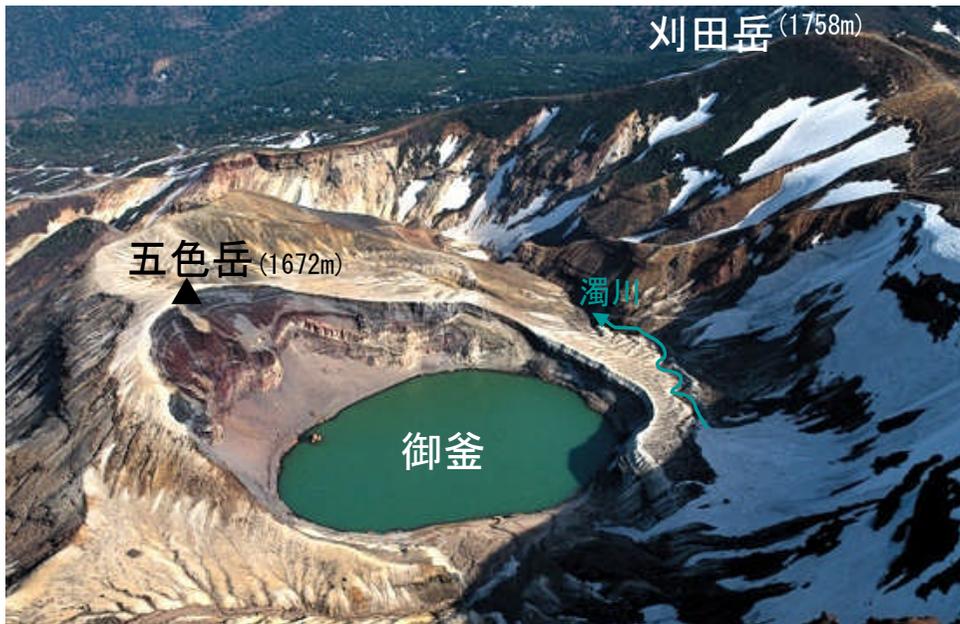


第一回 蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会



1895(明治28)年の蔵王山噴火の様子
〔巨智部博士描写図〕

平成25年2月20日

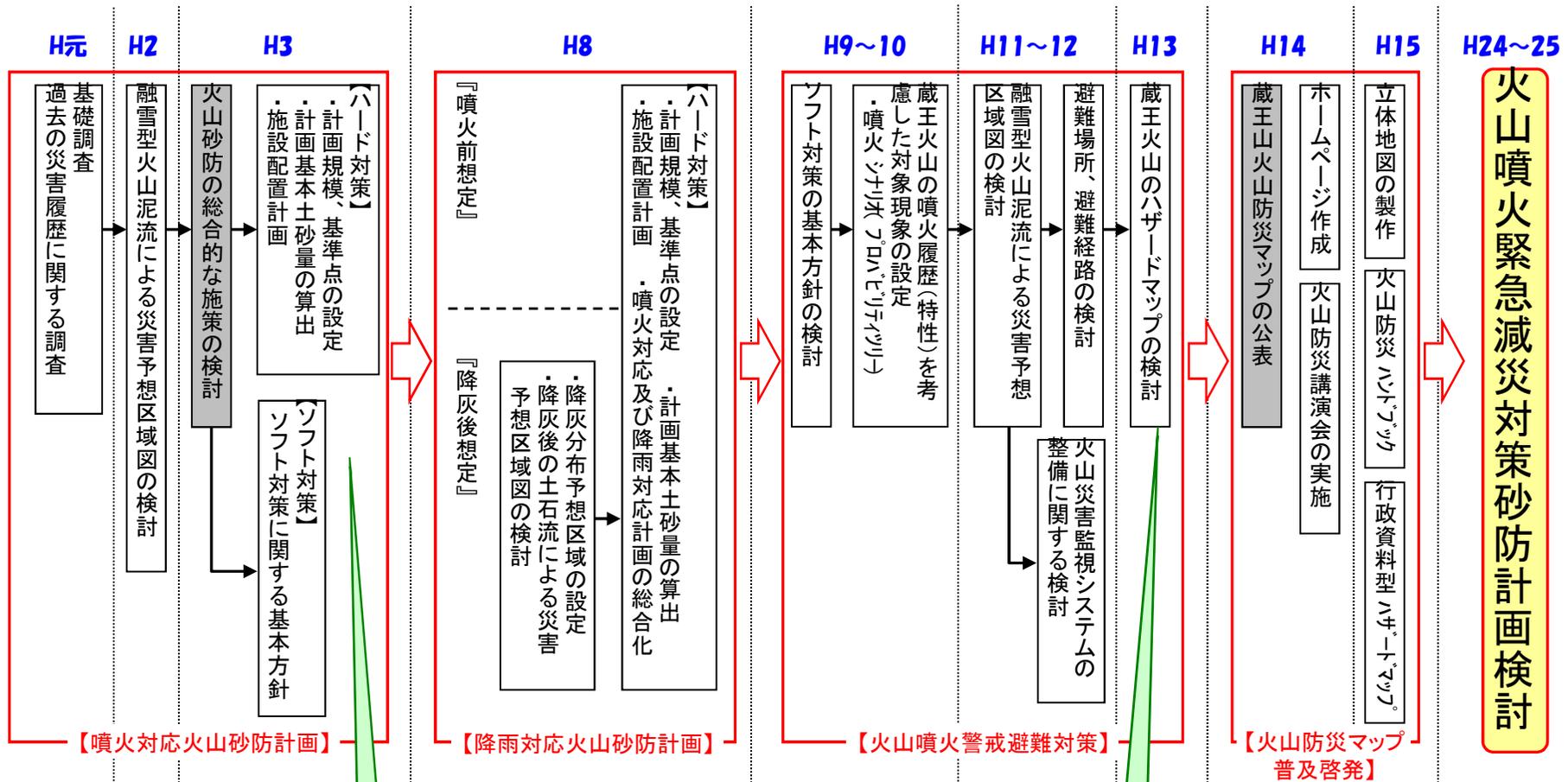
国土交通省 東北地方整備局 新庄河川事務所
国土交通省 東北地方整備局 仙台河川国道事務所
山形県 県土整備部 砂防・災害対策課
宮城県 土木部 防災砂防課

目次

1. これまでの経緯について
2. 火山噴火緊急減災対策砂防計画の概要
3. 蔵王山の現状把握
4. 噴火シナリオの作成

1.これまでの経緯について

蔵王山の火山砂防事業の経緯

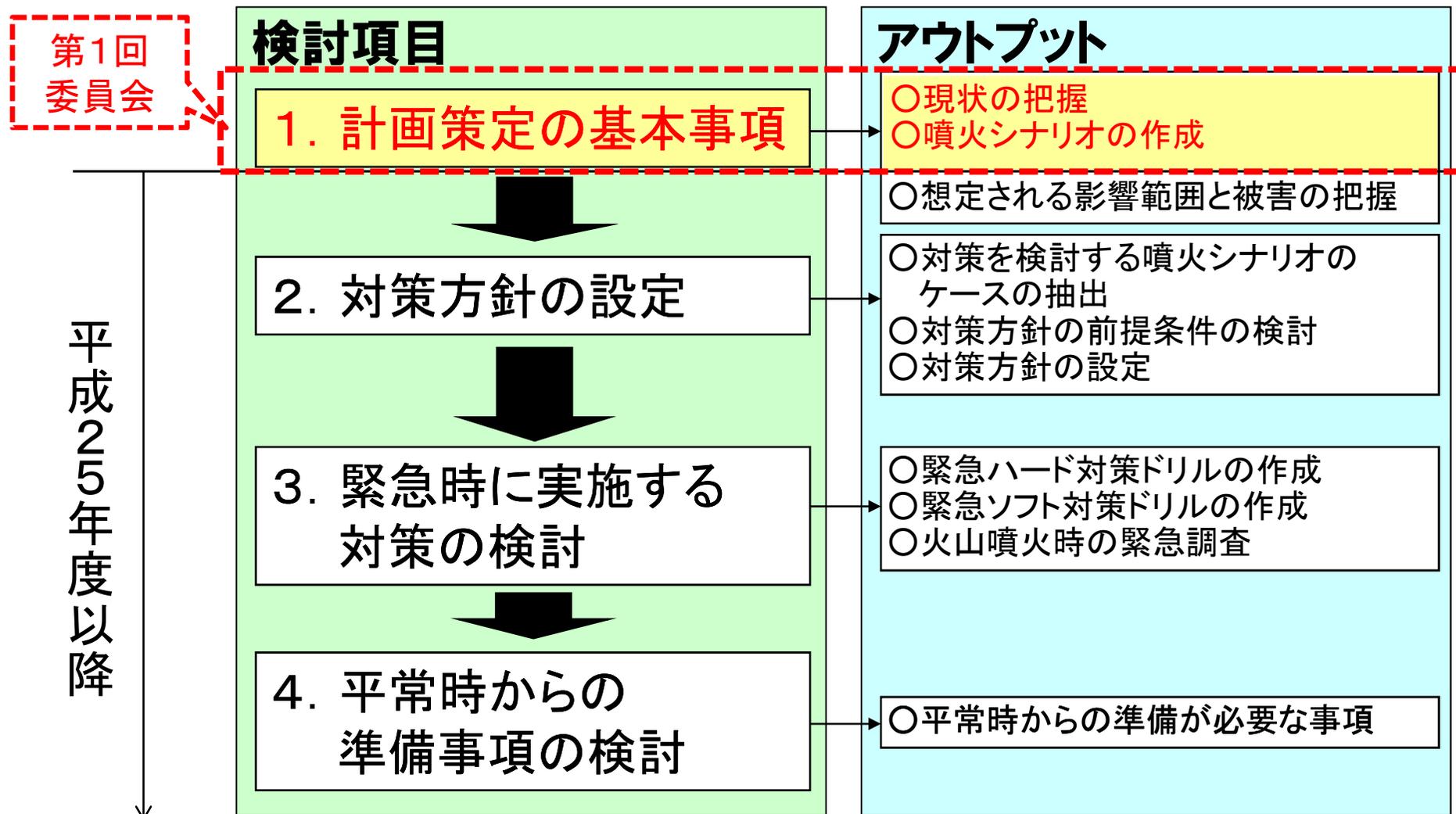


『蔵王山火山防災基本計画検討委員会』（所属は当時）
 委員長：石橋秀弘（岩手大学）
 学識委員：青木謙一郎（東北大学）、大場興志男（山形大学）
 国機関：建設省砂防課長補佐、土木研究所砂防研究室長
 宮城県：砂防課長、大河原土木事務所長
 山形県：砂防課長、山形建設事務所長
 事務局：宮城県砂防課、大河原土木事務所、山形県砂防課、
 山形建設事務所、(財)砂防・地すべり技術センター

『蔵王山火山防災マップ検討委員会』（所属は当時）
 委員長：石橋秀弘（岩手大学名誉教授）
 学識委員：浜口博之（東北大学）、伴雅雄（山形大学）、
 国機関：国総研、土研、仙台管区気象台、東北地整地域河川課長、
 宮城県：消防防災課長、砂防水資源課長、大河原土木事務所長
 山形県：消防防災課長、砂防課長、村山総合支庁建設部長、村山総合支庁企画部長
 市町村：白石市、蔵王町、川崎町、七ヶ宿町、山形市、上市市
 関係団体：遠刈田温泉旅館組合長、蔵王温泉観光協会長
 事務局：宮城県砂防水資源課、大河原土木事務所、山形県砂防課、
 村山総合支庁河川砂防課、村山総合支庁総務課、(財)砂防・地すべり技術センター

蔵王山緊急減災対策砂防計画の検討スケジュール

- ◆平成24年度に委員会を立ち上げ、噴火シナリオの議論を行う。
- ◆平成25年度以降は、対策方針、対策ドリル、平常時準備事項の検討を進め、計画のとりまとめを行う予定。

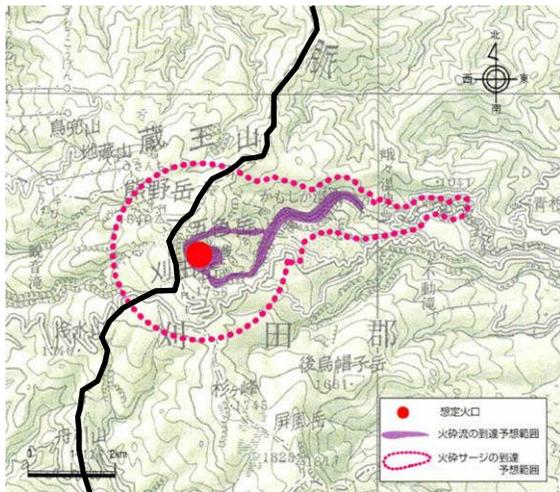


蔵王山火山防災マップの概要

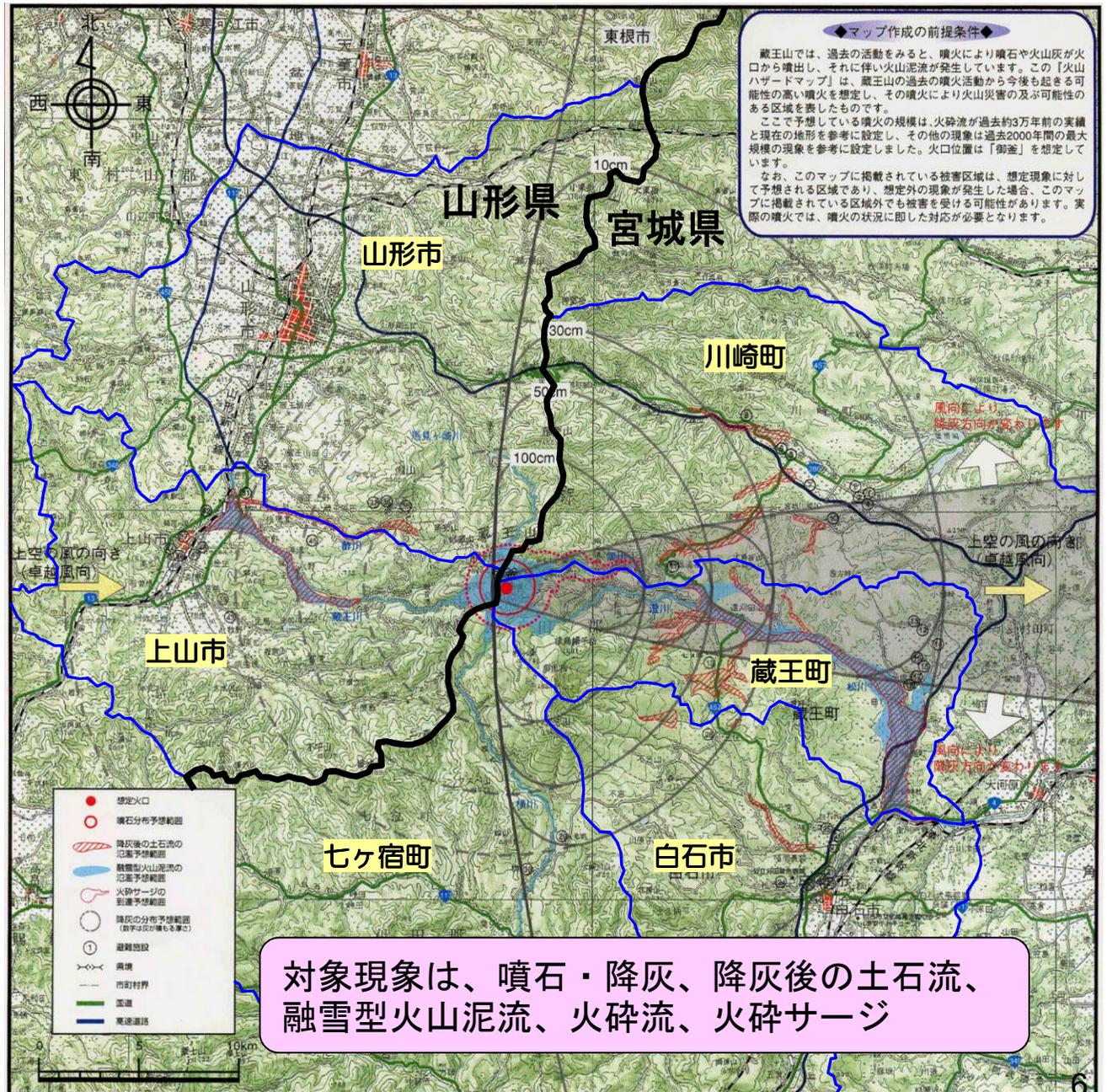
蔵王山の火山防災マップ

平成14年3月に8機関により公表された。

山形県、宮城県
山形市、上山市、白石市
川崎町、蔵王町、七ヶ宿町



火砕流の到達予想範囲



蔵王山火山防災マップの概要

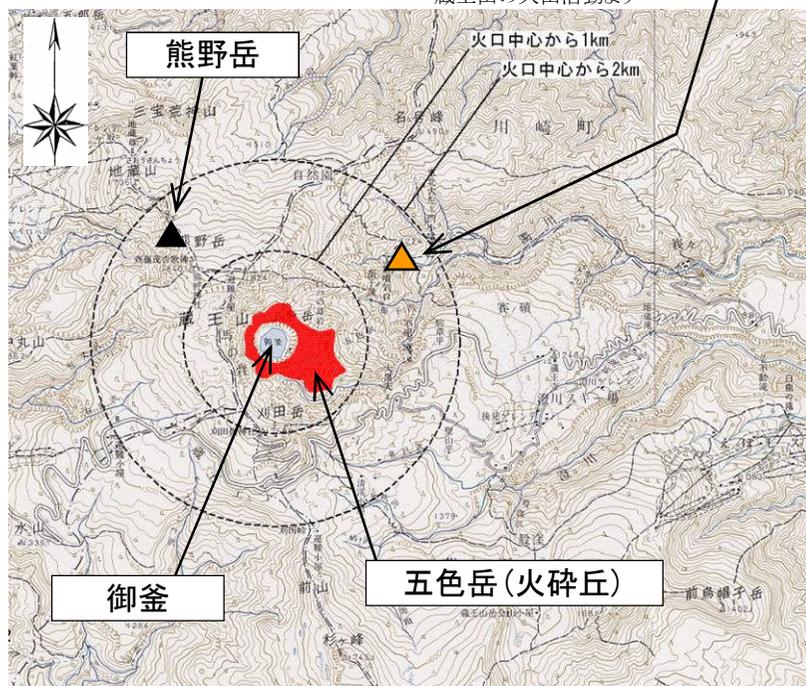
想定火口

御釜

→過去約10万年間の活動は、熊野岳・刈田岳周辺に限られ、特に1万年前以降は御釜周辺に限定されるため



気象庁:平成23年(2011年)の蔵王山の火山活動より



蔵王山御釜周辺地形図

想定現象と規模

・噴火規模: 過去2,000年間で最大規模 (Z-To5テフラ)

・噴出物量: 注) その後の研究により、噴出年代が見直された。現在では、5.8千年前の噴火と考えられている

【噴石等】

2,200万 m^3 (五色岳(火砕丘)の体積)

【降灰】

6,000万 m^3 注) その後の研究により、Z-To5テフラの噴出量は、4,000万 m^3 に修正された。

想定現象名	想定規模
噴石	・到達範囲は弾道計算 ・火口から1.2km
降灰	・噴出物量: 6,000万 m^3 ・到達範囲はジェットモデル
火砕流	・噴出物量: 120万 m^3 (3万年前の火砕流規模) ・数値シミュレーション
火砕サージ	・エネルギーコーンモデル (火砕流到達範囲から2km)
融雪型火山泥流	・噴石範囲内で融雪 ・数値シミュレーションと地形解析
降灰後の土石流	・勾配15°以上の斜面に火山灰が30cm以上堆積する溪流 ・数値シミュレーションと地形解析

2.火山噴火緊急減災対策砂防計画 の概要

緊急減災対策砂防計画の概要

雲仙普賢岳、有珠山、三宅島の噴火対応によって明らかになった課題

【国土交通省砂防部】2005年～
火山噴火緊急減災対策砂防計画の
検討を開始

【内閣府】2006年～
火山情報等に対応した火山防災対
策の検討を開始

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 2007.4)

噴火時等の避難に係る火山防災体制の
指針 (内閣府 2008.4)

火山災害の直接的影響を受ける重要
性の高い**29火山**について、火山噴火
緊急減災対策砂防計画を策定する

気象庁により『噴火警戒レベル』
が導入(2007.12.1～)

連携

連携

雌阿寒岳(北海道)、十勝岳(北海道)、樽前山(北海道)、有珠山(北海道)、
北海道駒ヶ岳(北海道)、岩木山(青森県)、秋田焼山(秋田県)、岩手山(岩手県)、
秋田駒ヶ岳(岩手県・秋田県)、鳥海山(秋田県・山形県)、
蔵王山(宮城県・山形県)、吾妻山(山形県・福島県)、安達太良山(福島県)、
磐梯山(福島県)、那須岳(栃木県)、草津白根山(群馬県)、
浅間山(群馬県・長野県)、新潟焼山(新潟県)、焼岳(長野県・岐阜県)、
御嶽山(長野県・岐阜県)、富士山(山梨県・静岡県)、伊豆大島(東京都)、
三宅島(東京都)、鶴見岳・伽藍岳(大分県)、久重山(大分県)、阿蘇山(熊本県)、
雲仙岳(長崎県)、霧島山(宮崎県・鹿児島県)、桜島(鹿児島県)

緊急減災対策砂防計画の概要

● 火山噴火緊急減災対策砂防の基本理念

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、融雪型火山泥流、土石流など

噴火災害の特徴

大規模な火山泥流や降灰後土石流等の災害は、**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。

対応

このため、**火山砂防計画**に基づき**基本対策**の計画的実施が重要。しかし、施設整備には**多くの時間と費用を要す**。

緊急減災対策砂防の目的

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（H19.4、国土交通省砂防部）



ブロック積による導流堤（浅間山での施工訓練）



霧島山（新燃岳）で実施した緊急除石工



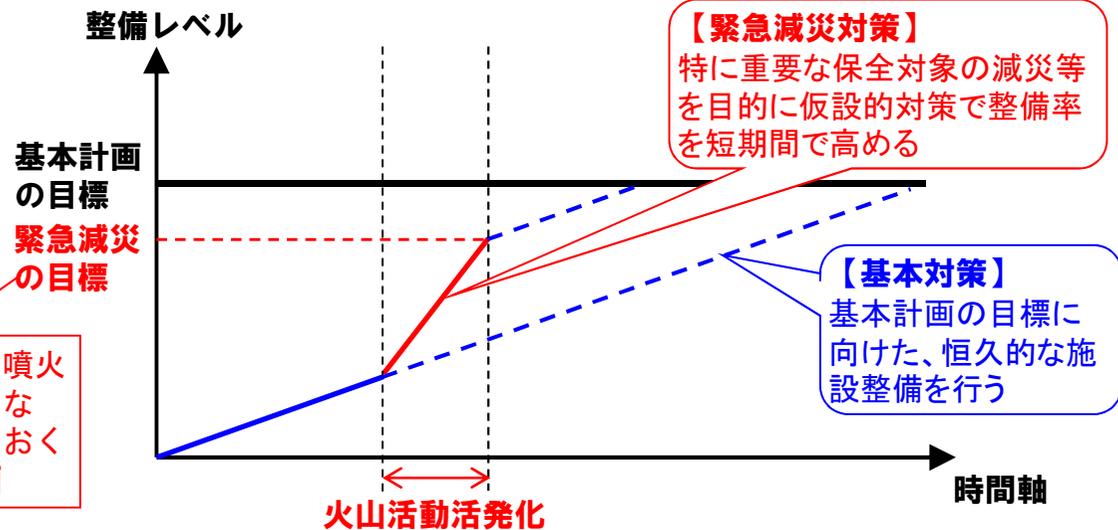
霧島山（新燃岳）の緊急対応で設置されたワイヤーセンサー（赤矢印）

緊急減災対策計画の検討方針

■ ハード対策における基本計画と緊急減災計画の関係

◎基本計画による施設整備途中段階で噴火した場合や、基本計画の想定と異なる現象が発生した場合に、限られた期間で少しでも整備レベルを高めるのが緊急減災対策である。

緊急減災対策の目標は、噴火シナリオに基づき、様々なケースを事前に想定しておく
= 緊急減災対策砂防計画



■ 対象とする現象の違い

火山防災マップおよび蔵王山火山砂防基本計画は、**過去2,000年間で最大規模**を対象に整備目標を設定

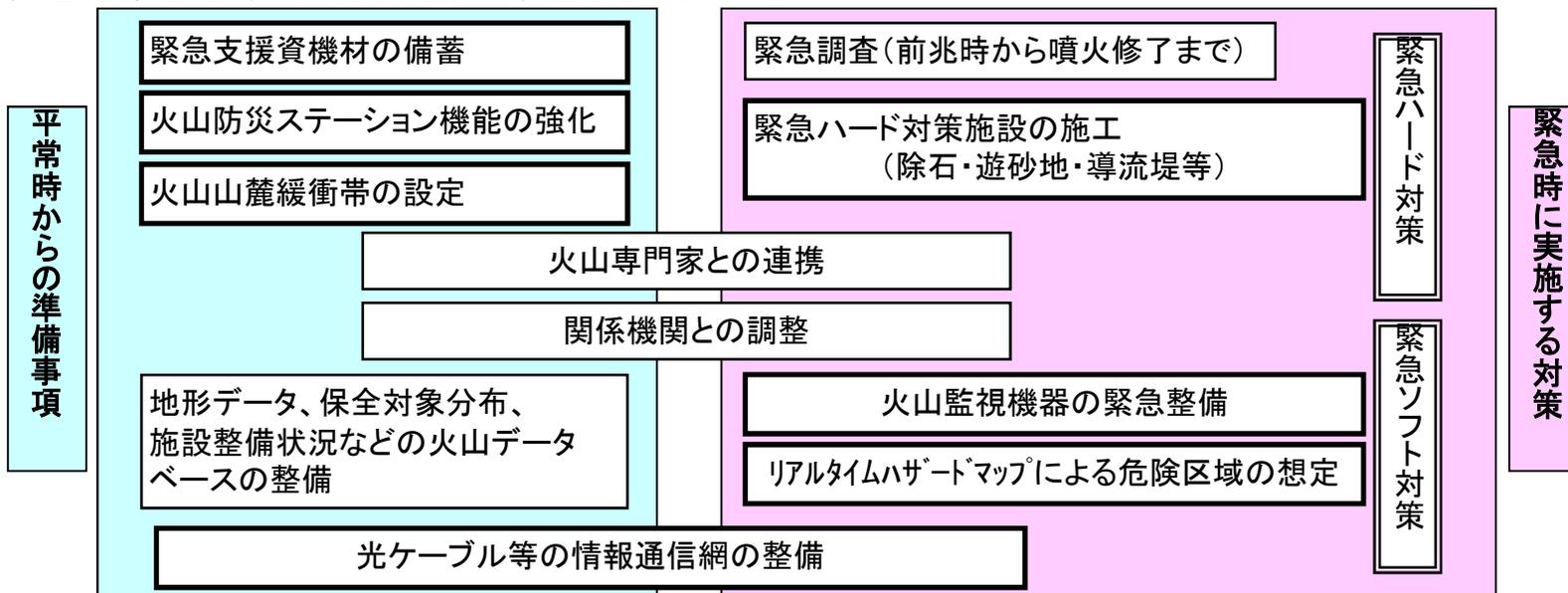
緊急減災対策では、**過去1万年程度**で発生した現象を考慮し、**中小規模の噴火も含む噴火シナリオ**を作成。緊急時に現実的に対応可能なメニューを噴火シナリオから設定する。

活火山の定義(平成15年に変更)
『概ね**過去1万年以内**に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山』

※過去1万年で最大規模の噴火を対象とする訳ではない。

緊急減災対策砂防計画の概要

緊急減災対策砂防計画で検討すること



緊急減災対策砂防計画の実施イメージ

- 平常時
- 緊急時

緊急減災対策砂防計画の概要

各機関が噴火時に実施する火山防災対策

関係機関名	火山噴火時の役割
仙台管区気象台、山形地方気象台	火山監視、火山及びその他気象に関する警報
山形県・宮城県 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、復旧復興
関係市町村	避難勧告・指示、避難所の準備、住民対応
自衛隊	災害時の支援
警察、消防	避難誘導、通行規制
環境省	国立公園の管理、避難誘導
国・県の治山部局 <small>※本委員会には林野庁のみ参加</small>	治山事業
国・県の砂防部局	緊急減災対策砂防(ハード・ソフト対策、平常時準備)
国・県の道路・運輸部局	通行規制・輸送支援
土木研究所、国土技術総合研究所 <small>※本委員会には土木研究所のみ参加</small>	緊急減災対策砂防実施のための技術支援など
国土地理院	地殻変動の監視観測、地形情報の提供など
防災公共機関(ガス会社、電力会社等)	通行規制、ライフラインの管理

本委員会の構成メンバー

緊急減災対策砂防計画の概要

● 土砂災害防止法の改正（参考）

＜正式名称＞

土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律の一部を改正する法律

【H22.11.25公布、H23.5.1施行】

※火山噴火の場合

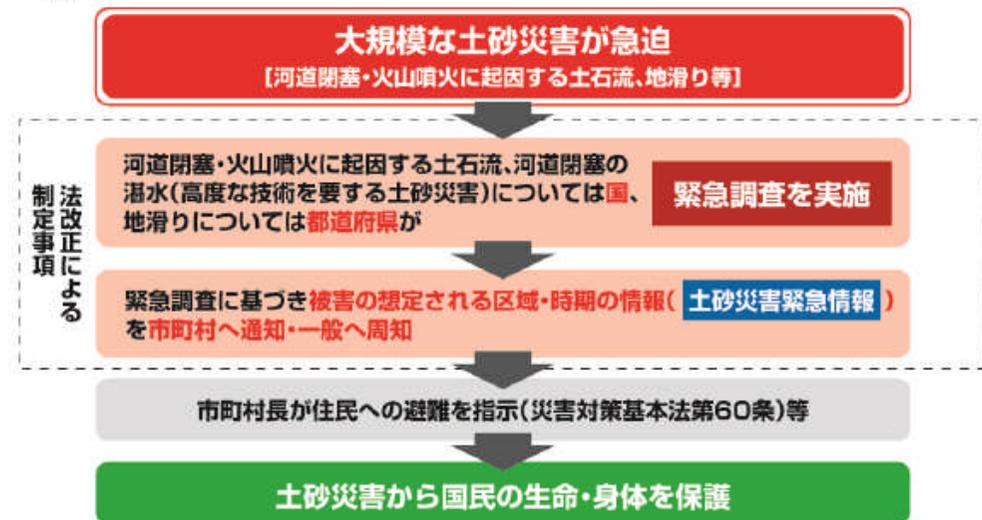
①噴火により、火山灰等が、勾配10°以上である部分の5割以上の面積の範囲で、1cm以上堆積している。

②その下流で土石流が到達する恐れのある範囲に家屋が10戸以上あること。

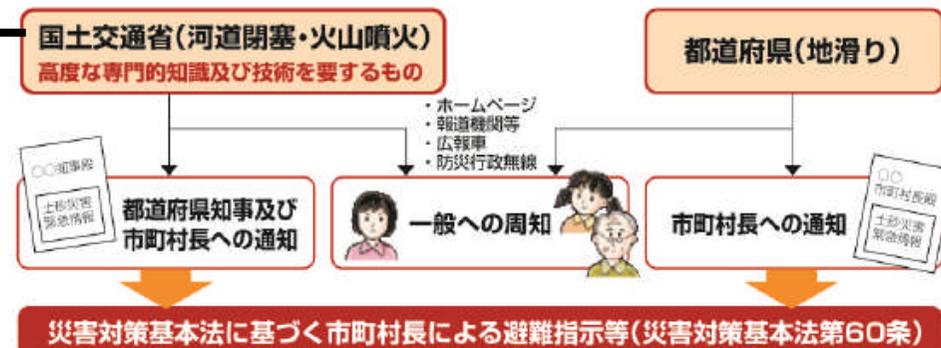
【法改正の目的】

大規模な土砂災害が急迫している状況において、市町村が適切に住民の避難指示の判断等を行えるよう特に高度な技術を要する土砂災害(河道閉塞・火山噴火に伴う土石流、湛水)については国土交通省が、その他の災害(地滑り)については都道府県が、被害の想定される区域・時期の情報を市町村に提供する。

【概要】



■土砂災害緊急情報の流れ



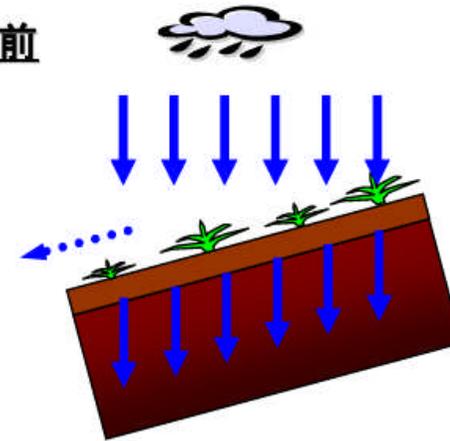
緊急減災対策砂防計画の概要

霧島山(新燃岳)における緊急調査の事例



■ 噴火により、土石流が発生しやすくなるしくみ

降灰前

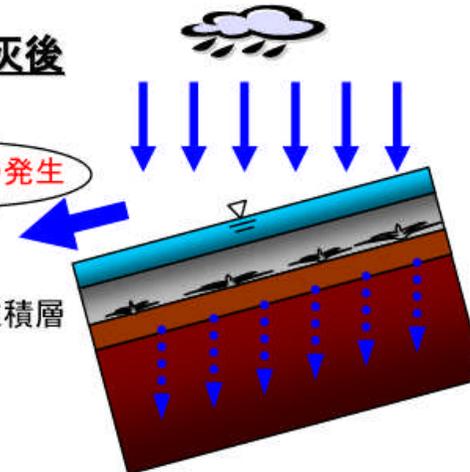


雨水はほとんど浸透し、表面流は発生しにくい。

降灰後

表面流の発生

火山灰堆積層

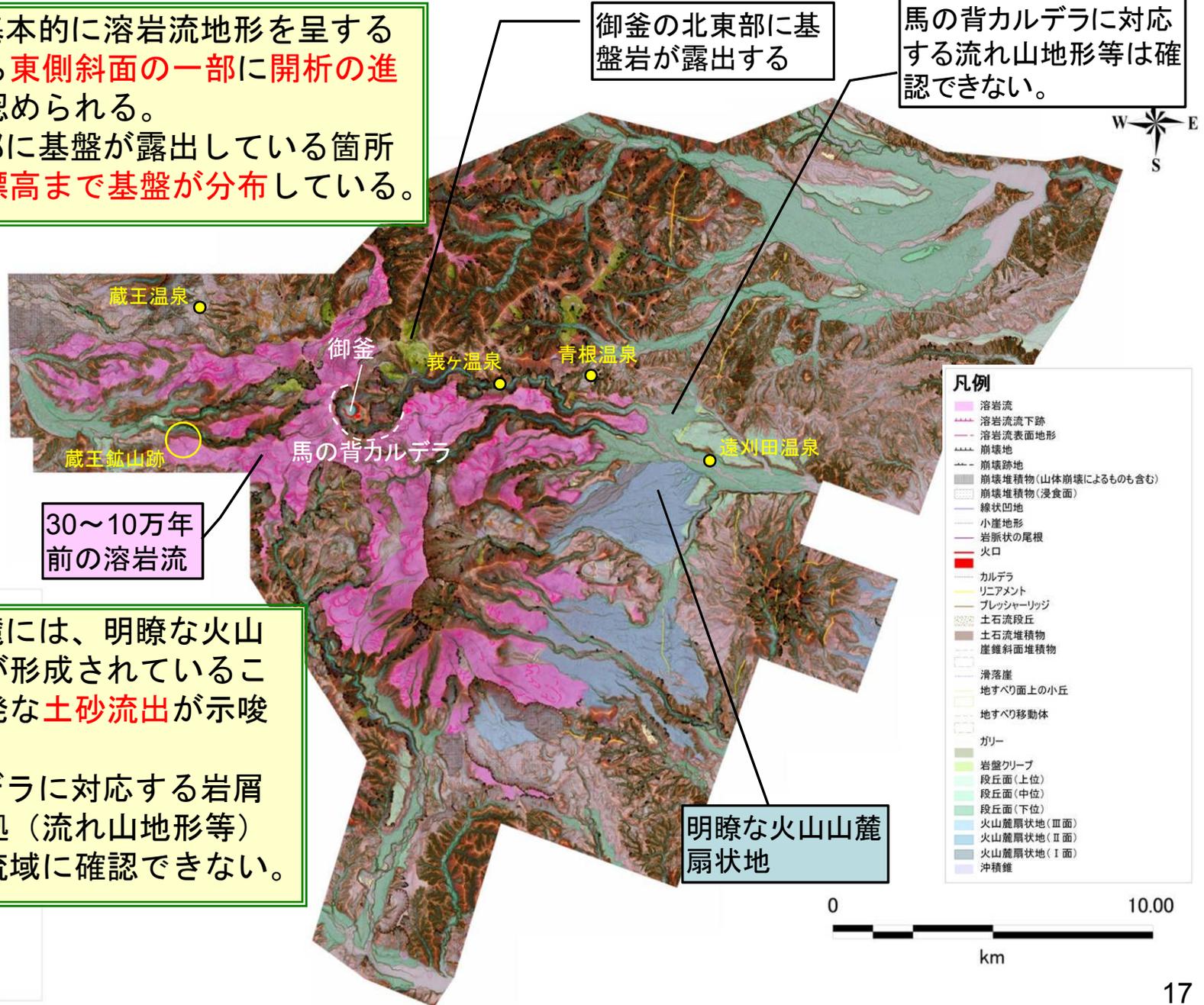


浸透能が低下し、表面流が多量に発生するようになる。

3.蔵王山の現状把握

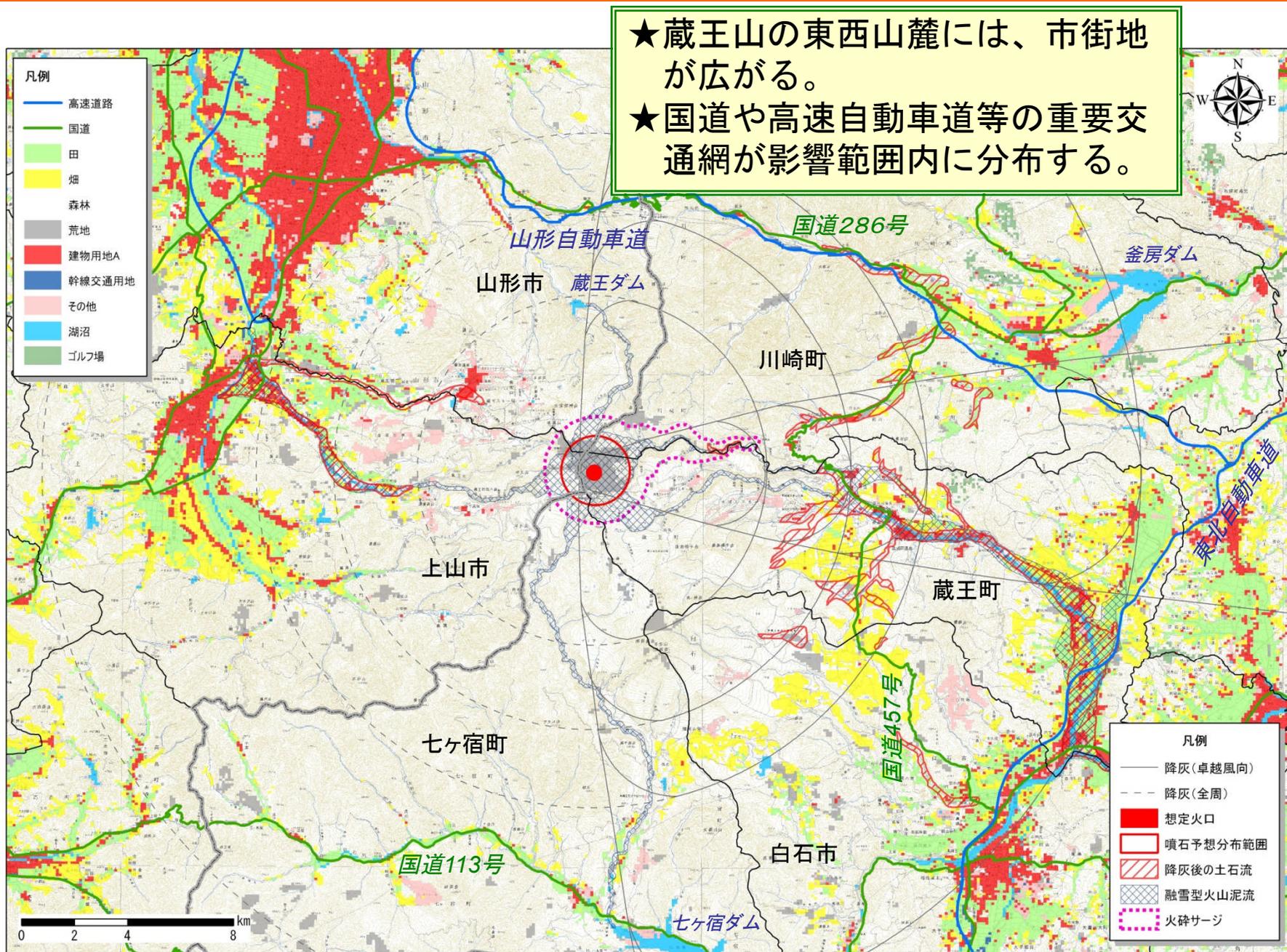
蔵王山の地形概要

- ★蔵王山は、基本的に溶岩流地形を呈するが、山頂から東側斜面の一部に開析の進んだ地形が認められる。
- ★御釜の北東部に基盤が露出している箇所があり、高標高まで基盤が分布している。



- ★山体東側山麓には、明瞭な火山山麓扇状地が形成されていることから、活発な土砂流出が示唆される。
- ★馬の背カルデラに対応する岩屑なだれの証拠（流れ山地形等）は、濁沢下流域に確認できない。

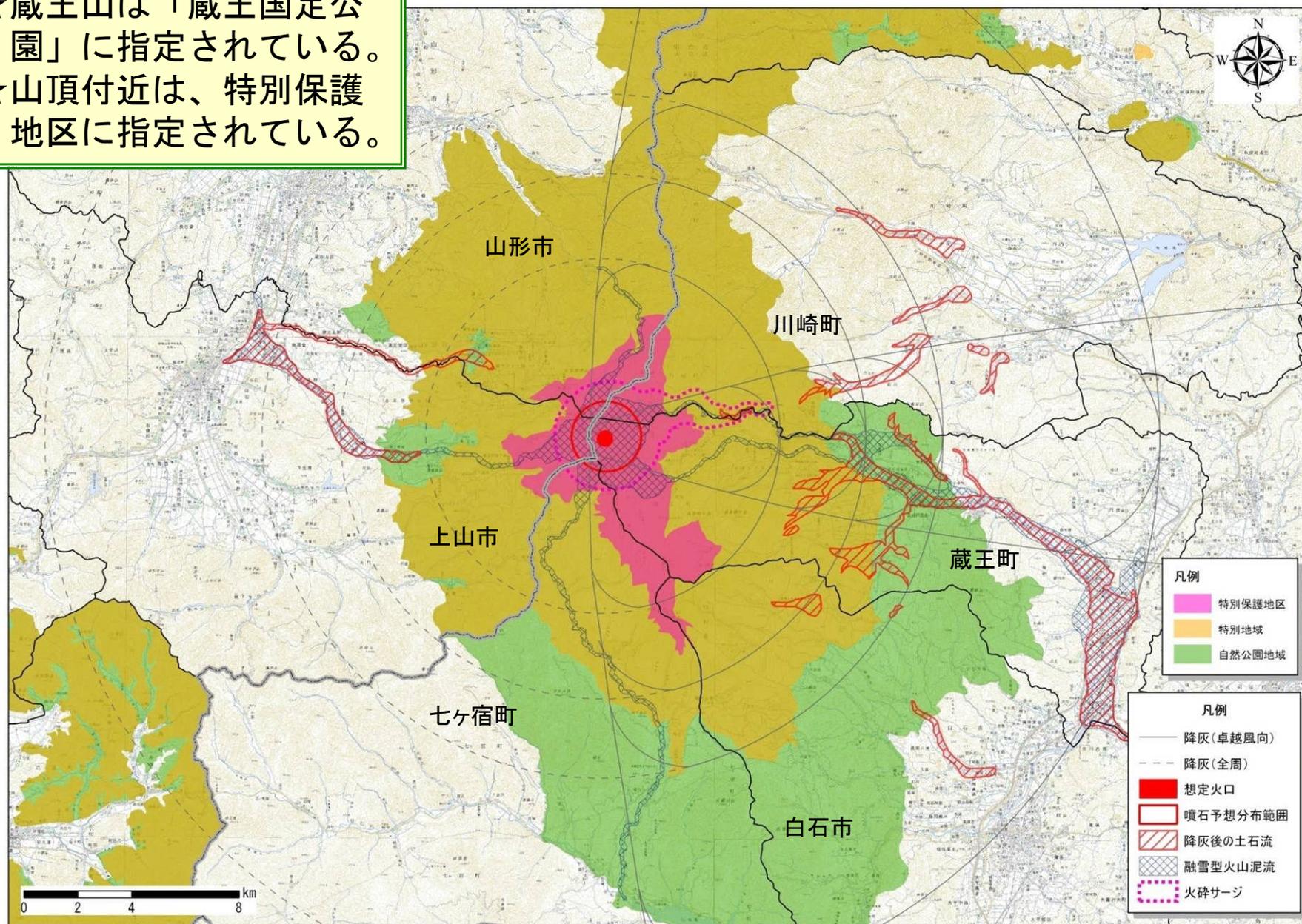
蔵王山の土地利用状況



★蔵王山の東西山麓には、市街地が広がる。
 ★国道や高速自動車道等の重要交通網が影響範囲内に分布する。

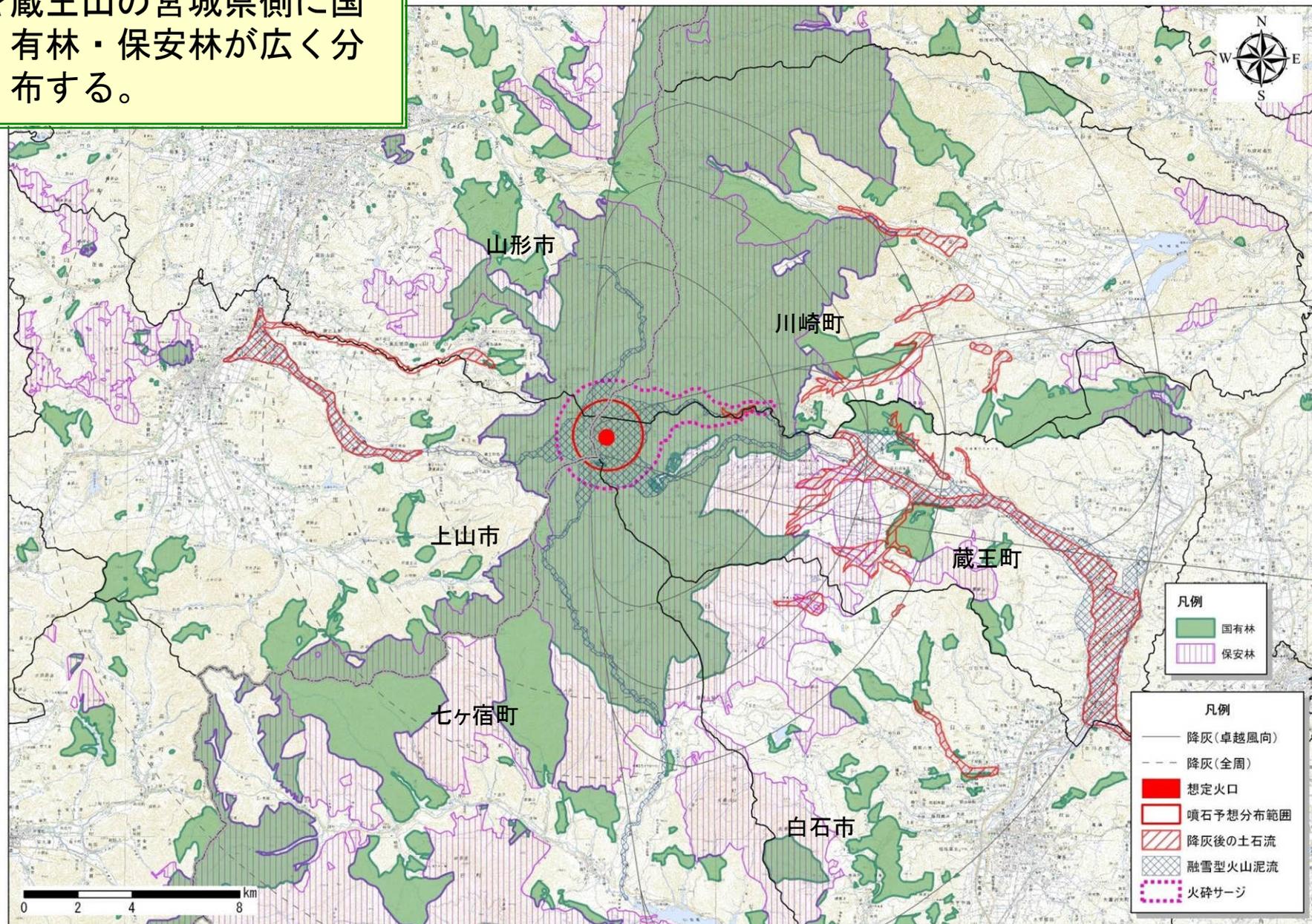
蔵王山の国定公園

- ★蔵王山は「蔵王国定公園」に指定されている。
- ★山頂付近は、特別保護地区に指定されている。



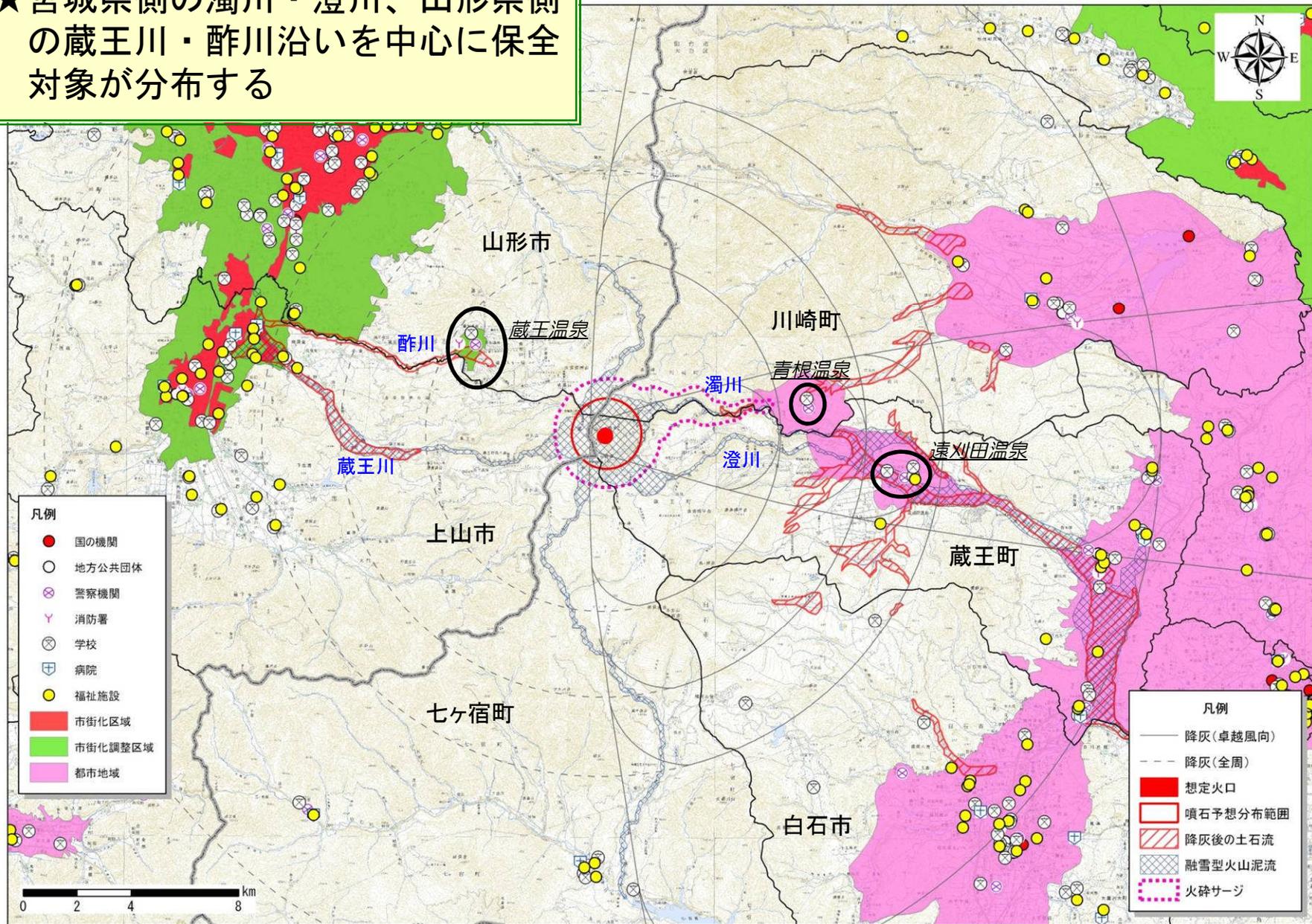
蔵王山の国有林・保安林

★蔵王山の宮城県側に国有林・保安林が広く分布する。



蔵王山の保全対象の分布状況

★宮城県側の濁川・澄川、山形県側の蔵王川・酢川沿いを中心に保全対象が分布する

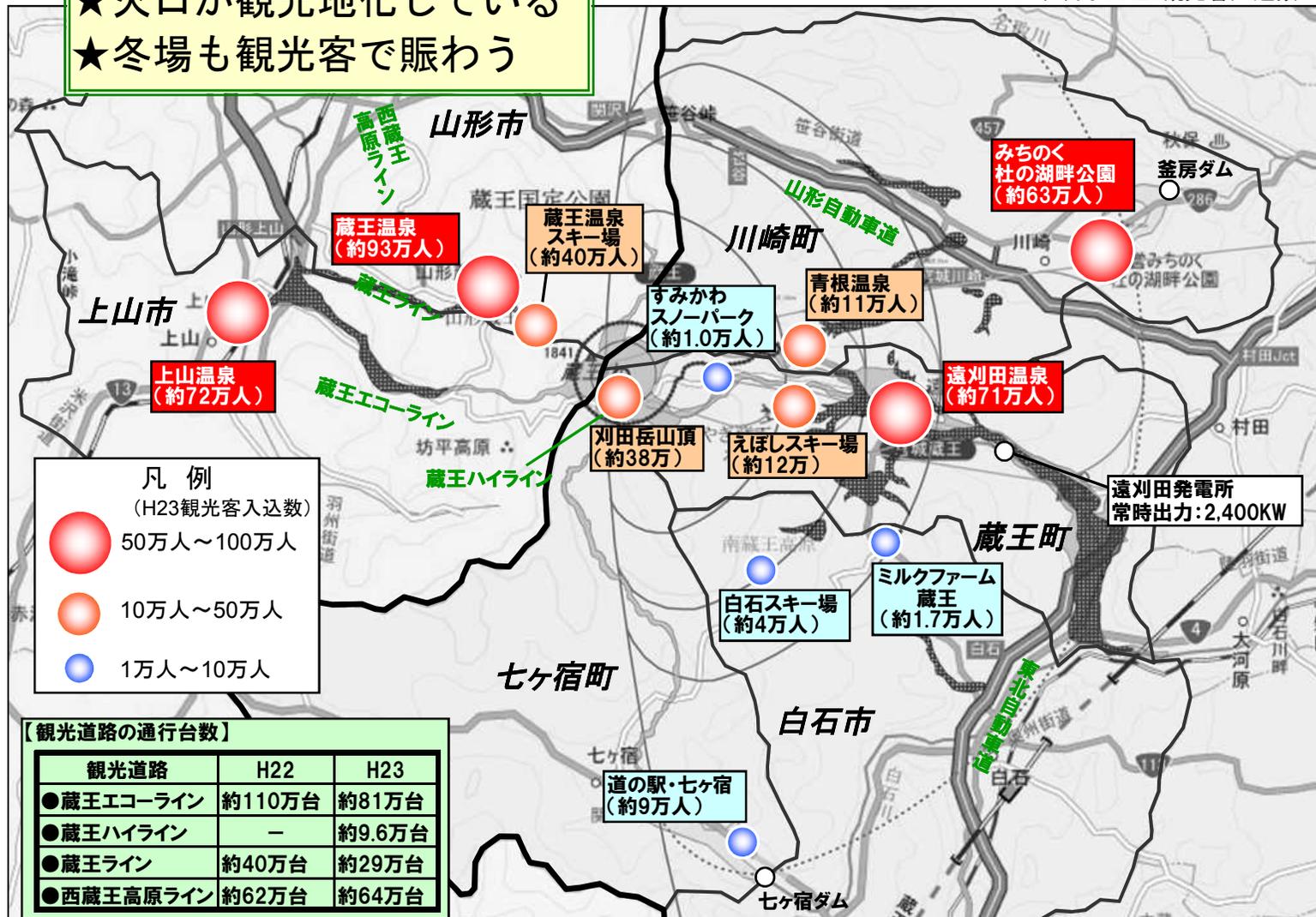


蔵王山周辺の観光地・インフラ分布状況

蔵王山周辺の観光地・インフラ分布状況

★火口が観光地化している
★冬場も観光客で賑わう

()内はH23観光客入込数



遠刈田温泉



蔵王温泉スキー場



蔵王のお釜 (五色沼)



蔵王エコーライン

(山形県側市町村)
●山形市(人口約25.4万人)
●上山市(人口約3.4万人)

(宮城県側市町村)
●白石市(人口約3.7万人) ●七ヶ宿町(人口約0.2万人)
●蔵王町(人口約1.3万人) ●川崎町(人口約1.0万人)
※人口はH22国勢調査による

〔観光入込数の出典〕

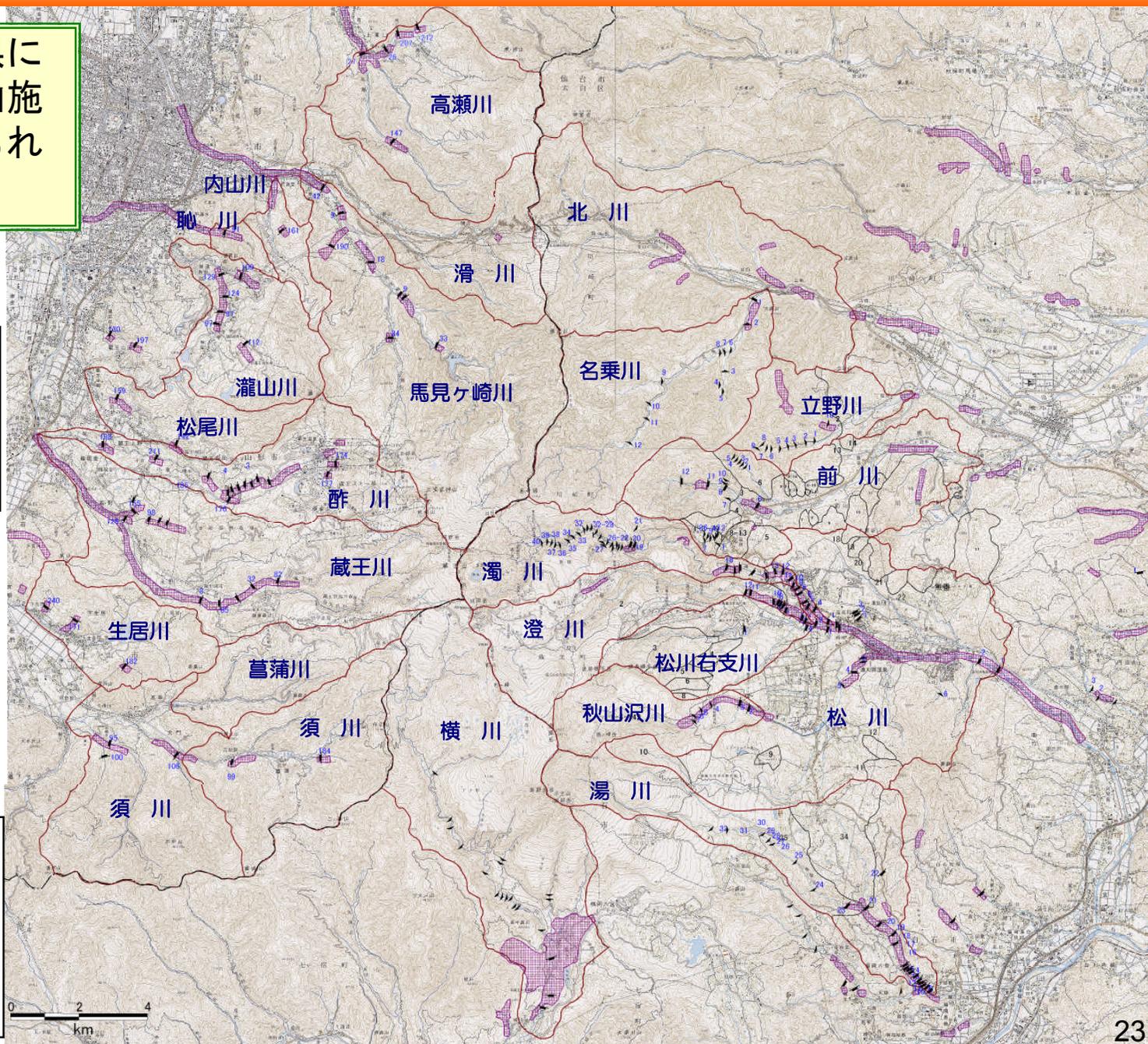
- ・平成23年観光統計概要、宮城県経済商工観光部
- ・平成23年度山形県観光者数調査、山形県商工観光部

蔵王山の現況施設配置

★山形県、宮城県により砂防・治山施設整備が進められている。

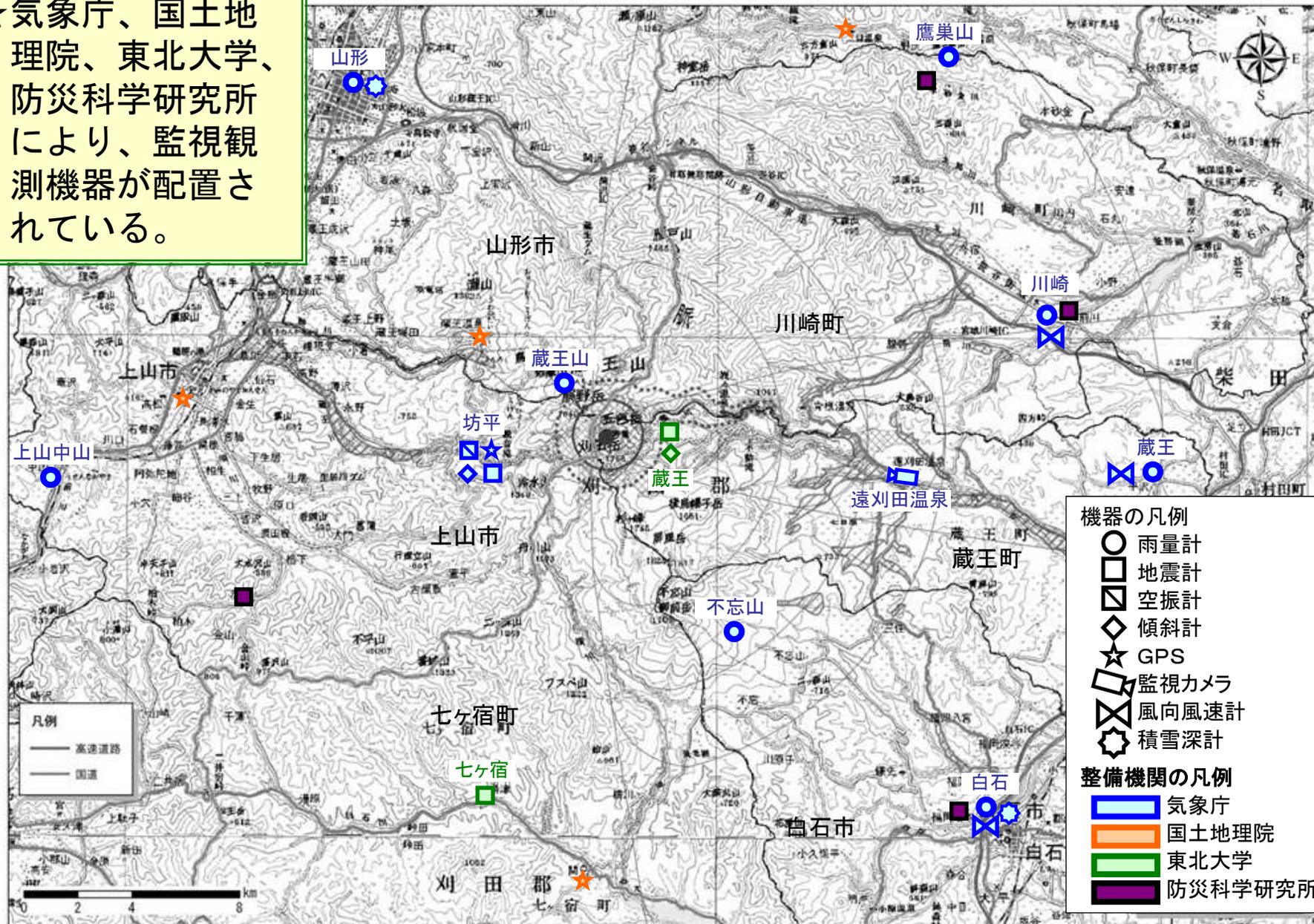
整備施設数

県	施設	基数
宮城	砂防	54
	治山	67
山形	砂防	59
	治山	181



蔵王山の監視観測体制

★気象庁、国土地理院、東北大学、防災科学研究所により、監視観測機器が配置されている。



- 機器の凡例
- 雨量計
 - 地震計
 - ▣ 空振計
 - ◇ 傾斜計
 - ★ GPS
 - (X) 監視カメラ
 - (X) 風向風速計
 - (★) 積雪深計
- 整備機関の凡例
- (blue) 気象庁
 - (orange) 国土地理院
 - (green) 東北大学
 - (purple) 防災科学研究所

蔵王山の監視観測体制

蔵王山の火山活動解説資料（平成 24 年 12 月）

仙台管区气象台
火山監視・情報センター

火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は認められません。
平成 19 年 12 月 1 日に噴火予報（平常）を発表しました。その後、予報警報事項に変更はありません。

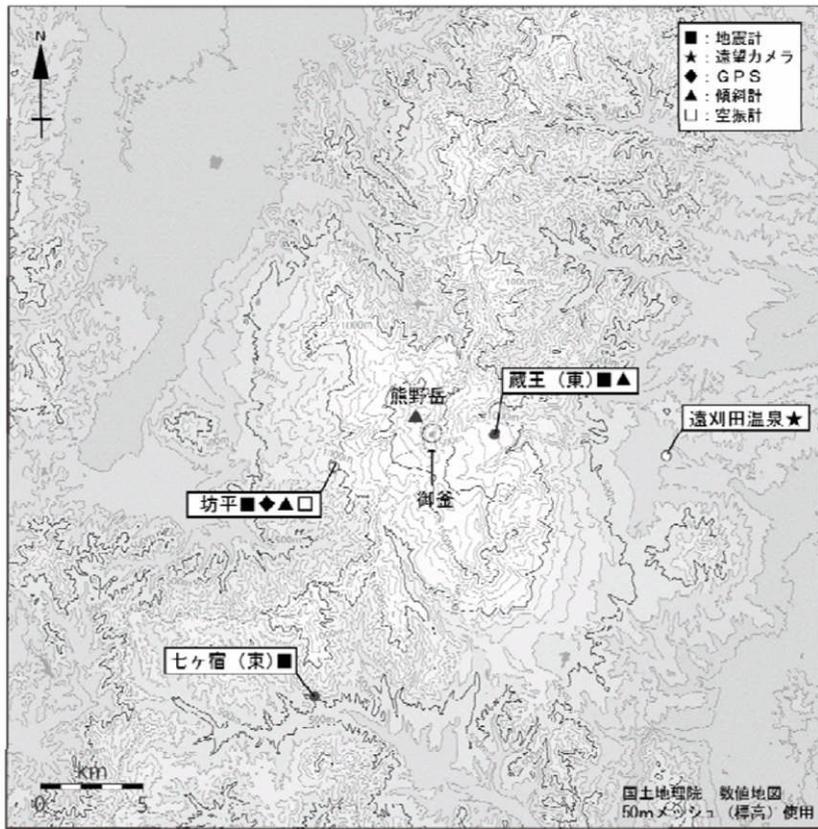


図 4 蔵王山 観測点配置図

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。
(東) : 東北大学

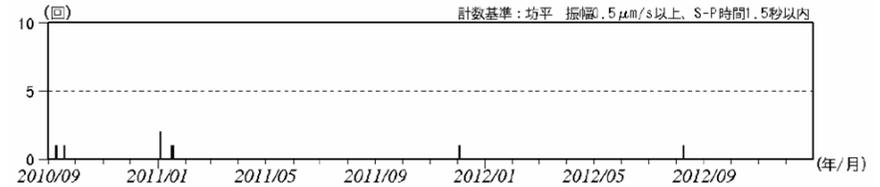


図 2 蔵王山 火山性地震の日別回数 (2010 年 9 月～2012 年 12 月)
2010 年 9 月 1 日から観測開始。

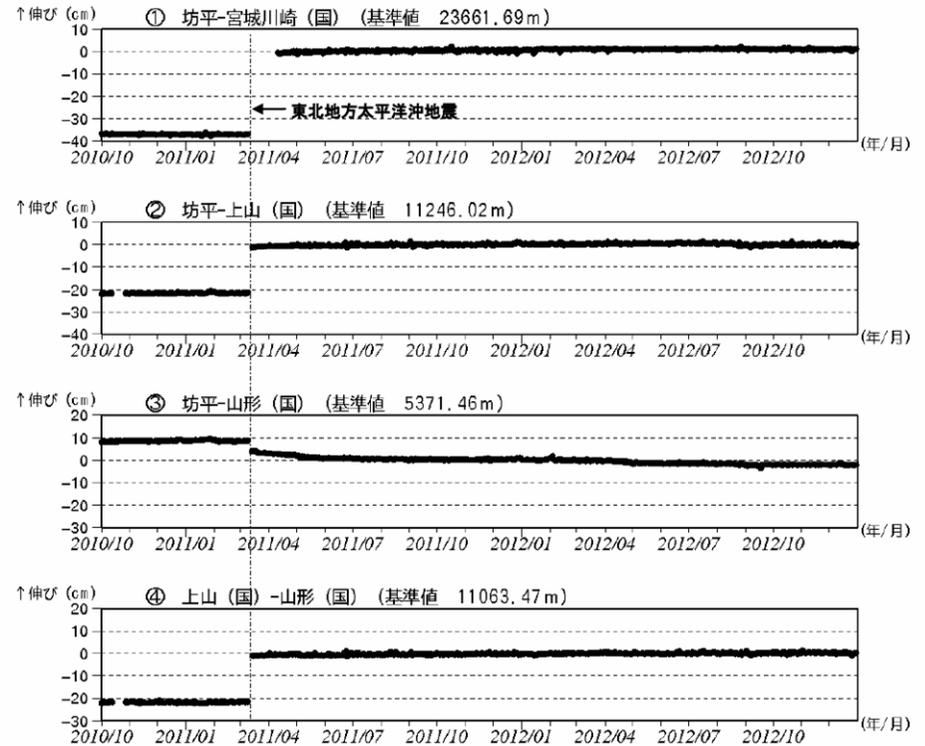


図 3* 蔵王山 GPS 基線長変化図 (2010 年 10 月～2012 年 12 月)

- ・ 2011 年 3 月 11 日以降の変動は、東北地方太平洋沖地震による影響であり、火山活動によるものではないと考えられます。
- ・ ①～④は図 5 の GPS 基線①～④に対応しています。
- ・ グラフの空白部分は欠測を表しています。

蔵王山 [噴火予報 (平常)]

27 日 09 時台に、蔵王山付近のやや深い場所が震源と推定される低周波地震が連続して発生しました。22 日 (期間外) にも同様の現象が発生しており、今回はそれよりも小さい地震でした。28 日以降、火山性地震は観測されていません。

地殻変動観測では、22 日と 27 日の低周波地震に関連する変化はみられていません。

現在のところ、浅部の地震活動などの火山活動の高まりを示すような現象は観測されておらず、ただちに噴火する兆候は認められません。

蔵王山周辺市町村の地域防災計画記載項目

蔵王山を取り巻く両県、ならびに関係市町の地域防災計画には、火山災害対策に関する記載が有る。→ 今後蔵王山がレベル化されると改訂が必要

山形県地域防災計画書

●火山災害対策計画 有り(7ページ分)

- 1)計画の概要
- 2)計画の体系
- 3)計画対象火山と予想される被害
- 4)危険区域の想定と周知
- 5)火山噴火に対応した土砂災害対策
- 6)観測体制の整備
- 7)噴火警報等の伝達
- 8)火山防災協議会の設置等
- 9)避難体制の整備
- 10)避難の実施及び解除
- 11)降灰対策の実施

山形市地域防災計画書

●火山災害予防計画 有り(7ページ分)

- 1)防災環境
- 2)火山情報等の発表及び伝達
- 3)事前措置及び方法

●火山災害対策計画 有り(2ページ分)

- 1)避難計画
- 2)被災者等の救出
- 3)交通規制
- 4)隣接市町等の協力体制
- 5)その他の応急対策

上山市地域防災計画書

●火山災害予防計画 有り(1ページ分)

- 1)予想される現象及び被害
- 2)危険区域等の周知

●火山災害対策計画 有り(2ページ分)

- 1)火山情報の伝達
- 2)上山市災害対策本部の設置
- 3)避難計画
- 4)火山ガスによる危害の防止
- 5)降灰対策の実施

七ヶ宿町地域防災計画書

●火山災害応急対策 有り(2ページ分)

- 1)配備体制の確立
- 2)情報の収集伝達
- 3)警戒区域の設定・避難勧告・避難指示
- 4)入山規制の実施
- 5)交通規制の実施

宮城県地域防災計画書

●火山災害予防対策 有り(5ページ分)

- 1)防災事業の推進
- 2)火山情報等の収集、伝達
- 3)異常現象発見の通報

●火山災害対策計画 有り(2ページ分)

- 1)計画避難対策
- 2)現場における救出

白石市地域防災計画書

●火山対策計画 有り(6ページ分)

- 1)平常時対策(防災思想の普及、防災訓練の実施、避難計画の策定、火山活動観測に対する協力、異常現象発見者の通報)
- 2)災害応急対策(火山情報の通報および伝達、避難活動、交通の制限)
- 3)災害復旧計画(被災施設の復旧等、被災者等の生活再建等の支援、被災中小企業の復興その他経済復興の支援)

川崎町地域防災計画書

●火山災害予防対策 有り(6ページ分)

- 1)蔵王山の概要
- 2)防災事業の推進
- 3)警戒地域
- 4)火山情報の種類と発表基準
- 5)火山情報の内容
- 6)火山情報の通達及び伝達
- 7)異常現象発見の通報

●火山災害の警戒避難対策 有り(1ページ分)

- 1)災害情報の収集・伝達
- 2)警戒避難対策
- 3)救出

蔵王町地域防災計画書

●火山対策計画 有り(8ページ分)

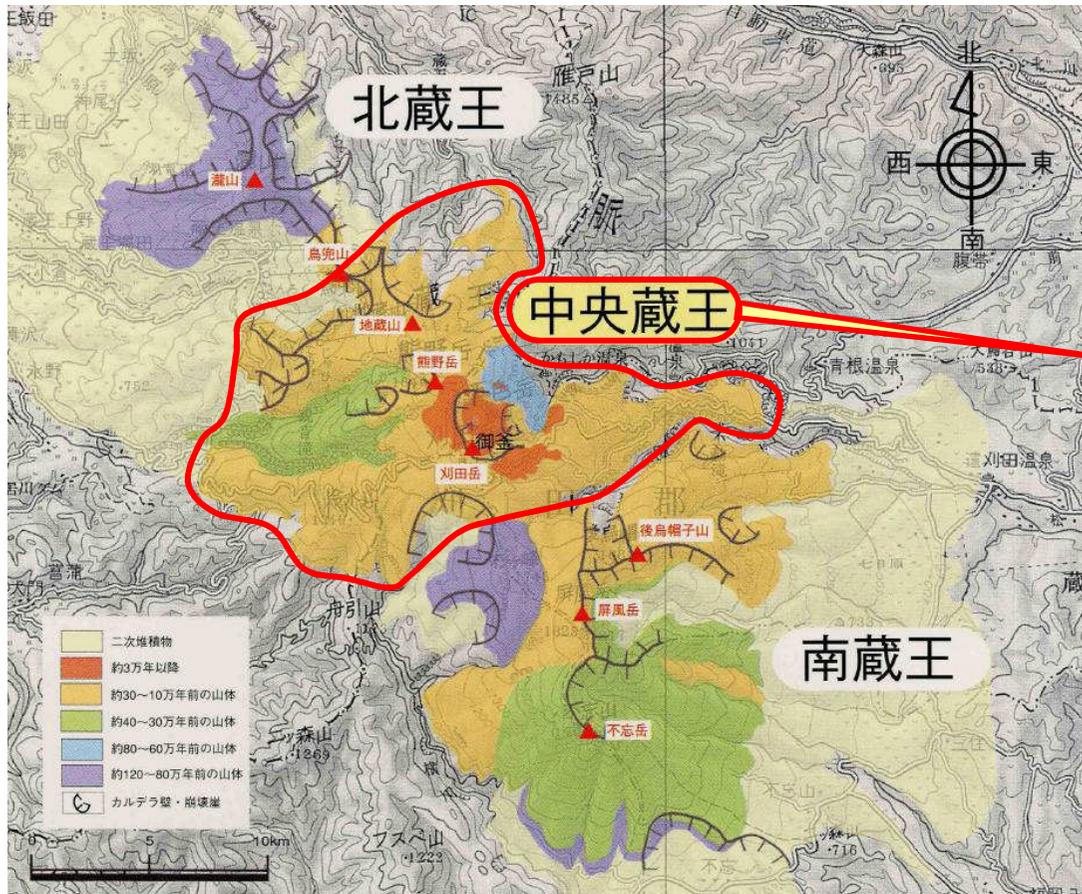
- 1)平常時対策(防災思想の普及、防災訓練の実施、避難計画の策定、火山活動観測に対する協力、異常現象発見の通報)
- 2)災害応急対策(火山情報の通報および伝達、避難活動、交通の制限、社会秩序維持活動)
- 3)災害復旧計画(被災施設の復旧等、被災者等の生活再建等の支援、被災中小企業の復興その他経済復興の支援)

4. 噴火シナリオ(案)の作成

蔵王山火山の活動履歴

蔵王山の形成史

- ・年代の異なる複数の火山活動により出来た「火山群」。
- ・北蔵王は約200～100万年前、南蔵王は約100～10万年前に活動。
- ・現在活動しているのは中央蔵王で、約100万年前から活動を開始。
- ・最近10万年間は、御釜とその周辺で噴火。火山灰等も多く噴出。



蔵王山の火山噴出物の分布図

中央蔵王の概略活動史

約3万年前：
爆発的な噴火
〔玄武岩質安山岩マグマ〕

約30～10万年前：
南北に連なる多数の火口から
多数の溶岩流流出
〔安山岩質マグマ〕

約80～60万年前：
大きな湖（おそらくカルデラ湖）
の中の噴火
〔玄武岩質マグマ〕

※H24.10.31蔵王山緊急減災勉強会での伴教授の講演資料より

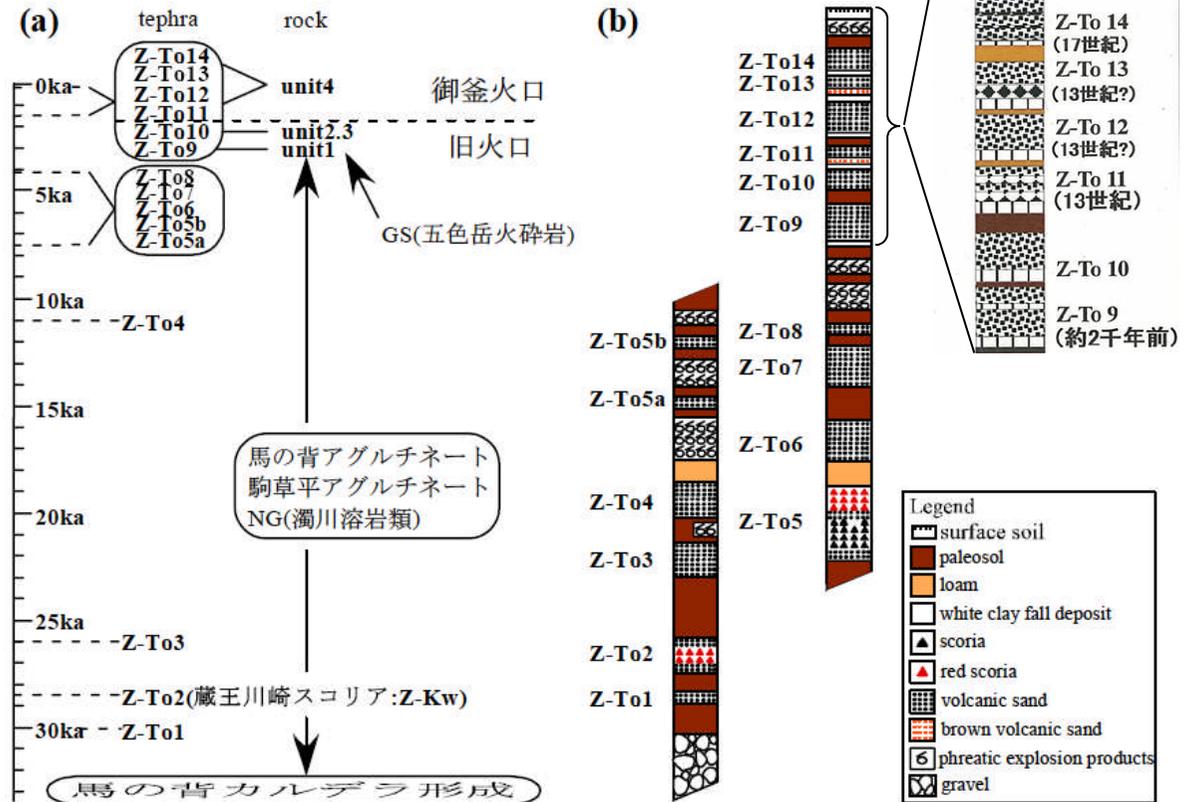
蔵王山火山の活動履歴

● 過去約1万年間の活動（最新の知見）

- ・馬の背カルデラ形成（約3万年前）以降、19層のテフラが確認された
- ・過去1万年間では、15層（Z-To5a～1895年堆積物）
- ・このうち2千年より新しいテフラでは、マグマ噴火に先行する水蒸気爆発の白色のテフラ（最大 $6.9 \times 10^6 m^3$ [690万 m^3]）がセットで確認
- ・マグマ噴火の最大規模は、約4.5千年前および約5.3千年前の $50 \times 10^6 m^3$ [5,000万 m^3]

テフラ名	年代	マグマ噴火の噴出量 ($\times 10^6 m^3$) (DRE)	先行する水蒸気爆発の噴出量 ($\times 10^6 m^3$) (DRE)
1895年 水蒸気爆発	1895年		
Z-To16	19世紀後半	3.7	0.035
Z-To15	18世紀	1.6	
Z-To14	17世紀	17	0.28
Z-To13	13世紀?	6.7	2.2
Z-To12	13世紀?	18	2.2
Z-To11	13世紀	9.2	6.9
Z-To10	約1.1千年前	9.7	3.9
Z-To9	約2.0千年前	16	6.8
Z-To8	約4.1千年前	50	
Z-To7	約4.5千年前	50	
Z-To6	約5.3千年前	50	
Z-To5	約5.8千年前	40	
Z-To5b	約6.1千年前	20	
Z-To5a	約7.5千年前	15	

御釜火口での活動

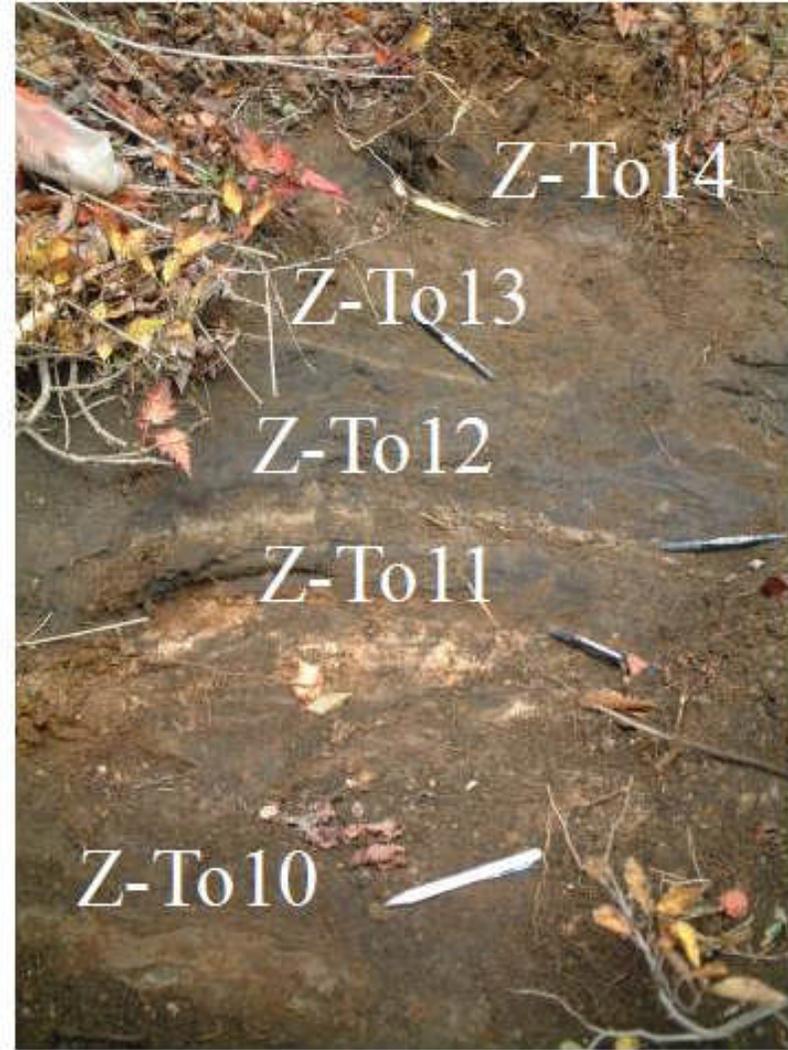
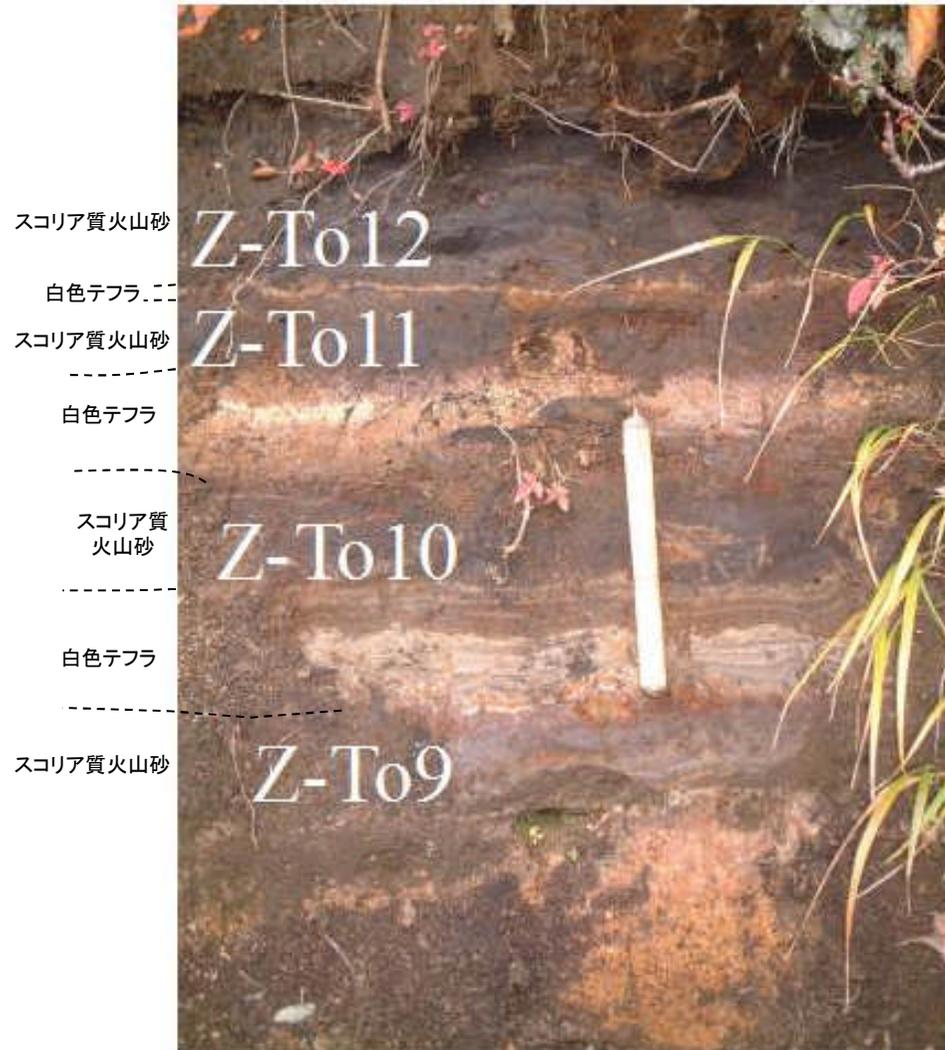


最近約3万年間の噴火層序図

※1)伴雅雄・佐川日和(2005):蔵王山,約7.5~4.1kaのマグマ供給系.月刊地球,号外No.52,53-59.
 ※2)三浦光太郎(2006):蔵王火山の活動史と巡検案内,火山若手の会講演要旨

蔵王山火山の活動履歴

● 過去約1万年間の活動（最新の知見）



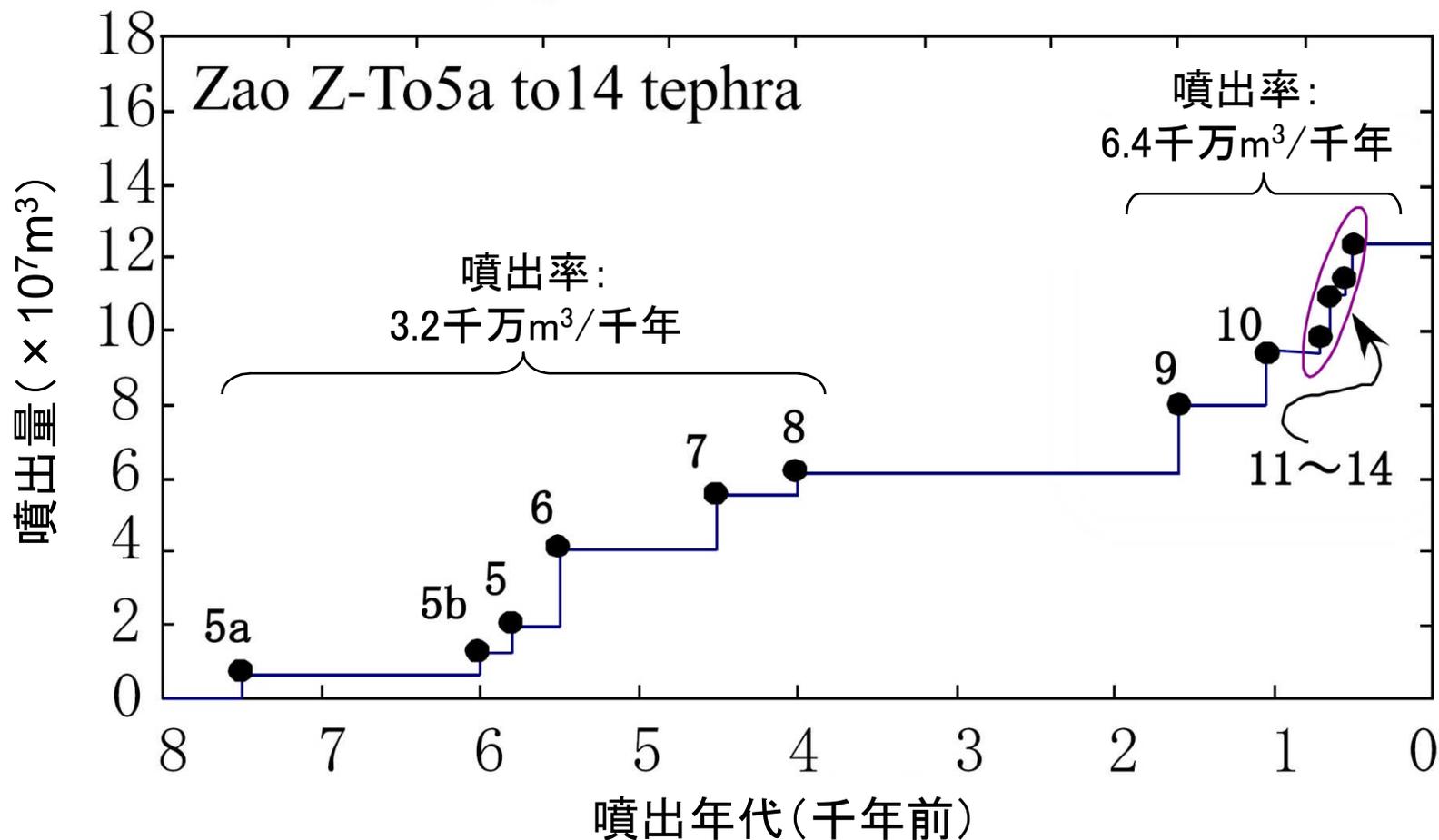
御釜東方約2km地点のZ-To9～14テフラ(スコリア質火山砂)
各スコリア質火山砂の下位に水蒸気爆発堆積物(白色のもの)
が認められる

資料提供)山形大学理学部 伴教授

蔵王山火山の活動履歴

蔵王山の階段ダイアグラム

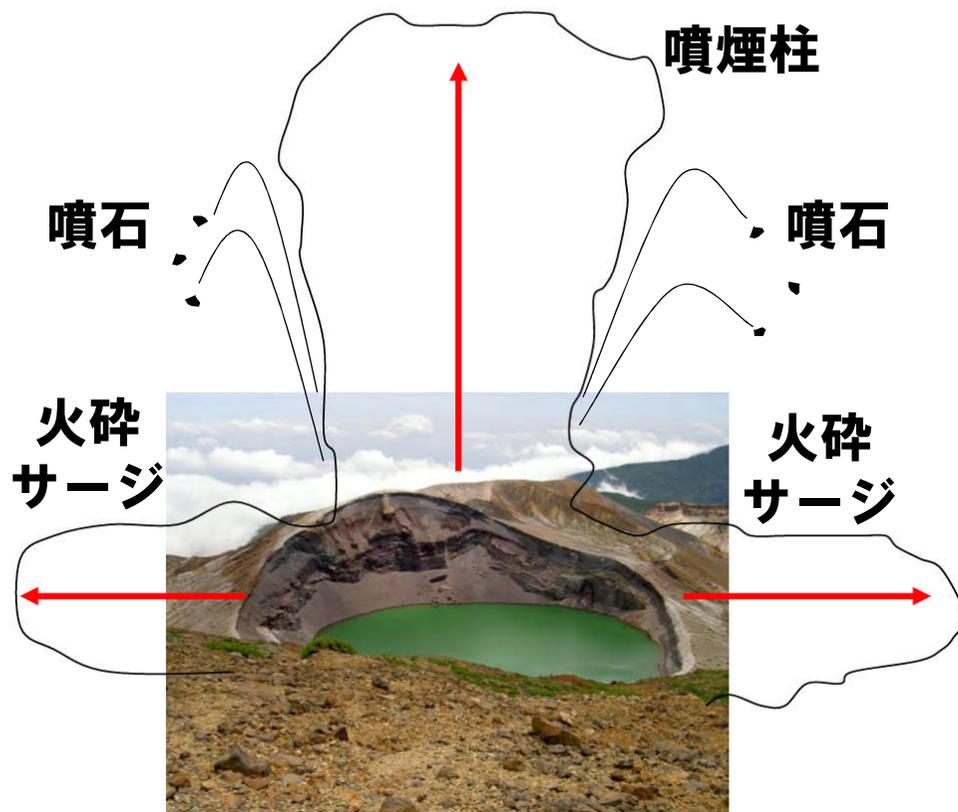
- ・約7.5千年前～4.1千年前の活動と、約2.0千年前から現在にいたる活動に分けられる。
- ・最近2.0千年間の噴出率は、約 $6.4 \times 10^7 \text{m}^3$ [6千4百万 m^3 /千年]程度である。



※H24.10.31蔵王山緊急減災勉強会での伴教授の講演資料より

蔵王山火山の活動履歴

- 近年（過去約2千年間）の噴火の特徴
 - ・先行する水蒸気爆発→マグマ水蒸気爆発へ移行する例が多い。
 - ・マグマ水蒸気爆発では、噴煙柱とともに火砕サージが横方向へ発生する。



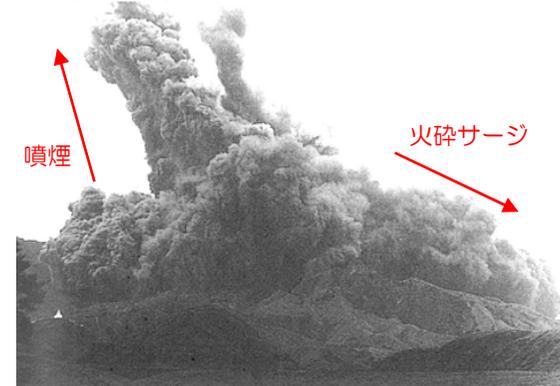
約2千年前以降のマグマ水蒸気爆発の概念図

※H24.10.31蔵王山緊急減災勉強会での伴教授の講演資料より

【火砕サージ】

水蒸気（マグマ水蒸気）爆発の際、火山灰や噴石などを含む噴煙が火口から横方向へ流れ下る現象が見られる。

これが火砕サージと呼ばれ、岩石を多く含む流れである”火砕流”と区別されている。



阿蘇山1979(昭和59)年噴火で発生した火砕サージ
上方に立ち上る噴煙と別に横方向に広がる噴煙が火砕サージ



蔵王山で見られる
火砕サージの堆積物

写真提供)山形大学理学部 伴教授

蔵王山火山の活動履歴

● 有史以降の活動記録

- ・西暦1230年以降、複数の噴火記録が残されている
- ・最新の噴火記録は1895年(明治28年である)。
- ・1821年や1867年および1895年の噴火では火山泥流が発生し、被害を生じた
- ・最近では、1990年に群発地震が発生。

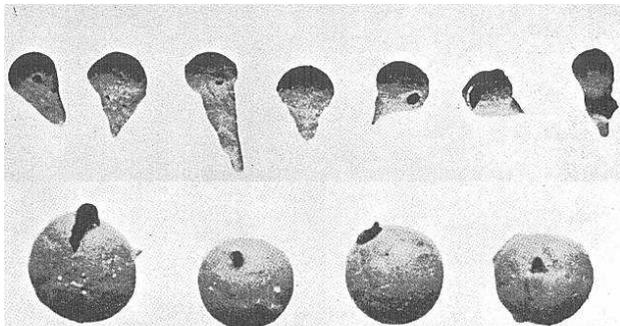
昭和14年に見られた御釜の異常



昭和14年7月～11月水温変化表

月日	7.25	8.23	9.16	10.14	11.3
水深					
0 m	—	15.8°	15.2°	22.0°	24.5°
1	13.5°	—	—	—	—
5	12.2	15.1	16.3	—	—
10	11.6	14.9	16.2	—	—
15	11.0	14.9	16.2	—	—
17	10.6	—	—	—	—
18	10.0	—	—	—	—
19	8.3	—	—	—	—
20	6.2	15.0	14.0	—	25.0
25	6.0	8.9	14.0	—	25.5
30	6.0	8.9	12.1	—	67.0
35	7.0	8.9	11.9	—	75.0
37	8.7	—	—	—	—
38	16.2	—	—	—	—
39	21.2	—	—	—	—
40	—	10.3	19.5	—	78.0
50	—	—	—	—	121.0
63	—	—	—	—	128.0

湖水温度上昇のために冬季に湯気が発生(昭和14年11月)
水深63mで128℃を記録した



湖面上に浮かんだ中空硫黄球

湖底に融解した硫黄(融点113～120℃)が存在し、火山ガス(H₂S)の噴出により浮上したものと推定される

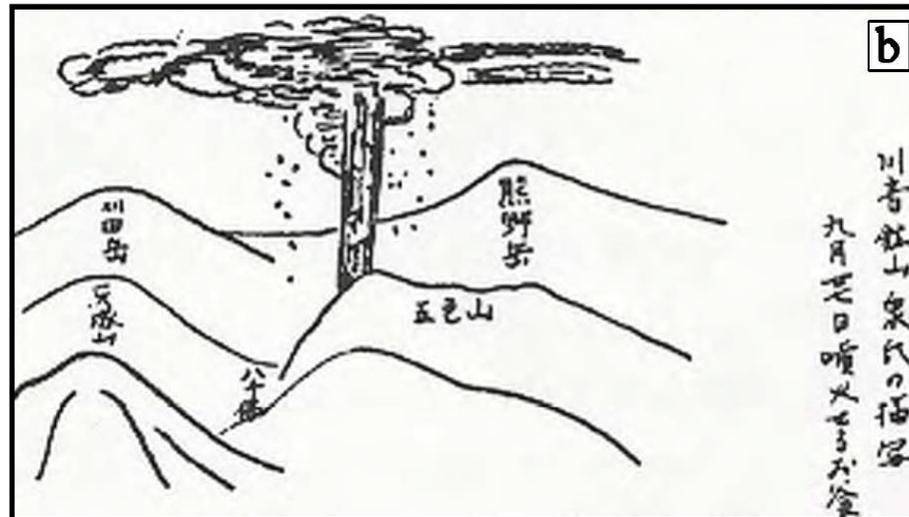
年月日	記事
1230(寛喜2)年11月29日	噴火: 噴石により人畜に被害多数。
1333(元弘3)年頃	噴煙。
1350(観応年間)年頃	噴煙?
1620(元和6)年	噴火?
1623(元和9)年5月15日～	噴火: 鳴動、噴石、降灰。
1624(寛永元)年11月15日	噴火: 鳴動、噴石、降灰。
1625(寛永2)年	鳴動?
1626(寛永3)年	鳴動?
1630(寛永7)年	噴火。
1641(寛永18)年	噴火。
1668(寛文8)年	噴火。
1669(寛文9)年	噴火: 降灰。
1670(寛文10)年	噴火: 4月26日より噴煙、9月26日遠方まで降灰。
1694(元禄7)年5月29日	噴火: 神社焼失。8月30日地震、河川毒水化、川魚死ぬ。
1794(寛政6)年9月22日	噴火: 御釜の南東に9個程の新火口。降灰砂。12月頃まで活動。
1796(寛政8)年3月24日	噴火。
1804(文化元)年	噴火。
1806(文化3)年7月12日	噴火。
1809(文化6)年12月29日	噴火: 6月から活動を始め、12月29日に爆発。硫黄流入し、川魚被
1821(文政3)年1月27日	噴火: 鳴動、御釜の濁水沸騰、濁川増水し、硫黄堆積。
1821(文政4)年5月1日	噴火。
1830(天保元)年	噴火。
1831(天保2)年11月22日	噴火。
1833(天保4)年噴火	たびたび噴火、降灰、御釜沸騰。
1867(慶応3)年10月21日	噴火?: 鳴動、御釜沸騰、硫黄混じりの泥水が増水し、洪水を起こし死者3名。
1873(明治6)年8～9月	小噴火。
1894(明治27)年噴火	3月頃から噴煙、7月には降灰、8～10月湯の噴出。 噴火: 2月12日頃から火口付近に有感地震、2月15日に爆発し、鳴動、白煙。御釜沸騰し、川魚被害。19日にも爆発、鳴動、御釜の沸騰、河川増水。有毒ガス発生。3月22日にも白石川の洪水。8月22日降灰、9月27、28日爆発、降灰。
1895(明治28)年2月15日	噴煙。
1896(明治29)年3月8日	噴煙。
1896(明治29)年9月1日	噴煙、御釜の水氾濫。
1897(明治30)年1月14日	鳴動、噴煙。
1918(大正7)年	御釜沸騰。
1923(大正12)年8月	御釜の湖心からガス噴出強まる(その後次第に弱まり1928年に止
1935(昭和10)年6月下旬	地震群発。
1939(昭和14)年	御釜の水が変色し泡立つ、新温泉噴出。
1940(昭和15)年2月	小噴火: 新噴気孔生成。
1962(昭和37)年8月19～20日	地震群発: 20数回鳴動、噴気活発。
1966(昭和41)年	異常: 噴気、温泉活発化。
1971(昭和46)年10月4日	異常: 地鳴り。
1972(昭和47)年5月	異常: 地鳴り。
1984(昭和59)年7月8日～9月頃	地震群発。
1990(平成2)年7月14日	地震群発。

蔵王山火山の活動履歴

● 西暦1895年の噴火（最新の噴火記録）



山形自由新聞掲載(8月28日お釜の状況)



川音鉦山泉氏の描写(9月27日噴火せるお釜)



巨智部博士描写(10月6日灰塚山より見たお釜)

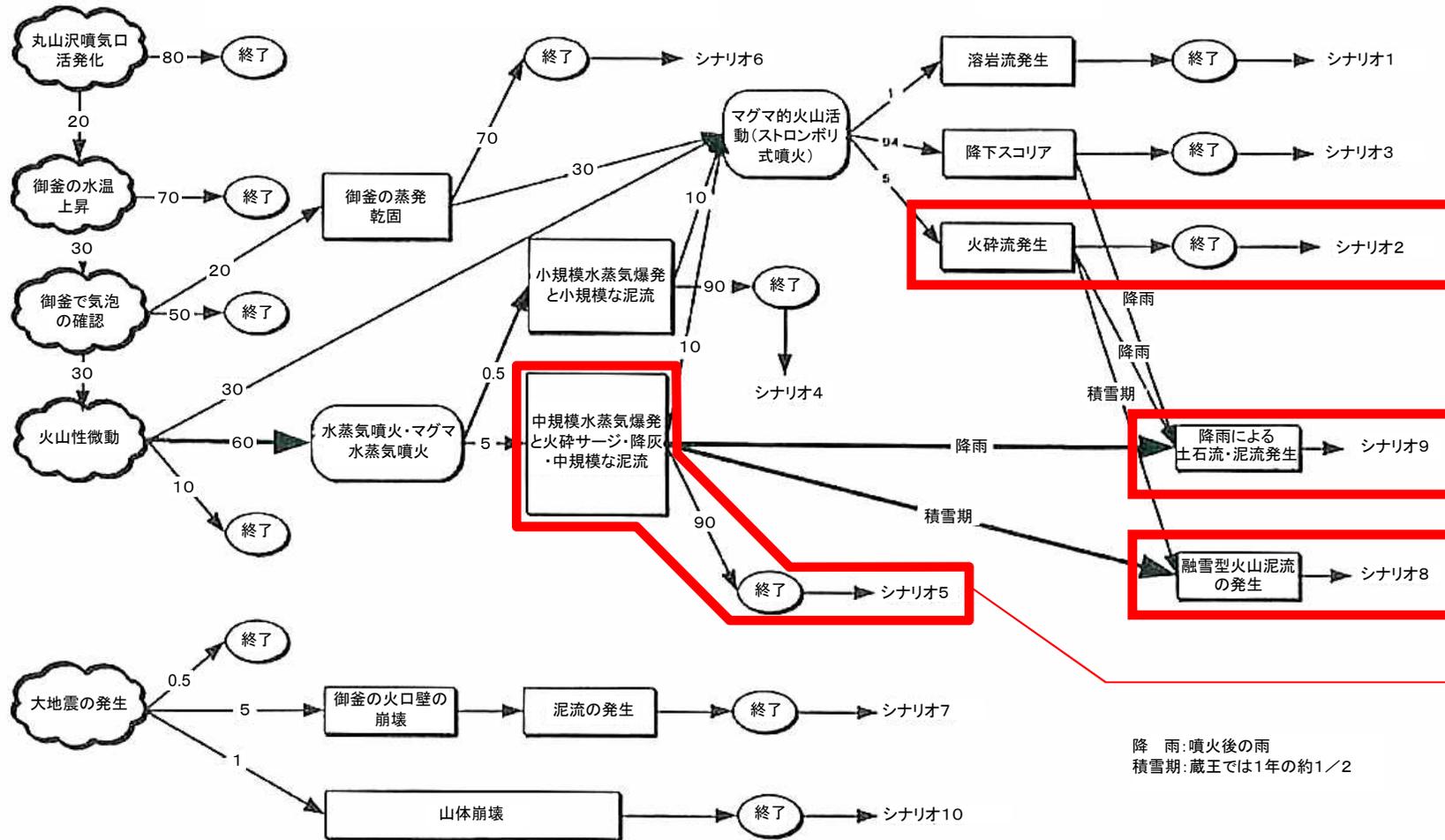
- ・西暦1895年には、少なくとも2月15-19日、8月22日、9月27-28日に噴火したと判断される。
- ・噴火の規模は徐々に大きくなる。2月15-19日には地震を伴って白煙が吹き上げられる程度だったが、8月22日には山形市まで灰が飛んできた。この間、何度も火山泥流が発生し、松川などが氾濫している。
- ・**9月27-28日には、この一連の活動の最大の噴火を迎えた。**9月27日には噴煙柱が立ち上がり、また**メートルサイズの噴石**が多数噴出した。火砕流も発生した。9月27-28日の噴火による火山灰は東方に流れ、少なくとも**現在の仙台市街地付近まで到達した。**

※H24.10.31蔵王山緊急減災勉強会での伴教授の講演資料より

蔵王山火山の噴火シナリオ(案)

蔵王山火山防災マップ作成時に作成された噴火シナリオ

噴火発生時に考えられる発生現象について、発生確率（概略値）および時系列的に示した「プロバビリティ・ツリー」を作成し、それぞれの分岐ケースを「シナリオ（全10パターン）」として整理した。



現行のハザードマップで対象としているシナリオ

降雨: 噴火後の雨
積雪期: 蔵王では1年の約1/2

静穏期 火山活動の開始 火山噴火の第1段階 水蒸気爆発 火山災害発生 火山噴火の第2段階 マグマ活動の開始 大規模火山災害発生の可能性

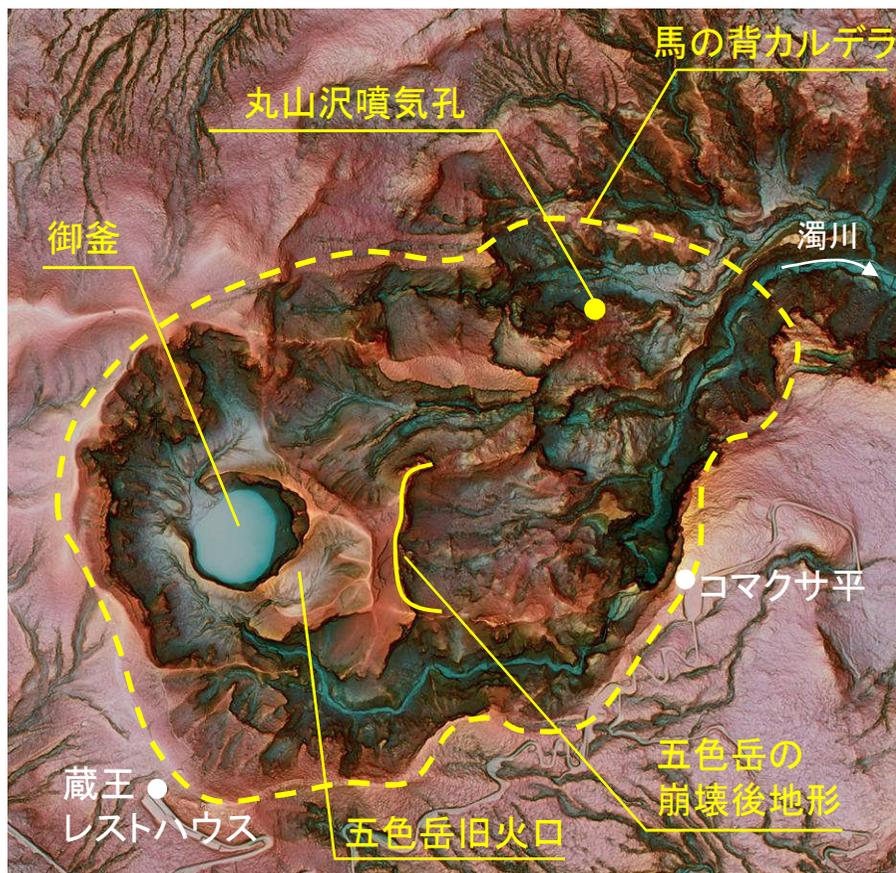
蔵王山におけるプロバビリティ・ツリー (H10検討、H13委員会で提示)

蔵王山火山の噴火シナリオ(案)

● 想定火口に関して

- ・馬の背カルデラが形成された約3万年以降は、カルデラ内(御釜周辺域)での噴火活動が主体。
- ・1940年には、カルデラ内に新たに丸山沢噴気孔が形成された。
- ・馬の背カルデラの崩壊に対応する岩屑なだれの痕跡(流れ山等)が濁川下流に確認できないことから、馬の背カルデラは崩壊ではなく、火山活動により生じた可能性も否めない。

➡ 想定火口を『馬の背カルデラ内の御釜周辺域』とする



蔵王山火山の噴火シナリオ(案)

● 想定する噴火形態に関して

過去1万年間の噴出物の年代と噴出物量(再掲)

テフラ名	年代	マグマ噴火の噴出量 ($\times 10^6 m^3$) (DRE)	先行する水蒸気爆発の噴出量 ($\times 10^6 m^3$) (DRE)
1895年水蒸気爆発	1895年		
Z-To16	19世紀後半	3.7	
Z-To15	18世紀	1.6	0.035
Z-To14	17世紀	17	0.28
Z-To13	13世紀?	6.7	2.2
Z-To12	13世紀?	18	2.2
Z-To11	13世紀	9.2	6.9
Z-To10	約1.1千年前	9.7	3.9
Z-To9	約2.0千年前	16	6.8
Z-To8	約4.1千年前		
Z-To7	約4.5千年前	50	
Z-To6	約5.3千年前	50	
Z-To5	約5.8千年前	40	
Z-To5b	約6.1千年前	20	
Z-To5a	約7.5千年前	15	

【蔵王山の活動履歴より】

- ・ $10^6 \sim 7 m^3$ (百万~千万 m^3) 規模のマグマ水蒸気爆発による噴石、降灰、火砕サージの発生が近年の活動様式。
- ・ 過去2千年間の活動は、マグマ噴火に先行して小規模($10^5 \sim 6 m^3$ 程度[10万~百万 m^3])な水蒸気爆発を伴う事例が多い。
- ・ 先行する水蒸気爆発の噴出量の最大値は、 $6.9 \times 10^6 m^3$ である。



【想定する噴火形態】

① マグマ噴火(マグマ水蒸気爆発):

→ 火山防災マップで想定されているマグマ噴火規模($2.2 \times 10^7 m^3 + 6.0 \times 10^7 m^3$)

※最新の知見では、過去1万年間の最大規模は、Z-To6およびZ-To7の $5.0 \times 10^7 m^3$ であるが、安全側を考慮し、火山防災マップの規模を踏襲する

② 水蒸気爆発:

→ 過去2千年間における水蒸気爆発堆積物の最大値($6.9 \times 10^6 m^3$)より、 $7.0 \times 10^6 m^3$ の噴火規模を想定する。

蔵王山火山の噴火シナリオ(案)

御釜溢水型火山泥流に関して

【蔵王山の活動履歴より】

- ・西暦1800年代に、**度々泥流が濁川を流下した記録が残されている。**
(特に夏場にも発生記録があることに着目)
- ・御釜は現在も大量の水を湛えており、**火山活動に伴い水位が上昇する可能性もある。**
- ・噴火に伴い、**火口壁が崩壊する可能性も否めない。**

御釜溢水型火山泥流を噴火シナリオに加える

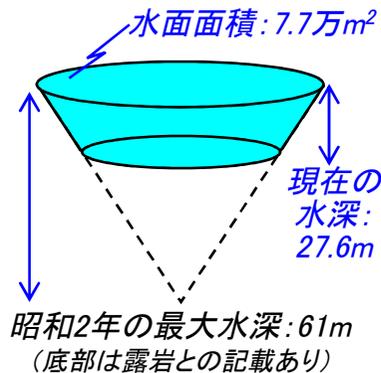
泥流の発生を示唆する古記録 (赤文字は泥流の発生を示唆する箇所)

西暦年	活動	活動中心	被災地域	記載
1809年	水蒸気爆発 泥流	蔵王岳 御釜の内側 2ヶ所	阿武隈川(毒水)	七月廿六日蔵王嶽又以焼抜け、 大水灰等押出 参詣日と怪我等有之。 十一月廿三日蔵王嶽焼焔爆發、 硫黄流溢れ、阿武隈川の魚ことごとく死す
1821年	鳴動、御釜の水沸騰、泥流、噴気	(熊野岳) 御釜	濁川(洪水)	十二月廿四日突然鳴動し 湖水の濁水沸騰し濁川二十尺余の増水 、近傍には硫黄二三寸堆積したりしも人里には被害なく、只翌年の稲作不況なりき。
1831年	大噴火、毒水御釜拡大	蔵王山 御釜		大洪水蔵王嶽度々焼く 天保三壬辰年四月御役所へ被召呼、奉公中被申し候わば 蔵王山より井おう(硫黄)悪水相流れ、田畑へも相さわり候旨にて百姓片甚だ難渋 の趣に付き、廻立蔵王堂に於て二夜三日の間、悪水除き、五穀成就の御祈禱被仰付候。
1867年	水蒸気爆発 御釜の水沸騰、泥流	熊野岳 御釜	旧新関温泉付近3人死亡(泥流) 岨々温泉4~5人死亡負傷	九月廿四日鳴動し 御釜の湖水沸騰し泥水-硫黄を混じ二十尺余洪水となり、死亡三人を生ず 。 慶応三年丁卯この度岨々の温泉開けて、同年九月二十四日七つ時頃御釜焼けぬけ、其時岨々の温泉入湯の人四、五人死亡す、負傷人等あり。
1895年(明治28年)	噴火、降灰、泥流、毒水 2/15	御釜	松川、白石川魚類全滅	二月十五日午前九時三十分俄然鳴動、忽にして白煙噴出し東北方に硫黄飛散し、 湖水御釜氾濫、松川に押し流れ白石川の魚類斃死す 。
1895年(明治28年)	鳴動、御釜沸騰、氾濫 2/19	御釜	濁川20尺増水、木瓜倒す	二月十九日午前八時三十分西北風起り、鳴動烈しく、 湖水御釜沸騰濁川廿尺の増水、白石川に木竹を押し流す 。
1895年(明治28年)	鳴動、噴煙、湖水氾濫 3/27	御釜	白石川(泥流)	三月廿七日午前五時三十分鳴動湖水(御釜)氾濫噴煙青根および川崎近傍に降灰雨の如し。 大河原付近にては午前九時頃白石川の魚類を手捕すること夥し(おびただし)、白石川の濁水甚だし 。
1896年(明治29年)	噴煙、噴石、湖水氾濫 水蒸気爆発	御釜	青根	九月一日 湖水氾濫、噴煙あり 。

※村山(1979)、日本の火山等に基づき作成

【参考】御釜湛水量の試算

- ・御釜の水面面積は、約7.7万m²
(H20レーザー計測より)
- ・御釜の最大水深は
昭和2年:61.0m
現在:27.6m
- ・これより、湖の形状を右図のとおり仮定すると、現在の御釜の水量は、**約110万m³**である



蔵王山火山の噴火シナリオ(案)

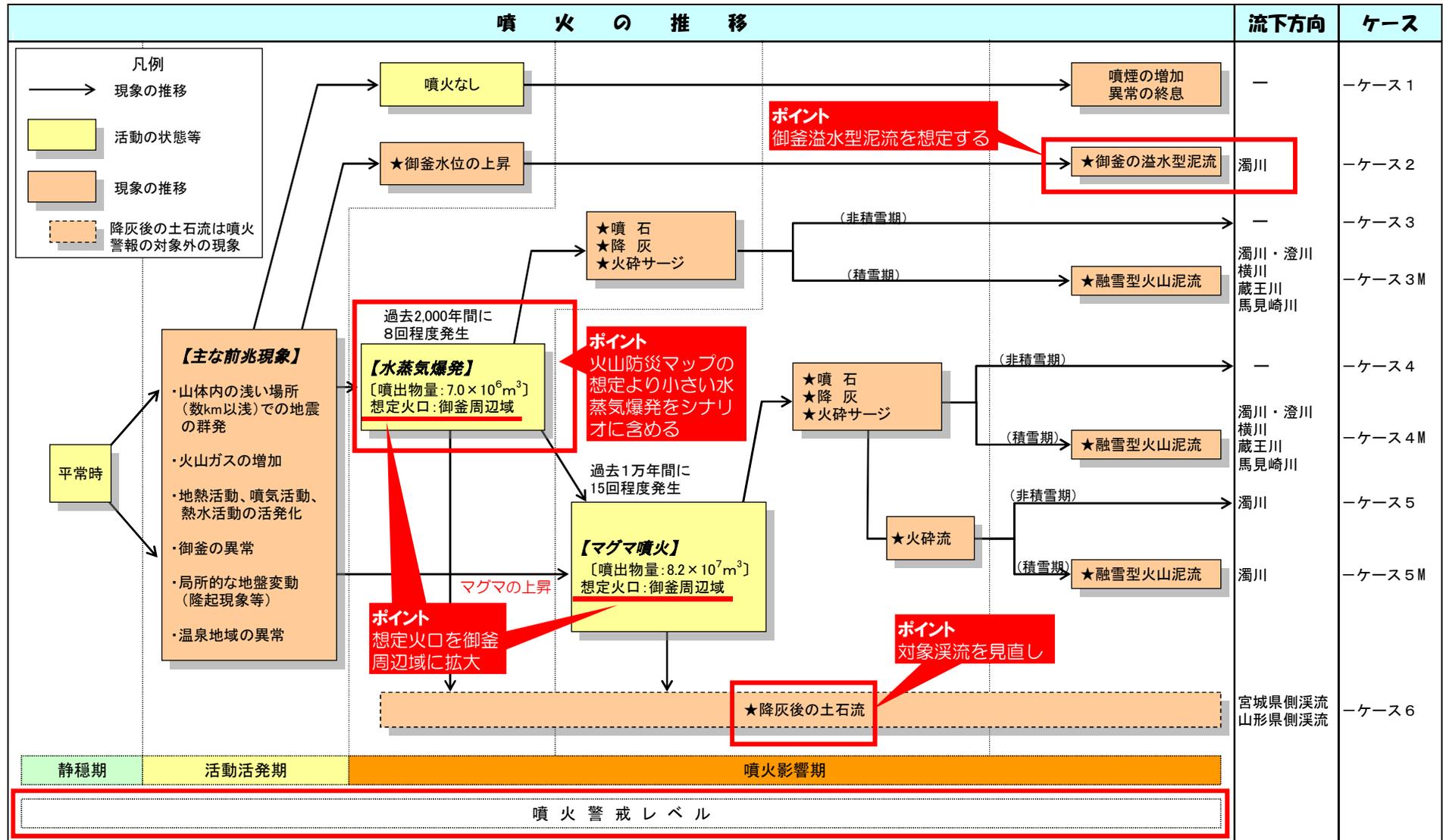
● 現行火山防災マップ作成時からの見直し項目(案)

	現行の火山防災マップ	見直し → 緊急減災対策砂防計画の噴火シナリオ
想定火口	御釜	馬の背カルデラ内の 御釜周辺域
水蒸気爆発	想定せず	過去2,000年間は、マグマ噴火に先行して、 小規模な水蒸気爆発が発生する頻度が高いので、シナリオに含める
マグマ噴火	過去2,000年間最大規模の噴火(6,000万m ³)を想定	過去 1万年間最大規模 とする ※最新の知見では、5,000万m ³ であるが、安全側を考慮し、火山防災マップの規模を踏襲する
御釜溢水型泥流	想定せず	御釜の異常や泥流の発生記録が多いので、 想定現象に追加する
降灰後の土石流	降灰30cm以上の溪流を対象	土砂法の改正 も念頭に対象溪流を見直す
噴火警戒レベル	未導入	噴火シナリオ の導入に合わせて、 整合を図る

蔵王山火山の噴火シナリオ(案)

蔵王山の噴火推移図(素案)

・蔵王山の噴火シナリオを噴火推移図(イベントツリー図)として整理した。



蔵王山火山の噴火シナリオ(案)

● 各現象の影響範囲想定方針(案)

シナリオのケース		現象	想定方法	火山防災マップと異なる想定とする項目
ケース2		御釜溢水型泥流	・御釜の湛水量により、数値シミュレーション	★
水蒸気爆発	ケース3	噴石	・弾道計算より火口から1.2km(噴出初速150m/s) [現行ハザードマップと同様]	
		降灰	・降灰量($7.0 \times 10^6 \text{m}^3$ [7百万 m^3])による数値計算(ジェットモデル) [現行ハザードマップより小規模]	★
		火砕サージ	・火口から1.5km程度 [現行ハザードマップと同様]	
	ケース3M	融雪型火山泥流	・800°Cの噴石による融雪を想定(火口から1.2km) [現行ハザードマップと同様]	
マグマ噴火	ケース4	噴石	・最大規模を想定した弾道計算(噴出初速250m/s) [現行ハザードマップより大規模]	★
		降灰	・降灰量($6.0 \times 10^7 \text{m}^3$ [6千万 m^3])による数値計算(ジェットモデル) [現行ハザードマップと同様]	
	ケース5	火砕流・火砕サージ	・実績噴出量($1.2 \times 10^6 \text{m}^3$)による火砕流シミュレーション [現行ハザードマップと同様]	
	ケース4M ケース5M	融雪型火山泥流	・800°Cの噴石による融雪を想定 [現行ハザードマップより大規模]	★
ケース6	降灰後の土石流	・土砂災害防止法の改正を念頭に対象溪流の見直しを図り、数値シミュレーションで評価する。	★	

蔵王山火山の噴火シナリオ(案)

蔵王山の活動と東北地方の地震との関係

※地震の日付、マグニチュードは理科年表平成24年版による
 ※蔵王山の活動は、日本活火山総覧(第3版)による

大地震(M7以上)の数年以内に蔵王山で活動が活発化している例が散見される

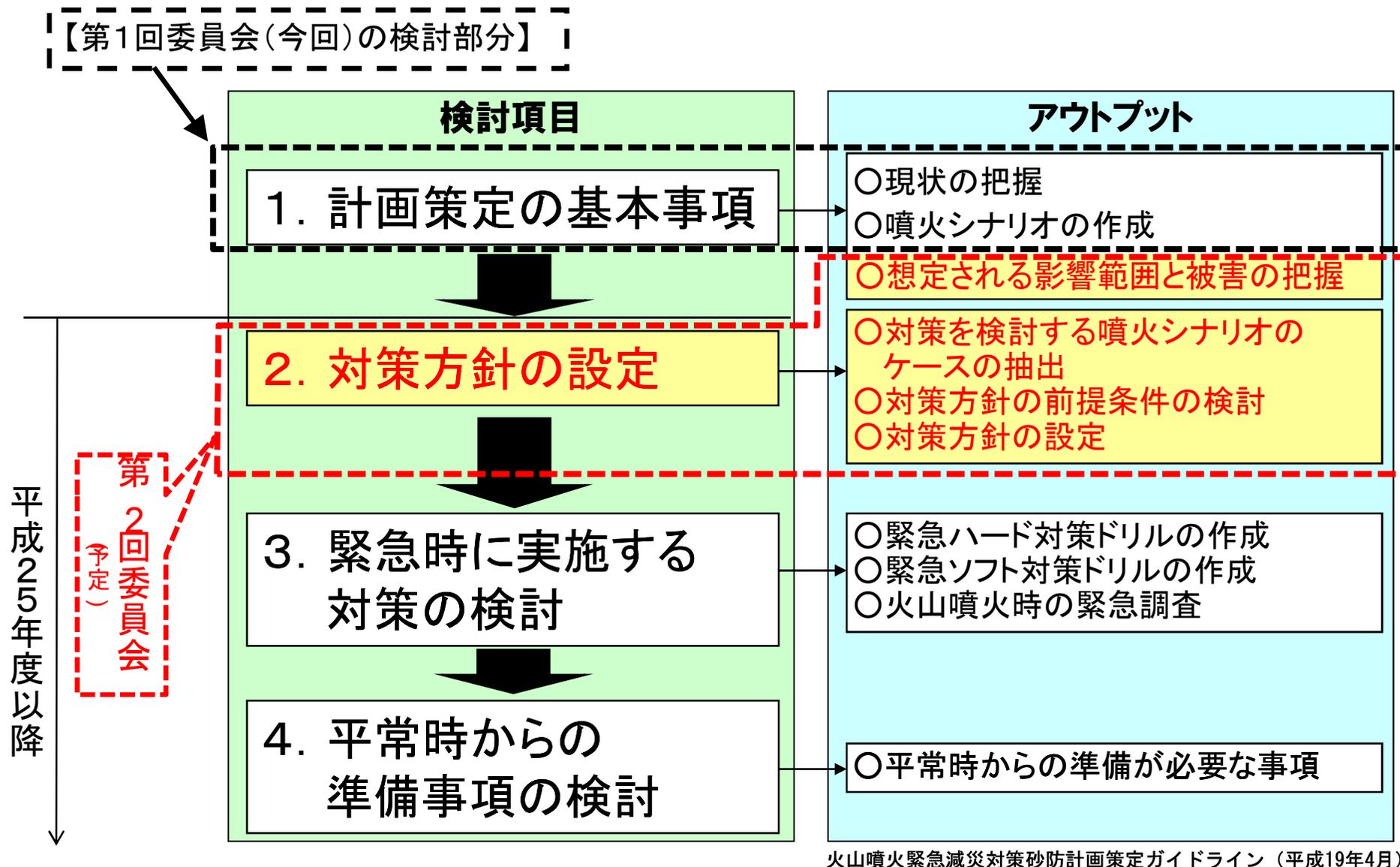
東北地方の主な地震活動		蔵王山の活動	
月日	地震名	月日	活動
1611. 12. 2	慶長の三陸沖地震 (M8. 1) (約8年後)	1230. 11. 29	噴火
		1333	噴煙
		1350	噴煙?
		(空白270年)	
		1620	噴火?
		1623. 5. 15	噴火
		~1624. 11. 15	噴火
		1625	鳴動?
		1626	鳴動?
		1630	噴火
1793. 2. 17	宮城県沖 (M8. 2) (約1年後)	1641	噴火
		1668	噴火
		1669	噴火
		1670	噴火
		1694. 5. 29	噴火
		(空白100年)	
		1794. 9. 22	噴火
		1796. 3. 24	噴火
		1804	噴火
		1806. 7. 12	噴火
1804. 7. 10	象潟地震 (M7. 0) (1年以内)	1809. 12. 29	噴火
		1821. 1. 27	噴火
		1821. 5. 1	噴火
		1830	噴火
		1831. 11. 22	噴火
		1833	噴火
		(空白34年)	
		1867. 10. 21	噴火?
		1873. 8	小噴火

東北地方の主な地震活動		蔵王山の活動	
月日	地震名	月日	活動
1894. 3. 22	根室沖 (M7. 9)	(空白21年)	
1894. 10. 22	庄内地震 (M7. 0)	(1年以内)	1894 1895. 2. 15 1896. 3. 8 噴火 噴火 噴煙
1896. 6. 15	三陸沖地震 (M8. 2)	(1年以内)	1896. 9. 1 1897. 1. 14 噴煙 鳴動
1915. 3. 18	十勝沖 (M7. 0)	(約3年後)	1918 1923. 8 御釜沸騰 御釜ガス噴出
1933. 3. 3	三陸沖地震 (M8. 1)	(約2年後)	1935. 6 地震群発
1936. 11. 3	宮城県沖地震 (M7. 4)	(約1年後)	1939 1940. 2 御釜変色 小噴火
1938. 11. 5	福島沖地震 (M7. 5)	(約1年後)	1962. 8. 19 地震群発
1952. 3. 4	十勝沖地震 (M8. 2)	(約2年後)	1966 異常
1962. 4. 23	十勝沖地震 (M7. 1)	(約3年後)	1971. 10. 4 1972. 5 異常 異常
1964. 6. 16	新潟地震 (M7. 5) (1年以内)	(約1年後)	1984. 7. 8 1990. 7. 14 地震群発 地震群発
1968. 5. 16	十勝沖地震 (7. 9) (約2年後)		
1983. 5. 26	日本海中部地震 (M7. 7)		
2011. 3. 11	東北地方太平洋沖地震 (M9. 0)		



今後の予定

今後の予定(蔵王山)



◆今後、対策ドリル・平常時準備事項の検討を進め、計画のとりまとめを行う予定。

參考資料

東北地方における火山噴火緊急減災対策砂防計画の検討状況

火山災害の直接的影響を受ける重要性の高い29火山

北海道地方: 雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳

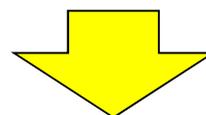
東北地方: 岩木山、秋田焼山、岩手山、秋田駒ヶ岳、鳥海山、**蔵王山**、吾妻山、安達太良山、磐梯山

関東・中部地方: 那須岳、草津白根山、浅間山、新潟焼山、焼岳、御嶽山、富士山

伊豆諸島: 伊豆大島、三宅島

九州地方: 鶴見岳・伽藍岳、久重山、阿蘇山、雲仙岳、霧島山、桜島

東北地方では、秋田駒ヶ岳、岩手山、吾妻山 が先行



主な担当整備局	直轄火山砂防事	火山名	砂防事業担当事務所	調査担当事務所()砂防なし	都道府県	計画策定スケジュール(予定・実績)						
						H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25
東北	○	秋田駒ヶ岳	湯沢・岩手	湯沢・岩手	岩手・秋田							
	○	岩手山	岩手	岩手	岩手							
	○	吾妻山	福島・阿賀野川	福島	福島							
		安達太良山		福島	福島							
		鳥海山		新庄	秋田・山形							
		蔵王山		新庄(仙台)	宮城・山形							
		秋田焼山		湯沢	秋田							
		岩木山		(青森)	青森							
北陸		磐梯山		(阿賀川)	福島							

蔵王山火山防災マップの概要

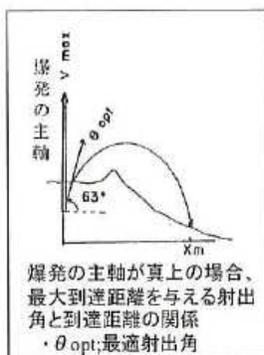
火山防災マップ検討当時の考え方

噴石の災害予想区域

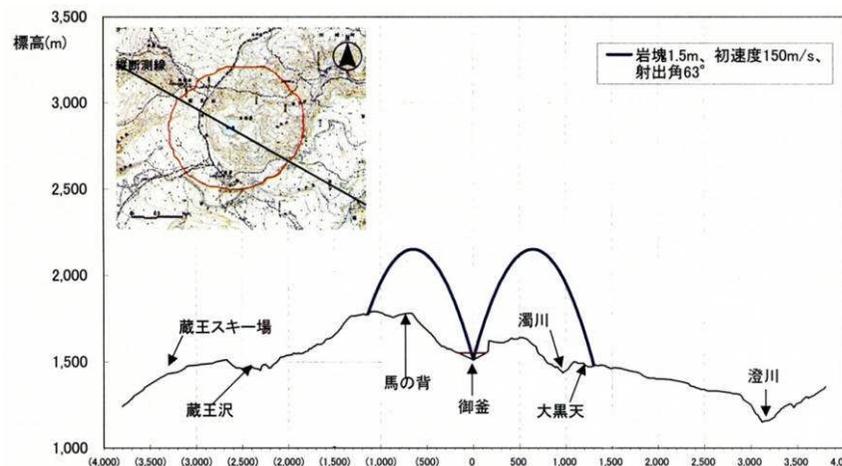
予測手法 弾道計算[井口・加茂(1984)]

$$D = (V_{MAX} \sin^{1.5} \theta)^2 \sin 2\theta / g$$

D: 岩塊の到達距離
 V_{MAX} : 岩塊の最大速度
 (鉛直方向に放出された岩塊の初速度)
 θ : 射出角
 g : 重力加速度



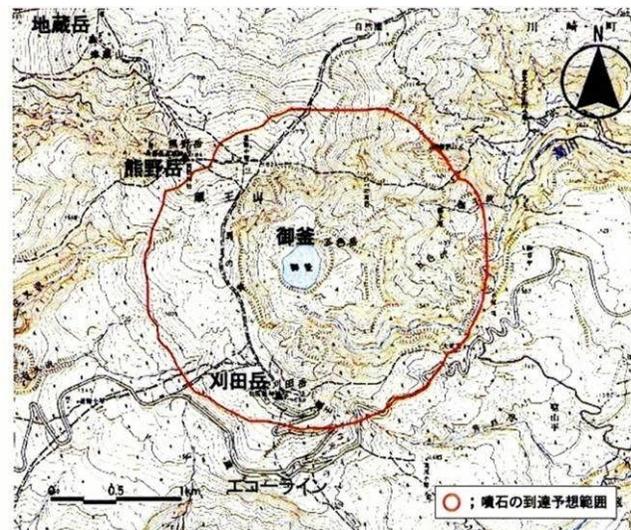
計算結果



弾道計算結果例

計算条件

条件	値	根拠
岩塊の直径	1.5m	現地調査より
噴出初速度	150m/s	再現計算
射出角	63°	最大到達距離を与える角度



火口から約
1.2
 km

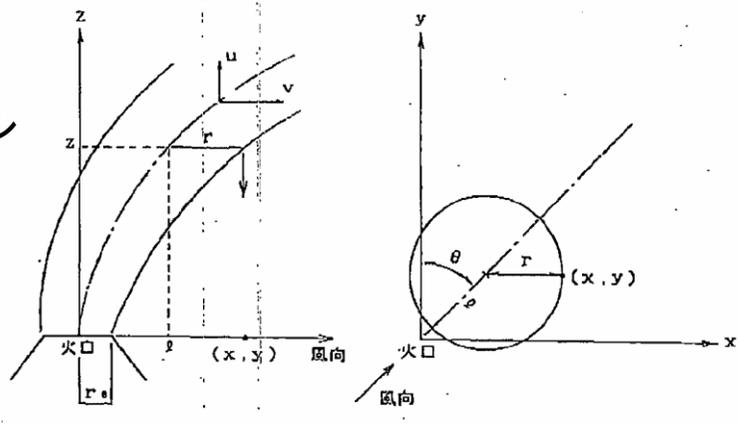
蔵王山火山防災マップの概要

火山防災マップ検討当時の考え方

● 降灰の災害予想区域

予測手法

ジェットモデル



計算条件

項目	記号	単位	数値	備考
降灰想定量	V_t	m^3	6,000万	・佐川・伴(2001),地球惑星科学関連学会報告『蔵王火山, Za-To5テフラの岩石学的特徴』での推定量
火口半径	R_0	m	150	・現在の火口地形より
噴煙の初速度	U_0	m/s	150	・岩手山の事例より(粒径2mm程度を想定)
降下速度	W_0	m/s	8	
堆積濃度	C_*	—	0.6	・樽前山(1874年噴火)の検証計算より
連行係数	E	—	0.23	
風速	V	m/s	15.5	・高度3,000m付近の風向・風速 仙台地方気象台の観測データ(1988年~2000年)より
風向	—	度	225~315	※風向:北側から南回りに計算した角度(270度なら西風)

Za-To5: 井村(1999)により分類された火山灰の層序で、11世紀頃と推定されている。



黒色・赤色スコリアの分布図

*各地点の数字は厚さ(cm)を示す。赤色スコリア/黒色スコリアでそれぞれの厚さ(cm)を示す。●は模式地。

Za-To5テフラの分布図

(Za-To5テフラは1227年噴火と対比されている)

計算結果



蔵王山火山防災マップの概要

火山防災マップ検討当時の考え方

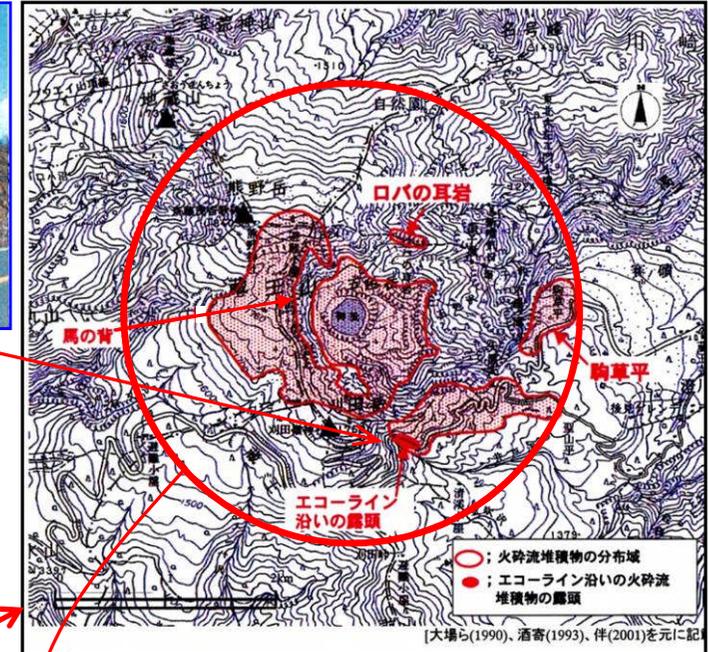
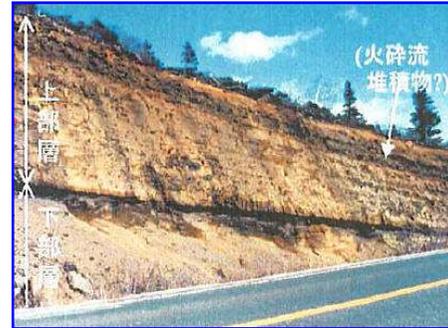
● 火砕流の災害予想区域

予測手法

数値シミュレーション

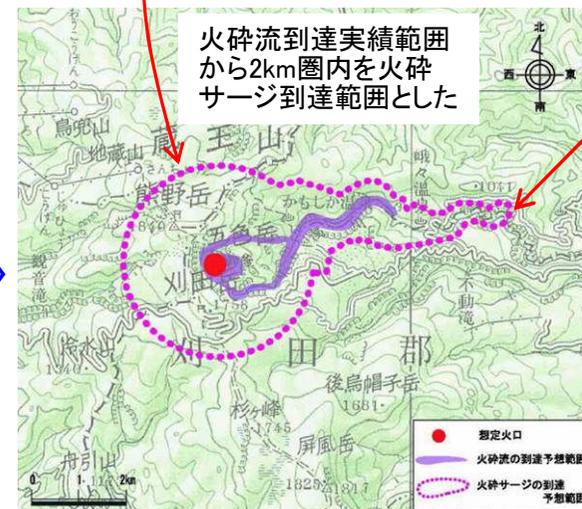
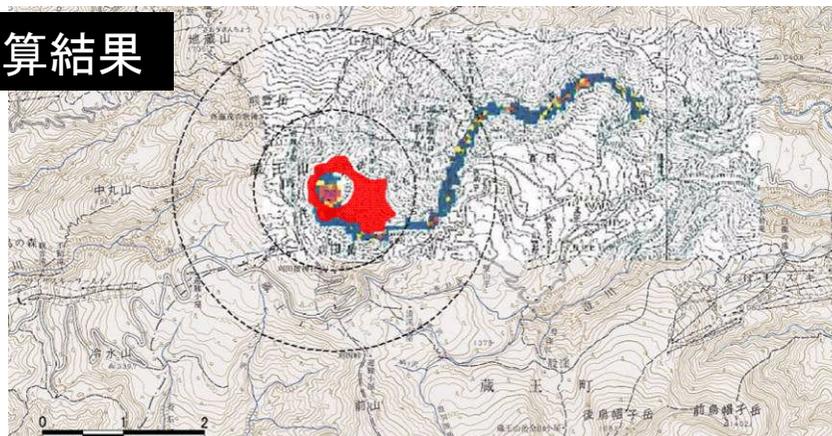
計算条件

項目	記号	単位	数値	備考
火砕物の密度	σ	t/m ³	2.5	—
火砕物の代表粒径	dm	cm	1.0	—
堆積層砂礫の容積密度	C*	—	0.6	—
粒子間摩擦係数	μ	—	0.25	有珠山事例より
噴出規模	V	$\times 10^3\text{m}^3$	1,200	実容積
火砕流ピーク流量	Q	m ³ /s	6,700	—
流出継続時間	t	sec	1,800	矩形ハイドロ



火砕流堆積物の分布域
(約3万年前の馬の背火口噴出物の一部)

計算結果



谷を流下する火砕流サージは、エネルギーモデルにより想定

蔵王山火山防災マップの概要

火山防災マップ検討当時の考え方

融雪型火山泥流の災害予想区域

予測手法

- ・数値シミュレーション(蔵王川、濁川)
- ・(馬見ヶ先川、横川は地形解析)

想定泥流発生シナリオ

積雪期に1227年規模の噴火が御釜で発生



御釜から半径1.2kmの範囲内に2,200万m³の火砕物が降下・堆積



火砕物の熱(800°C)により、積雪(積雪深4.5m)が融解され、泥流発生

安山岩質溶岩の温度より想定



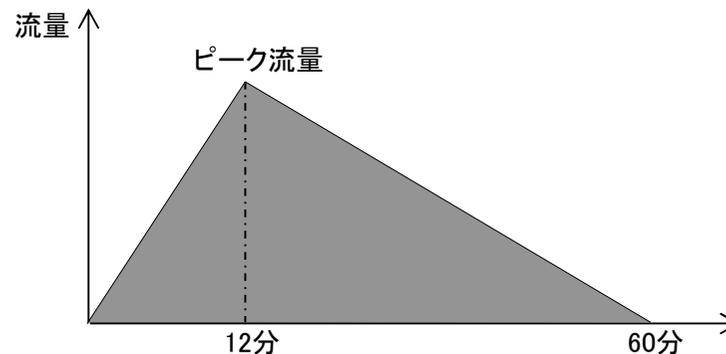
泥流は、流下途中の雪や土砂を取り込み、成長し下流で氾濫

標高1,800m付近の2年確率年最大積雪深

計算条件

流域名	水量 (×10 ³ m ³)	土砂量 (×10 ³ m ³)	泥流総量 (×10 ³ m ³)	ピーク流量 (m ³ /s)
濁川	4,764	1,010	5,774	2,983
蔵王川	990	731	1,721	794

項目	記号	値
水の密度	ρ	1.0g/cm ³
砂礫の密度	σ	2.5g/cm ³
内部摩擦角	φ	35°
平均粒径	dm	10cm



融雪型火山泥流の想定ハイドログラフ

計算結果



蔵王川計算結果(融雪泥流)



濁川計算結果(融雪泥流)

蔵王山火山防災マップの概要

火山防災マップ検討当時の考え方

● 降灰後の土石流の災害予想区域

予測手法

- ・数値シミュレーション(蔵王川、濁川)
- ・他溪流はシミュレーション結果に基づき、地形解析

対象溪流

【選定条件】

- ①当該流域内に斜面勾配が 15° 以上の範囲がある溪流
- ② 15° 以上の斜面に火山灰が30cm以上堆積している流域
- ③河床の縦断勾配 15° 以上の区間がある溪流

(宮城県側)37溪流
(山形県側)2溪流

計画降雨

- ・100年超過確率日雨量
(宮城県側:350mm/日、山形県側:300mm/日)

計算条件

流域名	基準点 勾配	土砂濃度 Cd	流出土砂量 ($\times 10^3\text{m}^3$)	ピーク流量 (m^3/s)
濁川	1/26	0.3	3,278	350
蔵王川	1/13.7	0.317	2,965	324

計算結果



蔵王川計算結果(土石流)



濁川計算結果(土石流)

- シミュレーション結果から土石流の停止勾配→約 1.0°
- シミュレーションによる平均堆積深が0.68m→河床からの比高1.0mまで氾濫

他の溪流は地形解析により
災害予想区域を設定