

磐梯山火山噴火緊急減災対策砂防計画

平成28年 3月

福島県 土木部 砂防課

国土交通省 北陸地方整備局 河川部

国土交通省 北陸地方整備局 阿賀川河川事務所

国土交通省 北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所

はじめに

磐梯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。

磐梯山は、福島県北部に位置する活火山であり、底径約 7～10km、比高約 1000m の大きさをなす。詳しい記録が残されている 1888 年噴火では、大規模な山体崩壊が発生し 461 名が亡くなる災害となった。この噴火で形成された火口壁や山頂部の沼ノ平火口には微弱な噴気孔が点在し、火口壁では、表層崩壊（1954 年）や土石流（1936 年）も発生している。有史以降の噴火はすべて水蒸気噴火である。

このような状況の下、磐梯山では、1993～95（平成 5～7）年にかけて設置された「磐梯山火山噴火警戒避難対策検討委員会」により火山災害予想区域図が作成された。これを元に 2000（平成 12）年 7 月に設置された「磐梯山火山防災連絡会議（磐梯町、猪苗代町、北塩原村）」における検討を経て、2001（平成 13）年 5 月に『磐梯山火山防災マップ』が公表されている。

しかしながら、施設の整備には多くの時間と費用がかかること、想定される全ての現象に対してハード対策を進めているものではないこと、想定と異なる噴火現象も起こりえること等から、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、磐梯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 28 年 3 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、社会情勢の変化や法令の変更、新たな科学的知見に基づく噴火シナリオの変更、防災技術の進歩などに対応して、継続的に本計画を見直していく。

目 次

はじめに

【 基 礎 事 項 編 】

1. 磐梯山火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本理念	基-1
1.1 磐梯山火山噴火緊急減災対策砂防計画の目的	基-1
1.2 磐梯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 磐梯山の噴火の特徴	基-6
2.2 磐梯山の噴火警戒レベル	基-12
2.3 磐梯山で想定される噴火シナリオ	基-14
2.4 想定される影響範囲	基-18

【 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-5
2.1 工法・構造の考え方	計-7
2.2 施設効果量の考え方	計-9
2.3 緊急ハード対策施設配置計画	計-11
2.4 対策効果の検証	計-14
2.5 緊急ハード対策ドリル	計-14
3. 緊急ソフト対策ドリル	計-15
3.1 基本方針	計-15
3.2 避難対策支援のための情報提供	計-16
3.3 火山監視観測機器の緊急整備	計-17
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-22
3.5 光ケーブルなどの情報通信網の整備	計-24
3.6 火山噴火時の緊急調査	計-25
3.7 緊急ソフト対策ドリル	計-28
4. 平常時からの準備事項	計-30
4.1 対策に必要な諸手続・土地利用	計-30

4.2 平常時における検討事項	計-32
4.3 緊急ハード・ソフト対策に必要な資機材の備蓄	計-33
4.4 火山防災ステーションの整備	計-35
4.5 関係機関との連携事項	計-36
4.6 火山防災の周知・啓発	計-38
4.7 顔の見える関係づくり	計-41

おわりに

主な参考文献

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

基礎事項編

1. 磐梯山火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本理念

1.1 磐梯山火山噴火緊急減災対策砂防計画の目的

磐梯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 磐梯山の概要

磐梯山は、福島県猪苗代湖の北に位置する底径 7～10km、比高約 1000m の安山岩質の成層火山である。あかはにやま おおぼんだい くしがみね 赤埴山、大磐梯、櫛ヶ峰などが沼ノ平を取り囲んで、円錐形火山体が形成されているが、過去に山体崩壊が何度か繰り返されて現在の山容となった。

磐梯山周辺は、磐梯朝日国立公園の一部に指定され、周辺地域は近年の土地利用の高度化や、豊かな自然環境を生かしたリゾート開発等に伴って、保全対象が急激に増加した地域である。このような状況下で、大規模な火山噴火活動により、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懸念される。

また磐梯山では火山活動は活発化していないものの、降雨や融雪による土砂移動現象が発生している。

火山噴火に対する備えとしては、平成 12 年度に福島県により策定された「磐梯山火山砂防計画（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。

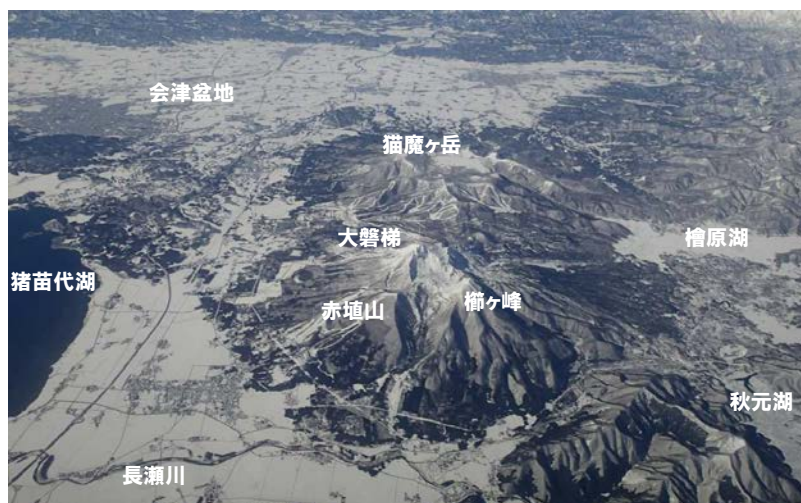


図 1-1 東側上空よりみる磐梯山

1.1.2 磐梯山の緊急減災対策砂防の必要性・目的

磐梯山においては、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の途中段階で磐梯山が噴火した場合、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、そのためには平常時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、磐梯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。

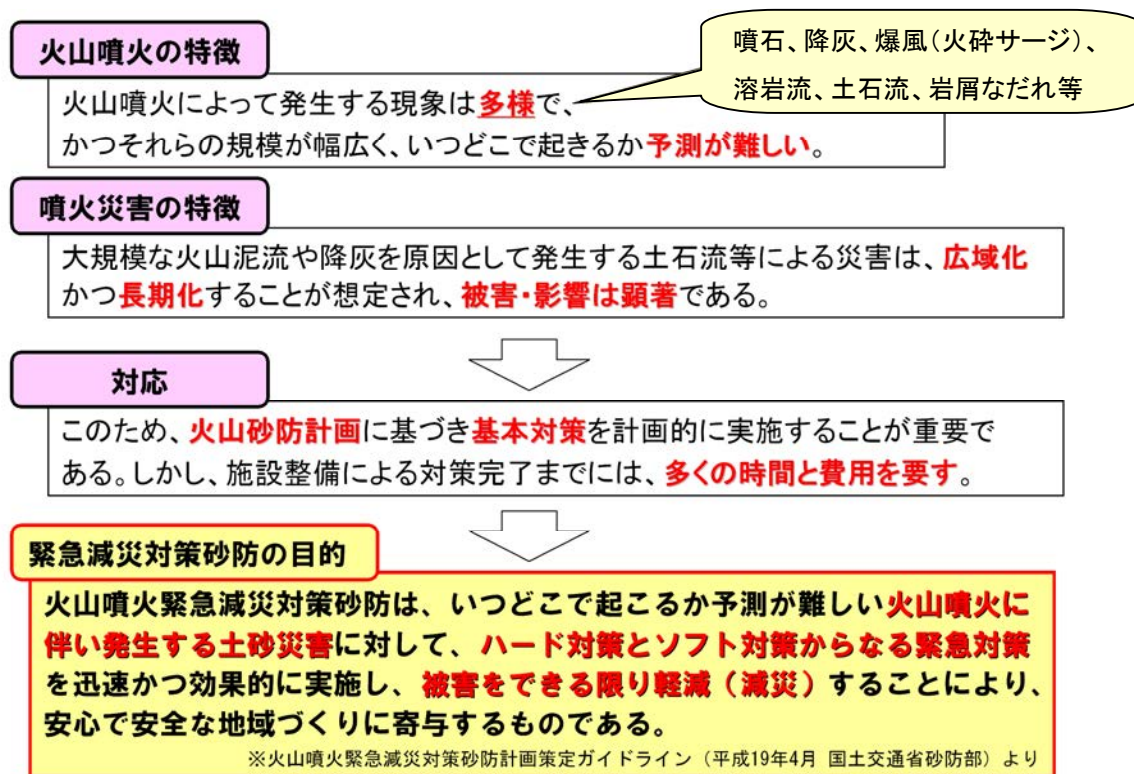


図 1-2 火山噴火緊急減災対策砂防計画の目的

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。

磐梯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）

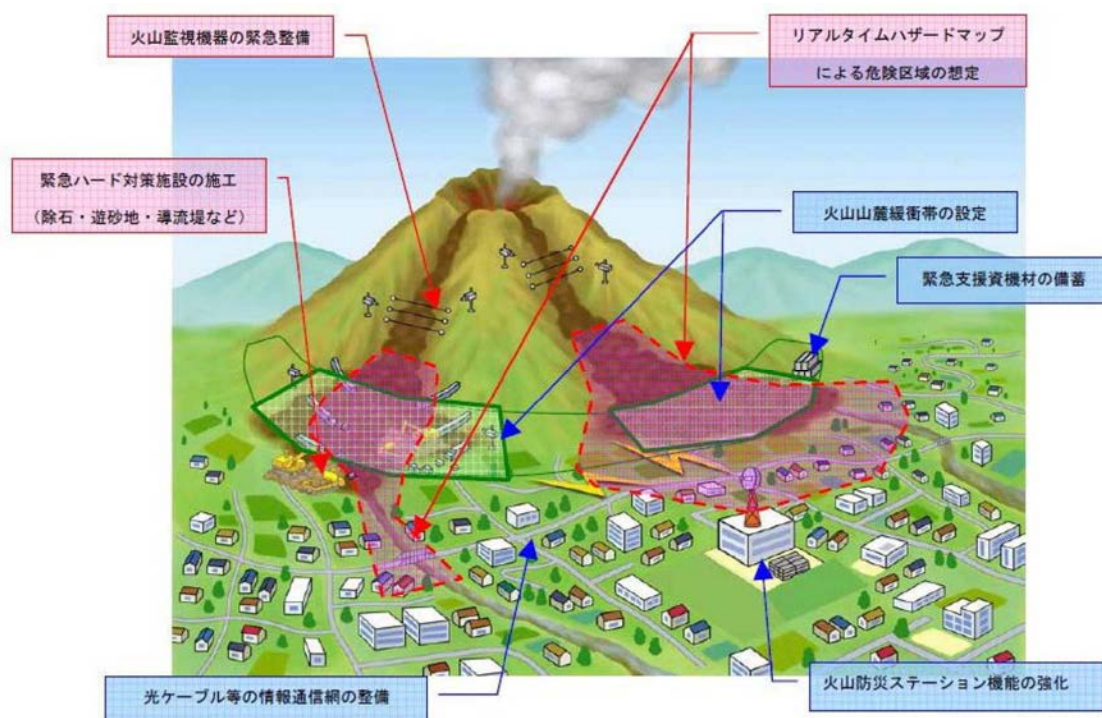


図 1-3 火山噴火緊急減災対策砂防のイメージ

出典：火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン

1.2 磐梯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、土砂災害に対して適切な対策を行う。

図 1-4 に火山噴火緊急減災対策砂防計画と火山防災対策との関係を示す。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、磐梯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磐梯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。

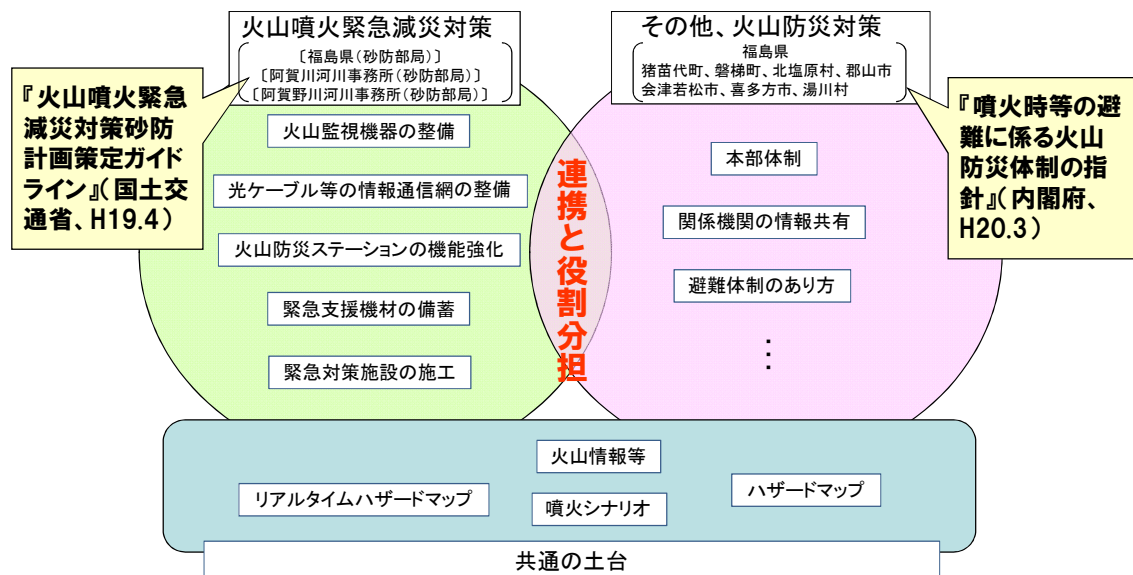


図 1-4 緊急減災対策砂防計画と火山防災対策の関係

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	噴火時の主な役割
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
猪苗代町、磐梯町、北塩原村、郡山市、会津若松市、喜多方市	避難勧告・指示、避難所の準備、住民対応、観光客対応
陸上自衛隊第6特科連隊	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
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) 阿賀川河川事務所(砂防部局) 阿賀野川河川事務所(砂防部局)	火山噴火緊急減災対策砂防（緊急ハード・ソフト対策、平常時準備等）
郡山国道事務所、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 など	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 磐梯山の噴火の特徴

2.1.1 磐梯山の火山活動史

磐梯山の活動は、休止期をはさんで新旧 2 つに大きく分けられる(三村・中村, 1995; 山元・須藤, 1996)。旧期の活動では主に赤埴山や櫛ヶ峰が形成され、新期の活動では大磐梯山や 1888 年噴火で消滅した小磐梯山が形成された。新期の活動では南麓に翁島岩屑なだれと軽石流を堆積させた(千葉・他, 1994; 三村・遠藤, 1997)。崩壊跡地の馬蹄形カルデラ内には、その後に再び山体が形成された。おもなマグマ噴火は数万年前には停止して、その後は水蒸気噴火の活動へと移行した(千葉・他, 1994; 山元・須藤, 1996)。表 2-1 に過去 1 万年間の火山活動史を整理した。

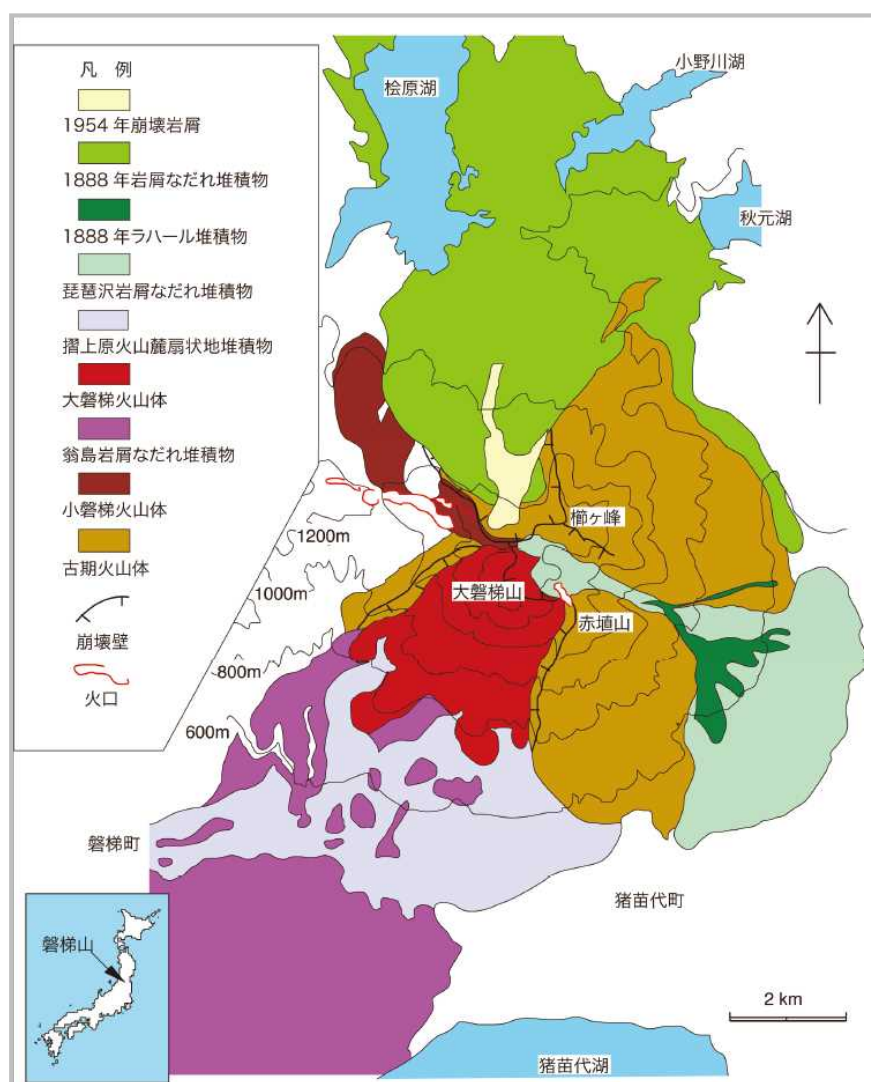


図 2-1 磐梯山火山地質図 (山元・須藤, 1996 を和訳)

（１） 旧期（30 万年前以前～7-8 万年前）の火山活動

旧期は古磐梯火山の活動期に当たり、赤埴山～櫛ヶ峰の古い山体を形成した。この時期の活動は、スコリアや軽石を噴出する噴火と溶岩の噴出で特徴づけられる。旧期の終盤は旧期の活動と新期の活動様式の変換期に位置し、2 つの噴火様式が混在している。

（２） 新期（7-8 万年前～現在）の火山活動

新期は新磐梯火山の活動期にあたり、大磐梯～小磐梯の新しい山体を形成した。約 5 万年前頃には爆発的な噴火が発生して、それによって引き起こされた山体崩壊によって、磐梯山南西山麓一帯に翁島岩屑なだれが堆積した。

新期の終盤の活動は約 2.4 万年前に始まり現在にいたると考えられるが、そのうち約 2.4 万年～0.94 万年前はマグマが直接関与した活動であり、それ以降現在まではマグマが直接関与しない活動と考えられる（千葉・木村，2001）。

磐梯山においては、有史以降のマグマ噴火の発生は知られていない。しかしながら、最近 5000 年間では、平均しておよそ 1100～1700 年間隔で水蒸気噴火が発生している。

（３） 近年の火山活動

磐梯山では、1888 年の水蒸気噴火と大規模山体崩壊の発生以来、顕著な火山活動は発生していない。

2000～2002 年に火山性地震・火山性微動が活発になった時期があったものの、とくに深刻な活動には至らずに現在にいたっている。現在の磐梯山には、北麓の馬蹄形カルデラ内に位置する銅沼付近で活発な噴気活動がみられ、ほかに山頂部の沼ノ平においても噴気活動が見られるほかは、とくに顕著な火山活動はみられない。

表 2-1 磐梯山最近 1 万年間の火山活動史と発生現象の整理

年代	噴火形態	現象種類							
		噴石	降灰	火砕流	火砕サージ	溶岩流	泥流	山体崩壊	
1888 年	水蒸気噴火	●	●		●		●	● 岩屑なだれ	
806 年	水蒸気噴火	●	●						
2500～2700 年前	－	(山体崩壊) 琵琶沢岩屑なだれ堆積物							●
2500～2700 年前	水蒸気噴火 (RE3 噴火：沼ノ平～中ノ湯？)	●	●				●		
2500～5400 年前	水蒸気噴火 (RE4 噴火：沼ノ平～中ノ湯？)	●	●						
5400 年より古い	－	(山体崩壊) 小水沢岩屑なだれ堆積物							●
5800 年前	水蒸気噴火 (HA1.5 噴火)	●	●						
6600 年前	水蒸気噴火 (HA1.6 噴火)	●	●						
7000 年前	水蒸気噴火 (HA1.7 噴火)	●	●						
8300 年前	水蒸気噴火 (HA1.8 噴火)	●	●						
9500 年前	マグマ噴火 (ブルカノ噴火)	●	●						

千葉・木村(2001), 山元・須藤(1996), Yamamoto et al(1999), 吉田(2012)をもとに作成

※HA, RE 等の記号は堆積物の名称を示す

＜参考＞ 水蒸気噴火は火山灰を少量しか噴出しないため地層として残りにくい。とくに古い地層から小規模噴火の証拠を発見することは困難なため、古い時代の噴火履歴は大規模なマグマ噴火だけが記されることが多い。

2.1.2 代表的な噴火の概要

(1) 1888 年 7 月 15 日の噴火

- 水蒸気噴火と大規模な山体崩壊が発生
- 岩屑なだれによって北麓に桧原湖をはじめとする多数のせき止め湖を形成した
- 噴火に伴う一連の災害で 461 名が亡くなった

水蒸気噴火に伴い、小磐梯山の山頂を含む北側が崩壊し、その際に発生した岩屑なだれで大被害を生じた。また爆発音が 50～100km まで聞こえ、降灰は太平洋岸に達した。爆発と同時に琵琶沢に沿って爆風(火砕サージ)と土石流も発生し、南東山麓の渋谷村などが破壊された(Sekiya and Kikuchi, 1890; Yamamoto et al., 1999)。山頂部北側(東西約 2.2km、南北約 2km)の馬蹄形カルデラ壁、北麓裏磐梯高原の流れ山、桧原湖、小野川湖、秋元湖など大小の湖沼はこの活動の山体崩壊と岩屑なだれで生じた特徴的な地形(Nakamura, 1978)である。爆裂火口内では、この後に土石流(火山泥流)が数多く発生した。

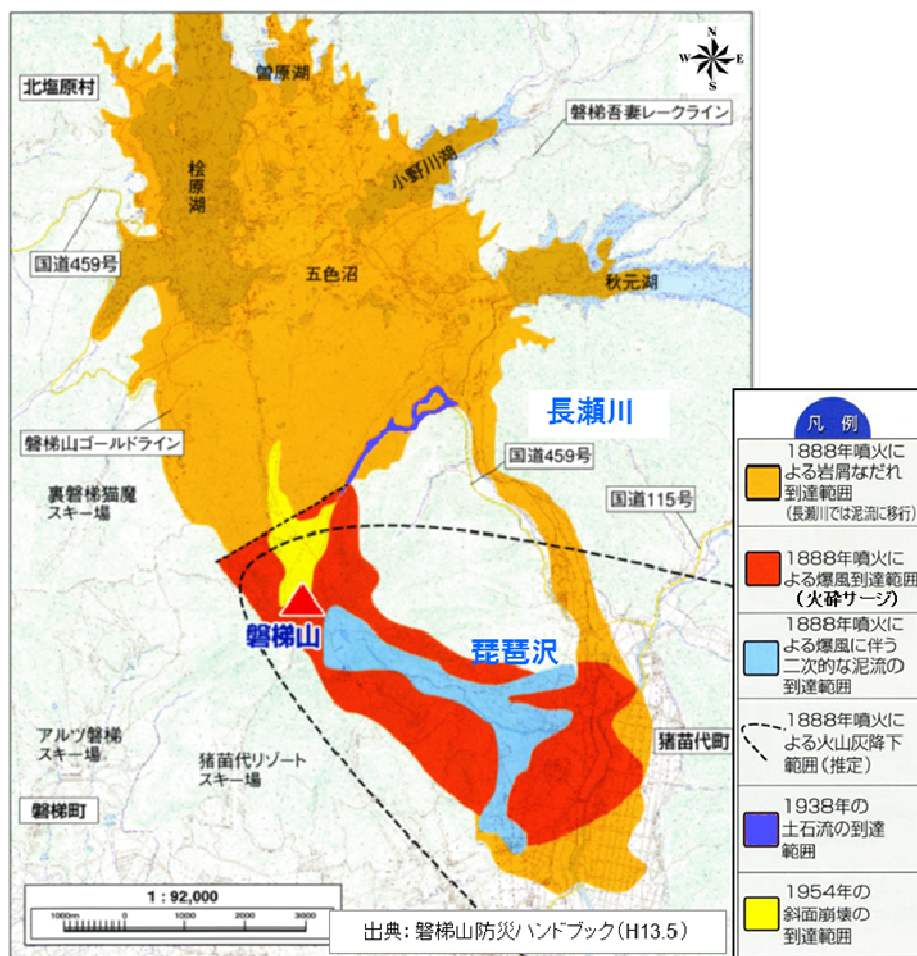


図 2-2 1888 年噴火およびそれ以降の土砂移動実績図

出典: 磐梯山火山防災ハンドブックを一部加筆・修正

2.1.3 近年の火山活動

- 1888年の噴火以降、顕著な火山活動は発生していない
- 1988年11～12月に磐梯山体付近を震源とする地震が群発
- 2000～2002年に火山性地震・火山性微動が活発になった時期がある
- 現在は銅沼付近と沼ノ平付近で活発な噴気活動が見られる

磐梯山では、1888年の水蒸気噴火と大規模山体崩壊の発生以来、顕著な火山活動は発生していない。

2000～2002年に火山性地震・火山性微動が活発になった時期があったものの、とくに深刻な活動には至らずに現在にいたっている。現在の磐梯山には北側の馬蹄形カルデラ内に位置する銅沼付近で活発な噴気活動がみられ、ほかに山頂部の沼ノ平においても噴気活動が見られる以外に、とくに顕著な火山活動はみられない。

2000～2002年の火山性地震の活発時には、山頂直下2～3kmとその北西約2kmを中心とした2つの震源域が識別された。

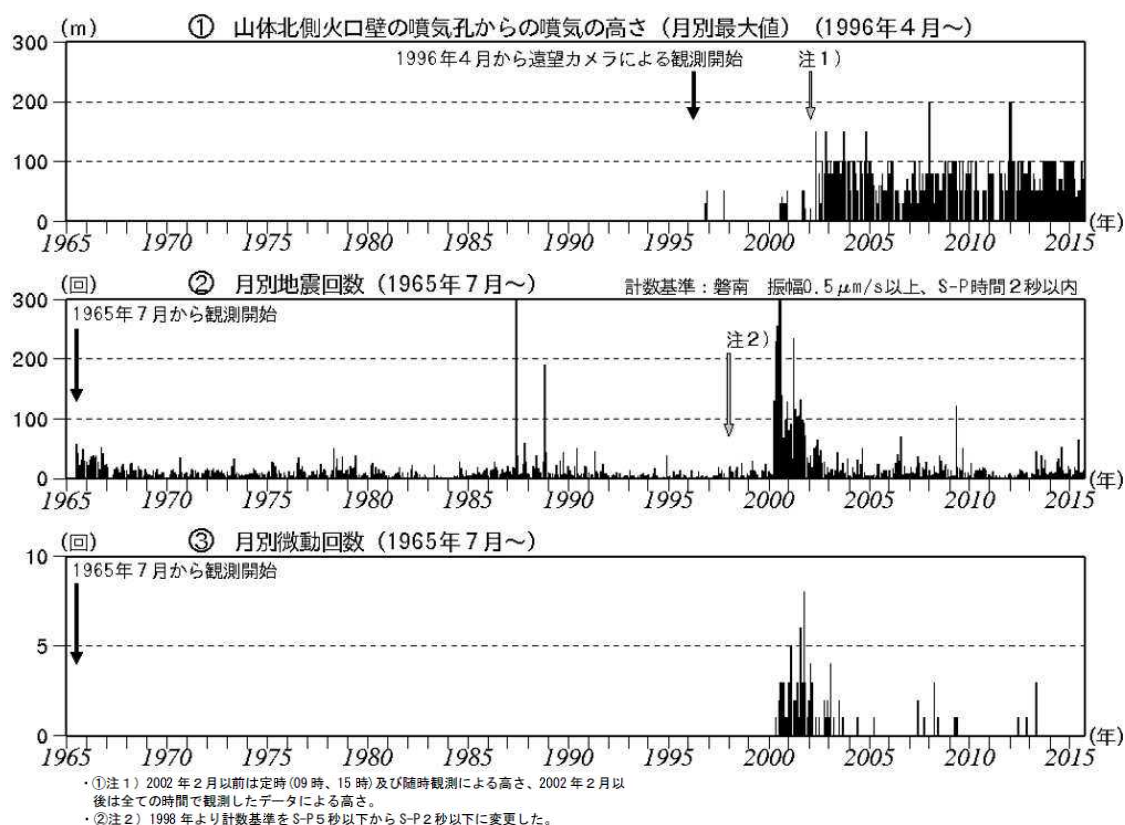


図 2-3 磐梯山の火山活動経過図

出典：第133回火山噴火予知連絡会資料(平成27年10月21日)

2.1.4 磐梯山の火山活動の特徴

磐梯山の火山活動史により、磐梯山の火山活動の特徴は次のように整理できる。

- 磐梯山では約 9500 年前以降にはマグマ噴火は記録されておらず、水蒸気噴火だけが発生している。
- 堆積物として記録が残る水蒸気噴火は 1888 年噴火や 806 年噴火も含めて、最近 5000 年間で 4 回発生しており、その発生間隔は 1100～1700 年である。
- 山体崩壊は 1888 年の他、約 2500 年前に琵琶沢方面でも発生している。

表 2-2 磐梯山の代表的な噴火事例の整理

規模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程度)	約9500年前 の噴火	不明	マグマ噴火	・ 過去1万年で唯一のマグマ噴火
		1888年 (明治31年)の噴火	30	水蒸気噴火 爆風(火砕サージ) 山体崩壊 岩屑なだれ(岩なだれ)	・ 有史以降最大規模 ・ 461名が亡くなる ・ 現行火山ハザードマップの対象現象 ・ 火山灰は太平洋岸まで到達した
	噴出量 10^6m^3 程度 (VEI2程度)	約2500～2700年前 の噴火(RE3)	1	小規模水蒸気噴火	山腹・山麓では噴石・降灰による影響 がある
		(噴火活動の活発化) 2000年の火山性地震 の活発化	-	火山性地震の活発化	噴火事例ではないが参考として記載し た

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

※噴出量は磐梯山火山砂防計画案(平成12年度、福島県)をもとにした



水蒸気噴火の事例
(北海道駒ヶ岳 1996 年噴火)



マグマ噴火の事例
(伊豆大島 1986 年噴火)

図 2-4 代表的な噴火の事例

2.2 磐梯山の噴火警戒レベル

磐梯山は2009年（平成21年）3月31日に噴火警戒レベルが導入された。次頁に磐梯山の噴火警戒レベルを添付する。

なお、磐梯山においては、噴火警戒レベル導入後現在まで、レベル1（活火山であることに留意）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」「活火山であることに留意」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として気象庁より発表される。

現在、32火山（平成27年10月現在）において、噴火警戒レベルが設定されている。

表 2-3 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 活火山であることに留意		火山活動は静穏。火山活動の状況によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。		特になし（状況に応じて火口内への立入規制等）。

平成21年3月31日運用開始

磐梯山の噴火警戒レベル

予報	対象範囲	レベル 目次	火山活動状況	住民等の活動及び登山者への対応	想定される現象等
噴火警報	居住地域及びより火山口側	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。	●大規模噴火の発生。 ●噴火に伴う超大型火山泥流が居住地域まで到達、あるいはそのような噴火が切迫している。
		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（可能性が著まっている）。	警戒が必要で、居住地域での避難の準備、災害時の支援等が必要。	●大規模噴火の発生可能性。 ●噴火に伴う超大型火山泥流が発生し、噴火がさらに継続すると居住地域まで到達すると予想される。
火口周辺警報	火山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被害を及ぼす（この範囲に入った場合には登山禁止や入山規制等が実施される）。	住民は通常の生活。林道に閉じられて災害時の避難等。登山禁止や入山規制等が実施される。	●中規模噴火が発生して、火山口から概ね3km以内に噴石飛散。
		2 (火口周辺規制)	火山口周辺に被害を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。	住民は通常の生活。火口周辺への立入規制等。	●小規模噴火が発生し、火山口から概ね1km以内に噴石飛散。
噴火予報	火山口内	1 (活火山であることに留意)	火山活動は静穏。火山活動の状況によって、火山口内や火口周辺に被害を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。	現在の状態。	●小規模噴火の発生が予想される。

注1) ここでは「噴石」とは、主として風の影響を受けずに落下し、火口から約1km以内をいう。

注2) 火山口とは、磐梯山の火山口と周辺の火山口をいう。

※各レベルにおける具体的な規制範囲については、地味防災計画等で定められています。

※各レベルにおいて、避難指示等が示される場合があります。

※最新の噴火警報は、気象庁のホームページで確認してください。

<http://www.data.kishou.go.jp/kyoju/volcano.html>

気象庁
Japan Meteorological Agency
平成24年改定

磐梯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、噴火の規模や被害の範囲や必要となる防災対応を、レベル1から5の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、登山者等の避難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。

磐梯山の噴火警戒レベルと規制範囲

この図は、磐梯山の噴火警戒レベルと規制範囲を示しています。

- レベル1の規制範囲：火山口内等状況に応じて立入規制
- レベル2の規制範囲：登山道、林道、登山口等での通行規制
- レベル3の規制範囲：登山道、林道、登山口等での通行規制
- レベル4の規制範囲：登山道、林道、登山口等での通行規制
- レベル5の規制範囲：登山道、林道、登山口等での通行規制

この図は、磐梯山の噴火警戒レベルと規制範囲を示しています。

この図は、磐梯山の噴火警戒レベルと規制範囲を示しています。

上の図は、噴火警戒レベルに応じて必要な防災対応が示されています。

- レベル5 (避難)：危険な居住地域からの避難等。
- レベル4 (避難準備)：危険な居住地域からの避難等。
- レベル3 (入山規制)：登山道、林道、登山口等での通行規制。
- レベル2 (火口周辺規制)：登山道、林道、登山口等での通行規制。
- レベル1 (活火山であることに留意)：登山道、林道、登山口等での通行規制。

気象庁 仙台管区管轄台 火山監視・情報センター

TEL 022-274-1111 FAX 022-274-1112

〒980-0855 仙台市青葉区中央 仙台市消防局 TEL 022-254-0231

<http://www.data.kishou.go.jp/kyoju/volcano.html>

2.3 磐梯山で想定される噴火シナリオ

2.3.1 想定する噴火形態

過去の活動実績に基づく磐梯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つとする。

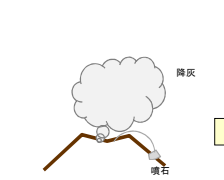
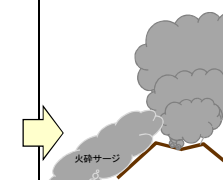
- 熱水活動の活発化に伴う水蒸気噴火
- 新たなマグマの上昇によるマグマ噴火

2.3.2 想定する現象と噴出物量

磐梯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 2-4 に示すとおりとする。火口噴出型泥流は、磐梯山火山砂防計画（案）にはなかった現象であるが、現地調査で沼ノ平に泥火山が確認されたため、想定する現象に追加した。

小規模水蒸気噴火の噴出物量は、磐梯山火山砂防計画（案）との整合を図るため降灰堆積物を残さない程度の規模として 100 万 m^3 を想定した。水蒸気噴火の噴出物量は、有史以降最大規模の水蒸気噴火である 1888 年噴火規模（3,000 万 m^3 ）とした。マグマ噴火については、約 9500 年前の噴火規模が不明のため、水蒸気噴火と同じ 1888 年噴火規模（3,000 万 m^3 ）とした。

表 2-4 想定する現象と噴火規模

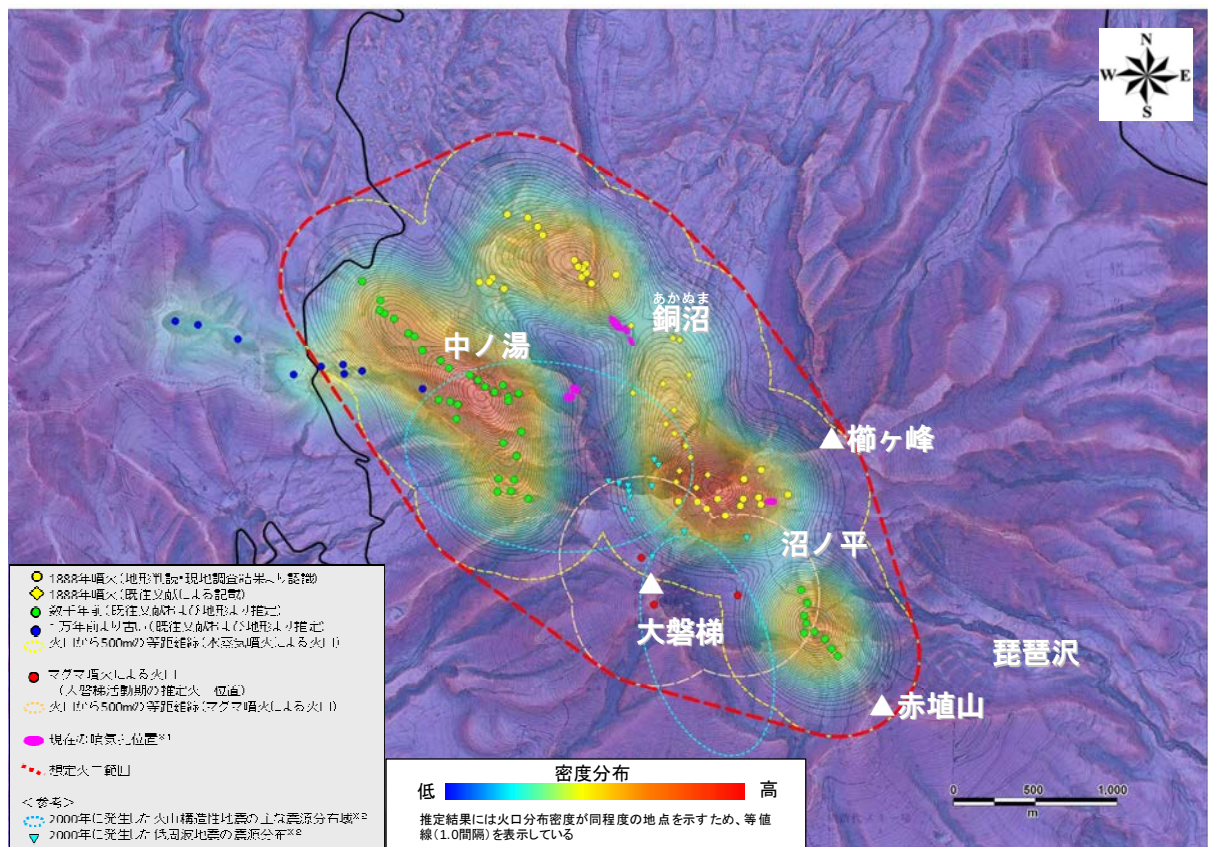
火山活動の推移  磐梯山の基本シナリオ	小規模水蒸気噴火 	水蒸気噴火 	マグマ噴火 
想定する噴火規模 影響範囲を把握する現象	降灰堆積物を残さない程度の小規模噴火（100万 m^3 ）を想定 【発生回数不明】	1888年噴火規模（3,000万 m^3 ） 【過去1万年以内に8回発生】	1888年規模（3,000万 m^3 ） ※約9500年前の噴火規模が不明のため 【過去1万年以内に1回発生】
(1) 噴石	ケース1 弾道計算：小規模噴火のモデル値※をもとに設定	ケース2 弾道計算： マグマ噴火モデル値※をもとに設定	ケース3
	※火山防災マップ作成指針（2013、内閣府ほか）による「大きな噴石」の到達地点予測手法の計算条件を参考にして、初速度が小さい場合（100m/s）：小規模水蒸気噴火、大きい場合（250m/s）：水蒸気噴火・マグマ噴火に分けて設定した。		
(2) 降灰	ケース1 移流拡散モデル：降灰量 100万 m^3 （12月平均風向風速）	ケース2 移流拡散モデル：降灰量3,000万 m^3 （12月平均風向風速）	ケース3
(3) 火砕サージ	—	ケース2 エナジーコーンモデル： 1888年規模の火砕サージを想定	ケース3 乾燥粒子モデル： 火山防災マップ作成指針（2013）を参考に 火砕物密度流の計算結果から流下方向 1km、側方向0.5kmに広げた範囲を火砕 サージの範囲と想定
(4) 融雪型火山泥流	—	—	ケース4 二次元氾濫シミュレーション： 火砕サージによる融雪 （積雪深：100年超過確率規模）
(5) 降灰後の土石流	ケース5 二次元氾濫シミュレーション： 降雨は2年・100年超過確率規模	二次元氾濫シミュレーション： 降雨は2年・100年超過確率規模	ケース5
(6) 火口噴出型泥流	—	二次元氾濫シミュレーション： 他火山事例（九重山）をもとに土砂量5,000 m^3 を想定	ケース2a ケース3a

ケース○：基本シナリオ（イベントツリー）のケース番号を示す

2.3.3 想定火口

磐梯山では北西－南東方向に延びる広い範囲に火口が分布している。このため、今後噴火が発生する地点を1点に決めることは難しい。そこで火口密度分布のほか、以下の条件をもとに磐梯山の想定火口範囲を設定した。

- カーネル密度推定結果を参考に、過去1万年内の水蒸気噴火の火口中心から火口間距離の平均値500m内を対象とする。
- 大磐梯活動期の火口位置から同様に500m内を対象とする。
- 現在の噴気孔位置を対象とする。
- 以上の範囲を包括する範囲を想定火口範囲とする。



※1 日本活火山総覧第4版（気象庁）

※2 Yamawaki, T et al(2004) Three- dimensional P-wave velocity structure of Bandai Volcano in northeastern Japan inferred from active seismic survey. J. Volcanol. Geotherm. Res., 138, 267-282

図 2-5 磐梯山の想定火口範囲

この地図は国土地理院発行の2万5千分1地形図（磐梯山）および国土交通省東北地方整備局福島河川国道事務所が取得した航空レーザ測量データを使用したものである。

2.3.4 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。

〔山体崩壊・岩屑なだれについて〕

大規模な岩屑なだれは発生する頻度は低いが、磐梯山では 100 年前に山体崩壊が発生して甚大な被害が出ている。そのため、今後、既往検討における予測モデルや計算結果についてレビューするとともに近年の研究成果や他火山での検討事例を整理する。そのうえで、できる限りの対策を講じ少しでも減災に努める方針で対応を検討する。

〔隣接する 3 火山との被災重複について〕

磐梯山の周囲には、安達太良山・吾妻山があり、ともに活火山である。これら 3 山は、1888～1900 年の間に続いて噴火しており、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、例えば東側に位置する吾妻山が噴火した場合、磐梯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、磐梯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。

したがって、磐梯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磐梯山での緊急対策を検討する必要がある。

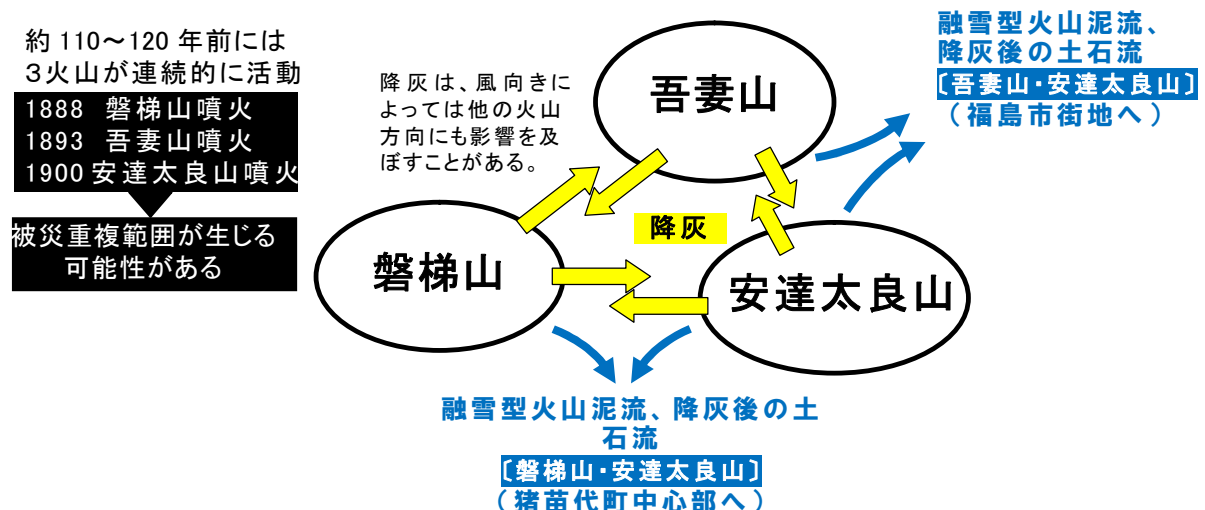


図 2-6 福島県 3 火山の影響関係概念図

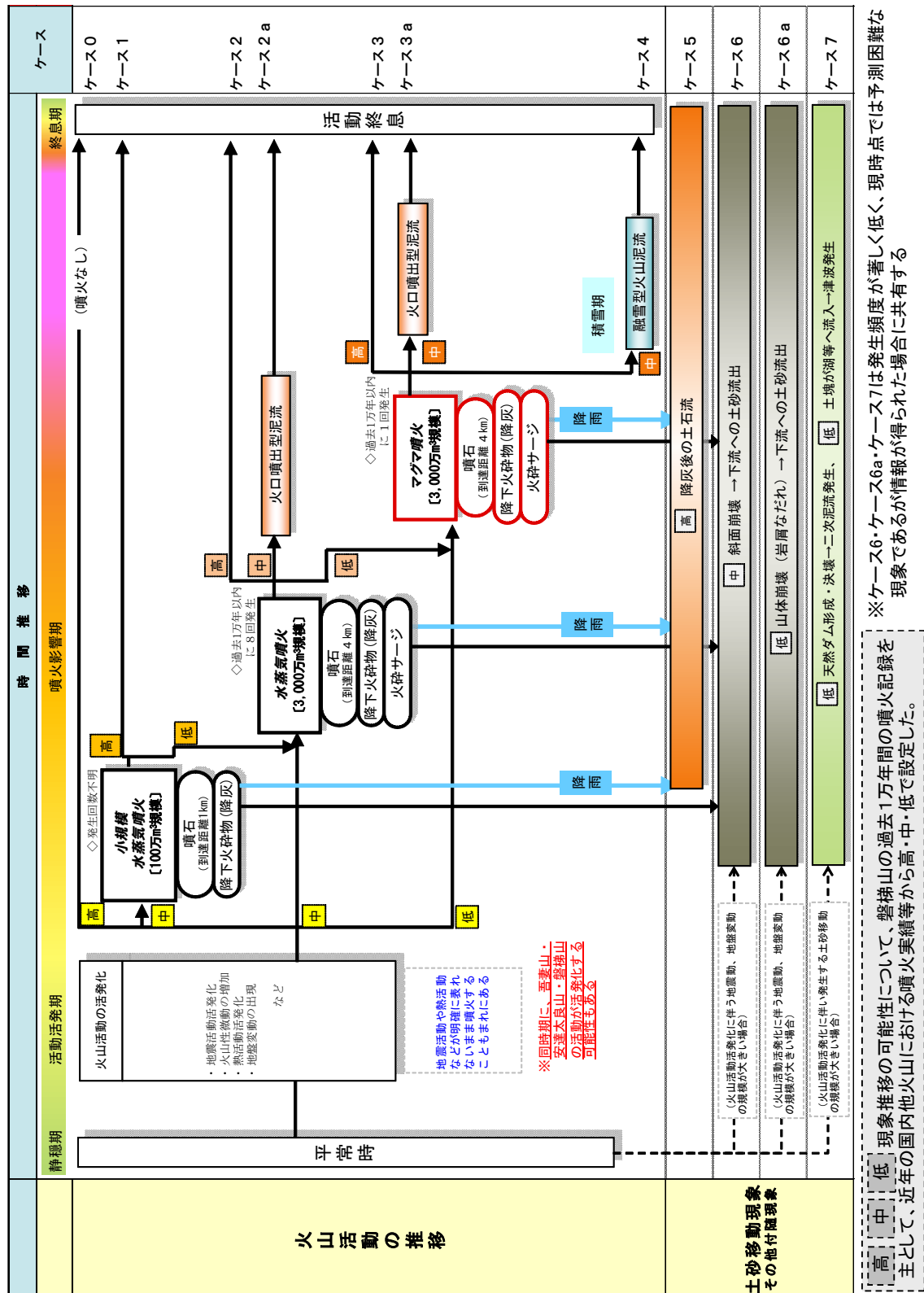


図 2-7 磐梯山の基本シナリオ（イベントツリー）

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

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、シナリオ別の磐梯山火山砂防ハザードマップ※を作成した。

磐梯山火山砂防ハザードマップ集は別冊とする。

表 2-5 磐梯山火山砂防ハザードマップ集の作成図一覧

噴火シナリオのケース		図の説明	想定現象
-	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)	(火山活動の活発化)
蒸気噴火 小規模水	ケース 1 (小規模水蒸気噴火)	全現象の火山砂防ハザードマップ	噴石、降灰
	ケース 2 (水蒸気噴火)	全現象の火山砂防ハザードマップ	噴石、降灰、火砕サージ
水蒸気噴火	ケース 2 a (水蒸気噴火)	火口噴出型泥流の火山砂防ハザードマップ	火口噴出型泥流
	ケース 3 (非積雪期のマグマ噴火)	全現象の火山砂防ハザードマップ	噴石、降灰、火砕サージ
マグマ噴火	ケース 3 a (非積雪期のマグマ噴火)	火口噴出型泥流の火山砂防ハザードマップ	火口噴出型泥流
	ケース 4 (積雪期のマグマ噴火)	全現象の火山砂防ハザードマップ	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)	降灰後の土石流の火山砂防ハザードマップ ・小規模水蒸気噴火 ・水蒸気噴火・マグマ噴火 (降雨規模：2年・100年)	降灰、降灰後の土石流
	ケース 6 (斜面崩壊 →下流への土砂流出)	(現時点で予測困難な現象であるため図はない)	斜面崩壊 →下流への土砂流出
	ケース 6 a (山体崩壊(岩屑なだれ) →下流への土砂流出)	(現時点で予測困難な現象であるため図はない)	山体崩壊(岩屑なだれ) →下流への土砂流出
	ケース 7 (天然ダム形成・決壊 →二次泥流発生) (土塊が湖等に流入 →津波発生)	(現時点で予測困難な現象であるため図はない)	天然ダム形成・決壊 →二次泥流発生 土塊が湖等に流入 →津波発生

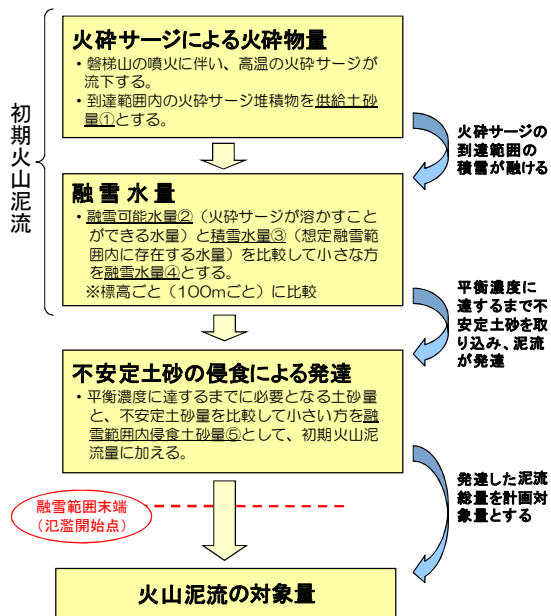
※火山砂防ハザードマップ：火山噴火緊急減災対策砂防計画作成のために影響範囲を把握する目的で作成したもの

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。マグマ噴火時の火砕サージの温度は、他火山事例では100～350℃と推定されている (Belousov et al., 2007) ことから、火砕物の温度を350℃に設定した。

◆融雪型火山泥流算定の流れ



◆融雪可能水量の算出

融雪可能水量は、火砕物の温度・量等より下式で求める。

$$W_o = K \cdot \frac{(T_s - T_m) \cdot C_s}{(1 - C_m) q_m} \cdot \frac{\rho_s}{\rho_w} \cdot Vt$$

W_0 : 融雪可能水量 (m^3)
 V_f : 供給土砂量 (火砕物のうち真の土砂量) (m^3)
 T_s : 供給土砂の温度 ($^{\circ}\text{C}$)
 T_m : 融雪水の温度 ($=0^{\circ}\text{C}$ とする)
 C_s : 土砂の比熱 ($=0.53\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$)
 C_w : 積雪中の水の割合 (含水率) ($=0$)
 q_m : 雪の融雪熱 ($=80\text{cal/g}$)
 ρ_s : 火砕物密度 (2.65g/cm^3)
 ρ_w : 水密度 (1.0g/cm^3)
 K : 熱量の融雪雪と率を表わす係数 ($=0.38$)

火砕物の温度は、**350℃**とする。
(根拠)
・他火山事例での推定温度のうち、最大の値である350℃と想定した。

◆積雪水量の算出

火砕サージの到達範囲内の積雪量に積雪密度を乗じて求める。

※積雪密度:0.35g/cm³(一般値、近傍での観測結果)

(2) 積雪深の設定

想定積雪深は、周辺の3観測所（猪苗代・桧原・アルツ磐梯）の年最大積雪深データより算出した100年超過確率規模積雪深と標高の関係より、標高ごとの代表積雪深を設定する（全方向一律で100mごとに設定）。

また、積雪密度は、近傍の観測結果を参考に一般値である 0.35g/cm^3 とする。

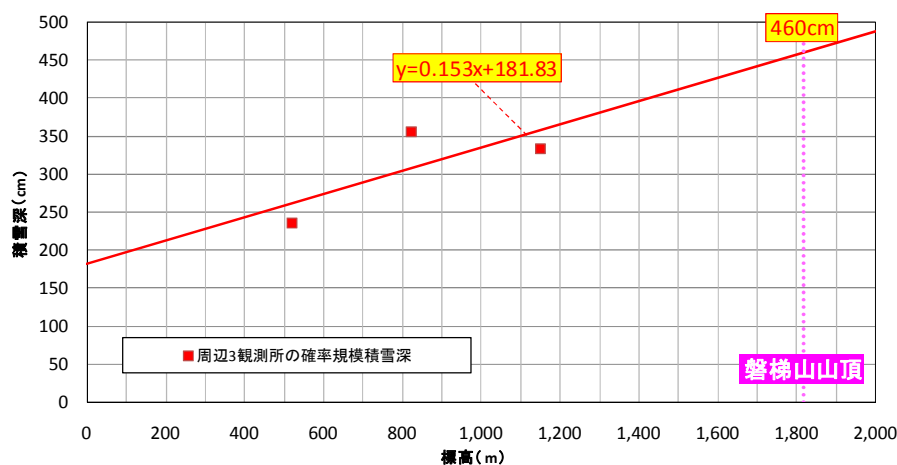
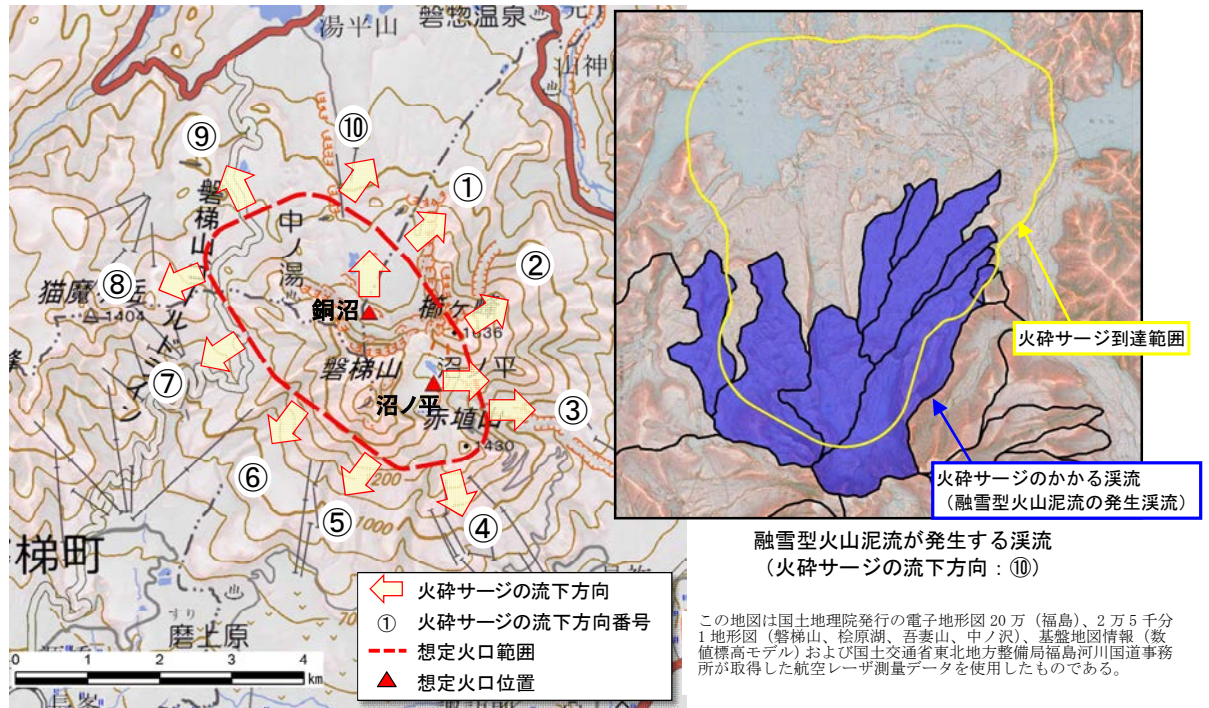


図 2-8 磐梯山周辺の積雪深

（３）融雪型火山泥流の計画対象量

【想定発生溪流】

融雪型火山泥流は、下図に示す 12 方向の火砕サージの流下方向に対して、それぞれの到達範囲に含まれる溪流が対象溪流となる。



【泥流総量】

マグマ噴火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 2-6 融雪型火山泥流の計画対象量

項目	単位	火砕サージ流下方向											
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	銅沼	沼ノ平
火砕物供給量 ①	(10^6m^3)	2.41	2.89	2.19	2.23	2.23	2.22	2.36	2.57	2.22	2.42	3.72	2.80
融雪可能水量 ②	(10^6m^3)	5.59	6.70	5.08	5.18	5.16	5.16	5.48	5.95	5.15	5.61	8.63	6.48
積雪水量 ③	(10^6m^3)	11.79	15.20	9.54	11.95	12.60	11.30	10.48	14.04	7.93	9.73	15.17	14.32
融雪水量 ④ ②と③を標高100mごとで比較小さい方の合計	(10^6m^3)	5.59	6.70	5.08	5.18	5.16	5.16	5.48	5.95	5.15	5.61	8.63	6.48
融雪範囲内侵食土砂量 ⑤	(10^6m^3)	0.23	0.90	0.67	0.74	0.42	0.27	0.05	0.09	0.16	0.22	0.30	0.71
泥流総量 ①+④+⑤	(10^6m^3)	8.24	10.49	7.94	8.16	7.81	7.66	7.89	8.60	7.54	8.25	12.65	9.99

【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 2-7 融雪型火山泥流の計画対象量（土砂量）〔火砕サージ流下方向①～⑤〕

①	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
融雪範囲	火砕物	(10^6 m^3)		0.96	1.45	2.41		2.41
	融雪水量	(10^6 m^3)					5.59	5.59
	侵食土砂	(10^6 m^3)		0.06	0.08	0.14	0.09	0.23
	融雪範囲末端	(10^6 m^3)		1.02	1.53	2.55	5.69	8.24
②	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
融雪範囲	火砕物	(10^6 m^3)		1.16	1.73	2.89		2.89
	融雪水量	(10^6 m^3)					6.70	6.70
	侵食土砂	(10^6 m^3)		0.22	0.33	0.54	0.36	0.90
	融雪範囲末端	(10^6 m^3)		1.37	2.06	3.43	7.06	10.49
③	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
融雪範囲	火砕物	(10^6 m^3)		0.88	1.31	2.19		2.19
	融雪水量	(10^6 m^3)					5.08	5.08
	侵食土砂	(10^6 m^3)		0.16	0.24	0.40	0.27	0.67
	融雪範囲末端	(10^6 m^3)		1.04	1.55	2.59	5.35	7.94
④	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
融雪範囲	火砕物	(10^6 m^3)		0.89	1.34	2.23		2.23
	融雪水量	(10^6 m^3)					5.18	5.18
	侵食土砂	(10^6 m^3)		0.18	0.27	0.45	0.30	0.74
	融雪範囲末端	(10^6 m^3)		1.07	1.61	2.68	5.48	8.16
⑤	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
融雪範囲	火砕物	(10^6 m^3)		0.89	1.34	2.23		2.23
	融雪水量	(10^6 m^3)					5.16	5.16
	侵食土砂	(10^6 m^3)		0.10	0.15	0.25	0.17	0.42
	融雪範囲末端	(10^6 m^3)		0.99	1.49	2.48	5.33	7.81

表 2-8 融雪型火山泥流の計画対象量（土砂量）〔火砕サージ流下方向⑥～⑩〕

	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
⑥	融雪範囲	火砕物	(10^6 m^3)	0.89	1.33	2.22		2.22
		融雪水量	(10^6 m^3)				5.16	5.16
		侵食土砂	(10^6 m^3)	0.07	0.10	0.16	0.11	0.27
	融雪範囲末端		(10^6 m^3)	0.96	1.43	2.39	5.27	7.66
	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
⑦	融雪範囲	火砕物	(10^6 m^3)	0.95	1.42	2.36		2.36
		融雪水量	(10^6 m^3)				5.48	5.48
		侵食土砂	(10^6 m^3)	0.01	0.02	0.03	0.02	0.05
	融雪範囲末端		(10^6 m^3)	0.96	1.43	2.39	5.50	7.89
	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
⑧	融雪範囲	火砕物	(10^6 m^3)	1.03	1.54	2.57		2.57
		融雪水量	(10^6 m^3)				5.95	5.95
		侵食土砂	(10^6 m^3)	0.02	0.03	0.05	0.04	0.09
	融雪範囲末端		(10^6 m^3)	1.05	1.57	2.62	5.99	8.60
	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
⑨	融雪範囲	火砕物	(10^6 m^3)	0.89	1.33	2.22		2.22
		融雪水量	(10^6 m^3)				5.15	5.15
		侵食土砂	(10^6 m^3)	0.04	0.06	0.10	0.07	0.16
	融雪範囲末端		(10^6 m^3)	0.93	1.39	2.32	5.22	7.54
	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
⑩	融雪範囲	火砕物	(10^6 m^3)	0.97	1.45	2.42		2.42
		融雪水量	(10^6 m^3)				5.61	5.61
		侵食土砂	(10^6 m^3)	0.05	0.08	0.13	0.09	0.22
	融雪範囲末端		(10^6 m^3)	1.02	1.53	2.55	5.70	8.25

表 2-9 融雪型火山泥流の計画対象量（土砂量）〔火砕サージ流下方向 銅沼、沼ノ平〕

	区分		単位	土砂(実容積)			水	合計
				粗粒分	細粒分	計		
銅沼	融雪範囲	火砕物	(10^6m^3)	1.49	2.23	3.72		3.72
		融雪水量	(10^6m^3)				8.63	8.63
		侵食土砂	(10^6m^3)	0.07	0.11	0.18	0.12	0.30
	融雪範囲末端		(10^6m^3)	1.56	2.34	3.90	8.75	12.65
沼ノ平	融雪範囲	火砕物	(10^6m^3)	1.12	1.68	2.80		2.80
		融雪水量	(10^6m^3)				6.48	6.48
		侵食土砂	(10^6m^3)	0.17	0.26	0.43	0.29	0.71
	融雪範囲末端		(10^6m^3)	1.29	1.93	3.22	6.77	9.99

【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、泥流発生後から 12 分後にピーク流量を持つ三角形ハイドログラフとする。

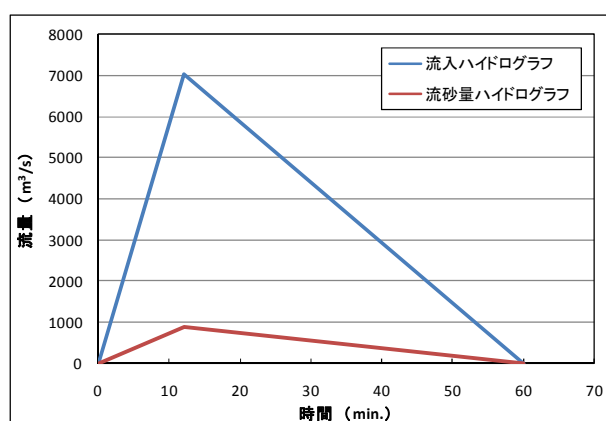


図 2-9 融雪型火山泥流の想定ハイドログラフ

〔火砕サージの流下方向が銅沼の場合〕

火砕サージ 流下方向	泥流総量 (10^6m^3)	ピーク流量 (m^3/s)	粗粒分 土砂濃度
①	8.24	4,576	0.12
②	10.49	5,830	0.13
③	7.94	4,409	0.13
④	8.16	4,533	0.13
⑤	7.81	4,338	0.13
⑥	7.66	4,253	0.12
⑦	7.89	4,382	0.12
⑧	8.60	4,780	0.12
⑨	7.54	4,187	0.12
⑩	8.25	4,584	0.12
銅沼	12.65	7,027	0.12
沼ノ平	9.99	5,552	0.13

2.4.2 降灰後の土石流の計画対象規模

(1) 対象溪流

磐梯山周辺では降灰後土石流の発生の可能性のある溪流として、他火山での発生事例より降灰深を 10cm 以上に設定した。なお、流域界は磐梯山火山砂防計画案（平成 12 年度）を基に基礎調査の結果等を踏まえて一部修正した。

- ・流域に 10cm 以上の降灰が想定される溪流を対象
- ・水蒸気噴火・マグマ噴火時（3,000 万 m³ 規模）は 34 溪流（全溪流）が対象
- ・小規模水蒸気噴火時（100 万 m³ 規模）は 31 溪流が対象

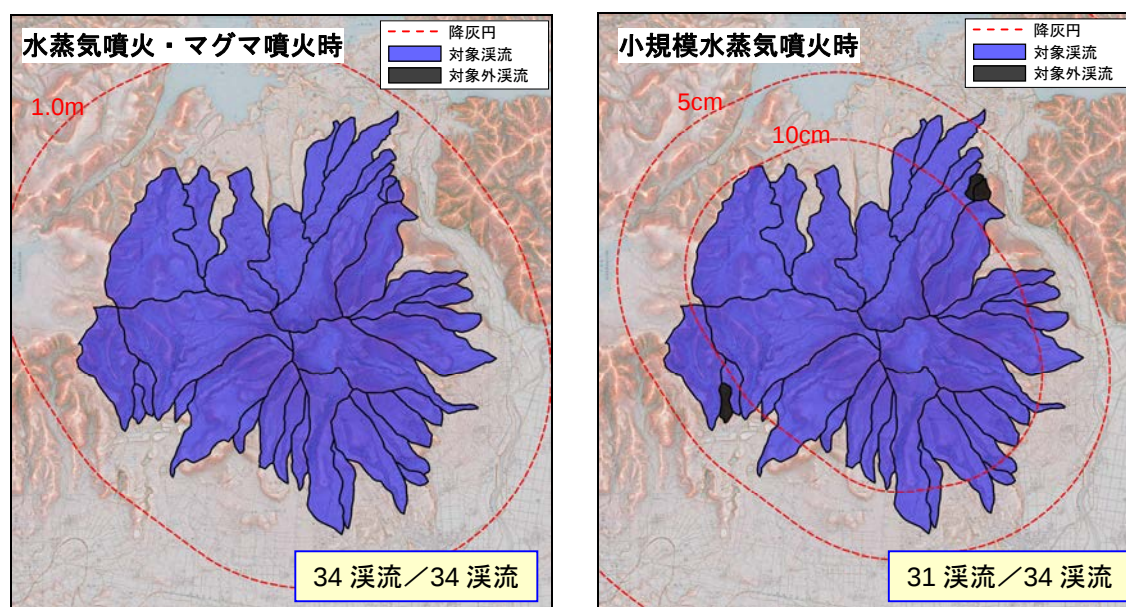


図 2-10 降灰後の土石流の対象溪流

この地図は国土地理院発行の 2 万 5 千分 1 地形図（磐梯山、猪苗代、中ノ沢、関戸）および国土交通省東北地方整備局福島河川国道事務所が取得した航空レーザ測量データを使用したものである。

※桜島では大正噴火の実績より、降灰深 30cm 以上で土石流が発生しやすいとされている。一方、霧島 2011 年噴火では降灰 1cm の溪流を土石流のおそれがある溪流として抽出したが、規模の大きな土石流は発生しなかった。これらの事項を考慮し、磐梯山では降灰深 10cm を土石流対象溪流とした。他火山では富士山や三宅島で降灰 10cm 程度で土石流が起こりやすいとの報告がある。

（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。

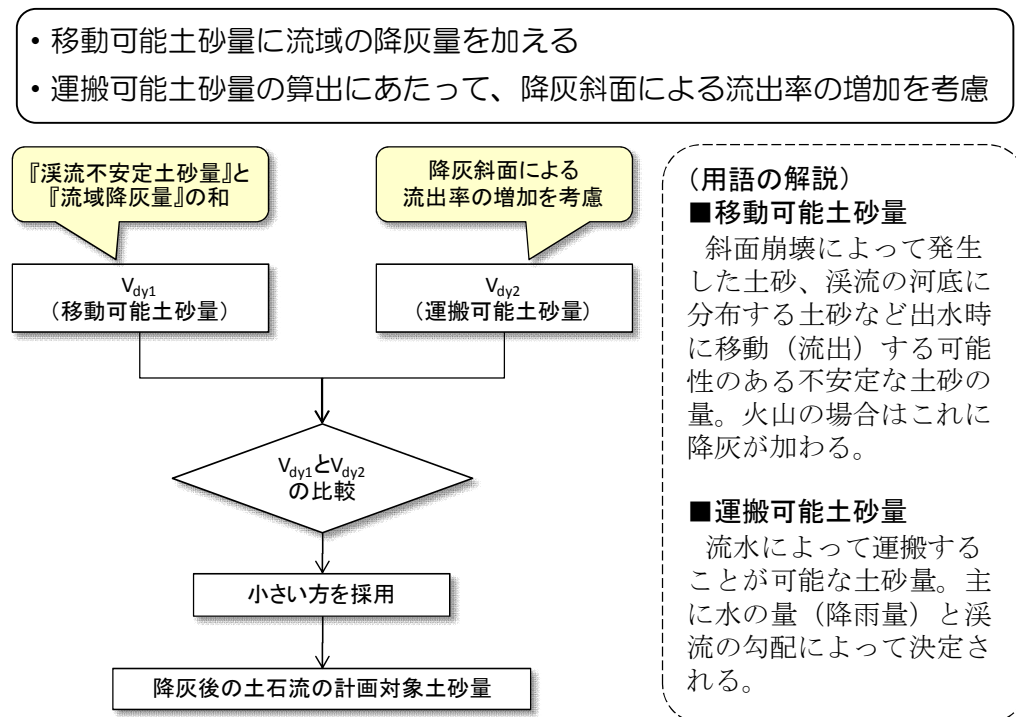


図 2-11 降灰後の土石流の計画対象土砂量算定の流れ

V_{dy1} ：『砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）平成 19 年 11 月』による移動可能土砂量の記号
 V_{dy2} ：同 運搬可能土砂量の記号

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。

なお、計画対象土砂量は、降雨確率規模別に算出した。

表 2-10 降灰後の土石流の計画対象土砂量〔小規模水蒸気噴火(100 万 m³)、降雨確率規模別〕

溪流 番号	溪流名	流域 面積 (km ²)	移動可能土砂量			2年超過確率規模 (71.8mm/日)			100年超過確率規模 (164.8mm/日)		
			溪流 不安定 土砂量 (千m ³)	流域 降灰量 (千m ³)	計 (千m ³)	運搬可能土砂量 (千m ³)		計画流出 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)
						V _{dy2}	V _{dy2} ×1.43		V _{dy2}	V _{dy2} ×1.43	
1		1.58	0	136	136	17	25	25	39	56	56
2	ナカノサワカワ 中ノ沢川	0.36	44	29	73	7	10	10	15	22	22
3	ナカノサワカワ 中ノ沢川	3.25	55	318	373	27	38	38	61	88	88
4	ナカノサワカワ 中ノ沢川	0.10	2	10	12	7	10	10	16	23	23
5		0.13	3	10	13	9	12	12	20	28	13
6	カワカミ サワ 川上沢	2.11	24	204	228	21	29	29	47	68	68
7	ナガサカサワ 長坂沢	1.01	15	95	110	15	21	21	34	48	48
8・9		0.44	5	36	41	20	29	29	46	66	41
10	トコロサワ トコロ沢	0.64	6	56	62	26	37	37	60	86	62
11	トチノサワ 土手間沢	2.14	34	202	236	31	45	45	72	102	102
14	ヒノサワ 琵琶沢	3.34	236	332	568	27	39	39	63	89	89
15	ミナサワニゴウ 見祿沢2号	0.43	4	43	47	12	17	17	28	39	39
16	マルヤマサワ 丸山前沢	0.87	7	87	94	12	17	17	27	38	38
17	ミナサワ 見祿沢	0.80	10	78	88	30	43	43	70	100	88
18	ウシヤマサワ 右近山沢	0.15	2	12	14	9	13	13	21	31	14
20	ハニツサワ 土津沢	1.74	22	167	189	18	26	26	42	60	60
21		0.46	5	41	46	14	20	20	33	47	46
23	カミヤシサワ 上弥次沢	2.39	36	226	262	22	32	32	51	73	73
24	テシロヤマサワ 手代山沢	0.48	6	48	54	21	31	31	49	71	54
25	ニシテヨサワニゴウ 西手代の沢2号	0.67	16	67	83	10	14	14	23	32	32
26	ニシテヨサワ 西手代沢	1.05	22	105	127	19	26	26	42	61	61
27	オウダサワ 押立沢	0.30	4	30	34	16	22	22	36	51	34
28	タカハシサワ 高橋沢	3.46	49	334	384	28	40	40	64	91	91
29		0.23	3	22	26	5	7	7	11	15	15
30	コノサワ 小屋沢	5.14	78	511	588	35	50	50	81	115	115
31		0.34	4	29	33	6	9	9	14	20	20
32		0.18	2	14	16	7	11	11	17	24	16
33	タケシリサワ 滝尻沢	2.00	44	155	199	20	29	29	46	65	65
34	シメズサワ 清水沢	4.26	101	425	526	31	45	45	72	103	103
35		1.18	11	118	129	17	25	25	40	57	57
36		2.74	9	274	283	24	35	35	55	79	79
37		1.62	0	162	162	24	34	34	55	78	78
38		0.77	6	71	77	11	15	15	25	35	35
39		0.41	3	32	35	7	10	10	16	23	23

：降灰 10 cm未満の対象外溪流

計画流出土砂量が移動可能土砂量・運搬可能土砂量で決定

※溪流名の空白部は、溪流の名称がない

表 2-11 降灰後の土石流の計画対象土砂量〔水蒸気噴火・マグマ噴火(3,000万m³)、降雨確率規模別〕

溪流 番号	溪流名	流域 面積 (km ²)	移動可能土砂量			2年超過確率規模 (71.8mm/日)			100年超過確率規模 (164.8mm/日)		
			溪流 不安定 土砂量 (千m ³)	流域 降灰量 (千m ³)	計 (千m ³)	運搬可能土砂量 (千m ³)		計画流出 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)
						V _{dy2}	V _{dy2} ×1.43		V _{dy2}	V _{dy2} ×1.43	
1		1.58	0	1,580	1,580	17	25	25	39	56	56
2	ナカノサワカワ 中ノ沢川	0.36	44	360	404	7	10	10	15	22	22
3	ナカノサワカワ 中ノ沢川	3.25	55	3,250	3,305	27	38	38	61	88	88
4	ナカノサワカワ 中ノ沢川	0.10	2	100	102	7	10	10	16	23	23
5		0.13	3	130	133	9	12	12	20	28	28
6	カワサキ 川上沢	2.11	24	2,110	2,134	21	29	29	47	68	68
7	ナガサカサワ 長坂沢	1.01	15	1,010	1,025	15	21	21	34	48	48
8・9		0.44	5	440	445	20	29	29	46	66	66
10	トコロサワ トコロ沢	0.64	6	640	646	26	37	37	60	86	86
11	ドチマサワ 土手間沢	2.14	34	2,140	2,174	31	45	45	72	102	102
14	ビフサワ 琵琶沢	3.34	236	3,340	3,576	27	39	39	63	89	89
15	ミキサワニゴウ 見杵沢2号	0.43	4	430	434	12	17	17	28	39	39
16	マルヤマ 丸山前沢	0.87	7	870	877	12	17	17	27	38	38
17	ミキサワ 見杵沢	0.80	10	800	810	30	43	43	70	100	100
18	ウコンヤマサワ 右近山沢	0.15	2	150	152	9	13	13	21	31	31
20	ハニツサワ 土津沢	1.74	22	1,740	1,762	18	26	26	42	60	60
21		0.46	5	460	465	14	20	20	33	47	47
23	カサヤジサワ 上弥次沢	2.39	36	2,390	2,426	22	32	32	51	73	73
24	テシロヤマサワ 手代山沢	0.48	6	480	486	21	31	31	49	71	71
25	ニシテヨ 西手代の沢2号	0.67	16	670	686	10	14	14	23	32	32
26	ニシテヨサワ 西手代沢	1.05	22	1,050	1,072	19	26	26	42	61	61
27	オウサチサワ 押立沢	0.30	4	300	304	16	22	22	36	51	51
28	タカハシサワ 高橋沢	3.46	49	3,460	3,509	28	40	40	64	91	91
29		0.23	3	230	233	5	7	7	11	15	15
30	コヤマサワ 小屋沢	5.14	78	5,140	5,218	35	50	50	81	115	115
31		0.34	4	340	344	6	9	9	14	20	20
32		0.18	2	180	182	7	11	11	17	24	24
33	タキシリサワ 滝尻沢	2.00	44	2,000	2,044	20	29	29	46	65	65
34	シメズ 清水沢	4.26	101	4,260	4,361	31	45	45	72	103	103
35		1.18	11	1,180	1,191	17	25	25	40	57	57
36		2.74	9	2,740	2,749	24	35	35	55	79	79
37		1.62	0	1,620	1,620	24	34	34	55	78	78
38		0.77	6	770	776	11	15	15	25	35	35
39		0.41	3	410	413	7	10	10	16	23	23

計画流出土砂量が移動可能土砂量・運搬可能土砂量で決定

※溪流名の空白部は、溪流の名称がない

2.4.3 火口噴出型泥流の計画対象規模

(1) 対象溪流

磐梯山周辺では火口噴出型泥流の発生の可能性のある溪流として、他火山での発生事例を踏まえ次のように設定した。

- ・ 想定火口にかかる17溪流を対象
- ・ 計算開始点を想定火口外縁上の各溪流の沢部に設定

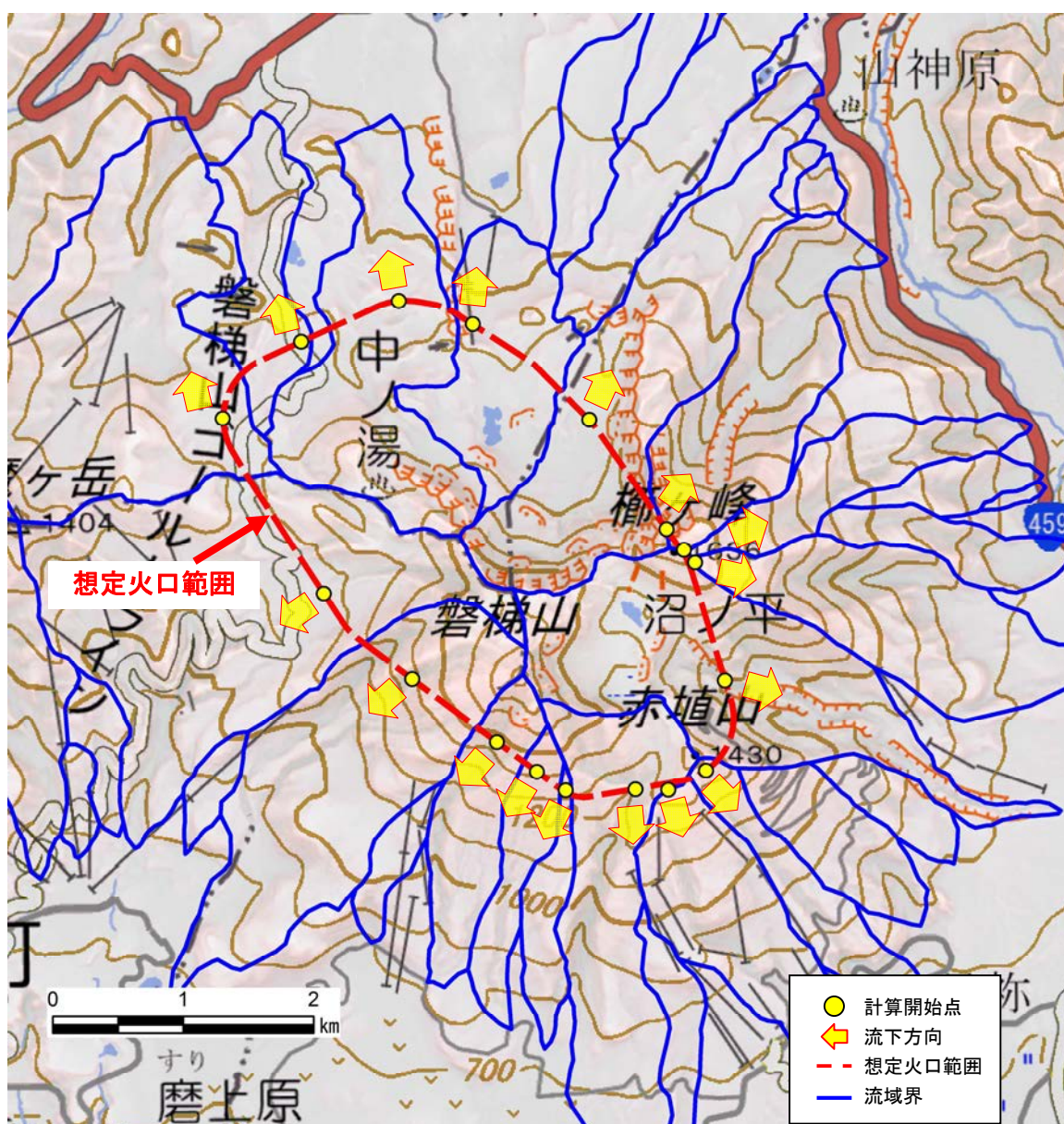


図 2-12 火口噴出型泥流の対象溪流

この地図は国土地理院発行の電子地形図 20 万（福島）および基盤地図情報（数値標高モデル）を使用したものである。

（２） 火口噴出型泥流の計画対象量

火口噴出型泥流は、火口から直接泥水が噴出して流下する。そのため、影響範囲予測で設定する泥流量は、火口から直接噴出する泥流量から算出することになる。

磐梯山では火口噴出型泥流の発生実績はないため、計画対象量の算出は下記のとおりとした。

- ・ 他火山での発生実績と一般的な計算条件を用いて、影響範囲を予測
- ・ 計画対象量は、最大規模である 1995 年九重山での発生実績（噴出量（堆積土砂量）：4,800m³）を参考に、5,000m³を想定
- ・ 堆積土砂量をもとに、土砂濃度式から便宜的に水量を算出し泥流量を設定

表 2-12 火口噴出型泥流の計画対象土砂量

堆積土砂量 (m ³)	水量 (m ³)	泥流量 (m ³)
5, 000	4, 259	9, 259

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

磐梯山火山噴火緊急減災対策砂防計画は、磐梯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。

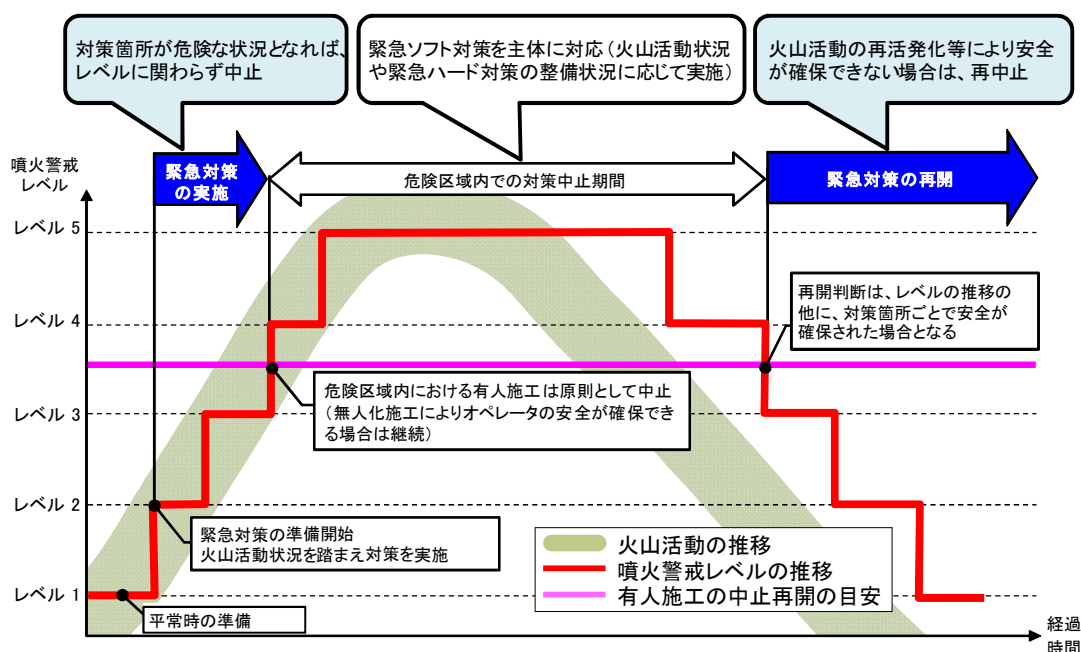


図 1-1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の概念図

1.2 対象とする噴火シナリオケースの抽出

磐梯山火山噴火緊急減災対策では、降灰後の土石流と火口噴出型泥流、マグマ噴火に伴い発生する融雪型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。

磐梯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降灰後の土石流と火口噴出型泥流を対象とする。

マグマ噴火に伴い発生する融雪型火山泥流は発生頻度が低く泥流量が大きいいため、斜面崩壊や山体崩壊は現時点で予測困難な現象であり、緊急ハード対策の効果が一定程度に限られるため、これらに対しては、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、大規模な現象が発生した時に緊急ハード対策を実施しないことではない。特に、磐梯山では1888年に大規模な岩屑なだれが発生して甚大な被害が出ている。大規模な現象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。

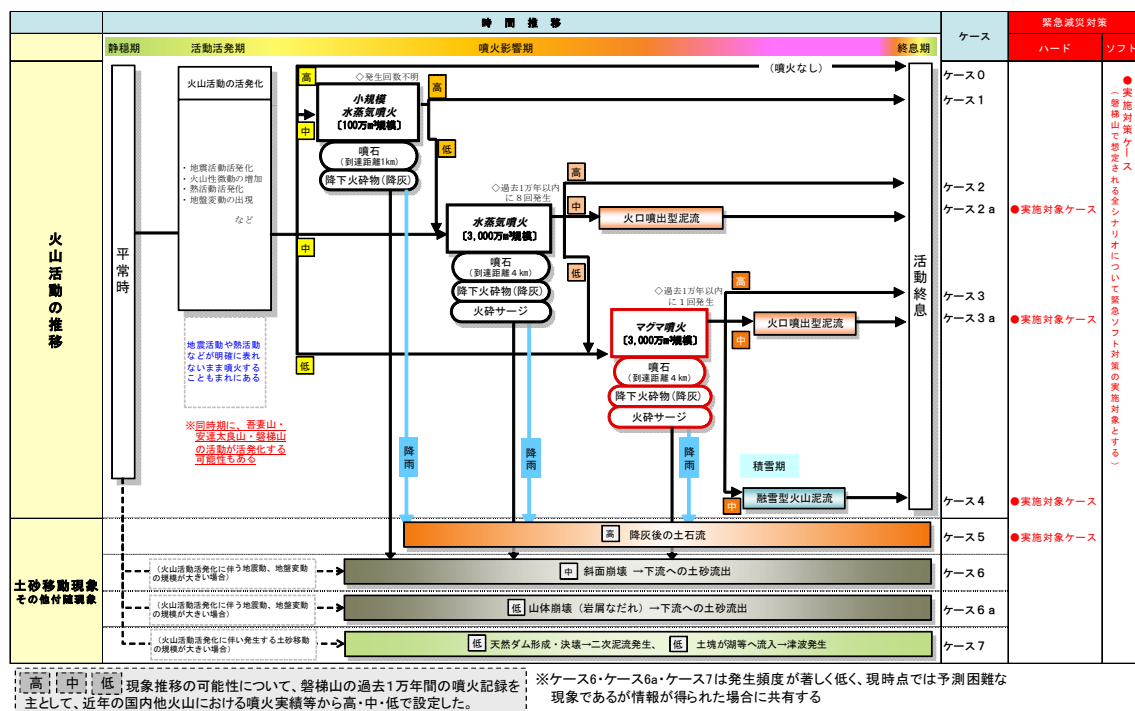


図 1-2 緊急減災対策計画で対象とする噴火シナリオのケース

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が発表されたら、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が発表される。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、立入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。

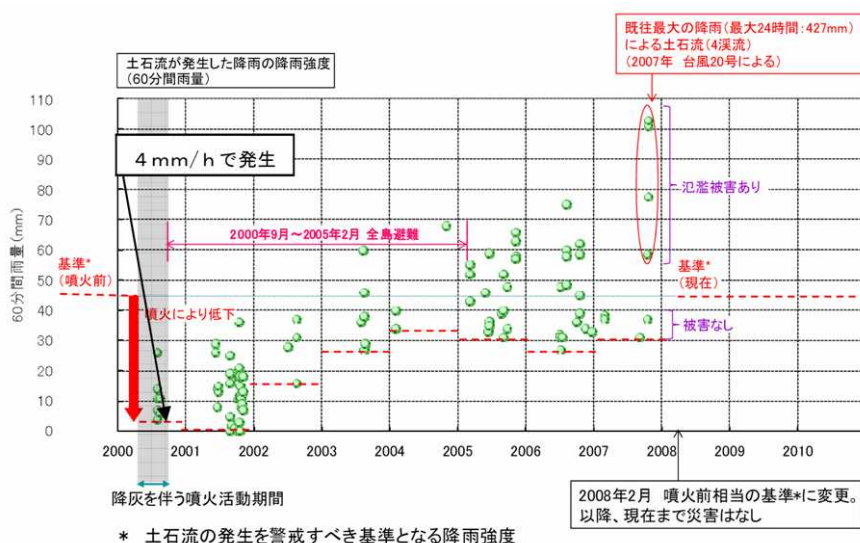


図 1-3 三宅島の土石流発生状況と発生時の降雨強度の関係

1.4 対策可能期間

対策可能期間は、最大6ヶ月程度とする。

対策可能期間の設定は、磐梯山で想定している対象現象のうち、発生した際に広大な範囲に広がり、被害規模が大きくなると想定される「融雪型火山泥流」の発生タイミングを踏まえて設定した。

ただし、対策可能期間は、下記の事項を踏まえた上で、実際の噴火状況に応じて機動的に対応することが必要となる。

- ・融雪型火山泥流の発生にかかわる積雪状況
 - ・気象庁等の専門機関からの火山活動状況
 - ・火山防災協議会による検討結果
- 等

1.5 対策箇所

緊急時にハード・ソフト対策（監視観測機器の設置等）を実施する箇所については、対策場所の設定では、保全対象の位置、地形条件、土地利用状況・法規制などから、効果的な対策が可能な場所の範囲を抽出する。

【安全面】

- ・ 施工中の安全確保するため、噴石飛散範囲などの危険区域内をできるだけ避け、かつ、早急な避難が可能な箇所で計画する。
- ・ 積雪期における雪崩の危険性を踏まえて計画する。

【土地利用】

- ・ 被害を最小限に抑えるため、保全対象のできる限り上流側で計画する。

【法規制】

- ・ 対策を実施する上で、国有林・自然公園等の法規制による制限ができるだけ少ない箇所で計画する。

【施工性】

- ・ 対策箇所へのアクセスや商用電源の確保等、施工を行う上での準備工が容易な箇所で計画する。
- ・ 冬季（積雪期）においても施工可能で、かつ、アクセスが容易な箇所で計画する。

2. 緊急ハード対策ドリル

磐梯山噴火時に想定される降灰後の土石流、火口噴出型泥流、融雪型火山泥流に対して、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。

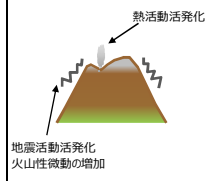
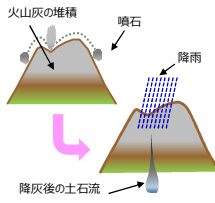
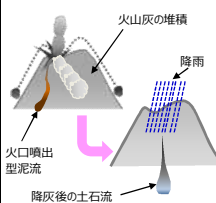
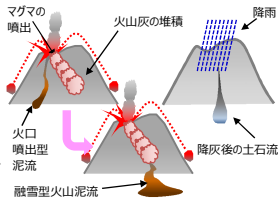
表 2-1 検討事項と条件

対象現象	降灰後の土石流、火口噴出型泥流、融雪型火山泥流	
検討事項	①既設堰堤の除石・掘削 ③遊砂地工（掘削）	②堰堤工（ダム工） ④導流堤工
検討条件	・磐梯山火山砂防計画(案)（H12 年度 福島県）の応急対策計画を基本とする。 ・併せて、短時間でできる対策として、保全対象直上への応急的な大型土のう配置も計画する	

磐梯山では、福島県により平成 12 年度に「磐梯山火山砂防計画(案)」が示されている。緊急ハード対策は「磐梯山火山砂防計画(案)」で設定された対策施設の規模をもとに設定する。

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、「小規模水蒸気噴火（100 万 m³）時の降灰後の土石流（2 年超過確率規模の降雨）」を当初目標に設定する。なお、噴火の状況を踏まえ、段階的な目標設定により可能な限り被害軽減を図るものとする。緊急ハード対策の基本方針を表 2-2 に示す。

表 2-2 緊急ハード対策の全体イメージ

	【静穏期】	【活動活発期】	【噴火影響期】		
			【小規模水蒸気噴火】	【水蒸気噴火】	【マグマ噴火】
火山活動					
土砂移動現象	-	-	降灰後の土石流	降灰後の土石流、融雪型火山泥流、火口噴出型泥流	
噴火警戒レベル※	レベル1 （活火山であることに留意）	レベル2 （火口周辺規制）	レベル3 （入山規制）	レベル4～5 （避難準備）～（避難）	
緊急ハード対策	・土地の調整 ・資材の備蓄 ・機材の調達体制構築 ・対策実施用道路の設置 ・緊急ハード対策の作業開始・中止基準の設定	★噴火警戒レベル2が発令されたら、気象庁や有識者等と連携を図り、緊急ハード対策開始のタイミングを検討する。 ↓ ↓ ・既設堰堤の除石・掘削（保全対象直上への応急的な大型土のう配置） ・堰堤工（ダム工） ・遊砂地工（掘削） ・導流堤工			・危険区域内における有人施工の中止（無人化施工でオペレータの安全が確保できる場合は継続）

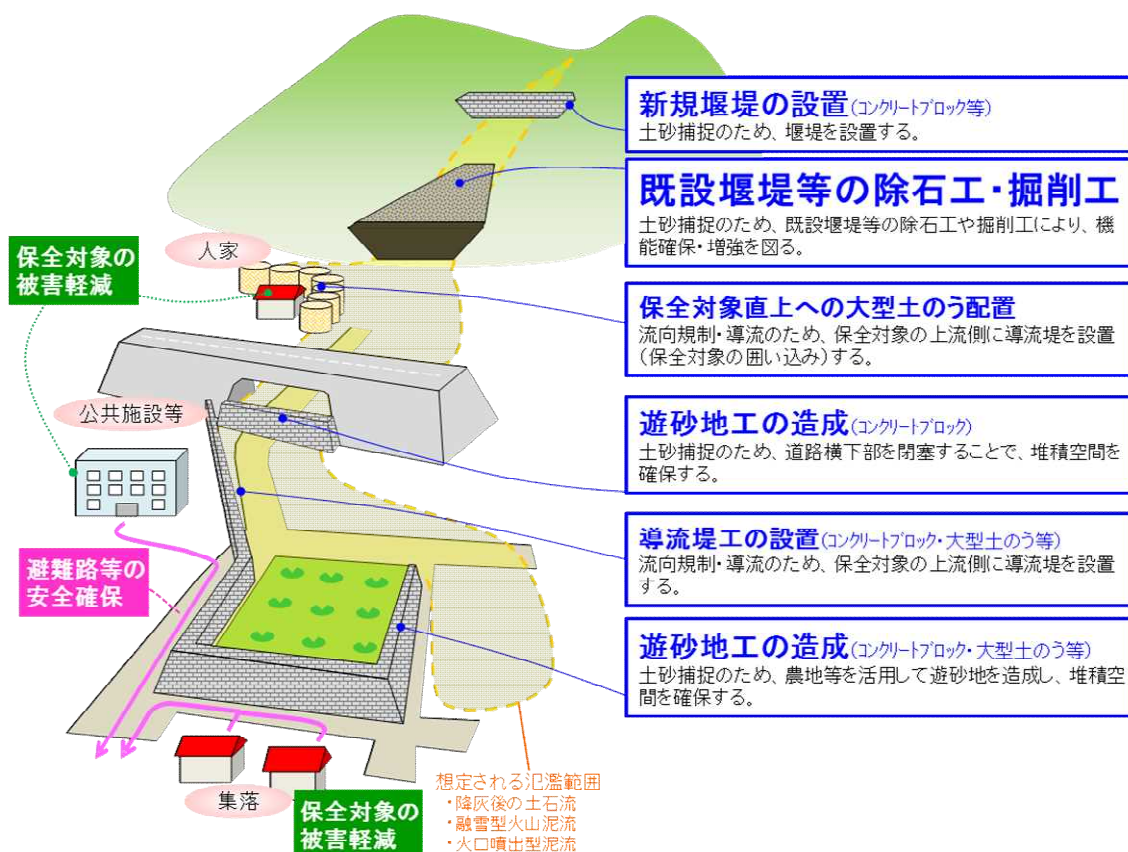


図 2-1 緊急ハード対策の概要イメージ

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・掘削工

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、導流堤工に用いる大型土のうの中詰材への転用を検討する。

工種	除石工・掘削工
目的	既設施設の施設効果量の増加 機能回復
模式図	
概要	既設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 2-2 除石工の概要

2.1.2 堰堤工（ダム工）

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。

また、「磐梯山火山砂防計画（案）」の恒久対策では、鋼性砂防ダム（不透過型）の施工をダム工として施設配置（案）されている。ただし、緊急減災対策においては、構造は迅速な設置・施工ができることを優先する必要があることから、ダム工はコンクリートブロックの積み上げによる堰堤を指すものとする。

工種	堰堤工
目的	土石流等発生に伴い流下する土砂を捕捉する。
模式図	
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 2-3 堰堤工の概要

2.1.3 遊砂地工

遊砂地工は、道路横下部の閉塞や農地等に造成することで、流出土砂や泥流の貯留空間を広げる目的で実施するものである。

資材が必要となるほか、比較的広大な土地を有する必要がある。

工種	遊砂地工
目的	平坦地の泥流の貯留空間を広げる
模式図	
概要	掘削等を行い、捕捉量を確保する。
特徴	施工が比較的容易である。
課題	掘削した土砂の仮置き場が必要である。

図 2-4 遊砂地工の概要

2.1.4 導流堤工

導流堤工は、流下方向と平行にコンクリートブロックや土のうを並べ、保全対象に直接被害が及ばないように、流路を規制させる。

基本的には有効高 3m を基準に安定計算を行い、3m 以下が大型土のう積みによる導流堤工、3m 以上がコンクリートブロック積みによる導流堤工となる。

どちらも多くの資材が必要となるため、平常時の備蓄が必要となる。

工種	導流堤工
目的	保全対象へ被害が及ばないように流路を規制する。
模式図	
概要	流下方向と平行にコンクリートブロックもしくは大型土のうを積み、流路を規制する。
特徴	コンクリートブロックはプレキャスト製品を使うことで工期短縮できる 土のうは掘削土砂を再利用でき、資材の備蓄が容易である。
課題	コンクリートブロックは備蓄が必要、土のうはコンクリートブロックに比べ強度が弱い

図 2-5 導流堤工の概要

2.2 施設効果量の考え方

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。
火口噴出型泥流・融雪型火山泥流の計画堆砂勾配は、水平とする。

(1) 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）平成 19 年 11 月」に基づき算出する。

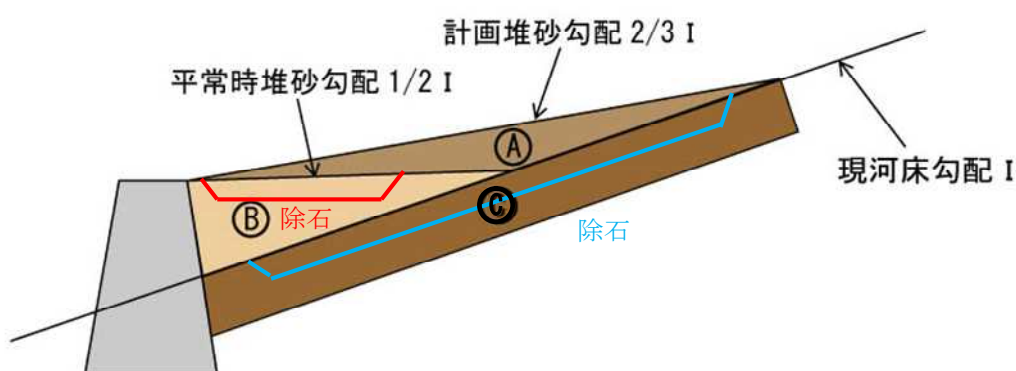


図 2-6 効果量の考え方（降灰後の土石流）

◆ 既設えん堤の場合

〈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)

◆ 既設えん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。

◆ 堰堤（不透過型）の場合

調節量 (A) + 貯砂量 (B)

（２） 火口噴出型泥流・融雪型火山泥流

火口噴出型泥流と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。

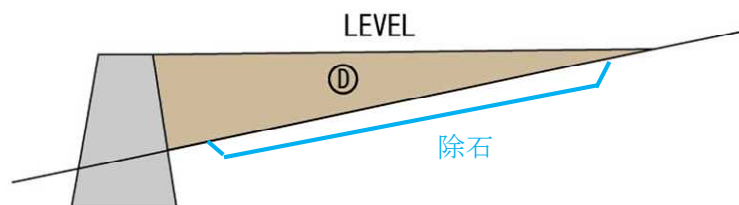


図 2-7 効果量の考え方（火口噴出型泥流・融雪型火山泥流）

◆ 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 2-7 のうち青枠の除石量）

◆ 堰堤（不透過型）の場合

貯砂量（D）

2.3 緊急ハード対策施設配置計画

緊急ハード対策施設は、「磐梯山火山砂防計画(案)」で設定された施設配置計画に準拠して配置する。また施設配置計画は、対象とする火山現象(降灰後の土石流・火口噴出型泥流・融雪型火山泥流)すべて同一の配置計画とする。

緊急ハード対策の施設配置は、磐梯山火山砂防計画(案)(H12年度 福島県)の応急対策計画を基本とし、下記の方針で緊急ハード対策を検討する。

①磐梯山火山砂防計画(案)(H12年度 福島県)の施設配置・規模を参考に、新たな検討を踏まえた考え方を基本とする。

→当初対策目標を「100万 m^3 以下の噴火＋噴火後の2年超過確率規模降雨※」で発生する降灰後の土石流による被害軽減と設定し、段階的な対策目標設定により対応する。

※ H12計画では「平年的な降雨」としている

②既存砂防堰堤ある3溪流は除石を優先する。

→溪流番号10(トコロ沢)、20(土津沢)、30(小屋沢)

→合わせて短時間でできる対策として、保全対象直上への応急的な大型土のう配置も計画する

③堰堤等による対応

→その他の溪流については、(1)堰堤工、(2)遊砂地工、(3)導流堤工などで対応する。

図 2-8 に緊急ハード対策概略図を示す。

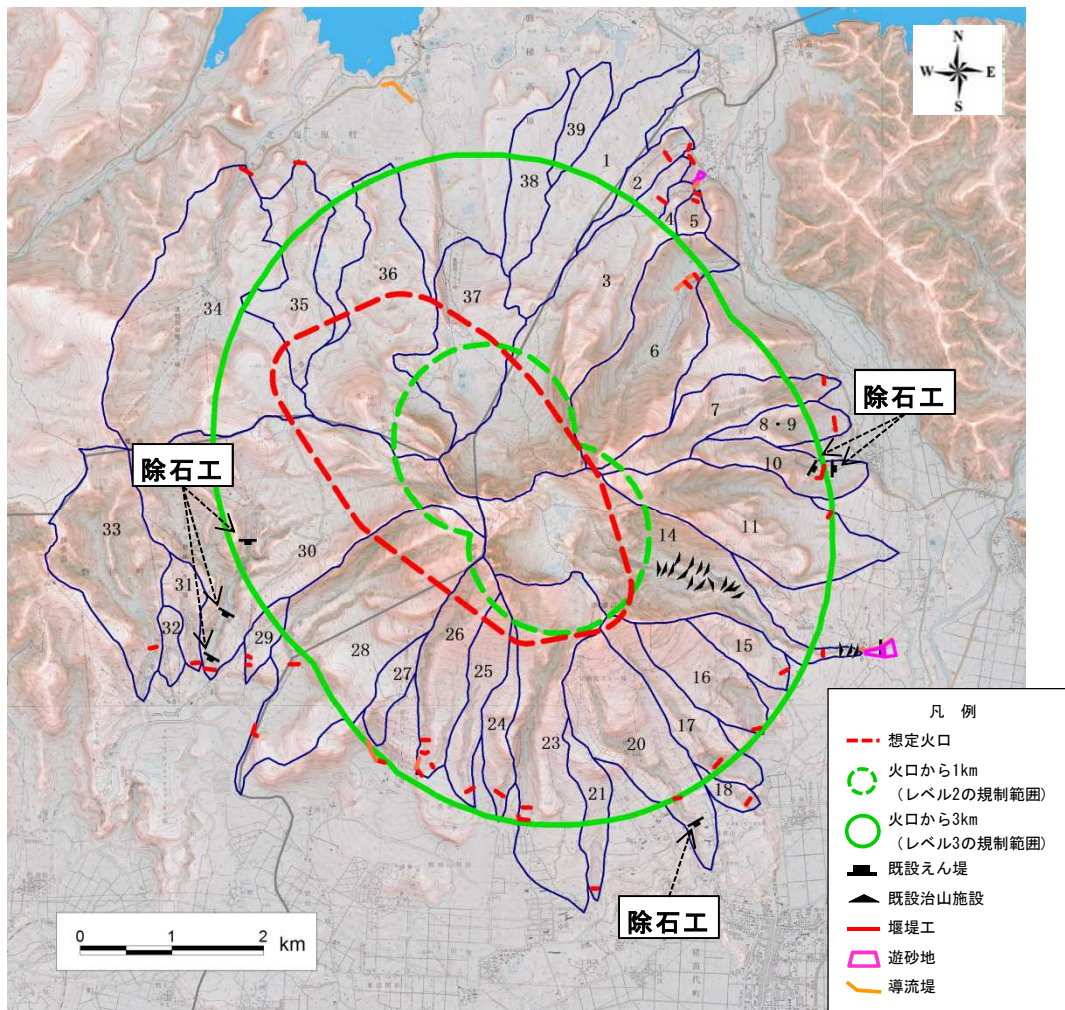


図 2-8 緊急ハード対策概略図

この地図は国土地理院発行の2万5千分1地形図（磐梯山、猪苗代、中ノ沢、関戸）および基盤地図情報（数値標高モデル）を使用したものである。

表 2-3 緊急ハード対策一覧

渓流番号	渓流名	工法	基数	渓流番号	渓流名	工法	基数	渓流番号	渓流名	工法	基数
1		—	—	15	見柿沢2号	堰堤工	1	30	小屋沢	堰堤工	1
2	中ノ沢川	堰堤工	2	16	丸山前沢	堰堤工	1			除石工	3
3	中ノ沢川	堰堤工	2	17	見柿沢	堰堤工	1	31		堰堤工	1
4	中ノ沢川	遊砂地工	1	18	右近山沢	堰堤工	1	32		—	—
		導流堤工	1	20	土津沢	堰堤工	1	33	滝尻沢	堰堤工	1
5		堰堤工	2			除石工	1	34	清水沢	堰堤工	1
6	川上沢	堰堤工	2	21		堰堤工	1	35		堰堤工	1
		導流堤工	2	23	上弥次沢	堰堤工	2	36		導流堤工	1
7	長坂沢	堰堤工	1	24	手代山沢	堰堤工	1	37		—	—
8・9		堰堤工	2	25	西手代の沢2号	堰堤工	1	38		—	—
10	トコロ沢	堰堤工	1	26	西手代沢	堰堤工	4	39		—	—
		除石工	2			導流堤工	1				
11	土手間沢	堰堤工	1	27	押立沢	堰堤工	1				
		堰堤工	1			導流堤工	2				
14	琵琶沢	遊砂地工	2	28	高橋沢	堰堤工	2				
		導流堤工	1	29		堰堤工	2				

2.3.1 施工期間

除石工や堰堤工など各工法の施工期間について、代表例を以下に示す。

なお、以下に示す施工期間は現時点での代表例であり、詳細は今後検討する。

【除石工】

除石工の施工期間例を表 2-4 に示す。

表 2-4 除石工の数量と施工期間例

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(日)													
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
掘削	5,000	m ³	480 m ³ /日	14日														
残土運搬			460 m ³ /日	15日														

※1 パーティ：バックホウ 1 台、ダンプトラック (10t) 4 台

【堰堤工】

堰堤工は、施工に必要なコンクリートブロックの数量が揃っている場合、日当り施工量は 129 個/日である。コンクリートブロックを現場制作とした場合の日当たり施工量は 60 個/日である。表 2-5 に堰堤工の施工期間例を示す。

表 2-5 堰堤工の数量と施工期間例

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(日)												
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	～	20	21
堰堤工① (据付のみ)	500	個	129 個/日	5日													
堰堤工② (現場製作から)	500	個	60 個/日	21日													

※枠型は通常総数の約 10% (500×0.1=50 個) だが、完成ブロックの運搬能力を考慮し、180 個とした

※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

【遊砂地工】

表 2-6 に遊砂地工の施工期間例を示す。

表 2-6 遊砂地工の数量と施工期間例

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(日)											
					1	～	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
掘削	20,000	m ³	480 m ³ /日	54日												
残土運搬			460 m ³ /日	57日												

※1 パーティ：バックホウ 1 台、ダンプトラック (10t) 4 台

【導流堤工】

導流堤工は、施工に必要な大型土のうの数量が揃っている場合、日当り施工量は 234 袋/日である。大型土のうを現場制作とした場合の日当たり施工量は 184 袋/日である。表 2-7 に導流堤工の施工期間例を示す。

表 2-7 導流堤工の数量と施工期間例

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	対策施設の施工に必要な日数																		
					1	2	3	4	5	～	15	16	17	18	19	20	21	22	23				
大型土のう (据付のみ)	3,000	個	234 袋/日	17日																			
大型土のう (現場制作から)			184 袋/日	21日																			

※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

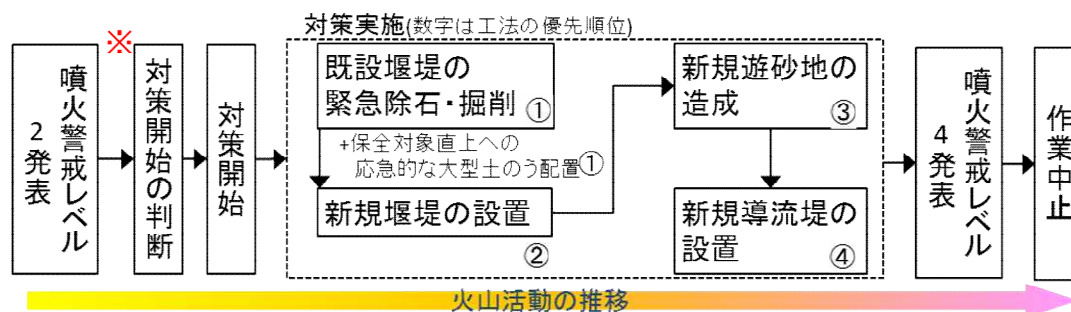
2.4 対策効果の検証

詳細な施設検討後に対策効果を検証する。検証方法としては数値シミュレーション、土砂量の比較などがある。

2.5 緊急ハード対策ドリル

豪雪地帯に位置する磐梯山では、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可能性がある。火山活動が活発化する時期によって緊急ハード対策実施の優先順位を検討する。

夏期に火山活動が活発化した場合は、被害の及ぶ可能性がある溪流を抽出し対策を実施することとなる。冬期に火山活動が活発化した場合は、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、堰堤を優先するなどの検討が必要になる。



※砂防部局は、噴火警戒レベルが上がった段階で対策を実施する。
実施にあたっては、気象庁、火山防災協議会と情報共有し、判断する。

図 2-9 緊急ハード対策ドリル(案)

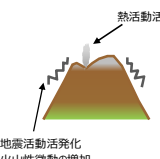
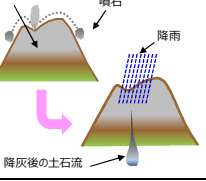
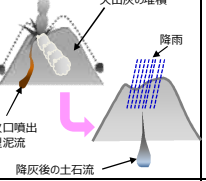
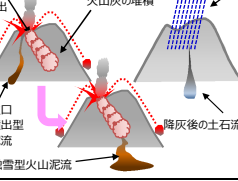
3. 緊急ソフト対策ドリル

3.1 基本方針

磐梯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】	【活動活発期】	【噴火影響期】		
				【小規模水蒸気噴火】	【水蒸気噴火】	【マグマ噴火】
火山活動						
土砂移動現象		-	-	降灰後の土石流	降灰後の土石流、融雪型火山泥流、火口噴出型泥流	
噴火警戒レベル		レベル1(活火山であることを留意)	レベル2(火口周辺規制)	レベル3(入山規制)	レベル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 (監視カメラ映像、雨量情報、火山防災マップ等)	・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)	・立入規制、避難誘導の判断材料(監視カメラ映像、緊急調査結果等) ・危険区域内の被災状況(ヘリ調査結果等) ・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(見直した基準雨量、土石流検知情報)		
	②火山監視体制の緊急的な整備	・監視カメラ、自動降灰量計などの準備	・緊急ハード対策実施渓流において土砂移動検知センサ、監視カメラ等を準備・設置 ・自動降灰量計を配置			
	③リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定	・プレ・アナリシス・システム(データベース方式)リアルタイムハザードマップの整備 ・リアルタイム・アナリシス・システム(逐次計算方式)リアルタイムハザードマップのシステム構築	(プレ・アナリシス・システム) ・レベル3相当の噴火が発生した場合のリアルタイムハザードマップを関係機関へ提供	(プレ・アナリシス・システム) ・レベル4相当の噴火が発生した場合のリアルタイム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・システム) ・火口位置、降灰分布調査の結果をインプットし、降灰後の土石流シミュレーション	(リアルタイム・アナリシス・システム) ・火山活動に伴う地形変化・積雪情報をインプットし、融雪型火山泥流シミュレーション ・火山活動に伴う地形変化・降灰状況を考慮した、降灰後の土石流シミュレーション ・火山活動に伴う地形変化を考慮した火口噴出型泥流シミュレーション	
	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	・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)		
	⑤火山噴火時の緊急調査	・噴火前地形データの取得 ・技術開発	・地形変化状況、積雪状況、降灰状況、火山活動状況、被害状況の調査	・ヘリ調査実施(降灰分布、火口周辺状況、被災状況、砂防施設状況を確認等) ・噴火後地形データの取得 ・地上調査(降灰深、積雪深・積雪密度、砂防施設点検) ・降雨状況(基準雨量の見直し)		

3.2 避難対策支援のための情報提供

磐梯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市町村に提供するものとし、避難対策の支援を行う。

磐梯山噴火時には、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にした情報提供を行っていくこととする。

（１） 静穏期（噴火警戒レベル１）の情報提供

静穏期（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 静穏期の情報提供

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	磐梯山の現況	監視カメラ(ライブカメラ)
	降雨状況	雨量情報(XバンドMPレーダ等)
	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） 活動活発期～噴火影響期（噴火警戒レベル２～５）の情報提供

火山活動が活発化して噴火警戒レベルが２～５になったときには、噴石・降灰・火山ガスを警戒した対応や危険区域内の被災状況把握、泥流や土石流の流下氾濫への警戒対応に関する情報を取得して、住民等に対して提供する。

表 3-3 活動活発期～噴火影響期の情報提供

情報提供の主な目的	提供情報	方法・機器
噴石・降灰への対応		
・立入規制、 避難誘導の判断材料	噴石の飛散範囲、降灰分布	監視カメラ(ライブカメラ)
		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
降灰後の土石流に対する対応		
・土石流の危険が増した 渓流の認識 ・土砂災害警戒情報の作成	降灰状況	空中写真、航空レーザ計測 降灰量計
	降雨状況	雨量情報(XバンドMPレーダ等)
	土石流による被害想定	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
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

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現象について、磐梯山噴火時には、必要な監視項目と機器は以下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機器と整備状況

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)
降灰後の 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	自動降灰量計	なし
	降雨状況の詳細把握	雨量計	国交省:1基、福島県:6基 気象庁:1基
		XRAIN (XバンドMPレーダ雨量情報)	磐梯山周辺をカバー
融雪型 火山泥流	泥流の発生規模の予測	積雪深計	気象庁:1基、福島県:1基



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	平常時より配置すると、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
		積雪深計	必要な高標高部での積雪深計設置は、 緊急時には困難
自動降灰量計	優先度の高い地点より、前兆現象段 階から設置を進めるのが適当	雨量計	土石流発生の基準雨量を把握するた め、優先度の高い地点から設置
		風向・風速計	降灰影響範囲を推定するため、優先度 の高い地点から設置

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
- 監視カメラ（可搬型）
- ワイヤーセンサ

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、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。



図 3-1 土砂移動検知機器の例

(2) 配置方針

緊急ハード対策実施地点の上流側に配置する。配置位置は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とする。

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

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氾濫幅と左表より必要な退避時間 T (秒)を求める。
- ③泥流の流下速度 V (m/s)とすれば、 $T \times V$ (m)より上流にセンサを配置すればよい

3.3.3 自動降灰量計

(1) 整備すべきセンサ

●自動降灰量計

火山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、自動降灰量計が適している。



(2) 配置方針

- ・自動降灰量計は、山体周辺が網羅できるよう東西南北に設置する。
- ・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。

土石流の発生域周辺の平地に配置することを基本とする。また、東西南北にそれぞれ配置することが望ましい。

3.3.4 監視カメラ

- ・山体周辺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（剣ヶ峰）の監視カメラにより、山体北側からの遠望監視を実施している。磐梯山の活動監視には、現状に加えて東西及び南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。



図 3-2 東側からのイメージ

3.3.5 積雪深計

- ・ 山体周辺において、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。

積雪観測は山体周辺の東西南北の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。

3.3.6 雨量計

- ・ 山体周辺において、雨量観測を実施する。
- ・ 泥流、土石流の発生源である山頂付近に設置することが望ましい。

雨量観測と降灰後の土石流の発生、非発生の状況とから、降灰後の土石流発生基準雨量を把握し、緊急減災対策工事の安全を確保する。

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。

3.3.7 風向・風速計

- ・ 山頂付近、山体周囲に設置し、風向風速の観測を実施する。
- ・ 気象庁等と協議の上で整備・データ解析・共有体制等を協議しておく必要がある。

風向風速の観測結果を使用して降灰影響範囲を推定する。また、降灰量調査（土砂災害防止法の緊急調査項目）の結果と合わせて、今後、降灰後の土石流の発生が予想される溪流を把握する。

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。

3.3.8 火山監視観測機器の緊急配置計画

以上で述べた観測機器の緊急配置計画を図 3-3 に示す。また、現在の監視・観測機器配置状況を図 3-4 に示す。

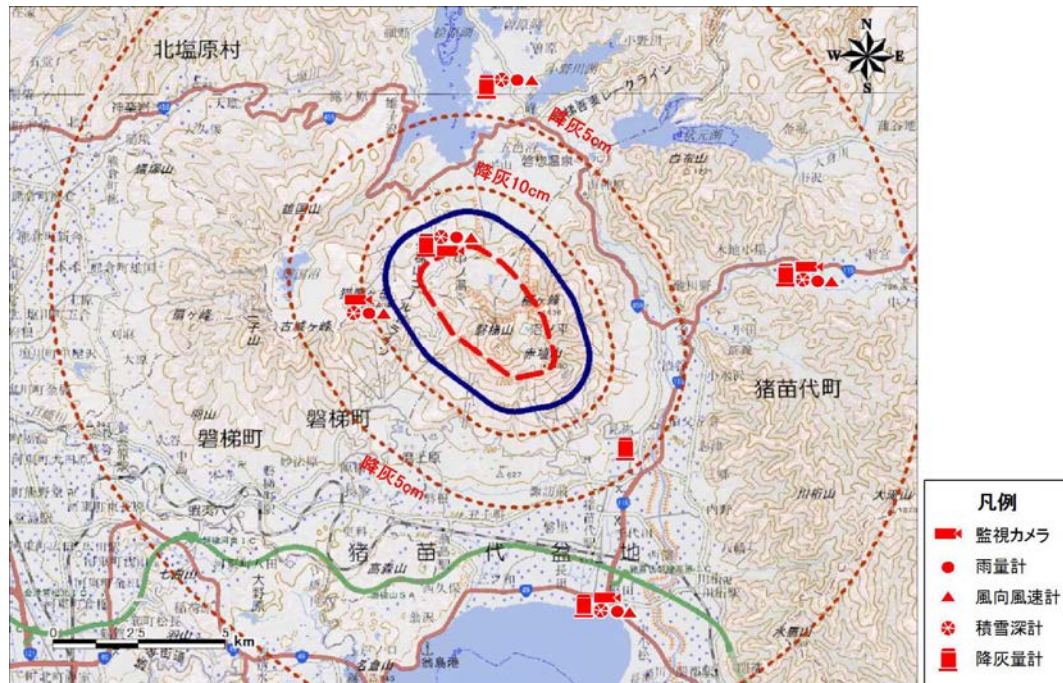


図 3-3 火山監視観測機器の緊急配置計画

この地図は国土地理院発行の電子地形図 20 万（福島、新潟）および基盤地図情報（数値標高モデル）を使用したものである。

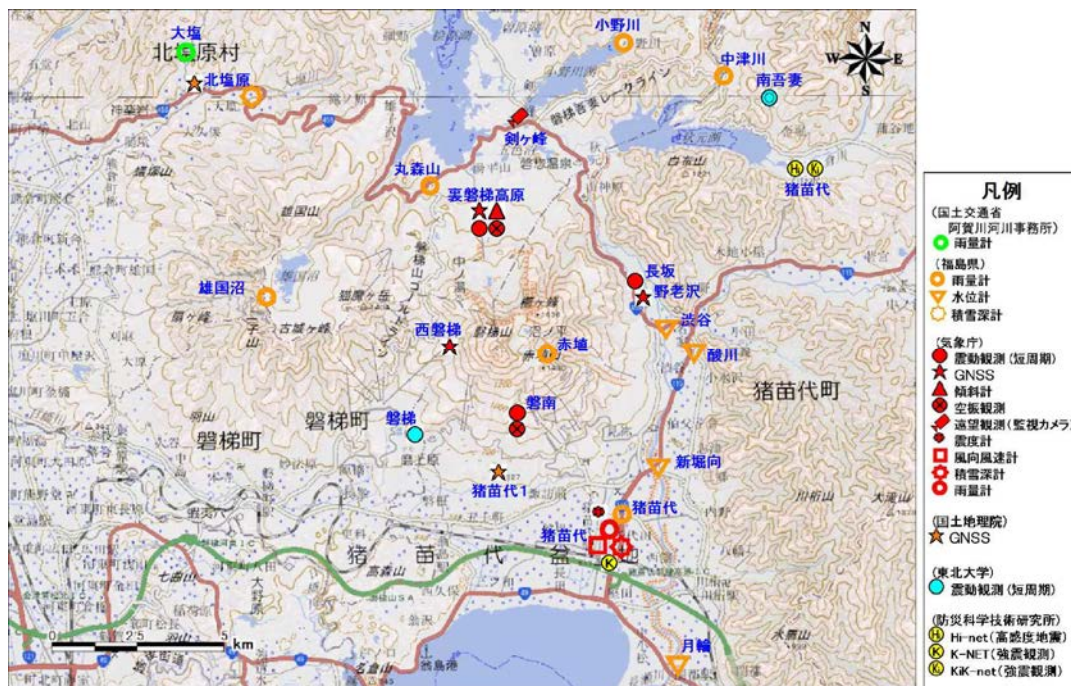


図 3-4 現在の監視・観測機器配置状況

この地図は国土地理院発行の電子地形図 20 万（福島、新潟）および基盤地図情報（数値標高モデル）を使用したものである。

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

平常時、プレ・アナリシス・システム(データベース方式)のリアルタイム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・システム(逐次計算方式)のリアルタイム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・システム(データベース方式)』と『リアルタイム・アナリシス・システム(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・システム(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、短時間でリアルタイム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。

※ GIS:地理情報システム(Geographic Information System)

(2) リアルタイム・アナリシス・システム(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、リアルタイムハザードマップを作成するシステムである。

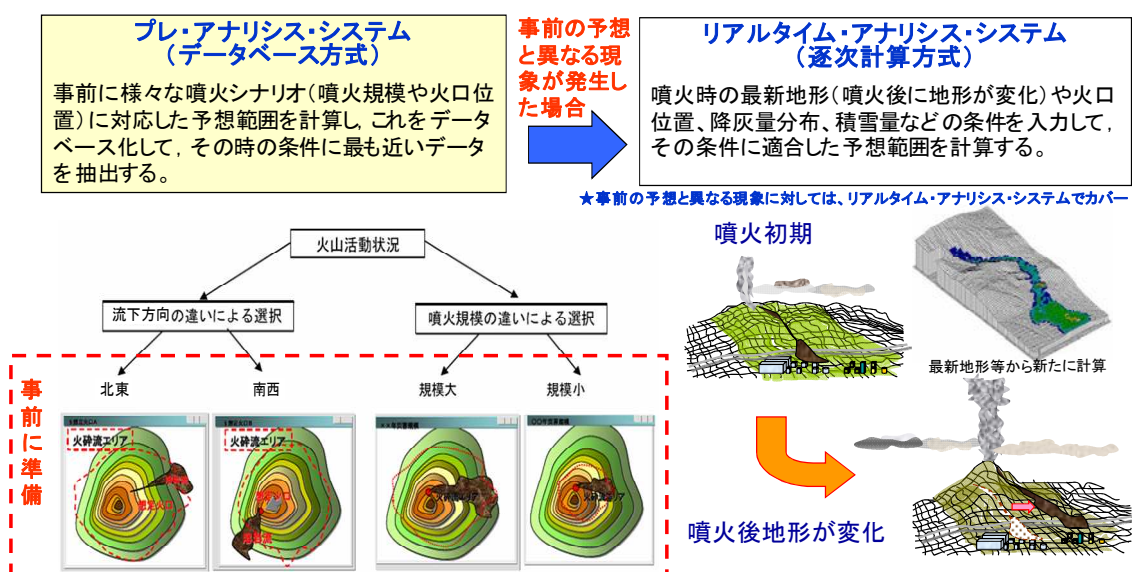


図 3-5 リアルタイムハザードマップの種類

3.4.2 磐梯山におけるリアルタイムハザードマップ作成方針

磐梯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・システム(データベース方式)とリアルタイム・アナリシス・システム(逐次計算方式)に分けて表 3-6 に整理した。

表 3-6 磐梯山におけるリアルタイムハザードマップ作成方針（案）

現象	プレ・アナリシス・システム (データベース方式)	リアルタイム・アナリシス・システム(逐次計算方式)		
		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測範囲をデータベースに整理	想定外の火口から噴火が発生した(または発生のおそれがある)場合に、数値シミュレーションを実施	火口位置	ヘリ調査、監視カメラ、空振計等
			噴出初速	監視カメラ映像解析等
降灰	様々な噴出量、風向・風速データをデータベースに整理	噴火が発生し(または発生するおそれがある)かつ想定外の強風や風向が予想される場合に、数値シミュレーションを実施	火口位置	ヘリ調査、監視カメラ、空振計等
			風向・風速	気象庁の予報、風向風速計等
火砕サージ	様々な火口位置、噴出量を想定した数値シミュレーションによるデータベースを整理	想定外の火口から噴火が発生した(または発生のおそれがある)場合に、数値シミュレーションを実施	火口位置	ヘリ調査、監視カメラ、空振計等
		火山活動に伴い地形が変化した場合に、新たな地形データで数値シミュレーションを実施	地形モデル	航空レーザ計測等
融雪型火山泥流	積雪深と融雪範囲を想定した数値シミュレーション結果をデータベースに整理	噴火が発生し(または発生するおそれがある)場合に、積雪量に基づき、数値シミュレーションを実施	火口位置	ヘリ調査、監視カメラ、空振計等
		火山活動に伴い地形が変化した場合に、新たな地形データで数値シミュレーションを実施	積雪深	積雪深計、航空レーザ計測等
火口噴出型泥流	様々な火口位置、噴出量を想定した数値シミュレーション結果をデータベースに整理	想定外の火口から噴火が発生した(または発生のおそれがある)場合に、数値シミュレーションを実施	火口位置	ヘリ調査、監視カメラ、空振計等
			地形モデル	航空レーザ計測等
降灰後の土石流	様々な降灰量、降雨のパターンを想定した数値シミュレーション結果をデータベースに整理	想定外の降灰量や降雨が予想された場合に、数値シミュレーションを実施	火口位置	ヘリ調査、監視カメラ、空振計等
			降灰分布	降灰調査(ヘリ調査)等
		火山活動に伴い地形が変化した場合に、新たな地形データで数値シミュレーションを実施	降雨規模	XバンドMPレーダ雨量計、気象庁の予報等
			地形モデル	航空レーザ計測等

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の整備を検討する。

各監視・観測情報を一元管理するため、情報通信網を整備する必要がある。

情報通信網は、切断等による通信不通をできるだけ防ぐため、国道 49 号に設置済みの光ケーブルを利用し、磐梯山の周辺をループ化することが望ましい。また、吾妻山・安達太良山の光ケーブル網とも繋げ、さらなる通信ネットワークの強化を図ることも重要である。

光ケーブルの設置ルートを図 3-6 に示す。

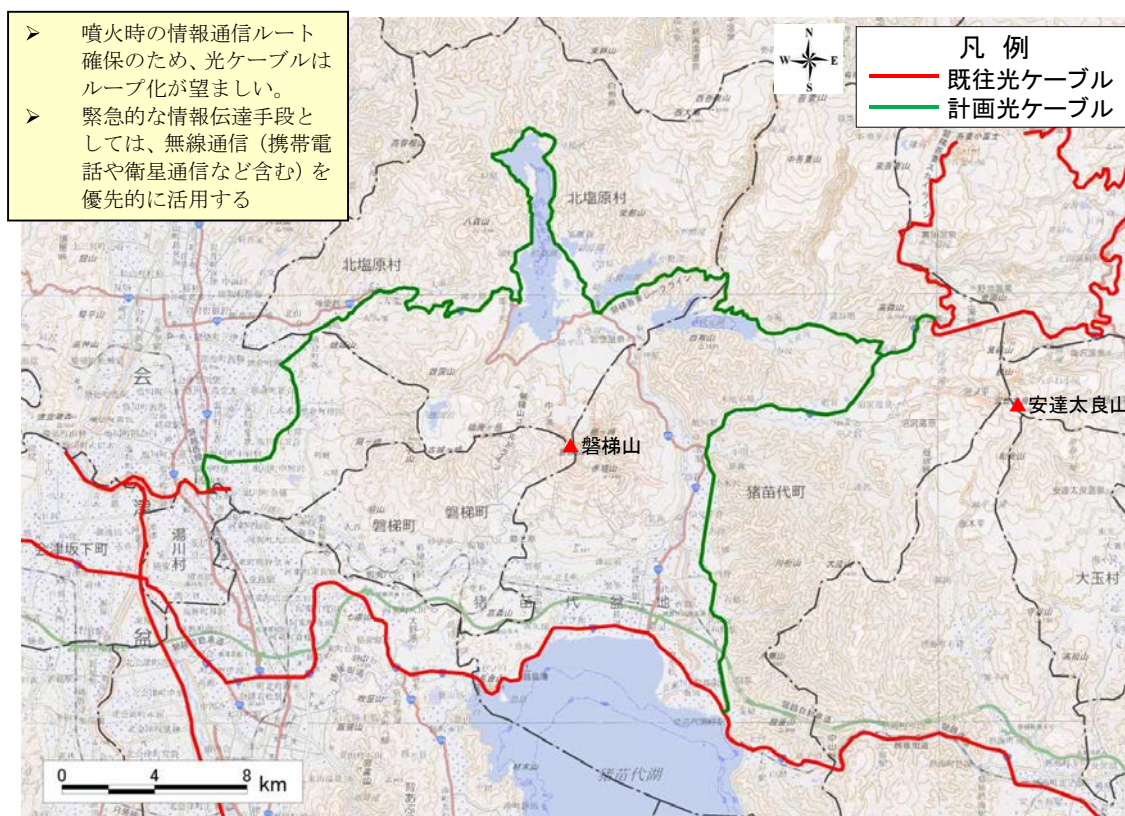
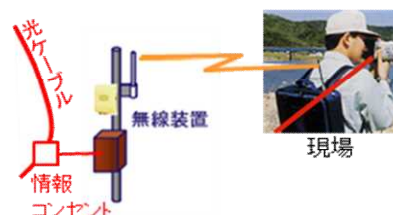


図 3-6 光ケーブル配置ルート案

この地図は国土地理院発行の電子地形図 20 万（福島、新潟）および基盤地図情報（数値標高モデル）を使用したものである。

～光ケーブル網の活用方法～

- ・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、火山の情報を把握し、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整理した。

表 3-7 磐梯山火山活動推移に伴う緊急調査の主な内容

緊急調査項目	把握する事項	データの活用イメージ
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	●降灰分布	・降灰後土石流の発生の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
	●火口周辺の状況	・火山専門家に提供、今後の活動予測のアドバイスを ・リアルタイムハザードマップ作成の入力条件
	●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
航空レーザ計測	●噴火後の地形データ	・リアルタイムハザードマップへの入力条件 ・噴火前地形（非積雪期）と差分解析による積雪分布の把握
地上調査	●降灰量	・流域内の降灰量の推定 ・土石流発生の可能性が高い溪流を抽出
	●積雪深（密度）	・融雪水量の算定 ・融雪型火山泥流の発生規模予測
	●砂防施設状況	・緊急除石が必要な施設の抽出
降雨状況 （XバンドMPレーダ）	●降雨状況	・降雨状況、雨域の移動状況から土石流発生の情報を関係機関に提供

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（図 3-7）。「降灰の分布状況」、「火口の位置と状況」、「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調査結果を公表する。

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。北陸地方整備局では表 3-8、図 3-8 に示す UAV を保有している。図 3-9 は UAV を使用して撮影した磐梯山の写真である。

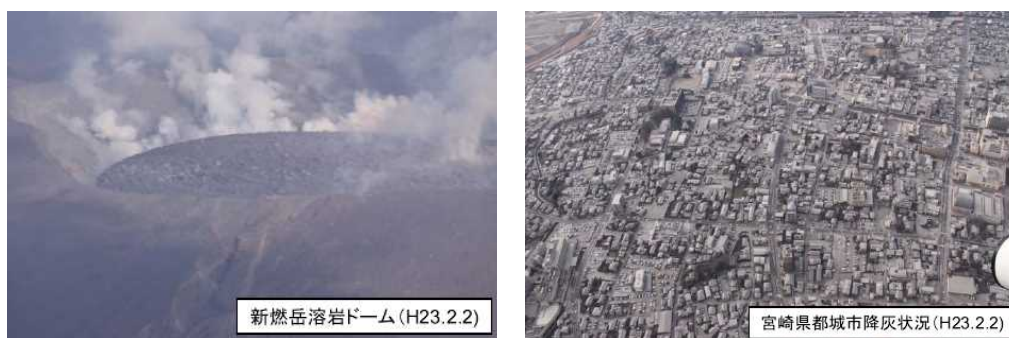


図 3-7 霧島山（新燃岳）2011 年噴火時のヘリ調査例

表 3-8 北陸地方整備局が保有する UAV の諸元

配備先	北陸技術事務所(新潟防災センター)
機種名	PHANTOM 2 VISION+
機数	2機
重量	約 1.5kg
寸法	対角約 35cm
最大飛行速度	約 15m/s(約 54km/h)
最大飛行時間	約 25 分(実質 15～20 分)
通信距離	約 500m(見通し)
静止画	14M ピクセル(32GB:約 8000 枚)
動画	HD 録画 1080p30(32GB:約 4 時間)
その他	GPS、コンパス等による自立飛行、姿勢制御



図 3-8 北陸地方整備局が保有する UAV の写真



図 3-9 UAVによる斜め写真例（裏磐梯の状況）

3.6.2 航空レーザ計測

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、噴火後の地形データ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。

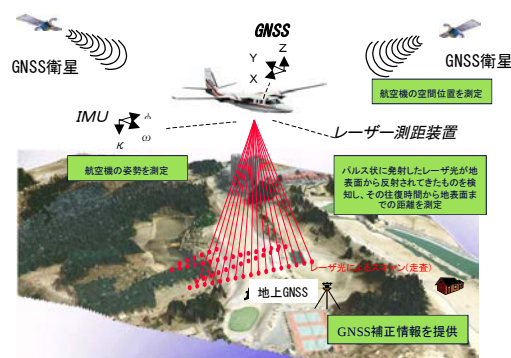


図 3-10 航空レーザ計測

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深・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 3-11 霧島山(新燃岳)2011年噴火時の降灰量調査

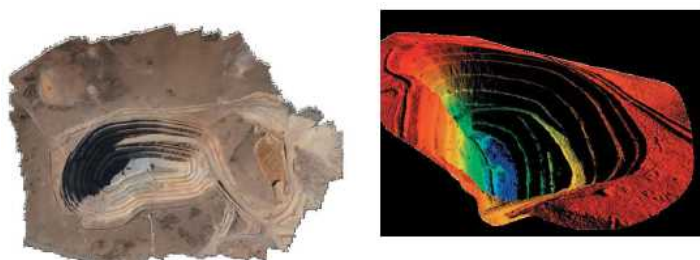
〔UAV 等を利用した災害調査の実用検証〕

国土交通省では UAV やロボット等による三次元計測データの取得や火山灰の採取など災害調査の実用検証を実施している。

・UAV による状況写真撮影



・UAV による三次元データ取得



・UAV による灰の採取



(国土交通省 HP より)

3.6.4 土砂災害防止法に基づく緊急調査

磐梯山において、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。

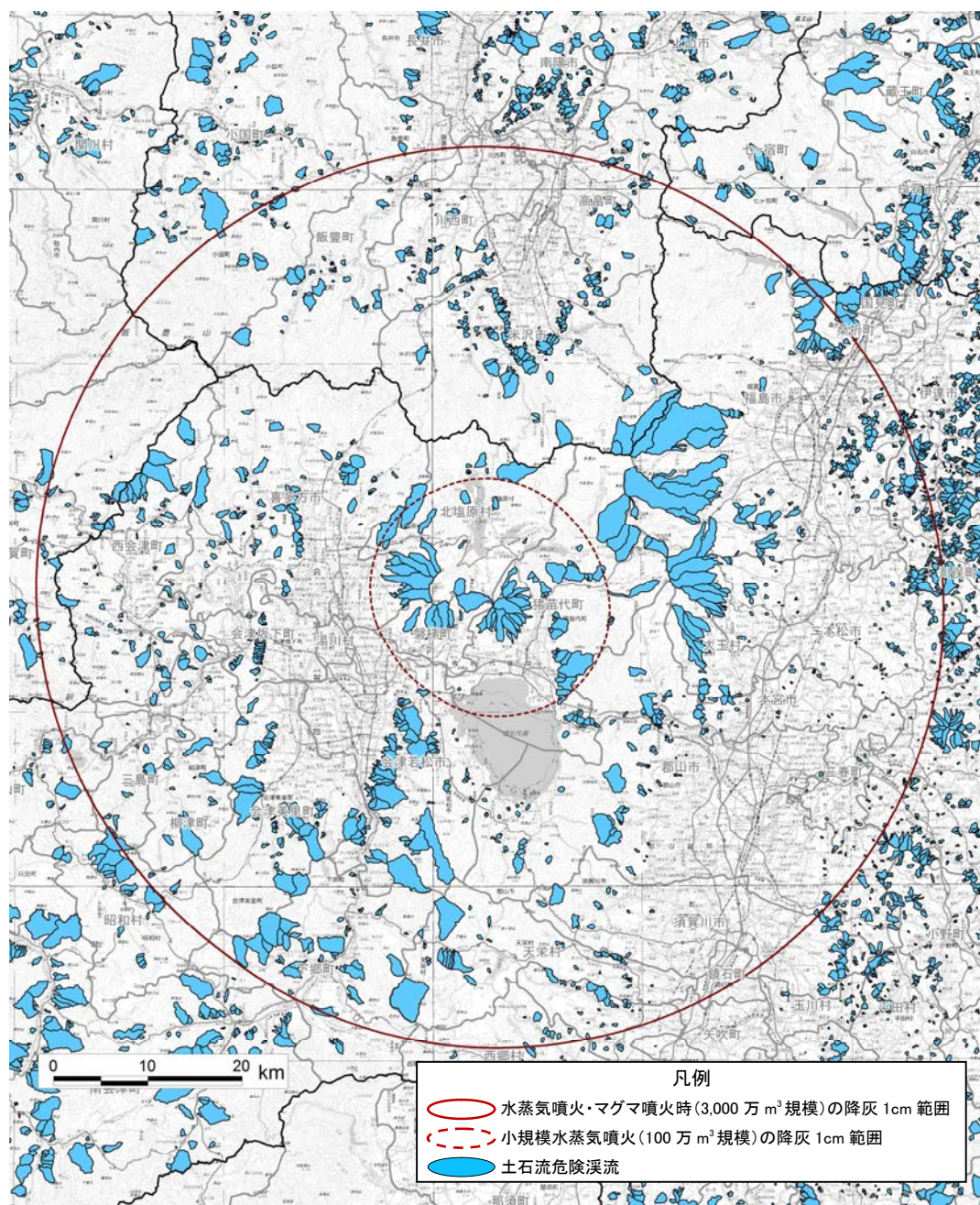


図 3-12 磐梯山周辺の土石流危険渓流分布

この地図は国土地理院発行の電子地形図 20 万（福島、新潟、村上、仙台、日光、白河）を使用したものである。

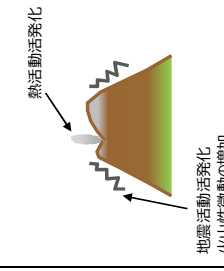
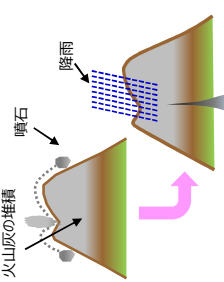
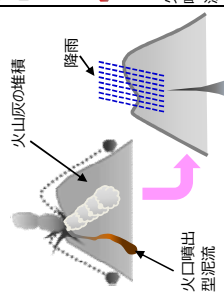
3.7 緊急ソフト対策ドリル

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 3-9 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】	【活動活発期】	【噴火影響期】		
					
土砂移動現象	-	-	降灰後の土石流	降灰後の土石流	降灰後の土石流、融雪型火山泥流、火口噴出型泥流
噴火警戒レベル	レベル1(活火山であることに留意)	レベル2(火口周辺規制)	レベル3(入山規制)	レベル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 (監視カメラ映像、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)	・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)	・立入規制、避難誘導の判断材料(監視カメラ映像、緊急調査結果等) ・危険区域内の被災状況(ヘリ調査結果等) ・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(見直した基準雨量、土石流検知情報)	
	②火山監視体制の緊急的な整備	・監視カメラ、自動降灰量計などの準備	・緊急ハード対策実施渓流において土砂移動検知センサ、監視カメラ等を準備・設置 ・自動降灰量計を配置	設置	
	③リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定	・ブレ・アナリシス・システム(データベース方式)リアルタイムハザードマップの整備 ・リアルタイム・アナリシス・システム(逐次計算方式)リアルタイムハザードマップのシステム構築	(ブレ・アナリシス・システム) ・レベル3相当の噴火が発生した場合のリアルタイム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・システム) ・火口位置、降灰分布調査の結果をインプットし、降灰後の土石流シミュレーション	(ブレ・アナリシス・システム) ・レベル4相当の噴火が発生した場合のリアルタイム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・システム) ・火口位置、降灰分布調査の結果をインプットし、降灰後の土石流シミュレーション	(リアルタイム・アナリシス・システム) ・火山活動に伴う地形変化・積雪情報をインプットし、融雪型火山泥流シミュレーション ・火山活動に伴う地形変化・降灰状況を考慮した、降灰後の土石流シミュレーション ・火山活動に伴う地形変化を考慮した火口噴出型泥流シミュレーション
	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	・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	・噴火前地形データの取得 ・技術開発	・地形変化状況、積雪状況、降灰状況、火山活動状況、被害状況の調査	・ヘリ調査実施(降灰分布、火口周辺状況、被災状況、砂防施設状況を確認等) ・噴火後地形データの取得 ・地上調査(降灰深、積雪深・積雪密度、砂防施設点検) ・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 対策に必要な諸手続・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	関係機関
国有林内での対策に関する調整	○ 国有林内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 (会津森林管理署)
国立公園内での対策に関する調整	○ 自然公園特別区域内におけるハード対策に関する事前調整 ○ 監視観測機器配置の緊急設置に関する事前調整	環境省 (東北地方環境事務所)
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 (会津農林事務所)
土地の調整	○ 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	市町村 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 ○ そのための土地使用の調整、工事用道路の整備	地権者
無人化施工の準備	○ 無人化施工で使用する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の訓練	総務省、施工業者
無人航空機を飛行させるための調整	○ 人口密集地および地上から150m以上の高さの空域を飛行させる場合に許可・承認の申請手続き	国土交通省航空局 仙台空港事務所
施工業者との契約・工事積算	○ 緊急時に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
特殊車両の通行や工事車両の通行に関する手続き	○ 特殊車両の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
道路上の構造物設置に対する占有許可	○ 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になる。	福島県の道路部局 福島県警察本部 市町村

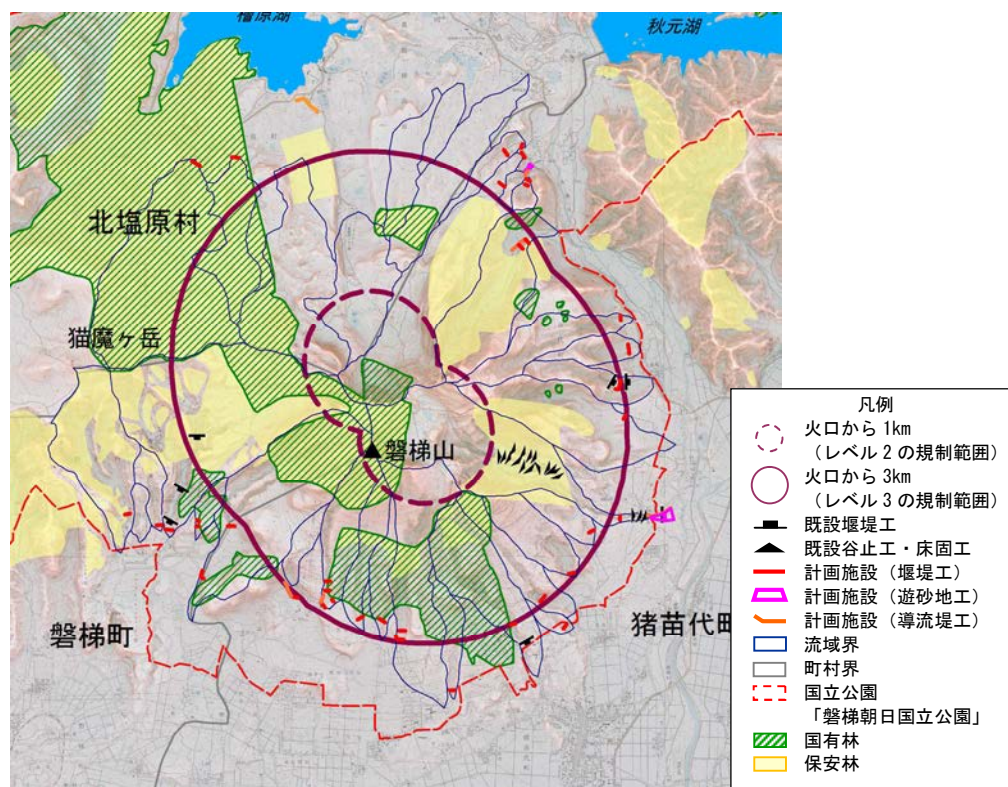


図 4-1 緊急ハード対策と国有林・保安林の位置関係

この地図は国土地理院発行の 2 万 5 千分 1 地形図（磐梯山、猪苗代、中ノ沢、関戸）および基盤地図情報（数値標高モデル）を使用したものである。

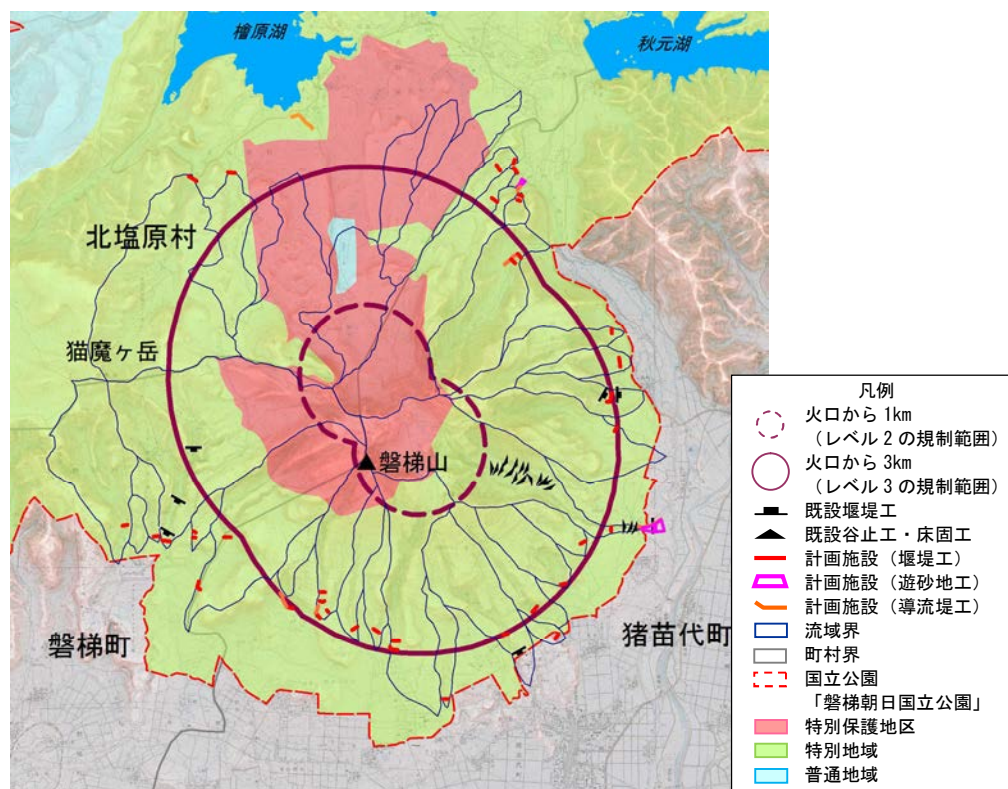


図 4-2 緊急ハード対策と国立公園の位置関係

この地図は国土地理院発行の 2 万 5 千分 1 地形図（磐梯山、猪苗代、中ノ沢、関戸）および基盤地図情報（数値標高モデル）を使用したものである。

4.2 平常時における検討事項

緊急ハード・ソフト対策の実現性に向けては、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

今後、緊急対策の候補地に挙げる対策箇所について、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調査し、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) 機能改善堰堤の概略検討

2) で整理した項目に加え、降灰後の土石流、火口噴出型泥流、融雪型火山泥流に対する適切な機能改善手法について検討する。また、その手法についての実現性に向け、構造を検討し工期や工費について概略検討を行う。

4) 緊急ハード対策の概略検討

緊急時に整備を行う堰堤や遊砂地等の緊急ハード対策について、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。

5) 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。

6) 緊急避難路等の検討

今回検討した火山砂防ハザードマップをもとに、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 緊急ハード・ソフト対策に必要な資機材の備蓄

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が必要である。緊急ハード対策の検討において、資材を必要とする工種は堰堤工等であり、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、大型土のうなど）

下記に示すように、緊急ハード対策施設に必要となる資材の備蓄数は限られる。平常時から福島県内の備蓄状況を把握しておくとともに、備蓄・調達体制を検討しておくことが必要である。

表 4-2 平常時に準備すべき資材

必要資材	用途	現状備蓄状況
コンクリートブロック	緊急的な土砂捕捉工、導流堤 など	約 4,500 個 ≪2t 未満～4t≫ （阿賀川河川事務所） 約 300 個 ≪3t≫ （福島河川国道事務所） ※水防用備蓄分の総計
大型土のう	導流堤工 など	約 10,900 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	約 34,500m ³ （阿賀川河川事務所） ※阿賀川・日橋川の側帯の備蓄土砂 約 130,000m ³ （福島河川国道事務所） ※阿武隈川第 2 種側帯の備蓄土砂等

（２）機材の調達体制

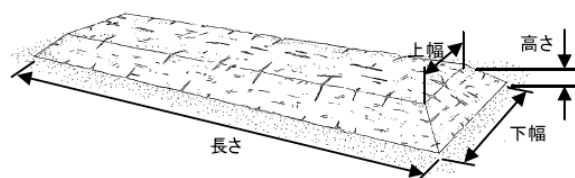
緊急ハード対策に用いる機材としてバックホウ、ダンプトラック、クレーンなど、緊急ソフト対策に用いる機材として監視カメラ、ワイヤーセンサ、通信ケーブルなどが必要となる。緊急時の機材調達に関して、福島県外も含め、広域的な応援体制を平常時から構築しておくことが必要である。

（３） 除石等による掘削土砂の仮置場の確保

緊急ハード対策による除石工事等により、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。

～土砂の仮置場に必要な面積(20 万 m^3 の場合)～

- ・ 仮置きの高さを 5m とすると、約 4 万 m^2 （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

出典：河川土工マニュアル(案)＜建設発生土対策編＞

4.4 火山防災ステーションの整備

磐梯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。

- ◆ 火山噴火の影響範囲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)

磐梯山周辺位置する公共施設（国土交通省、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必要がある。

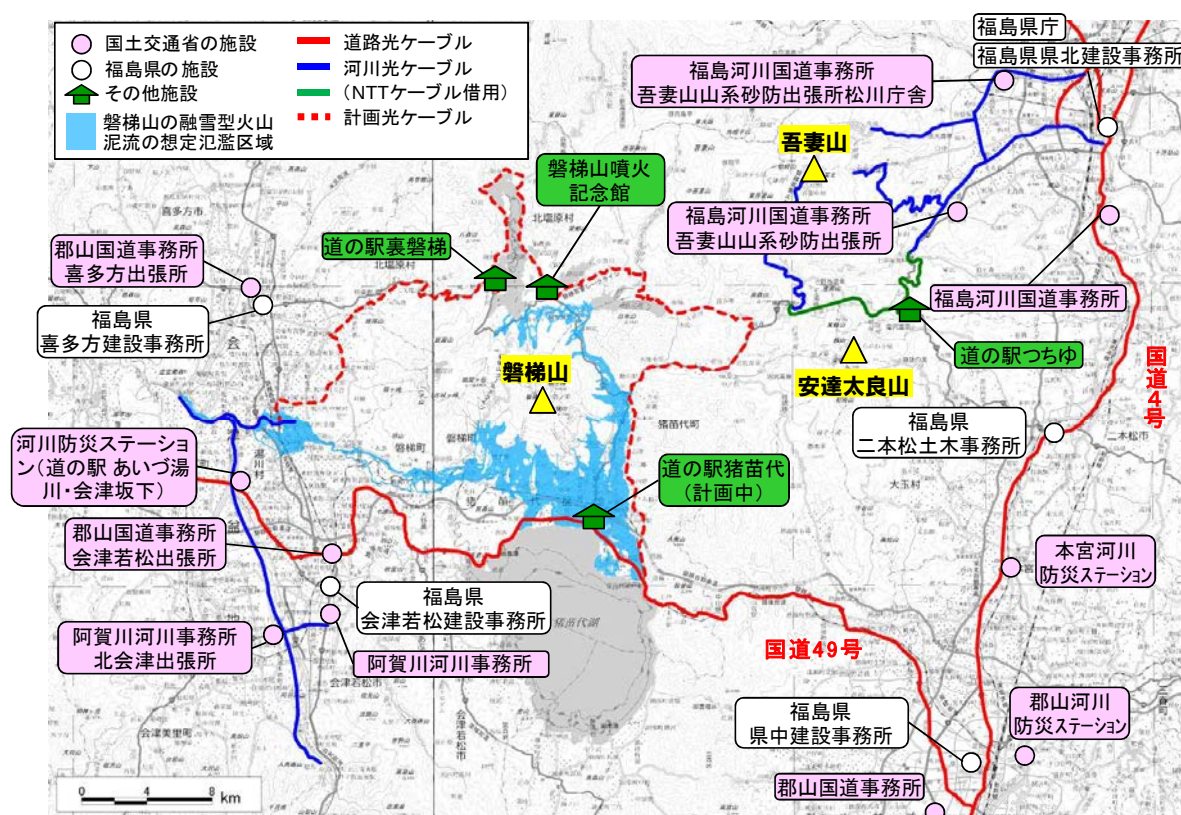


図 4-3 火山防災ステーション候補地

この地図は国土地理院発行の電子地形図 20 万（福島、新潟）を使用したものである。

4.5 関係機関との連携事項

磐梯山噴火の際、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。

火山防災協議会を中心に、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

緊急減災対策砂防計画と地域防災計画・避難計画等のすり合せや、防災教育や広報の実施、火山噴火時の被害状況の情報共有などについて、関係市町村と協議・連携する必要がある。

（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。

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

火山噴火による災害から身を守るためには、住民自らが過去の災害の教訓を学び、各種災害の性格とその危険性を知り、災害時にとるべき行動を知識として身につけ、平常時から備えを万全とすることが重要である。そのため、地域の防災意識の向上に係る活動や防災教育の支援のための教材を作成する。具体的には、小中学生を対象にした火山防災副読本や、磐梯山たより、ウェブサイトの作成等が考えられる。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



磐梯山 火山防災だより

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、研究機関や磐梯山噴火記念館、磐梯山ジオパーク協議会等と連携して、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、磐梯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。特に立体模型による泥流流下実験は視覚的に災害状況を理解できるため有用である。



猪苗代町民を対象とした勉強会

平成 27 年 2 月 28 日 猪苗代町体験交流館「学びいな」

（右上）専門家による講演

（左下）赤色立体模型を用いた泥流実験

（右下）食材を用いた土石流発生実験



図 4-5 地元住民を対象とした勉強会

（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。



災害現地本部訓練



無人バックホウの操作訓練

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



図 4-6 防災訓練の例

〔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、磐梯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。

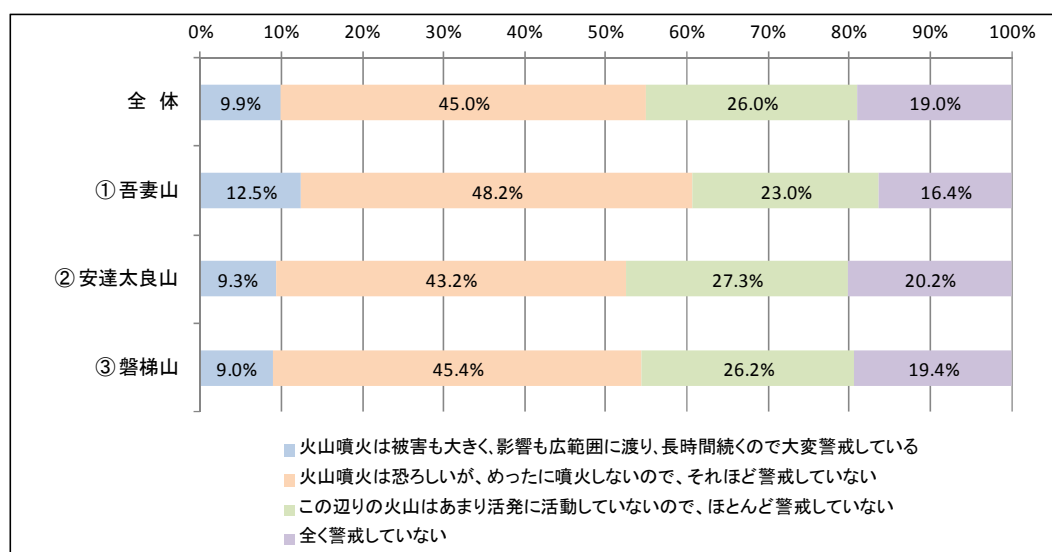


図 4-7 火山噴火に対する警戒意識

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

磐梯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。各機関等の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。

磐梯山では、噴火時等の避難対策等を共同で検討する「磐梯山火山防災協議会」が平成28年2月に設置されている。

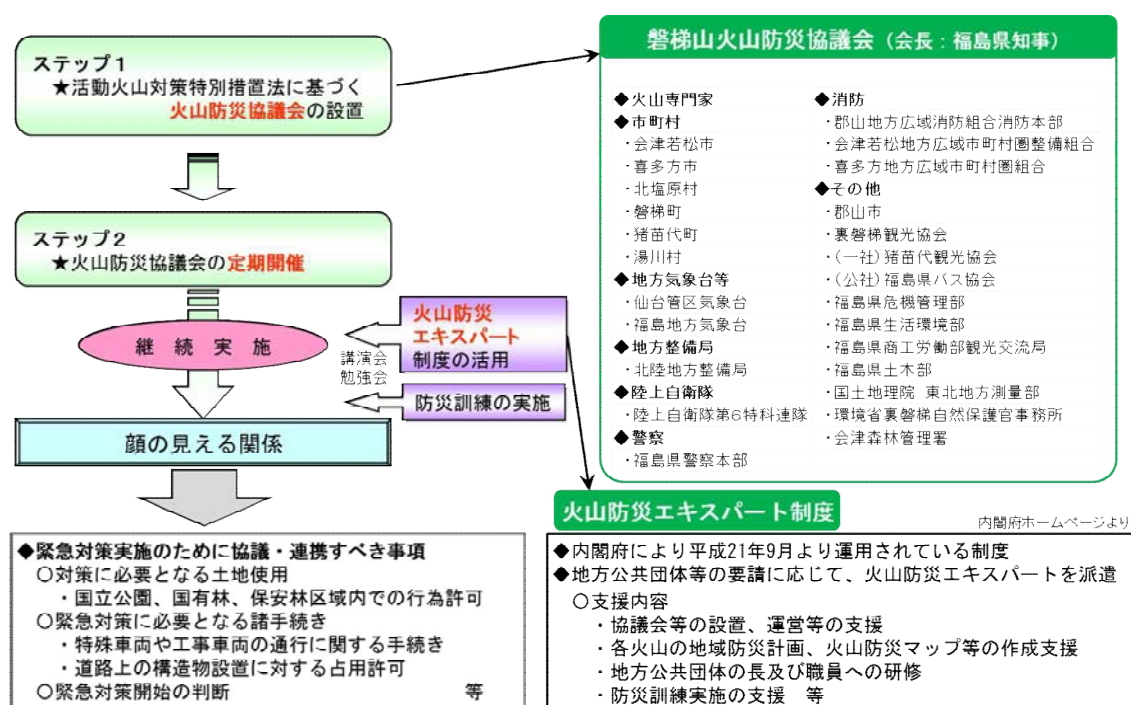


図 4-8 平常時からの『顔の見える関係』づくり

おわりに

本計画は、磐梯山の噴火履歴から、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磐梯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

- Belousov, A., Voight, B. and Belousova, M. (2007) : Directed blasts and blast-generated pyroclastic density currents: a comparison of the Bezymianny 1956, Mount St Helens 1980, and Soufrière Hills, Montserrat 1997 eruptions and deposits. *Bulletin of Volcanology*, Volume 69, Issue 7, pp. 701-740.
- 千葉茂樹・木村純一(2001) : 磐梯火山の地質と火山活動史 一火山灰編年法を用いた火山活動の解析一. *岩石鉱物科学*, 30, pp. 126-156.
- 千葉茂樹・木村純一・佐藤美穂子・富塚玲子(1994) : 福島県磐梯火山のテフラローーム層序と火山活動史. *地球科学*, 48, pp. 223-240.
- 福島県喜多方建設事務所(2000) : 火山対策検討業務委託報告書(磐梯山火山砂防計画).
- 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)平成 19 年 11 月.
- 郡山市・会津若松市・喜多方市・塩川町・河東町・磐梯町・北塩原村・猪苗代町(2001) : 磐梯火山防災マップ 平成 13 年 5 月, 磐梯山火山防災連絡会議 監修.
- 三村弘二・遠藤秀典(1997) : 磐梯山南西麓の岩屑堆積物大断面が示す磐梯火山の崩壊と再生の歴史. *火山*, 42, pp. 321-330.
- 三村弘二・中村洋一(1995) : 磐梯山の地質形成史と岩石. 岩屑流発生場に関する研究分科会, 磐梯火山, pp. 87-101.
- 内閣府(防災担当)・消防庁・国土交通省水管理・国土保全局砂防部・気象庁(2013) : 火山防災マップ作成指針.
- Nakamura, Y. (1978) : *Geology and Petrology of Bandai and Nekoma Volcanoes*. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, Ser. III, 14, pp. 67-119.
- Sekiya, S. and Kikuchi, Y. (1890) : The eruption of Bandai-san. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, 3, pp. 91-172.
- Yamamoto, T, Nakamura, Y and Glicken, H. (1999) : Pyroclastic density current from the 1888 phreatic eruption of Bandai volcano, NE Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* Vol. 90 (3-4), pp. 191-207.
- 山元孝広・須藤 茂(1996) : テフラ層序からみた磐梯火山の噴火活動史. *地質調査所月報*, 47, pp. 335-359.
- 吉田英嗣(2012) 流山の分布にみる磐梯火山における 1888 年の山体崩壊量. *地形*. 33(1), pp. 45-60

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 貞人	東北大学大学院 客員研究者
	佐藤 公	磐梯山噴火記念館 副館長
	中村 洋一	宇都宮大学 名誉教授
	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
	水野 秀明	(国研) 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
	長江 泰博	林野庁 関東森林管理局 福島森林管理署長
	樋口 一雄	林野庁 関東森林管理局 会津森林管理署長
	安部 博之	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
	鈴木 秀明	福島県 危機管理部 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
	中川 勝	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
	永岡 利彦	気象庁 仙台管区气象台 火山防災情報調整官
	越後 覚	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
	大場 將	東北地方整備局 河川部 広域水管理官
	鈴木 和弘	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
	石川 俊之	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

磐梯山火山噴火緊急減災対策砂防計画

平成28年 3月

福島県 土木部 砂防課

国土交通省 北陸地方整備局 河川部

国土交通省 北陸地方整備局 阿賀川河川事務所

国土交通省 北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所

(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番16号 TEL:024-521-7492

国土交通省 北陸地方整備局 河川部

新潟県新潟市中央区美咲町1丁目1番1号 TEL:025-280-8958

国土交通省 北陸地方整備局 阿賀川河川事務所

福島県会津若松市表町2番70号 TEL:0242-26-6441

国土交通省 北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所

新潟県新潟市秋葉区南町14番28号 TEL:0250-22-2211