安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防は、いつどこで起こるか予測が難しい火山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、安心で安全な地域づくりに寄与するものである。

1.1.1 安達太良山の概要

安達太良山火山は、福島市の南西約 25km に位置する安達太良山（標高 1700m）を主峰とし、福島市、郡山市、二本松市、大玉村、猪苗代町の東西 9km、南北 14km にわたって分布する成層火山群である。主な火山体は、北から鬼面山（きめんざん）、箕輪山（みのわやま）、鉄山（てつざん）、安達太良山（あだたらやま）、和尚山（おしょうやま）からなり、安達太良本峰の山頂部には西に開く沼ノ平火口（直径 1.2 km、深さ 150m）がある。

安達太良山の火山活動の明確な記録は、1900 年（明治 33 年）の沼ノ平火口での水蒸気噴火と考えられている活動である。この活動により、沼ノ平には長径約 300m、短径約 150m、深さ約 40m（中央部）の火口を生じ、火山灰や火山礫により沼ノ平内の硫黄採掘所において死者 72 名、負傷者 10 名を出す大惨禍となった。

現在、安達太良山周辺の広い範囲は、磐梯朝日国立公園に指定され、火山のつくり出す景勝地や温泉を目的に訪れる観光客が多い。また、周辺は開発が進み安達太良山を源頭部とする河川の下流は高度な土地利用がなされている箇所も多く、このような状況下で大規模な噴火が起こり、種々の土砂移動現象が発生した場合には、その被害は甚大なものとなることが懸念される。

火山噴火に対する備えとして、平成 23 年度に策定された「安達太良山火山砂防基本計画（案）」に基づくハード・ソフト両面からの対策を実施しているところである。



図 1-1 二本松市よりみる安達太良山

1.1.2 安達太良山の緊急減災対策砂防の必要性・目的

安達太良山においては、既往の砂防計画に基づき、順次ハード・ソフト両面の対策を講じているところであるが、火山活動はいつ活発化してもおかしくない。

基本対策に基づく施設整備途中段階で安達太良山が噴火した場合、限られた時間で可能な限り整備レベルを向上させる必要があり、そのためには事前からあらゆるケースを想定した緊急減災対策のメニューを検討しておく必要がある。

そのため、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、安達太良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。

この計画は災害に関する経験の積み重ねと対策の進捗等により見直されるべき性格のものであり、適宜修正を加えてゆく。

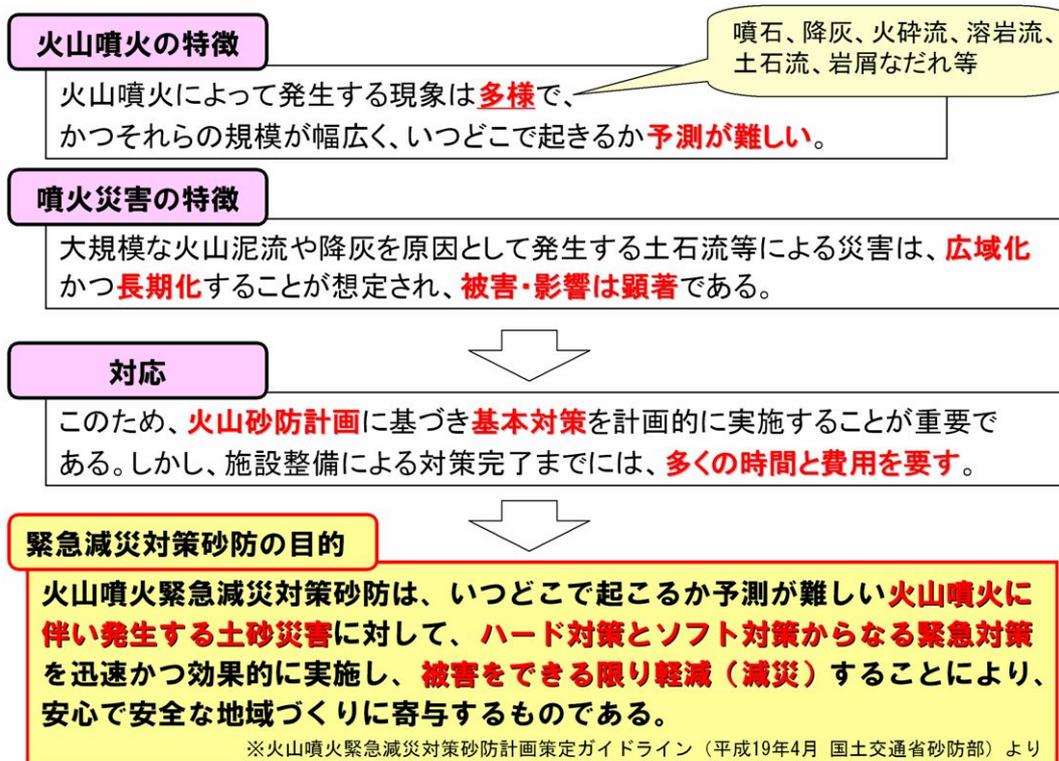


図 1-2 火山噴火緊急減災対策砂防計画の目的

火山噴火緊急減災対策砂防は、「緊急時に実施する対策」と「平常時からの準備事項」からなる。

「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。

「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。

安達太良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。

[緊急時に実施する対策]

- ・ 緊急ハード対策施設の施工（除石、遊砂地・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

[平常時からの準備事項]

- ・ 緊急支援資機材の備蓄
- ・ 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（平常時からの情報交換など）



図 1-3 火山噴火緊急減災対策砂防のイメージ

1.2 安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防計画の位置づけ

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、土砂災害に対し適切な対策を行う。

図 1-4 に火山防災対策と火山噴火緊急減災対策砂防計画の関係を示す。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。

表 1-1 には火山噴火時における主な関係機関の対応（案）を示す。このように、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、安達太良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安達太良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。

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、適切な対策を行う。

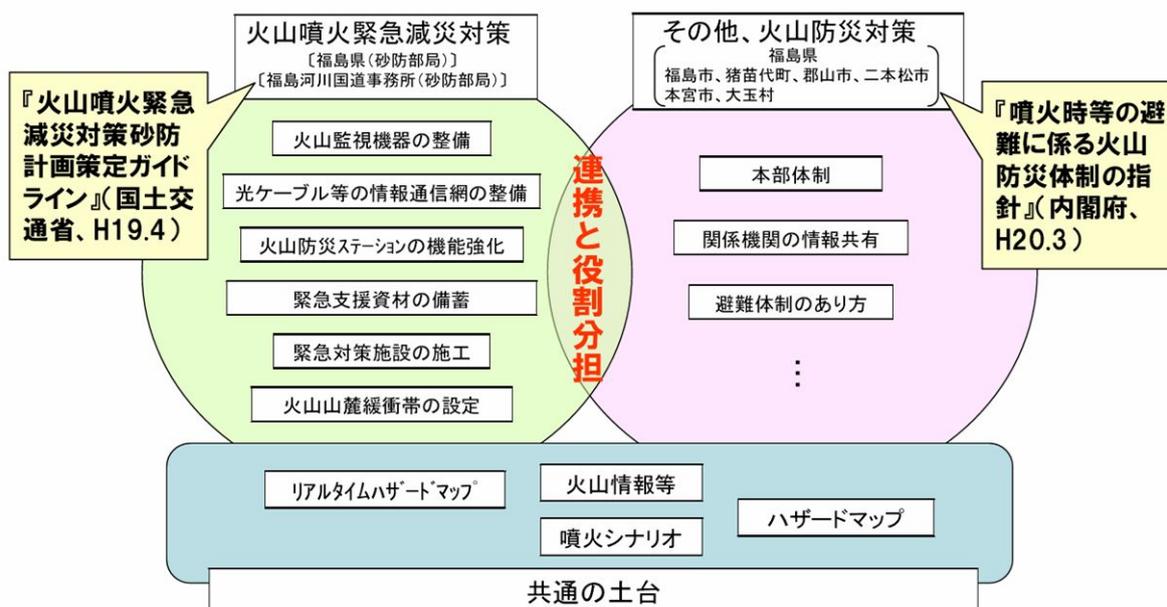


図 1-4 緊急減災対策砂防計画と火山防災対策の関係

表 1-1 各機関が噴火時に実施する火山防災対策

関係機関名	火山噴火時の役割
仙台管区气象台、福島地方气象台	火山監視、火山及びその他気象に関する警報
福島県 防災担当部局	関係機関への情報伝達・調整、連絡会議の開催、警戒区域の助言
福島市、猪苗代町、郡山市、二本松市 本宮市、大玉村	避難勧告・指示、避難所の準備、住民対応
陸上自衛隊第44普通科連隊	災害時の支援
県警本部、消防本部	避難誘導、通行規制
環境省裏磐梯自然保護官事務所	国立公園の管理、避難誘導
福島森林管理署、会津森林管理署	治山事業
福島県(砂防部局) 福島河川国道事務所等(砂防部局)	緊急減災対策砂防(ハード・ソフト対策、平常時準備)
福島河川国道事務所、福島県(道路)	通行規制・輸送支援
土木研究所、国土技術総合研究所 大学等研究機関	緊急減災対策砂防実施のための技術支援、火山活動の解説、各種対策の助言など
国土地理院	地殻変動の監視観測、地形情報の提供など
東北電力(株)、鉄道会社等	ライフラインの管理、通行規制

2. 想定される影響範囲と被害

2.1 安達太良山の噴火の特徴

2.1.1 安達太良山の火山活動史

安達太良山の活動は大きく3期のステージに分類される。第1期は約44万年前より古い活動で北端の溶岩ドームや前ヶ岳東部～南麓の山体が形成された。第2期は35万年前頃の活動で和尚山周辺の山体が形成された溶岩流主体の活動期である。第3期は25万年前から現在に至る活動期で前半の25～12万年前は溶岩流主体、12万年前以降は、沼ノ平周辺の小規模なマグマ噴火の活動となった。

(1) 過去約1万年間の火山活動

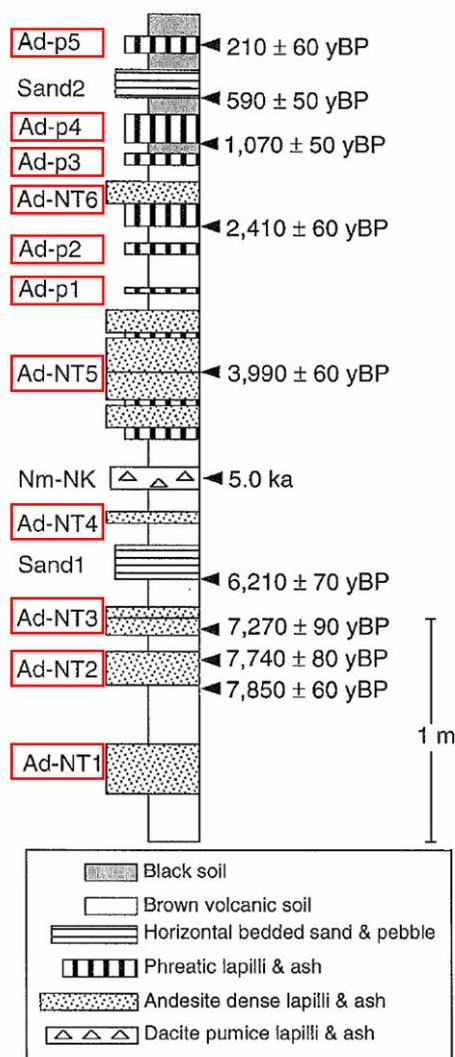
過去1万年間に確認された安達太良山起源のテフラは11層であり、最後のマグマ噴火（ブルカノ式噴火：爆発的なマグマ噴火）は約2,400年前（表2-1ならびに同左図）である。噴火の頻度としては、1万年間にマグマ噴火6回、最後のマグマ噴火の2,400年以降は水蒸気噴火が3回起こっている（表2-1）。

 : 安達太良山の噴火による堆積物

表 2-1 過去1万年間のテフラ層序

年代	テフラ名	記号	噴火形態	噴出量 × 10 ⁶ m ³ (DRE)
1900年		Ad-P5	水蒸気噴火	
10世紀頃		Ad-P4	水蒸気噴火	
?		Ad-P3	水蒸気噴火	
約2400年前	沼ノ平6テフラ	Ad-NT6	ブルカノ式噴火 水蒸気噴火	5
?		Ad-P2	水蒸気噴火	
?		Ad-P1	水蒸気噴火	
約4000年前	沼ノ平5テフラ	Ad-NT5	ブルカノ式噴火 水蒸気噴火	20
5000年前	沼沢-沼沢湖テフラ	Nm-NK	←広域テフラ（鍵層）	
約5600年前	沼ノ平4テフラ	Ad-NT4	ブルカノ式噴火 水蒸気噴火	6
約7200年前	沼ノ平3テフラ	Ad-NT3	ブルカノ式噴火 水蒸気噴火	10
約7800年前	沼ノ平2テフラ	Ad-NT2	ブルカノ式噴火 水蒸気噴火	8
約1万年前	沼ノ平1テフラ	Ad-NT1	ブルカノ式噴火 水蒸気噴火	30

出典) 山元孝広・阪口圭一(2000)、テフラ層序から見た安達太良火山、最近約25万年間の噴火活動、地質学雑誌、Vol.106, No.12, p.865-882



過去1万年間のテフラ層序の代表柱状図

(2) 有史以降の火山活動

有史時代の火山活動について表 2-2 に一覧する。1900 年以降、噴火は確認されていないが、度々噴気活動の活発化や泥噴出が認められる。その最大は噴気が一時的に 300 m まで上昇した 2000 年 2 月の活動である。

なお、1900 年噴火では 1 年前から活動が活発化しており、1899 年～1900 年は一連の活動期間と見なせる。一方、1995 年から始まった活動は 2004 年に低下するまで継続しており、この期間も一連の活動と見なして良いと考えられる。

表 2-2 有史以降の安達太良山の活動

年	現象	状況
807 年	土砂流出	沼ノ平火口から南方の石筵村方面に土砂流出。
10 世紀?	噴火	
1530 年	噴火 土砂流出	沼ノ平付近で噴気の活発化・小規模な水蒸気爆発。西方の木地小屋まで土砂が流出。
1623 年	噴火	安達太良山が噴火。
1658 年	山腹崩壊?	山崩れ・温泉湧出。
1813 年	噴火	小規模噴火、噴煙多量。
1899 年 (明治 32)	噴火	1899 年初め頃から活動活発化し、噴気孔数、噴気量増大。 8 月 24 日に沼ノ平内の火口から大音響とともに火炎を噴出。25 日火口縁を破壊し、灰や硫黄泥を噴出。降灰は東方 8km に達す。溶融硫黄が流出。 11 月 11～12 日にも同一地点で黒煙や石を噴出。
1900 年 (明治 33)	地震	7 月 16 日夜、沼尻で地震。
	噴火	7 月 17 日沼ノ平に長径 300m、短径 150m の火口を生じ、熱灰や石を噴出。噴出物総量 $1.1 \times 10^6 \text{m}^3$ 。火口の硫黄採掘所全壊。死者 72 名、負傷者 10 名。山林耕地被害。
1950 年 (昭和 25)	噴煙	2 月 25 日 噴煙高度 50m。
1985 年 (昭和 60)	噴気	6 月 噴気確認
1987 年 (昭和 62)	噴気	10 月 沼ノ平西側で噴気確認
1995 年 (平成 7)	火山性微動	10 月 27 日
1996 年 (平成 8)	泥水噴出	6 月 沼ノ平中央部で泥水の噴出を確認。 沼ノ平中央部で泥水の飛沫が直径約 100m の範囲で確認。 聞き取りにより、泥の噴出は 9 月 1 日頃と推定される。
1997 年 (平成 9)	火山ガス	9 月 15 日火山ガス (硫化水素) により、沼ノ平で登山者 4 名死亡。
2000 年 (平成 12)	噴気	2 月沼ノ平の噴気が一時的に高さ 300m 上がる (2001 年 2 月にも同様)。
2001 年 (平成 13)	噴気	噴気活動活発。9 月の現地観測で新たな噴気孔確認。
2004 年 (平成 16)		沼ノ平の噴気活動低下。

一連の活動期間

一連の活動期間

2.1.2 代表的な噴火の概要

(1) 約1万年前の噴火 (Ad-NT1 テフラ)

- 過去約1万年間で発生した11回の噴火で最大規模（噴出量 $3.0 \times 10^7 \text{m}^3$ ）。
- 山体東側に大量の火山灰を降らせた。

沼ノ平1テフラ (Ad-NT1) とよばれる降下火砕物を堆積させた約1万年前の噴火は、安達太良山の過去約1万年間に発生した11回の噴火の中で最大規模の噴火である。その活動は、ブルカノ式噴火（爆発的なマグマ噴火）であったと推測され、降下火砕物の堆積範囲は他の噴火と比較して広く東南東に広がっており、現在の二本松市付近でも厚さ3～4cm程度の堆積があったと推定される（図2-1）。

8cm および 16cm の等層厚線から見積もった噴出物総量は、 $3.0 \times 10^7 \text{m}^3$ である。

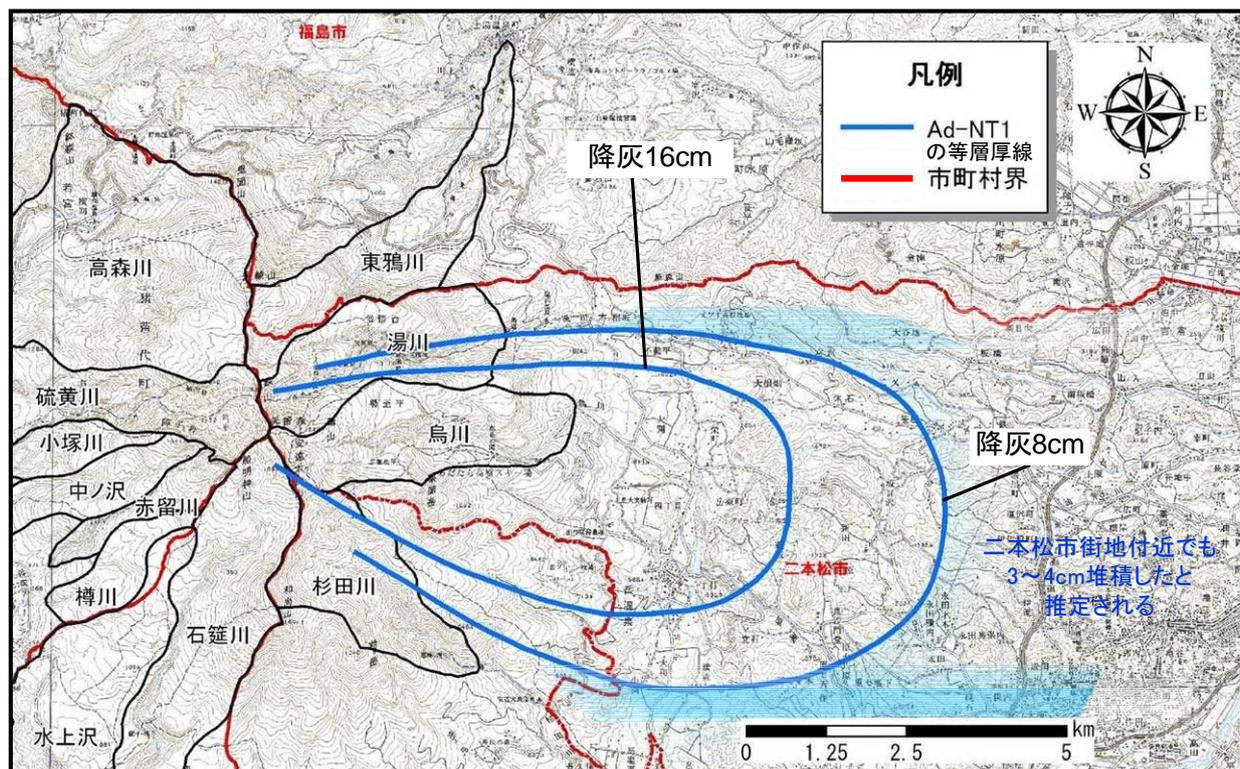


図 2-1 約1万年前の噴火による堆積物分布図*

*山元孝広・阪口圭一（2000）、テフラ層序から見た安達太良火山、最近約25万年間の噴火活動、地質学雑誌、Vol. 106, No. 12, p. 865-882

(2) 1899年～1900年(明治32年～明治33年)の噴火

- 有史以降の最大規模の噴火。水蒸気噴火。(噴出物量 $1.1 \times 10^6 \text{m}^3$)
- 火砕サージにより沼ノ平火口内で硫黄採掘に従事していた作業員ら72名が死亡した。

1900年7月17日の噴火は、有史以降最大規模の噴火である。その時系列を下表に示す。噴火の1年前から活動が活発化していたことが注目される。7月17日は、最大規模の噴火が発生する約7時間前の午前11時に沼尻温泉の泉温上昇や湧水の枯渇等の前兆的現象が確認され、16時頃に最初の爆発が発生したが、硫黄精錬所は操業を継続していた。18時頃から数回の爆発が起こった後、最大規模の爆発が発生し、火砕サージが硫黄川を流走し、火口内にいた作業員が被災した。

この時の火砕サージは、白糸の滝付近まで流下した。

表 2-3 1899年～1900年(明治32年～明治33年)噴火の概略時系列

年	月	日	時間	状況
1899年	年始め			活動活発化。噴気孔数、噴気量増大。
	8月	24日		沼ノ平内の火口から大音響とともに火炎を噴出。
		25日		火口縁を破壊し、灰や硫黄泥を噴出。
	11月	11日		黒煙や石を噴出。
1900年	7月	16日	夜	沼尻で微震を観測
			17日	8時半頃
		11時	前兆現象?(沼尻温泉の泉温上昇・井戸水現象・湧水枯渇)	
		16時頃	沼ノ平火口南縁の船明神山下方で小爆発があったにもかかわらず、火口内の硫黄精錬所は操業を継続。	
		18時頃から	30分間に3回の爆発。2回目の爆発で、少年一人が逃走し、無事に避難。その後、他の作業員のうち約半数が避難を開始、3回目の噴火時には沼ノ平火口西縁の銚子口付近まで到達していたが、立ち止まり噴火を傍観して被災した者多数。 最大規模の爆発が発生し、火砕サージが硫黄川を流走し、銚子口で傍観していた作業員や作業員の生活棟が被災。また火口中央部の陥没により、火口内の精錬所が壊滅消失、残っていた作業員全員が即死した(遺体不明)。 沼ノ平に19火口が形成され、そのうち最大の火口が後まで噴気活動	



図 2-2 1900年噴火で発生した土砂移動現象等の推定影響範囲

2.1.3 近年の火山活動

- 1996年（平成8年）9月に沼ノ平火口で泥水噴出。
- 1997年9月16日に沼ノ平火口南西部で登山客4人が火山ガス（硫化水素）で死亡。
- 2003年頃まで噴気活動が活発な状態が続いた。

(1) 1996年（平成8年）の泥水噴出

1995年10月から火山性微動が観測されていたが、1996年9月に活動が活発化し、沼ノ平中央部で泥水の飛沫が直径約100mの範囲で確認された。この泥水の噴出は、9月1日頃と推定されている。



図 2-3 1996年の泥水噴出後

(2) 1997年（平成9年）9月16日の災害

1997年9月16日には、沼ノ平火口南西部で登山客4人が火山ガスで死亡し、現在沼ノ平火口内は立ち入り禁止となっている。

なお、これら活動では沼ノ平火口外への噴出物の放出は確認されていない。

(3) 噴気活動

2000年2月や2001年2月には噴気の高さが300mに達するなど活発な噴気活動は2003年頃まで続いた。

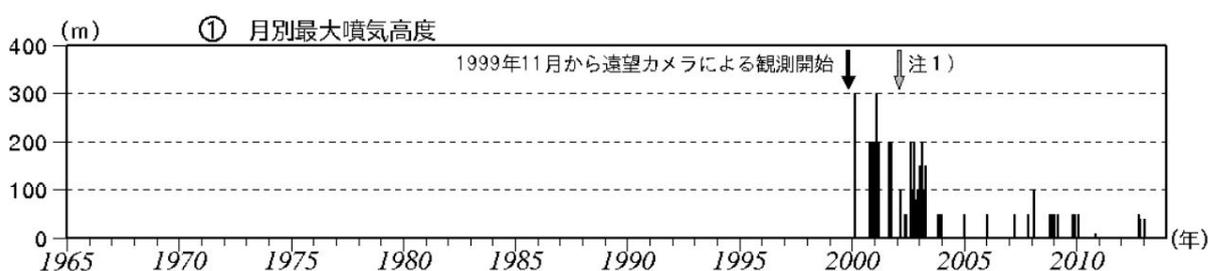


図 2-4 安達太良山 沼ノ平火口の月別最大噴気高（1965年7月～2013年2月）

- ・2002年2月以前は定時（09時、15時）及び随時観測による高さ。
- ・2002年2月以降は全ての時間で観測したデータによる高さ。

（安達太良山の火山活動解説資料（平成25年12月）より）

2.1.4 火山活動以外の土砂移動現象

- 沼ノ平からは過去 2,600 年間に 7 回以上泥流が流下している痕跡がある。
- 沼ノ平周辺では、斜面崩壊が相次ぎ、1824 年の「岳山くずれ」では、崩壊土砂が土石流化し、下流域で数百名の死者を出した。

(1) 沼ノ平から繰り返し流下した火山泥流

安達太良山では、過去約 2600 年間に沼ノ平から火山泥流（ラハール）が 7 回以上、西側へ流下している痕跡が発見されている（山元, 1998）。

このうち最大の泥流は約 2600 年前に流下したもので流出土砂量約 $8.4 \times 10^6 \text{m}^3$ と推定される。その他 6 回は 1 オーダー小さい流出量であり、最新のもの、約 850 年前に流下した。

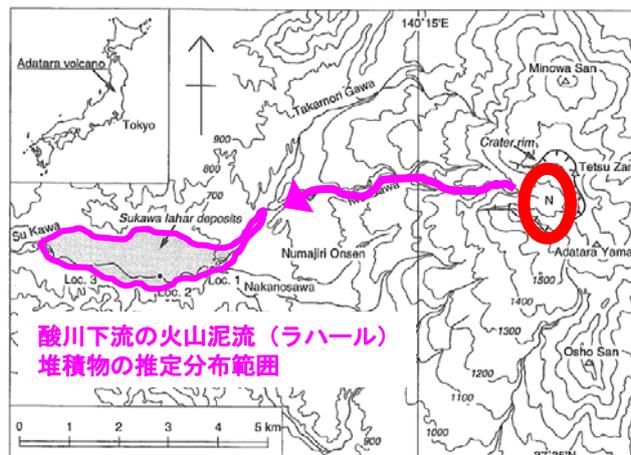


Fig. 1. Topographic map showing the summit area of Adataro volcano and the location of the Sukawa lahar deposits. N = Numanotaira.

(2) 斜面崩壊

沼ノ平火口付近は温泉変質により脆弱な地質となっており、過去に幾度も斜面崩壊が発生している。特に 1824 年に発生した「岳山崩れ」は、鉄山南斜面 2 箇所が崩壊して土砂が流出し、幅 45m・長さ 100m にわたって沢筋を埋積した。くろがね小屋付近には、当時温泉（陽日温泉）があり、発生した土石流により多数の死傷者が出た。

また、2011 年 9 月 5 日午前 6 時頃に、鉄山の「南壁」上部が 300m ほど崩壊し、麓にある岳温泉の源泉や引き湯設備の一部が埋まった。

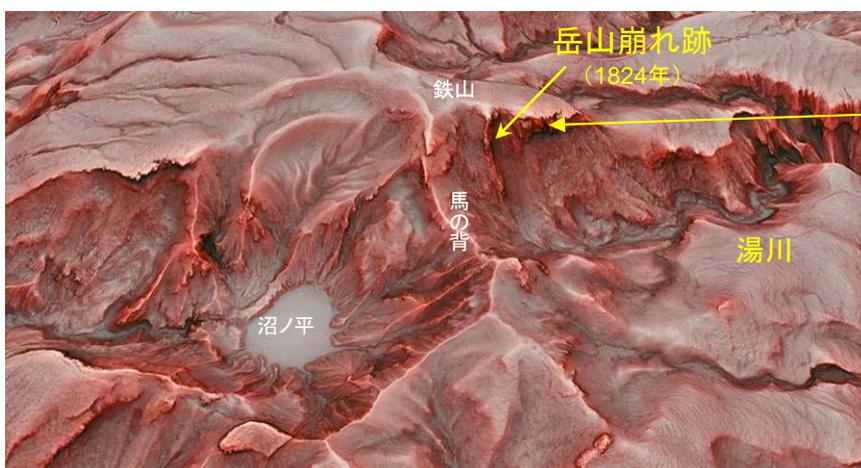


図 2-5 沼ノ平火口周辺の赤色立体地図



(写真提供：藤縄明彦氏)

2011 年 9 月 5 日の崩壊

2.1.5 安達太良山の火山活動の特徴

安達太良山の火山活動史により、代表的な噴火を規模別に整理した（表 2-4）。これより、安達太良山の火山活動の特徴は次のように整理できる。

- 過去の活動は比較的規模の大きなマグマ噴火と中小規模の水蒸気噴火に分類できる。
- 過去1万年間に発生している水蒸気噴火は噴出量 10^6m^3 (VEI2) 程度であり、マグマ噴火は 10^7m^3 (VEI3) 程度の規模も発生する可能性がある。
- 但し、過去25万年まで遡ると $10^{8\sim 9}\text{m}^3$ (VEI4~5) 程度の噴火も発生している。
- 火砕流や溶岩流は、過去約5年以上発生していない。
- 過去約1万年間の火口は全て、沼ノ平火口である。

表 2-4 安達太良山の代表的な噴火事例の整理（過去1万年間）

規模※1	規模※1 および代表噴火事例	噴出量 ($\times 10^6\text{m}^3$)	発生現象	特記
規模大 ↑ ↓ 規模小	噴出量 10^7m^3 程度 (VEI3) 約1万年前の噴火 沼ノ平1テフラ (Ad-NT1)	30.0	マグマ噴火 〔ブルカノ式噴火 マグマ水蒸気噴火〕	・過去1万年間の最大規模
	噴出量 10^6m^3 程度 (VEI2) 1900年(明治33年)の噴火	1.1	水蒸気噴火 〔火砕サージにより 死者72名、 負傷者10名〕	・有史以降最大規模 ・現行ハザードマップの対象規模 ・泥流などの土砂移動は山麓まで到達する可能性が有る
	噴出量 $10^{4\sim 5}\text{m}^3$ 程度 (VEI1) 1899年(明治32年)の噴火	1.0以下	水蒸気噴火 〔降灰は東方8km まで到達。 火口縁を破壊し、 溶融硫黄が流出。〕	・山腹・山麓への直接的な影響はほとんどない。
	噴出量 10^4m^3 以下 (VEI0) 1996年(平成8年)の泥噴出	極少	地熱・噴気活動活発化。 泥水噴出(直径100m 程度の範囲)。	・直接的な影響は火口周辺にとどまる

※1: VEI は火山爆発指数(Volcanic Explosivity Index)



水蒸気噴火の事例
(有珠山2000年噴火)



ブルカノ式噴火の事例
(桜島)

2.2 安達太良山の噴火警戒レベル

安達太良山は2009年（平成21年）3月に噴火警戒レベルが導入された。次頁に安達太良山の噴火警戒レベルを添付する。

なお、安達太良山においては、噴火警戒レベル導入後現在まで、レベル1（平常）が継続している。

【噴火警戒レベル】

噴火警戒レベルとは、火山活動の状況を噴火時等の危険範囲や必要な防災対応を踏まえて5段階に区分したものである。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、各区分にそれぞれ「避難」「避難準備」「入山規制」「火口周辺規制」「平常」のキーワードをつけて警戒を呼びかける。噴火警戒レベルは噴火警報及び噴火予報で発表する。

現在、30火山（平成25年7月現在）において、噴火警戒レベルを提供している。

表 2-5 噴火警戒レベルの説明

種別	名称	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		
特別警報	噴火警報 (居住地域) 又は 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）。	
警報	噴火警報 (火口周辺) 又は 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）。
予報	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）。	通常の生活。	特になし（状況に応じて火口内への立入規制等）。

2.3 安達太良山で想定される噴火シナリオ

2.3.1 想定する噴火形態

過去約1万年間の活動実績に基づく安達太良山の噴火の特徴により、噴火シナリオで想定する噴火形態は、次の2ケースとする。

- 熱水活動の活発化に伴う**水蒸気噴火**
- 新たなマグマの上昇による**マグマ噴火（ブルカノ式噴火）**
(火口湖が存在する場合はマグマ水蒸気噴火)

2.3.2 想定する現象と噴出物量

安達太良山の水蒸気噴火とマグマ噴火により想定する現象と噴出物量は、表 2-6 に示すとおりとする。

水蒸気噴火の噴出物量は、有史以降最大規模である1900年噴火規模 ($1.1 \times 10^6 \text{m}^3$) とし、安達太良山火山防災マップおよび安達太良山火山砂防基本計画(案)と整合を図る。

マグマ噴火については、中間的な規模として沼ノ平5テフラのうち、1回の噴火による噴出量と想定される量を参考に設定した。

表 2-6 想定する現象と噴出物量

噴火形態	火口	想定現象	規模（噴出物量）	備考
①水蒸気噴火	沼ノ平火口	噴石	1900年噴火規模 $1.1 \times 10^6 \text{m}^3$	・現行の火山防災マップの想定規模と同様とし、整合を図る
		降下火砕物(降灰)		
		火砕サージ		
		融雪型火山泥流	平年的な積雪深による融雪量	
②マグマ噴火	沼ノ平火口	噴石	中間的なマグマ噴火規模 $6.0 \times 10^6 \text{m}^3$	・1回の噴火の噴出物量として、Ad-NT5の最大総厚を参考に想定
		降下火砕物(降灰)		
		火砕サージ	【参考規模】 過去1万年間最大規模(沼ノ平1テフラ) $30.0 \times 10^6 \text{m}^3$	・過去1万年間で最大のマグマ噴火であるAd-NT1の噴出物総量より想定
		融雪型火山泥流	平年的な積雪深による融雪量	・高温の火砕サージ(約800℃)による融雪を想定
土砂移動現象	沼ノ平火口	降灰後の土石流	降灰による浸透能の低下を考慮して規模を設定	・降灰深10cm以上となる溪流を対象とする。(但し、緊急調査は1cm以上の溪流を対象とする)
		火口壁の崩壊(岩屑なだれ)	噴火等により、火口壁東側のやせ尾根部が崩壊することを想定	・火山防災マップの想定と同様 ・前兆段階の地震等によっても発生するおそれ
		火口湖に由来する火山泥流	沼ノ平火口に湛水した場合の水量から規模を設定	・泥流が硫黄川を流下する想定

※注) 火砕流、溶岩流は、少なくとも過去5万年以内で発生していないため、噴火シナリオ案からは除外している。

【マagma噴火の想定噴出物量の根拠】

山元・阪口(2000)により、過去1万年間で最大噴出量のテフラは、沼ノ平1テフラ(1万年前)の $30.0 \times 10^6 \text{m}^3$ とされている。但し、沼ノ平1テフラの規模は大規模であるため、マagma噴火の対象規模としては、中間的な規模を想定することとする。中間的な規模としては1回の噴火による噴出量を想定することとし、露頭において成層構造が明確な沼ノ平5テフラに基づき規模を設定する。

沼ノ平5テフラは、全体の噴出量が約 $20.0 \times 10^6 \text{m}^3$ と見積もられているが、露頭で7層確認されており、1回の噴火でこの全量が噴出したとは考えにくい。

そこで、マagma噴火の想定噴出量は下記の方針で設定することとした。

- 沼ノ平5テフラ(約4,000年前)の7層のうち、最大規模を抽出する。
- 露頭で観察される堆積物厚見合いで噴出物総量($20.0 \times 10^6 \text{m}^3$)を配分することで、最大規模の噴出物量を設定する。
- 露頭の記載は、山元・阪口(2000)に記載されているものを用いる。

図2-6に沼ノ平5テフラの柱状図を示す。これによると下位から5層目が全体で最も厚い層である。この層は、沼ノ平5テフラ総量($20.0 \times 10^6 \text{m}^3$)の約26%(約 $5.2 \times 10^6 \text{m}^3$)であるので、これを参考にマagma噴火1回の最大噴出物量を $6.0 \times 10^6 \text{m}^3$ と想定する。

ただし、学識者ヒアリング等により、沼ノ平1テフラの総量が1回の噴火で噴出する可能性も否定できないため、 $30.0 \times 10^6 \text{m}^3$ についても噴火シナリオの想定噴出物量に加えることとする。

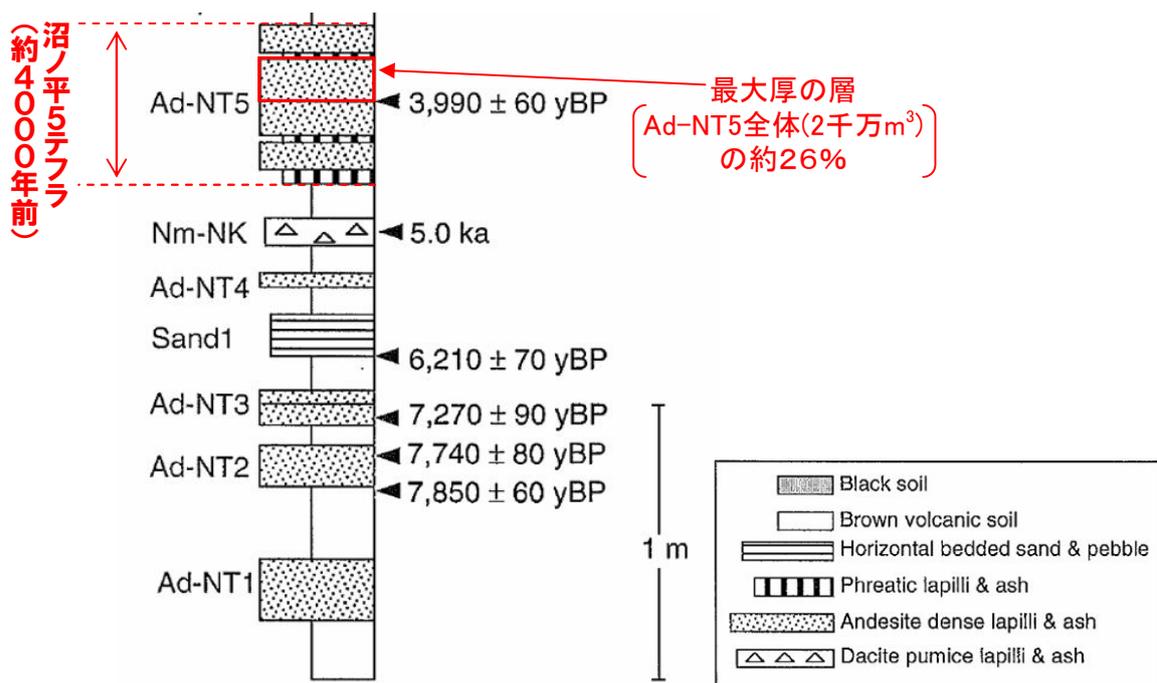


図 2-6 沼ノ平5テフラの層構造

『山元孝広・阪口圭一(2000):テフラ層序から見た安達太良火山、最近約25万年間の噴火活動、地質学雑誌、Vol.106, No.12, p.865-882』より引用

2.3.3 想定火口

想定火口は次に示すとおりとする。

●沼ノ平火口

安達太良山における過去1万年間の噴火、記録に残る噴気活動は全て沼ノ平火口で発生しており、今後も沼ノ平以外の箇所では噴火が発生する可能性は小さいと考えられる。



2.3.4 火口壁の崩壊（岩屑なだれ）について

火口壁東部のやせ尾根（馬の背）が崩壊して生じる岩屑なだれを想定する

岩屑なだれは、火山体の一部が崩壊してなだれのように高速で流れ下る現象で、高温ではないが破壊力が大きい。安達太良山では火口壁東部のやせ尾根が噴火や前兆の地震に伴い崩壊して発生することが懸念されるため、シナリオに加える。

2.3.5 火口湖に由来する火山泥流について

火口湖に由来する火山泥流の発生をシナリオに加える

沼ノ平火口では、1900年噴火以降湛水し火口湖が形成されていた記録が残されている。また、硫黄川では度々泥流が流下した記録があることも踏まえ、沼ノ平火口が湛水して、それに由来する火山泥流の発生についてもシナリオに加えて検討することとする。



手記『沼尻硫黄山の噴火』に添付されている沼ノ平の写真。右下に湯気を上げる水を湛える沼ノ平が確認できる(撮影年不明)

猪苗代町提供の写真。水を豊かに湛える沼ノ平火口(撮影年不明)

図 2-7 沼ノ平の湛水を記録した古写真

2.3.6 噴火シナリオ

以上で検討した各想定事項（要素）を組み合わせた噴火シナリオをイベントツリーの形で作成した（図 2-9）。

噴火シナリオには、各段階で想定される噴火警戒レベルも同列に整理した。

〔隣接する3火山との被災重複について〕

安達太良山の周囲には、吾妻山・磐梯山があり、ともに活火山である。これら3山のうち安達太良山と吾妻山は、同時期に活動した実績があり、今後も同時期に活動が活発化する可能性は否定できない。

下図に3火山の影響を概念的に示したが、例えば西側に位置する磐梯山が噴火した場合、安達太良山の斜面にも大量の火山灰が降る可能性があり、その際には、安達太良山でも降灰後の土石流が発生しやすくなることが予想される。

また、安達太良山を源頭部に持つ東鴉川で土石流が発生した場合、その影響は荒川におよぶことになる。

したがって、安達太良山の噴火だけでなく、隣接する火山が噴火した場合も念頭において安達太良山での緊急対策を検討する必要がある。

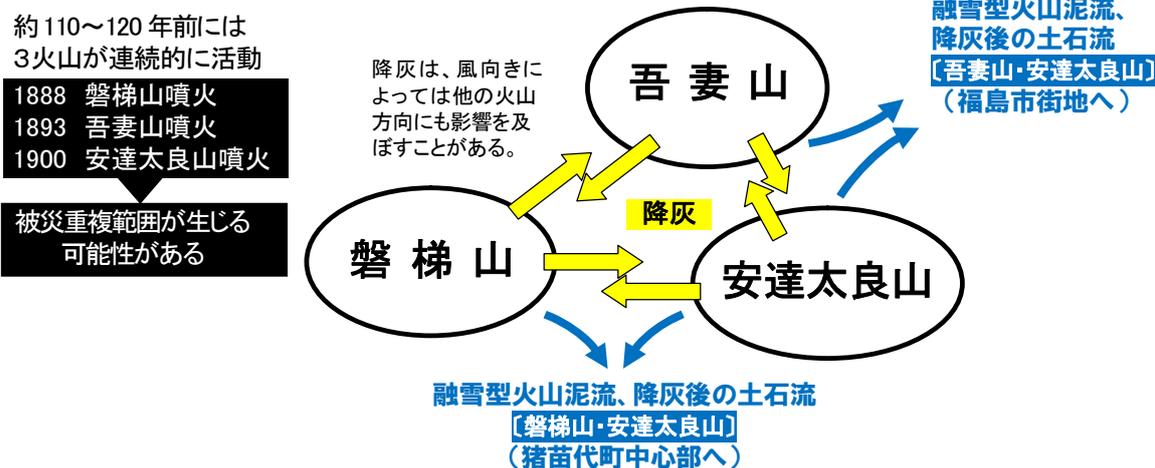
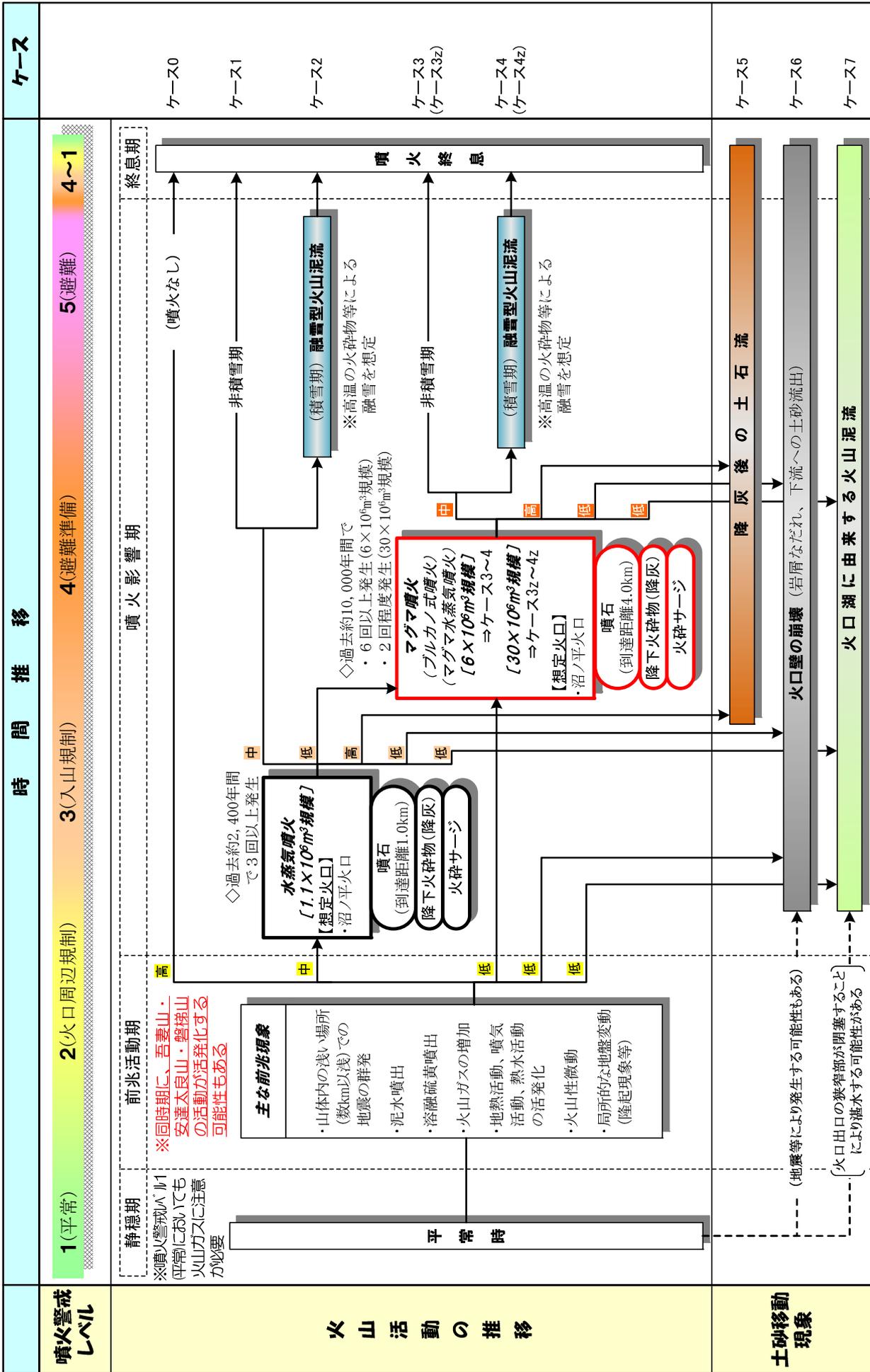


図 2-8 福島県3火山の影響関係概念図

(全8ケース)



安達太良山における過去1万年間の活動履歴に基づき発生頻度が高いと考えられるシナリオ。1万年より古い時代にはこれより大きな規模の噴火も発生している。各現象の推移の可能性(高・中・低)は、「主な前兆現象」、「水蒸気噴火」、「マagma噴火」の各段階において、相対的に示している。ケース3z、4zは、マagma噴火の最大規模(噴出量 $30 \times 10^6 \text{ m}^3$)を想定したケース(参考値)である。火砕流、溶岩流は、少なくとも過去5万年以内で発生していないため、噴火シナリオからは除外している。

図 2-9 安達太良山の想定噴火シナリオ

2.4 想定される影響範囲

噴火シナリオ毎に数値シミュレーション解析等に基づき、影響範囲を想定し、シナリオ別（全8ケース）の安達太良山火山災害予想区域図集を作成した。

災害予想区域図集は、別冊とした。

表 2-7 安達太良山火山災害予想区域図集の作成図一覧

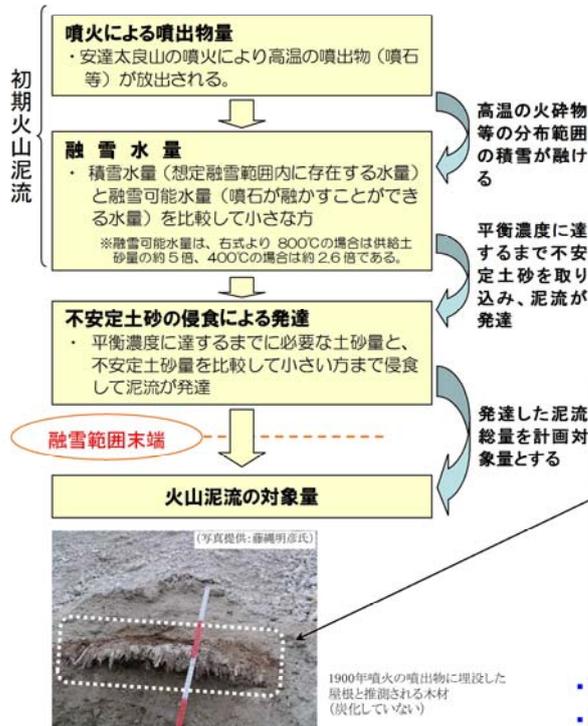
噴火シナリオのケース		図の説明	想定現象
ー	ケース0 (噴火に至らないケース)	(噴火に至らないため図はない)	(前兆現象のみ)
水蒸気噴火	ケース1 (非積雪期の水蒸気噴火)	全現象の災害予想区域図	噴石、降灰、火砕サージ
	ケース2 (積雪期の水蒸気噴火)	全現象の災害予想区域図 融雪型火山泥流の到達時間分布図	噴石、降灰、火砕サージ、融雪型火山泥流 噴石、降灰、火砕サージ、融雪型火山泥流
マグマ噴火	ケース3 (非積雪期のマグマ噴火) 〔噴出量： $6.0 \times 10^6 \text{m}^3$ 〕	全現象の災害予想区域図	噴石、降灰、火砕サージ
	ケース4 (積雪期のマグマ噴火) 〔噴出量： $6.0 \times 10^6 \text{m}^3$ 〕	全現象の災害予想区域図 融雪型火山泥流の到達時間分布図	噴石、降灰、火砕サージ、融雪型火山泥流 噴石、降灰、火砕サージ、融雪型火山泥流
土砂移動現象	ケース5 (降灰後の土石流)	降灰後の土石流の災害予想区域図	降灰、降灰後の土石流
	ケース6 (火口壁の崩壊、岩屑なだれ)	火口壁の崩壊（岩屑なだれ）の災害予想区域図	火口壁の崩壊（岩屑なだれ）
	ケース7 (火口湖に由来する泥流)	火口湖に由来する泥流の災害予想区域図	火口湖に由来する火山泥流
【参考】	ケース3z (非積雪期のマグマ噴火) 〔噴出量： $30.0 \times 10^6 \text{m}^3$ 〕	全現象の災害予想区域図	噴石、降灰、火砕サージ
	ケース4z (積雪期のマグマ噴火) 〔噴出量： $30.0 \times 10^6 \text{m}^3$ 〕	全現象の災害予想区域図 融雪型火山泥流の到達時間分布図	噴石、降灰、火砕サージ、融雪型火山泥流 噴石、降灰、火砕サージ、融雪型火山泥流

2.4.1 融雪型火山泥流の計画対象規模

(1) 算出条件

下図の流れにより、融雪型火山泥流の計画対象量を算定した。

融雪型火山泥流量算定の流れ



融雪可能水量

融雪可能水量は、火砕物の温度・量等により下式で求める

$$W_0 = K \cdot \frac{(T_S - T_m) \cdot C_S \cdot \rho_s \cdot V_t}{(1 - C_m) qm \cdot \rho_w}$$

- W_0 : 融雪可能水量 (m³)
- V_t : 供給土砂量 (噴石量のうち真の土砂量) (m³)
- T_S : 供給土砂の温度 (°C)
- T_m : 融解水の温度 (=0°Cとする)
- C_S : 土砂の比熱 (=0.53cal/g・K)
- C_m : 積雪中の水の割合 (含水率) (=0)
- qm : 雪の融解熱 (≒80cal/g)
- ρ_s : 火砕物密度 (2.65g/cm³)
- ρ_w : 水密度 (1.0g/cm³)
- K : 熱量の融雪寄与率を表す係数 (=0.38)

火砕物の温度は、下記のとおりとする。

・水蒸気爆発：400℃

(根拠)

・1900年(明治33年)噴火により精錬所跡の木柱やむしろが焦げていないことより、噴出物の温度は木材の自然発火点(約400℃)以下であることが推定されるため。

・マグマ噴火：800℃

(根拠)

・マグマ噴火では、より高温の物質が放出される。ここでは安山岩質マグマの温度を参考に800℃と想定した。

・想定積雪深：2m(2年確率年最大積雪深)

・積雪密度：0.3g/cm³(積雪末期のざらめ雪)

(2) 積雪深の設定

想定積雪深は、近傍の積雪観測所における平年的な年最大積雪深(2年確率)と標高の関係から求められる山頂付近の推定積雪深とし2mとする。

また、積雪密度は、積雪末期で密度が高くなった状態(ざらめ雪)を想定し0.3g/cm³とする。

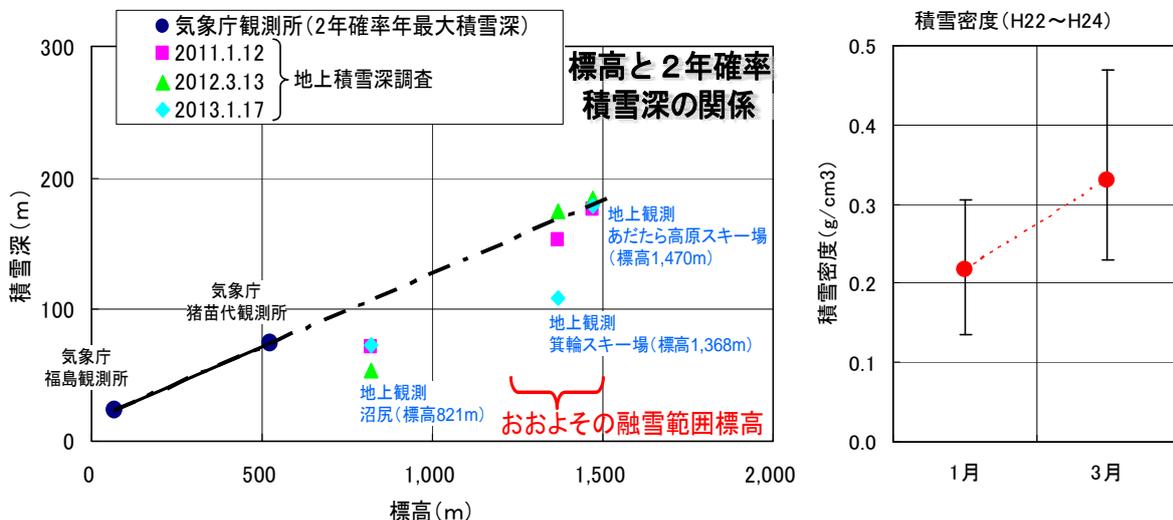


図 2-10 安達太良山周辺の積雪深・積雪密度

(3) 融雪型火山泥流の計画対象量

【想定発生溪流】

噴火シナリオのケース毎に計画対象量を算定した。各ケースの想定火口および融雪型火山泥流の発生溪流は下図のとおりである。

融雪型火山泥流の発生溪流

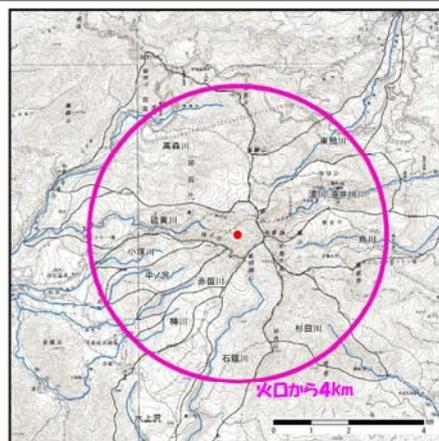
①水蒸気噴火

→沼ノ平火口付近の馬蹄形地形内を融雪範囲とし、硫黄川を流下するものとする



②マグマ噴火

→マグマ噴火による噴石の想定到達範囲内(火口から4km)を融雪範囲とし、4km円から全周に泥流が流下するものとする。



【泥流総量】

水蒸気噴火、マグマ噴火それぞれにより発生が想定される融雪型火山泥流の泥流総量は下表のとおりとする。

表 2-8 融雪型火山泥流の計画対象量

項目	単位	水蒸気噴火	マグマ噴火	
			$6 \times 10^6 \text{m}^3$	$30 \times 10^6 \text{m}^3$ (参考値)
流域内降下火砕物供給量 ①	(10^6m^3)	1.10	6.00	30.00
融雪可能水量 ②	(10^6m^3)	2.92	30.00	150.00
積雪水量 ③	(10^6m^3)	1.40	30.20	30.20
融雪水量 ④ : ②と③の小さい方	(10^6m^3)	1.40	30.00	30.20
融雪範囲内侵食土砂量 ⑤	(10^6m^3)	0.70	50.27	44.95
泥流総量 ①+④+⑤	(10^6m^3)	3.20	86.27	105.15

【土砂量】

泥流を構成する土砂（粗粒分、細粒分）の量は下表のとおりとする。

表 2-9 融雪型火山泥流の計画対象量（土砂量）

	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
	水蒸気噴火	融雪範囲	噴出土砂	(10^6m^3)	0.44	0.66	1.10	
		融雪水量	(10^6m^3)				1.40	1.40
		侵食土砂	(10^6m^3)	0.17	0.25	0.42	0.28	0.70
	融雪範囲末端		(10^6m^3)	0.61	0.91	1.52	1.68	3.20
マグマ噴火(6百万 m^3)	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
	融雪範囲	噴出土砂	(10^6m^3)	2.40	3.60	6.00		6.00
		融雪水量	(10^6m^3)				30.00	30.00
		侵食土砂	(10^6m^3)	12.06	18.10	30.16	20.11	50.27
融雪範囲末端		(10^6m^3)	14.46	21.70	36.16	50.11	86.27	
マグマ噴火(3千万 m^3)	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
	融雪範囲	噴出土砂	(10^6m^3)	12.00	18.00	30.00	0.00	30.00
		融雪水量	(10^6m^3)	0.00	0.00	0.00	30.20	30.20
		侵食土砂	(10^6m^3)	10.79	16.18	26.97	17.98	44.95
融雪範囲末端		(10^6m^3)	22.79	34.18	56.97	48.18	105.15	

【ハイドログラフ】

融雪型火山泥流のハイドログラフは、北海道十勝岳の実績泥流で検討されたハイドログラフを参考に、継続時間 60 分、泥流発生から 12 分後にピークを持つ三角形ハイドログラフとする。

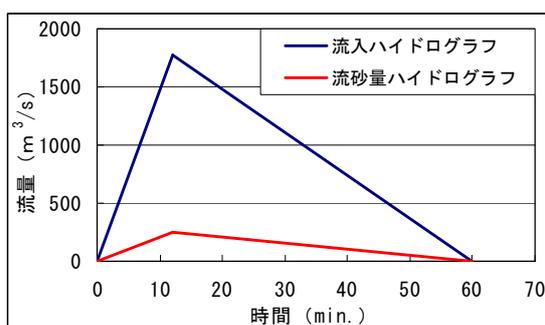


図 2-11 融雪型火山泥流の想定ハイドログラフ

噴火規模	泥流総量 (10^6m^3)	ピーク 流量 (m^3/s)	粗粒分 土砂濃度	泥水密度 (t/m^3)
水蒸気噴火 ($1.1 \times 10^6\text{m}^3$)	3.20	1,778	0.19	1.58
マグマ噴火 ($6 \times 10^6\text{m}^3$)	86.27	47,928	0.17	1.50
[参考値] マグマ噴火 ($30 \times 10^6\text{m}^3$)	105.15	61,372	0.22	1.69

2.4.2 降灰後の土石流の計画対象規模

(1) 対象溪流

マグマ噴火($6 \times 10^6 \text{m}^3$)時、流域に最大 10cm の降灰が想定される溪床勾配 10° 以上の溪流で、安達太良山を源頭部を持つ溪流

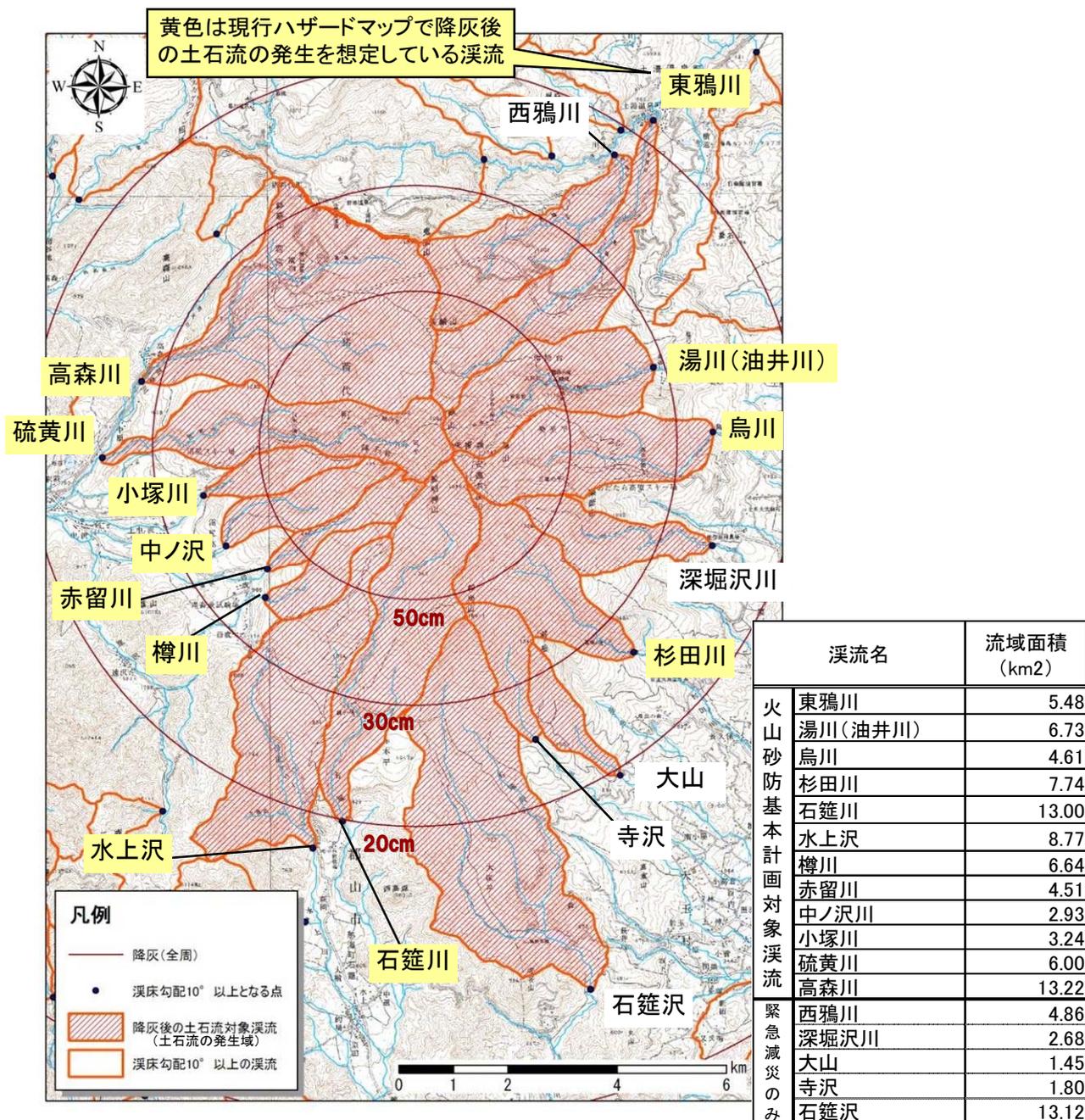


図 2-12 降灰後の土石流の対象溪流

(2) 計画対象土砂量設定の流れ

降灰後の土石流の計画対象土砂量は、基本的に「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」に準じて行うこととし、移動可能土砂量と運搬可能土砂量を比較して小さい方とする。ここで、降灰の影響は次のように考えた。

- ・ 移動可能土砂量に流域の降灰量を加える
- ・ 運搬可能土砂量の算出にあたって、降灰斜面による流出率の増加を考慮

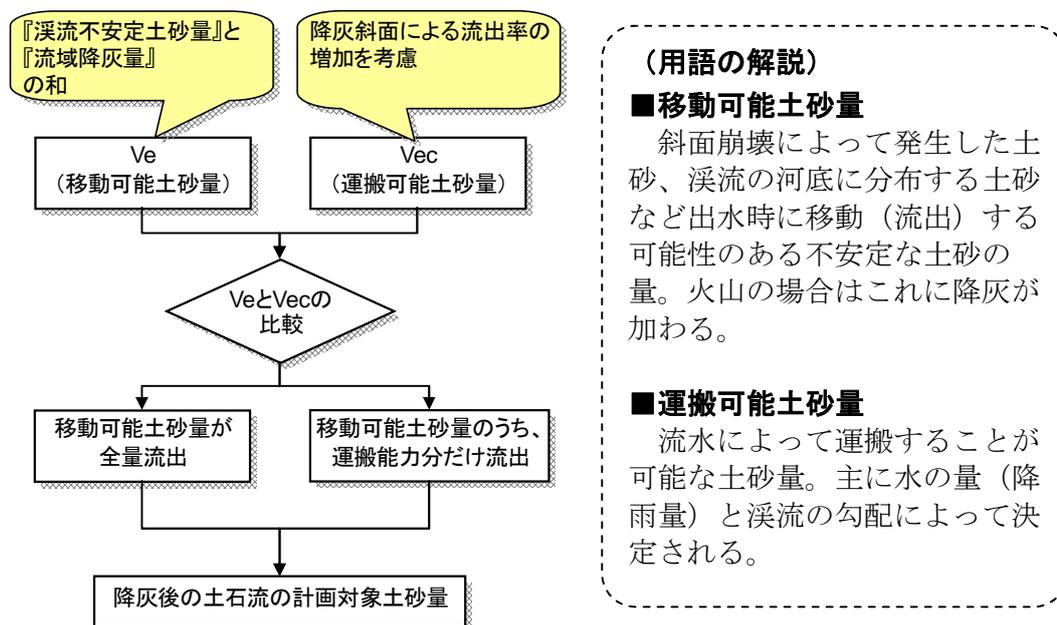


図 2-13 降灰後の土石流の計画対象土砂量算定の流れ

Ve:『土石流対策技術指針(案)平成12年7月』による移動可能土砂量の記号
 Vec: 同 運搬可能土砂量の記号

※最新版の『砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)平成19年11月』では、移動可能土砂量は V_{dy1} 、運搬可能土砂量は V_{dy2} と表わされている。

降灰後の運搬可能土砂量補正係数の考え方

- ①降灰等の噴火の影響がある場合には、通常の降雨による表流水の流出率 ($f=0.8$ 程度) より増大し、 $f=1.0$ 程度になるものとし、補正率 $f_w=1.25$ 倍 ($=1.0/0.8$) とする。
- ②降灰等の噴火の影響がある場合には、流水中に斜面侵食により生産される細粒分がとりこまれ、見かけ上の流水量を増大させるものと考え、流量の補正を行う。

ここで、細粒土砂を含む泥水の流量（間隙流体）の補正率 fd は

$$fd = \frac{(\sigma - 1.0)}{(\sigma - \rho_m)} = (2.6 - 1.0) / (2.6 - 1.2) = 1.14 \quad \text{となる。}$$

σ : 礫の密度 ρ_m : 泥水の密度

- ③流出補正率に①と②の結果 ($\alpha=1.25 \times 1.14=1.43$ 倍) を乗じて補正する

(3) 降灰後の土石流の計画対象土砂量

各溪流において移動可能土砂量と運搬可能土砂量を比較し、量の少ない方を計画対象土砂量として採用した。設定した計画対象土砂量を下表に示す。

ここで、運搬可能土砂量を算出するための計画降雨は、気象庁鷺倉観測所の100年超過確率日雨量（412.6mm/日）とした。

表 2-10 降灰後の土石流の計画対象土砂量

溪流名	移動可能土砂量 (千m ³)				運搬可能土砂量 (千m ³)		計画 対象 土砂量 (千m ³)
	溪流 不安定 土砂量	流域 降灰量		計 (マグマ噴火)	Vec	Vec × 1.43	
		水蒸気 噴火	マグマ 噴火				
東鴉川	319	798	1,884	2,203	209	299	299
湯川(油井川)	180	906	2,099	2,279	204	292	292
烏川	160	598	2,095	2,255	211	302	302
杉田川	120	217	1,663	1,783	189	270	270
石筵川	282	1,133	2,910	3,192	257	367	367
水上川	213	139	2,221	2,434	273	391	391
樽川	36	102	643	679	106	151	151
赤留川	83	560	672	755	92	132	132
中ノ沢	92	564	981	1,073	123	176	176
小塚川	66	112	619	685	142	203	203
硫黄川	207	1,750	2,490	2,697	220	315	315
高森川	509	1,244	4,936	5,445	390	557	557
西鴉川	180	-	1,487	1,667	195	279	279
深堀沢川	73	-	851	924	137	196	196
大山	10	-	467	477	94	134	134
寺沢	15	-	796	811	107	153	153
石筵沢	197	-	3,851	4,048	387	553	553

※全ての溪流において運搬可能土砂量より移動可能土砂量が多いため、計画対象土砂量は降雨量によって決定される

2.4.3 火口湖に由来する火山泥流の計画規模

(1) 土砂量の設定

酸川ラハール堆積物※の推定分布範囲（95万m²）と平均堆積深（3m）より、約285万m³とする。

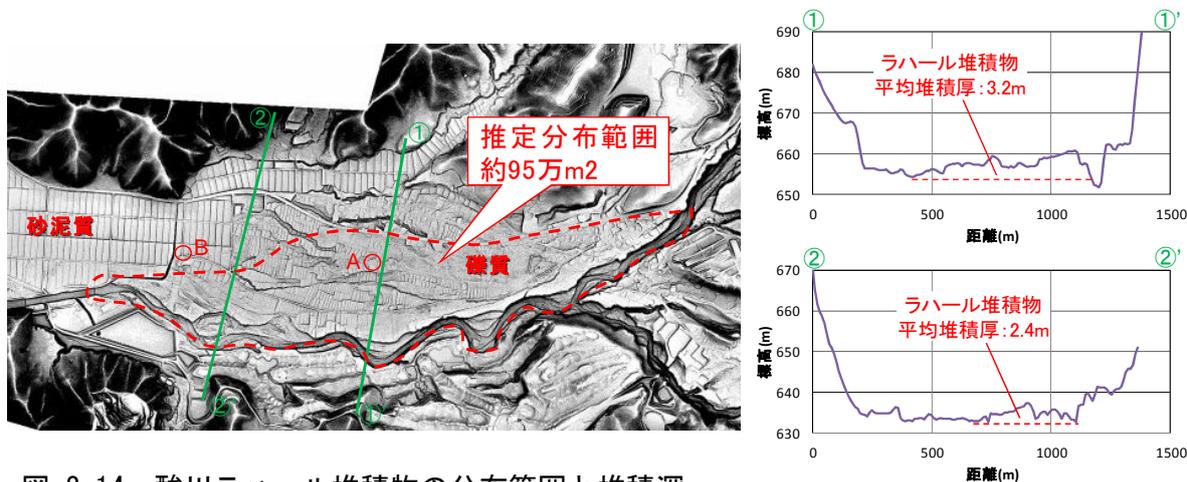
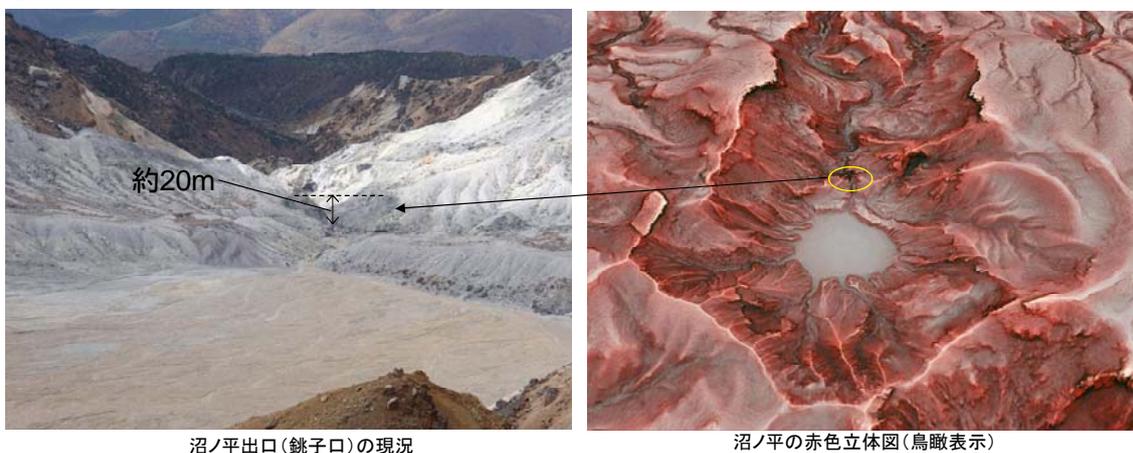


図 2-14 酸川ラハール堆積物の分布範囲と堆積深

(2) 火口湖湛水量の設定

沼ノ平火口の出口（銚子口）が崩落等によって閉塞して湛水（水深19m）することを想定し、150万m³とする。



沼ノ平出口（銚子口）の現況
沼ノ平の赤色立体図（鳥瞰表示）

図 2-15 沼ノ平の火口出口（銚子口）の状況

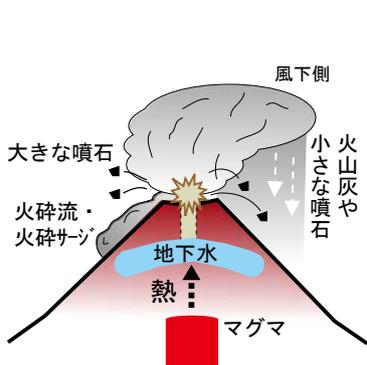
(3) 火口湖に由来する火山泥流の計画規模

火口湖湛水量	150万m ³	水深約19m
流出土砂量	171万m ³	空隙率0.4とした場合の下流堆積土砂量285万m ³ の実容積分
泥流総量	321万m ³	

(用語の解説)

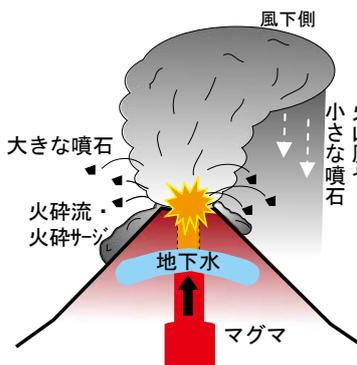
■水蒸気噴火

マグマによって加熱された地下水やマグマに含まれる水が、爆発的に気化し、地表に噴出して発生する噴火現象。



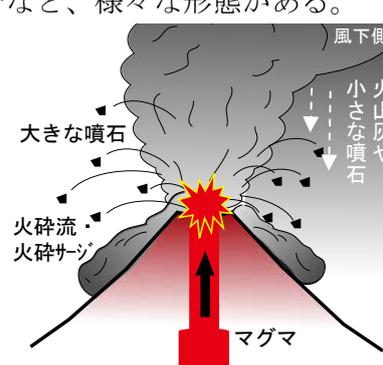
■マグマ水蒸気噴火

マグマが地下水と直接触れ合うことで発生する爆発的な噴火現象。



■マグマ噴火

地下から上昇したマグマが地表へ噴出して発生する噴火現象。マグマがそのまま溶岩として流れ出る場合、粉々になり噴石や火山灰として放出される場合など、様々な形態がある。

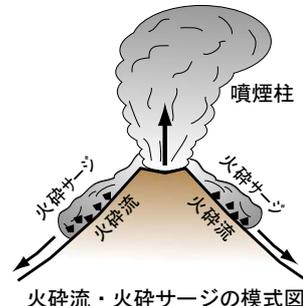


■テフラ (火砕物)

テフラはギリシャ語で『灰』を意味する言葉で、火砕物とも呼ぶ。火山から噴出した岩石や火山灰の総称である。特に、空中に放出された後降り積もった火山灰や軽石・スコリアなどは降下テフラ (降下火砕物)、爆発的噴火により放出された岩塊は噴石と呼ばれている。巨大な噴火により広範囲に降下したテフラを広域テフラと呼び、地層の年代を推定することに利用されている。

■火砕サージ・火砕流

火砕サージは水蒸気噴火やマグマ水蒸気噴火の際、火山灰などの細粒物質を含んだ高温のガスが、横殴りの砂嵐や爆風のように高速で斜面を広がっていく現象。火砕流は岩石を多く含む流れで谷筋に沿って流れやすい。火砕サージと火砕流は漸移的な流れであり、総称として火砕物密度流とも呼ばれる。



■岩屑なだれ

火山体の一部が崩壊し、なだれのように高速で崩れ落ちる現象。高温ではないが、破壊力が高く、流路にあるものを破壊・埋没させる。

■火山性地震

火山体およびその近傍で発生する地震。群発型が特徴である。通常の構造性地震と同じく断層運動により発生する地震の他に、爆発に伴う地震や、割れ目が開く事に伴う地震もある。

■火山性微動

火山で発生する地震のうち、連続的または短時間に発生する震動。多くの場合は体に感じない程度の揺れで、マグマや火山ガスが移動する際に発生すると考えられている。

■低周波地震

初動が明瞭でなく、低周波成分が卓越する地震。火道内のガスの移動やマグマの発泡などに起因すると考えられている。

■融雪型火山泥流

積雪期の火山において噴火に伴う高温の噴出物（火砕サージなど）の熱によって斜面の雪が融かされて大量の水が発生し、周辺の土砂や岩石・木を巻き込みながら高速で流下する現象。

北海道の十勝岳で1926年（大正15年）5月24日に発生した融雪型火山泥流では、現在の上富良野町市街地で大きく氾濫し、144名の死者・行方不明者を出す大惨事になった。



北海道十勝岳で1926年(大正15年)5月24日に発生した融雪型火山泥流による被害状況
(写真:十勝岳火山防災マップより)

■降灰後の土石流

土石流は、豪雨などによって山地を構成している岩石や河底の土砂が水と一緒に流れて高速で流下する現象。

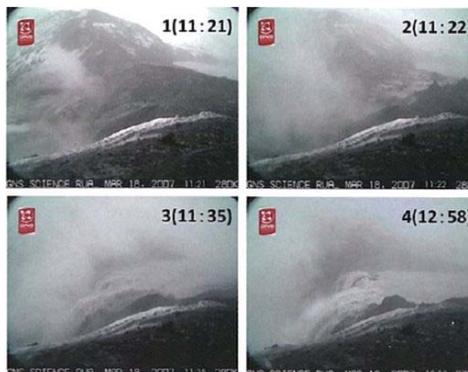
火山噴火のあとは、斜面が火山灰に覆われて地面に浸透しにくくなるため、通常時より少ない雨で土石流が繰り返し発生するようになる。



鹿児島県桜島・野尻川で1985年(昭和60年)7月に発生した土石流
(写真:国土交通省 HP より)

■火口に由来する火山泥流

火口壁が噴出物の堆積等で閉塞して火口湖が形成されると、決壊して泥流が発生することがある。ニュージーランドのルアペフ火山で2007年（平成19年）3月18日に火口湖が決壊して下流に流下して道路等に被害を与えた。



ニュージーランドのルアペフ火山で2007年(平成19年)3月18日に発生した火口湖決壊による泥流
(丸谷他:ニュージーランド北島ルアペフ火山の火口湖決壊によって発生したラハール、砂防学会誌、vol.60,No.2,p.59-65,2007より)

計 画 編

1. 火山噴火緊急減災対策砂防計画の方針

1.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の内容

安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防計画は、安達太良山の想定噴火シナリオに基づき、火山噴火時に必要な緊急ハード対策、緊急ソフト対策、火山噴火時の緊急調査等について、平常時から準備事項を含めて定めるものである。

図 1-1 に示すように、噴火シナリオの各局面において、砂防部局が緊急的に対処すべき事項を時系列で整理する。また、緊急時に迅速かつ円滑に対策が実施できるよう平常時から準備しておかなければならない事項も定める。

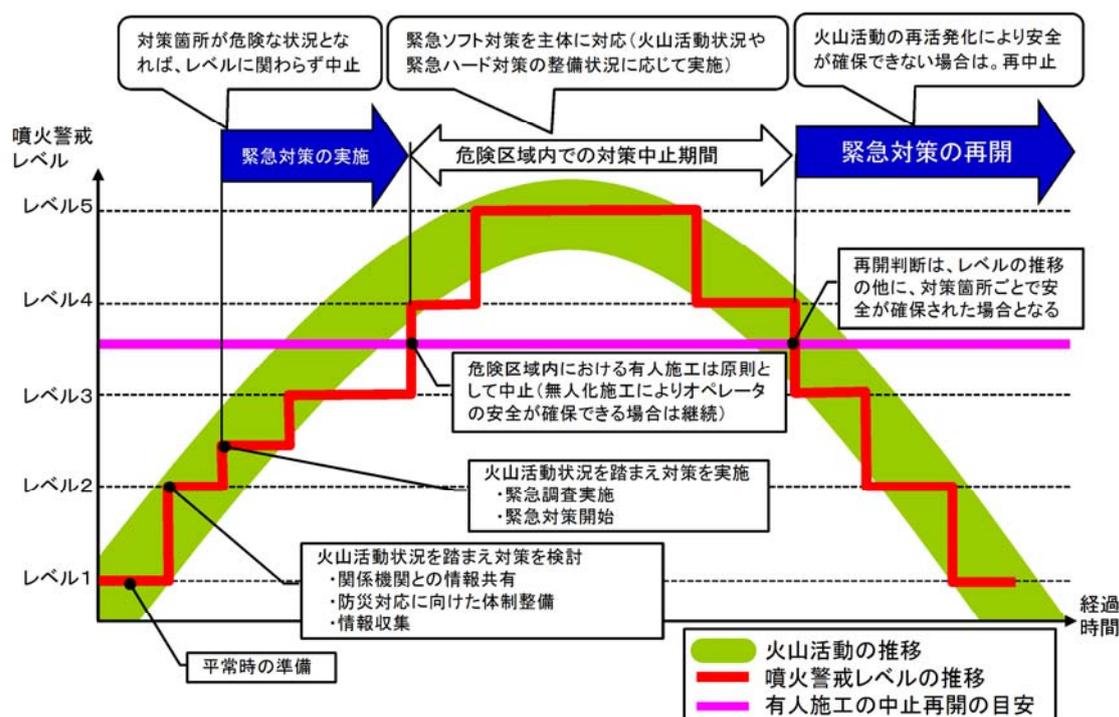


図 1-1 安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防計画の概念図

1.2 対象とする噴火シナリオのケースの抽出

安達太良山火山噴火緊急減災対策では、水蒸気噴火に伴い発生する融雪型火山泥流と降灰後の土石流及び火口湖に由来する火山泥流を対象に緊急ハード対策を計画する。一方、緊急ソフト対策は、噴火シナリオに示される全ての現象を対象とする。

被害想定の結果、マグマ噴火により発生する融雪型火山泥流の影響は広範におよび、ハード対策による大きな減災効果は見込めない。しかし、小規模な火山泥流や降灰後の土石流の影響範囲は限定されるため、ハード対策による効果が期待できる地区もある。

そこで、安達太良山の緊急減災対策砂防計画のうち、緊急ハード対策は、現実的に対応が可能な水蒸気噴火に伴い発生する小規模な融雪型火山泥流と降灰後の土石流及び火口湖に由来する泥流を対象にする。

マグマ噴火に関しては、対象となる泥流量が大きいために、緊急ハード対策の効果が一定程度に限られるため、これに対しては、主として緊急ソフト対策で対応する。

ただし、これは事前準備の目標設定としてこれらのケースを抽出することを意味しており、大規模な噴火時にはハード対策を実施しないことではない。実際に大規模な噴火が予想される場合であっても、ここで抽出したシナリオに基づくできる限りの対策を講じ、少しでも減災に努めることとする。

表 1-1 緊急減災対策計画で対象とする噴火シナリオのケース

		時間推移					ケース	緊急減災対策	
		1(平常)	2(火口周辺規制)	3(入山規制)	4(避難準備)	5(避難)	4~1	ハード	ソフト
噴火警戒レベル	静穏期	噴火影響期					ケース0		
	前兆活動期	噴火終息					ケース1		
火山活動の推移	平常時	噴火終息					ケース2	●実施対象ケース ・遊砂地 堤防嵩上げ	●実施対象ケース (安達太良山で想定される全てのシナリオについて緊急ソフト対策の実施対象とする)
	前兆活動期	噴火終息					ケース3 (ケース3z)		
	噴火影響期	噴火終息					ケース4 (ケース4z)		
	噴火終息	噴火終息					ケース5		
	噴火影響期	噴火終息					ケース6	●実施対象ケース ・緊急除石 ・仮設堰堤	
	噴火影響期	噴火終息					ケース7		●実施対象ケース ・遊砂地 堤防嵩上げ ・緊急排水
	噴火影響期	噴火終息					ケース7		
土砂移動現象	平常時	噴火終息					ケース5	●実施対象ケース ・緊急除石 ・仮設堰堤	●実施対象ケース ・遊砂地 堤防嵩上げ ・緊急排水
	前兆活動期	噴火終息					ケース6		

1.3 対策の開始・休止のタイミング

1.3.1 検討開始のタイミング

噴火警戒レベル2が発令されたら、想定される火山・土砂移動現象特性や専門家からの意見等をふまえ、総合的な判断により、対策開始を検討する。

対策開始のタイミングは、気象庁より発表される「噴火警戒レベル」を目安とし、想定される火山活動状況、対象とする土砂移動現象の特性、火山防災協議会による協議結果、気象庁が発表する火山情報等をふまえ総合的な判断により設定する。

1.3.2 作業休止のタイミング

噴火警戒レベル4を休止の判断材料とする。また、降雨に対しては、作業休止の基準雨量（降灰後）を設定し、降雨状況により判断する。

山麓の居住地域まで影響をおよぼす噴火が発生する可能性が高まった場合、噴火警戒レベル4が発令される。山麓域は緊急対策実施区域でもあるので、このタイミングで作業の休止を検討する。なお、対策実施区域は、噴火警戒レベル3の規制区域外に該当する。また、降灰後は斜面の浸透能の低下により土石流が発生しやすい状態にあるため、作業休止の基準雨量を、他火山における噴火後の土石流発生実績等に基づいてあらかじめ設定し、基準雨量に達したら作業を休止する。

[参考：噴火後の基準雨量の設定について]

霧島山(新燃岳)の2011年噴火では、平成12年三宅島噴火の降雨データを参考に避難の基準雨量を4mm/hで設定し、その後段階的に引き上げていった。

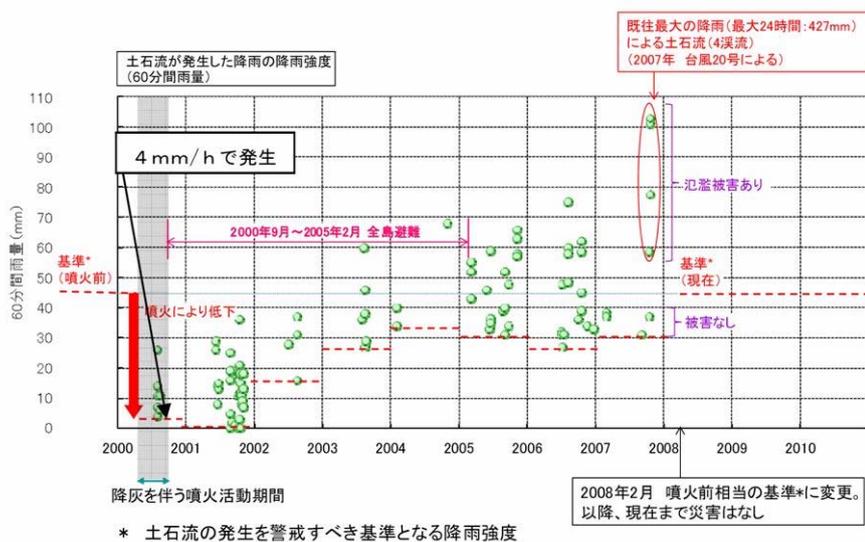


図 1-2 三宅島の土石流発生状況と発生時の降雨強度の関係

1.4 対策可能期間

対策可能期間としては、最大6ヶ月程度を想定する。

夏場に火山活動が活発化した場合、冬期の融雪型火山泥流に備え、半年間対策に充てる時間が確保できる。そこで、安達太良山の緊急減災対策は最大6ヶ月程度を対策可能期間とし、実現可能なメニューを検討する。

なお、これは6ヶ月で対策を終えることを意味するのではない。火山活動が長期化する場合を想定した対策メニューについても検討する。

ただし、明確な前兆現象が把握されずに水蒸気噴火が発生する場合や、前兆現象の出現期間が数日間と短い場合もあることに注意が必要である。

1.5 対策箇所

緊急ハード対策実施箇所は、降灰後の土石流と火山泥流それぞれについて、以下のように設定する。

【降灰後の土石流】

①噴火警戒レベルによる規制範囲外

→緊急減災対策は、突発的な噴火のリスクを抱えての作業であるため、噴火警戒レベルによる規制範囲の外側で実施する。そこで、レベル2では火口から1km、レベル3では火口から2.5km圏外で対策を実施することを基本とする。

②下流で氾濫が想定される溪流の谷出口下流

→溪床勾配の急な箇所での対策は効果量を確保することが困難である。また、緊急対策をアクセス性の悪い谷の上流部で行うことは非効率であるので、基本的に谷出口より下流で実施する。

③保全対象上流

→各対象溪流において、保全対象の上流側で土砂処理することを基本とする。

【融雪型火山泥流、火口湖に由来する泥流】

①酸川中流域での貯留促進

→ハード対策で対象とする硫黄川からの泥流を酸川中流域の平坦地で貯留することで、猪苗代町市街地への被害を軽減する。

②長瀬川における越流抑止

→硫黄川からの泥流により、長瀬川で越流が想定される箇所について、越流抑止対策を実施し、氾濫被害を軽減する。

2. 緊急ハード対策ドリル

安達太良山噴火時に想定される降灰後の土石流と融雪型火山泥流及び火口湖に由来する火山泥流に対して、流出土砂の捕捉、導流等を図る緊急ハード対策を可能な限り実施する。

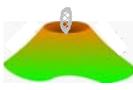
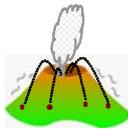
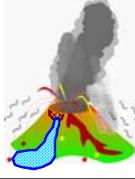
表 2-1 検討事項と条件

対象現象	火山泥流	降灰後の土石流
検討事項	遊砂地の造成 緊急導流堤	既往施設の除石 仮設堰堤工
検討条件	<ul style="list-style-type: none"> ・酸川沿いの若宮地区の平坦地で泥流の貯留を図る。 ・若宮地区の集落保全のため、大型土のう等による導流堤を検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・既設砂防堰堤の除石を優先。 ・既往施設がない箇所では、仮設堰堤により対応する

火山泥流について、水蒸気噴火に伴って発生するケース2、マグマ噴火に伴って発生するケース4、火口湖に由来するケース7を設定しているが、大規模な融雪型火山泥流についてはハード対策による減災効果が低いため、現実的な対応として水蒸気噴火に伴って発生するケース2及び火口湖に由来するケース7について検討する。

また、降灰後の土石流の発生を想定するケース5に対しても検討を行うものとする。表 2-2 に緊急ハード対策ドリルの時系列イメージを示す。

表 2-2 緊急ハード対策の全体イメージ

		静穏期	前兆活動期	噴火影響期	
火山活動					
噴火警戒レベル		1 (平常)	2 (火口周辺規制)	3 (入山規制)	4 (避難準備) ~ 5 (避難)
緊急ハード対策	①降灰後の土石流に対するハード対策	<ul style="list-style-type: none"> ・土地の調整 ・資材の備蓄 ・機材の調達体制構築 ・除石用管理道路の設置 ・降灰後の作業中止基準雨量の設定 	<p>★レベル2が発令されたら、気象庁・有識者と連携を図り、緊急ハード対策開始タイミングを検討する。</p> <p>↓↓</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートブロックの製作 ・ブロック堰堤の設置 ・除石の実施 <p>(但し、積雪期には実施できる対策に限られる)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・有人施工は休止する。 ・但し、無人化施工による除石等は継続 	
	②融雪型火山泥流に対するハード対策		<p>★レベル2が発令されたら、気象庁・有識者と連携を図り、緊急ハード対策開始タイミングを検討する。</p> <p>↓↓</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大型土のうの製作 ・堤防の嵩上げ実施 <p>(但し、積雪期には実施できる対策に限られる)</p>		

2.1 工法・構造の考え方

緊急ハード対策で実施する対策工法・構造は、短期間で実施する対策であることを鑑み、既往施設の除石や簡易で作業効率が高い施工方法とする。また、緊急時の資機材の調達状況により柔軟な対応ができるよう複数の構造を検討しておく。

2.1.1 除石工

緊急除石工は、施設効果量の増加や機能回復を目的として、既往施設の堆砂敷の掘削を実施するものである。なお、掘削した土砂については、堤防の嵩上げや導流堤工に用いる大型土のうち詰材への転用を検討する。

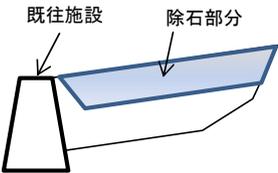
工種	除石工	
目的	既往施設の施設効果量の増加 機能回復	
模式図		
概要	既往施設堆砂敷の掘削を行い、捕捉量を確保する。	
特徴	施工が容易である。	
課題	掘削した土砂の仮置き場が必要である。	

図 2-1 除石工の概要

2.1.2 仮設堰堤工

仮設堰堤工は、保全対象の上流で流出土砂等の捕捉を目的に施工するものである。

基本的な構造は、備蓄や強度上の優位性を考慮し、コンクリートブロック工による構造を検討するが、資機材の調達状況を考慮し、ソイルセメントや土構造及びその複合構造など柔軟に対応する必要がある。

工種	仮設堤工	
目的	土石流等発生に伴い流下する土砂を捕捉する。	
イメージ		
概要	堤体を全てコンクリートブロックで施工する。	
特徴	強度があり安定性がある。 設置・撤去が容易である。	
課題	ブロック数が多く必要となり備蓄が必要である。	

図 2-2 仮設堰堤工の概要

2.1.3 遊砂土工

遊砂土工は、横工、および導流堤工により構成され、流出土砂や泥流の貯留を目的に造成するものである。

基本的に泥流等の流れに対し直交方向に力を受ける横工はコンクリートブロック、流れの方向に設置し誘導させる場合は大型土のうを用いる。なお大型土のうの場合、設置高が高いと不安定になるので、設置高が高い場合についてはかご枠等により補強する。

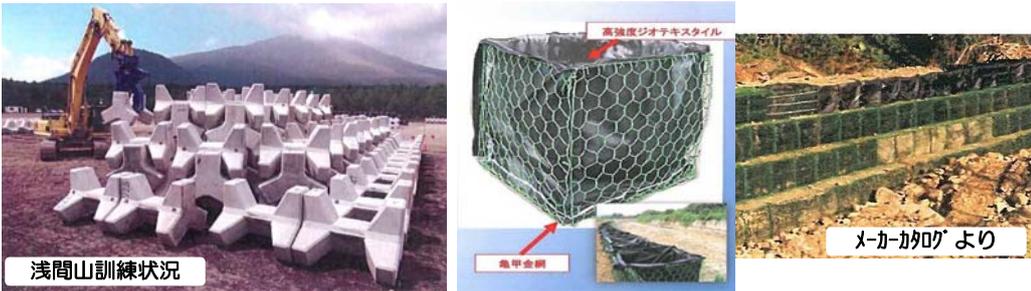
工種	導流堤工	
目的	保全対象に被害が及ぶことのないよう、下流域に安全に導流させる。	
模式図		
概要	コンクリートブロックや大型土のうにより、流水の誘導および遊砂地外への氾濫を防止する。	
特徴	プレキャスト製品を用いることで工期を短縮できる。	
課題	特にブロックは備蓄が必要であり、備蓄ヤードを確保する必要がある。土のうを高く積む場合は、カゴ等より補強する必要がある。また中詰材を確保する必要がある。	

図 2-3 導流堤工の概要

2.1.4 堤防嵩上げ工

特に流量の多い融雪型火山泥流に対して、流下断面を確保する必要がある。例として、堤防嵩上げ工が挙げられ、本工法は過去の洪水災害でも実施された実績がある。

工種	堤防嵩上げ工	
目的	流量の多い融雪型火山泥流に対して、河道の流下断面を確保する。	
模式図	<p>平成16年 新潟県中越地震 芋川での堤防嵩上げ</p> 	
概要	既往堤防沿いに大型土のうを積み上げ、流下断面の拡大を図る。	
特徴	大型土のうにより越流を防止する。施工が容易である。	
課題	河道沿いに設置するため、大型土のうおよび中詰め材が多量に必要となる。	

図 2-4 堤防嵩上げ工

2.2 施設効果量の考え方

融雪型火山泥流の計画堆砂勾配は、水平とする。

降灰後の土石流の計画堆砂勾配は、元河床勾配の2/3の勾配とする。

(1) 融雪型火山泥流

融雪型火山泥流の場合、泥水と土砂を捕捉するため、計画堆砂勾配は水平として、施設効果量を算出する。

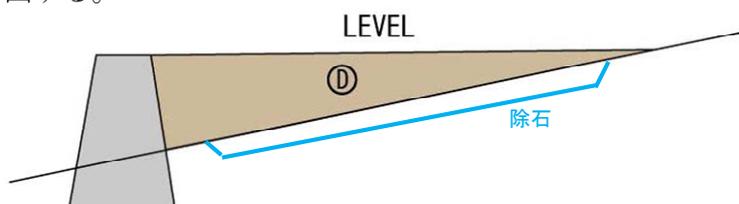


図 2-5 効果量の考え方（融雪型火山泥流）

◆既設堰堤の場合

〈不透過型〉 効果量をカウントしない

〈透過型〉 貯砂量 (D)

◆既設堰堤を緊急除石する場合

〈不透過型〉 融雪型火山泥流が想定される場合、除石を行わない。

〈透過型〉 貯砂量 (D) + 青枠除石部 (図 2-5 のうち青枠の除石量)

◆仮設堰堤（不透過型）の場合

貯砂量 (D)

～除石についての留意事項～

融雪型火山泥流は、極めて大きな流量を持って流下する。通常の基準で設計されている不透過型砂防堰堤を除石すると、堤体に作用する泥流の流体力に対して堰堤が不安定化するケースが想定される。

そこで、泥流の発生が想定される溪流において除石を計画する場合は、除石による泥流への安定性を検証する必要がある。

硫黄沢における土石流および泥流の想定ピーク流量

	降灰後の 土石流 (1/100)	融雪型 火山泥流 (小規模)	火口湖に 由来する 火山泥流
対象 土砂量 (10^3m^3)	315	608	1,710
ピーク 流量 (m^3/s)	192	1,778	3,235

(2) 降灰後の土石流

降灰後の土石流については、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」に基づき算出する。

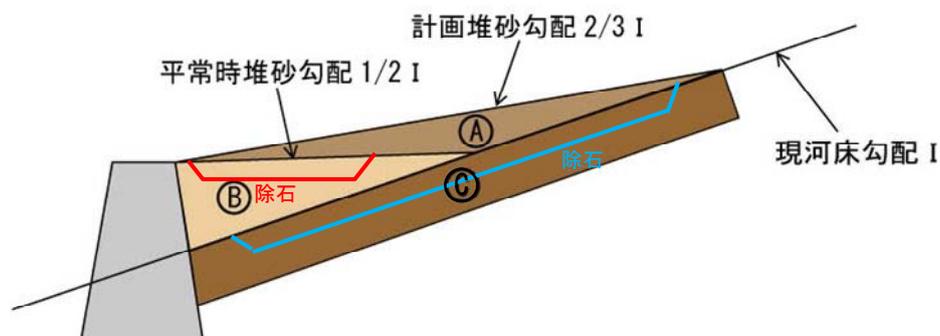


図 2-6 効果量の考え方（降灰後の土石流）

◆既設堰堤の場合

〈不透過型〉 調節量 (A) + 扞止量 (C)

〈透過型〉 調節量 (A) + 貯砂量 (B) + 扞止量 (C)

◆既設堰堤を緊急除石する場合

〈不透過型〉 調節量 (A) + 貯砂量 (B)

((B)は図 2.6 のうち赤枠の除石量のみ)

〈透過型〉 調節量 (A) + 貯砂量 (B) + 扞止量 (C)

((C)は図 2-6 のうち青枠の除石量も含める)

※除石する時期の堆砂状況は平常時堆砂勾配の状態にあると考えられる。通常、掘削を行う場合、5m 毎に小段を設けながら掘進していくものの、緊急時には余裕はないため、現況堆砂面以深 5m までを除石範囲と設定し、掘削形状にて適宜算定。すなわち、貯砂量全量が対象とはならない。

◆仮設堰堤（不透過型）の場合

調節量 (A) + 貯砂量 (B)

2.3 緊急ハード対策施設配置計画

降灰後の土石流に対しては、既存堰堤の除石を優先し、除石で不足する溪流については仮設堰堤を配置する。火山泥流に対しては、遊砂地に対応することを基本とする。

2.3.1 降灰後の土石流対策

【緊急対策優先溪流】

次の5溪流を降灰後の土石流に対する緊急ハード対策優先溪流とする
 ○東鴉川、湯川、深堀沢川、杉田川、硫黄川

卓越風方向に位置する東側5溪流のうち、岳ダムが存在し、下流の安全が確保されている烏川を除く4溪流の整備を優先

また、火口周辺には、大量の降灰が予想されることに加え、過去に泥流の流下実績がある（酸川ラハール堆積物）ため流域に火口を含む硫黄川の整備を優先。

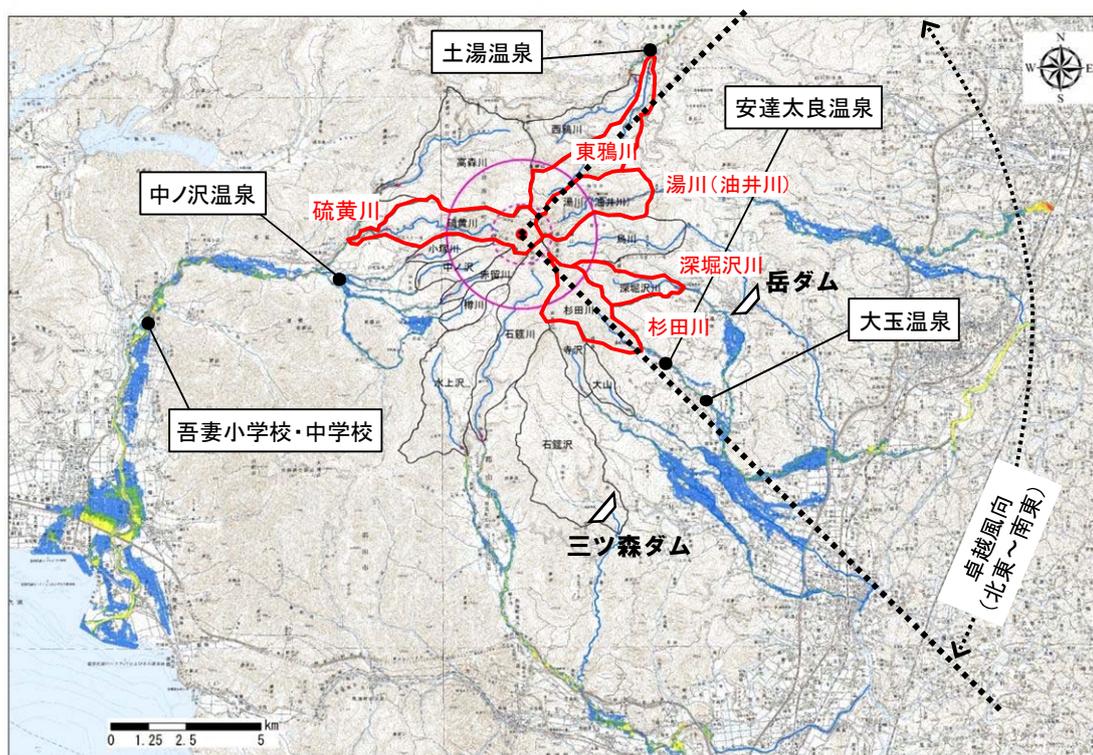


図 2-7 降灰後の土石流対策優先溪流位置図

【施設配置方針】

下記の方針で降灰後の土石流に対する緊急ハード対策を検討する。

- ①優先溪流（5 溪流）は降灰後の 1/2 確率規模を目標にした施設整備を行う
 - 優先 5 溪流は、1/2 確率規模の流出土砂を目標に施設配置を検討する。
 - また、優先溪流以外は数値目標を設けず、可能な限り整備レベルを向上させるものとする。
 - 東鴉川は現況で 1/2 に対応しているが、土湯温泉等重要な 保全対象が位置するので、1/5 規模を目標とする。
- ②既存砂防堰堤の除石を優先
 - 既存砂防施設の除石は比較的容易に実施できるので、緊急時に優先して実施する。
- ③仮設堰堤による対応
 - 既存堰堤の除石で目標に対応出来ない場合は、谷出口に仮設堰堤を設置する。現況で無施設の溪流には、各溪流に 1 基を計画する。

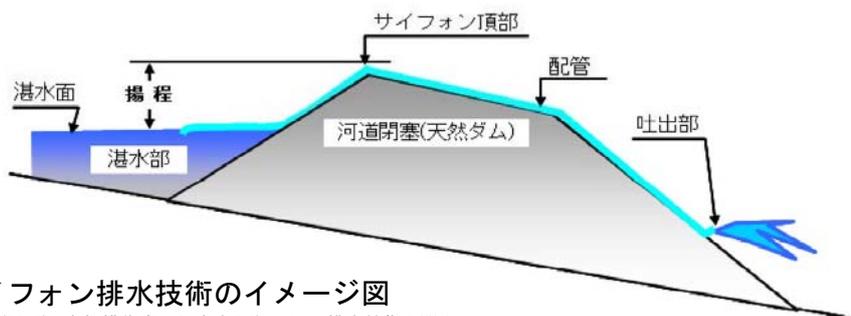
2.3.2 火山泥流対策（融雪型火山泥流、火口湖に由来する泥流）

下記の方針で緊急ハード対策を検討する。

- ①酸川中流部での遊砂地
 - 土のう積等による緊急導流堤により、集落を保全しつつ、平野部に横工（ブロック積等）を設置して遊砂地として利用する。
- ②長瀬川の堤防嵩上げ
 - 時間等の制約により遊砂地設置が困難な場合、長瀬川の越流予測箇所において大型土のうによる堤防嵩上げを実施する。

[参考：サイフォン排水技術の応用]

大規模な河道閉塞に対する緊急排水技術として、湛水部の水の位置エネルギーを利用したサイフォン排水技術が開発されている。この排水技術は、安達太良山において火口湖が形成された場合の排水にも応用できる可能性がある。



サイフォン排水技術のイメージ図

武田直人(2012): 大規模災害に対応するサイフォン排水技術の開発：
河道閉塞部の緊急排水対策,建設の施工企画 (745), 68-73, 日本建設機械化協会

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

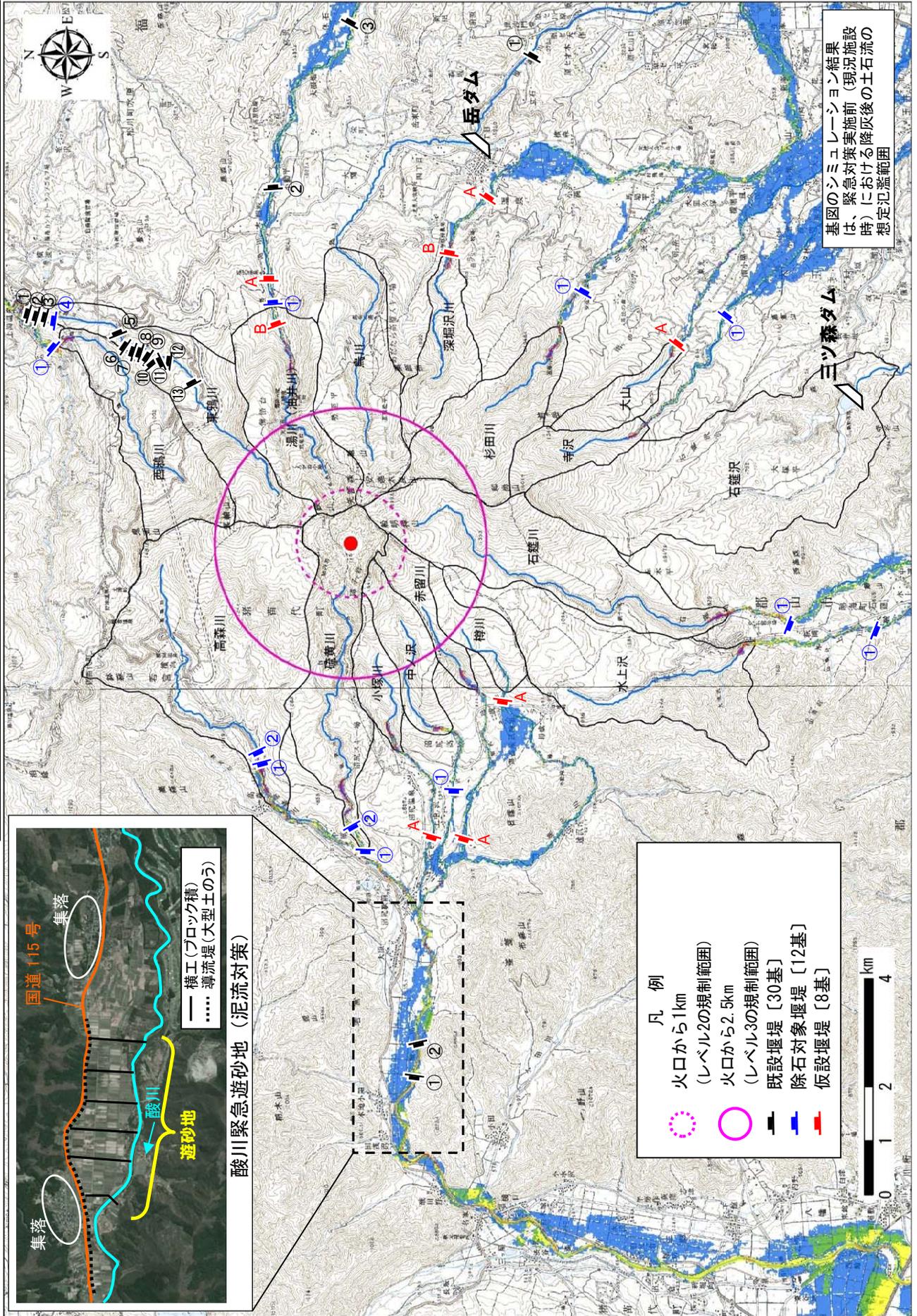


図 2-8 緊急減災ハード対策概要図

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

2.3.3 施工期間

【降灰後の土石流対策施設】

（緊急除石工）

降灰後の土石流に対する緊急ハード対策のうち、緊急除石工の概略数量および概略施工期間を下表に示す。個々の堰堤について施工機材が揃えば、6ヶ月程度で現実的に対応可能な数量である。

表 2-3 緊急除石工の数量と施工期間

溪流	工種	数量	単位	日当り施工量 (1パーティ24h) 3交代	施工期間 (×1.3)	工期(月)					
						1	2	3	4	5	6
東鴉川	東鴉川第3堰堤	17,500	m ³	480 m ³ /日	47日	■					
西鴉川	荒川第2堰堤	36,750	m ³	480 m ³ /日	100日	■	■				
湯川	油井川第1堰堤	4,000	m ³	480 m ³ /日	10日	■					
杉田川	杉田川1堰堤	56,240	m ³	480 m ³ /日	152日	■	■	■	■	■	
寺沢	寺沢砂防堰堤	43,492	m ³	480 m ³ /日	118日	■	■	■	■		
石筵川	石筵川堰堤	21,968	m ³	480 m ³ /日	60日	■	■				
水上沢	西川堰堤	8,825	m ³	480 m ³ /日	23日	■					
中ノ沢	中ノ沢川堰堤	5,245	m ³	480 m ³ /日	14日	■					
硫黄川	硫黄川1堰堤工	3,645	m ³	480 m ³ /日	10日	■					
	硫黄川2堰堤工	34,195	m ³	480 m ³ /日	92日	■	■	■			
高森川	高森川2堰堤工	5,200	m ³	480 m ³ /日	14日	■					
	高森川1堰堤工	15,315	m ³	480 m ³ /日	42日	■	■				

※1 パーティ:バックホウ1台、ダンプトラック(10t)4台

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

（仮設堰堤工）

降灰後の土石流に対する緊急ハード対策のうち、仮設堰堤工の概略数量および概略施工期間を下表に示す。個々の堰堤についてブロック等資材が揃えば、1ヶ月程度で現実的に対応可能な数量である。

表 2-4 ブロック積仮設堰堤工の数量と施工期間

溪流	工種	数量	単位	日当り施工量 (1パーティ24h) 3交代	施工期間 (×1.3)	工期(月)					
						1	2	3	4	5	6
湯川	仮設堰堤A	1,010	個	129 個/日	10日	■					
	仮設堰堤B	470	個	129 個/日	5日	■					
深堀沢川	仮設堰堤A	1,350	個	129 個/日	13日	■					
	仮設堰堤B	1,010	個	129 個/日	10日	■					
大山	仮設堰堤A	1,010	個	129 個/日	10日	■					
樽川	仮設堰堤A	3,020	個	129 個/日	30日	■					
赤留川	仮設堰堤A	3,020	個	129 個/日	30日	■					
小塚川	仮設堰堤A	2,350	個	129 個/日	23日	■					

※1 パーティ:ラフテレーンクレーン(25t 吊)1台、ダンプトラック(11t)2台

【融雪型火山泥流対策施設】

（遊砂地工）

融雪型火山泥流対策としての仮設遊砂地にかかる概算数量と概略施工期間を下表に示す。資材が確保されれば、現実的に6ヶ月以内に施工可能な数量である。

表 2-5 緊急遊砂地工の数量と施工期間

溪流	工種	数量	単位	日当り施工量 (1パーティ24h) 3交代	P A R T Y	施工期間 (×1.3)	工期(月)						
							1	2	3	4	5	6	
酸川	仮設遊砂地 (ブロック積横工)	ブロック運搬	29,000	個	120 個/日	2	157日	■	■	■	■	■	■
		ブロック据付	29,000	個	129 個/日	2	146日	■	■	■	■	■	■
	導流堤 (大型土のう積)	大型土のう製作	22,500	個	186 個/日	1	157日	■	■	■	■	■	■
		大型土のう据付	22,500	個	234 個/日	1	125日	■	■	■	■	■	■

※1 パーティ ブロック運搬:ダンプトラック(11t)2台
 ブロック据付:ラフテレーンクレーン(25t 吊)1台
 大型土のう製作:バックホウ1台
 大型土のう据付:バックホウ1台

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

2.4 対策効果の検証

融雪型火山泥流については、数値シミュレーション計算により緊急遊砂地や緊急嵩上げ工の効果を検証する。また、降灰後の土石流については、計画対象土砂量に対し、現在の整備済土砂量を差し引いた土砂量を緊急ハード対策における対象土砂量と設定し、その量に対して緊急ハード対策がどの程度の効果があるのかを検証する。

2.4.1 融雪型火山泥流

融雪型火山泥流に対する緊急ハード対策の効果为数値シミュレーションにより評価した結果、酸川中流部に遊砂地を設置して泥流の貯留空間を確保することで、長瀬川下流の氾濫被害を軽減できることが示された（下図）

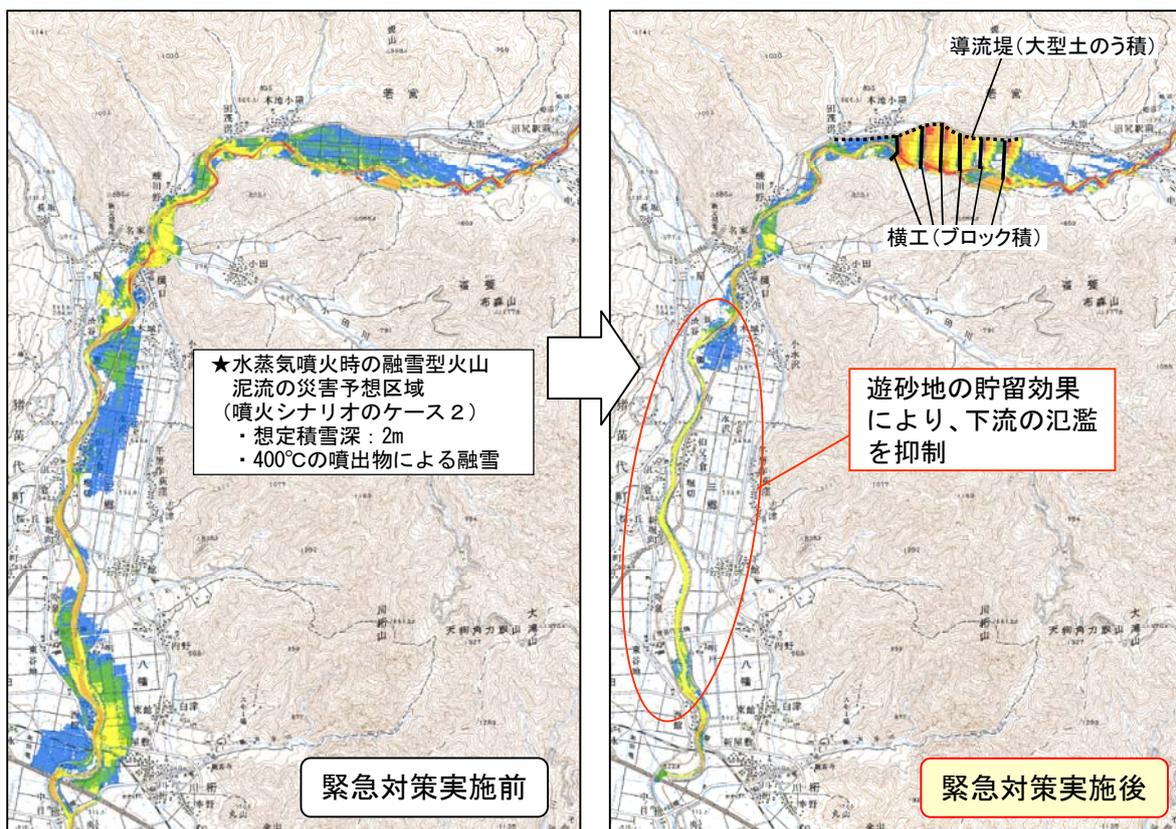


図 2-10 融雪型火山泥流に対する緊急対策施設の効果検証

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

2.4.2 降灰後の土石流

降灰後の土石流に対する施設効果は土砂整備量で検証する。現況施設では2年確率の降雨で予測される土石流の規模にも対応できていない溪流がほとんどであるが、緊急ハード対策の実施により、整備率の向上が図れることが確認できる。

表 2-6 ハード対策施設の効果
(2年確率～100年確率の降雨に対して推定された土砂量との比較)

溪流名	現況施設 効果量 (千m ³)	緊急対策 効果量 (千m ³)	対象土砂量(千m ³)					緊急ハード(基)		
			1/2	1/5	1/20	1/50	1/100	除石	仮設 堰堤	
荒川	東鴉川	148	166	112	159	224	266	299	1	
	西鴉川	37	74	105	149	209	248	279	1	
油井川	湯川	11	97	109	156	218	260	292	1	2
原瀬川	烏川	8	8	113	161	226	269	302		
夏無川	深堀沢川	-	138	73	104	147	174	196		2
杉田川	杉田川	56	112	101	144	202	240	270	1	
安達太良川	大山	-	47	50	71	100	119	134		1
	寺沢	17	61	57	82	114	136	153	1	
七瀬川	石筵沢	-	-	207	295	414	492	553		
石筵川	石筵川	22	44	138	196	274	327	367	1	
	水上川	9	18	147	208	292	348	391	1	
酸川	樽川	-	120	57	80	113	134	151		1
	赤留川	-	180	49	70	99	118	132		1
	中ノ沢	5	10	66	94	132	157	176	1	
	小塚川	-	264	76	108	152	181	203		1
	硫黄川	51	88	118	168	236	280	315	2	
	高森川	24	45	209	297	417	496	557	2	

赤字：優先溪流

■：現況施設で対応できる土砂量（整備率70%以上）

■：緊急ハード対策施設で対応できる土砂量（整備率70%以上）

これらのことから、平常時から資機材の準備をしていくことはもちろんのこと、緊急対策では2年超過確率程度にも対応が困難な溪流については平常時から整備を進めておく必要がある。

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

2.5 緊急ハード対策ドリル

豪雪地帯に位置する安達太良山では、深い雪に閉ざされる冬期は夏期と異なった対応を余儀なくされる。したがって、火山活動が夏期に活発化した場合と冬期に活発化した場合の緊急ハード対策ドリルを検討しておく。

【夏期対応対策ドリル】

夏期に活動が活発化した場合は、発生確率の高い降灰後の土石流対策を優先して実施することとなる。緊急調査により土石流の発生確率が高まっている溪流を抽出し、土石流検知センサー等による安全対策を実施した後に既存堰堤の緊急除石に着手する。その後、時間的猶予に応じて、仮設堰堤による土砂整備率の向上ならびに冬期に対応した融雪型火山泥流対策を図っていく。

【冬期対応対策ドリル】

冬期に活動が活発化した場合は、融雪型火山泥流対策（緊急遊砂地および堤防嵩上げ）を優先して実施する。降灰後の土石流対策としては、除石が積雪や凍土の影響で困難なことも予想されるので、仮設堰堤を優先することも考えられる。

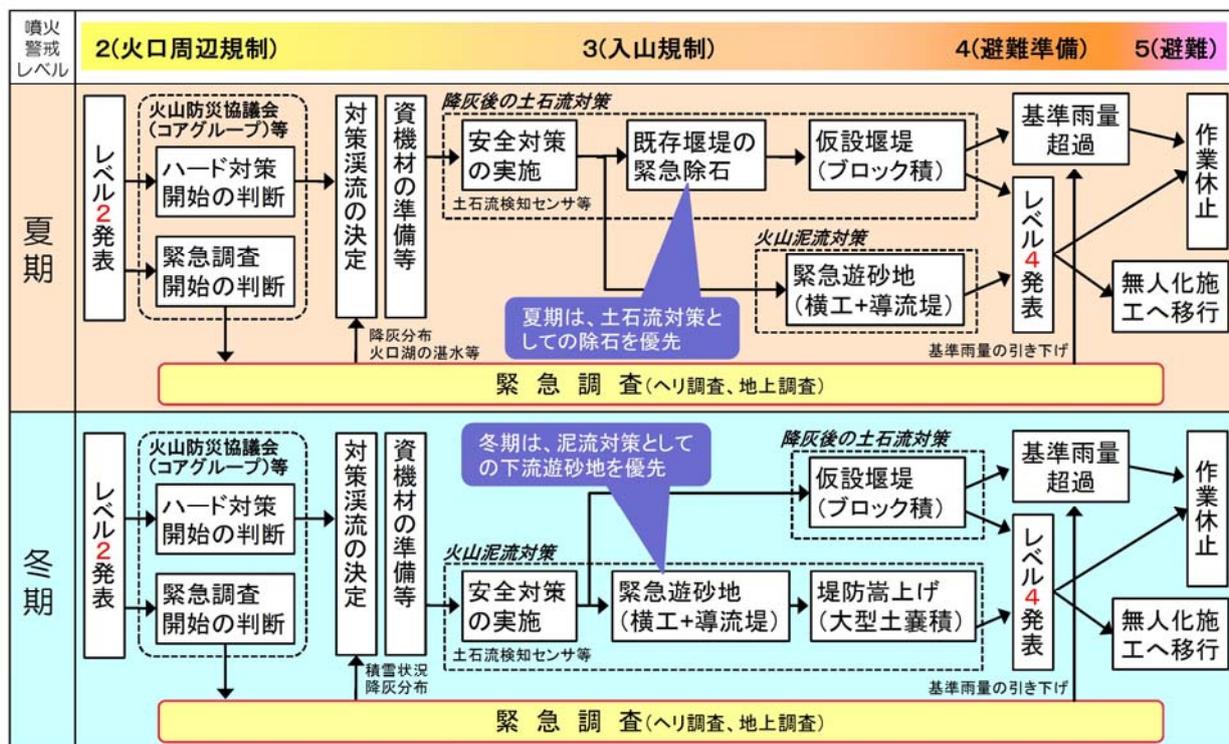


図 2-11 夏期と冬期の緊急ハード対策の対応

3. 緊急ソフト対策ドリル

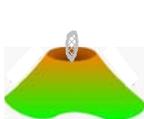
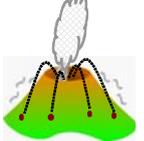
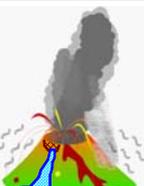
3.1 基本方針

安達太良山の緊急ソフト対策としては、避難対策支援のための情報提供、火山監視観測機器の緊急的な整備、リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定、光ケーブルなどの情報通信網の整備、火山噴火時の緊急調査を行う。

緊急ソフト対策ドリルは、避難対策支援のための情報提供、火山監視観測機器の緊急的な整備、リアルタイムハザードマップによる危険区域の推定、光ケーブルなどの情報通信網の整備、火山噴火時の緊急調査からなる。

各項目について、表 3-1 のイメージで具体的な対応を噴火シナリオの時系列で整理した。

表 3-1 緊急ソフト対策の全体イメージ

		静穏期	前兆活動期	噴火影響期	
					
火山活動					
土砂移動現象				降灰後の土石流、融雪型火山泥流 発生期	
噴火警戒レベル		1(平常)	2(火口周辺規制)	3(入山規制)	4(避難準備)～5(避難)
緊急ソフト対策	①避難対策支援のための情報提供	・住民、観光客、登山客に対する防災情報提供(カメラ画像、雨量計、積雪深計等)	・住民、観光客、登山客への注意喚起 ・危険区域内の被災状況	・立入規制、避難誘導の判断材料 ・危険区域内の被災状況 ・融雪型火山泥流に対する対応 ・降灰後の土石流に対する対応	
	②火山監視機器の緊急的な整備	・レベル2で立入規制が敷かれる区域内における観測機器の整備 ・技術開発	・レベル3で立入規制が敷かれる区域内における観測機器の整備	・必要な監視機器を速やかに整備	・新たな機器設置は不可能
	③リアルタイムハザードマップによる危険区域の推定	・プレ・アナリシス型ハザードマップの整備 ・リアルタイム・アナリシス型ハザードマップシステムの構築 ・噴火前地形データの取得	・レベル3相当の噴火が発生した場合のハザードマップを関係機関へ提供	・融雪型火山泥流、降灰後の土石流のリアルタイムシミュレーション	・融雪型火山泥流、降灰後の土石流のリアルタイムシミュレーション ・場合によっては他の現象のシミュレーションも実施
	④光ケーブルなどの情報通信網の整備	・耐災害性を考慮した情報通信網の整備(ループ化、バックアップシステムの構築等)	・バックアップ回線の準備	・断線箇所等の早期復旧(バックアップ回線の運用)	・断線箇所等の早期復旧(バックアップ回線の運用)
	⑤火山噴火時の緊急調査		・地表面等の変化状況、積雪状況、噴石分布・降灰状況、火山活動状況、被害状況の調査		

3.2 避難対策支援のための情報提供

安達太良山の火山活動が活発化した場合、火山活動並びに土砂移動の監視情報を収集し、被害想定区域など避難に関する情報を火山防災協議会を通じて市町村に提供するものとし、避難対策の支援を行う。

安達太良山噴火時には、砂防部局で収集する情報（火山活動状況および土砂移動状況等）を市町村に提供し、避難対策の支援を行う。また、平常時から火山防災の周知啓発を目的とした情報提供を行っていくこととする。

（１）平常時（噴火警戒レベル１）の情報提供

平常時（噴火警戒レベル１）には、火山防災の周知啓発を目的に住民、観光客、登山者を対象に表 3-2 に示す情報を提供する。

表 3-2 平常時の情報提供

情報提供の主な目的	提供情報	方法・機器
火山防災のための事前情報		
住民・観光客・登山者へ防災のための情報提供	安達太良山の現況	監視カメラ（ライブカメラ）
	降雨状況	雨量情報（XRAIN）
	噴火時の危険区域	火山防災マップ等
	火山や火山防災の基礎知識	教材作成、出前授業、講演会、シンポジウムなど

（２）火山活動期（噴火警戒レベル２以上）の情報提供

火山活動が活発化した場合、砂防部局で収集するヘリ調査の結果、監視観測データ、および被害推定（リアルタイムハザードマップ含む）等の情報を提供する。

表 3-3 に活動が活発化した段階の提供情報を示す。

表 3-3 火山活動期の情報提供

情報提供の主な目的	提供情報	観測方法・機器
噴石・降灰・火山ガスへの対応		
・立入規制、避難誘導の判断材料	火山ガスの状況・流下方向 噴石の飛散範囲、降灰分布	監視カメラ、ガス濃度計 ヘリ等による写真・動画撮影
危険区域内の被災状況		
・復旧計画の策定	施設、道路等の被災状況	ヘリ等による写真・動画撮影
融雪型火山泥流への対応		
・泥流に対する事前準備	融雪型火山泥流の被害想定	リアルタイムハザードマップ
降灰後の土石流に対する対応		
・土石流の危険が増した溪流の認識 ・土砂災害警戒情報の作成	降灰状況	空中写真、レーザープロファイラ 降灰量計
	降雨状況	雨量情報（XRAIN）
	土石流による被害推定	リアルタイムハザードマップ
	土石流発生情報	土石流検知センサー

レベル2の対応
↑
↓
レベル3以上の対応

3.3 火山監視観測機器の緊急整備

火山活動が活発化した場合、住民の警戒避難支援、並びに緊急ハード対策作業従事者の安全確保に向けて不足する火山監視観測機器を関係機関で分担して整備する。

3.3.1 緊急整備が必要な火山監視観測機器

(1) 緊急整備の目的

火山監視観測機器の緊急整備は、次の目的で実施する。

- 住民の警戒避難支援
- 緊急ハード対策作業従事者の安全確保

(2) 緊急整備が必要な監視観測機器

緊急ハード対策の対象となる土石流と融雪型火山泥流について、必要な監視項目と機器は表 3-4 に示すとおりである。このうち、現状整備されていない土砂移動検知機器、降灰量計、ガス濃度計について緊急整備を行っていく。

また、監視カメラや積雪深計は緊急時の配置が困難であるので平常時より整備していくことが望ましい。

なお、監視機器は関係機関で分担して整備を進めることとし、平常時より調整する。

表 3-4 対象現象別の必要監視観測機器と現状の整備状況

対象現象	目的	機器	現状の設置状況
全般	活動監視	監視カメラ	1基(気象庁若宮)
土石流	土石流の発生検知	土砂移動検知機器	なし
	降灰量の把握	降灰量計	なし
	降雨状況の詳細把握	地上雨量計 XRAIN (XバンドMPレーダ雨量情報)	国交省:8基、福島県:11基 気象庁:3基 安達太良山周辺をカバー
火山ガス	ガス濃度の監視	ガス濃度計	なし
融雪型火山泥流	泥流の発生規模の予測	積雪深計	1基(気象庁猪苗代)



表 3-5 今後整備が必要な監視・観測機器

緊急配置として整備する機器		平常時からの整備が必要な機器	
土砂移動検知センサー	平常時より設置すると、誤作動等に伴う管理の負担が大きくなるので、緊急配置が適当	監視カメラ	映像の配信も含めて、緊急時に実施することは困難
降灰量計	優先度の高い地点より、前兆段階から設置を進めるのが適当	積雪深計	必要な高標高部での積雪計設置は、緊急時には困難
ガス濃度計	工事の安全確保に関しては、緊急配置が適当	ガス濃度計	登山道付近等の監視は平常時から行う

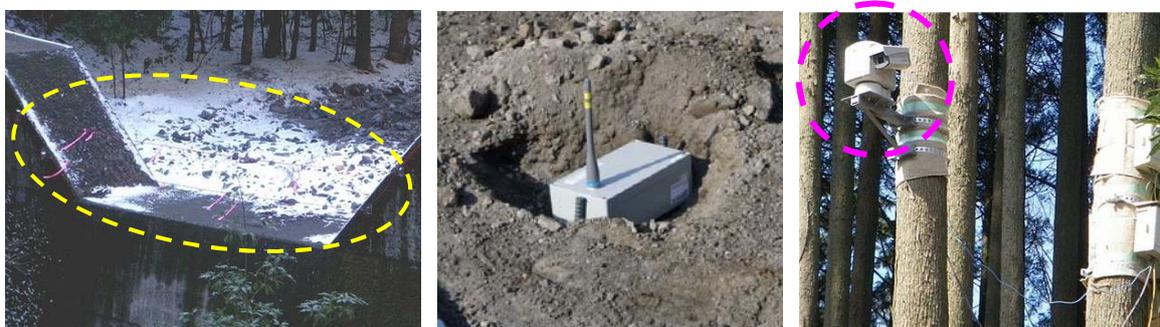
3.3.2 土砂移動検知機器

(1) 整備すべき機器

- 振動検知式土砂移動検知センサー
- 監視カメラ（可搬型）
- ワイヤーセンサー

下流域の安全確保を目的とした土砂移動検知機器には、『検知の確実性』『豊富な実績』『繰り返し検知が可能』が機能として求められる。これらを勘案すると、実績の豊富なワイヤーセンサー、振動検知式センサ、可搬型監視カメラを設置することが妥当である。

また、検知機器として地震計の利用も考えられる。設置箇所の条件や時間が許せば地震計を設置することで火山活動監視にも利用することができる。



ワイヤーセンサー

無線運用型振動検知式
土石流センサー

可搬型監視カメラ

図 3-1 土砂移動検知センサーの例

(2) センサー配置方針

土砂移動検知機器は、緊急ハード対策実施地点に警報を発令してから作業員が退避できる時間を確保できる箇所に配置する。

現場における避難速度と避難距離は、表 3-6 のような検討例がある。これらの情報を目安にセンサーの配置位置を設定する。

表 3-6 現場における避難速度と避難時間の目安

場所	内訳	避難速度	避難距離	
			1分間の 場合	2分間の 場合
平坦部	表面が粘土地盤	1.5m/s	90m	180m
	表面が礫地盤	1.3m/s	78m	156m
斜面部	斜面角度30°（登り）	0.6m/s	36m	72m
	斜面角度30°（降り）	0.7m/s	42m	84m
	斜面角度10°（登り）	1.1m/s	66m	132m
	斜面角度10°（降り）	1.3m/s	78m	156m
はしご部	昇り	0.4m/s	(24m)	(48m)
	降り	0.3m/s	(18m)	(36m)

※豊沢康男,堀井宣幸(2002).現場避難実験による土石流発生時の避難時間の検討,産業安全研究所特別研究報告, NIIS-SRR-NO.25を参考に作成

センサー位置設定手順（案）

- ①対象地点の氾濫幅をハザードマップや地形から推定する。
- ②氾濫幅と表 3-6 より必要な退避時間(A)秒を求める
- ③泥流の流下速度(B)m/s とすれば、 $(A) \times (B)m$ より上流地点にセンサーを配置すれば良い。

3.3.3 降灰量計

(1) 整備すべきセンサー

●自動降灰量計

活動が活発化した火山周辺域において設置するので、センサーには『自動(無人)観測可能なこと』『設置が簡易なこと』が求められる。そこで、自動降灰量計(図3-2参照)がセンサーとして適している。

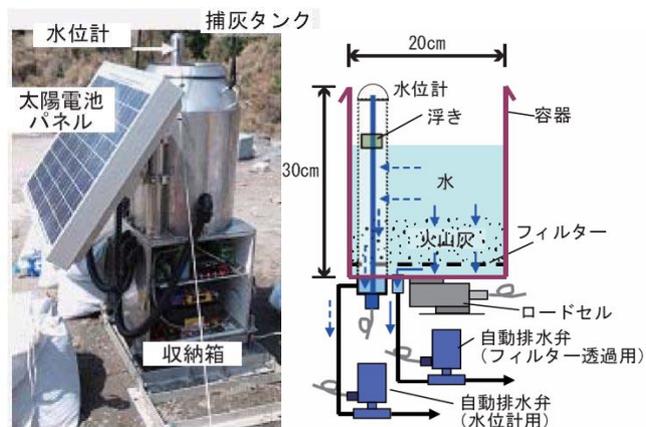


図 3-2 自動降灰量計

(2) センサー配置方針

- ・降灰量計は、卓越風の風上側と風下側のデータを取得するため、山体の東西の高標高地点に設置する。
- ・アクセスが容易で、適当な平地が確保できる箇所を選定する。

土石流の発生域となる高標高部の平地に配置することを基本とする。また、安達太良山上空の卓越風向が西風であることから、火口に対して東西に配置することが望ましい。

3.3.4 ガス濃度計

緊急ハード対策実施箇所においては、火山ガス濃度のモニタリングを行っていく必要がある。各工事現場にセンサー(硫化水素、二酸化硫黄等)と警報装置を設置し、工事従事者の安全を確保する。

なお、登山道として利用されている箇所等においては平常時より整備を行う。



三宅島におけるガス濃度の表示版



霧島山(新燃岳)噴火時に現場代理人が携帯したガス検知器

図 3-3 ガス濃度モニタリングの事例

3.3.5 監視カメラ

- ・ 山体東側の遠望カメラと火口監視カメラを設置する。
- ・ 監視カメラは平常時より整備することが望ましい。

現在、気象庁（若宮）の監視カメラにより、山体西側からの遠望監視を実施している。安達太良山の活動監視には、現状に加えて火口東側からの遠望監視および火口監視カメラが設置されていることが望ましい。

特に火口監視カメラは、活動が活発化してからの設置は困難であるので、平常時より整備を進めておくことが望まれる。



山体東からの遠望監視イメージ
(薬師岳)



火口監視のイメージ

3.3.6 積雪深計

- ・ 山体東西の高標高部において、積雪観測を実施する。
- ・ 積雪深計は平常時より整備することが望ましい。

山体の東西で積雪特性に差がある可能性があるため、積雪観測は東西斜面の代表地点で行う。

高標高部は、活動が活発化してからの設置は困難であるので、平常時より整備を進めておくことが望まれる。

ここに示す監視機器の配置計画は現段階での検討事例であり、設置箇所については今後詳細に調査して決定する

3.3.7 火山監視観測機器の緊急配置計画

以上で述べたセンサー配置方針に従い、火山監視観測機器の緊急配置計画を図 3-4 に示した。



白糸の滝観測局の現況



薬師岳観測局の現況

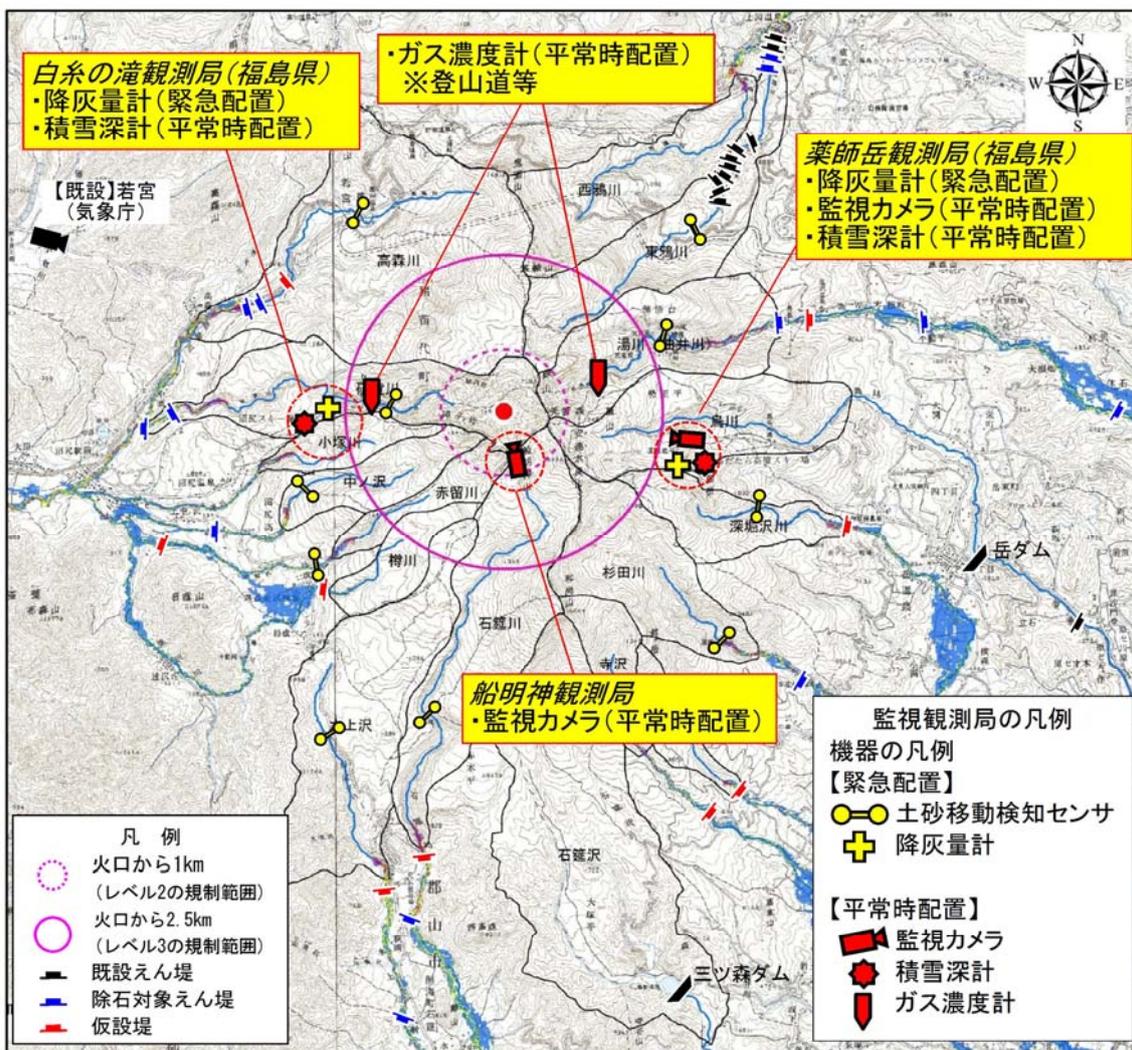


図 3-4 火山監視観測機器の緊急配置計画

3.4 リアルタイムハザードマップによる危険区域の推定

平常時、プレ・アナリシス型のハザードマップを整備する。また、火山活動が活発化した場合、火山活動状況にあわせて、リアルタイムアナリシス型のハザードマップを作成し、必要な関係機関に情報提供する。

3.4.1 リアルタイムハザードマップの種類

リアルタイムハザードマップには、『プレ・アナリシス型 (データベース方式)』と『リアルタイム・アナリシス型 (逐次計算方式)』があり、火山活動の状況に応じて使い分けていく。

(1) プレ・アナリシス型 (データベース方式)

複数の噴火規模、現象において予めハザードエリアを数値シミュレーション計算等により作成し、その情報をGIS上に格納しておくシステムである。火山活動の状況に応じて事前想定に近いものを引き出すことができるので、短時間でハザードマップを得ることができるのがメリットである。

(2) リアルタイム・アナリシス型 (逐次計算方式)

火山活動に伴い、地形が変化した場合や事前の予想とは異なる位置に火口が形成された場合などプレ・アナリシスで対応できない場合、随時新たな情報に基づき数値シミュレーション計算等を行いハザードマップを作成するシステムである。

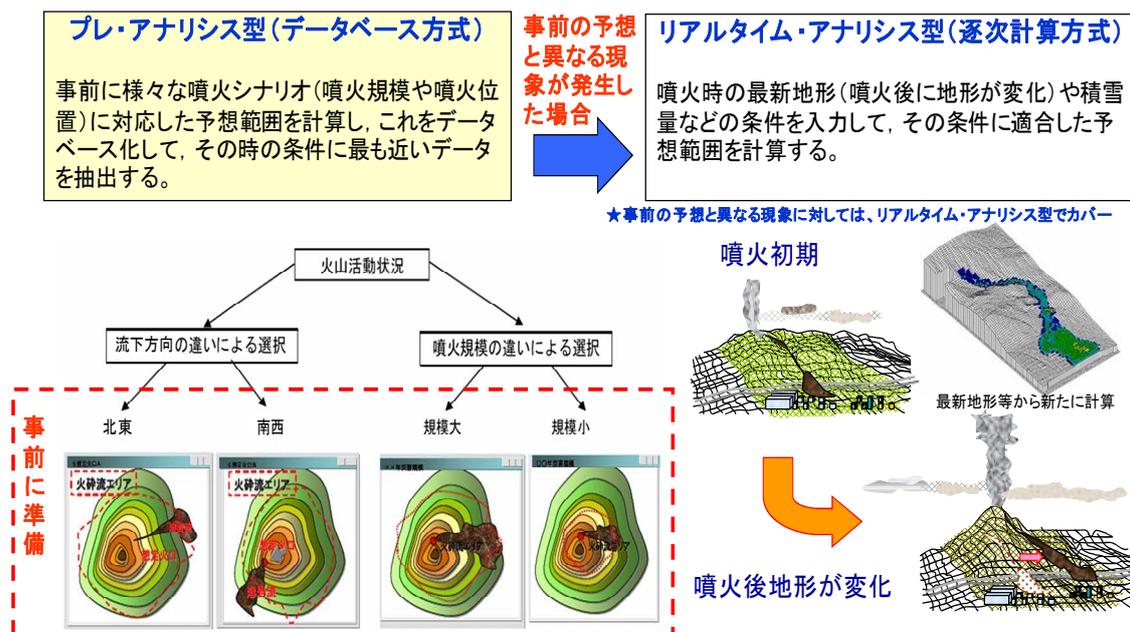


図 3-5 リアルタイムハザードマップの種類

3.4.2 安達太良山におけるリアルタイムハザードマップ作成方針

安達太良山において作成するリアルタイムハザードマップの作成方針をプレ・アナリシス型とリアルタイム・アナリシス型に分けて表 3-7 に整理した。

特に、リアルタイム・アナリシス型は、実施のタイミング・入力条件設定に必要なデータ、その情報の取得方法を記載した。火山噴火時の緊急調査では、リアルタイムハザードマップの作成も念頭において調査項目を設定する必要がある。

表 3-7 安達太良山におけるリアルタイムハザードマップ作成方針

現象	プレ・アナリシス型	リアルタイム・アナリシス型		
		実施のタイミング	必要なデータ	データの取得方法
噴石	・噴火実績に基づく到達予想範囲を整理	・想定した火口以外から噴火が生じた場合、弾道計算を実施	・火口位置 ・噴出初速	・監視カメラ、航空写真等 ・監視カメラ映像解析等
降灰	・様々な噴出量、風向・風速に基づく降灰計算によるデータベースを整理	・想定以上の強風や想定した以外の風向が予想される場合に降灰計算を実施	・風向、風速 ・噴出初速	・気象庁の予報 ・監視カメラ映像解析等
融雪型火山泥流	・積雪深と融雪範囲を想定して数値シミュレーションによるデータベースを整理	・積雪量に基づき、数値計算を実施	・積雪深 ・噴石分布 ・火口位置	・積雪深計、LP解析 ・ヘリ調査等 ・監視カメラ、航空写真等
		・火山活動により地形が変化した場合、新たな地形データにより数値計算を実施	・地形モデル	・レーザープロファイラ
降灰後の土石流	・降灰量、降雨の様々なパターンで数値シミュレーションによるデータベースを整理	・想定した以上の降灰量や降雨が予想される場合に数値シミュレーションを実施。	・降灰分布 ・降雨規模 ・火口位置	・降灰調査(ヘリ調査) ・XRAIN ・気象庁の予報 ・監視カメラ、航空写真等
		・火山活動により地形が変化した場合、新たな地形データにより数値計算を実施	・地形モデル	・レーザープロファイラ
火口湖に由来する泥流	・様々な湖水量で数値シミュレーションによるデータベースを整理	・火口の湛水が確認された場合数値シミュレーションを実施	・湛水量	・レーザープロファイラ

3.5 光ケーブルなどの情報通信網の整備

噴火時に必要な監視観測情報の通信が途絶えないように、情報通信網はバックアップ回線を整備しておく。

安達太良山周辺域においては、図 3-6 のとおり光ケーブル網が整備されているが、安達太良山西側には敷設されていない。そこで、国道 115 号に光ケーブルが敷設されれば、安達太良山のループ化が成立し、対災害性が向上する。

また、火山活動が活発化した際、光ケーブル網の情報コンセントに接続することで、安達太良山の監視観測情報の通信手段を確保することができる。

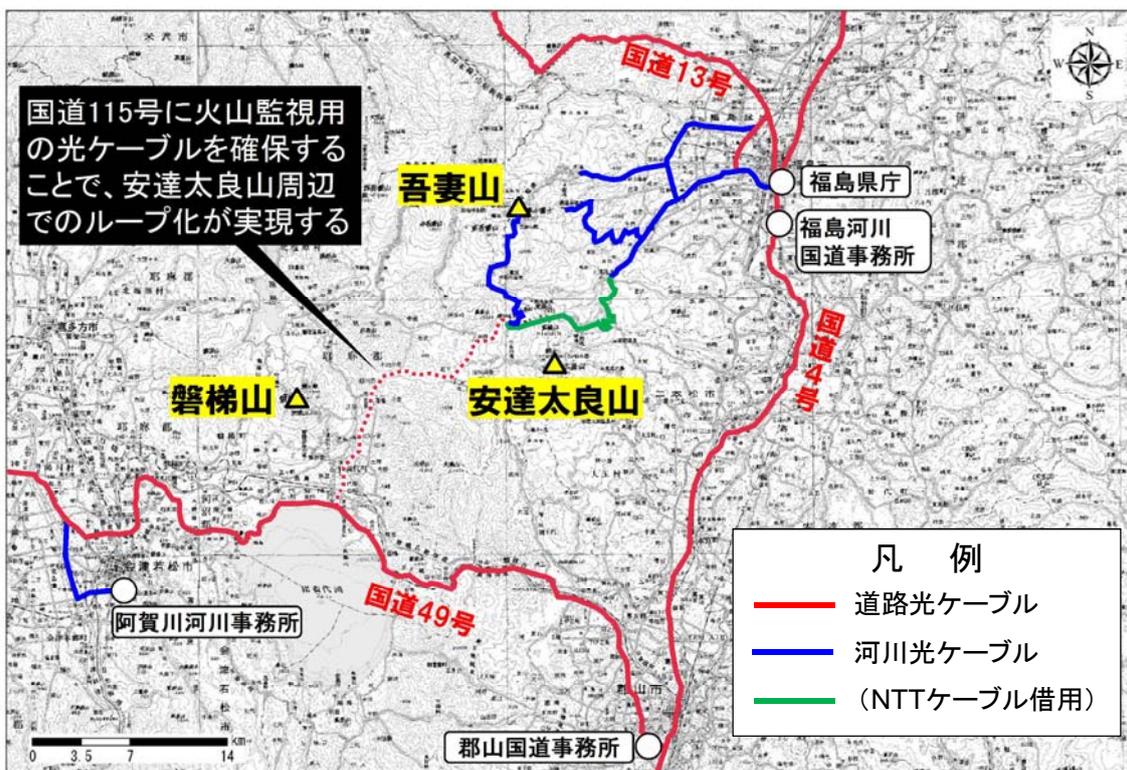


図 3-6 安達太良山周辺の光ケーブル網敷設状況図

～光ケーブル網の活用方針～

- ・ 平常時に火山監視機器と接続し、情報共有を図る。
- ・ 緊急時には、情報コンセントに接続することで、リアルタイムの映像情報などを伝達する



3.6 火山噴火時の緊急調査

火山活動が活発化した場合、火山の状況を把握し緊急的な対策を検討するための基礎資料を得ることを目的に緊急調査を実施する。

火山活動が活発化した場合の緊急調査の項目と調査により把握する事項、調査結果の活用方針を表 3-8 に整理した。

表 3-8 安達太良山噴火時の緊急調査

緊急調査項目	把握する事項	調査結果の活用方針
ヘリ調査 有人飛行に危険が伴う場合などには、UAV(無人航空機)を活用した調査も実施する	●噴石分布 ●降灰分布	・降灰後土石流の発生可能性が高まっている溪流の抽出 ・緊急ハード対策の優先度決定 ・リアルタイムハザードマップ作成の入力条件
	●火口位置 ●火口周辺状況	・火山専門家に提供、今後の活動予測のアドバイスを得る
	●被災状況	・立入禁止区域内の保全対象の被災状況を確認 →関係機関へ情報提供
	●砂防施設状況	・堆砂状況から緊急ハード対策のメニューを検討する
レーザープロファイラ	●噴火後地形データ	・リアルタイムハザードマップ(リアルタイム・アナリシス型)への入力条件 ・噴火前地形との差分解析による降灰分布および積雪分布把握
地上調査	●降灰深	・流域降灰量の推定 ・土石流発生の可能性が高まっている溪流の抽出
	●噴出物調査	・水蒸気爆発かマグマ噴火かの判断 ・今後の噴火シナリオ予測
	●積雪密度	・融雪水量の算定 ・融雪型火山泥流の発生規模予測
	●砂防施設点検	・緊急除石が必要な施設の抽出
降雨状況(Xバンドレーダ)	●降雨状況	・避難勧告等の発令判断→関係機関へ提供

※ここで、以下の場合には土砂災害防止法に基づく緊急調査が国土交通省により実施される
 ・河川の勾配が10度以上である区域のおおむね5割以上に1cm以上の降灰等が堆積した場合
 ・おおむね10戸以上の人家に被害が想定される場合

3.6.1 ヘリ調査

火山活動が活発化したら、まずヘリコプターによる上空調査を行うのが効果的である。「降灰の分布状況」、「火口の状況」、「立入禁止区域内の保全対象の被災状況」、「砂防施設の堆砂状況」などを調査し、土石流の可能性が高まっている溪流の抽出や、緊急対策の優先度検討の基礎資料とするとともに、関係機関および一般に速やかに公表する。

なお、有人飛行に危険が伴う場合などには、UAV(無人航空機)を活用した調査も実施する。

3.6.2 レーザープロファイラ

火山活動による地形変化等を把握するために、噴火の状況を勘案しながら、噴火後のレーザープロファイラを取得することが望ましい。取得した地形データは、リアルタイムハザードマップの入力条件として活用するほか、降灰深の面的把握や冬期の積雪深の面的把握を行うことによりリアルタイムハザードマップの作成に活用する。

3.6.3 地上調査

山麓の降灰深や噴出物の構成鉱物、積雪期であれば積雪密度、砂防設備の点検等、立ち入れる範囲内で地上調査を実施し、状況把握に努める。



図 3-7 霧島山（新燃岳）2011 年噴火時のヘリ調査例



図 3-8 霧島山（新燃岳）2011 年噴火時の降灰調査例

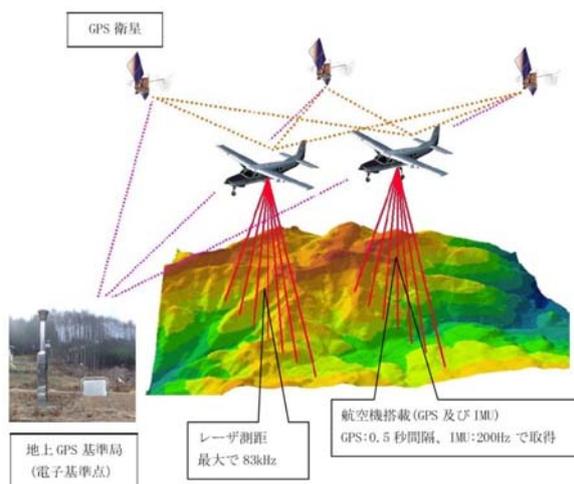


図 3-9 レーザープロファイラ

3.6.4 土砂災害防止法に基づく緊急調査

安達太良山において、火山噴火に起因する土石流が急迫した場合、国土交通省が土砂災害防止法に基づく緊急調査を実施する。

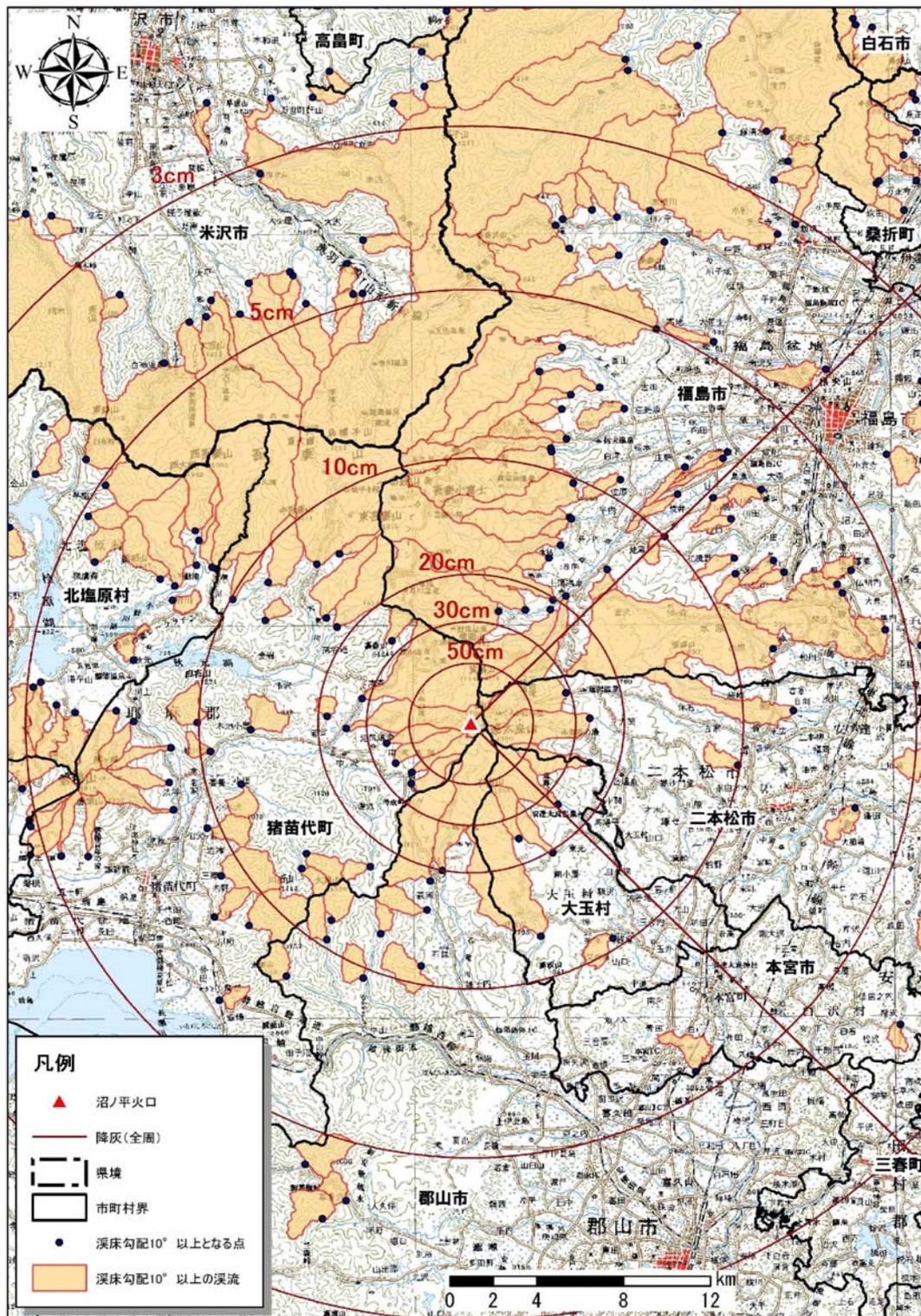


図 3-10 安達太良山周辺の勾配 10° 以上の溪流分布

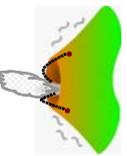
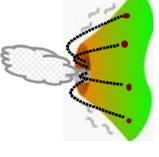
3.7 緊急ソフト対策ドリル

緊急ソフト対策は、火山活動の局面に応じて段階的に実施する。(対策ドリル)

前述した緊急ソフト対策の各項目について、火山活動の静穏期から噴火期、終息期に至る時系列で対処すべき事柄を緊急ソフト対策ドリルとして表 3-10 に整理した。

このうち、静穏期に対処すべき事柄は、後に述べる平常時からの準備事項にあたる項目である。

表 3-9 緊急ソフト対策ドリル (案)

火山活動	静穏期		前兆活動期		噴火影響期		終息期(土石流発生期)
	火山活動		1 (平常)		2 (火口周辺規制)		3 (入山規制)
噴火警戒レベル	沼ノ平火口内の危険な箇所		火口の中心から概ね1kmの範囲		火口中心から概ね2.5kmの範囲		5 (避難)~1 (平常)
規制等	緊急ハード対策		緊急ハード対策実施		緊急ハード対策実施		随時解除
緊急ソフト対策	緊急ハード対策		緊急ハード対策		緊急ハード対策		緊急ハード対策
① 避難対策支援のための情報提供	<ul style="list-style-type: none"> 住民、観光客、登山客に対する防犯情報提供 (監視カメラ映像、雨量情報、火山防災マップ等) 	<ul style="list-style-type: none"> 住民、観光客、登山客への注意喚起 (監視カメラ映像、ヘリ調査結果、雨量情報をインターネットや記者発表を通して速やかに配信) 	<ul style="list-style-type: none"> 立入規制、避難誘導の判断材料 (監視カメラ映像、緊急調査結果) 危険区域内の被災状況 (ヘリ調査結果) リアルタイムハザードマップ (融雪型火山泥流、降灰後の土石流) 降灰後の土石流に対する対応 (見直しした基準雨量、土石流検知情報) 	<ul style="list-style-type: none"> 工事中止(無人化施工) 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急ハード対策実施 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急ハード対策実施 	<ul style="list-style-type: none"> (有人施工再開)
② 火山監視機器の緊急的な整備	<ul style="list-style-type: none"> 積雪深計と監視カメラ設置 技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急ハード対策実施渓流において土砂移動検知センサ、ガス濃度計を整備 自動降灰量計を配置(白糸の滝、薬師岳) 					
③ リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定	<ul style="list-style-type: none"> ブレ・アナリシス型ハザードマップの整備 リアルタイム・アナリシス型ハザードマップシステムの構築 噴火前地形データの取得 	<ul style="list-style-type: none"> ブレ・アナリシス レベル3相当の噴火が発生した場合のハザードマップを関係機関へ提供 	<ul style="list-style-type: none"> ブレ・アナリシス レベル4相当の噴火が発生した場合のハザードマップを関係機関へ提供 リアルタイム・アナリシス 積雪状況をインプットとし、融雪型火山泥流シミュレーション 降灰分布調査の結果をインプットとし、土石流シミュレーション実施 	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイム・アナリシス 火山活動による地形変化、降灰状況をインプットとし、融雪型火山泥流シミュレーション実施 	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイム・アナリシス 火山活動による地形変化、降灰状況を考慮した土石流シミュレーション実施 		
④ 光ケーブルなどの情報通信網の整備	<ul style="list-style-type: none"> 耐災害性を考慮した情報通信網の整備(国道115号ルートによるループ化) 	-	-	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 断線箇所等の早期復旧(バックアップ回線の運用)
⑤ 火山噴火時の緊急調査		<ul style="list-style-type: none"> 地表面等の変化、積雪状況、噴石分布・降灰状況、火山活動状況、被害状況の調査 	<ul style="list-style-type: none"> ヘリ調査実施 (噴石分布・降灰分布、火口位置、火口周辺状況、被災状況、砂防設備状況を確認、噴火後地形データ) 地上調査 (降灰深、積雪密度、砂防設備点検) 降雨状況 (基準雨量の見直し) 				

4. 平常時からの準備事項

緊急減災対策を実施可能なものとするために、緊急対策のために必要となる土地等の調整、緊急ハード対策の資機材の備蓄、火山防災ステーションの整備を行っておく。

4.1 対策に必要となる諸手続・土地利用

緊急対策ドリルの実施にあたって必要となる手続きと調整先を整理する

緊急ハード対策や緊急ソフト対策による機器配置の実施にあたって、平常時より調整しておくべき内容と調整機関を表 4-1 に整理した。

表 4-1 平常時からの調整項目一覧

項目	内容	調整機関
国有林での対策に関する調整	○国有林での緊急ハード対策に関する調整 ○監視観測機器配置の緊急設置に関する事前調整	森林管理署 (福島森林管理署、会津森林管理署)
保安林(国有林外)での対策に関する調整	○保安林(国有林外)での緊急ハード対策に関する調整 ○監視観測機器配置の緊急設置に関する事前調整	福島県農林事務所 (県北農林事務所、会津農林事務所等)
国立公園内での観測機器設置の許可	○自然公園特別区域内における監視観測機器の緊急設置における事前調整	環境省 (東北地方環境事務所)
土地利用の調整	○緊急ハード対策計画箇所の地籍調査 ○対策計画箇所の民有地や、公有地に対して一時的な借地・補償・買収などの調整	福島市、猪苗代町、郡山市、二本松市 本宮市、大玉村 地権者
砂防指定地の指定	○緊急ハード対策の計画箇所の砂防指定地指定	地権者
残土処分場の確保	○緊急除石等により発生する残土の土捨て場の事前確保 ○そのための土地利用の調整、工事用道路の整備	地権者
無人化施工の準備	○5.8GHz など総務省から新たに割り当てられた周波数帯でのシステムの構築、 ○無人化施工のオペレーター訓練	総務省、 施工業者
施工業者との契約・工事積算	○緊急時になるべく速やかに工事に着手できるように、事前に施工業者と協定	施工業者
工事用道路の整備	○特殊車両通行のための道路管理者・警察の事前許可申請 ○避難用道路、緊急対策用道路の使い分けや運用に関する取り決め	福島県警察本部、道路管理者
特殊車両の通行や工事車両の通行に関する手続き	○道路上での土のうの設置などによる導流工計画箇所では占有許可及び使用許可が必要となる	福島県の道路部局、 福島市・福島県警察本部
道路上の構造物設置に対する占有許可	○緊急ハード対策計画箇所の地籍調査 ○対策計画箇所の民有地や、公有地に対して一時的な借地・補償・買収などの調整	福島市、猪苗代町、郡山市、二本松市 本宮市、大玉村 地権者

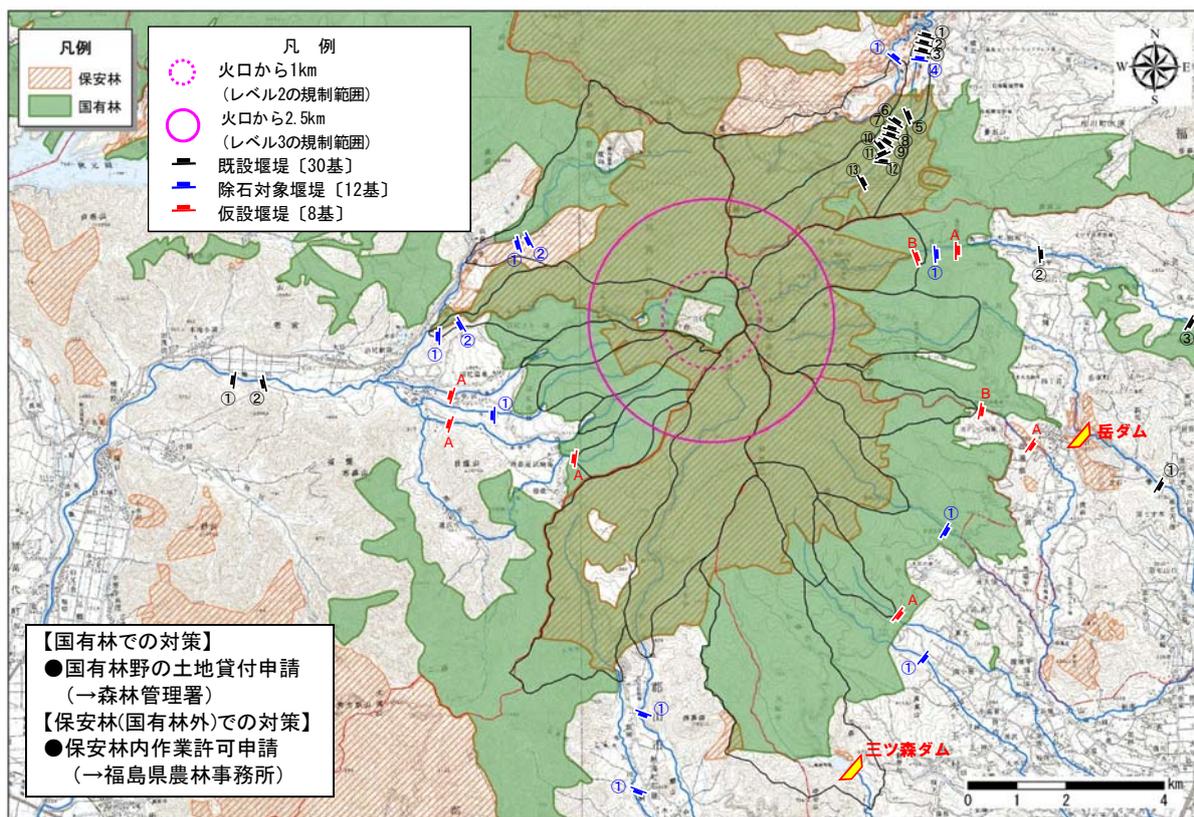


図 4-1 緊急減災ハード対策と国有林・保安林の位置関係

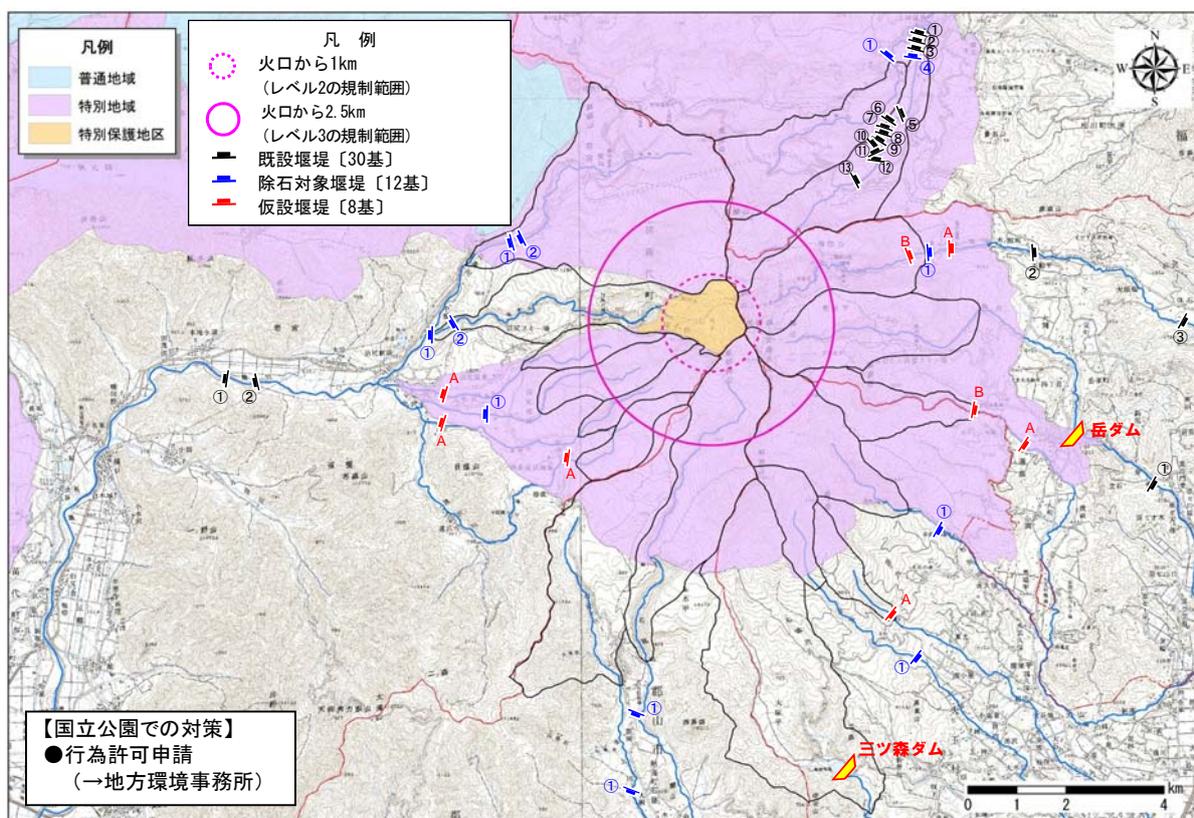


図 4-2 緊急減災ハード対策と国立公園の位置関係

4.2 平常時における検討事項

緊急ハード・ソフト対策の実施にあたり、下記項目について事前に検討しておくべきものとする。

1) ハード、ソフト対策実施候補地の現地調査

今回候補地に挙げた対策箇所について、対策実施に向け支障となる物件、アクセス性、また地形・地質についても目視確認できる範囲で整理し、調整等が必要な項目については随時準備を進める。

2) 除石対象堰堤の構造把握および劣化状況調査

除石の対象となっている既設堰堤については、その構造について現在の劣化状況を含め詳細に調査する。

3) 仮設堰堤工および緊急遊砂地概略検討

緊急時に整備を行う仮設堰堤や遊砂地について、地形・地質条件、設計条件、環境条件等の基本事項の検討を行い、適切な配置やその構造について概略検討を行う。

4) 資機材搬入に関する仮設計画検討

全ての緊急ハード・ソフト対策について、緊急時に円滑に資機材が搬入できるよう、アクセス性を考慮し、資機材搬入について検討を行う。具体的には既往道路からの対策候補地までのアクセスについて工事用道路など仮設計画を行い、工期、工費を算出する。

5) 緊急避難路等の検討

今回検討した災害予想区域図をもとに、適切な緊急避難ルートや緊急避難所について検討するとともに、平常時からの周辺住民への周知手法について検討を行う。

なお、緊急避難所に関しては、想定氾濫範囲内にある堅固な中・高層建物を一時的な避難施設として活用することも検討する。

4.3 緊急減災ハード対策に必要な資機材の調達体制

緊急対策施工に必要となるコンクリートブロック、大型土のう等の資材の調達体制を検討しておくとともに、建設機材を緊急時に調達できるよう、広域的な応援体制を構築しておく。

また、除石等による掘削土砂の仮置場も平常時より調整する。

緊急時の対策を迅速に行うためには、平常時から建設資材の調達体制を検討しておくこと必要がある。緊急ハード対策で検討した工種において、資材を必要とする工種は仮設堰堤工と導流工であり、それぞれコンクリートブロックと大型土のうを必要とする。

(1) 資材（コンクリートブロック、大型土のう）

下表に示すように、緊急ハード対策に必要となるコンクリートブロック数に対して、現状の備蓄数は限られる。これらの差分に関しては、平常時から調達体制を検討しておくことが必要となる。

なお、大型土のうや中詰の土砂については、現状備蓄されている数量で対応できる。

表 4-2 平常時に準備すべき資材

必要資材	用途	必要数量	現状備蓄状況
コンクリートブロック	仮設堤(8基) 遊砂地	42,240個 ※仮設堤1基あたり、1,000 ~3,000個程度必要	約300個 ※福島河川国道事務所
大型土のう	導流堤(2,500m)	22,500個	約60,000個 ※福島県内の水防倉庫備蓄分等の総計
土砂	大型土のうの中詰め	22,500m ³	約130,000m ³ ※阿武隈川第2種側帯の備蓄土砂等

(2) 機材の調達体制

緊急時の機材調達に関して、県外も含め、広域的な応援体制を平常時から構築しておくことが必要である。

（3） 除石等による掘削土砂の仮置場の確保

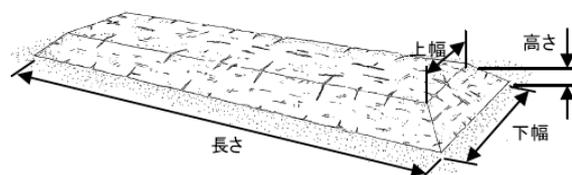
緊急減災ハード対策による除石工事により、約 20 万 m³（最大）の残土が発生することが想定されるため、平常時より残土の処分方法、掘削土砂の仮置場の調整を行っておく必要がある。

表 4-3 緊急除石工により発生する残土量

除石予定堰堤	除石量合計	必要土砂量	発生残土量
12基	約230,000m ³	約22,500m ³ ※大型土のうの中詰めとして	約207,500m ³

～土砂の仮置場に必要な面積～

- ・仮置きの高さを 5m とすると、約 4 万 m²（サッカー場約 6 面分）の仮置場が必要。
- ・周辺自治体の公有地を中心に平常時より仮置場を決めておく必要がある。



土砂の仮置き例

※河川土工マニュアル(案)〈建設発生土対策編〉より

4.4 火山防災ステーションの整備

安達太良山噴火時の情報の集約、関係機関への提供、平常時の火山防災知識の周知啓発のため、火山防災ステーション機能を有する施設の整備が必要である。

火山噴火時に地方公共団体などと連携して各種防災対策を行うために、監視観測情報の集約、資機材の備蓄などを担う火山防災ステーションの整備が必要である。

火山防災ステーションとして運用するための条件は次のとおりである。

- ◆ 火山災害予想区域外に立地していること
- ◆ 火山防災情報が集約できること
- ◆ 活動拠点としての機能が確保されていること
(会議・展示スペース等)

安達太良山周辺位置する公共施設（国交省、福島県）のうち、火山防災ステーションとしての条件を満たす施設を選定し、火山防災ステーション機能を追加していくこととする。

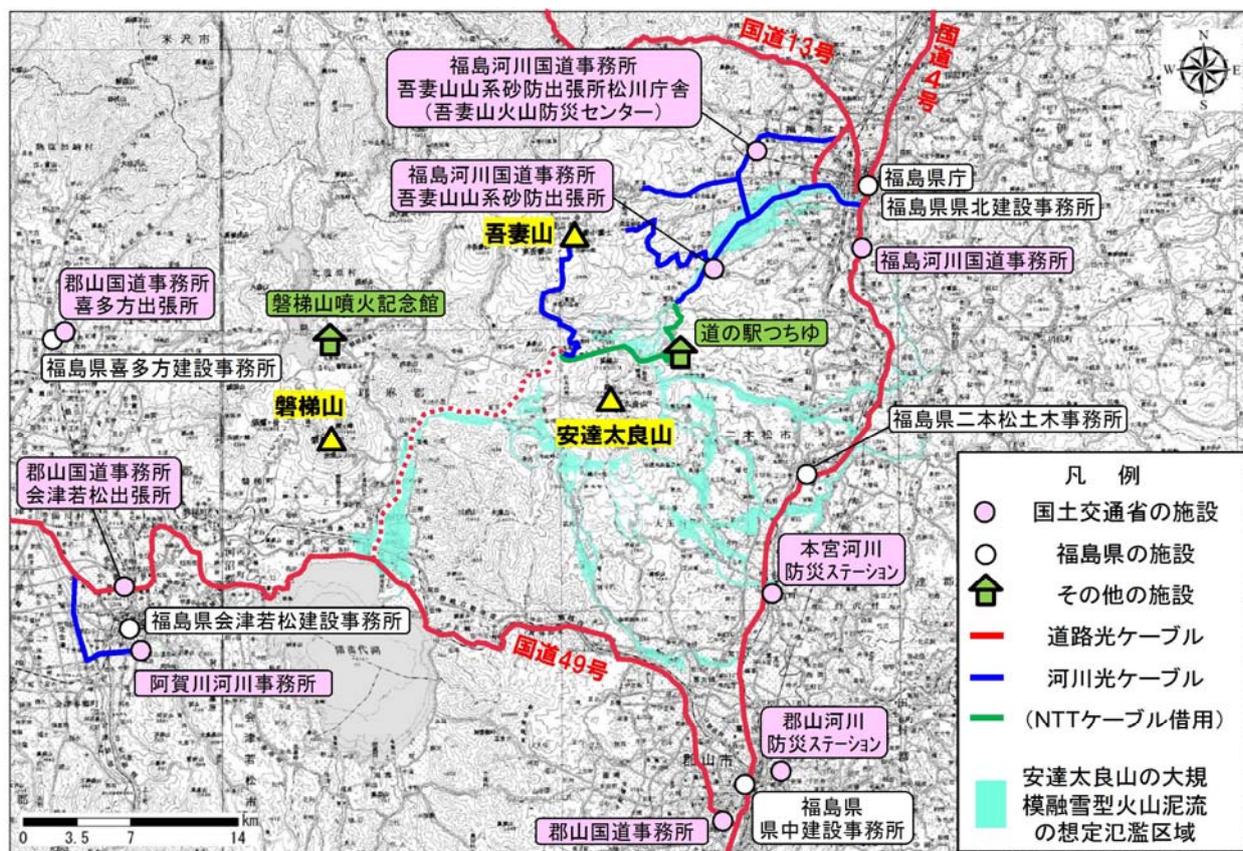


図 4-3 火山防災ステーション候補地

4.5 関係機関との連携事項

安達太良山噴火の際、速やかに対策が実施できるよう、平常時より、周辺市町村や関係機関と協議・調整を行う。

防災基本計画に基づく火山防災協議会およびコアグループを中心に、連絡会を設けて定期的に情報交換、事前協議を行っていくことが望ましい。各機関との具体的な協議・調整事項を以下に記す。

(1) 市町村との協議・連携事項

緊急減災対策工事の実施にあたっては、関係者以外の立ち入りに関して事業者が細心の注意を払うことは勿論のことであるが、工事実施者による立ち入りの制限には限界があるため、関係市町村による災害対策基本法 63 条に基づく警戒区域の設定などが必要となる。このため、平常時より関係市町村と緊急減災対策実施箇所に対する警戒区域の設定等に対して、協議しておく必要がある。

(2) 河川管理者との協議・調整事項

河川に構造物を設置するにあたっては、土地の占用や工作物の新築、および土地の掘削等の許可などが必要となる。これらの手続きについては、国および都道府県管理の河川については河川法に規定され、市町村管理の河川については各自治体の条例等に規定されている。

河川法による手続きは、河川法第九十五条には国が行う事業についての特例があり、国と河川管理者が協議し、同意を得れば足りることになっている。この場合、河川法施行規則第 42 条に規定された書類を提出して同意を得ることとなる。これらのことから、緊急減災対策を実施するにあたり、事前に河川管理者と堤防の緊急嵩上げの実施について協議する必要がある。

(3) 環境部局との協議・調整事項

国立公園内において、非常災害時のための応急措置を行う場合については、特別地域及び特別保護地区内の場合、行為を行った日から起算して 14 日以内に所定の書式を公園の諸事務を所掌する自然保護官事務所宛に提出することとされている。なお、可能であれば事前の連絡を行うことが望ましい。

(4) 治山部局との協議・調整事項

砂防事業と治山事業の事業調整については、昭和 38 年の「治水砂防行政事務と治山行政事務の連絡調整について昭和 38 年建河発第 267 号、38 林野治第 589 号」によって建設省（現国土交通省）、林野庁の連名通達が出されており、両事業の目的や事業内容の仕分けの基本とされている。この通達の中で、砂防行政事務と治山行政事務は都道府県毎に地方連絡会議を設置し、砂防治山連絡調整会議を毎年定期的及び必要が生じた場合に臨時に開催し、事業調整等を行うこととされている。

しかしながら、災害時においては、ハード対策等のために緊急的に保安林の伐採などを行う必要性が生じることもあり、事後の届出として「保安林（保安施設地区）内緊急〇〇届出書」による対応が発生する可能性等をあらかじめ説明しておくことが望ましい。

(5) 国土技術政策総合研究所との協議・調整事項

リアルタイムハザードマップのうち、リアルタイムアナリシスシステムの運営は、専門的な知識が要求されるため、国土技術政策総合研究所（以下国総研）を中心に行うことが火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドラインに記されている。

また、リアルタイムアナリシスシステムを運用するために、所管の直轄砂防関係事務所や都道府県においては、地形データや現況の施設整備状況等所管する火山のデータベースを国総研に提供する必要がある。これらデータの受け渡し方法、データ形式等について事前に調整しておく必要がある。

4.6 火山防災の周知・啓発

地域の防災力の向上に貢献することを目的として、防災教育の支援および防災意識の向上に係わる活動等を推進する。

(1) 教材の作成

地域の未来を担う子ども達に、火山や土砂災害について教えるとともに、自然や地域を大切に思う心を育てるための防災教育用の教材を作成する。具体的には、小中学生を対象にした火山防災副読本や、立体地形模型の作成等が挙げられる。特に立体模型による泥流流下実験等は視覚的に災害状況を理解できるため有用である。教材作成は地域の有識者の意見を参考にしつつ進めていく。



立体模型



中学生向けの副読本

図 4-4 地域に対する防災教育用教材の例

(2) 出前講座等の実施

地元住民や小中学生を対象に、火山防災に関する正しい知識を周知するための出前講座等を実施する。

出前講座では副読本や立体模型による実験、専門家による講演などにより安達太良山で想定される災害とその減災方法について分かりやすく伝えることが必要である。



図 4-5 出前講座の事例

平成 26 年 7 月 14 日に福島市立水保小学校で実施した出前講座の様子

(3) 防災訓練の実施

緊急減災対策では、関係機関の連携や、計画策定のために検討された土砂移動のケースを参考とした臨機応変な対応が求められる。時系列に沿った噴火の場面を想定した防災訓練は多様な現象が想定される火山噴火に対して有効である。

さらに訓練により、防災対応の課題を抽出することができるので、定期的に訓練を実施することで減災計画の更新にも寄与する。



図 4-6 防災訓練の例

平成 25 年 10 月 19 日に実施した平成 25 年度福島市総合防災訓練の様子

[周知・啓発活動の重要性]

平成 25 年に実施した住民意識調査により、安達太良山の噴火に警戒している人は 10%未満であった。このデータからも、火山防災に関する継続的な周知啓発活動により防災意識を底上げする必要があると考えられる。

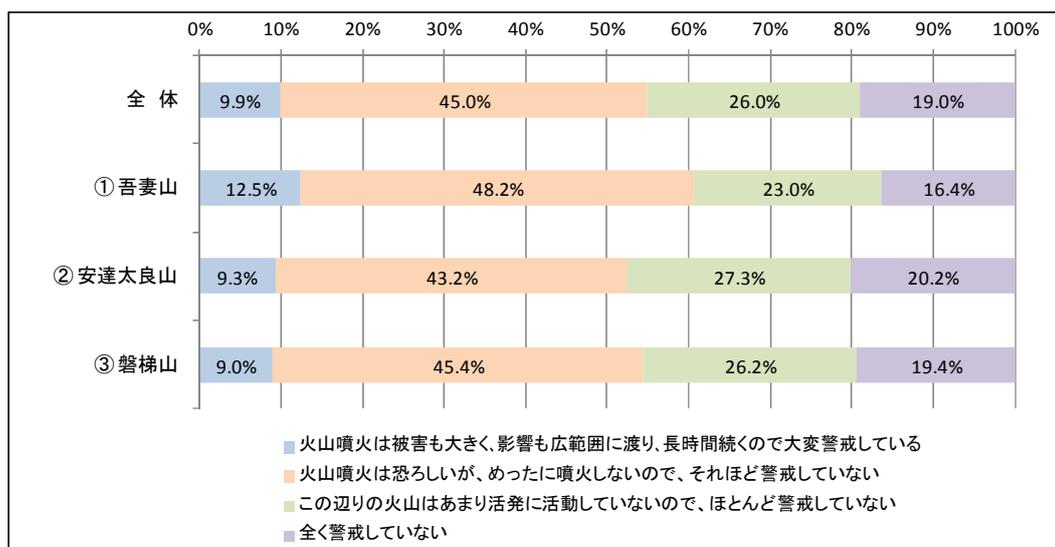


図 4-7 火山噴火に対する警戒意識

平成 25 年に実施した福島県の 3 火山周辺市町村を対象に実施した住民意識調査より

4.7 顔の見える関係づくり

安達太良山の緊急減災対策砂防計画を有効に機能させるためには、関係する機関や専門家との協力が欠かせない。各機関等と緊急時にスムーズな連携・調整を図るためには、平常時より各機関の防災担当者および専門家、関係機関同士が『顔の見える関係』を構築しておく必要がある。

「顔の見える関係」は、防災計画に基づく火山防災協議会において構築されるべきであるが、大きな組織では機動性に欠けることが懸念される。そこで、協議会メンバーの中に直接防災に関わる機関で構成された「コアグループ」を設置し、このコアグループを中心に継続的な活動を行っていくことが有効である。

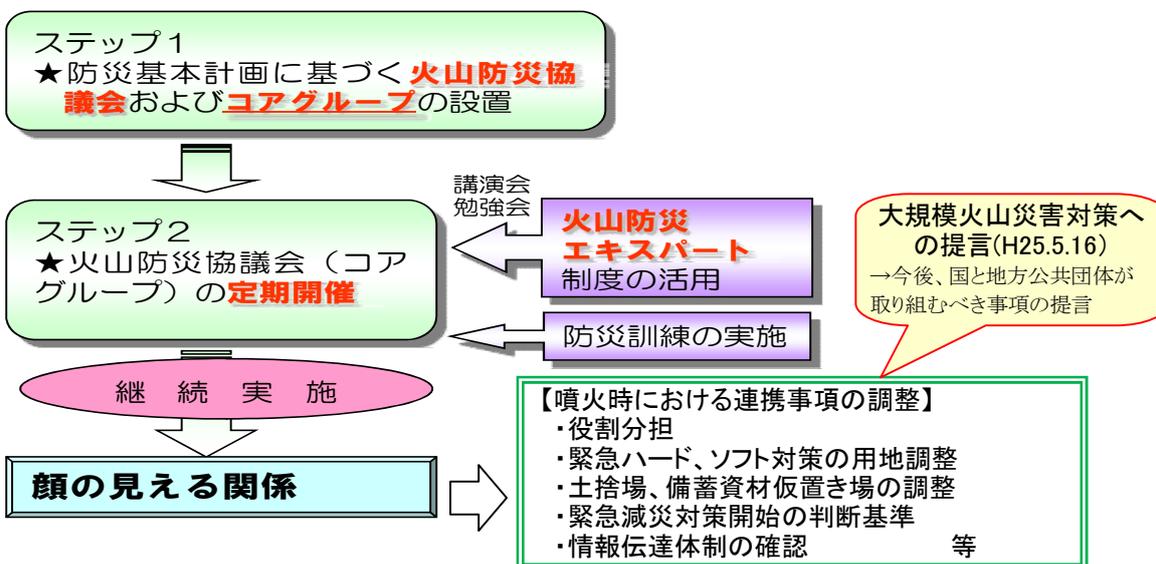
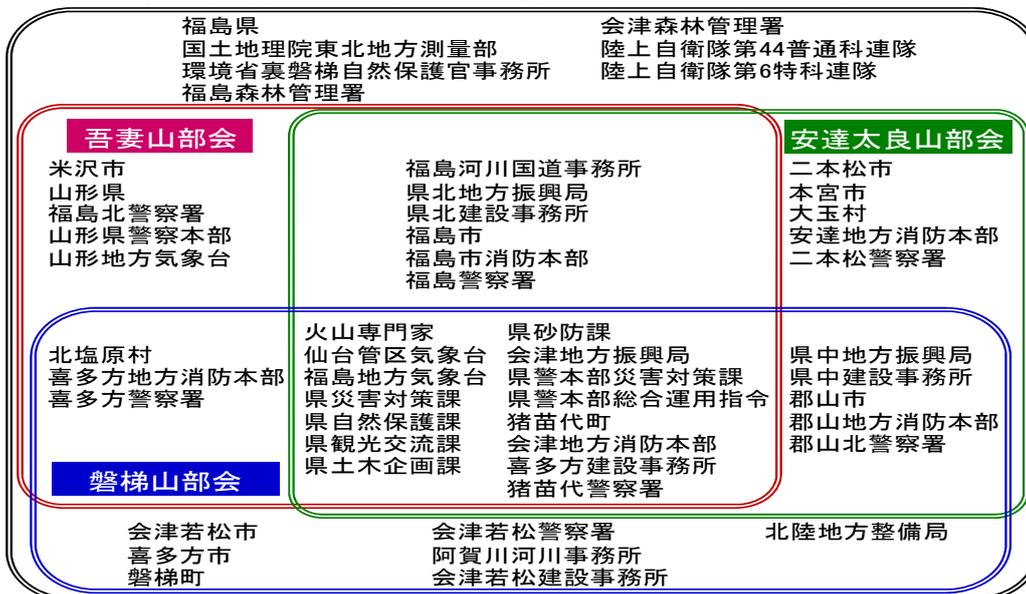


図 4-8 平常時からの『顔の見える関係』づくり

吾妻山・安達太良山・磐梯山火山防災協議会

吾妻山、安達太良山、磐梯山について、県、関係市町村及び防災関係機関の平常時からの連携を確立し、噴火時等の避難対策等を共同で検討することにより、火山防災対策の推進を図るとともに、地域住民等の防災意識の向上に資することを目的に平成26年11月7日に設置された。



おわりに

本計画は、安達太良山の噴火履歴から、今後発生が予想される現象の推移を噴火シナリオにとりまとめ、そのシナリオに基づく減災対策の方針を示したものである。

火山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、平常時からの準備が不可欠である。平常時の準備は資機材や通信網の整備等ハード面の準備もさることながら、噴火時に連携しなければならない学識経験者や関係機関と「顔の見える関係」を日頃から構築することの重要性を最後に説いた。

今後は、本計画を基に、まずは「顔の見える関係」の構築に努め、関係者全員が万全の体制で安達太良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。

主な参考文献

- ・火山情報等に対応した火山防災対策検討会(2008):噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針
- ・気象庁(2013):日本活火山総覧(第4版)
- ・建設省河川局砂防部(1992):火山災害予想区域図作成指針(案)
- ・建設省河川局砂防部(1992):火山砂防計画策定指針(案)
- ・広域的な火山防災対策に係る検討会(2013):大規模火山災害対策への提言
- ・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
- ・国土交通省砂防部(2007):砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)
- ・国土庁(1992):火山噴火災害危険区域予測図作成指針
- ・武田直人(2012):大規模災害に対応するサイフォン排水技術の開発:河道閉塞部の緊急排水対策、建設の施工企画(745),p.68-73
- ・豊沢康男、堀井宣幸(2002):現場避難実験による土石流発生時の避難時間の検討、産業安全研究所特別研究報告、NIIS-SRR-No.25
- ・福島県防災会議(2008):福島県地域防災計画 一般災害対策編(平成20年度修正)
- ・山元孝広・阪口圭一(2000):テフラ層序から見た安達太良火山、最近約25万年間の噴火活動、地質学雑誌、Vol.106,No.12,p.865-882
- ・山元孝広(1998):安達太良山火山西山麓の完新世酸川ラハール堆積物、火山、Vol.43,No.2,p.61-68
- ・丸谷知己、山田孝、木村正信、眞板秀二(2007):ニュージーランド北島ルアペフ火山の火口湖決壊によって発生したラハール、砂防学会誌、vol.60,No.2,p.59-65,2007

福島県火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会

委員名簿

(敬称略)

委員長	石川 芳治	東京農工大学大学院 教授
委員	井良沢 道也	岩手大学農学部 教授
	植木 真人	東北大学大学院理学研究科 客員研究者
	中村 洋一	宇都宮大学 名誉教授
	佐藤 公	磐梯山噴火記念館 副館長
	長橋 良隆	福島大学共生システム理工学類 教授
	藤縄 明彦	茨城大学理学部 教授
	長井 義樹	国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 深層崩壊対策研究官
	石塚 忠範	(独)土木研究所 つくば中央研究所 土砂管理研究グループ 火山土石流チーム 上席研究員
	小川 靖志	林野庁 東北森林管理局 置賜森林管理署長
	富永 茂	林野庁 関東森林管理局 福島森林管理署長
	飯塚 充由	林野庁 関東森林管理局 会津森林管理署長
	清水 信雄	山形県 県土整備部 砂防・災害対策課長
	橋本 仁	山形県 環境エネルギー部 危機管理・くらし安心局 危機管理課長
	小川 辰壽	福島県 土木部 砂防課長
	小池 喜司雄	福島県 生活環境部 災害対策課長
	鈴木 明	福島県 農林水産部 森林保全課長
	小林 香	福島市長
	安部 三十郎	米沢市長
	前後 公	猪苗代町長
	小椋 敏一	北塩原村長
	品川 萬里	郡山市長
	新野 洋	二本松市長
	高松 義行	本宮市長
	押山 利一	大玉村長
	室井 照平	会津若松市長
	山口 信也	喜多方市長
	五十嵐 源市	磐梯町長
	巻 和男	気象庁 仙台管区气象台 火山防災情報調整官
	菅原 寿	気象庁 山形地方气象台 防災管理官
	板谷 宏之	気象庁 福島地方气象台 防災管理官
	山科 勝嗣	東北地方整備局 河川部 広域水管理官
	上原 信司	北陸地方整備局 河川部 地域河川調整官
	永尾 慎一郎	東北地方整備局 福島河川国道事務所長
	丸山 準	北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所長
	安井 辰弥	北陸地方整備局 阿賀川河川事務所長

【事務局】

福島県土木部 砂防課
東北地方整備局 河川部
北陸地方整備局 河川部
東北地方整備局 福島河川国道事務所
北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所
北陸地方整備局 阿賀川河川事務所

安達太良山火山噴火緊急減災対策砂防計画
平成27年 3月
福島県火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会

(問い合わせ先)

福島県 土木部 砂防課

福島県福島市杉妻町 2-16 TEL:024-521-1111

国土交通省 東北地方整備局 福島河川国道事務所

福島県福島市黒岩字榎平 36 TEL:024-546-4331

「この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図 50000(地図画像)及び数値地図 25000(地図画像)を複製したものである。(承認番号 平26情復、第1094号)」