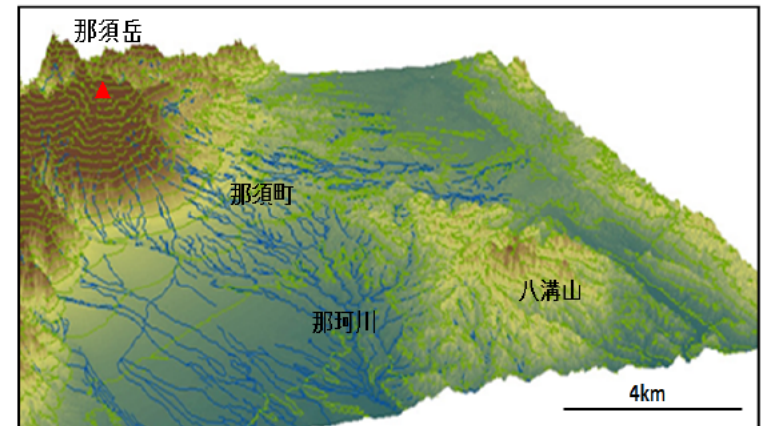


避難計画の検証と実効性を高めるための 訓練のあり方 — 那須岳火山地域 —

宇都宮大学 名誉教授 中村 洋一

目次

- 那須岳地域の自然・社会環境
- 那須岳（茶臼岳）の火山活動と災害履歴
- 火山防災協議会での防災体制検討
- 噴火イベントツリー・シナリオの活用
- 火山災害のリスク評価と検証
- 那須岳地域での効果的な防災
- 避難訓練と自治体・防災関係機関・専門家
- 情報伝達訓練・図上訓練・実動訓練の実施

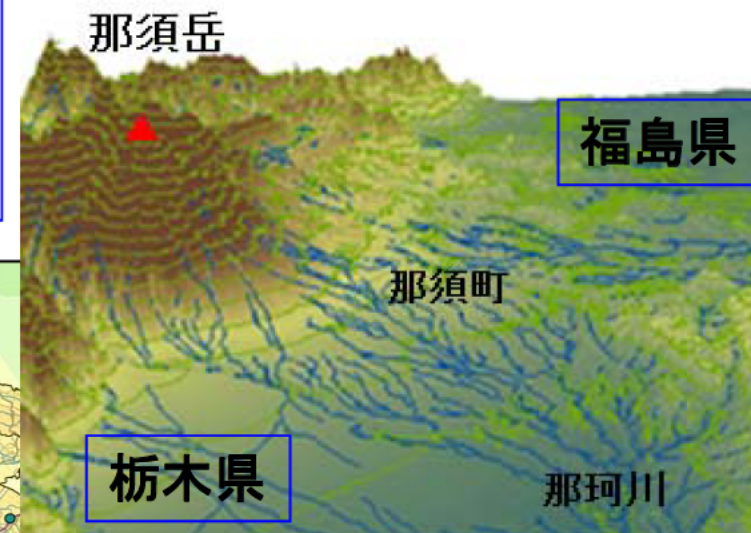


那須岳（茶臼岳）山頂付近

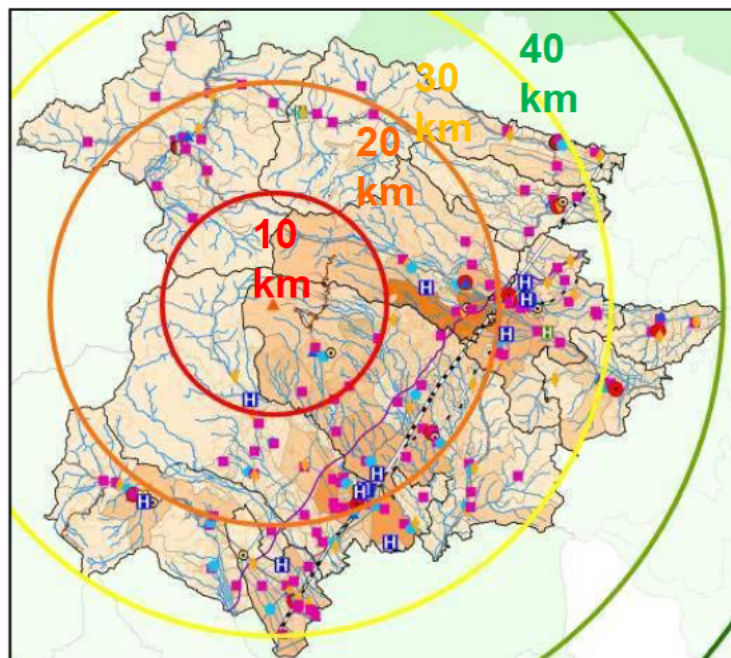
那須町提供

那須岳地域の自然環境と社会環境

那須岳地域は、那須岳の南東麓に分布し、
多数の温泉・観光施設・レジャー施設があり、
年間約500万人の観光・登山客が訪れる。

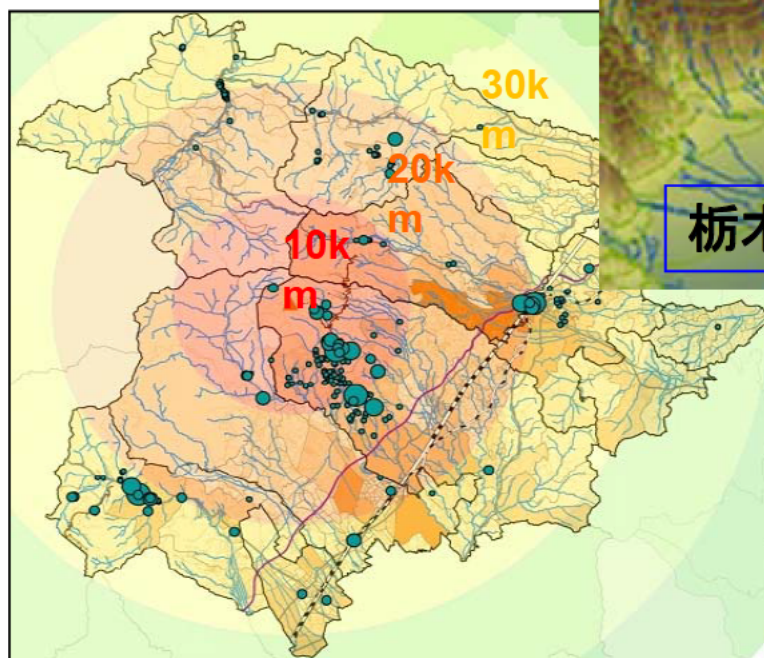


(ArcGIS 9.3 で作成)



那須岳地域での各種公共施設の分布

(ArcGIS 9.3 で作成)



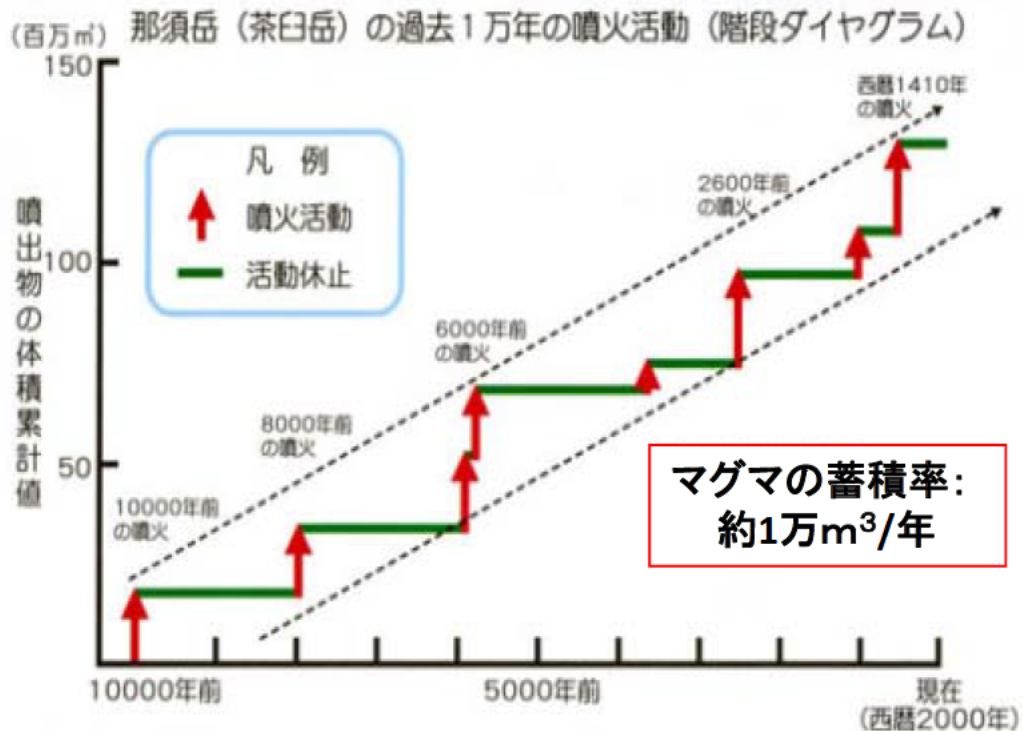
宿泊施設の規模と分布 (ArcGIS 9.3 で作成)



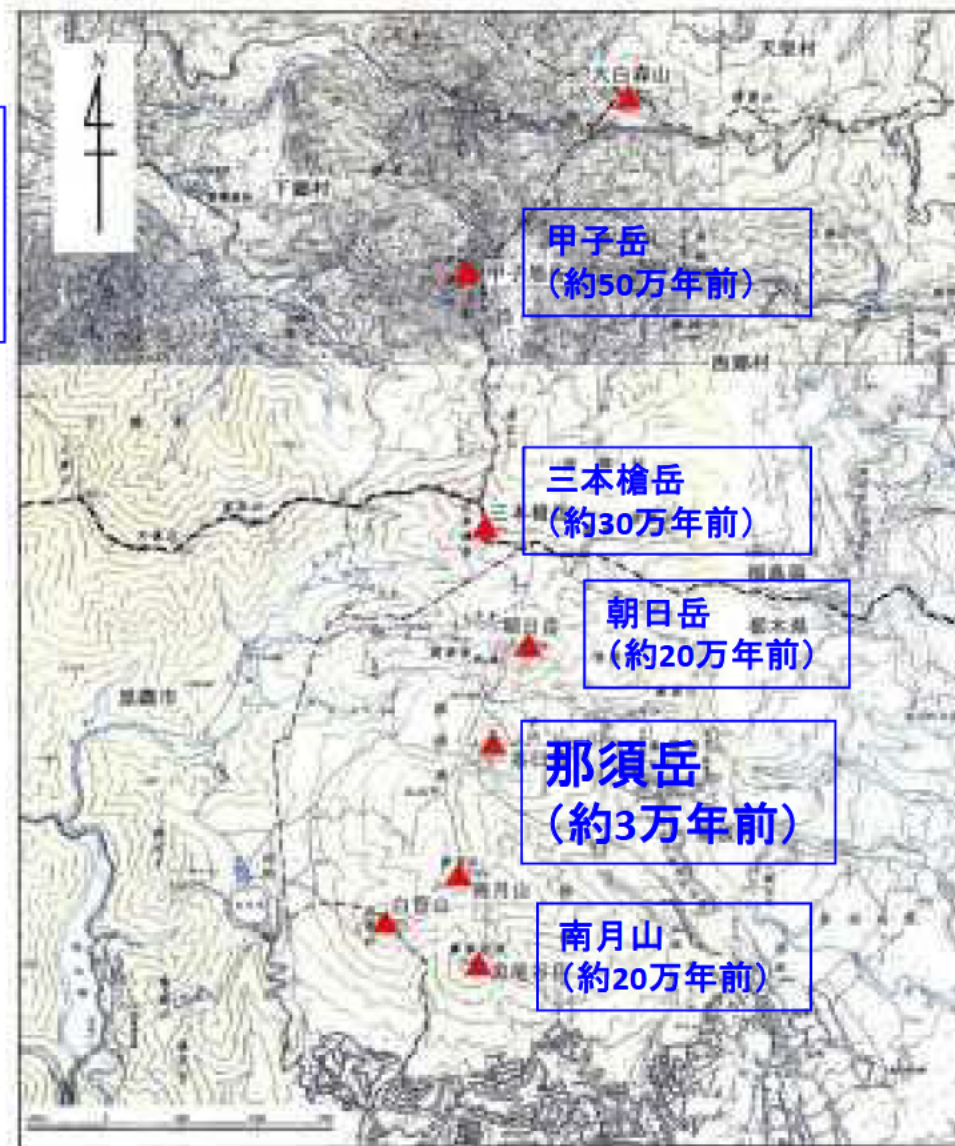
数多くの観光施設 (那須町HP より)

那須岳(茶臼岳)の活動史

那須岳は、約3万年前から活動開始して、現在も活発な活動が続く、常時観測体制の活火山



那須火山過去1万年間のマグマ噴出量 (那須岳火山防災ハンドブック)



那須火山群の火山分布



東麓からみた
 那須火山群

那須岳の1408～1410年噴火活動(VEI4)

那須岳での、1408－1410(応永15-17)年の噴火活動(VEI4)は、**水蒸気爆発、溶岩ドーム成長、**その後ドームが崩壊し、**火砕流、融雪型火山泥流**が発生した。

犠牲者180余名や牛馬多数の被害が、那珂川沿いで発生した。



山頂溶岩ドーム

表4. 那須岳1408-1410年噴火の経過

1408年(応永15年)

1月21日 噴火活動

2月24日 水蒸気爆発により、火山灰の降下。那珂川の水が黄変。
この後も水蒸気爆発活動が断続的に続く。

1410年(応永17年)

3月5日 大規模なマグマ噴火活動が開始。

火山灰、火山弾の放出。

溶岩ドームの成長。

溶岩ドームの崩壊による小規模火砕流の発生。

融雪泥流が発生し、180余名の死者、牛馬多数の被害。

茶臼岳溶岩ドームの形成。

参考: 雲仙普賢岳 平成噴火



2010(平成2)年の、雲仙普賢岳噴火(VEI3)で、普賢岳ドーム形成され、火砕流が発生した。(雲仙災害記念館)

那須岳火山の噴火活動（実績からの整理）

○ 最近数万年間の活動中心は山頂溶岩ドーム付近

○ 噴火活動の規模と様式

- 小規模な水蒸気噴火 頻度:1/数10年
→ 降下火砕物（噴石・火山灰の火口近傍での降下）
- やや水蒸規模の大きい水蒸気噴火 頻度:約 1/100 年
→ 降下火砕物（噴石・火山灰の火口周辺での降下）
- マグマ噴火 :頻度: 約 1/1000 年
→ 降下火砕物（噴石・火山灰の広域での降下）
溶岩流、火砕流
融雪型泥流（積雪期に火砕流の発生に伴い）
- 大規模マグマ噴火:頻度: 約 1/10,000 年
→ 噴出物はマグマ噴火に準ずるが規模がより大きい
ブルカノ式の爆発型マグマ噴火になることが多い

○ 噴火活動の経過

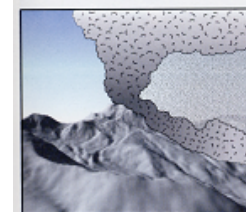
小規模な水蒸気噴火で開始し、マグマ噴火に移行する。

1408～1410年噴火活動(VEI4)

1408年 2月24日

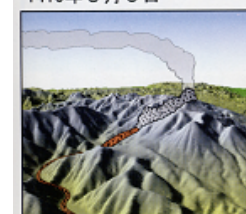


水蒸気噴火から始まった。東側山麓に多量の硫黄混じりの火山灰が降下した。

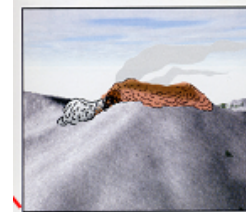


やがてマグマ噴火に活動が移行。爆発的に火山灰や噴石を噴出し、火砕流も発生した。

1410年 3月5日



火砕流で積雪が融かされて融雪型泥流が発生し、180名が犠牲になった。



噴火の後半には、山頂火口を埋める小規模な溶岩ドームが形成された。ドームの一部は崩れて小規模な火砕流となり山麓を流下した。

那須岳火山防災ハンドブックより引用・編集

那須岳の火山防災についての検討

那須岳火山での火山防災のあり方の検討は1992年から開始されて、その後に火山防災協議会が設置されて、検討がすすめられている。

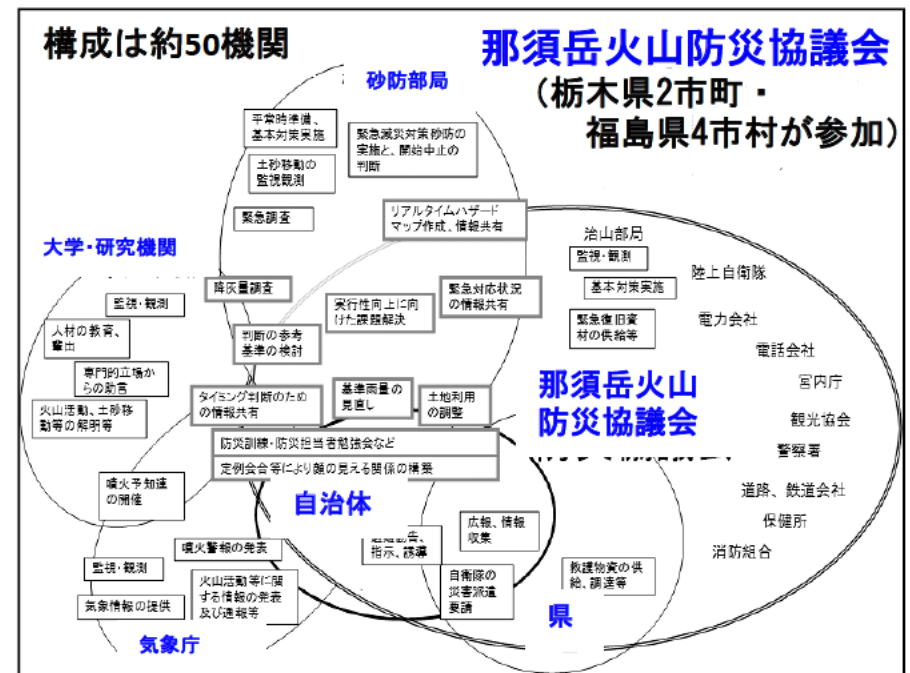
おもな成果は、火山防災マップ・防災ハンドブック作成、噴火警戒レベル導入、活動が活発化した場合の避難計画策定、防災訓練実施などである。

この委員会の下に、部会やコアグループ会議を置いて、噴火イベントツリー・シナリオ作成、火山災害のリスク評価などの検討をすすめた。



那須岳噴火災害対策合同会議

- 1992年 「那須岳火山災害監視システム配置検討委員会」
過去の噴火活動と実績などが火山監視の観点から検討
- 1995年 「那須岳火山想定災害調査委員会」 想定噴火の検討
- 1999年 噴火災害予測などの検討
- 2000年 「那須岳防災マップ作成検討委員会」
住民向け防災マップの検討
- 2001年 那須岳火山防災マップ・
火山防災ハンドブック 作成・配布
- 2003年 「那須岳火山防災協議会」の設置
- 2009年 噴火警戒レベル 策定・導入
- 2010年 火山防災マップ・ハンドブック 改定
- 2014年 火山防災マップ・ハンドブック 再改定
- 2016年 噴火活動が活発化した場合の避難計画 策定
- 2019年 噴火警戒レベル 改定
噴火活動が活発化した場合の避難計画 改定



那須岳火山で実施したおもな火山防災対策

○火山防災マップ・防災ハンドブック

平成14年3月 作成
 平成22年3月 改定
 平成26年4月 改定

○噴火警戒レベル

平成21年3月31日 気象庁 運用開始
 令和元年7月26日 改定



火山防災協議会の開催状況

○那須岳火山防災協議会で実施訓練 一覧

	年度	年月日	訓練名	協力機関
1	平成18年度	平成18年12月21日	那須岳火山噴火を想定した図上型防災訓練『消防庁「地方公共団体の地震防災訓練(図上型訓練)実施要領モデル作成調査研究事業」』	消防庁
		平成18年12月22日		
2	平成20年度	平成21年2月20日	情報伝達訓練	
3	平成21年度	平成22年2月18日	情報伝達訓練	
4	平成25年度	平成25年10月28日	那須岳火山噴火に伴う土砂災害を想定した合同防災実動訓練	
5	平成26年度	平成27年1月28日	那須岳火山噴火及び噴火に伴う土砂災害を想定した合同実動訓練	関東地方整備局 日光砂防事務所
6	平成27年度	平成27年11月5日	那須岳火山防災合同訓練(図上訓練及び実動訓練)	関東地方整備局 日光砂防事務所
7	平成28年度	平成29年1月31日	那須岳火山防災合同訓練(入山規制訓練・避難訓練)	関東地方整備局 日光砂防事務所
8	平成29年度	平成30年1月30日	那須岳火山防災合同訓練(模擬訓練・入山規制訓練・避難訓練)	関東地方整備局 日光砂防事務所
9	平成30年度	平成31年1月29日	那須岳火山防災合同訓練(防災行動訓練)	関東地方整備局 日光砂防事務所
10	令和元年度	平成32年2月26日	情報発信・情報収集・情報共有訓練	防災科学技術研究所

○内閣府による避難計画の検討支援事業

	年度	年月日	支援名	協力機関
1	平成30年度	年3回	突発的な噴火対応等に関する避難計画の検討	内閣府

○那須岳の噴火活動が活発化した場合の避難計画

	年度	支援名
1	平成28年7月 作成	噴火活動が活発化した場合の避難計画
2	令和元年7月 改定	



避難小屋 屋根改修工事(H29-H30)

那須岳火山の那須岳火山防災マップ・防災ハンドブック

平成14年3月
平成22年3月
平成26年4月

公表・全戸配布
改訂
再改訂

那須岳

火山防災ハンドブック

もしもの噴火に備えて

(平成22年3月改訂版)



那須岳(茶臼岳)山頂を西側から見る

このハンドブックは、住民の皆様へ、活火山・那須岳の理解を深めていただくために作成されたものです。那須岳は現在おだやかな状態にあり、火山活動が活発化したわけではありません。

A4版
16頁

那須岳 火山防災マップ(改訂版)

水蒸気噴火発生
数百年に1回

マグマ噴火発生
千年に1回

現在は静かな那須岳も、いつかは噴火すると考えられている活火山です。
火山噴火は大きな災害を起こすような自然現象ですが、噴火の前兆現象をとらえることも可能です。
必要な情報を入手し、落ち着いた行動をとれば、災害を軽減することができます。

前兆現象 (船月噴火に至らないこともあり)

- 噴気異常
- 地震の多発
- 地張り
- 温泉の変化

→ **注意** 小さな水蒸気噴火だけで活動が激まることもあります

噴火時の避難までの流れ (下の図は一例です)

前兆現象 → 火山活動活発化 → 気象庁 → 噴火警報 → 火山活動活発化

噴火警報 → 火山活動活発化 → 気象庁 → 噴火警報 → 火山活動活発化

水蒸気噴火

噴石と火山灰の降下
発生頻度: 約100年に1回程度

マグマ噴火

噴石、火山灰の降下
溶岩流、火砕流の発生 火山泥流の発生
発生頻度: 約千年に1回程度

火山噴火現象の到達時間 (マグマ噴火の場合)

噴石 徒歩地区まで 1分程度	降灰 徒歩地区まで 約10分程度
火砕流の熱風 到達限界(700m) まで5分以内	溶岩流 到達限界(300m)まで 1~2時間程度

情報の提供・お問い合わせなど

黒磯那須消防組合 (代表)	
(0287) 62-0736	
那須塩原市役所 (代表)	那須町役場 (代表)
(0287) 62-7111	(0287) 72-6901
宇都宮地方気象台 (028) 633-2767	

A4版
A3版
もあり

8

那須岳火山防災マップの改定(平成22, 26年度)

火山防災マップに、QRコードでの情報入手、現在地番号での携帯電波情報を掲示

那須岳 火山防災マップ

現在は静かな那須岳も、いつかは噴火すると考えられている活火山です。
火山噴火は大きな災害を起こすような自然現象ですが、噴火の前兆現象をとらえることも可能です。
必要な情報を入力し、落ち着いた行動をとれば、災害を軽減することができます。

前兆現象 (結局噴火に至らないこともあります)
噴気異常 地震の多発 地鳴り 温泉の変化 泥水噴出

登山をされる方へ「**那須町安全安心メール**」の登録をお願いします
「那須町安全安心メール」は、電子メールを使ってみなさんの携帯電話から防災情報等をお知らせするサービスです。火山噴火もお知らせしますので、ぜひ登録してから登山をお願いします。変更など必要な連絡事項は、お電話またはお手持ちの携帯電話等から「0287-72-6901」までお電話ください。お手持ちの携帯電話から「0287-72-6901」までお電話ください。お手持ちの携帯電話から「0287-72-6901」までお電話ください。

水蒸気噴火の危険区域予予測図 (降灰、噴石のみ)
数百年に1回
西風が吹く場合の降灰域
風向きによって降灰域は変わります

凡例
● 噴火発生場所 (山頂部)
☺ 降灰範囲 (赤線は、風下での厚さ)
○ 噴石到達範囲
👉 溶岩流到達範囲 (熱風を含む)
👉 火砕流到達範囲 (積雪期に発生)
👉 火砕流流下に伴う扇型泥流到達範囲 (積雪期に発生)

各現象について、可能性のある全ての方向について到達範囲を示しています。したがって、図に示した全ての現象が一度に発生するわけではありません。

那須町 消防課 0287-72-6901

現在の那須岳の火山活動状況は、那須町のホームページで確認できます。

火山登山者向けの情報提供 (気象庁)

QRコードでの情報入手



那須岳の最新情報をメール配信



那須岳の火山活動の最新情報入手 気象庁HP

噴火警戒レベル 令和元年に改定

那須岳の噴火警戒レベル

— 火山災害から身を守るために —



警戒レベルごとに規制箇所と道路指定を色別に表示



観光客・登山者向け情報伝達・避難訓練

○ 観光客への対応

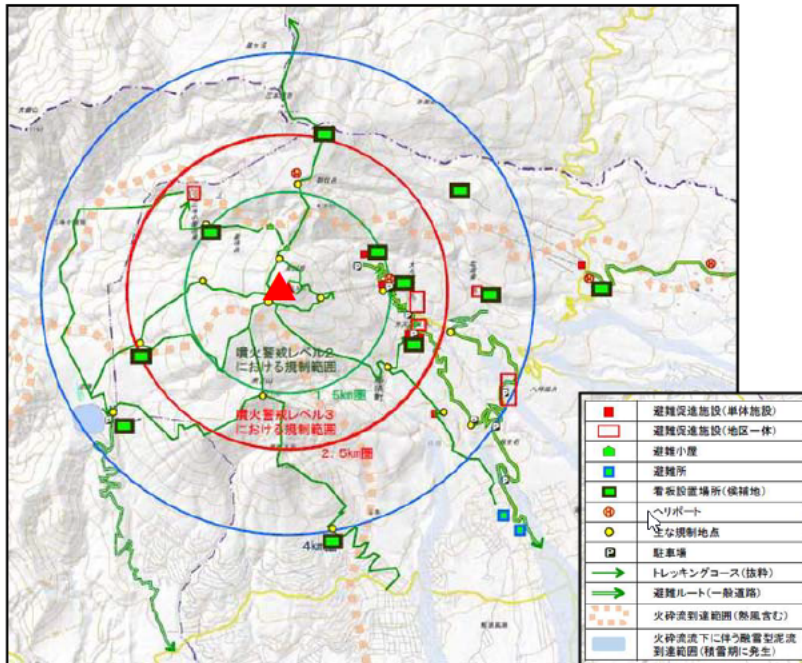
「登山者向け火山防災マップ」を掲示・配布、噴火時の対応等についての注意喚起。噴火時には、各施設の建物内等の安全な場所への誘導。

○ 登山者への対応

登山道入口に「立ち入り規制看板」、「通行禁止看板」を掲示。避難小屋に「火山防災マップ」を掲示、火口(噴気帯)付近への立ち入り規制。

避難小屋には、緊急時ヘルメットの配備し、噴火時の登山者用「地点別避難ルート」の周知、噴火時の「行動マニュアル」を整備。

周知看板の設置場所設定



噴火時の緊急退避・下山ルートの設定



図上・実地訓練による防災対応の検証作業



図上訓練
(H27実施)



実地訓練
(H28実施)

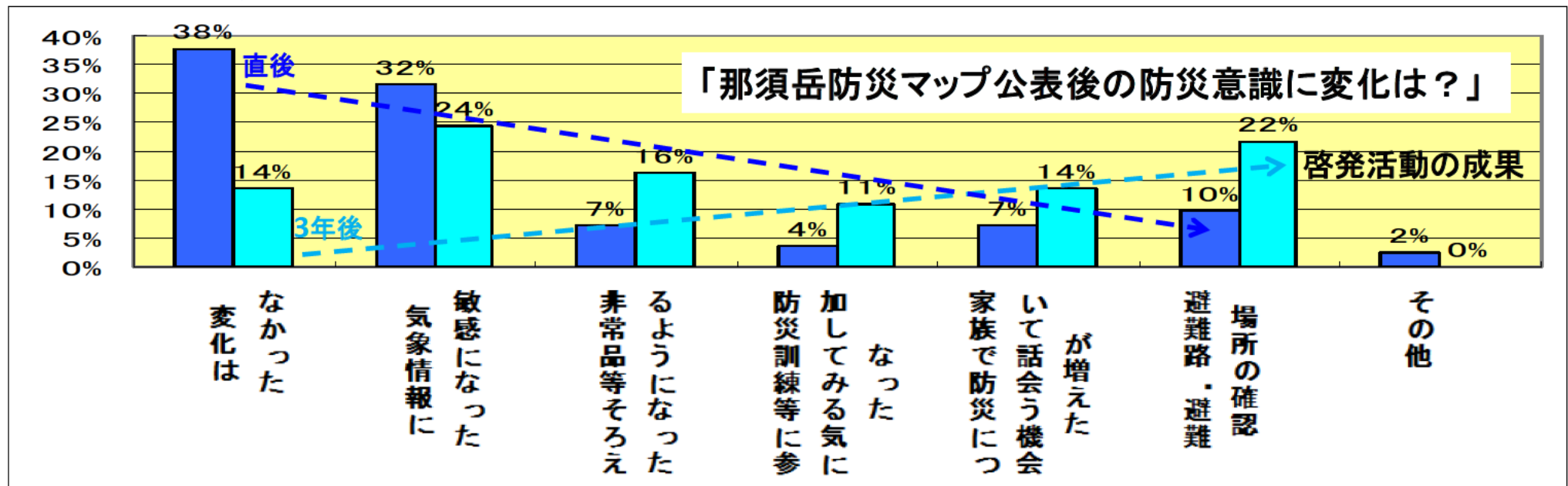
(那須町・栃木県・国交省
日光砂防事務所 で実施)

那須岳地域での住民・行政担当者・教育機関向けの火山防災などについての講演会などの啓発活動。

開催時には、地震災害や那須岳の防災についての、地域住民向けの質疑応答・アンケートを実施し、検討課題を聴取。



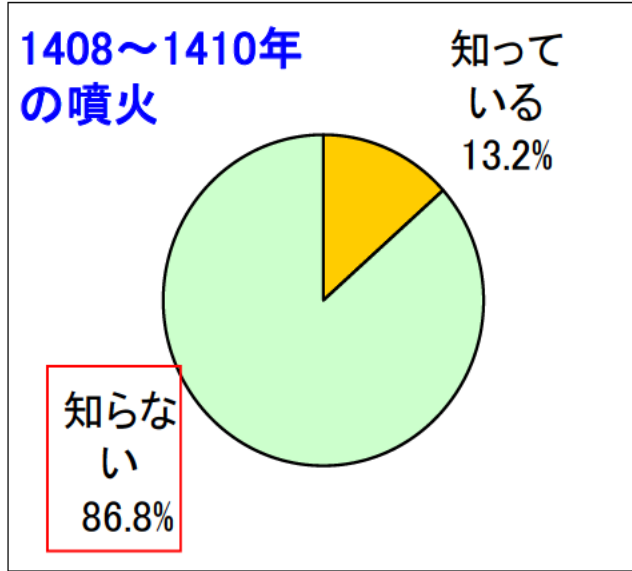
防災マップ公表後の住民防災意識の変化(直後と3年後での住民アンケート結果、約100名)



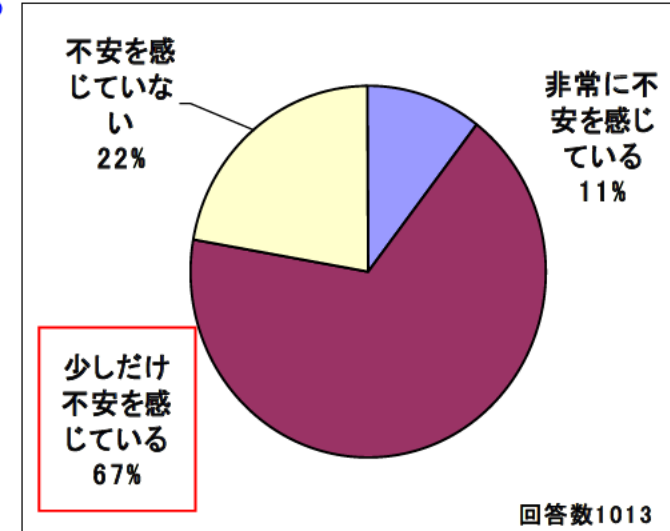
那須岳地域での住民意識調査の結果（マップ公表時で回答者 101名）

住民の那須岳の火山活動についての情報や、噴火活動への防災意識は充分ではない。

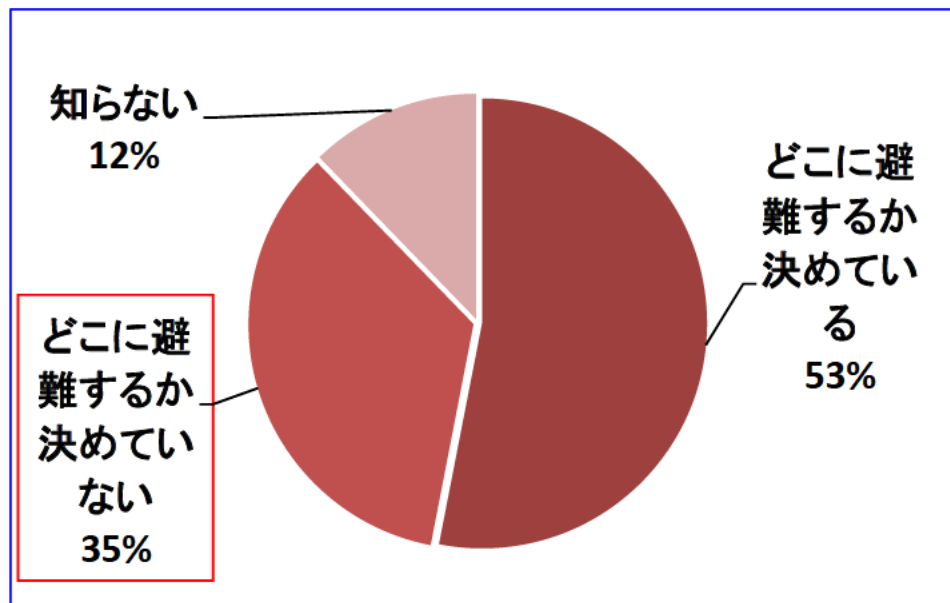
那須岳の過去の活動について？



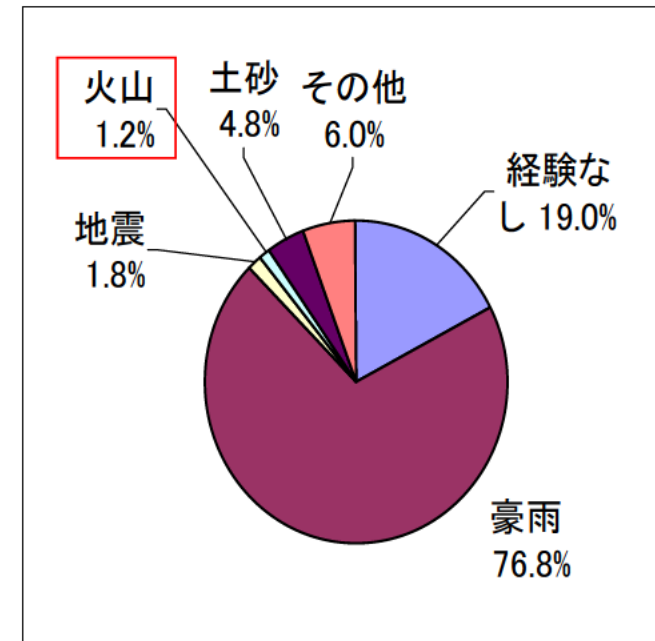
那須岳の今後の火山活動に不安を感じていますか？



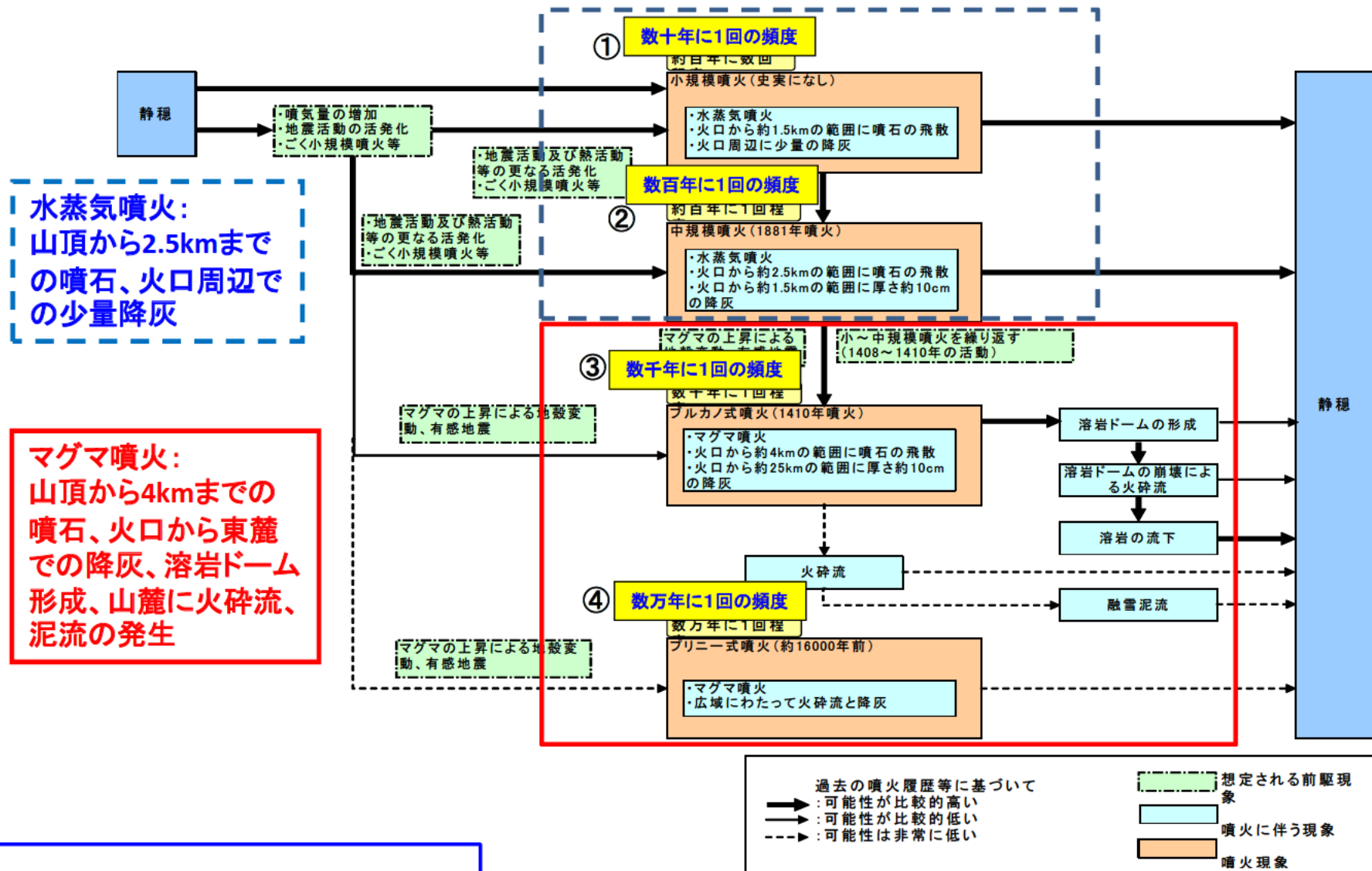
自治体指定の避難場所を知っていますか？



これまでの被災経験は？



那須岳 噴火イベントツリーの作成



(那須岳噴火警戒レベル導入検討委員会)

噴火活動の様式と加害事象

水蒸気噴火 (小規模活動):
降下火砕物(噴石・降灰)

マグマ噴火 (中規模活動):
降下火砕物(噴石・降灰)、火砕流・溶岩流、融雪型泥流(積雪期)

那須岳の火山噴火イベントツリー

過去約1.6万年間の噴火経緯から、噴火活動は ①小規模水蒸気噴火、②中規模水蒸気噴火、③マグマ噴火、④大規模マグマ噴火、である。

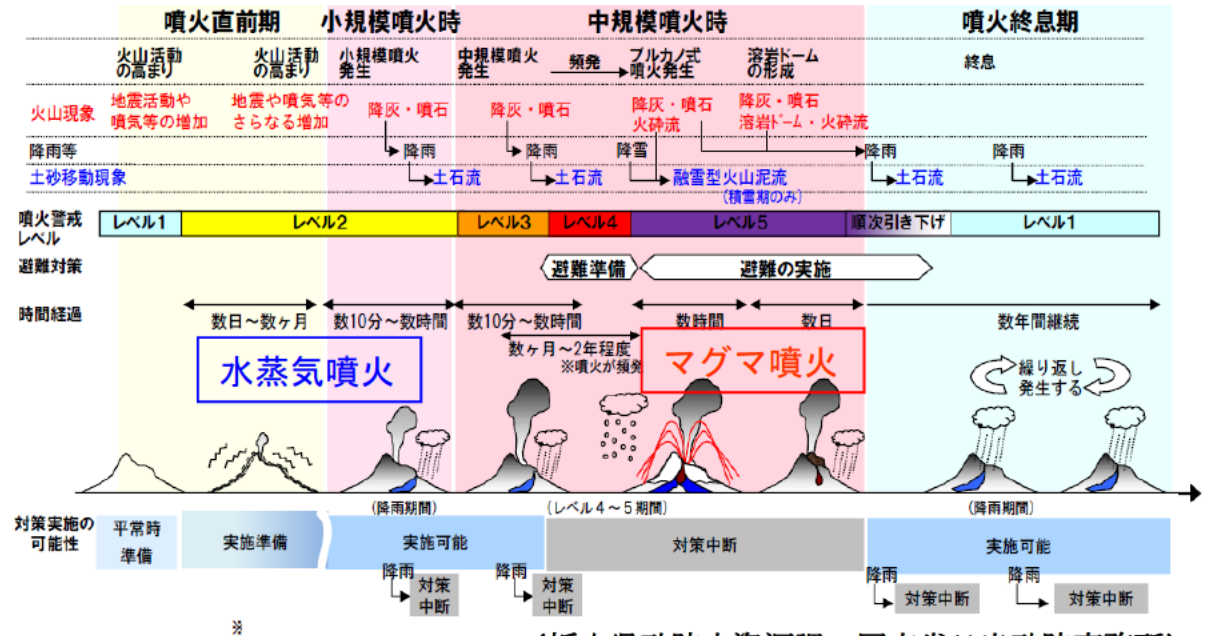
それぞれの噴火活動の前兆現象、発生する現象、災害要因などを、噴火経過ダイヤグラムに頻度レベルで図化 (防災ハンドブックに掲載解説)。

噴火シナリオによる防災体制の検討

噴火活動時での加害現象と対策の時系列

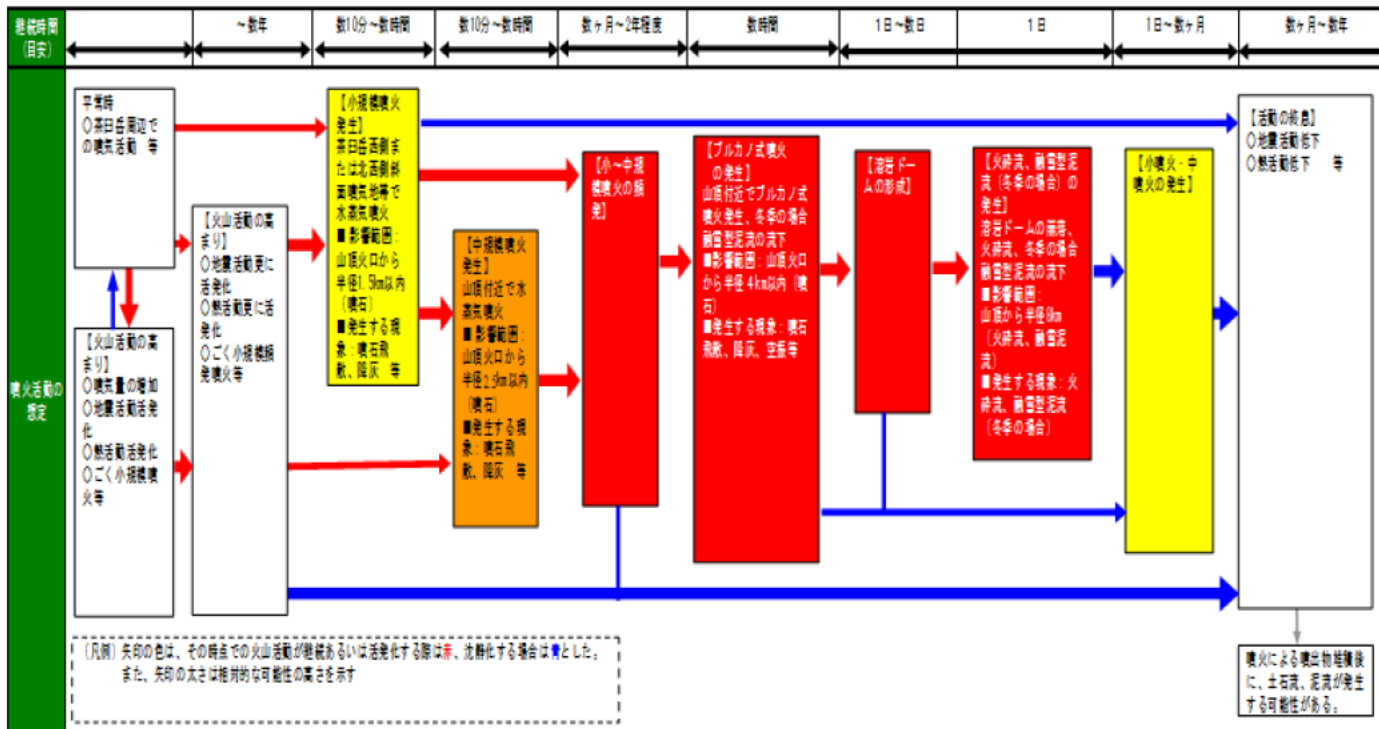
那須岳で今後に発生する可能性のある噴火活動について、**噴火イベントツリー**を検討し、**発生確率が高い典型的な噴火経過を抽出し、加害事象への防災対応について、火山防災協議会で噴火シナリオとして検討することにした。**

その結果をもとに、優先的に必要とされる**防災対応すべき防災機関、避難施設の指定などを策定した。**

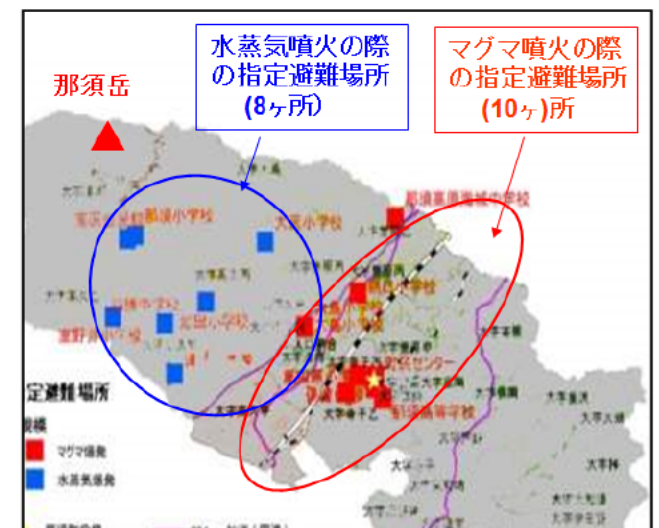


(栃木県砂防水資源課・国交省日光砂防事務所)

噴火シナリオに対応した防災対策



噴火規模ごとの避難場所指定



噴火活動による災害リスクの評価

評価項目：加害要因、脆弱性、損害の価値

地域基礎情報から評価項目を抽出して、GISによって算出

(1) 加害要因 (Hazard Factor)

①火山災害の加害要因は多様(活動様式が多様のため)

一次要因(火山活動そのものに直接由来する現象):

噴石、火山灰、溶岩流、火砕流、岩屑なだれ、火山ガス、爆風など

二次要因(活動に随伴的、あるいは活動後に発生する現象):

土石流、津波、洪水、飢餓、疫病など

②火山災害の加害要因のもつ特性

頻度(要因の発生頻度、再起性): 数時間~数千年

規模(要因の空間規模): 数10m ~ 数km~数100km

継続性(要因現象の持続時間): 数時間~数10年

(2) 脆弱性 (Exposure Factor, Vulnerability)

地域の自然環境(地形、気象と気候)

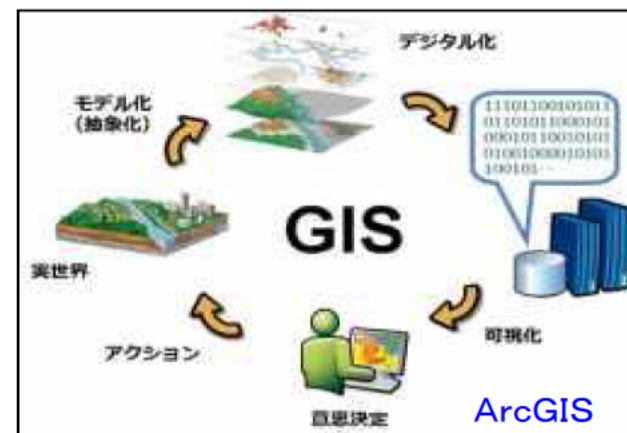
地域での防災体制(観測体制, 防災施設, 防災計画・マップ, 防災訓練, 防災意識)

(3) 失われる可能性のある損害の価値 (Value at Risk, Consequence)

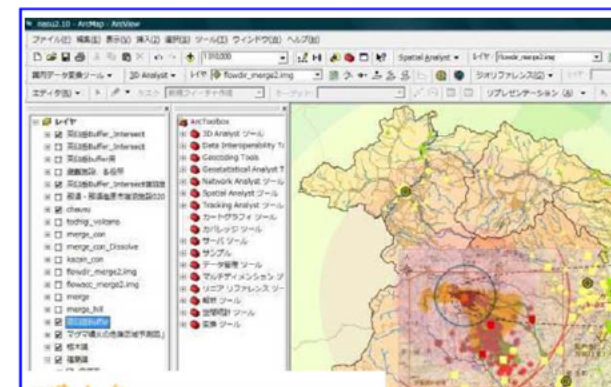
地域の社会環境と自然環境

社会環境: 土地利用、人口動態, 運輸システム, 社会基盤施設, 経済活動施設

自然環境: 優美な景観、温泉や地熱資源、山麓や溪谷の植生

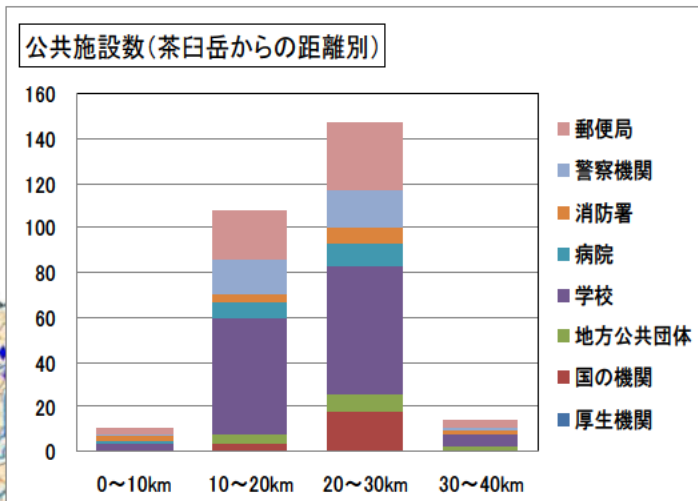
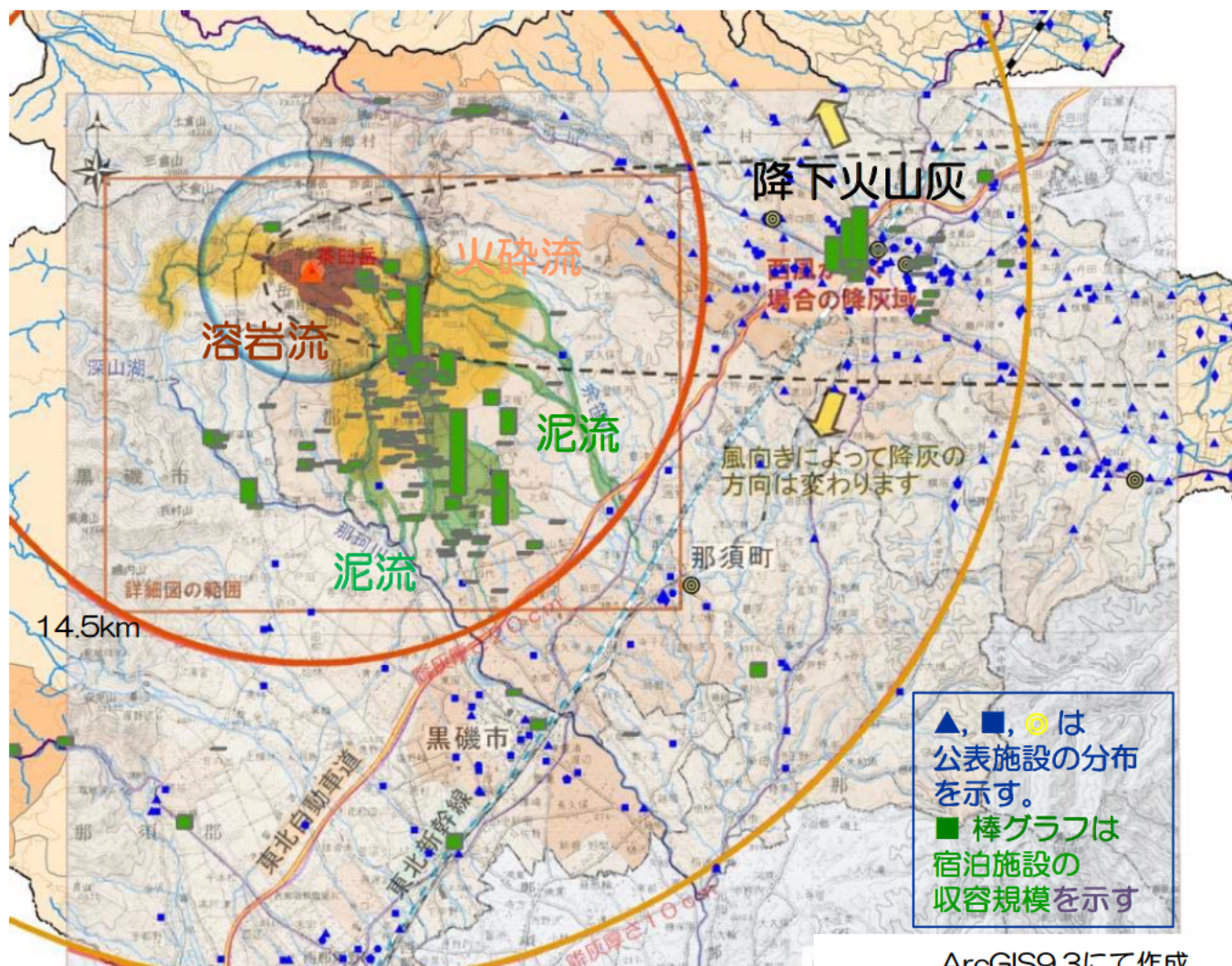


GIS:地理情報システム
(Geographic Information System)



国地域基礎情報: 土地院 数値地図25000
(空間データ基盤) 数値地図(地図画像)、地域の各種基礎情報などのデータを、GISで算出図化

那須岳防災マップ(マグマ噴火の噴出物分布)と各種施設の分布状況



那須岳地域では火口から10~20km地域に温泉湧出地、宿泊施設、住宅、公共施設、避難施設が密接し、周辺(20km~)にはレジャー施設なども分布し、これらを反映した交通網となっている。

リスク評価の結果
 那須岳地域では、火口から10~20km地域には公共施設、宿泊施設、住宅地が密集していて、火砕流や融雪型火山泥流の災害リスク値が高く算出される。

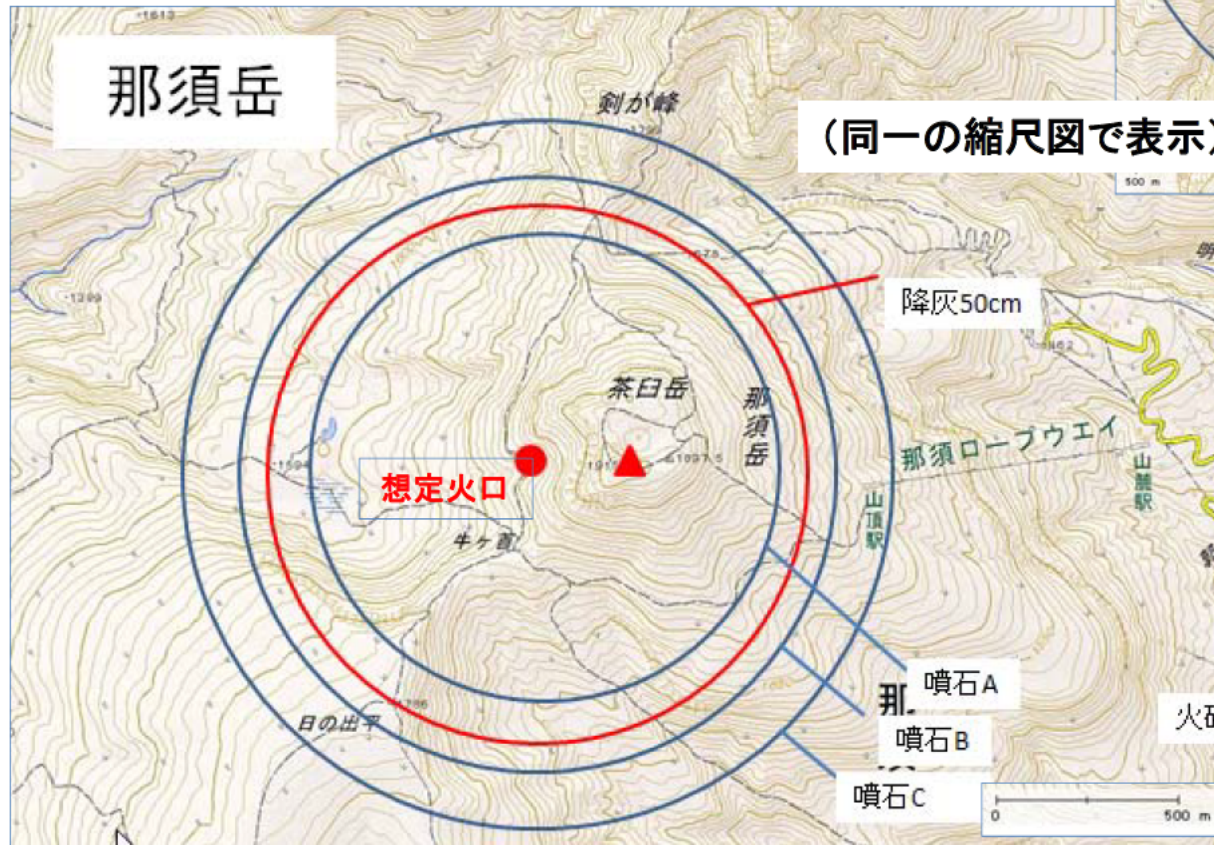
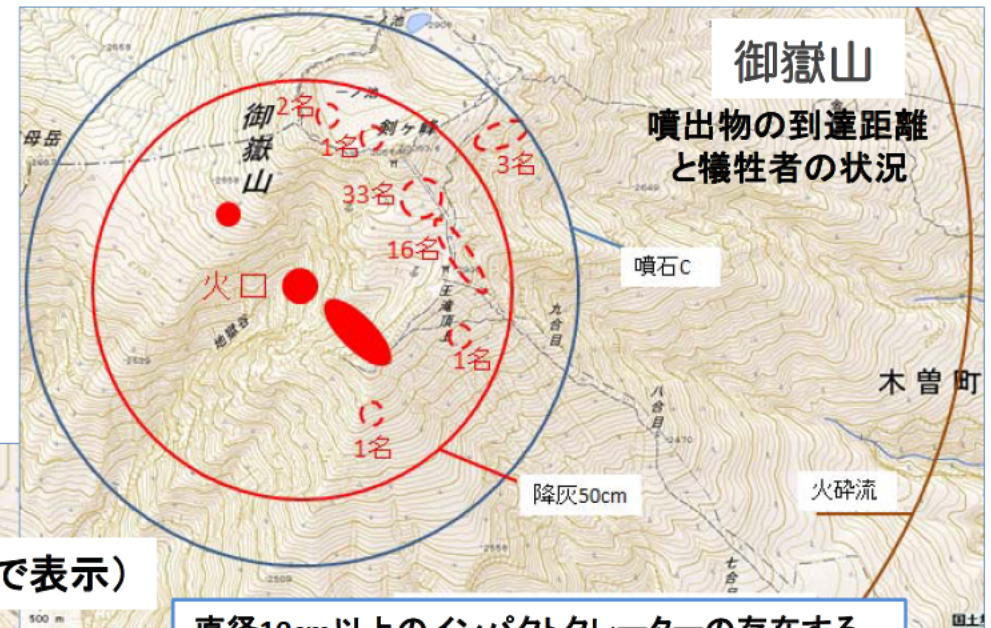
距離別の地域情報

		0~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km
那須岳	交通網	那須 ロープウェイ	有料道路	鉄道や高速道路 が東方に密集		
	公共施設		数件のみ	南~東側に多数	南~東側に多数	
	避難施設		数件のみ	東側に集中	東側に多数	東側に多数
	宿泊施設	南東に多数	大半が分布	白河駅周辺	塩原温泉郷付近	

ArcGIS9.3にて作成

那須岳山頂付近の被害想定（御嶽山2014年噴火被害を教訓をふまえて）

御嶽山2014年噴火（VEI1, $3 \times 10^5 \text{m}^3$ DRE）の被害状況を受けて、那須岳で同規模の噴火が発生したとして、那須岳の山頂周辺地域で発生する可能性のある被災範囲を想定した。



直径10cm以上のインパクトクレーターの存在する範囲（噴石Cゾーン）と犠牲者発生域がほぼ一致。



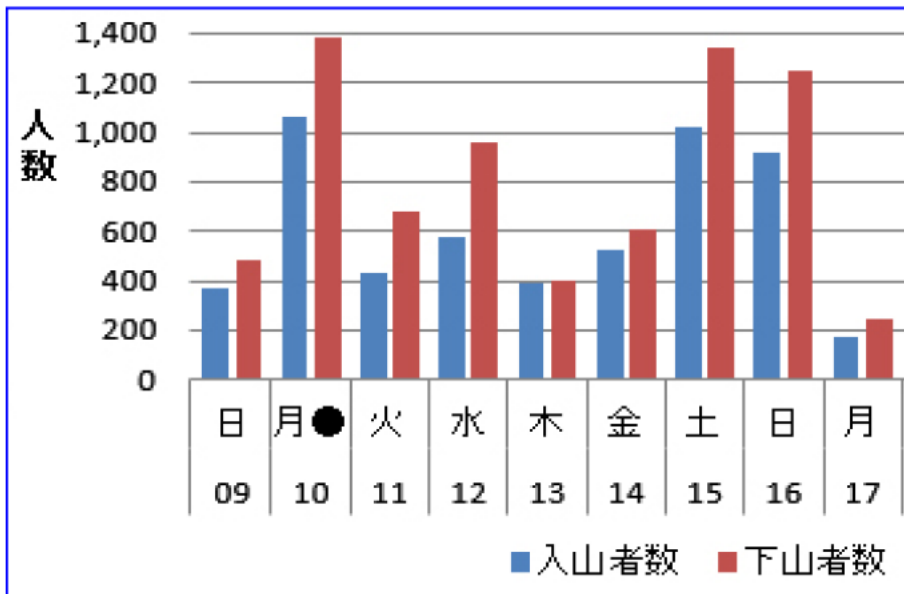
図1. 火口および投出岩塊（噴石）の分布状況.

ロープウェイ山頂駅は山頂から約1kmに位置していて、山頂へのアクセスが良く、多くの登山者・観光客が訪れる。

那須岳山頂付近の避難計画・実地訓練

登山者向け避難対応

那須町は平成27年度内閣府による「**具体的な避難計画の策定支援**」事業を火山防災協議会で検討・策定後に、**避難訓練**(図上訓練・入山規制訓練・避難実地訓練)を実施した。



登山者カウンター・那須岳 峰の茶屋登山口 日別集計
H28年10月(環境省調べ)



那須ロープウェイ 山頂駅で
火山防災マップなど掲示

那須岳地域は多数の観光客・登山者(年間約**480万人**、那須町調べ)が訪れている。

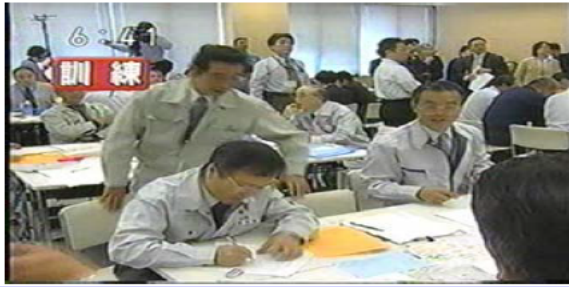
山頂付近には、観光ハイシーズンでは、ロープウェイ利用客が**約3000人/日**(那須町調べ)、登山者が**1000人/日**を超え(環境省カウンター調べ)、これらの人びとが**山頂1km以内**に入山・滞在している。



MAPS(登山者自動位置確認システム)の実証実験を2018、2020年などで実施して、登山者動態データをリアルタイムで取得した。

那須岳火山災害 避難訓練 (2006~2019年にほぼ毎年実施・翌年への検討)

検討・作成した防災行動表に基づいて、本部・各部署での訓練(図上・実地・情報伝達)実施



本部、各部署で行動表の準備・確認



那須岳の噴火発生、関係情報の連絡



(日光砂防事務所資料提供)



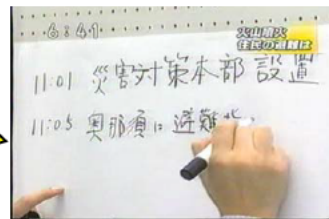
本部で、各部署からの報告取りまとめ、対応検討、結果の通達



関係機関や住民からの情報、各部署の対応決定



部署ごと記入して情報共有化



防災行動表について検証・課題・反省・改定を集計

那須岳火山防災行動表

実施項目	実施場所	実施日時	実施者	実施状況		実施結果		実施評価		実施改善	
				計画	実施	達成	未達成	満足	不満足	改善点	実施予定
1 入山規制の実施	那須岳登山口	11月1日	消防本部	○	○	○	○	○	○	○	○
2 避難所の確保	那須岳登山口	11月1日	消防本部	○	○	○	○	○	○	○	○
3 避難所の整備	那須岳登山口	11月1日	消防本部	○	○	○	○	○	○	○	○
4 火山防災協議会による避難訓練の実施	那須岳登山口	11月1日	消防本部	○	○	○	○	○	○	○	○
5 防災行動ネットワークの整備	那須岳登山口	11月1日	消防本部	○	○	○	○	○	○	○	○
6 防災知識の普及	那須岳登山口	11月1日	消防本部	○	○	○	○	○	○	○	○
7 住民、登山客、観光客等に対する周知・啓発	那須岳登山口	11月1日	消防本部	○	○	○	○	○	○	○	○

那須岳地域での避難計画や避難体制のあり方

○ 那須岳地域がもつ自然環境・社会環境

那須岳は、発生頻度の高い小規模水蒸気噴火、頻度がやや低い中規模マグマ噴火、頻度がかなり低い大規模マグマ噴火の履歴をもつ活火山である。

噴火時の加害事象としては、降下火砕物、火砕流、溶岩、融雪型火山泥流である。

那須岳周辺地域は首都圏近傍に位置するため年間数百万人の観光客が訪れ、しかも山頂へのアクセスがよいため多くの登山客・観光客が山頂付近を訪れる。

那須岳地域は、温泉湧出地を中心として住宅、宿泊施設、公共施設が密集して分布する地域があり、その周辺に大型レジャー施設や別荘地が分布し、これらを反映してかなり偏った交通網となっている。

○ 那須岳地域で求められる火山防災（避難計画や避難体制）

1. 噴火イベントツリー・シナリオを活用することで、発生する噴火加害事象から地域住民や非定住民を迅速に安全な避難できるような確率的な防災対応の検討をすすめる。
2. 火山災害のリスク評価結果を検証して、減災効果の高い防災対応が実現されるソフト的・ハード的防災体制を実現する。
3. 自治体、防災関係機関、火山防災協議会などの連携により、防災力のある中・長期的な社会インフラ整備をすすめる。