

第1回

日光白根山火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会

1. 本委員会の概要	2
1.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の概要と検討の流れ	3
1.2 日光白根山における基本理念と検討方針	9
2. 計画策定の基本事項の整理	11
2.1 現状の把握(日光白根山の概要)	12
2.2 日光白根山におけるこれまでの火山防災の取り組み	19
2.3 噴火シナリオの作成	25
2.4 本計画で対象とする噴火現象・規模	27
2.5 想定される影響範囲と被害想定	30
3. 対策方針の設定	45
3.1 緊急減災対策の方針	46
3.2 緊急対策の基本方針	47
4. 今後の予定	50

2019年(平成31年)2月22日

国土交通省 利根川水系砂防事務所、日光砂防事務所

1. 本委員会の概要

1.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の概要と検討の流れ

■火山防災のために監視・観測体制の充実等の必要がある火山

- 火山噴火予知連絡会によって、今後100年程度の中長期的な噴火の可能性及び社会的影響を踏まえ、火山防災のために監視・観測体制の充実等の必要がある火山として選定された**50火山**とその選定理由

選定理由	火山名
① 近年、噴火活動を繰り返している火山 ➢ 過去数十年程度の間、頻繁に噴火している ➢ 100年以内の間隔でマグマ噴火を繰り返している	雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳、秋田焼山、秋田駒ヶ岳、吾妻山、那須岳、草津白根山、浅間山、新潟焼山、焼岳、御嶽山、伊豆大島、三宅島、硫黄島、阿蘇山、霧島山、桜島、薩摩硫黄島、口之永良部島、諏訪之瀬島 【23火山】
② 過去100年程度以内に火山活動の高まりが認められている火山 ➢ 地震活動：過去100年程度の山体深部の地震活動（マグマの動きに関連したもの） ➢ 地殻活動：過去10年程度のマグマ貫入等に伴う地殻変動 ➢ 噴気活動・地熱活動：過去100年程度の活発な噴気活動、地熱活動	アトサヌプリ、大雪山、恵山、岩手山、栗駒山、蔵王山、安達太良山、磐梯山、日光白根山、乗鞍岳、白山、箱根山、伊豆東部火山群、新島、神津島、八丈島、鶴見岳・伽藍岳、九重山、八甲田山、十和田、弥陀ヶ原 【21火山】
③ 現在異常は見られないが過去の噴火履歴等からみて噴火の可能性が考えられる	岩木山、鳥海山、富士山、雲仙岳 【4火山】
④ 予測困難な突発的な小噴火の発生時に火口付近で被害が生じる可能性が考えられる	倶多楽、青ヶ島 【2火山】

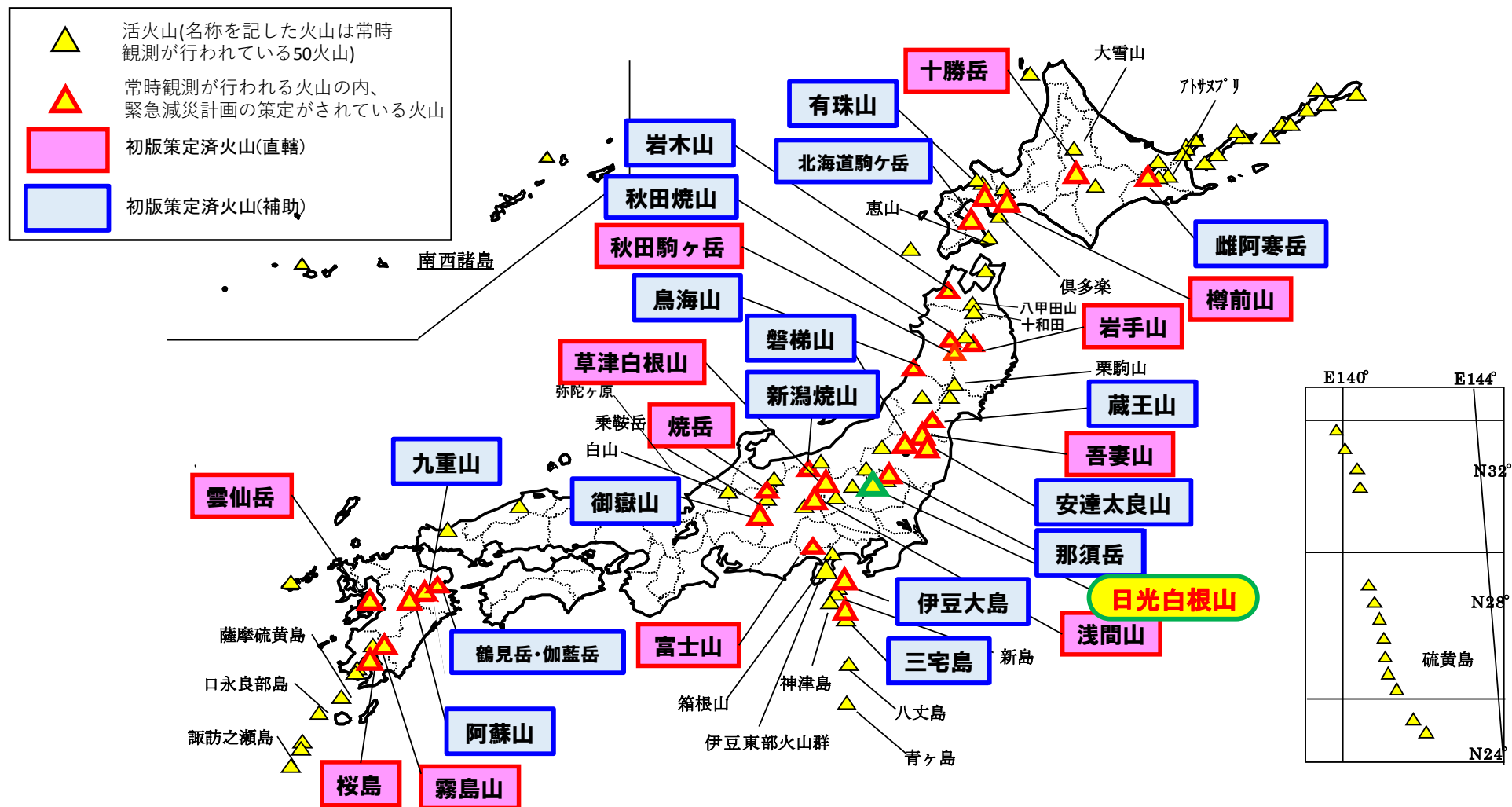
■火山噴火緊急減災対策砂防計画の策定対象火山

- 火山活動による社会的影響が大きく、火山活動が活発で、**ハザードマップが作成されている29火山(上表の青文字)**を当面の計画策定対象とし、平成31年2月現在全ての対象火山において初版作成済み。

1.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の概要と検討の流れ

■火山噴火緊急減災対策砂防計画の策定状況

- 平成31年2月現在、対象29火山全てにおいて初版が策定済み
- 上記以外の火山についても、順次、策定のための検討に着手



1.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の概要と検討の流れ

■ 火山噴火緊急減災対策砂防計画の目指すもの

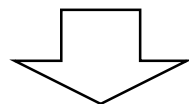
火山噴火の特徴

火山噴火によって発生する現象は多様で、かつそれらの規模が幅広く、いつどこで起きるか予測が難しい。

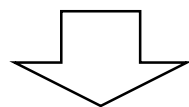
噴石、降灰、火砕流、溶岩流、火山泥流、土石流、岩屑なだれなど

噴火災害の特徴

大規模な火山泥流や降灰を原因として発生する土石流等による災害は、広域化かつ長期化することが想定され、被害・影響は顕著である。



このため、火山防災対策を計画的に実施することが重要である。しかし、施設整備による対策完了までには、多くの時間と費用を要する。



目 的

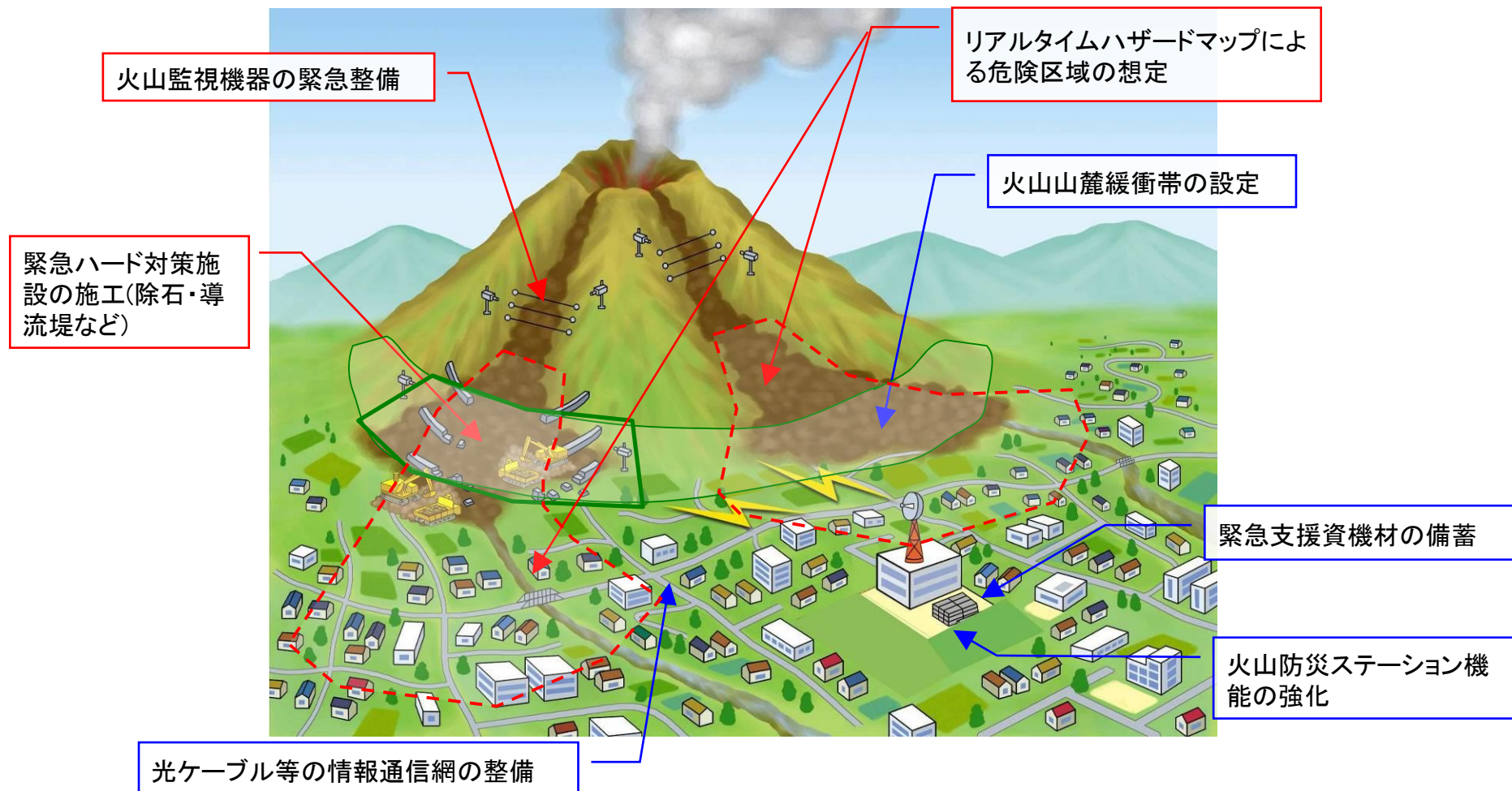
火山噴火緊急減災対策砂防は、いつどこで起こるか予測が難しい**火山噴火に伴い発生する土砂災害**に対して、**ハード対策とソフト対策**からなる**緊急対応**を迅速かつ効果的に実施し、「**被害をできる限り軽減(減災)**」することにより、安心して安全な地域づくりに寄与するものである。

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)より

1.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の概要と検討の流れ

■ 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定のイメージ

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



(※出典: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))

1.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の概要と検討の流れ

■ 火山噴火緊急減災対策砂防計画に基づいた緊急対策の実施事例

緊急ハード対策

(有珠山2000年噴火)



既設えん堤の除石(容量確保)

(浅間山)



大型土のうによる仮設導流堤・
仮設堤(氾濫の抑制)

(浅間山)



仮設堰堤工の設置(容量確保)

(新燃岳2012年噴火)



コンクリートブロックによる導流堤
(氾濫の抑制)

(浅間山2010年総合防災訓練)



無人化施工による
緊急ブロック施工訓練

緊急ソフト対策



土石流センサー(ワイヤーセンサー)
の緊急設置による土石流検知
(新燃岳2012年噴火)



自動降灰量計による降灰量の把握
(浅間山2010年総合防災訓練)

1.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の概要と検討の流れ

■ 火山噴火緊急減災対策砂防計画の位置づけ

日光白根山における緊急減災対策砂防計画は、基本対策と緊急対策を組み合わせ、火山噴火に伴う土砂災害対策を実施する計画である。

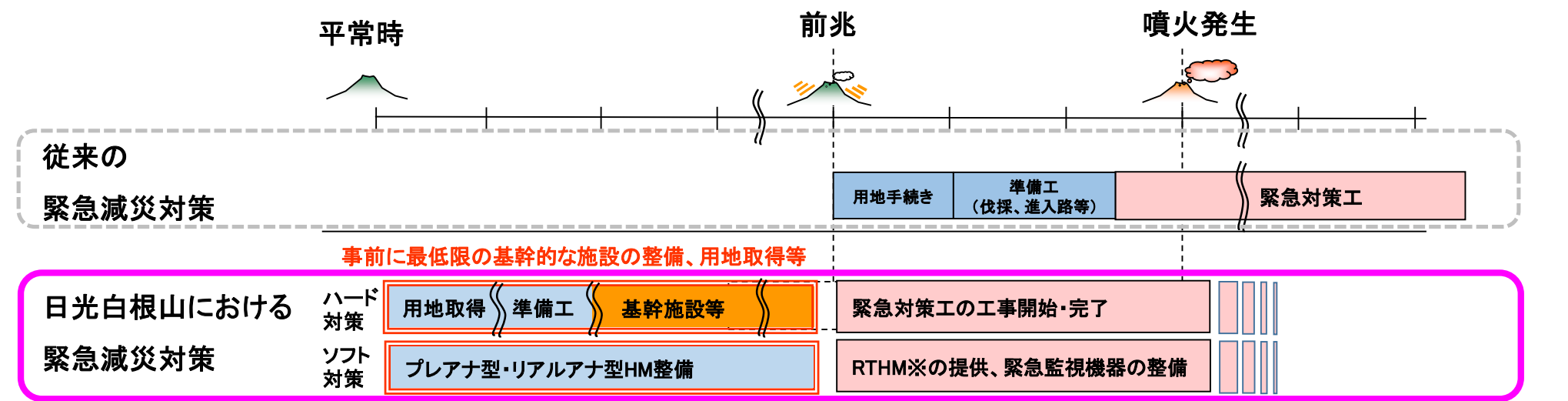
- 活火山地域における土砂災害対策(砂防)には、以下のような計画がある。降雨による土砂災害対策は、噴火の発生にかかわらず砂防施設の整備などを実施している。

< 降雨による土砂災害対策 >

- 水系砂防計画
- 土石流対策計画

< 火山噴火に伴う土砂災害対策 >

- 噴火後（降灰後）の降雨による土石流対策
- 噴火に伴う融雪型火山泥流等への対策



※RTHM=リアルタイムアナリシス型ハザードマップの略記

1.2 日光白根山における基本理念と検討方針

■ 基本理念(案)

【日光白根山における火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本理念(案)】

- ①関係機関は、日光白根山の火山噴火に伴う泥流氾濫などから人的被害を防止するとともに、財産・公共施設等の地域の被害を軽減する。
- ②火山砂防事業によるハード、ソフト両面からなる基本対策を進めつつ、噴火時の影響を軽減するため、緊急減災対策砂防計画を適切に実施できるよう計画を策定する。
- ③火山砂防の整備にあたっては、関係機関との連携を強化し、相互支援・連携により、上記①の目的を達成できるよう具体的な方策を立案する。

1.2 日光白根山における基本理念と検討方針

■ 検討方針

関係機関と国が協同で作業を実施し、2020年度までに計画の策定を予定している。

検討項目	細目	委員会開催
1.計画策定の基本事項の整理	・現状の把握 ・噴火シナリオの作成 ・想定される影響範囲と被害の把握	第1回委員会 (2019年2月)
2.対策方針の設定	・対策方針の前提条件の検討 (対策可能な現象・規模、 対策開始のタイミング、対策可能期間等) ・対策方針の設定	第2回委員会 (2019年6月予定) ※現地検討会実施予定
3.対策の検討	・基本対策の検討 ・緊急ハード対策ドリル ・緊急ソフト対策ドリル ・火山噴火時の緊急調査 ・緊急時に必要となる諸手続 ・土地使用の調整 ・緊急支援資機材の備蓄・調達方法 ・光ケーブル網等の情報通信網の整備 ・火山データベース ・地域住民、市町村等との連携事項 など	第3回委員会 (2019年10月予定)
計画とりまとめ	「日光白根山火山噴火緊急減災対策砂防計画書」	第4回委員会 (2019年12月)

2. 計画策定の基本事項の整理

2.1 現状の把握(日光白根山の概要)

■日光白根山の位置・地形

日光白根火山は、栃木・群馬県境に分布する直径約1000m、比高約300mの溶岩ドームといくつかの厚い溶岩流からなる安山岩・デイサイト質火山である。
(参照:日本活火山総覧(第4版)に一部加筆)

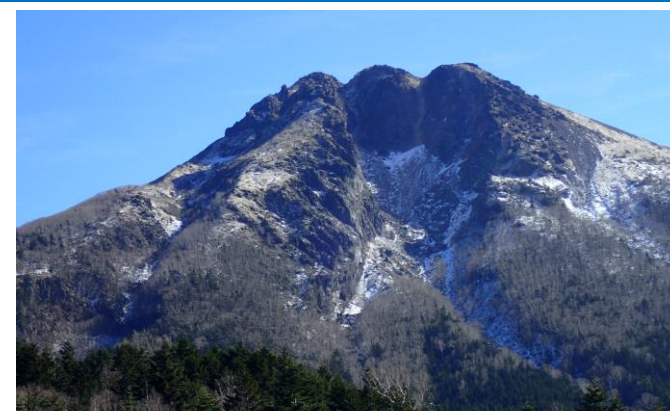


写真:日光白根山
(群馬県側:ロープウェイ山頂駅より撮影)



図.日光白根山の周辺地図

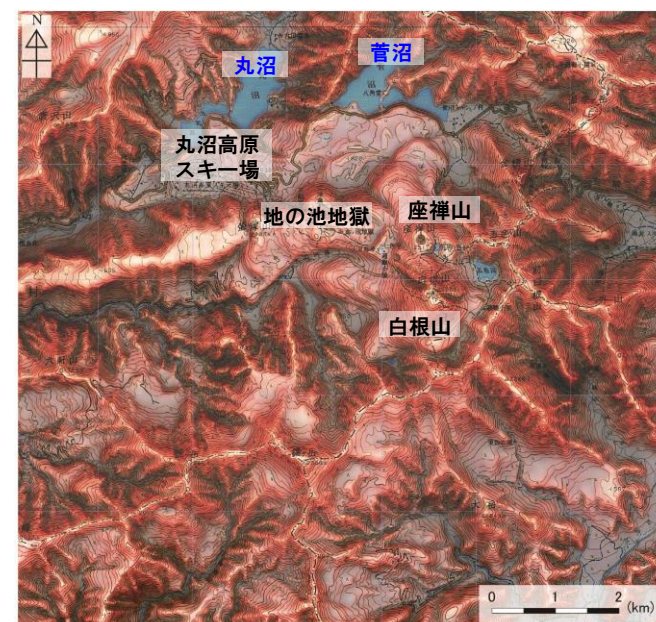


図.日光白根山の地形図

参照:日本活火山総覧(第4版)に一部加筆

2.1 現状の把握(日光白根山の概要)

■過去の噴火実績① (1万年以前の噴火)

- 日光白根火山は約2万年前に活動を開始した(例えば、高橋, 1994)。
- 噴出物はいずれも厚い溶岩流あるいは溶岩ドーム(佐々木, 1994)。
- 大量の火砕物を噴出するような爆発的噴火は発生していない(高橋ほか, 1995)。
- 溶岩流の噴出口は、山頂付近、座禅山付近、血の池地獄の3箇所(高橋ほか, 1995)。
- 溶岩、溶岩ドームの形成年代は不明。

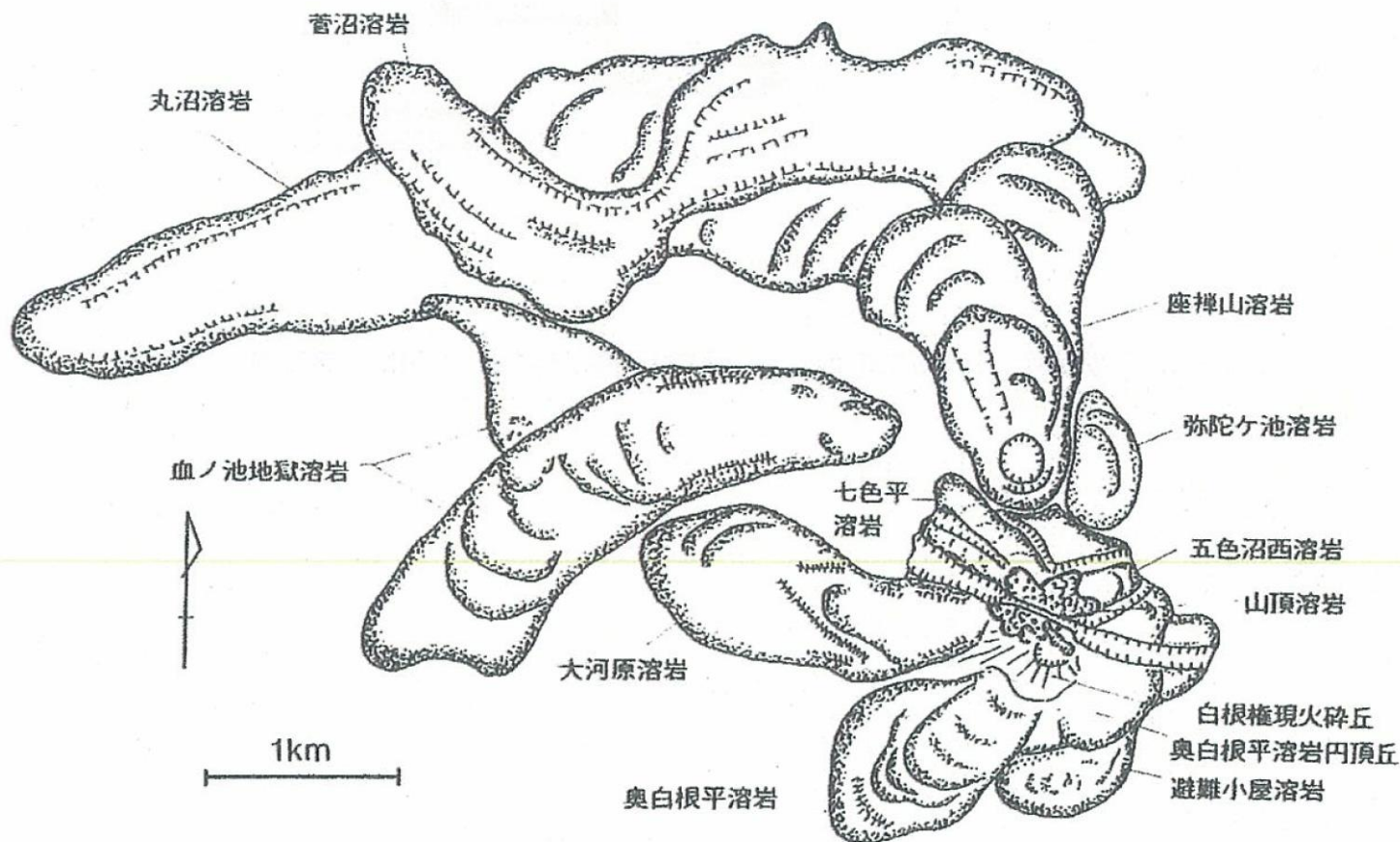


図.日光白根山における過去の溶岩流の分布範囲

引用:高橋ほか, 1995の図1を転載

2.1 現状の把握(日光白根山の概要)

■過去の噴火実績②（過去1万年以降の噴火）

- 約6300年前以降で、降灰が確認でき年代が分かっている噴火は5回。
- 水蒸気噴火からマグマ噴火へと移行した活動が3回。
- 約2400年前以降の噴火は全て水蒸気噴火。

表.日光白根山過去1万年間の噴火実績

噴火年代	噴火場所	噴火様式	主な現象・マグマ噴出量
6.3←→6ka ^{2,5}	詳細は不明	水蒸気噴火→マグマ噴火 ^{4,5,6,8}	火砕物降下。
4ka ⁶	詳細は不明	水蒸気噴火→マグマ噴火 ^{4,5,6,8}	火砕物降下。
2.4ka ⁶	詳細は不明	水蒸気噴火→マグマ噴火 ^{4,5,6,8}	火砕物降下。
1.2ka ⁸	詳細は不明	水蒸気噴火 ⁸	火砕物降下。
0.8ka ⁸	詳細は不明	水蒸気噴火 ⁸	火砕物降下。

※年代、噴火場所、噴火様式、噴火イベント等については、(独)産業技術総合研究所の活火山データベース(工藤・星住, 2006-)を参考とした。なお、年代は暦年代で示す。表中の「ka」は「1000 年前」を意味し、西暦 2000 年を 0 ka として示した。

A←→B : A 年から B 年までの間のどこかで起こった噴火イベント

引用: 日本活火山総覧(第4版)より(右上付き数字は活火山総覧内での引用文献の番号)

2.1 現状の把握(日光白根山の概要)

■過去の噴火実績③ (有史以降の噴火)

- いずれも小規模な水蒸気噴火のみ
 - 最も規模が大きかった1649年の水蒸気噴火の火山灰量は600万m³ (※)(鈴木ほか, 1994)。
 - 当時の記録に、戦場ヶ原南部の赤沼付近で厚さ数十cmの降灰があったとの記述
- (※) 平成28年度の産業技術総合研究所の調査では、1500万m³とされている(草野・石塚, 2017を改変)。

・有史以降の火山活動 (▲は噴火年を示す)

年代	現象	活動経過・被害状況等
▲1649(慶安 2)年 1, 4, 7, 8	中規模：水蒸気噴火 1, 3, 4, 8	火砕物降下。噴火場所は白根山頂火口 ^{1, 7} 。 山頂噴火、降灰多量、新火口(直径約 200m、深さ約 10m)生成。頂上の神社全壊。(VEI2) ^{3, 4}
▲1872(明治 5)年 1, 7	水蒸気噴火? ^{1, 7}	5 月 14 日。噴火場所は南西斜面中腹 ⁷ 。 南西斜面の中腹に直径 2 百数十 m の火口生成、噴煙。
▲1873(明治 6)年 1, 7	水蒸気噴火? ^{1, 7}	3 月 12 日。火砕物降下。噴火場所の詳細は不明。 噴煙、降灰砂。利根川の魚被害。
▲1889(明治 22)年 1, 7	水蒸気噴火? ^{1, 7}	12 月 4 日。火砕物降下。噴火場所は白根山西斜面 ⁷ 。 爆発地点は小川村に面した旧火口。鳴動、降灰、片品川濁る。
1952(昭和 27)年 9	噴煙、鳴動	7～9 月。7 月初め頃から群馬県片品村鎌田から噴煙が見え、火口の近くでは時々噴煙臭。9 月初旬に山麓で鳴動。
1993～95(平成 5～7)年 ^{10, 11}	地震・火山性微動	7 月～翌々年 9 月。中禅寺湖付近で微小地震活動が、山頂直下で微小地震・微動活動が活発化。
2001(平成 13)年 12, 13, 14	地震	3 月 31 日～4 月初旬、日光白根山の北西部から北東部(深さ 5km 未満)で地震活動 ^{12, 13} 。最大地震は M5.2(日光市で震度 4)。6 月 5 日から数日間、日光白根山の東約 5km で震源の浅い地震活動(最大震度 1) ¹⁴ 。
2011(平成 23)年	地震	3 月～。東北地方太平洋沖地震(2011 年 3 月 11 日)以降、西側及び北西側へ約 5km 付近と、東側から南東側へ約 5～10km 付近で地震活動が活発化。有感地震多発。3 月 12 日 00 時 24 分 M4.5(震度 4)。

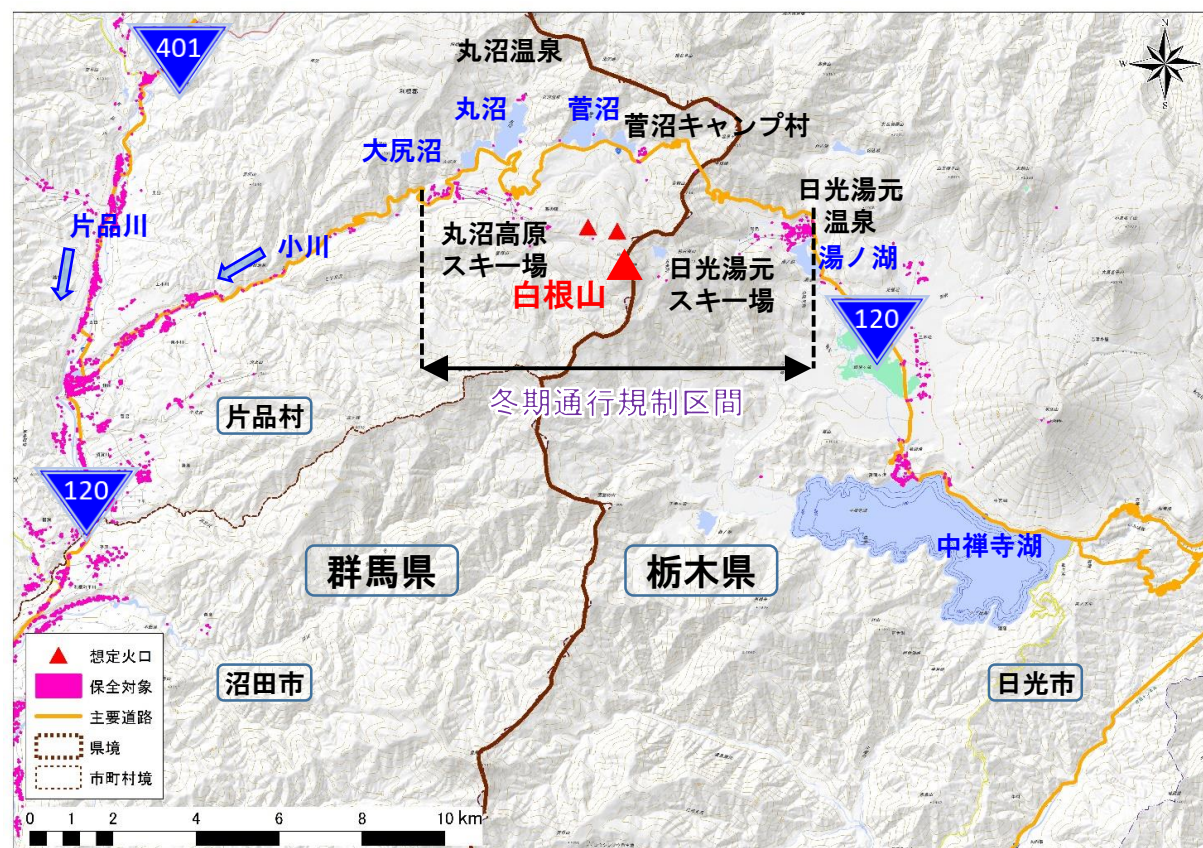
※年代、噴火場所、噴火様式、噴火イベント等については、(独)産業技術総合研究所の活火山データベース(工藤・星住, 2006-)を参考に、文献の追記を行った。

引用: 日本活火山総覧(第4版)より(右上付き数字は活火山総覧内での引用文献の番号)

2.1 現状の把握(日光白根山の概要)

■日光白根山周辺の社会条件整理(保全対象、道路網の分布)

- 白根山の西側では片品川および小川沿いに人家が分布する。
- 丸沼南方に丸沼高原スキー場や丸沼高原スキー場宿泊施設、丸沼北方に丸沼温泉が分布している。
- 白根山北側には菅沼キャンプ村がある。
- 北側には尾瀬国立公園があり、尾瀬への入口として多くの観光客が訪れる。
- 東側は山頂から近い順に、日光湯元スキー場、日光湯元温泉およびスキー場宿泊施設、さらに東南方向には中禅寺湖畔宿泊施設が分布している。



- 山体北方に群馬県と栃木県を結ぶ国道120号が東西方向に分布するほか、山体西方には国道401号が南北に走っている。
- 日光白根山周辺の国道120号(金精道路)は、積雪や路面凍結により道路が危険な状態となるおそれがあるため、群馬県管理の下、冬期に通行規制がされる。

図.日光白根山周辺の
保全対象・道路網の分布

2.1 現状の把握(日光白根山の概要)

■日光白根山周辺の社会条件整理(国立公園・保安林)

<国立公園>

- 日光白根山周辺は日光国立公園に指定されている。
- 白根山山頂付近は特別保護地区に、北側は第2種特別地域に指定されている。これらは車道の新築、仮設工作物の新築、木竹の伐採等に対して規制がかけられる。一方、小川上流域は普通地域に指定されている。

<保安林>

- 白根山周辺は保安林に指定され、西側は主に国有林、東側は民有林となっている。森林法により保安林の立木伐採等は規制されるが、緊急の用に供する必要がある場合はその限りではないとされている(森林法第34条)。

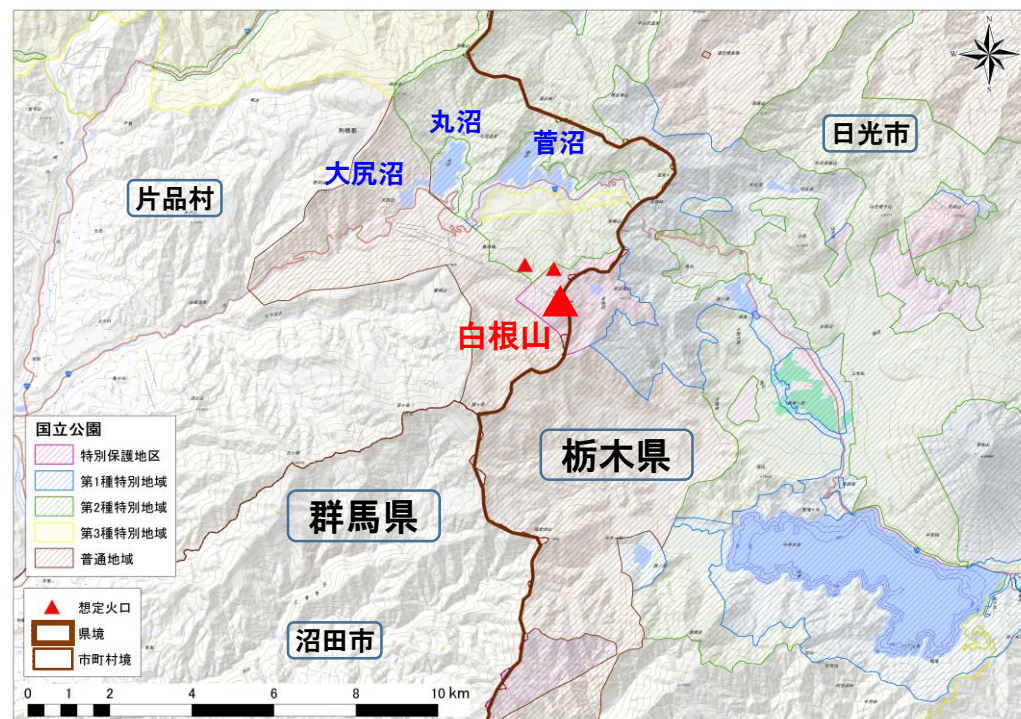


図.日光白根山周辺の国立公園指定状況



図.日光白根山周辺の保安林指定状況

2.1 現状の把握(日光白根山の概要)

■日光白根山周辺の社会条件整理(観光客)

- 日光白根山周辺は天然温泉と豊かな自然を有する観光地である。
- 栃木県側には日光湯元温泉が分布し、群馬県側には丸沼温泉、白根温泉など天然温泉が分布している。また菅沼キャンプ場や丸沼スキー場など、レジャー施設もあり多くの観光客が訪れている。

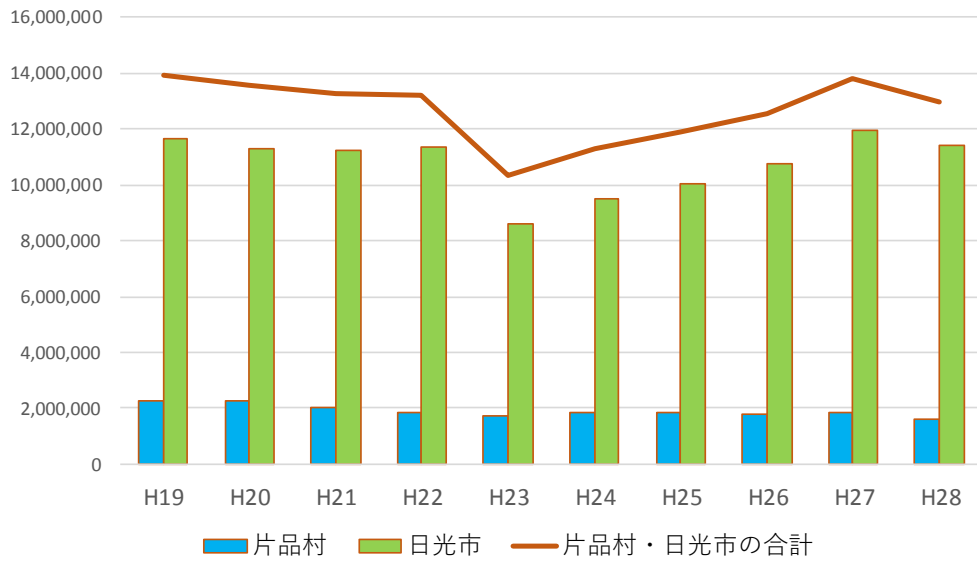


図.日光市、片品村における年別観光客入れ込み数
(平成19年～平成28年)(※登山者は含まず)
(参照:群馬県・栃木県観光局公表データ)

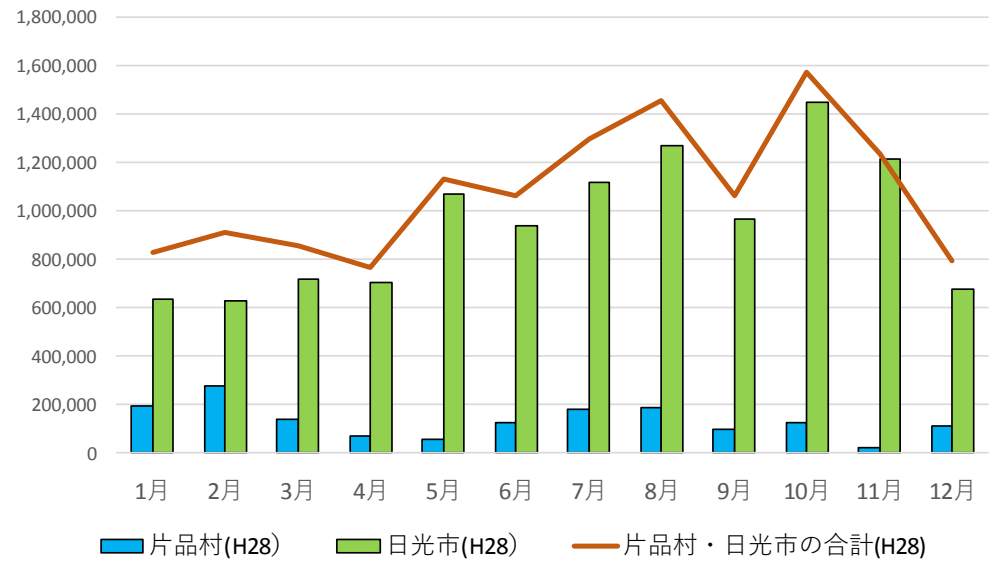
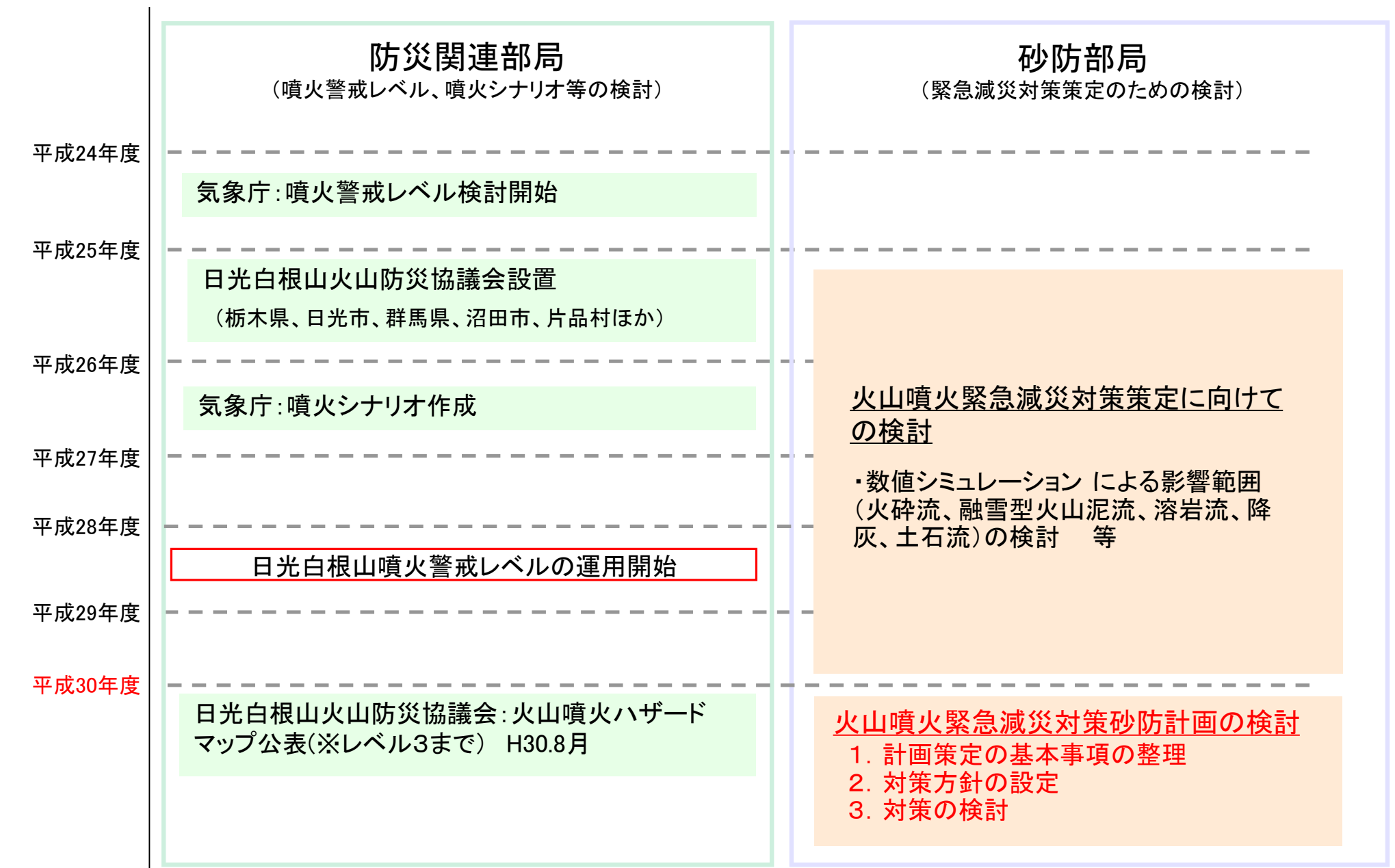


図.日光市、片品村における平成28年の観光客入れ込み数
(※登山者含まず)(参照:群馬県・栃木県観光局公表データ)

【日光白根山の年間登山者】

- ・群馬県側 ロープウェイ利用者約75,000人、頂上まで約10,000人
 - ・栃木県側 年間約420人(日光湯元駐在所届出が月30～40人)、その他届け出なしは多数
- (参照:日本活火山総覧(第4版)に一部加筆)

2.2 日光白根山におけるこれまでの火山防災の取り組み



2.2 日光白根山におけるこれまでの火山防災の取り組み

■ 日光白根山周辺の防災体制(既往砂防施設の整備状況)

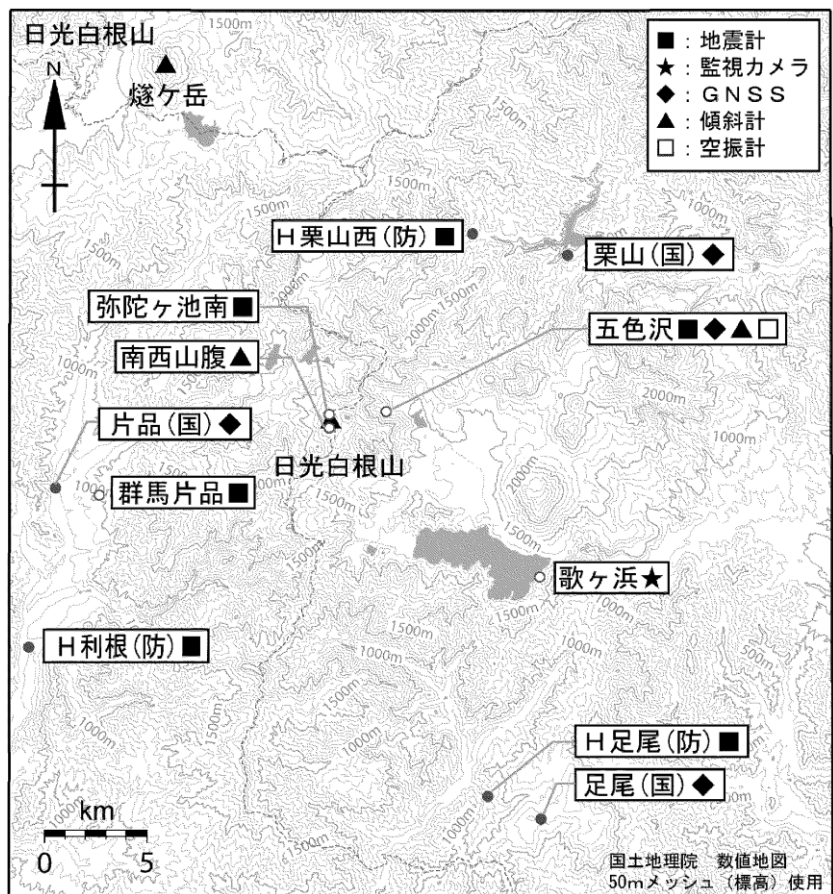


- 群馬県側では小川(2施設)、仁加又沢(8施設)、香沢(3施設)で砂防施設が整備済みである。
- 栃木県側では金精沢(1施設)で砂防施設が整備済みである。

2.2 日光白根山におけるこれまでの火山防災の取り組み

■ 日光白根山周辺の防災体制(関係機関による火山監視観測体制)

- 白根山山頂より東方の五色沢に、気象庁が設置した日光白根山火山総合観測装置が設置されているほか、中禅寺湖東湖畔に日光白根山火山遠望装置(カメラ)が設置されている。



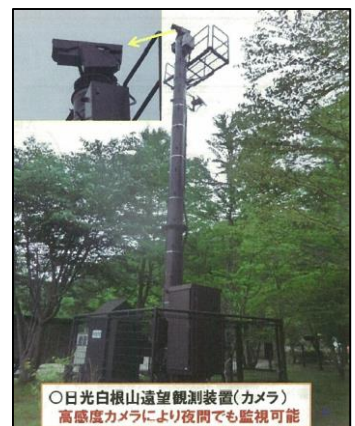
小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
(国): 国土地理院、(防): 防災科学技術研究所
※地点名中の[H]はHi-net(高感度地震観測網)の機器であることを示す

図.日光白根山観測点配置図
(平成30年4月11日更新) 引用: 気象庁HP

表.日光白根山 気象庁観測点一覧表
(平成30年4月11日更新) 引用: 気象庁HP

測器種類	地点名	位置			設置高 (m)	観測開始日	備考
		緯度	経度	標高(m)			
地震計	五色沢	36° 48.22'	139° 24.46'	1642	-71	2010.12.10	
	群馬片品	36° 46.00'	139° 14.93'	933	0	1996.4.1	
	弥陀ヶ池南	36° 48.18'	139° 22.45'	2338	-1	2016.12.1	広帯域地震計
傾斜計	五色沢	36° 48.22'	139° 24.46'	1642	-71	2011.4.1	
	南西山腹	36° 47.75'	139° 22.38'	2418	-15	2016.12.1	
空振計	五色沢	36° 48.22'	139° 24.46'	1642	7	2010.12.10	
GNSS	五色沢	36° 48.22'	139° 24.46'	1642	11	2010.11.20	
監視カメラ	歌ヶ浜	36° 43.80'	139° 29.40'	1270	10	2010.4.1	

世界測地系による



○日光白根山遠望観測装置(カメラ)
高感度カメラにより夜間でも監視可能
監視カメラ(歌ヶ浜設置)



日光白根火山総合観測装置(五色沢設置)

写真.日光白根山における監視観測機器

2.2 日光白根山におけるこれまでの火山防災の取り組み

■ 日光白根山の噴火警戒レベル

- 日光白根山では平成28年12月に噴火警戒レベルの運用が開始されており、噴火警戒レベル3までの立入規制範囲が示された噴火警戒レベルリーフレットが公表されている。それぞれの噴火警戒レベルで立ち入り規制が行われる地点は下図のとおりである。
 - ・レベル1：状況により、山頂から500mの想定火口範囲付近が規制
 - ・レベル2：山頂から2.0km付近まで登山規制
 - ・レベル3：山頂から3.5km付近まで登山規制および通行止め、ロープウェイ運休

日光白根山 噴火警戒レベルに対応した防災対応（概要）

- 日光白根山の噴火警戒レベルは、地元自治体等と調整して作成しました。
- この図は、日光白根山の噴火警戒レベル1（活火山であることに留意）、2（火口周辺規制）及び3（入山規制）の規制範囲等を示しています。
- 噴火警戒レベル4（避難準備）及び5（避難）については、火砕流、融雪型火山泥流による影響が想定される居住地域での防災対応が必要となります。
- 具体的な規制範囲等については、栃木県、日光市、群馬県、沼田市、片品村にお問い合わせください。

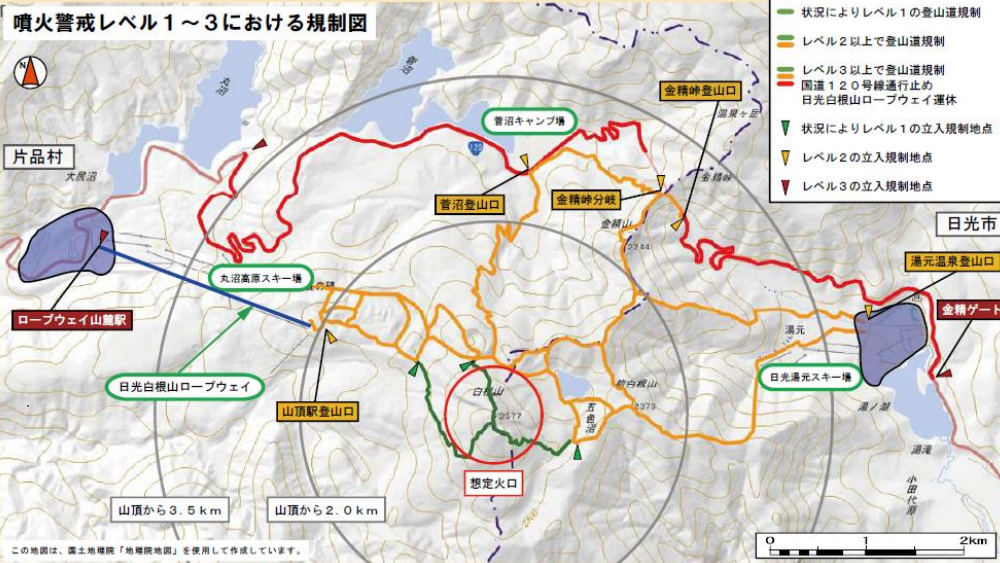
レベル5（避難）
危険な居住地域からの避難等が必要。

レベル4（避難準備）
警戒が必要な居住地域での避難準備、避難行動要支援者の避難等が必要。

レベル3（入山規制）
住民は通常の生活。
山頂から3.5km程度内の立入規制。

レベル2（火口周辺規制）
住民は通常の生活。
山頂から2.0km程度内の立入規制。

レベル1（活火山であることに留意）
住民は通常の生活。
状況に応じて想定火口内（山頂から500m）への立入規制。

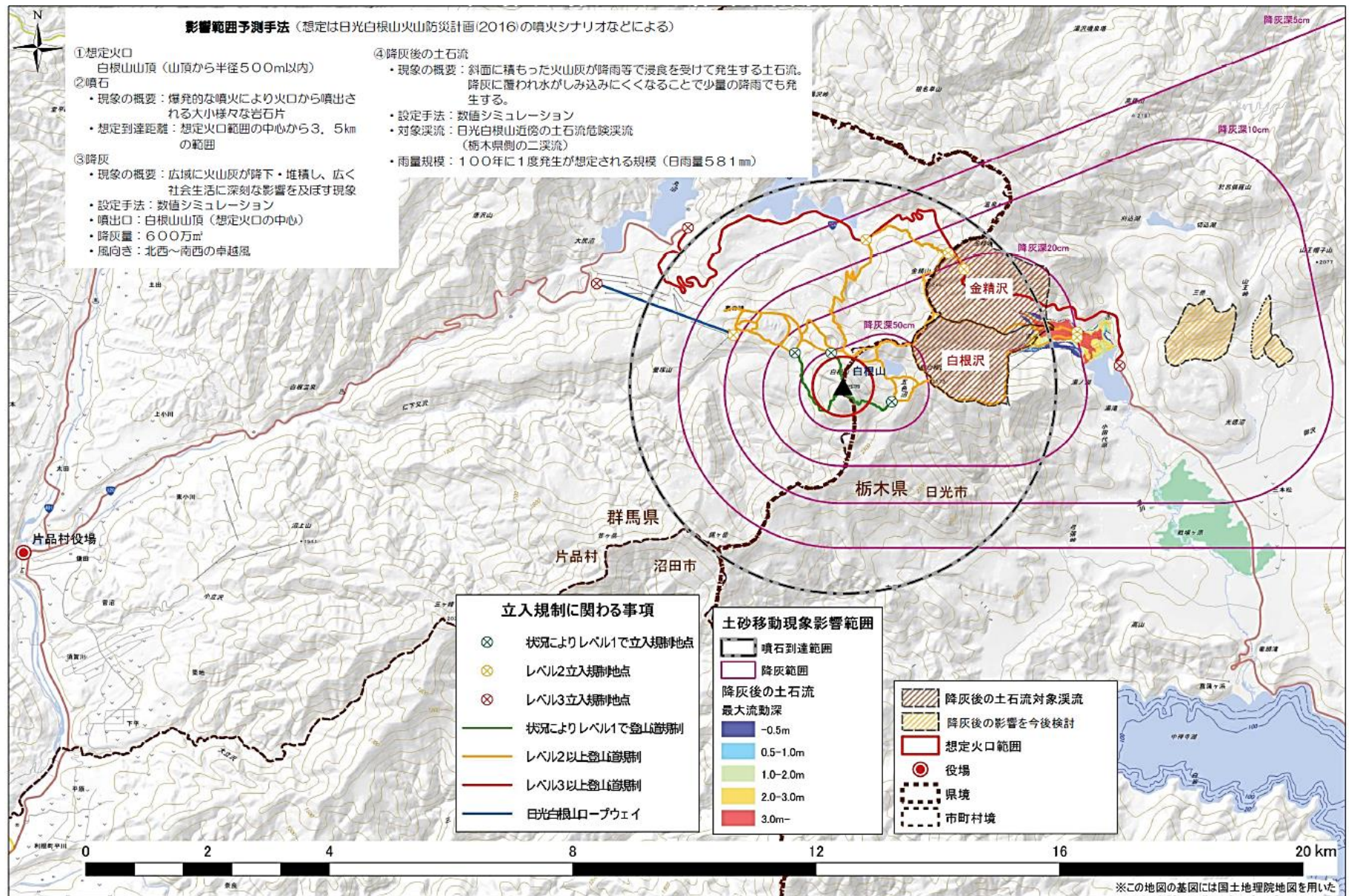


日光白根山の噴火警戒レベル			
種別	名称	火山活動の状況	想定される現象等
噴火警戒レベル（居住地域）	レベル5（避難）	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生し、あるいは切迫している状態にある。	●噴火が発生し、火砕流及び融雪型火山泥流が居住地域に到達、あるいはそのような噴火が切迫している。 過去事例 なし
	レベル4（避難準備）	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される（可能性が高まっている）。	●噴火活動が高まり、火砕流または融雪型火山泥流が居住地域までに到達するような噴火の発生が予想される。 過去事例 なし
	レベル3（入山規制）	居住地域の近くまで重大な被害を及ぼす（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。	●山頂から概ね3.5kmまで大きな噴石を飛散させる噴火が発生、または予想される。 ●居住地域に到達しない程度の火砕流、融雪型火山泥流、溶岩流を伴う噴火が発生、または予想される。 過去事例 なし
噴火警戒レベル（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。	●山頂から概ね2.0kmまで大きな噴石を飛散させる噴火が発生、または予想される。 過去事例 1649年噴火：山頂噴火、頂上の神社全壊。 戦後：山頂で数々の局所的噴火。 1952年：噴煙活動活発、山麓で噴煙。
	レベル1（火口内規制）	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）。 火山活動は静穏。	●状況により火口内に影響する程度の噴火の可能性あり。 過去事例 なし ●火山活動は静穏。

図.日光白根山周辺の噴火警戒レベルリーフレット

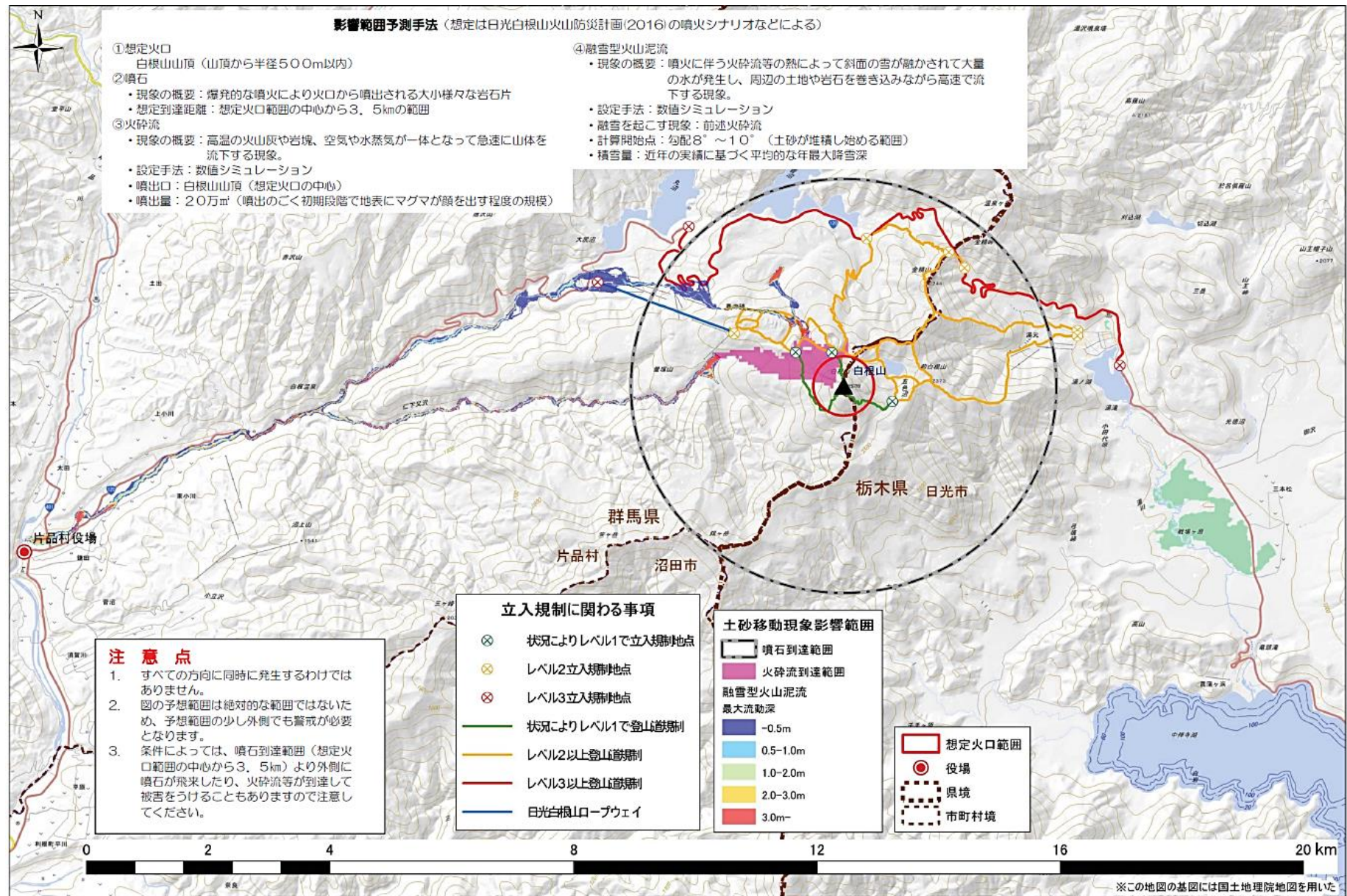
2.2 日光白根山におけるこれまでの火山防災の取り組み

■日光白根山火山噴火ハザードマップ(噴石・降灰・降灰後の土石流) (1/2)



2.2 日光白根山におけるこれまでの火山防災の取り組み

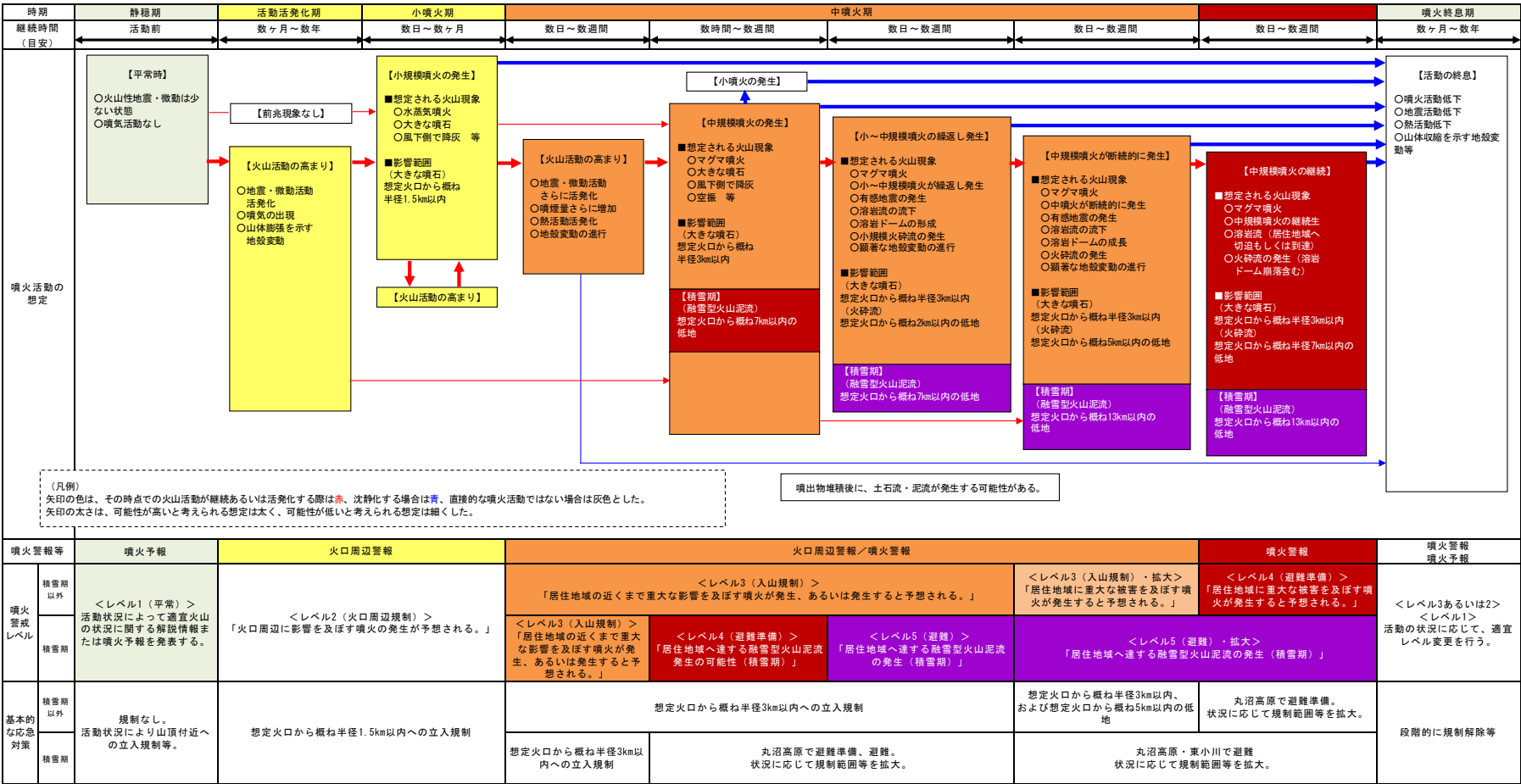
■日光白根山火山噴火ハザードマップ(噴石・火砕流・融雪型火山泥流) (2/2)



2.3 噴火シナリオの作成

■日光白根山の噴火シナリオ(気象庁)

- 日光白根山では、過去1万年の活動を参考にして「火山防災対策を検討するための日光白根山の噴火シナリオ」(日光白根山火山防災協議会,平成26年)が作成されている。
- 本計画では、この噴火シナリオを用い、想定される土砂移動現象を追加する。



- ・ ここでいう大きな噴石とは、風に影響を受けず弾道を描いて飛散する大きさの噴石。
- ・ これは一つの想定であり、必ずしも起こりえるすべての現象やその推移を網羅したものではない。
- ・ 気象的な要因に影響されるものの、降雨時には噴火による堆積物の土石流・泥流が発生する恐れがある。

2.3 噴火シナリオの作成

■ 噴火シナリオで想定される噴火と噴火現象

- 噴火シナリオにおいては、想定噴火として、**水蒸気噴火のみで終了する場合と、マグマ噴火に至る活動の2通り**が考えられている。
- 各噴火様式において以下の噴火現象が想定されている。
- なお、火砕流については過去の噴火でまれにしか発生していないが、雲仙岳1990－95年噴火のような溶岩ドーム崩落型の火砕流発生の可能性もあると思われることから考慮に入れられている。

表.日光白根山で想定される噴火と噴火現象

	噴火様式	想定される噴火現象
ケース1	水蒸気噴火	噴石、降灰、空振、土石流・泥流
ケース2	マグマ噴火	噴石、火砕流、融雪型火山泥流(積雪期)、溶岩流、溶岩ドーム、降灰、空振、土石流・泥流

引用:「火山防災対策を検討するための日光白根山の噴火シナリオ(気象庁素案) 平成26年10月31日版 日光白根山火山防災協議会」を基に作成

2.4 本計画で対象とする噴火現象・規模

■ 基本方針

本計画で想定する火山現象は、基本的に気象庁作成の噴火シナリオに準じるが、**一部独自知見を加えるものとする。**

主な議論のポイント(ご意見を頂きたい事項)

- ★本計画で対象とする想定火口位置および火口範囲について
- ★噴石の到達想定範囲について(水蒸気噴火およびマグマ噴火)
- ★1649年噴火の火山灰量について(600万 m^3 と1500万 m^3 の取り扱い)
- ★影響範囲評価に使用する降灰シミュレーションのモデルについて
- ★降灰シミュレーションに使用する風向風速条件の設定方法について
- ★火砕流・融雪型火山泥流の規模、流下方向の設定について

2.4 本計画で対象とする噴火現象・規模

■ 本計画で対象とする噴火現象・規模

気象庁作成の噴火シナリオを基に、独自の知見を考慮した際の対象現象および規模は以下の通りである。

噴火	現象	規模	現象の詳細
水蒸気 噴火	想定火口	—	□ 過去の噴火実績を踏まえて、3火口を想定 □ 山頂を中心とした半径500mの範囲を想定火口範囲として想定
	噴石	—	□ 噴火シナリオに準じ想定火口から半径1.5kmの範囲を想定
	降灰	600万 ³ 、1500万 ³	□ 最新の知見を踏まえて検討する
	降灰後土石流	100年超過確率雨量	□ 他火山における土石流発生の実績を踏まえ、10cm以上の降灰の可能性のある溪流を対象とする
マグマ 噴火	想定火口	—	□ 過去の噴火実績を踏まえて、3火口を想定 □ 山頂を中心とした500mの範囲を想定
	噴石	—	□ 噴火シナリオに準じ想定火口から半径3.0kmの範囲を想定
	火砕流	100万 ³	□ 噴火シナリオに準じ規模を設定 □ 保全対象への影響を考慮して流下方向を設定
	融雪型火山泥流	火砕流に準じる	□ 近年の観測実績に基づく平均的な最大積雪深から融雪量を想定 □ 保全対象への影響を考慮して流下方向を設定
	降灰および火砕流後の土石流	100年超過確率雨量	□ 他火山における土石流発生の実績を踏まえ、火砕流の到達および10cm以上の降灰の可能性のある溪流を対象とする
	溶岩流	1億 ³	□ 過去の噴火実績をもとに規模を設定 □ 保全対象への影響を考慮して流下方向を設定

2.4 本計画で対象とする噴火現象・規模

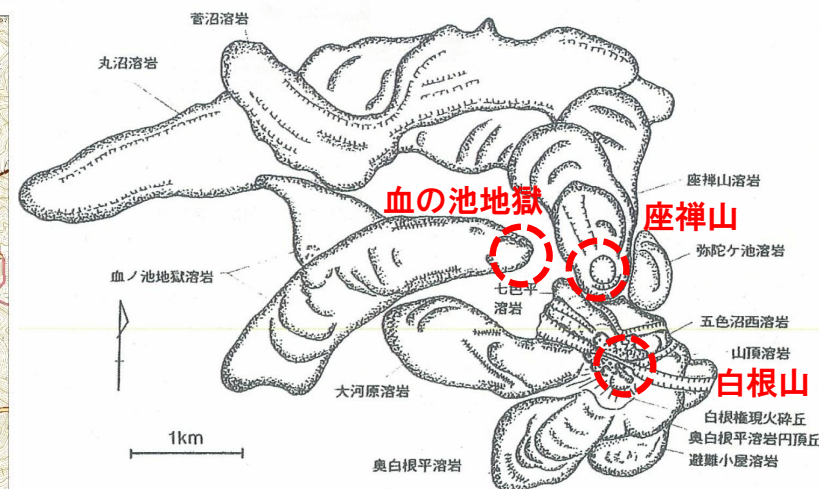
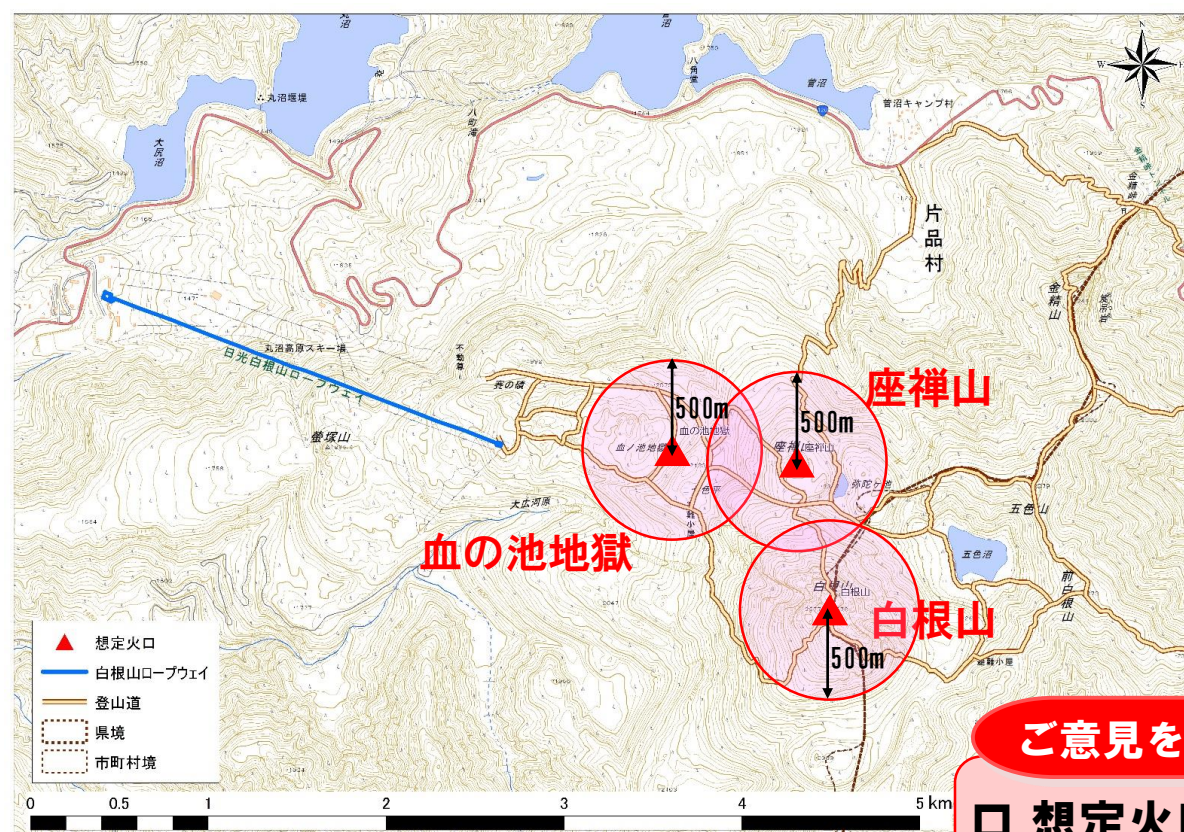
想定火口範囲の設定

【噴火シナリオおよび火山噴火ハザードマップ】

- ・1箇所: 白根山(近年の噴火履歴から現在の溶岩ドームである白根山山頂部(山頂から半径500m以内))

【本計画で想定する火口】

- ・**火口箇所**: 過去の噴火で溶岩流の流出が確認されている白根山、座禅山、血の池地獄の**3火口を想定**
- ・**火口範囲**: 噴火シナリオを参照し**山頂部から500m以内の範囲を想定**



引用: 高橋・他, 1995の図1を転載

図.日光白根山における過去の溶岩流の分布範囲

ご意見を頂きたい事項

- 想定火口は3火口でよいのか
- 想定火口は各山頂から半径500m以内とするのか

図.本計画における想定火口範囲イメージ

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース1:水蒸気噴火で想定される現象)

(1) 噴石

【噴火シナリオ】

- ・過去の実績がないため、他火山での事例と保全対象施設の位置を考慮して想定火口から1.5km

【本計画】

- ・噴火シナリオに準じ、**想定火口から1.5kmの範囲を噴石の想定**

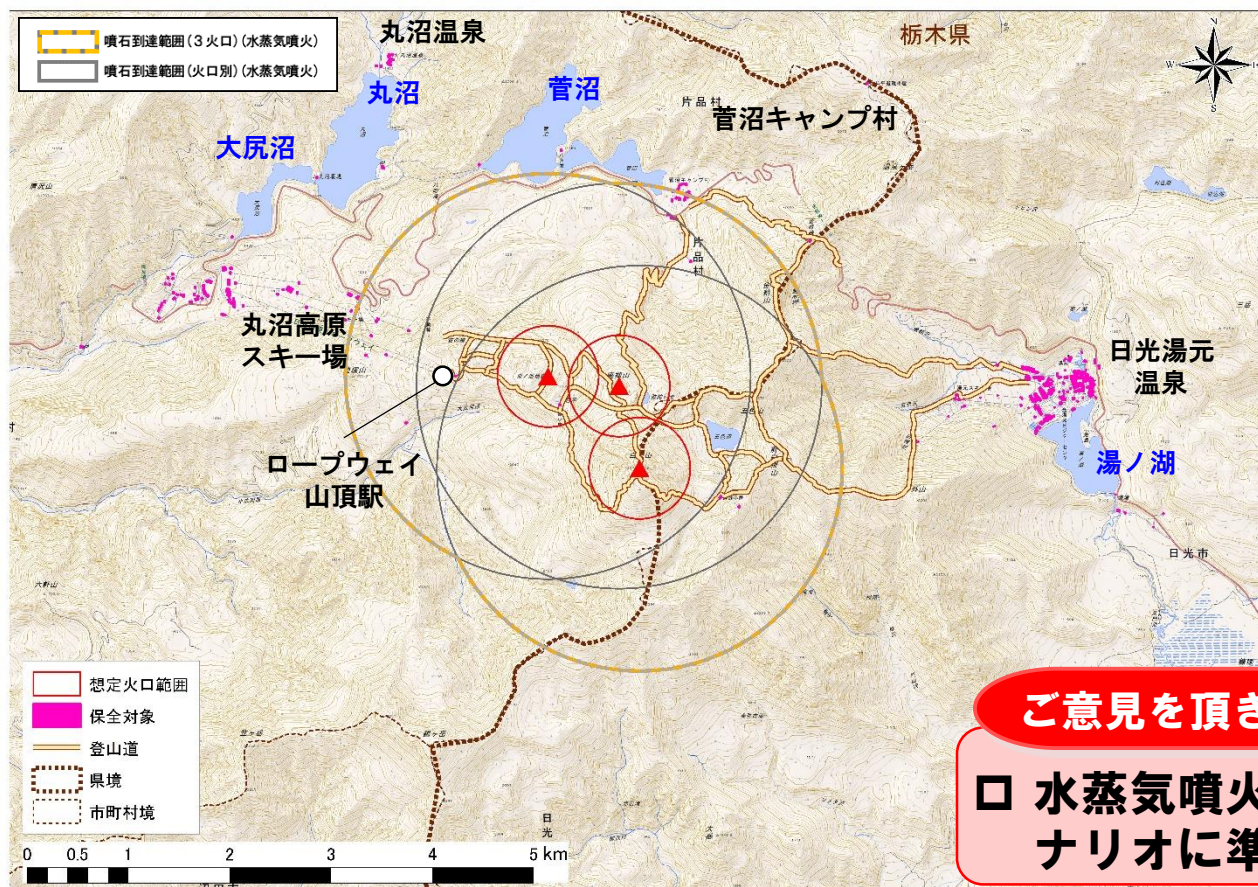


図.噴石の到達範囲(水蒸気噴火による)

ご意見を頂きたい事項

□ 水蒸気噴火の噴石の到達範囲想定は、噴火シナリオに準じ想定火口から1.5kmでよいか

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース1:水蒸気噴火で想定される現象)

(2)降灰(火山灰量)

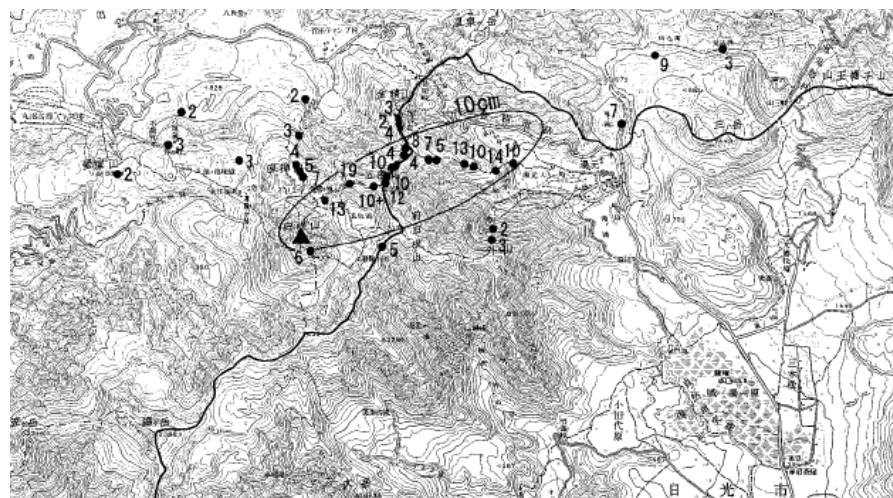
【噴火シナリオおよび火山噴火ハザードマップ】

- ・有史以降、最も規模が大きかった1649年の水蒸気噴火は、戦場ヶ原南部の赤沼付近で厚さ数十センチの降灰があったとの記述が文献にあり。「鈴木・他、1994」より火山灰量は600万 m^3 と推定

【本計画】

平成28年度の産業技術総合研究所による調査結果では、1649年噴火の火山灰量が1500万 m^3 とされており、600万 m^3 と1500万 m^3 の噴出量の取り扱いについてご意見頂きたい

1649年効果噴出物(nks-1uの等層厚線図)

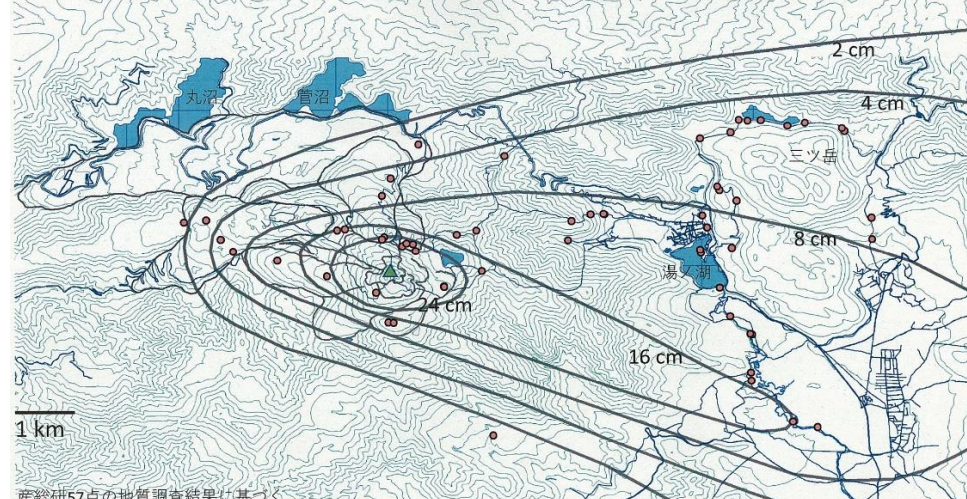


(出典:平成7年度 火山砂防計画検討業務(湯川)報告書
栃木県・砂防・地すべり技術センター)

ご意見を頂きたい事項

□ 想定する降灰量600万 m^3 と1,500万 m^3 の取り扱いについて

1649年降下噴出物の等層厚線図



産総研57点の地質調査結果に基づく

(出典:草野有紀・石塚吉浩(2017)日光白根火山1649年噴火の再噴出体積:1.5*10⁷ m^3
検討. 日本火山学会2017年度秋季大会予稿集P089, 209を改変) 噴出量:1.9*10⁷ tons
(積分法による)

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース1:水蒸気噴火で想定される現象)

(2) 降灰(影響範囲評価モデル)

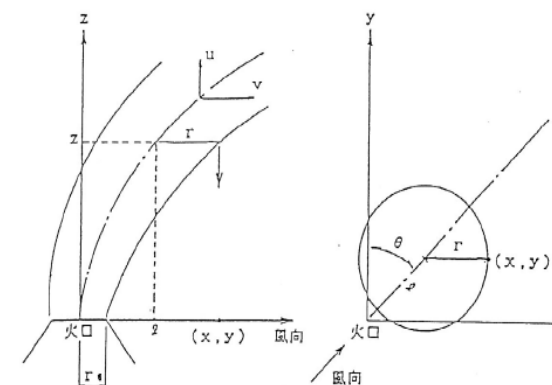
【噴火シナリオおよび火山噴火ハザードマップ】

・ジェットモデルによる1火口(白根山山頂)からの降灰シミュレーション

【本計画】

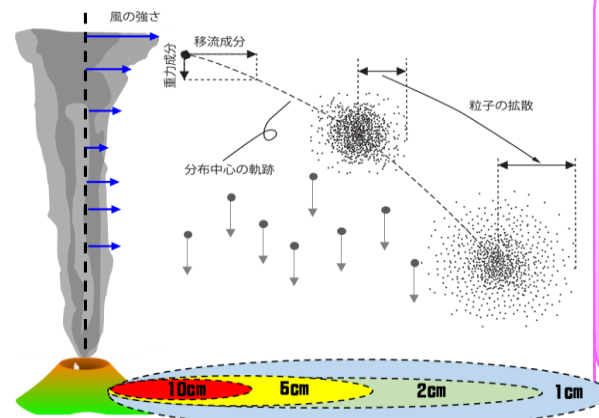
・火山防災マップ作成指針(内閣府,平成25年)において、**空中での噴煙の拡散を予測可能な数値モデル**として紹介されており、ジェットモデルに比べ、**火山灰の挙動に大きく関係する風向風速を高度別に設定する、より精緻な降灰予想が可能なモデルである“Tephra2”を採用したほうがいいかご意見を頂きたい**

ジェットモデルによる評価



火山灰の挙動に大きく関係する風向風速の考慮が不十分

Tephra2による評価



火山灰の挙動に大きく関係する風向風速をより細かく考慮する

ご意見を頂きたい事項

□ 影響範囲評価に使用する降灰シミュレーションモデルはどちらのモデルを用いるか

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース1:水蒸気噴火で想定される現象)

(2) 降灰(風向風速の考え方)

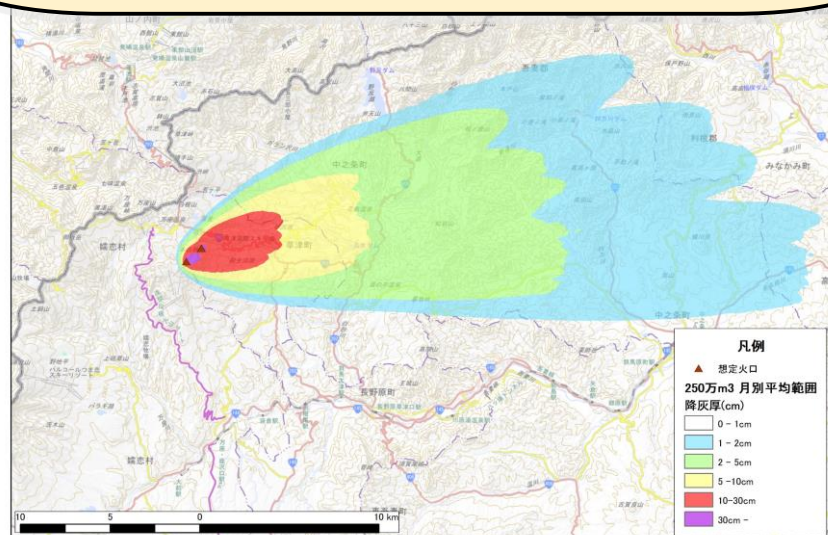
【火山噴火ハザードマップ】

- ・風向＝標高2,000～5,000mの卓越風から全高度一律北西－南西
- ・風速＝標高約3,000m地点の高層風データから全高度一律13.4(m/s)

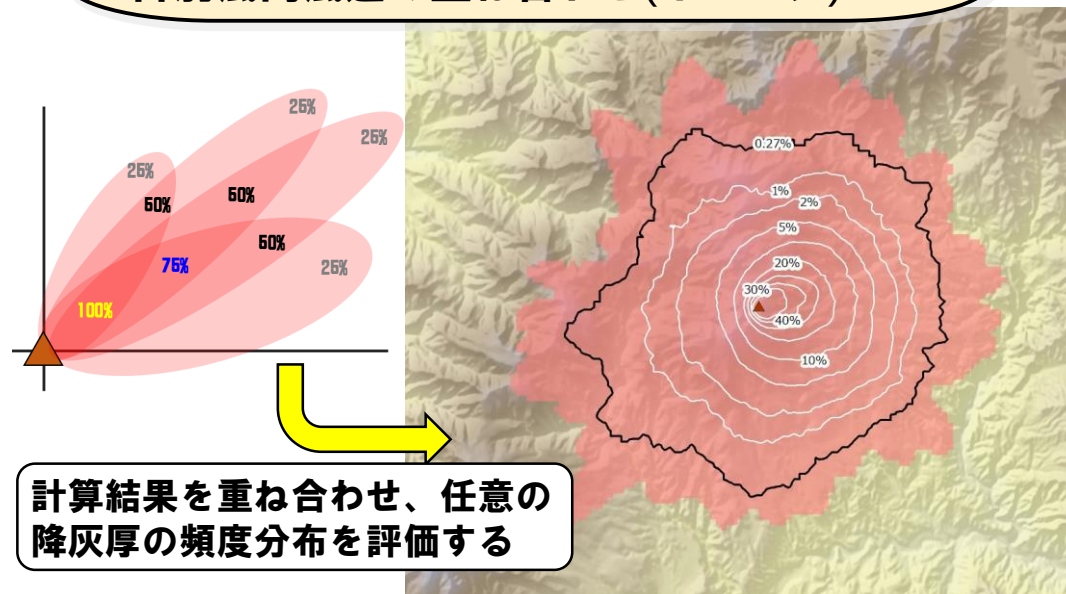
【本計画】

・過去33年分の高度別 **月別平均風向風速を用いた場合**と、西側への影響を評価するため過去3カ年分の **日ごとの風向風速を用いた場合(降灰頻度を考慮した評価)**によって降灰範囲を想定する。

月別平均風速風向の重ね合わせ(イメージ)



日別風向風速の重ね合わせ(イメージ)



計算結果を重ね合わせ、任意の降灰厚の頻度分布を評価する

ご意見を頂きたい事項

□ 降灰シミュレーションに使用する風向風速条件をどのように設定するか

2.5 想定される影響範囲と被害想定

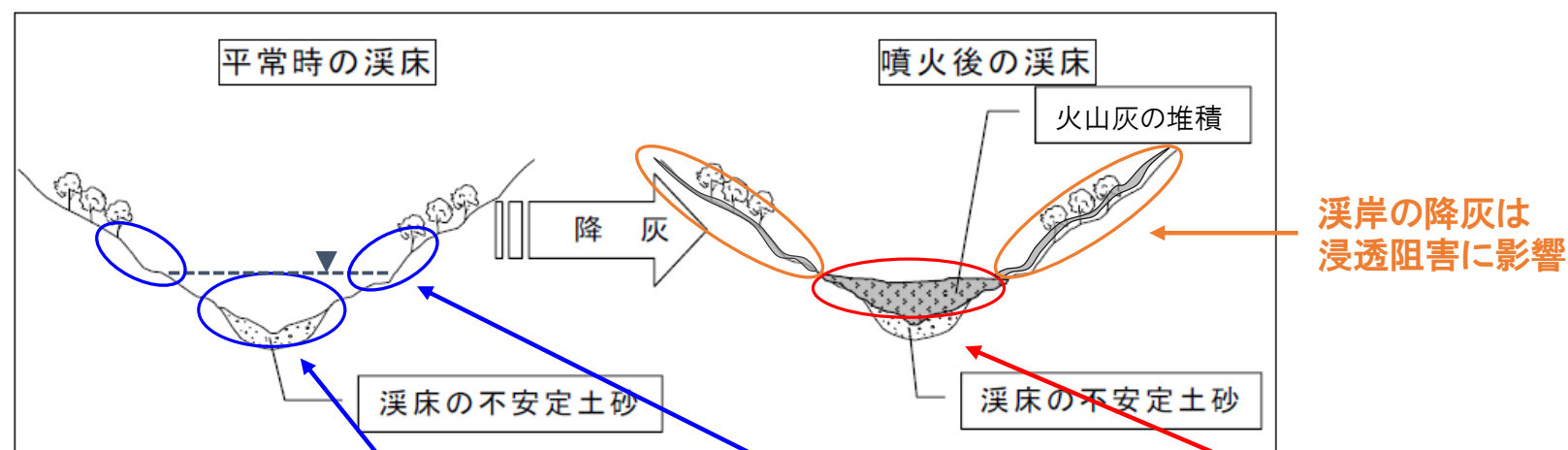
■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース1:水蒸気噴火で想定される現象)

(3) 土石流・泥流(降灰後の土石流)(対象規模)

- 計画流出土砂量は、「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)」に基づき、移動可能土砂量と運搬可能土砂量を比較して小さい方の値とする。
- 堆積火山灰量は対象溪流内における堆積深ごとの分布面積に堆積深の中間値を掛け合わせて算出し、その内5%が流出すると想定※した。

【運搬可能土砂量】 対象となる降雨によって運搬できる土砂量

【移動可能土砂量】 流域内における移動しうる不安定土砂量



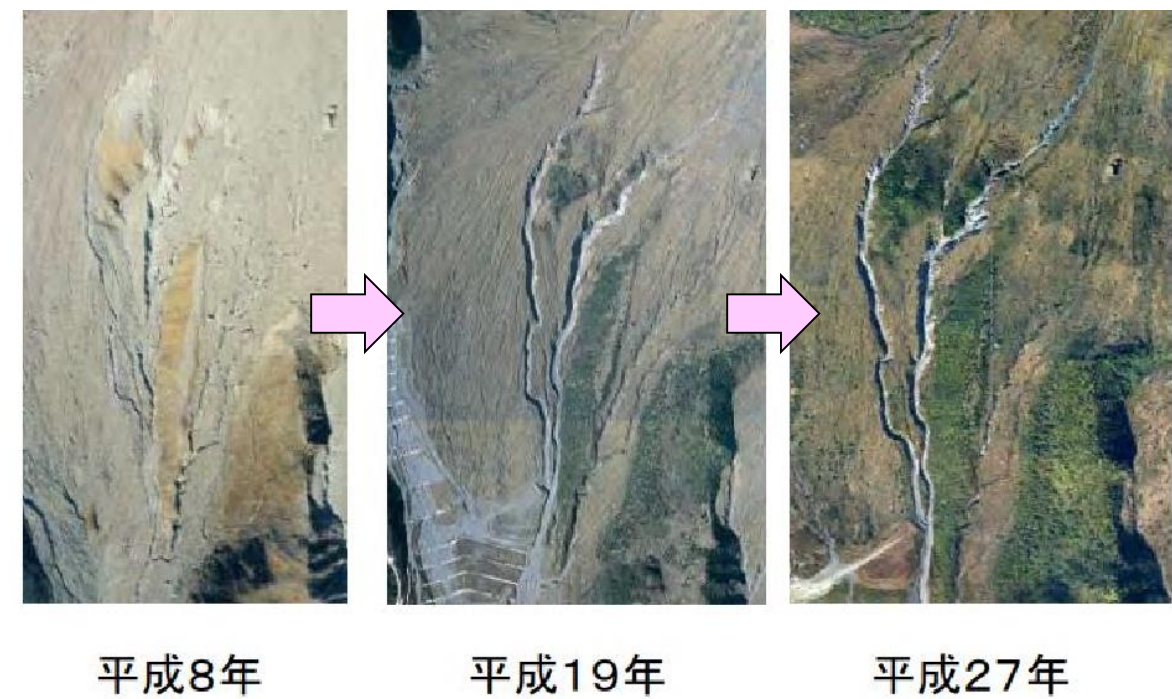
$$\text{移動可能土砂量} = \text{移動可能溪床堆積土砂量} + \text{崩壊可能土砂量} + \text{堆積火山灰量}$$

堆積火山灰量→堆積深ごとの分布面積に堆積深の中間を掛け合わせて算出

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース1:水蒸気噴火で想定される現象)

□ 【参考】雲仙普賢岳の事例



【雲仙普賢岳】土砂流出のイメージ（引用：雲仙復興事務所HP）

雲仙普賢岳の平成2年噴火の水無川流域における火山噴出物(火砕流・火山灰)の堆積量は約1億4200万m³である。噴火後に土石流として流出した土砂量は約710万m³であり、火山灰のうち約5%程度が流出している。

【雲仙普賢岳】水無川流域における年別土石流流出土砂量

年度	土砂量	年度	流出土砂量
H3	68.2万m ³	H9	30.8万m ³
H4	86.7万m ³	H11	10.0万m ³
H5	394.6万m ³	H17	5.0万m ³
H6	23.3万m ³	H18	4.0万m ³
H7	23.1万m ³	H22	0.8万m ³
H8	63.8万m ³	合計	710.3万m ³

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース1:水蒸気噴火で想定される現象)

(3) 土石流・泥流(降灰後の土石流)(計画対象日雨量)

- 計画対象日雨量は近傍の雨量観測所(奥日光:気象庁)のデータを基に、年最大の日雨量を整理し、確率評価(ガンベル法)により100年超過確率日雨量を求めた。



図.奥日光雨量観測所位置図(気象庁)

表.年最大日雨量(奥日光観測所)(上)、確率雨量(ガンベル法)(下)

年	雨量	年	雨量	年	雨量	年	雨量	年	雨量
1944	246.4	1958	321.2	1972	271.5	1986	228	2000	114.5
1945	184.9	1959	519.1	1973	105	1987	85	2001	475
1946	273	1960	93.3	1974	276	1988	198	2002	364.5
1947	438.2	1961	335.4	1975	244.5	1989	275	2003	218.5
1948	519.2	1962	118.2	1976	98.5	1990	397	2004	157
1949	454.5	1963	116.3	1977	121.5	1991	361	2005	183
1950	271.8	1964	99.7	1978	129	1992	103	2006	132.5
1951	112	1965	180.7	1979	244	1993	155.5	2007	252
1952	69.4	1966	196.3	1980	137.5	1994	177.5	2008	130
1953	295.1	1967	111.4	1981	338	1995	87	2009	180
1954	123.2	1968	220	1982	332.5	1996	90.5	2010	80.5
1955	131.6	1969	190.5	1983	306.5	1997	185.5	2011	282
1956	115.8	1970	125.5	1984	73.5	1998	339.5	2012	259
1957	80.9	1971	265	1985	165.5	1999	264.5	2013	257

確率年	2	5	10	20	50
ガンベル法 (mm/日)	196.4	299.3	367.5	432.9	517.5
確率年	80	100	150	200	400
ガンベル法 (mm/日)	560.5	580.9	617.9	644.1	707.2

2.5 想定される影響範囲と被害想定

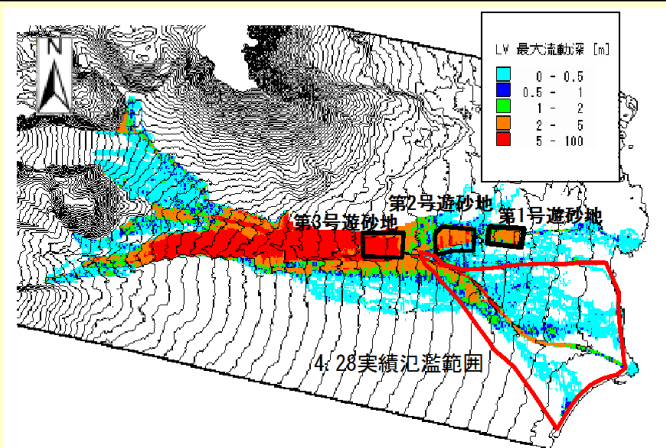
■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース1:水蒸気噴火で想定される現象)

(3) 土石流・泥流(降灰後の土石流)(シミュレーションモデルと物性値)

- シミュレーションモデルは、『New-SASS』を使用
- 内部摩擦角は、雲仙普賢岳における検討成果を参考に12.4°を採用
- その他の物性値は、一般値を採用

項目	記号	単位	数値	根拠
泥水密度	ρ	kg/m ³	1200	一般値
砂礫密度	σ	kg/m ³	2600	一般値
土石流の代表粒径	d_m	cm	5	日光白根山における現地調査結果より
砂礫の内部摩擦角	ϕ	°	12.4	雲仙普賢岳における検討成果
堆積土砂濃度	C_*		0.6	一般値

- 【参照】雲仙普賢岳の検討
- 雲仙普賢岳の平成噴火では、降雨に比較して、通常の土石流の物性値では再現が難しい範囲まで土石流が流下する事例が確認された。
 - 平成24年の「第3回 雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊に関する調査・観測及び対策検討委員会」での検討において、噴火後の1993年4月28日に発生した土石流は内部摩擦角を12.4°とすることで、再現性が向上することが確認されている。

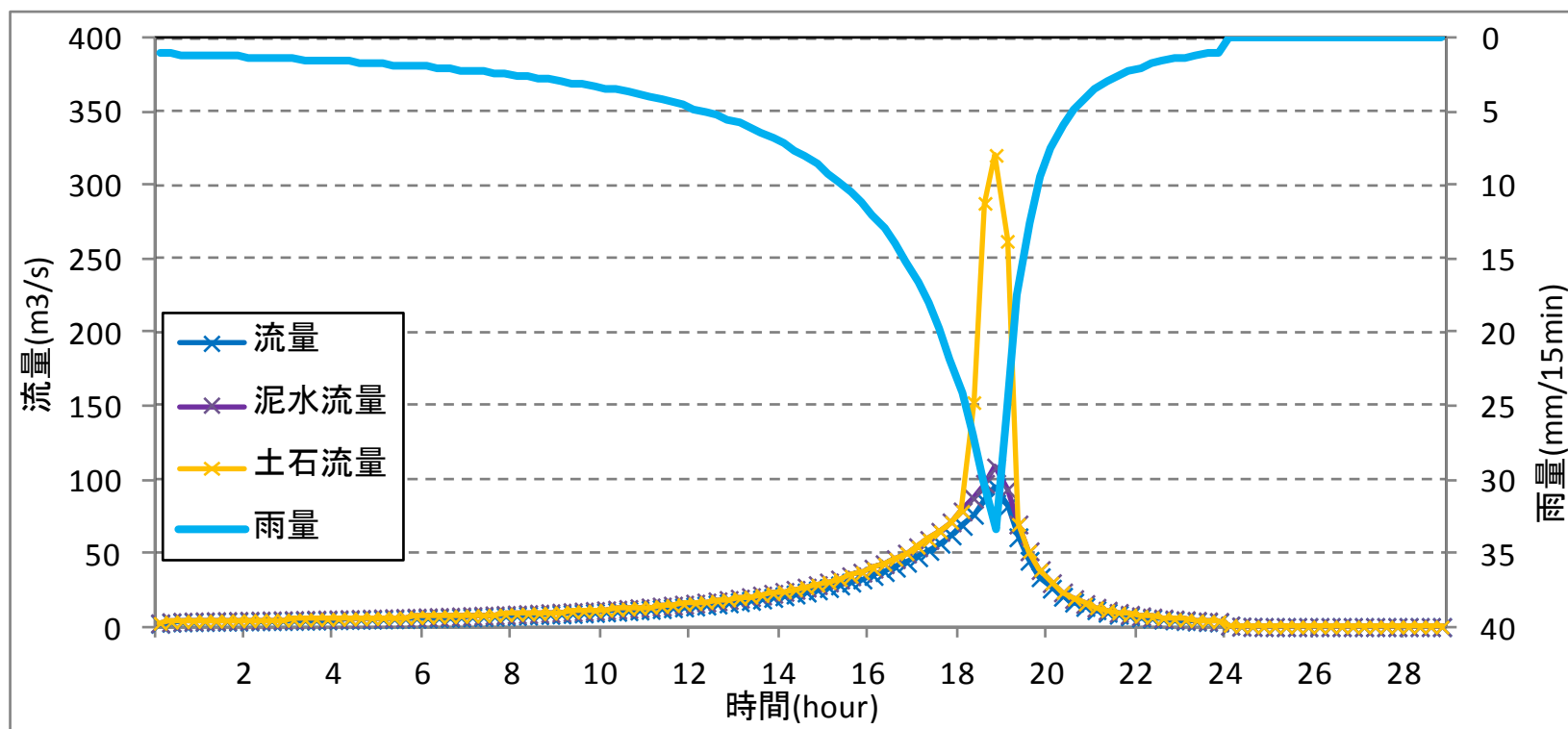


2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース1:水蒸気噴火で想定される現象)

(3) 土石流・泥流(降灰後の土石流)(ハイエトグラフ・ハイドログラフ)

- ハイエトグラフは後方集中型とし、タルボット式により求めた。
- ハイドログラフは降雨のピーク付近で土砂が生産され、流量のピーク時に運搬され流下するものとする。



ご意見を頂きたい事項

□ 降灰後の土石流の影響範囲評価におけるパラメーター設定等の考え方は妥当か

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース2:マグマ噴火で想定される現象)

(1) 噴石

【噴火シナリオ】

- ・過去の実績がないため、他火山での事例と保全対象施設の位置を考慮して想定火口から3.0km

【本計画】

- ・噴火シナリオに準じ、**想定火口から3.0kmの範囲を噴石の想定**

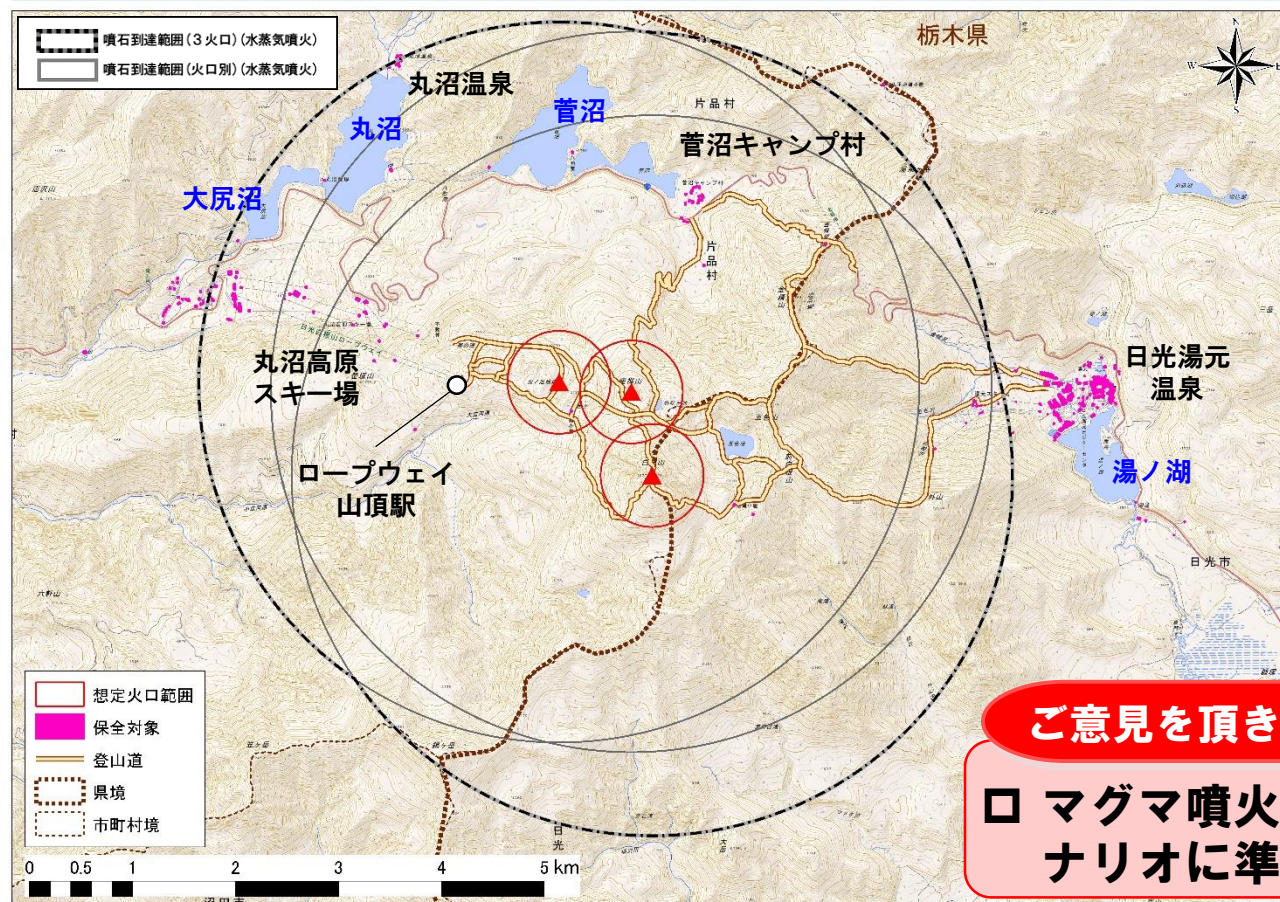


図.噴石の到達範囲(マグマ噴火による)

ご意見を頂きたい事項

□ マグマ噴火の噴石の到達範囲想定は、噴火シナリオに準じ想定火口から3.0kmでよいか

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース2:マグマ噴火で想定される現象)

(2) 火砕流(シミュレーションモデルおよび物性値)

- シミュレーションモデルは、『J-SASS』を使用
- 物性値は日光白根山における実績が確認されていないため、他火山での検討事例や一般値を採用した。

項目	記号	単位	数値	根拠
メッシュ間隔		m	50×50	これまでの火砕流シミュレーション実績より
砂礫密度	σ	kg/m ³	2600	一般値
堆積物土砂濃度	C_*		0.6	一般値
粒子間摩擦係数			0.23	雲仙普賢岳での事例を参考に設定
平均粒径		cm	10	雲仙普賢岳での事例を参考に設定
運動量補正係数			1.0	一般値

ご意見を頂きたい事項

☐ 火砕流の影響範囲評価におけるパラメーター設定等の考え方は妥当か

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース2:マグマ噴火で想定される現象)

(3) 融雪型火山泥流(積雪深)

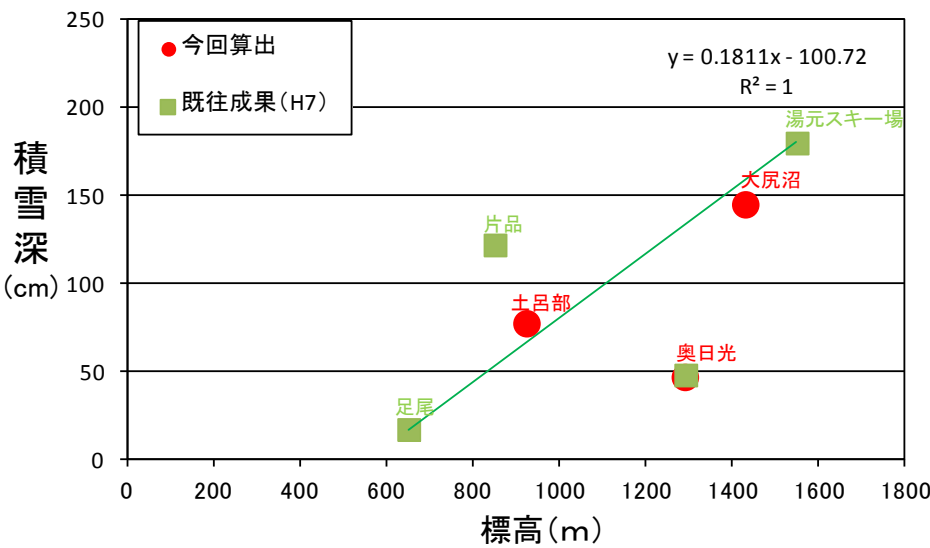
- 積雪深は、近傍観測所データから標高ごとに設定した年平均最大積雪深を用いた。

<積雪深のデータ>

気象庁の噴火シナリオでは、山腹に一律1m、3m、5mの積雪があると仮定していたが、平成7年度の栃木県による検討成果と今回近傍の気象観測所のデータから、年平均最大積雪深を算出した。

<山腹の積雪深>

地点ごとの年平均最大積雪深より、標高と積雪深の相関を取り、火砕流到達範囲の融雪水量を算出している。



観測所	標高(m)	対象期間(年)	年平均最大積雪深(cm)
奥日光	1292	1962～2015	46
湯元スキー場	1550	1991～1993	180
足尾	650	1930～1993	17
土呂部	925	1990～2015	77
片品	850	1900～1993	122
大尻沼	1432	1998～2013	145

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース2:マグマ噴火で想定される現象)

(4) 溶岩流(規模、流下方向の考え方)

- 既往調査では、血の池地獄溶岩が1億2千万 m^3 と見積もられているが概略値である。溶岩流の規模は、長時間流出した結果として決まることが多く、あらかじめ規模の想定は困難であるため、本検討では既往の概略値を参考に、1億 m^3 を採用した。
- 流下方向は白根山山頂からは東方向(前白根山の尾根を乗り越えて栃木県側に流下する恐れがあるため)、座禅山と血の池地獄からは直近の保全対象に近い北西方向とした。

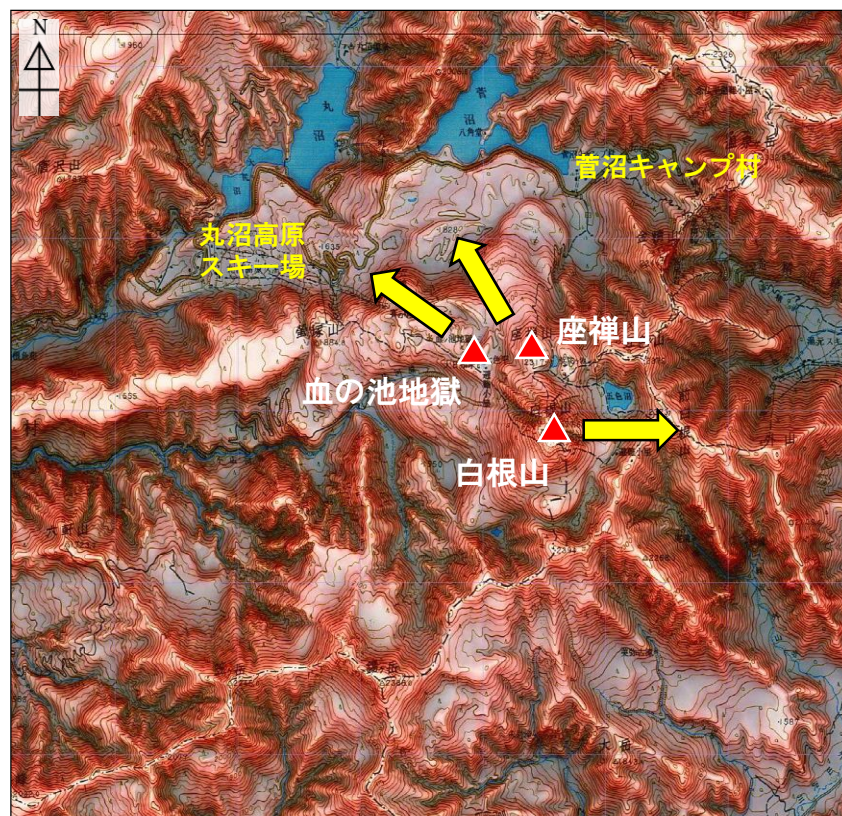


図.溶岩流の流下方向

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース2:マグマ噴火で想定される現象)

(4) 溶岩流(モデルおよび物性値)

- 溶岩流をビンガム流体と見なし、温度低下による粘性及び降伏応力の増加を逐次計算するモデルを採用。
- 溶岩流温度と時間当たりの流量は複数パターンの値から、検証計算により得られた値を使用している。
- 溶岩密度、放射率、比熱については一般値を使用した。
- 温度-降伏応力関数、温度-粘性係数の関係は、岩質の類似する桜島大正溶岩で使用される値を採用した。

項目	単位	数値	根拠
溶岩流温度(T)	℃	1,050	血の池地獄溶岩の検証計算で得られた最も再現性が高い値
時間あたり流量	m ³ /sec	1,000	血の池地獄溶岩の検証計算で得られた最も再現性が高い値
溶岩密度	g/cm ³	2.4	一般値
放射率	-	0.9	一般値
比熱	J/kg/K	0.84	一般値
温度-降伏応力関数	Poise	$\log_{10} \eta = -12.4 + 21.901(1/T)$	溶岩の性質が類似する桜島大正溶岩の値
温度-粘性係数	Dyn/cm ²	$\log_{10} \tau_y = -4.79 + 10.769(1/T)$	溶岩の性質が類似する桜島大正溶岩の値

ご意見を頂きたい事項

□ 溶岩流の影響範囲評価におけるパラメーター設定等の考え方は妥当か

2.5 想定される影響範囲と被害想定

■ 噴火現象による被害状況の把握(ケース2:マグマ噴火で想定される現象)

□ 【参考】溶岩流モデルの概要

- ・溶岩流をビンガム流体とみなし、温度低下による粘性及び降伏応力の増加を数値計算の逐次計算の手続きの中に取り入れている。
- ・モデルではせん断降伏応力、塑性粘度とも温度の関数として表される。

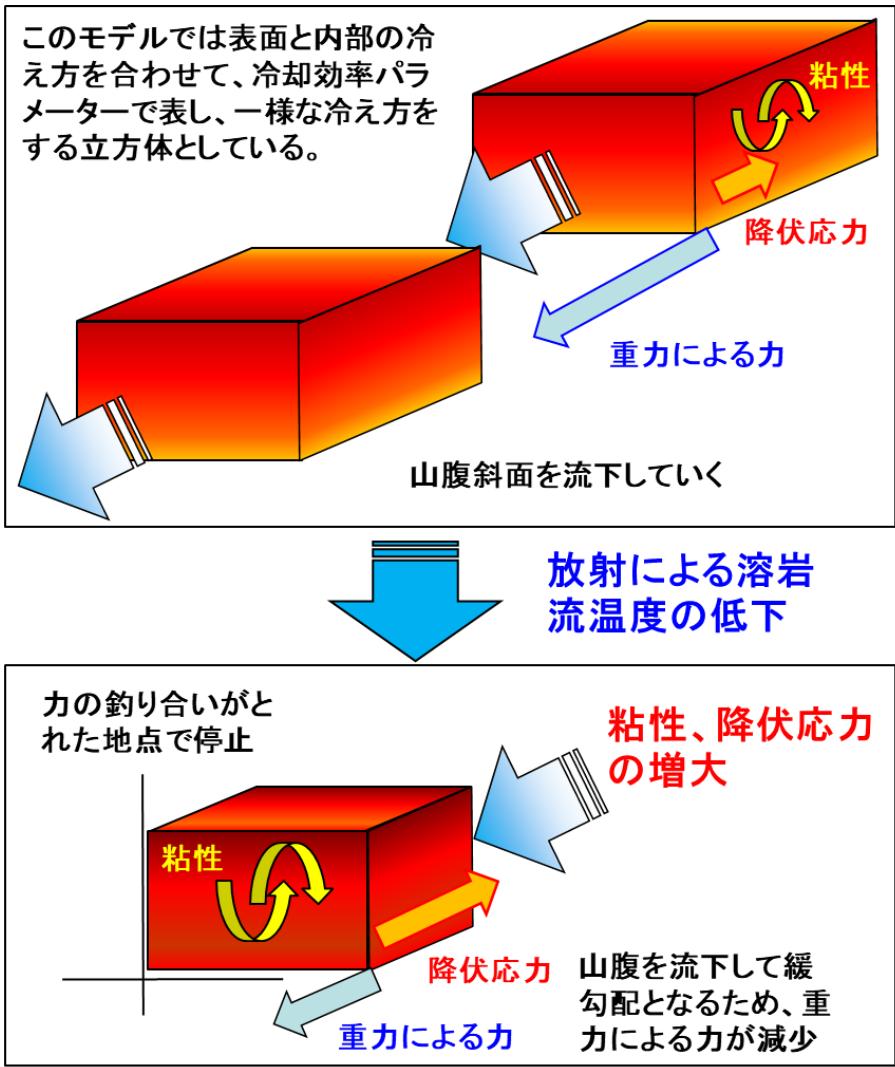
粘性 : 液体の流れやすさ
降伏応力 : ビンガム流体(溶岩や歯磨き粉など)が、動き出すのに必要な最小限の力

↓

温度低下により降伏応力が大きくなり、重力による力を上回ると溶岩流は停止する



■ モデルのイメージ図



3. 対策方針の設定

3.1 緊急減災対策の方針

■ 緊急減災対策の方針(案)

- 緊急減災対策は、基本対策と緊急対策を組み合わせで対応する。
- 基本対策は、ハード対策として基幹施設の整備を、ソフト対策として既存監視機器の活用や計画的な整備および情報共有等などを行う。
- 緊急対策は、ハード対策として既存施設の除石や嵩上げ等を、ソフト対策として監視機器の緊急整備、土砂災害防止法に基づく緊急調査およびリアルタイムハザードマップの作成等を行う。
- 平常時には基本対策の整備及び緊急対策を実施するための準備(資材の備蓄や用地確保等)を行い、緊急時には緊急対策を実施する。
- 事業の整備途中段階において噴火した場合に備え、現時点で利用可能な備蓄資機材・道路・用地等を勘案し、緊急時に暫定的に整備する施設も検討する。

基本／緊急	内容	具体的な内容
基本対策	計画的な基幹施設等の整備	砂防堰堤工 等
平常時からの対策	平常時からの準備	資機材備蓄 用地取得 工事用道路 等
緊急対策	噴火時における緊急ハード対策等	砂防堰堤工 導流堤工 掘削工 等

3.2 緊急対策の基本方針

■“基本対策”および“平常時から対策”の基本方針(案)

【基本対策の基本方針】

- ・ 平常時より、降灰後の土石流および融雪型火山泥流に対し、保全対象の上流において計画対象規模の土石流を捕捉するための施設(基本対策施設)を整備する。
- ・ 既存施設及び新規施設の機能を維持する。
- ・ 既存監視機器の活用や計画的な整備および情報共有等などを行う

【平常時から対策の基本方針】

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

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

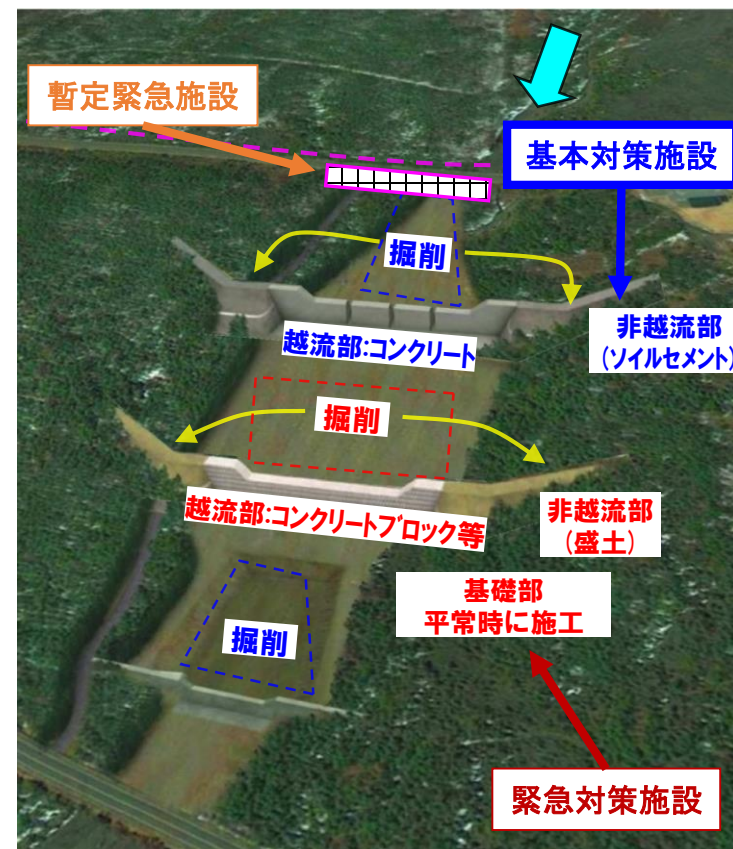


図 緊急減災対策のイメージ

3.2 緊急対策の基本方針

■“緊急対策”の基本方針(案)

砂防部局として、各機関の提供する火山観測情報等を参考にしつつ、ハード/ソフトからなる緊急対策を可能な限り実施する。また、効果的な緊急対策を実施するために必要な事項については、平常時から準備を進める。

★緊急ハード対策

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

★緊急ソフト対策

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

3.2 緊急対策の基本方針

■ 対策方針の前提条件

- 火山噴火緊急減災対策砂防計画では、原則として、地表を流れてくる現象を対象とする。
- 溶岩流、火砕流は規模が大きく構造物による対策が困難なためハード対策の**対象としない**。
- 降灰自体が直接土砂災害に繋がる可能性は低いため、ハード対策の**対象としない**。ただし、後述する降灰後の土石流の条件とする。
- 「降灰および火砕流後の土石流」と「融雪型火山泥流」については、ハード対策の対象とし**今後検討を進めていく**。
- 緊急ソフト対策では原則として**すべての現象**に対応するとして検討を進める。

4. 今後の予定

4.今後の予定

■ 次回委員会について

第2回委員会では今回の委員会で議論していただきました「対策方針(案)」に基づき、「緊急時に実施する対策」および「平常時からの準備事項」等の検討結果について討議いただく予定です。

		今後の検討スケジュール	
1.計画策定の基本事項の整理	・現状の把握 ・噴火シナリオの作成 ・想定される影響範囲と被害の把握	2018年度	第1回委員会 (今回)
2.対策方針の設定	・対策方針の前提条件の検討 (対策可能な現象・規模、対策開始のタイミング、対策可能期間等) ・対策方針の設定		
3. 対策の検討	・基本対策の検討 ・緊急ハード対策ドリル ・緊急ソフト対策ドリル ・火山噴火時の緊急調査 ・緊急時に必要となる諸手続 ・土地使用の調整 ・緊急支援資機材の備蓄・調達方法 ・光ケーブル網等の情報通信網の整備 ・火山データベース ・地域住民、市町村等との連携事項 など	2019年度	第2回委員会 (2019年6月予定)
			第3回委員会 (2019年10月予定)
計画とりまとめ	「日光白根山火山噴火緊急減災対策砂防計画書」		第4回委員会 (2019年12月予定)