



五色岳

御釜

2012年5月31日 撮影

蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画

平成27年5月

東北地方整備局 仙台河川国道事務所・新庄河川事務所

「この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図200000(地図画像)、数値地図50000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。(承認番号 平27情複、第1092号)」

蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画の記載内容

～基本事項編～

1. 蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本理念

1.1. 計画の目的【P3】

蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画は、いっ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ことを目的とする。

1.2. 計画の位置づけ【P4】

火山噴火時の防災対策は、関係省庁および地方公共団体により行われる総合的な対策であり、火山噴火緊急減災対策砂防は、火山活動の推移に対応して行われる各機関の防災対策と連携をとりつつ、適切な対策を行う。

2. 想定される影響範囲と被害

2.1 蔵王山の概要【P5】

●噴火の特徴

- ・過去1万年間の1回のマグマ噴火の最大量: 1,000万m³
- ・過去1万年間の水蒸気爆発の最大規模: 500万m³

2.2 噴火シナリオと土砂移動現象【P18】

●過去1万年間の活動を対象として、噴火シナリオを検討する。

噴火シナリオは水蒸気爆発規模からマグマ噴火規模まで、8つのケースを想定し、各想定事項(要素)を組み合わせた噴火シナリオを作成。

2.3 被害想定【P19】

想定される各種現象の影響範囲を数値シミュレーション等により設定し、その前提条件と災害予想区域図を示した。

■想定火口

- ・水蒸気爆発は、馬の背カルデラ内の御釜周辺域
- ・マグマ噴火は、御釜

■被害想定対象現象

噴石・降灰・融雪型火山泥流・降灰後の土石流、御釜由来の火山泥流、火砕流(火砕サージ)

～計画編～

3. 火山噴火緊急減災対策砂防計画の方針

計画の内容【P44】

緊急減災対策砂防計画は、噴火シナリオに基づき、緊急対策について、平常時からの準備事項を含め定めた計画。

対策可能な現象【P45】

■ハード対策

- ・融雪型火山泥流
- ・降灰後の土石流
- ・御釜由来の火山泥流

■ソフト対策

- ・噴火シナリオの全ての現象

対策の開始・休止のタイミング【P46】

気象庁が発表する噴火警報等をもとに、協議会等と連携しながら、総合的に判断。

対策可能期間【P46】

対策が可能な期間は、対策開始時の火山活動状況に応じて適宜設定する。

緊急ハード対策の目標【P47】

- ・降灰後の土石流は、2年超過確率規模の流出土砂を整備目標とする。
- ・融雪型火山泥流による被害の軽減を図る。
- ・御釜由来の火山泥流による被害の軽減を図る。

ハード対策

ソフト対策

4. 緊急対策の内容

緊急ハード・ソフト対策について噴火シナリオを、時系列で整理。

緊急ハード対策【P48】

想定した噴火シナリオおよび対策方針に基づいて、緊急時の対策を効果的に実施するための緊急ハード対策。

降灰後の土石流

- ・仮設堤防による氾濫抑制

火山泥流

- ・仮設堤防と導流堤による氾濫抑制

- ・土石流は仮設堤防を先行して実施、二次災害の防止のため、既設堰堤の除石を実施する。

- ・夏期は土石流対策を優先。冬期は火山泥流対策を優先的に実施する。

緊急ソフト対策【P56】

■火山監視機器の緊急的な整備

- ・山頂の積雪深計と火口監視カメラ、濁川の溪流監視カメラ
- ・工事箇所の上流に土砂移動検知センサーおよび降灰量計、ガス濃度計

■情報通信網の整備

- 火山噴火時に緊急的に行う調査
 - ・ヘリ調査(降灰分布・被災状況等)
 - ・レーザープロファイラ
 - ・地上調査 等

■リアルタイムハザードマップの構築

- 避難対策支援のための情報提供

5. 平常時からの準備事項

対策に必要な諸手続・土地利用【P66】

緊急対策の実施にあたって、平常時より調整しておくべき内容と調整先を整理。

緊急ハード対策に必要な資機材の備蓄【P67】

緊急対策施工に必要な資機材を緊急時に調達できるよう、平常時から広域的な応援体制を構築。

火山防災対応への支援【P68】

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。

【 基本事項編 】

蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画の目的

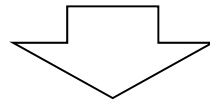
- ・火山噴火現象は多様で予測困難。また、噴火災害は、広域化・長期化により被害は甚大。
- ・火山噴火緊急減災対策砂防計画により、噴火に伴う土砂災害による被害をできる限り軽減(減災)。

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例えば噴石、降灰、火砕流、溶岩流、土石流、岩屑なだれ等、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状況。

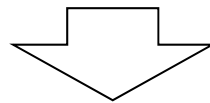
噴火災害の特徴

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、その被害・影響は甚大。



対応

このため、火山砂防基本計画に基づき計画的に整備を推進することが重要。
しかし、施設整備による対策完了までには、時間と費用が膨大。

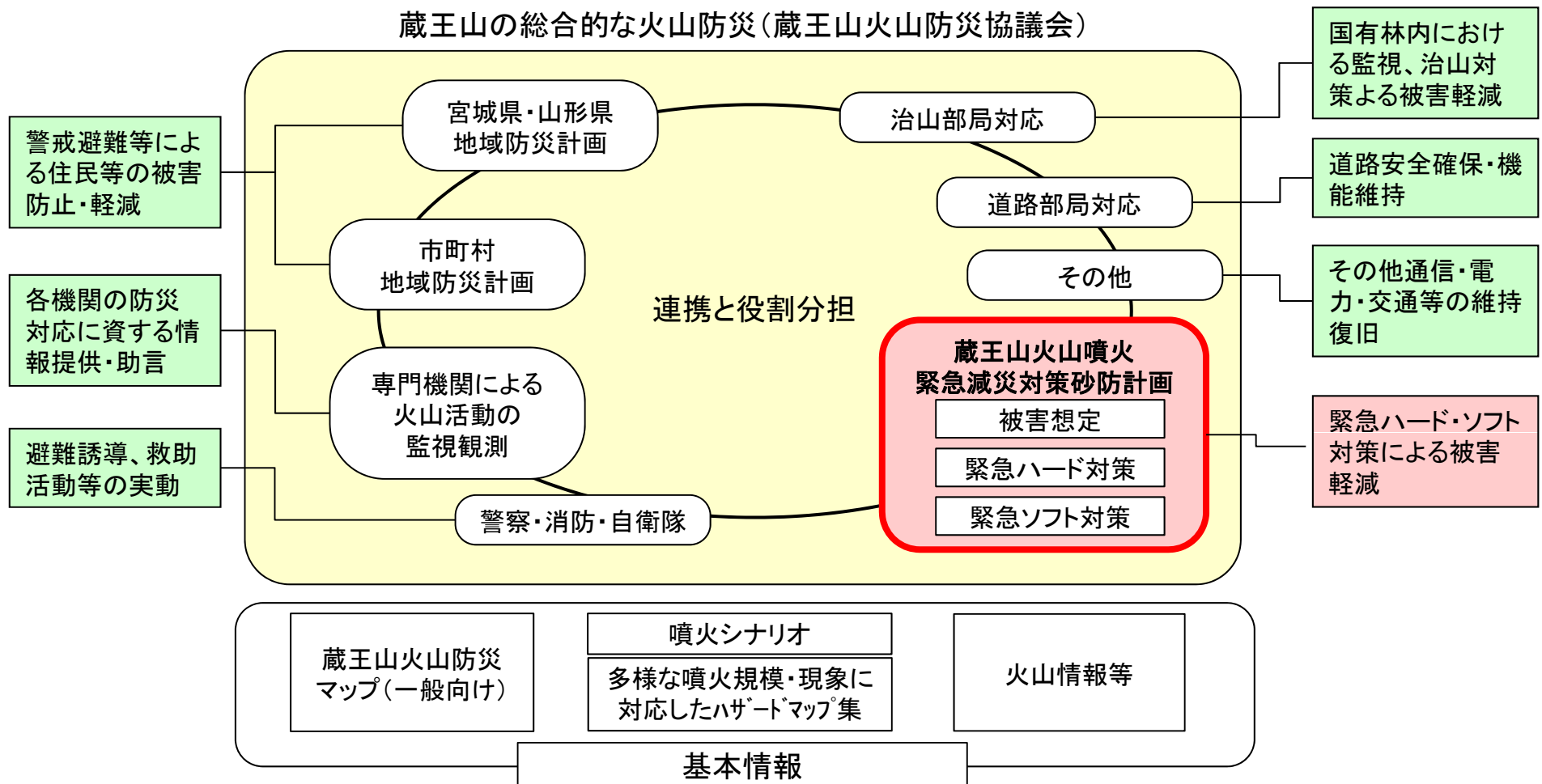


緊急減災対策砂防計画の目的

蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画は、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ことが目的。

蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画の位置づけ

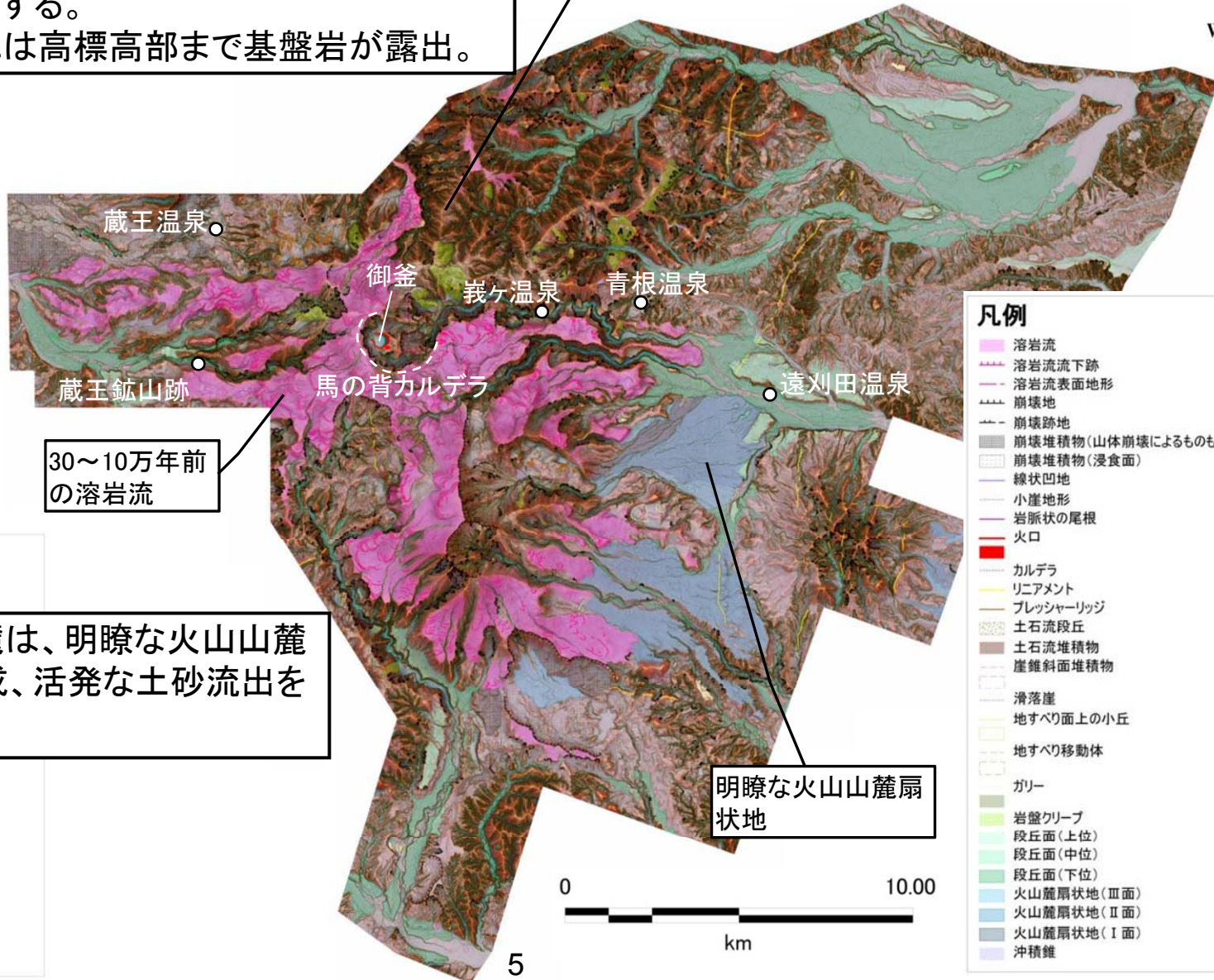
- ・火山噴火時の防災対策は、関係省庁および地方公共団体により総合的に実施。
- ・その中で、火山噴火緊急減災対策砂防計画は、火山活動の推移に応じて行われ、各機関の防災対策と連携を図りつつ、適切な対策を行う計画。



蔵王山の地形概要

- 蔵王山は、主に溶岩流地形で構成された山体であり、山頂から東側斜面の一部に開析の進んだ地形を呈する。
- 御釜北東部には高標高部まで基盤岩が露出。

御釜の北東部に基盤岩が露出する



30~10万年前の溶岩流

- 山体東側山麓は、明瞭な火山山麓扇状地が形成、活発な土砂流出を示唆。

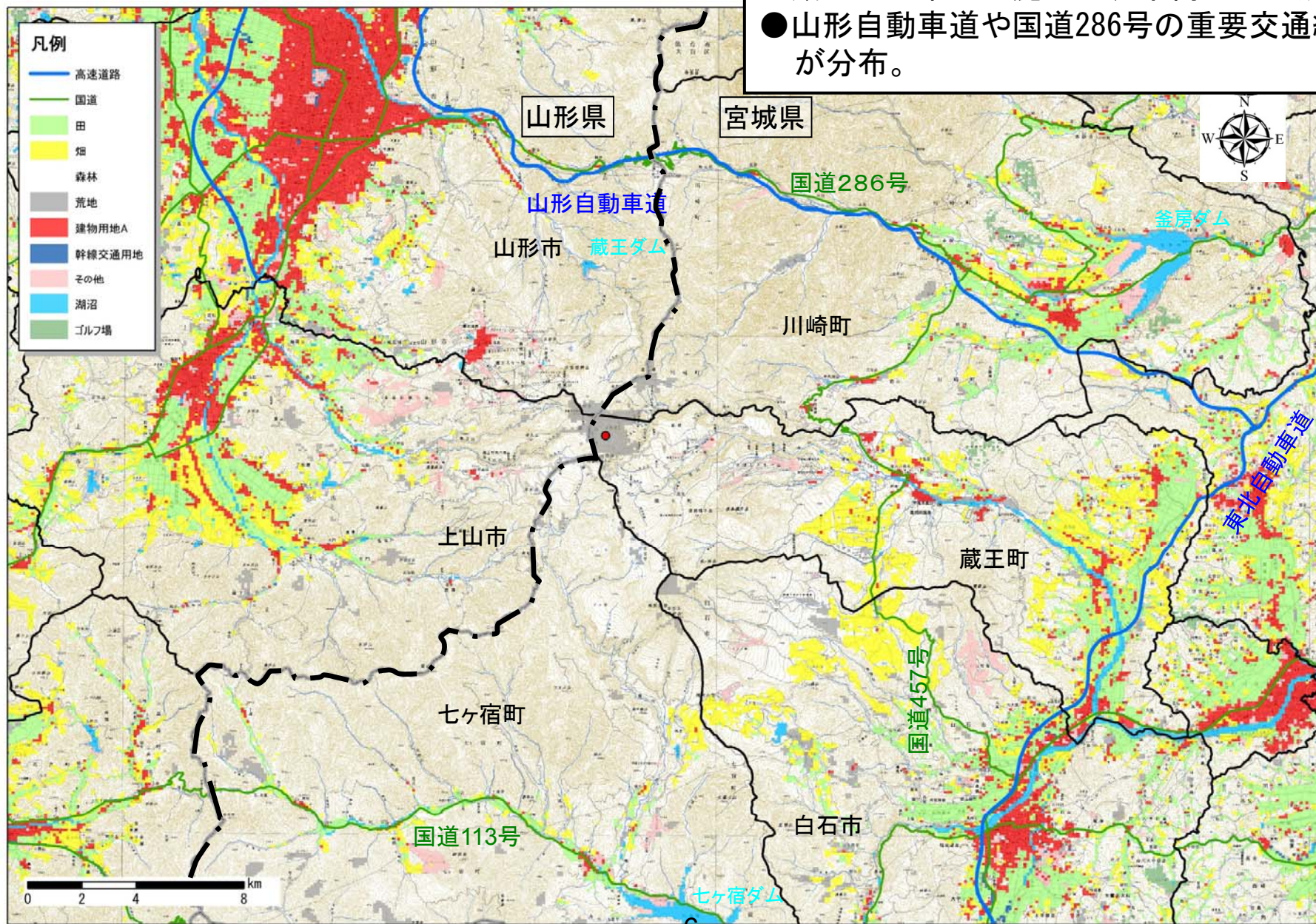
明瞭な火山山麓扇状地

凡例

溶岩流	溶岩流下跡
溶岩流表面地形	崩壊地
崩壊跡地	崩壊堆積物(山体崩壊によるものも含む)
崩壊堆積物(浸食面)	線状凹地
小崖地形	岩脈状の尾根
火口	カルデラ
リニアメント	プレッシャーリッジ
土石流段丘	土石流堆積物
崖錐斜面堆積物	滑落崖
地すべり面上の小丘	地すべり移動体
ガリー	岩盤クレープ
段丘面(上位)	段丘面(中位)
段丘面(下位)	火山麓扇状地(Ⅲ面)
火山麓扇状地(Ⅱ面)	火山麓扇状地(Ⅰ面)
沖積錐	

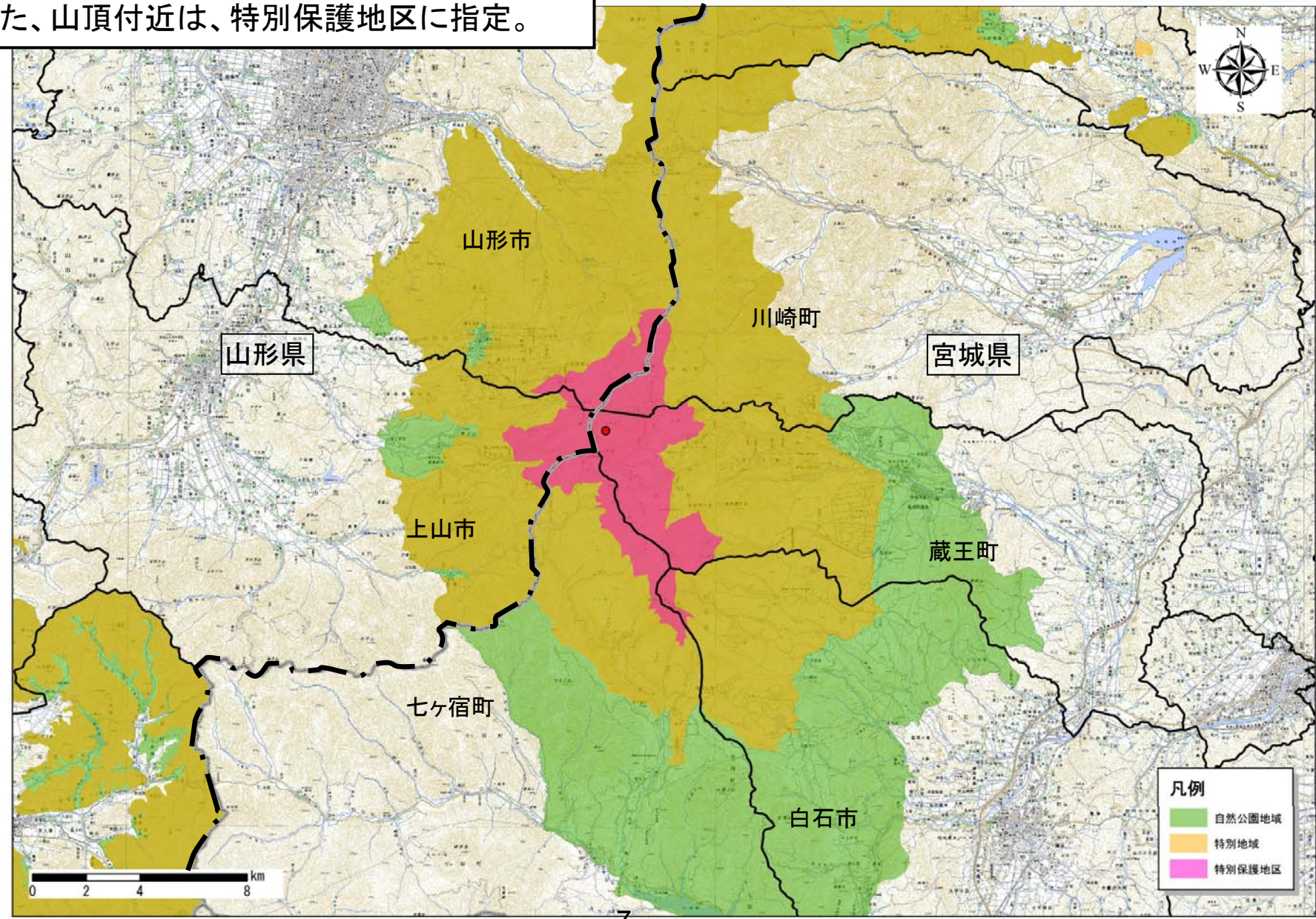
蔵王山の土地利用状況

- 蔵王山の東西山麓には、市街地が形成。
- 山形自動車道や国道286号の重要交通網が分布。



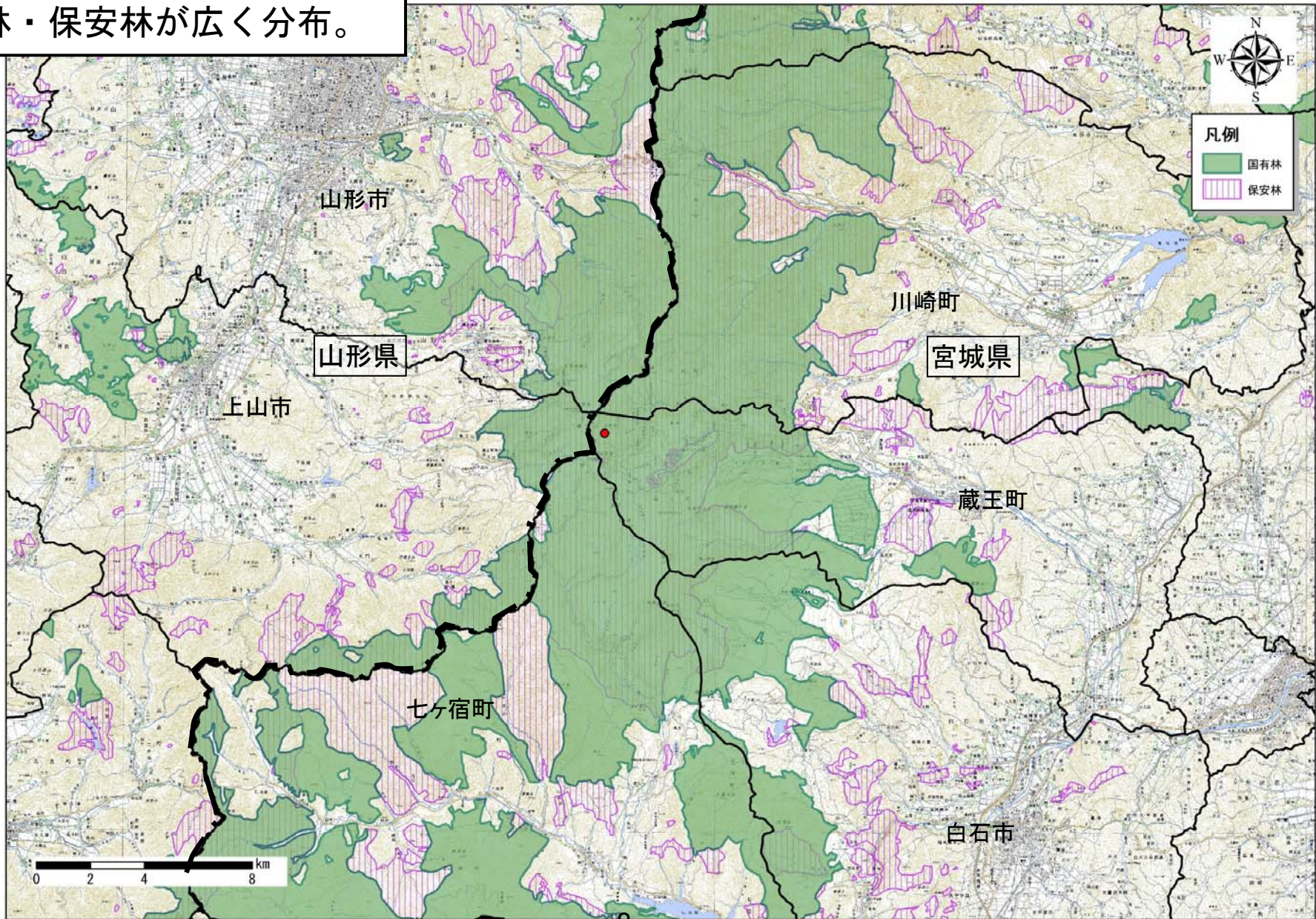
蔵王山の国定公園

●蔵王山は「蔵王国定公園」に指定。
また、山頂付近は、特別保護地区に指定。



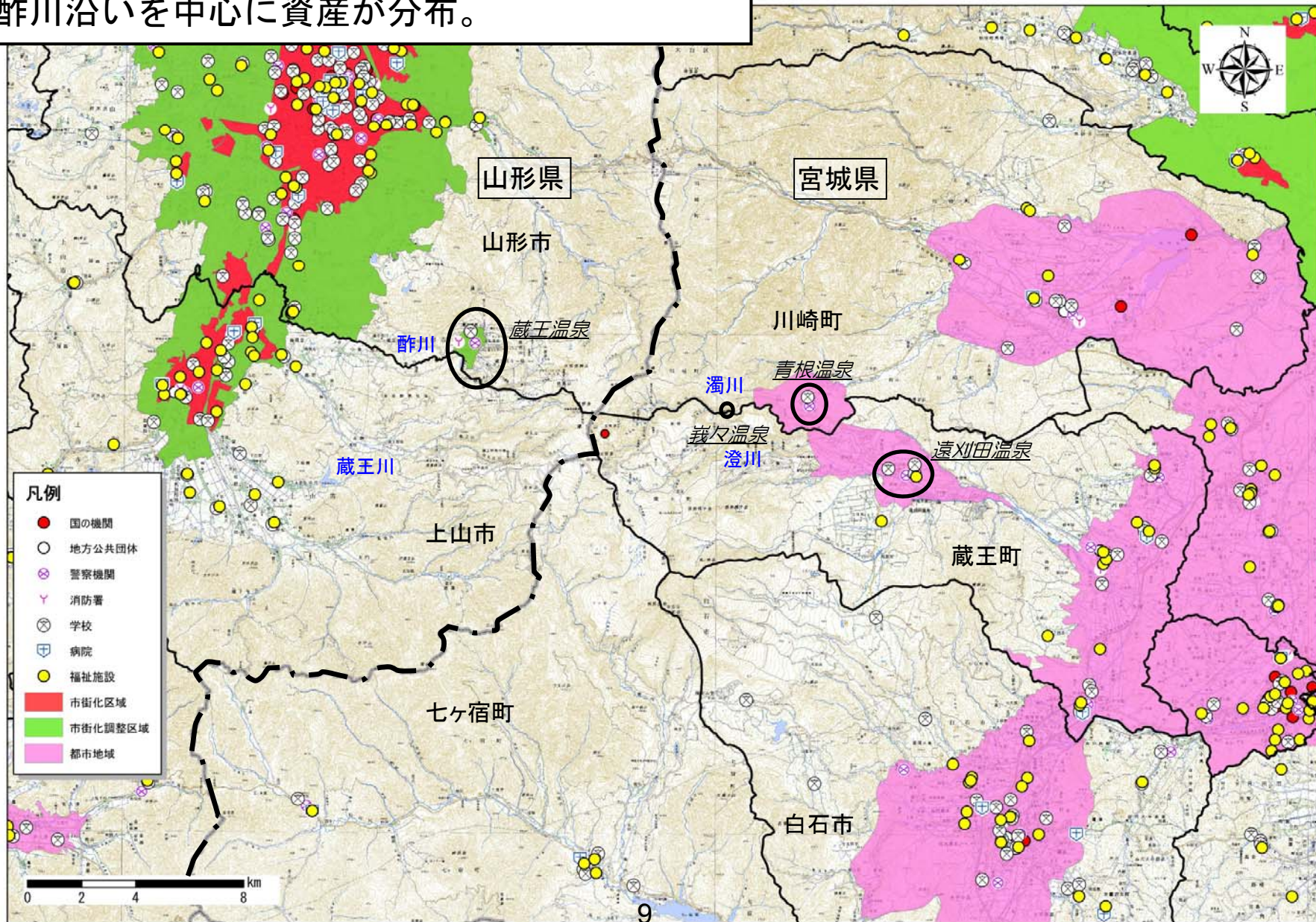
蔵王山の国有林・保安林

● 蔵王山の宮城県側に国有林・保安林が広く分布。



蔵王山周辺の資産分布状況

●宮城県側の濁川・澄川、山形県側の蔵王川・酢川沿いを中心に資産が分布。



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



【観光道路の通行台数】

観光道路	H24	H25
蔵王エコライン	約95万台	約86万台
蔵王ライン	約36万台	約33万台
西蔵王高原ライン	約59万台	約59万台
蔵王ハイライン	約12万台	約11万台

(山形県側市町村) (宮城県側市町村)

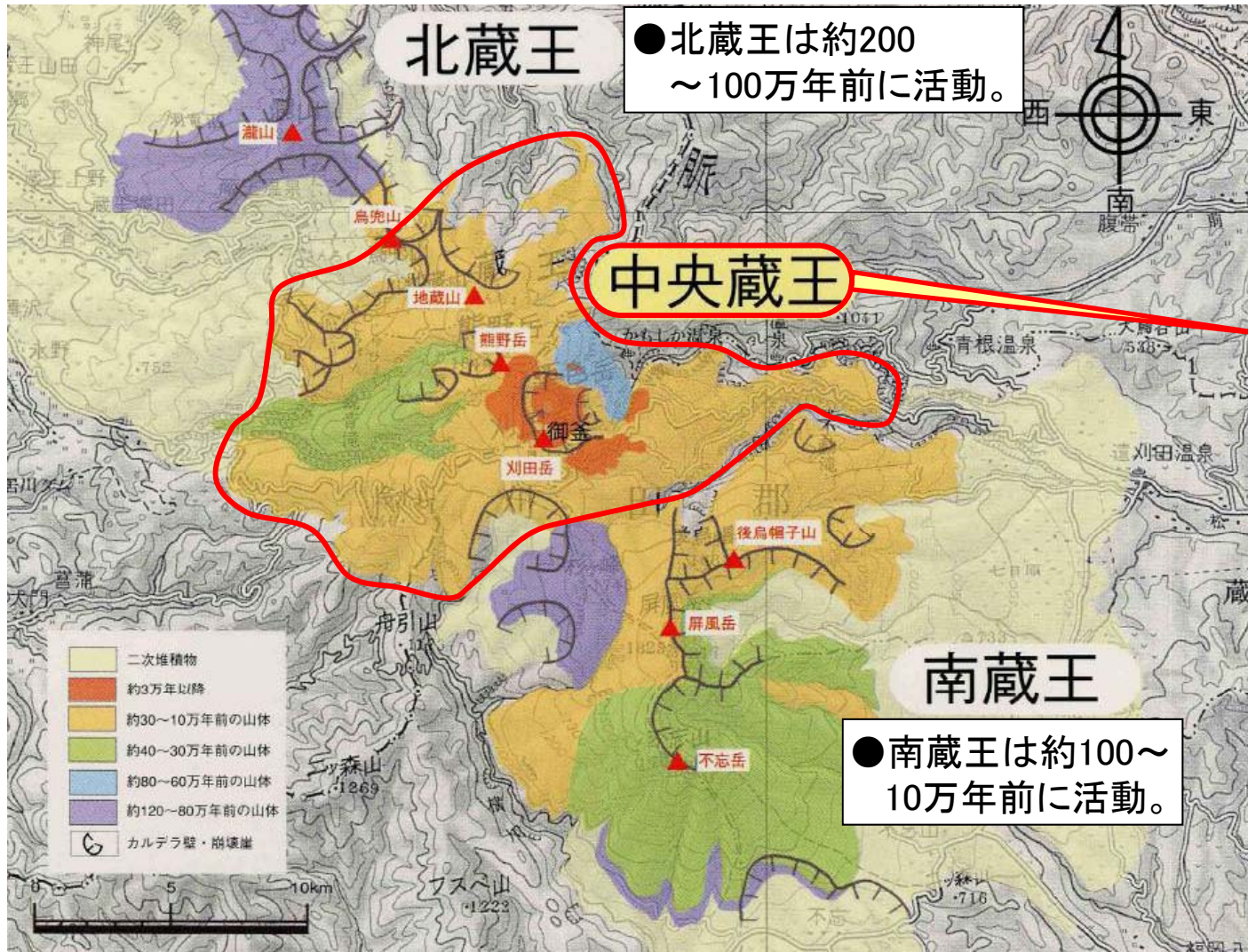
●山形市(人口約25.4万人) ●白石市(人口約3.7万人) ●七ヶ宿町(人口約0.2万人)[観光入込数の出典]

●上山市(人口約3.4万人) ●蔵王町(人口約1.3万人) ●川崎町(人口約1.0万人) ・平成25年観光統計概要、宮城県経済商工観光部

※人口はH22国勢調査による ・平成25年度山形県観光者数調査、山形県商工観光部

蔵王山の火山活動の形成史

- 年代の異なる複数の火山活動により出来た「火山群」。
- 現在の活動は約100万年前から活動を開始した中央蔵王。
- 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。



中央蔵王の概略活動史

約3万年前～現在
爆発的な噴火(水蒸気爆発)
 (マグマ水蒸気爆発)
 [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]

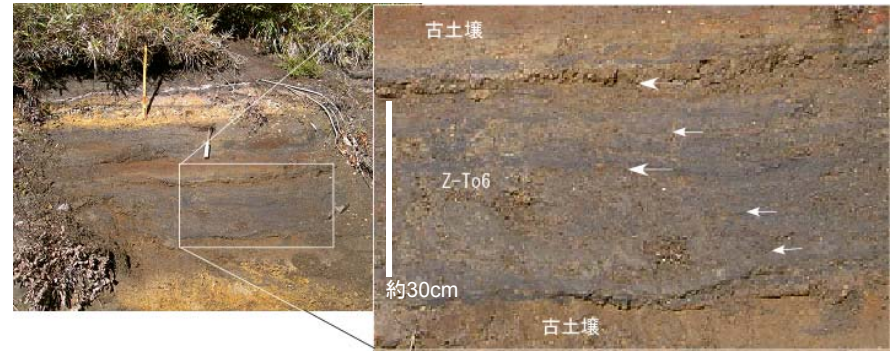
約80～60万年前
 大きな湖(おそらくカルデラ湖)
 の中の噴火
 [玄武岩質マグマ]

※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

蔵王山の火山噴出物の分布図 11

中央蔵王における過去約1万年間の活動

- 本計画では、マグマ噴火1回の噴火規模として、安全側を見て最大1,000万m³(DRE)とした。その根拠は以下のとおりである。
 - ・過去1万年間のテフラの推定体積は10⁶~10⁷m³(DRE)規模で、大きいもの(Z-To6等)で約1~3×10⁷m³(DRE)規模と推定される。
 - ・但し、これは1回の噴火によるものではなく、少なくとも3フェーズ以上の噴火によるものの累積と考えられる。右にZ-To6の代表的露頭写真を示す。矢印は代表的な境界で、より明瞭に見えるものは大きな矢印で示した。これらを境に、異なる噴火に由来する噴出物が累重していると推定される。その矢印で境される間の層厚は大きく見てもZ-To6全体の層厚の3分の1未満である。なお、より詳細に見ると、矢印以外にも境界が認められる。
 - ・よって、過去1万年間の1回のマグマ噴火の最大量は、テフラの推定最大量を3で割った値を越えないと判断される。この値が1,000万m³(DRE)である。
- 水蒸気爆発は過去1万年間の実績の最大規模を参考に500万m³を計画規模とした。

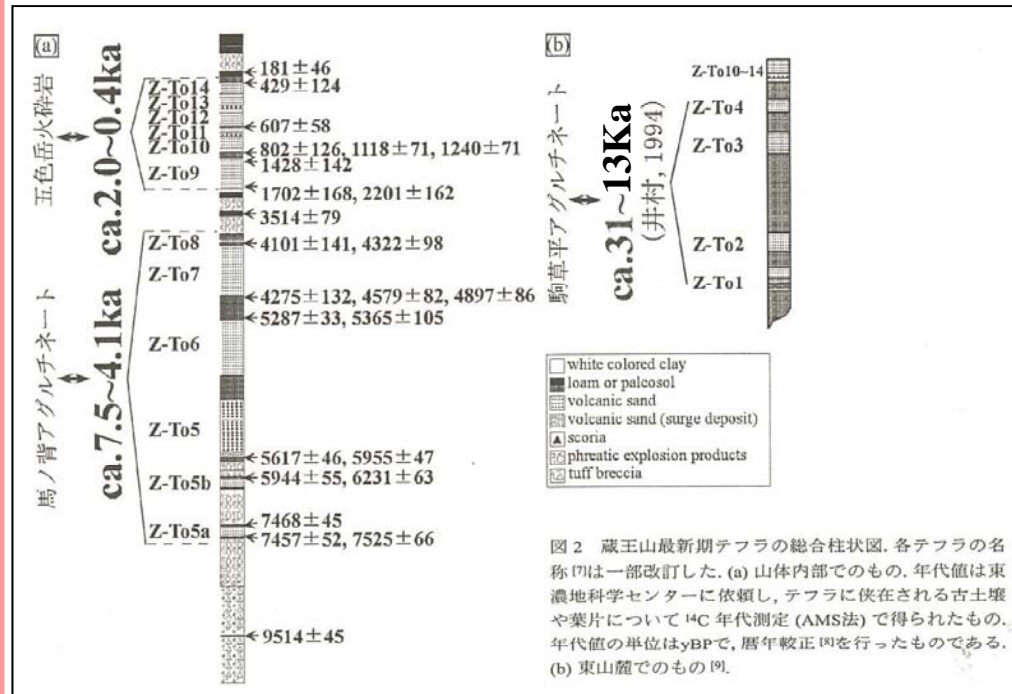


テフラの露頭(Z-To6) 資料提供)山形大学理学部 伴教授

(b) 最近約1万年間の噴出物量

テフラ名	年代	マグマ噴火の噴出量 (m ³) (DRE)	水蒸気爆発の噴出量 (m ³) (実容積)
1895年水蒸気爆発	1895年		御嶽山2014年噴火と同規模程度
Z-To16	18~19世紀	10 ⁶ 規模	
Z-To15	18世紀?	10 ⁶ 規模	10 ⁴ 規模
Z-To14	17世紀	10 ⁷ 規模	10 ⁵ 規模
Z-To13	13世紀?	10 ⁶ 規模	<約5×10 ⁶
Z-To12	13世紀?	10 ⁷ 規模	<約5×10 ⁶
Z-To11	13世紀	10 ⁶ 規模	<約5×10 ⁶
Z-To10	およそ9~13世紀	10 ⁶ 規模	<約5×10 ⁶
Z-To9	およそ1~7世紀	10 ⁷ 規模	<約5×10 ⁶
水蒸気爆発※	約3千年前		10 ⁶ ~10 ⁷ 規模
Z-To8	約3.5~4.5千年前	10 ⁶ 規模	
Z-To7	約4~5千年前	10 ⁷ 規模	
Z-To6	約5~6千年前	10 ⁷ 規模	
Z-To5	約5~6千年前	10 ⁶ 規模	
Z-To5b	約6.5~7.5千年前	10 ⁶ 規模	
Z-To5a	約7~8千年前	10 ⁶ 規模	

※約3千年前の水蒸気爆発は特殊な噴出形態を呈し、蔵王山の噴火史においても稀な現象と思われるので、噴火シナリオに考慮しない



(a) 蔵王山最新期テフラの総合柱状図

※伴雅雄・佐川日和・三浦光太郎・田中勇三(2005): 蔵王山の防災マップについて. 月刊地球. 日本火山ハザードマップ(上), 317-320.

研究進展に伴い改訂が進んだ推定値

有史以降の活動記録

- 西暦773年以降、複数の噴火記録が残され、最新の噴火記録は1940年(昭和15年)である。また、御釜火口からの最新の噴火記録は1895年(明治28年である)。
- 1821年、1867年、1895年の噴火では火山泥流が発生。
- 最近では、2013年1月以降に火山性微動が発生。

昭和14年に見られた御釜の異常

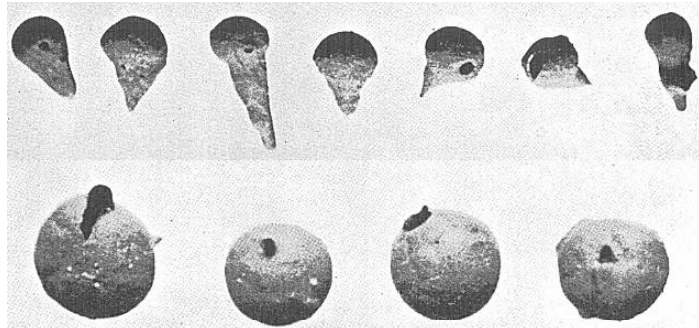
湖水温度上昇のため冬期に湯気が発生



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	7.25	8.23	9.16	10.14	11.3
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°Cを記録した

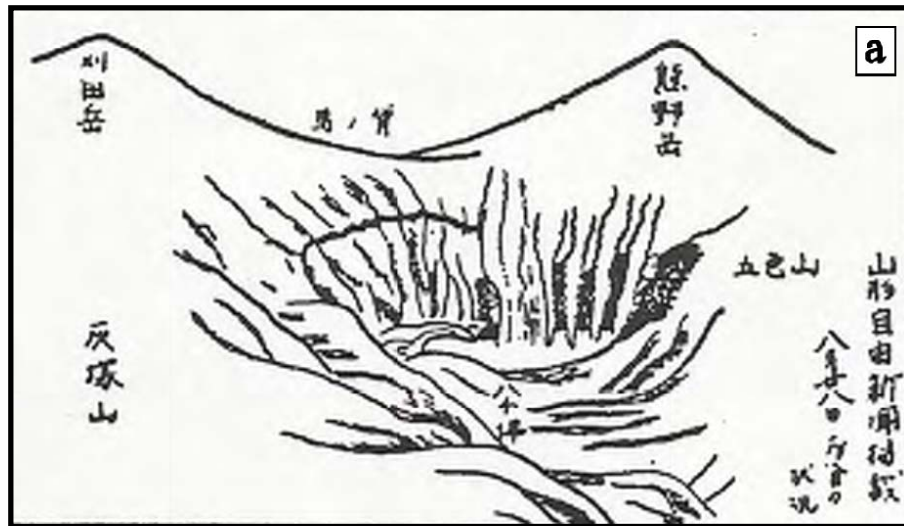


湖面に浮かんだ中空硫黄球
湖底に融解した硫黄(融点113~120°C)が存在し、火山ガス(H₂S)の噴出により浮上したものと推定される

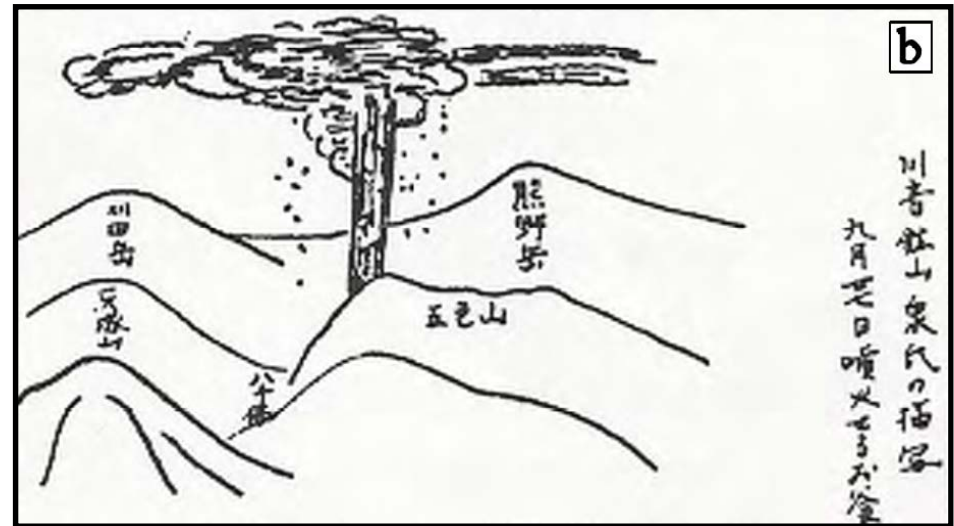
※安齋徹(1961):神秘の火口湖 蔵王の御釜

年代	現象	活動経過・被害状況等
773(宝亀2)年	噴火	噴火場所は刈田岳?
8~13世紀のいずれか	中規模:水蒸気噴火? 一マグマ噴火	火砕物降下。噴火場所は五色岳。複数回噴火。マグマ噴出量は0.026DREkm ³ 。(VEI3)
1183(寿永2)年	噴火	5月21日。噴火場所は五色岳(御釜)3。
1230(寛喜2)年	噴火	10月または11月。火砕物降下。
1230(寛喜2)年	噴火	11月22日。火砕物降下。噴石により人畜に被害多数。
12~13世紀	中規模:水蒸気噴火? 一マグマ噴火	Z-To11 噴火:火砕物降下。噴火場所は五色岳。マグマ噴出量は0.0053 DRE km ³ 。(VEI3)
1331~1333(元弘元~元弘3)年	噴煙?	詳細不明。
1350(観応年間)年頃	噴煙?	詳細不明。
12~15世紀のいずれか	中規模:水蒸気噴火? 一マグマ噴火	Z-To12 噴火:火砕物降下。噴火場所は五色岳。マグマ噴出量は0.014 DRE km ³ 。(VEI3)
12~15世紀のいずれか	中規模:水蒸気噴火? 一マグマ噴火	Z-To13 噴火:火砕物降下。噴火場所は五色岳。マグマ噴出量は0.006 DRE km ³ 。(VEI3)
1620(元和6年)	噴火	噴火場所は五色岳(御釜)?
1622(元和8年)	噴火	詳細不明。
1623~24(元和9~寛永元)年	噴火	5月15日~11月15日。火砕物降下。鳴動、噴石、降灰。
16~17世紀	水蒸気噴火? 一マグマ噴火	火砕物降下。噴火場所は五色岳。マグマ噴出量は0.011 DRE km ³ 。(VEI3)
1625(寛永2)年	鳴動?	詳細不明。
1626(寛永3)年	鳴動?	詳細不明。
1630(寛永7)年	噴火	詳細不明。
1641(寛永18)年	噴火	詳細不明。
1668(寛文8)年	噴火	8月。
1669(寛文9)年	噴火	火砕物降下。降灰。
1670(寛文10)年	噴火	火砕物降下。 4月26日より噴煙。9月26日遠方まで降灰。
1694(元禄7)年	中規模:水蒸気噴火?	5月29日。噴火場所は五色岳(御釜)? 神社焼失。8月30日地震。河川毒水化、川魚死ぬ。(VEI3)
1794(寛政6)年	水蒸気噴火?	9月22日~12月頃。火砕物降下。 噴火場所は五色岳(御釜南東に9つの火口生成)。
1796(寛政8)年	噴火	3月24日。
1804(文化元)年	噴火	詳細不明。
1806(文化3)年	噴火	7月12日。
1809(文化6)年	水蒸気噴火?	12月29日。噴火場所は五色岳(御釜)。 6月から活動を始め、12月29日に爆發。硫黄流入し、川魚被害。
1821(文政3)年	噴火	1月27日。噴火場所は五色岳(御釜)? 鳴動、御釜の濁水沸騰、濁川増水し、硫黄堆積。
1822(文政4)年	噴火	5月1日。
1830(天保元)年	噴火	詳細不明。
1831(天保2)年	噴火	11月22日。
1833(天保4)年	噴火	火砕物降下。噴火場所は五色岳(御釜)。 7/7/7噴火。降灰。御釜沸騰。
1867(慶応3)年	水蒸気噴火?	10月21日。噴火場所は五色岳(御釜)? 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	噴火	8~9月。噴火場所は五色岳(御釜)?
1894(明治27)年	噴火	3月頃から噴煙。7月3日噴火。7月には降灰。8~10月湯の噴出。 2月~9月。火砕物降下。噴火場所は五色岳(御釜)。 2月12日頃から火口付近に有感地震、2月15日に爆發し、鳴動、白煙。御釜沸騰し、川魚被害。19日にも爆發、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。(VEI0) 8月22日、9月27~28日。火砕物降下、火砕サージ。 噴火場所は五色岳(御釜)。 8月22日降灰。9月27、28日爆發。降灰。(VEI1)
1895(明治28)年	小規模:水蒸気噴火	
1896(明治29)年	噴煙	3月8日、噴煙。8月、御釜にて水蒸気上昇。9月1日、御釜の水氾濫。
1897(明治30)年	噴煙、鳴動	11月14日。
1918(大正7)年	噴火?	御釜沸騰。
1923(大正12)年	噴煙	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年に止む)。
1935(昭和10)年	地震、鳴動	6月下旬。渡瀬を中心とする10km内外で、地震群発及び鳴動。
1939(昭和14)年	湖水変色。温泉異常	7日。御釜の水が変色し濁立つ。11日。湖面から湯気が上がる。
1940(昭和15)年	小規模:水蒸気噴火	4月16日。火砕物降下。噴火場所は御釜北東鳥地獄。 新噴気孔生成。(VEI1)
1949(昭和24)年	噴煙	丸山沢噴気孔の噴気活動が活発になる。
1962(昭和37)年	地震・噴煙	8月19~20日。20.数回鳴動、地震群発。噴気活発
1966(昭和41)年	噴煙、温泉異常	振子沢付近に噴気地帯の出現と数箇所の新温泉が噴出。
1971(昭和46)年	鳴動	10月4日。
1972(昭和47)年	鳴動	5月14日、28日、29日。
1984(昭和59)年	地震	7月8日~9月頃。熊野岳の南東約5 km付近で地震群発。
1990(平成2)年	地震	7月14日~15日。御釜から刈田岳付近で地震群発。
1992(平成4)年	地震	2月22日。不忘山西方付近で地震多発。
1995(平成7)年	地震	9月1日。山頂付近で地震多発。
1995(平成7)年	地震	4月。不忘山付近。12月熊野岳の北西約10kmで地震多発
1995(平成7)年	地震	12月。北西山麓。熊野岳の北西約10 km付近で地震多発
2013(平成25)年1月~	火山性微動	火山性微動

西暦1895年の噴火記録



山形自由新聞掲載(8月28日御釜の状況)



川音山泉氏の描写(9月27日噴火せる御釜)



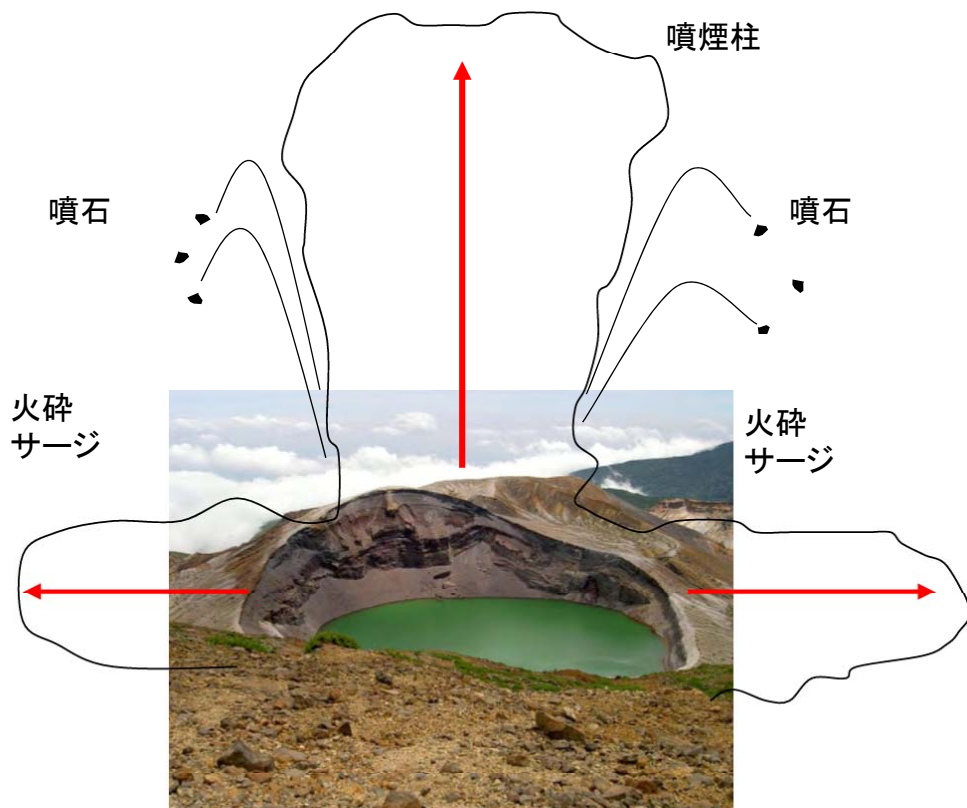
巨智部博士描写(10月6日灰塚山より見た御釜)

- ・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。小規模の火砕サージも発生した。9月27-28日の噴火による火山灰は東方に流れ、少なくとも太平洋付近まで到達した。

※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

噴火現象の特徴

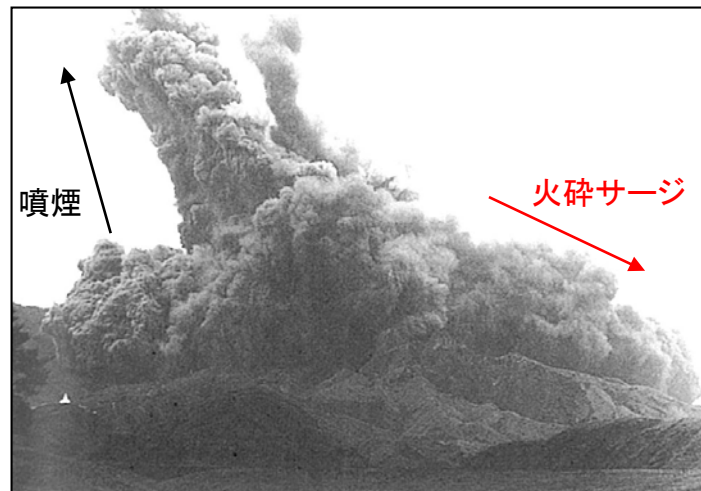
- 先行する水蒸気爆発→マグマ水蒸気爆発へ移行する例が多い。
- マグマ水蒸気爆発では、噴煙柱とともに火砕サージが横方向へ発生。
- 卓越風(西風)により東側に多く降灰。



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

御釜由来の火山泥流について

- 西暦1800年代、たびたび泥流が発生。(100年間に8回、夏場にも発生記録あり)
- 現在、御釜は推定130万m³程度の水量を維持し、噴火活動に伴い火口壁が崩壊する可能性がある。

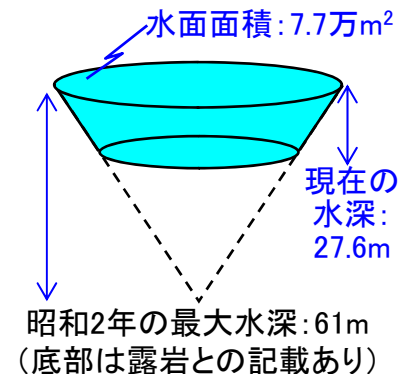
泥流の発生を示唆する古記録 (青文字は泥流の発生を示唆する箇所)

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招呼、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基だ難洪の趣に付き、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) 峨々温泉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峨々の温泉開けて、同年九月二十四日七つ時頃御釜焼けぬけ、其時峨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、木尻倒す	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

【御釜湛水量の推定】

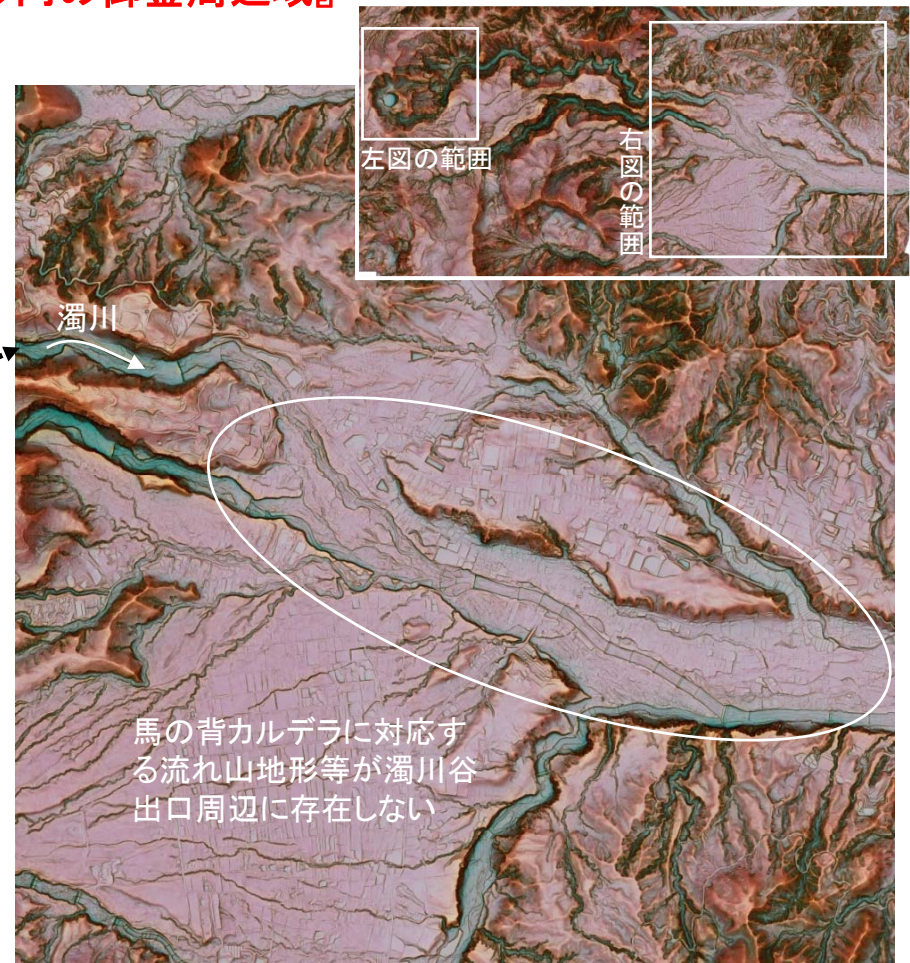
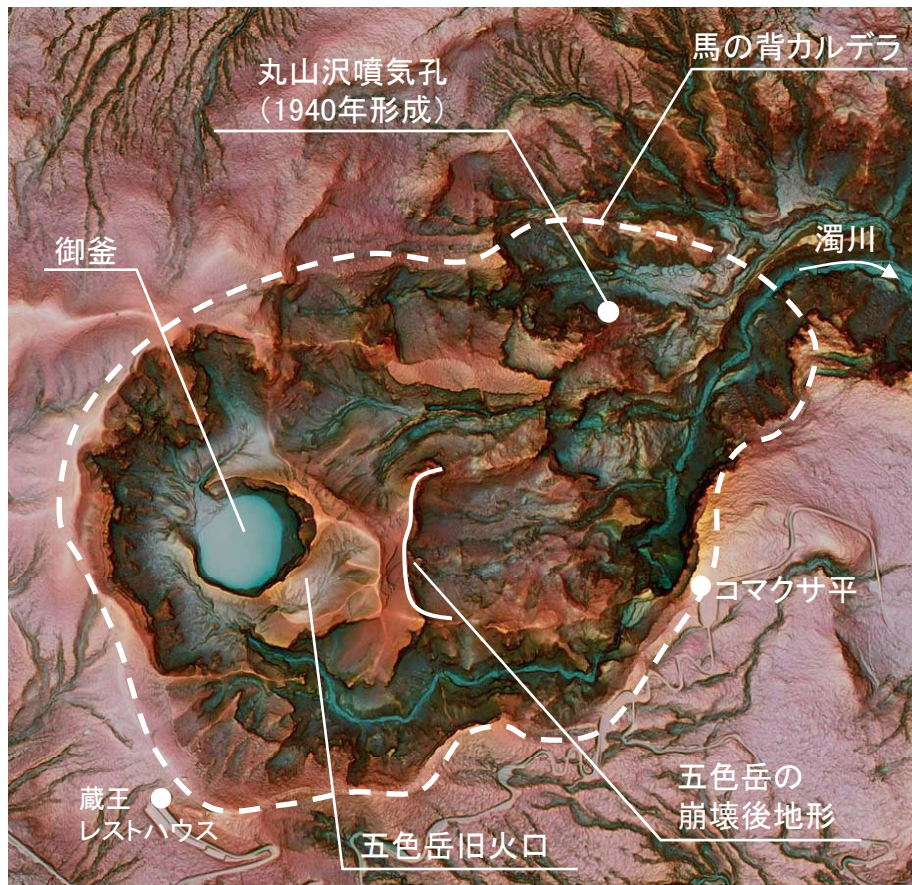
- ・御釜の水面面積は、約7.7万m²(H20レーザー計測より)
- ・御釜の最大水深は、
昭和2年:61.0m
昭和43年:27.6m
- ・湖の形状を右図のとおり仮定すると、現在の御釜の水量は、約130万m³である



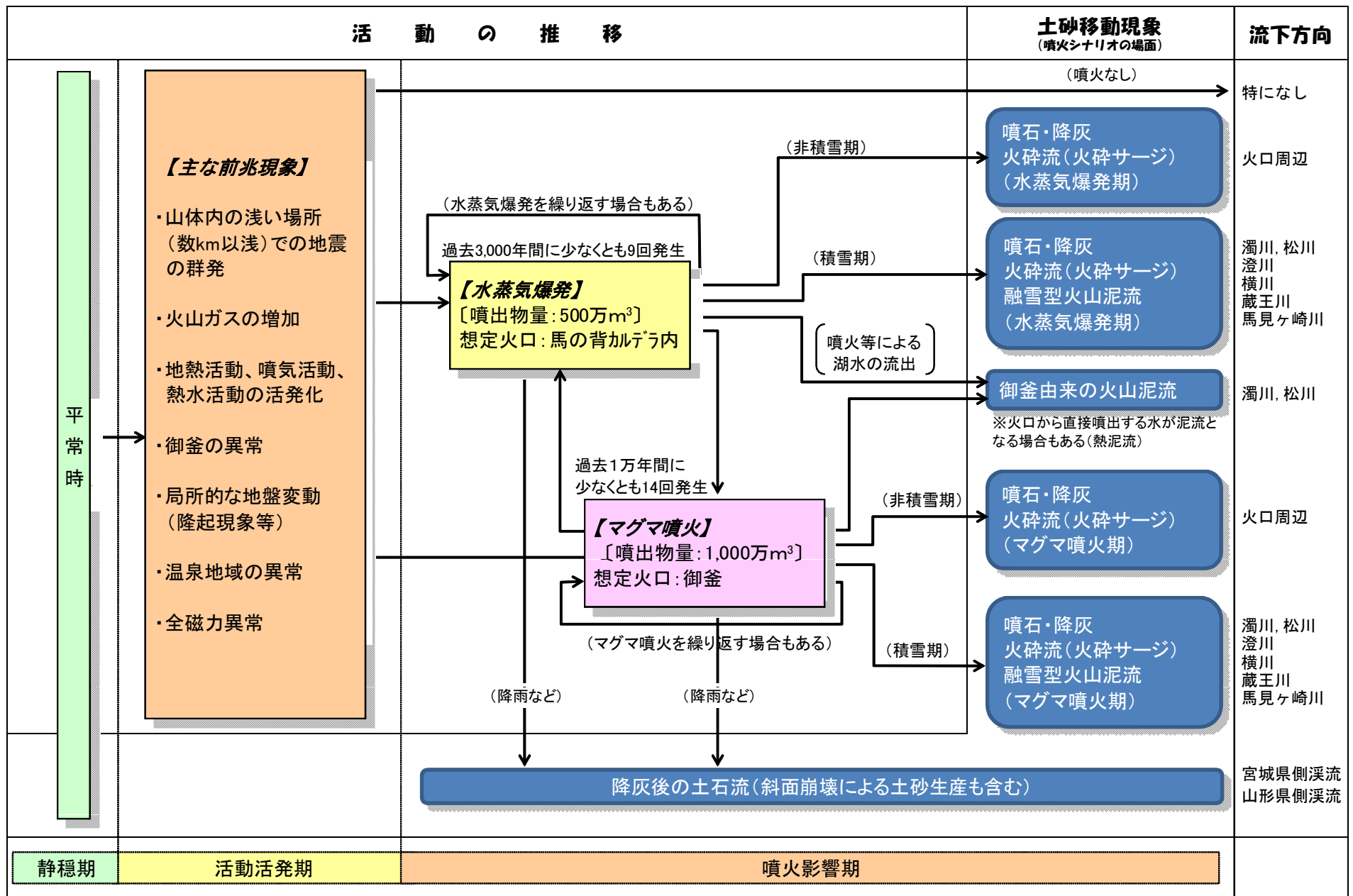
想定火口

- 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。
- 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がある。
- 過去約2千年間の活動を見ると、マグマ噴火は、御釜が火口となる可能性が高い。

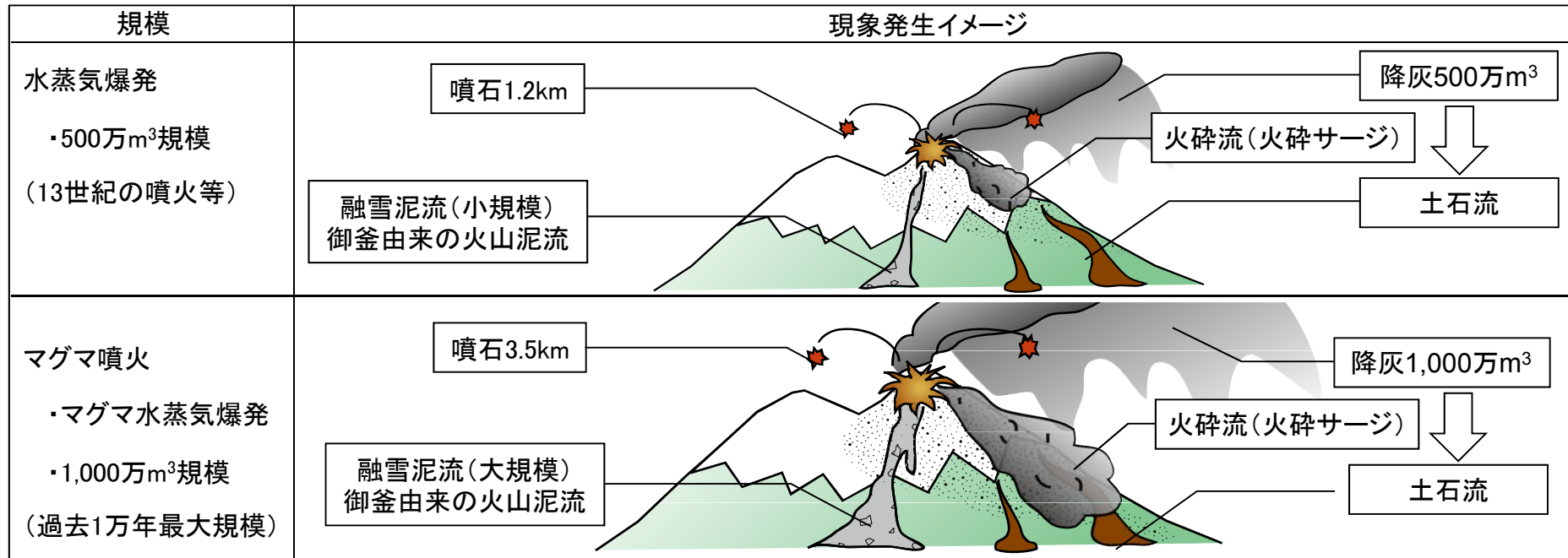
以上より、水蒸気爆発の想定火口を『馬の背カルデラ内の御釜周辺域』
マグマ噴火の想定火口を『御釜』とする。



噴火シナリオと土砂移動現象



被害想定



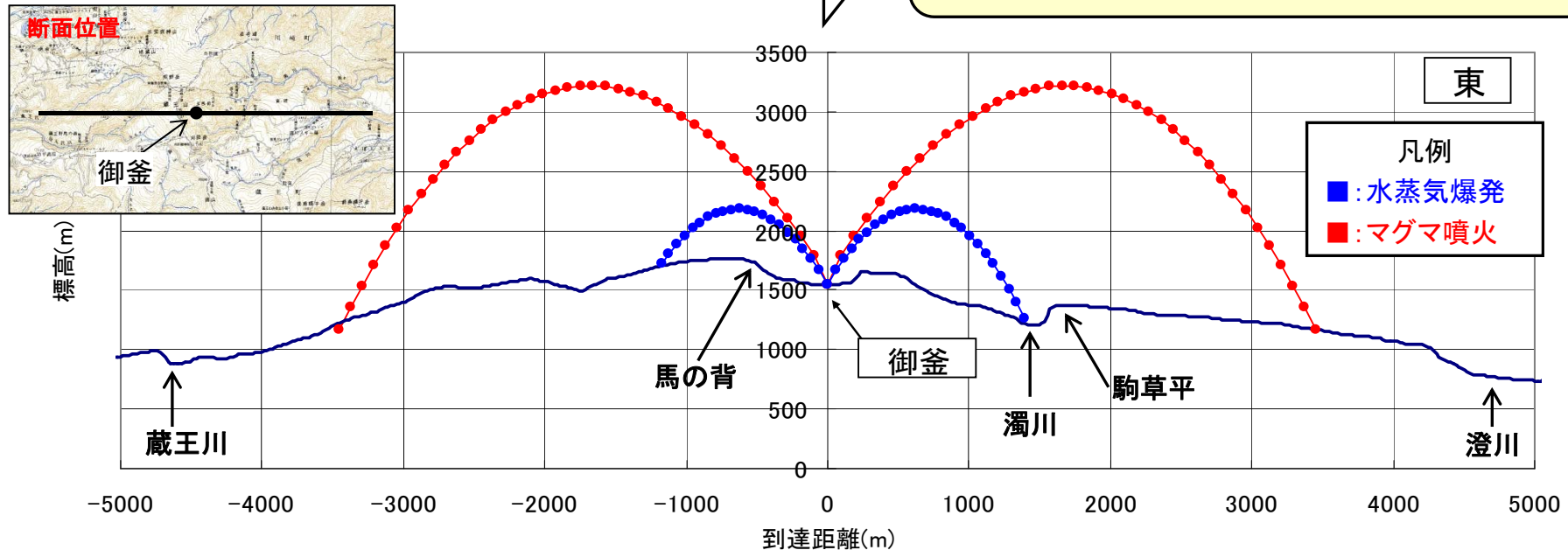
現象	設定方法
噴石	①水蒸気爆発：弾道計算（噴出初速 150m/s） ②マグマ噴火：弾道計算（噴出初速 250m/s）
降灰	③水蒸気爆発：降灰シミュレーション（噴出量：500万m ³ ） ④マグマ噴火：降灰シミュレーション（噴出量：1,000万m ³ ）
融雪型火山泥流	⑤水蒸気爆発：二次元氾濫シミュレーション（融雪範囲：火口から500m、温度400℃） ⑥マグマ噴火：二次元氾濫シミュレーション（融雪範囲：火口から1.2km、温度800℃）
降灰後の土石流	⑦二次元氾濫シミュレーション（水蒸気爆発期：9溪流） ⑧二次元氾濫シミュレーション（マグマ噴火期：13溪流）
御釜由来の火山泥流	⑨二次元氾濫シミュレーション（濁川）
火砕流（火砕サージ）	⑩地形解析（エネルギーコーンモデル）

被害想定条件(噴石)

■噴石の想定到達範囲

●「火山防災マップ作成指針(平成25年3月)」による弾道計算を実施。

水蒸気爆発期 : 火口から1.2km
マグマ噴火期 : 火口から3.5km

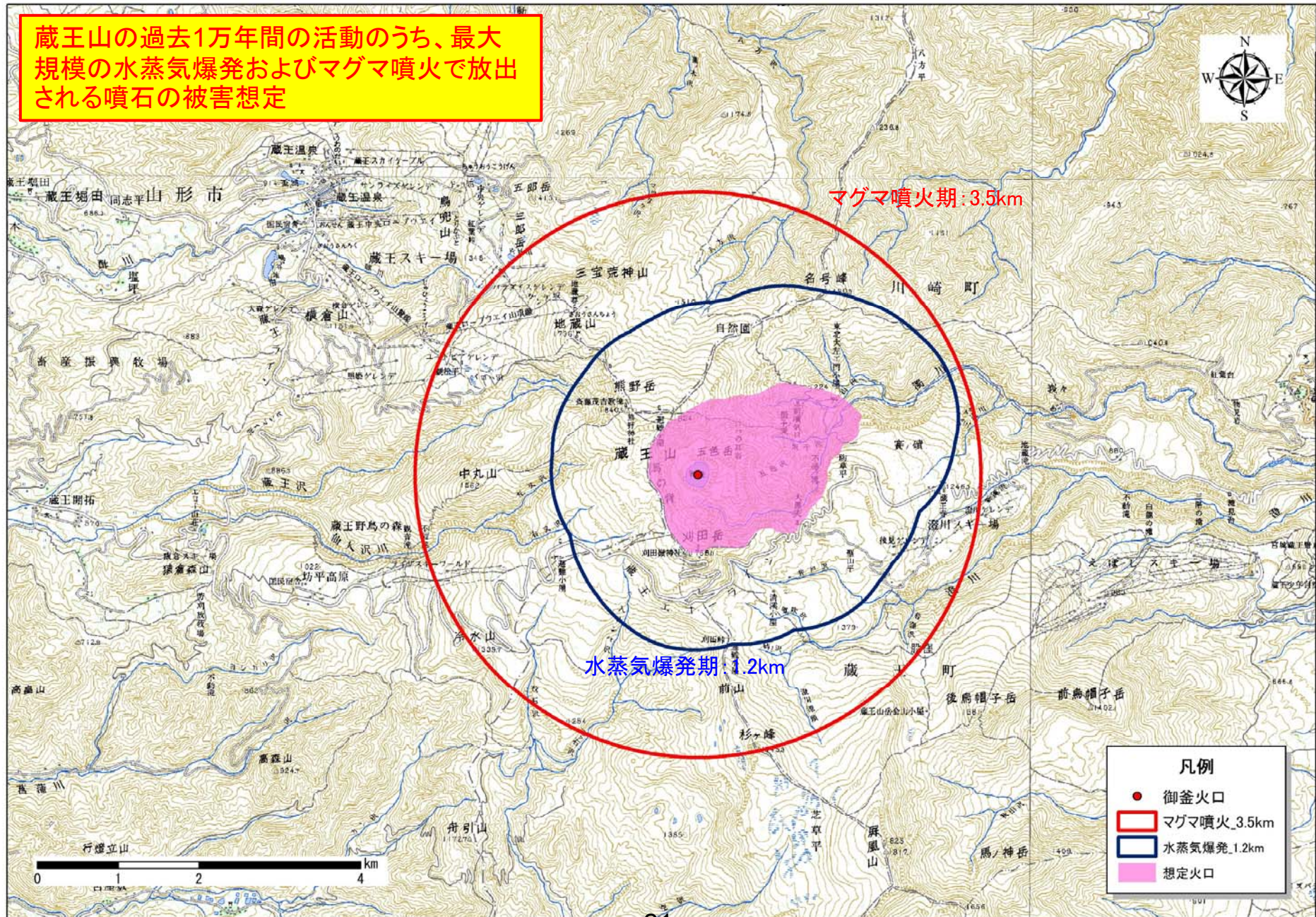


噴石弾道計算の計算条件

項目		記号	単位	値	備考
水蒸気爆発	岩塊の最大径	d	m	1.5	指針による目安値
	岩塊の初速度	Vmax	m/s	150	再現計算より(1895年噴火)
	岩塊の射出角	θ	度	63	最大到達距離を与える角度
	岩塊の密度	ρ_b	kgf/m ³	2400	安山岩の一般的な値
	空気の密度	ρ_s	kgf/m ³	1.007	理科年表より(標高2000m付近の密度)
マグマ噴火	岩塊の最大径	d	m	1.5	指針による目安値
	岩塊の初速度	Vmax	m/s	250	指針による最大値
	岩塊の射出角	θ	度	63	最大到達距離を与える角度
	岩塊の密度	ρ_b	kgf/m ³	2400	安山岩の一般的な値
	空気の密度	ρ_s	kgf/m ³	1.007	理科年表より(標高2000m付近の密度)

被害想定結果①②(噴石)

蔵王山の過去1万年間の活動のうち、最大規模の水蒸気爆発およびマグマ噴火で放出される噴石の被害想定

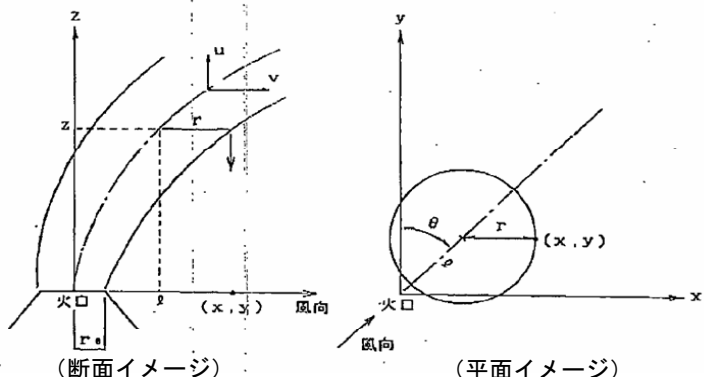


被害想定条件(降灰)

■降灰の想定到達範囲

①計算手法

- 降灰シミュレーション(ジェットモデル)。
- 計算パラメータは、他火山での検討実績等を参考に設定した。



風による降灰範囲の移動モデル

②風向・風速の設定

- ・風速: 仙台上層風(標高3,000m)の年平均より**14.7m/s**
- ・風向: 高層風の風向分布より**西風**

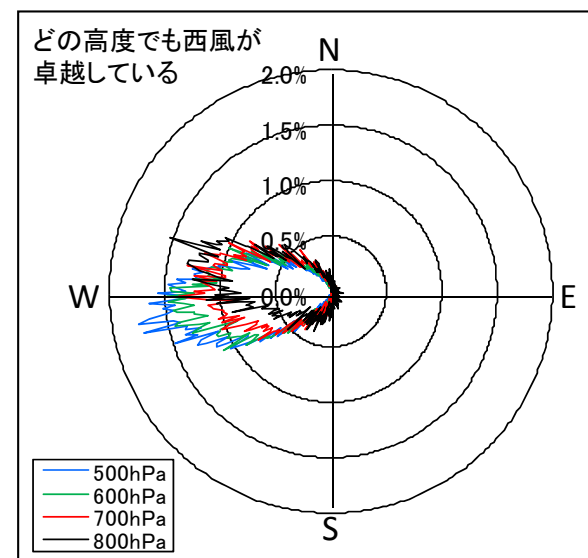
仙台上空の高層風風速データ(月平均)

気圧面 [hpa]	高度 [m]	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
1,000	約100	3.5	3.6	3.8	3.4	2.8	2.3	2.2	2.3	2.7	3.0	3.8	3.6	3.1
900	約1,000	10.2	10.0	9.4	8.8	7.6	6.2	6.1	6.1	6.9	7.9	9.3	10.0	8.2
800	約2,000	16.3	16.1	14.9	13.2	10.9	8.4	8.6	8.1	9.1	10.7	14.0	16.7	12.3
700	約3,000	19.8	19.2	18.2	15.7	12.5	9.6	9.6	9.1	10.9	13.1	17.6	20.4	14.7
600	約4,000	24.0	23.0	22.3	19.1	15.4	12.2	11.0	10.3	14.5	17.3	21.5	24.3	17.9
500	約5,500	30.5	28.6	28.3	24.5	20.0	16.1	13.1	12.2	18.9	23.3	27.2	30.4	22.8

(仙台管区気象台,観測データ[1988~2008]より)

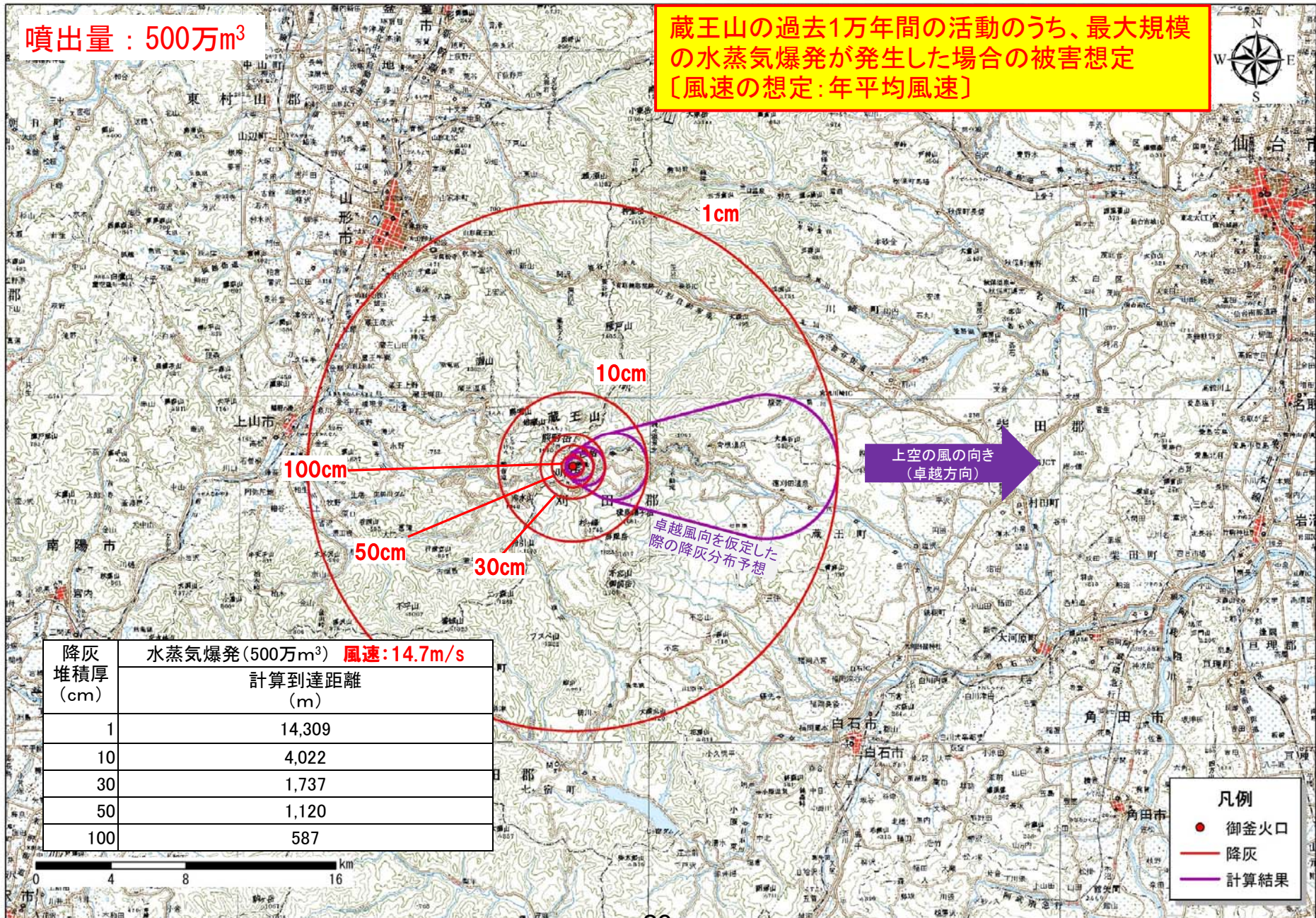
降灰シミュレーションの計算条件

項目	水蒸気爆発	マグマ噴火	備考
想定降灰量	500万m ³	1,000万m ³	噴火シナリオより
火口半径	150m	150m	現在の御釜火口の半径
噴煙初速	150m/s	150m/s	他火山の実績より
降下速度	8.0m/s	8.0m/s	他火山の実績より
堆積濃度	0.6	0.6	一般値
連行係数	0.23	0.23	一般値
風速	14.7m/s	14.7m/s	高層風の年平均値
風向	西	西	高層風の卓越風向

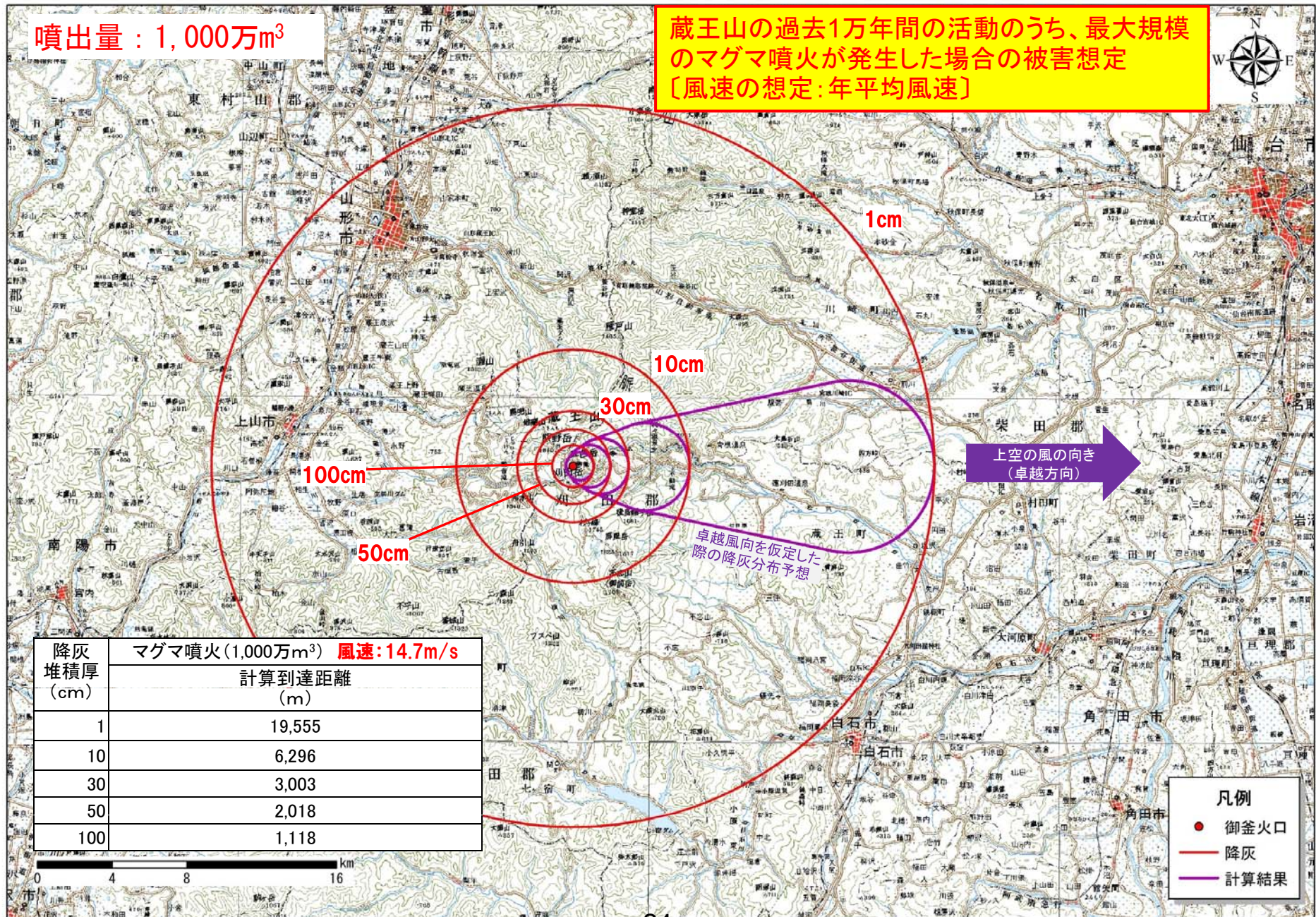


仙台上空の高層風風配図

被害想定結果③(水蒸気爆発期の降灰)



被害想定結果④(マグマ噴火期の降灰)



被害想定条件(融雪型火山泥流)

■融雪型火山泥流の想定到達範囲

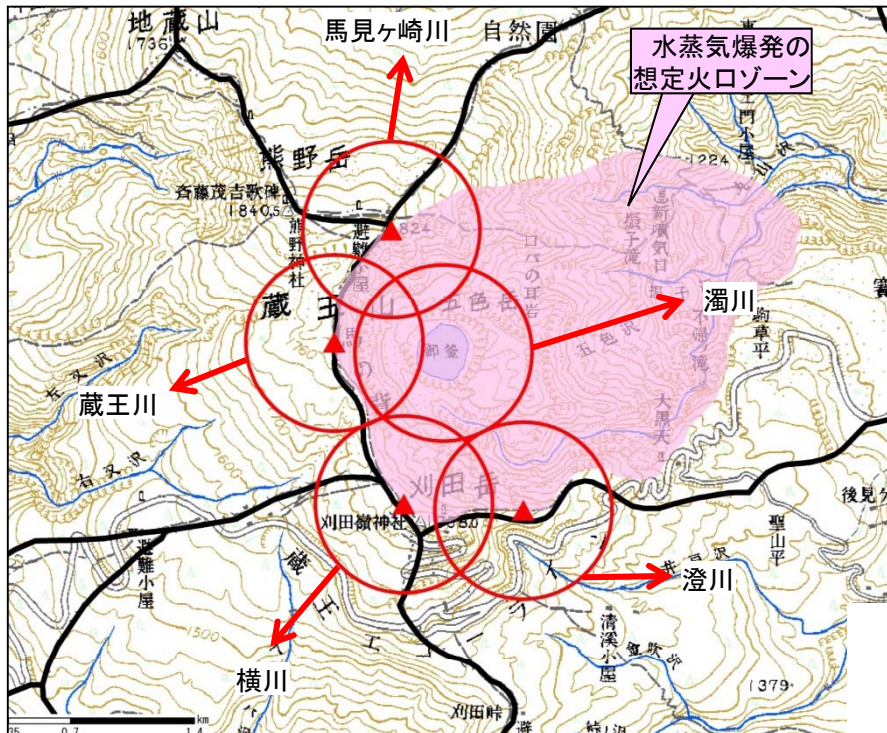
(1) 融雪範囲(泥流発生溪流)

- ・水蒸気爆発期は火口から500m (但し、各流域で最も多くの融雪を起こす火口位置を想定する)
- ・マグマ噴火期は、御釜火口から1.2km



馬の背に分布する噴石の濃集部(御釜から500m程度の位置)

CASE	規模	融雪条件
⑤	水蒸気爆発	融雪範囲: 500m ※1895年噴火実績による噴石濃集部の分布範囲より設定。 噴出物温度: 400°C
⑥	マグマ噴火	融雪範囲: 1.2km ※マグマ噴火期における高温岩塊濃集部の分布範囲より設定。 噴出物温度: 800°C



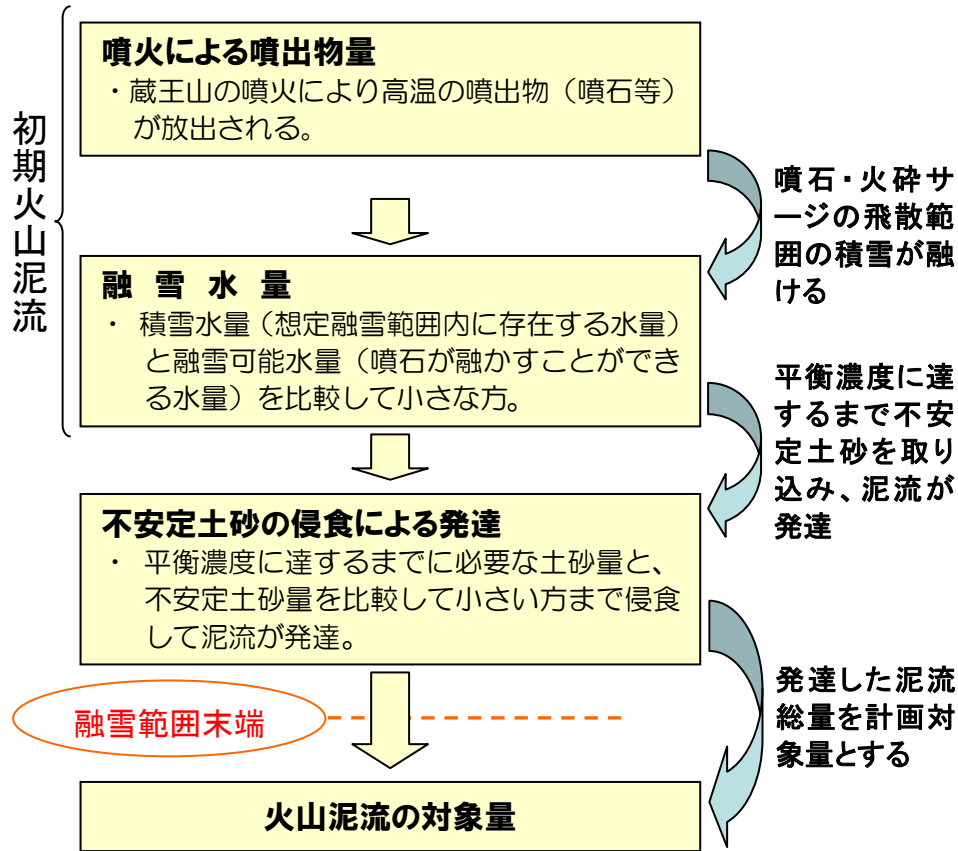
水蒸気爆発期の想定融雪範囲



マグマ噴火期の想定融雪範囲

被害想定条件(融雪型火山泥流)

(2) 融雪型火山泥流量算定の流れ



(3) 融雪可能水量

融雪可能水量は、火砕物の温度・噴出量等により下式で求める

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

W_0 : 融雪可能水量 (m³)

V_t : 供給土砂量(噴石量のうち真の土砂量) (m³)

T_s : 供給土砂の温度(°C)

T_m : 融解水の温度(°C)

C_s : 土砂の比熱(cal/g・K)

C_m : 積雪中の水の割合(含水率)

qm : 雪の融解熱(cal/g)

ρ_s : 火砕物密度(g/cm³)

ρ_w : 水密度(g/cm³)

K : 熱量の融雪寄与率を表す係数

十勝岳大正泥流の実績より、マグマ噴火時の係数を0.38とすると、融雪可能水量は800°Cの時で土砂量の5倍、400°Cの時で2.65倍となる。

火砕物の温度

・水蒸気爆発: 400°C

(根拠)

・安達太良山1900年(明治33年)の事例より(火砕サージに巻き込まれた、建物の木柱やむしろが焦げていないことより、噴出物の温度は木材の発火点(400°C)以下であると推定されている)

・マグマ噴火: 800°C

(根拠)

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

【参考: 他火山における噴出物の温度計測事例】

●桜島1946年噴火による安山岩溶岩の温度 : 850~1000°C
(下鶴、荒牧、井田: 火山の辞典、朝倉書店、1995)

●十和田平安噴火(915年)の火砕流定置温度 : ~680°C
(松浦他: 十和田平安噴火で生じた火砕流の定置温度および冷却過程、地学雑誌、117、2008)

被害想定条件(融雪型火山泥流)

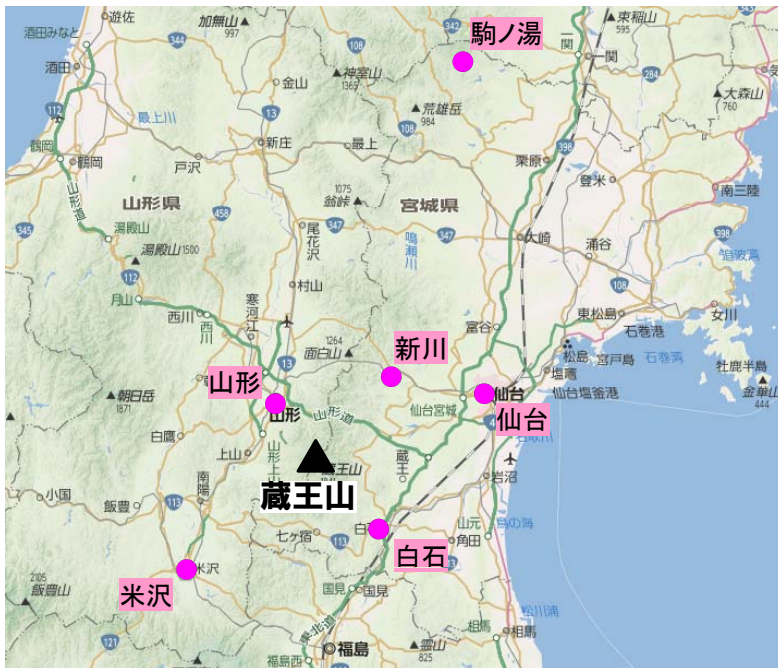
(4) 積雪水量の設定

《積雪深の設定》

- 蔵王山周辺観測所の年最深積雪深の標高分布から**標高別積雪深**を設定。
(県道路部局で観測している近年の積雪データからも、設定した積雪分布が妥当と判断できる)

《積雪水量の設定》

積雪水量は、**積雪密度**0.35g/cm³として算出。

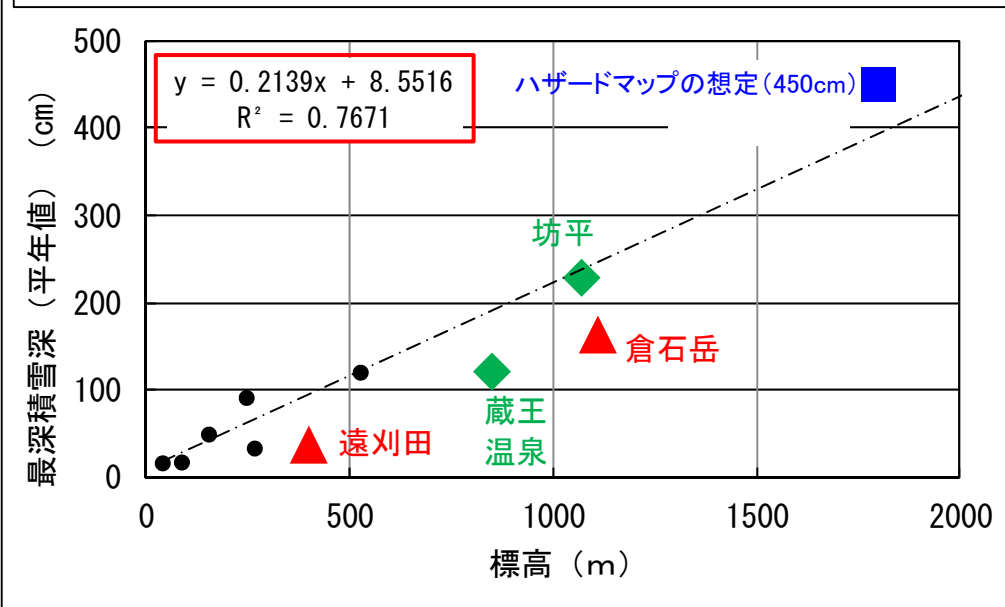


蔵王山周辺の気象庁積雪観測所

蔵王山近傍における最深積雪深の平年値

観測所	最深積雪 (cm)					
	宮城県				山形県	
	駒ノ湯	新川	仙台	白石	山形	米沢
標高 (m)	525	265	38.9	86	152.5	245
統計期間	1997 ~2010	1984 ~2010	1981 ~2010	1984 ~2010	1981 ~2010	1981 ~2010
資料年数	14	27	30	27	30	30
平年値	121	34	17	18	50	92

- 気象庁観測所による年最深積雪深の平年値
- ▲ 宮城県側エコーラインの平均年最大積雪深(H20~H24)【宮城県道路課】
- ◆ 山形県側エコーラインの平均年最大積雪深(H13~H25)【山形県道路保全課】



蔵王山近傍における標高と年最深積雪深 (平年値) の関係

被害想定条件(融雪型火山泥流)

(5) 泥流量の算定

水蒸気爆発による 融雪型火山泥流の諸元

項目	単位	水蒸気爆発(融雪範囲500m)				
		濁川	澄川	横川	蔵王川	馬見ヶ崎川
融雪範囲 ①	(km ²)	0.79	0.40	0.28	0.45	0.23
流域内降下火砕物供給量 ②	(千m ³)	5,000	2,561	1,783	2,893	1,468
融雪可能水量 ③=②×2.65	(千m ³)	13,250	6,787	4,724	7,665	3,890
流域平均積雪深 ④	(m)	3.40	3.40	3.61	3.83	3.83
積雪水量 ⑤=①×④×0.35	(千m ³)	935	479	354	609	309
御釜の水量 ⑥	(千m ³)	1,300				
融雪水量 ⑦:③と⑤の小さい方+⑥	(千m ³)	2,235	479	354	609	309
初期土砂濃度		0.276	0.337	0.334	0.330	0.330
勾配	tan θ	0.084	0.102	0.068	0.167	0.137
平衡土砂濃度 ⑧	Cd	0.076	0.095	0.060	0.173	0.135
侵食可能土砂量 ⑨	(千m ³)	-4,476	-2,411	-1,720	-2,428	-1,310
全土砂量 ⑩=②+⑨	(千m ³)	524	150	63	465	158
泥石流ピーク流量	(m ³ /s)	1,533	349	232	596	260
泥石流総量 ⑦+⑩	(千m³)	2,759	629	417	1,074	467

マグマ噴火による 融雪型火山泥流の諸元

項目	単位	マグマ噴火(融雪範囲1.2km)				
		濁川	澄川	横川	蔵王川	馬見ヶ崎川
融雪範囲 ①	(km ²)	2.95	0.20	0.21	0.93	0.23
流域内降下火砕物供給量 ②	(千m ³)	6,535	441	465	2,057	502
融雪可能水量 ③=②×5	(千m ³)	32,676	2,203	2,326	10,287	2,509
流域平均積雪深 ④	(m)	3.46	3.58	3.72	3.81	3.91
積雪水量 ⑤=①×④×0.35	(千m ³)	3,578	249	274	1,240	310
御釜の水量 ⑥	(千m ³)	1,300				
融雪水量 ⑦:③と⑤の小さい方+⑥	(千m ³)	4,878	249	274	1,240	310
初期土砂濃度		0.229	0.255	0.252	0.250	0.247
勾配	tan θ	0.084	0.102	0.068	0.167	0.137
平衡土砂濃度 ⑧	Cd	0.076	0.095	0.060	0.173	0.135
侵食可能土砂量 ⑨	(千m ³)	-5,391	-362	-416	-1,111	-343
全土砂量 ⑩=②+⑨	(千m ³)	1,144	78	49	946	159
泥石流ピーク流量	(m ³ /s)	3,345	182	179	1,215	261
泥石流総量 ⑦+⑩	(千m³)	6,022	328	323	2,186	469

被害想定条件(融雪型火山泥流)

(6) 数値シミュレーションの実施

【計画ハイドログラフ】

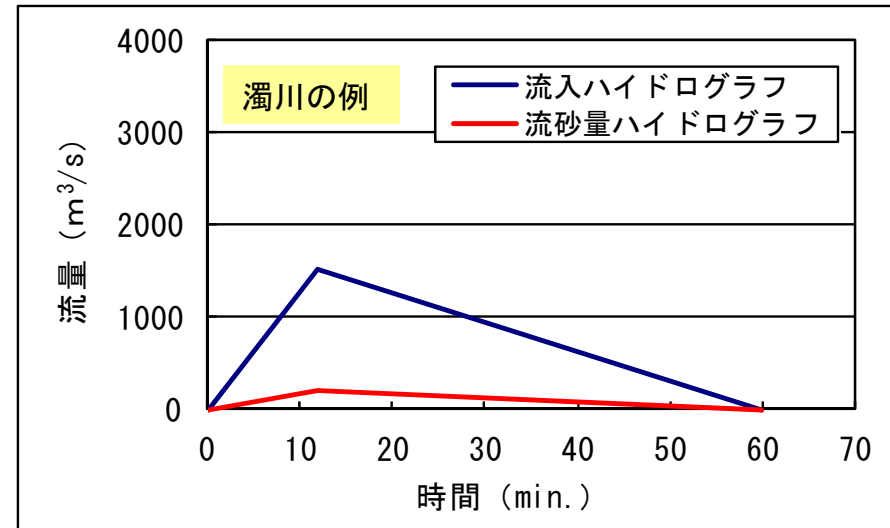
- ・融雪型火山泥流のハイドログラフは、実績を元に推定された他火山での設定条件から三角形ハイドログラフを設定。
- ・具体には、大正15(1924)年に、北海道十勝岳で発生した融雪型火山泥流の検討で用いられたハイドログラフを参考とし、**継続時間60分、泥流発生から12分後にピークを持つ三角形**とした※。

※十勝岳で発生した融雪型火山泥流の総量は1,330万 m^3 と推定されており、そのハイドログラフはネバド・デル・ルイス火山におけるハイドログラフの推定を参考に泥流の継続時間60分、ピーク位置を12分としている。

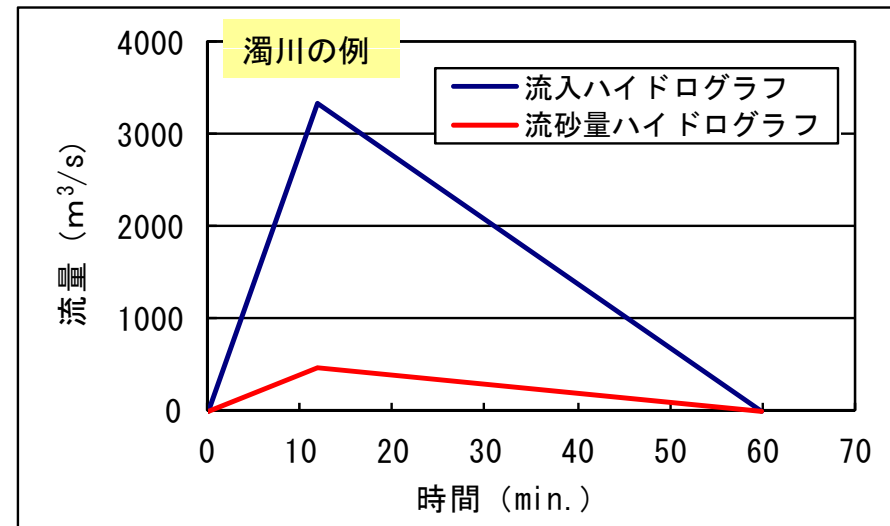
【計算パラメータ】

項目	記号	単位	数値	備考
泥水密度	ρ	g/cm^3	1.22~1.28	泥流諸元より
砂礫密度	σ	g/cm^3	2.65	一般値
堆積砂礫層の容積濃度	C*		0.6	一般値
砂礫の代表粒径	Dm	cm	10.0	調査結果より
砂礫の内部摩擦角	ϕ	°	35	一般値
メッシュ間隔		m	20m	レーザープロファイラ(H20)

⑤ 水蒸気爆発

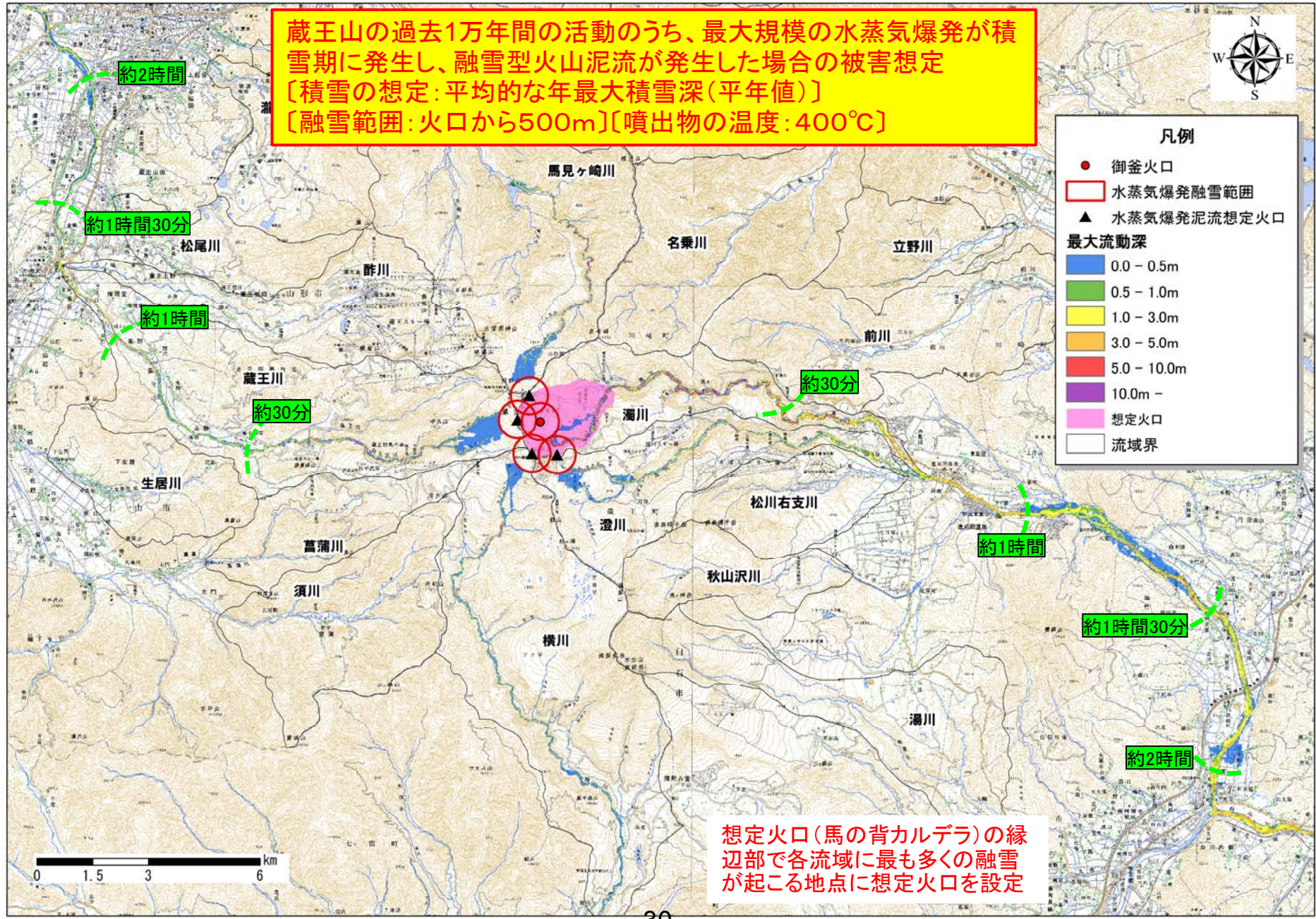


⑥ マグマ噴火



被害想定結果⑤(水蒸気爆発期の融雪型火山泥流)

蔵王山の過去1万年間の活動のうち、最大規模の水蒸気爆発が積雪期に発生し、融雪型火山泥流が発生した場合の被害想定
 [積雪の想定:平均的な年最大積雪深(平年値)]
 [融雪範囲:火口から500m][噴出物の温度:400℃]



凡例

- 御釜火口
- 水蒸気爆発融雪範囲
- ▲ 水蒸気爆発泥流想定火口

最大流動深

- 0.0 - 0.5m
- 0.5 - 1.0m
- 1.0 - 3.0m
- 3.0 - 5.0m
- 5.0 - 10.0m
- 10.0m -

想定火口
 流域界

想定火口(馬の背カルデラ)の縁辺部で各流域に最も多くの融雪が起る地点に想定火口を設定

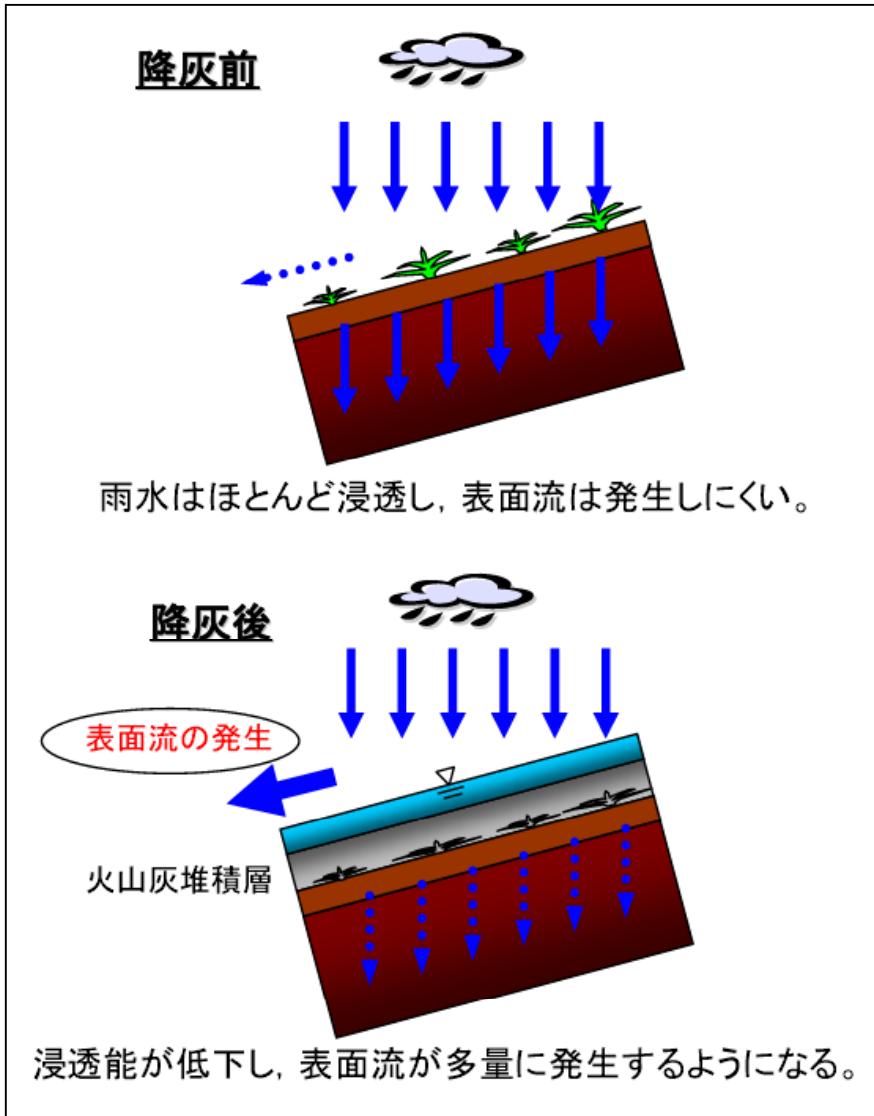
被害想定結果⑥(マグマ噴火期の融雪型火山泥流)



被害想定条件(降灰後の土石流)

■降灰後の土石流の想定到達範囲

(1) 降灰後の土石流のメカニズム



※(独)土木研究所 HPより引用



霧島山(新燃岳)H23.2
噴火から約2週間後

溪流の降灰状況
溪岸斜面および溪床を一様に火山灰が覆っている



霧島山(新燃岳)H23.2
噴火から約2週間後

火山灰による皮膜の状況
降灰深は小さいが、表面の火山灰が固結し皮膜を形成

被害想定条件(降灰後の土石流)

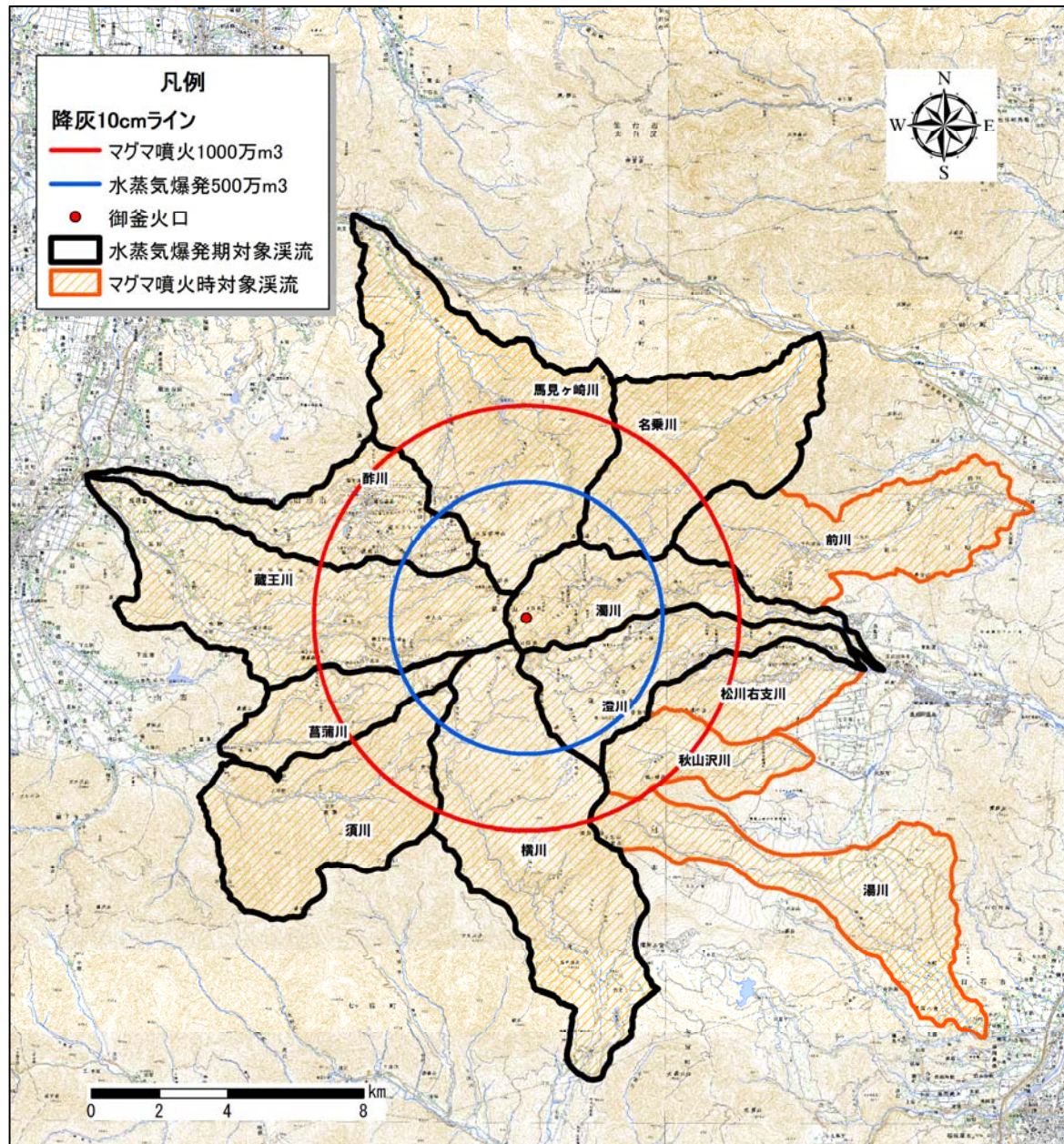
(2) 対象溪流

- 流域の源頭部に最大**10cm**の降灰深が想定される溪流を対象。

水蒸気爆発期: 9溪流
 マグマ噴火期: 13溪流

溪流		流域面積 (km ²)
宮城県側	名乗川	26.21
	前川	25.28
	濁川	16.20
	澄川	17.13
	松川右支川	11.00
	秋山沢川	10.09
	湯川	25.76
山形県側	横川	42.52
	馬見ヶ崎川	42.94
	酢川	18.54
	蔵王川	36.86
	菖蒲川	11.45
須川	20.96	

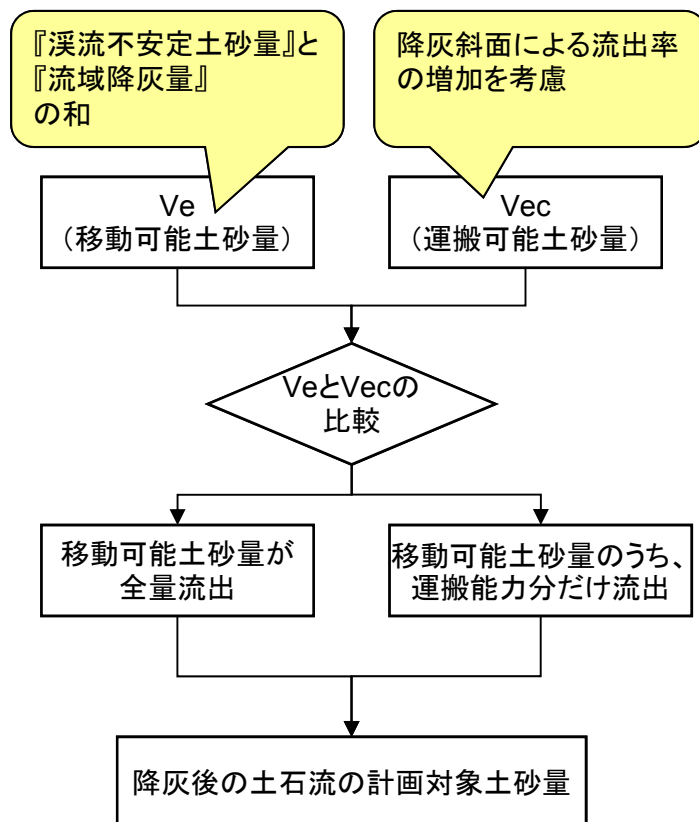
黒字: 水蒸気爆発期の発生溪流
 黒字、橙字: マグマ噴火期の発生溪流



被害想定条件(降灰後の土石流)

(3) 計画対象土砂量設定の流れ

- ・移動可能土砂量(溪流の不安定土砂量と降灰量)と運搬可能土砂量を比較し、小さい方を計画対象土砂量とする。



(4) 降灰の影響の考え方

- ①移動可能土砂量に流域の降灰量を加える。
- ②運搬可能土砂量に**補正係数(1.43)**を乗じ、火山灰の堆積により流出しやすくなる状態を考慮する。

降灰後の運搬可能土砂量補正係数の考え方

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

Ve:『土石流対策技術指針(案)平成12年7月』による移動可能土砂量の記号

Vec: 同 運搬可能土砂量の記号

※最新版の『砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)平成19年11月』では、

移動可能土砂量は V_{dy1} 、運搬可能土砂量は V_{dy2} と表わされている。

被害想定条件(降灰後の土石流)

(5) 土石流の外力

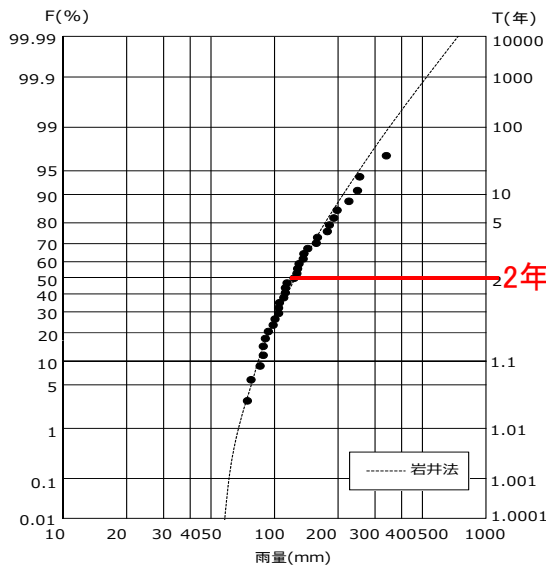
● 土石流の外力の考え方

- ・ 2年超過確率日雨量
- 平年的な年最大降雨としての外力

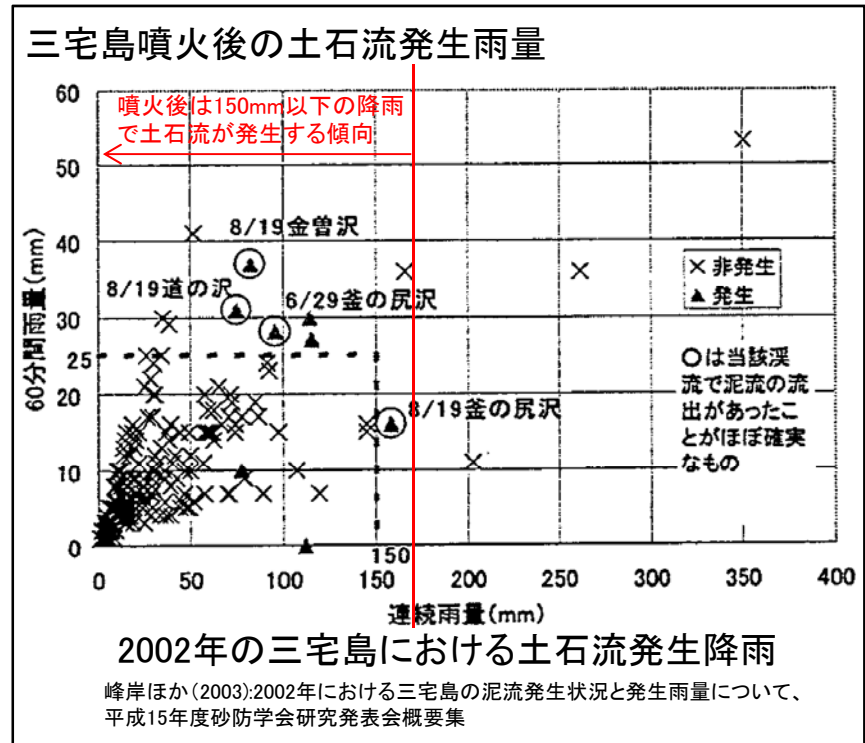


外力設定	降雨量	備考
2年超過確率日雨量	125mm	ふほうやま 不忘山(1976~2009)による 確率計算

※ 不忘山観測所は高標高部(1,050m)に位置し、33年のデータ蓄積があるために採用
[2009年に観測終了]



確率計算結果(岩井法)



2002年の三宅島における土石流発生降雨

峰岸ほか(2003):2002年における三宅島の泥流発生状況と発生雨量について、平成15年度砂防学会研究発表会概要集

被害想定条件(降灰後の土石流)

(6) 降灰後の土石流の計画対象土砂量

【水蒸気爆発期の計画対象土砂量】

流域名	流域面積 (km ²)	移動可能土砂量 (千m ³)			運搬可能土砂量 (千m ³)		計画対象土砂量 (千m ³)
		溪流不安定土砂量	流域降灰量	合計	Vec	Vec × 1.43	
宮城県側	名乗川	26.2	549	806	1,355	234	335
	濁川	16.2	339	1,805	2,144	145	207
	澄川	17.1	359	899	1,258	153	219
	横川	42.5	890	1,520	2,410	380	543
山形県側	馬見ヶ崎川	42.9	899	1,621	2,520	383	548
	酢川	18.5	388	664	1,052	166	237
	蔵王川	36.9	772	1,858	2,630	329	471
	菖蒲川	11.4	240	388	628	102	146
	須川	21.0	439	745	1,183	187	268

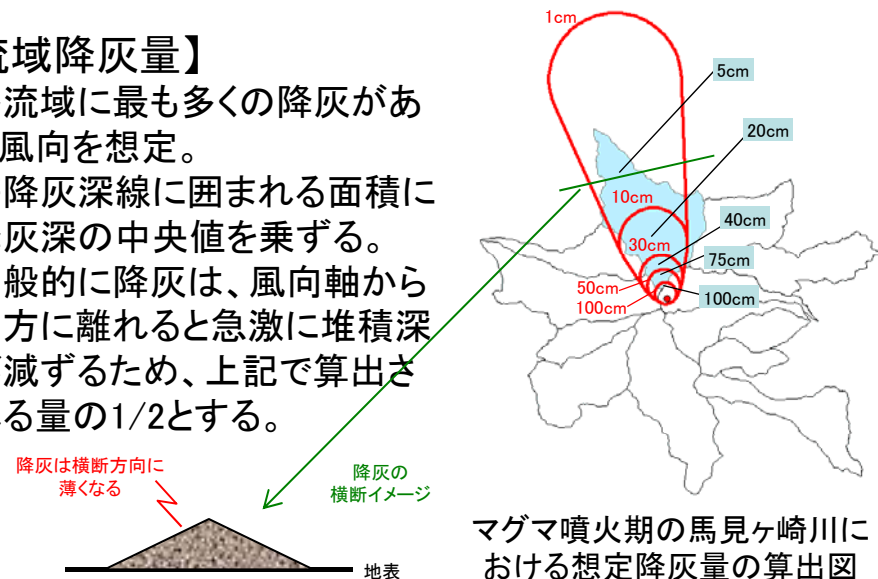
【マグマ噴火期の計画対象土砂量】

流域名	流域面積 (km ²)	移動可能土砂量 (千m ³)			運搬可能土砂量 (千m ³)		計画対象土砂量 (千m ³)
		溪流不安定土砂量	流域降灰量	合計	Vec	Vec × 1.43	
宮城県側	名乗川	26.2	549	1,346	1,894	234	335
	前川	25.3	529	802	1,332	226	323
	濁川	16.2	339	2,936	3,275	145	207
	澄川	17.1	359	1,692	2,051	153	219
	松川右支川	11.0	230	530	761	98	140
	秋山沢川	10.1	211	660	871	90	129
	湯川	25.8	539	647	1,186	230	329
	横川	42.5	890	2,788	3,678	380	543
山形県側	馬見ヶ崎川	42.9	899	2,915	3,814	383	548
	酢川	18.5	388	1,266	1,654	166	237
	蔵王川	36.9	772	3,195	3,967	329	471
	菖蒲川	11.4	240	746	985	102	146
	須川	21.0	439	1,100	1,538	187	268

※表中の値は小数第一位で四捨五入している。

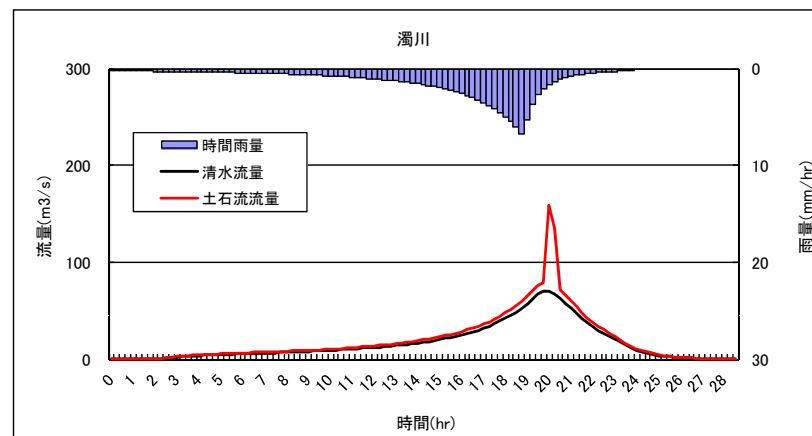
【流域降灰量】

- ・各流域に最も多くの降灰がある風向を想定。
- ・等降灰深線に囲まれる面積に降灰深の中央値を乗ずる。
- ・一般的に降灰は、風向軸から側方に離れると急激に堆積深が減るため、上記で算出される量の1/2とする。



【土石流ハイドログラフ】

- ・対象降雨は2年超過確率規模。
- ・降雨波形は、後方集中型とし、中安の単位図法により清水流量波形を作成。
- ・流量のピーク時から土砂を投入。



土石流ハイドログラフの例(濁川)

被害想定結果⑦(水蒸気爆発期の土石流)

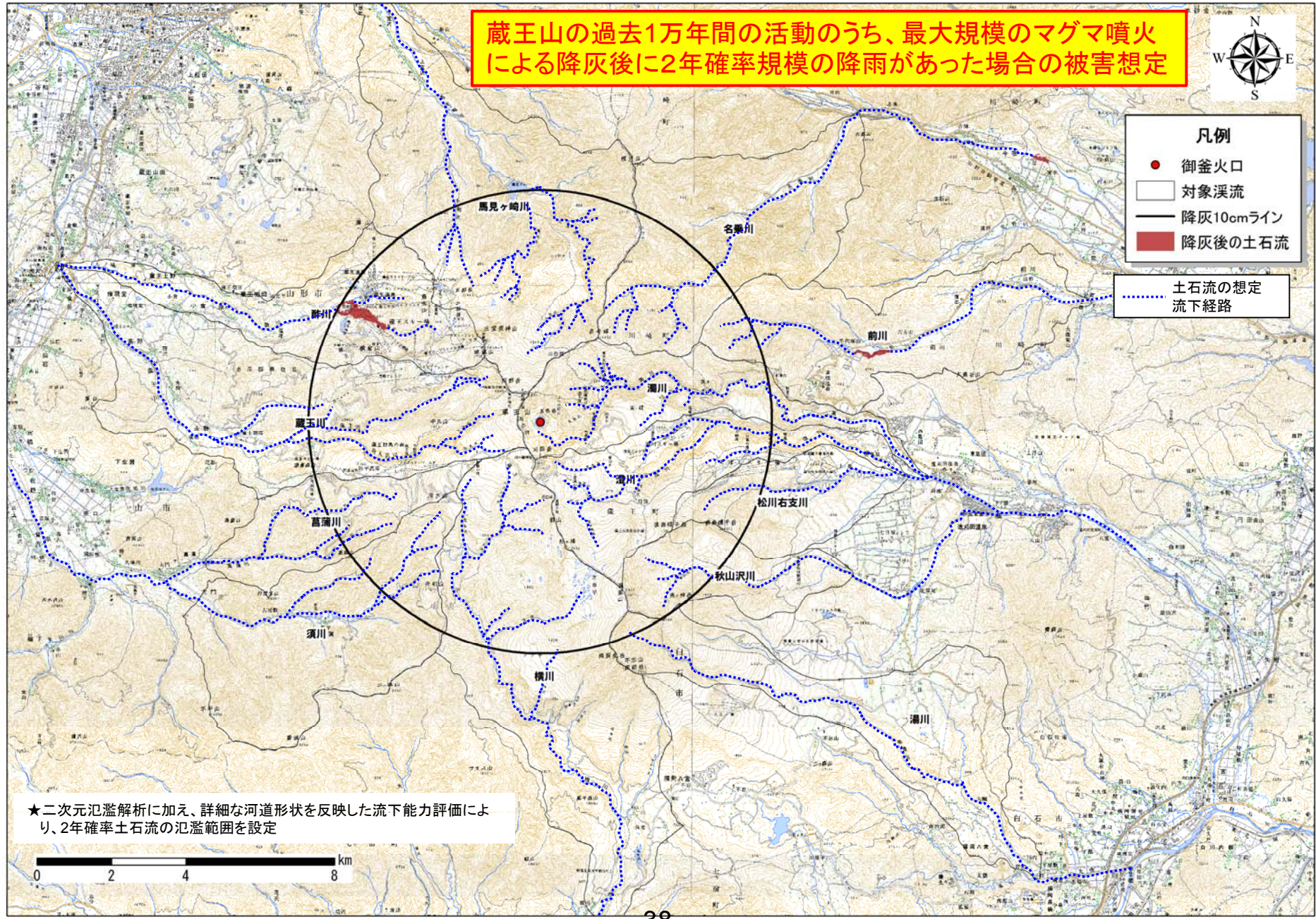


被害想定結果⑧(マグマ噴火期の土石流)

蔵王山の過去1万年間の活動のうち、最大規模のマグマ噴火による降灰後に2年確率規模の降雨があった場合の被害想定



- 凡例
- 御釜火口
 - 対象溪流
 - 降灰10cmライン
 - 降灰後の土石流
 - ⋯ 土石流の想定流下経路



★二次元氾濫解析に加え、詳細な河道形状を反映した流下能力評価により、2年確率土石流の氾濫範囲を設定

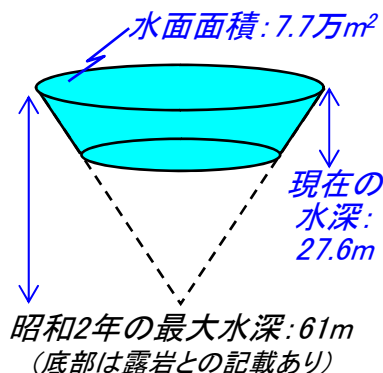
被害想定条件(御釜由来の火山泥流)

■御釜由来の火山泥流の想定到達範囲

(1) 泥流対象量

【御釜湛水量】

- ・御釜の水面面積は、約7.7万 m^2
(H20レーザー計測より)
- ・御釜の最大水深は、
昭和2年: 61.0m
昭和43年: 27.6m
- ・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130万 m^3 である。



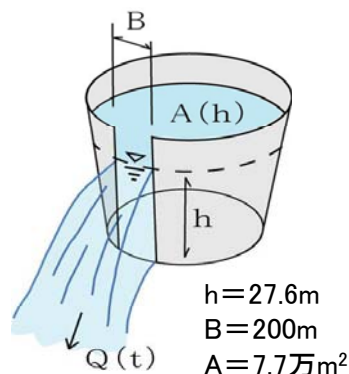
平成24年7月4日山形地方気象台撮影

【流出土砂量】

- ・決壊の可能性がある火口壁の体積より、**27.6万 m^3** とした。

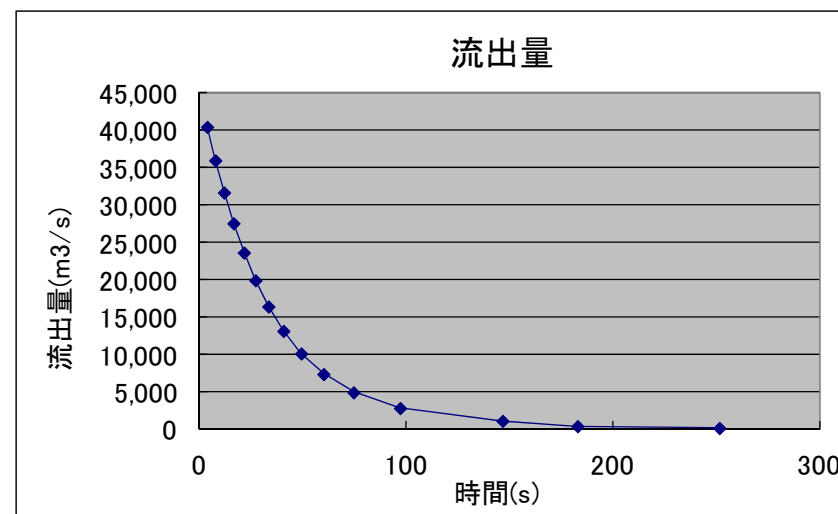
【火山泥流ハイドログラフ】

- ・タンクの切り欠きから湖水が流出するモデル(右図)によりハイドログラフを作成。
- ・ピーク流量4万 m^3/s 、継続時間250sとした。



計算条件

項目	記号	単位	数値	備考
水の密度	ρ	g/cm^3	1.0	一般値
砂礫密度	σ	g/cm^3	2.65	一般値
堆積砂礫層の容積濃度	C^*		0.6	一般値
砂礫の代表粒径	D_m	cm	10.0	調査結果より
砂礫の内部摩擦角	ϕ	$^\circ$	35	一般値



御釜由来の火山泥流の想定ハイドログラフ

被害想定結果⑨(御釜由来の火山泥流)

現在の御釜の火口壁が決壊し、湖水が流出した場合の被害想定

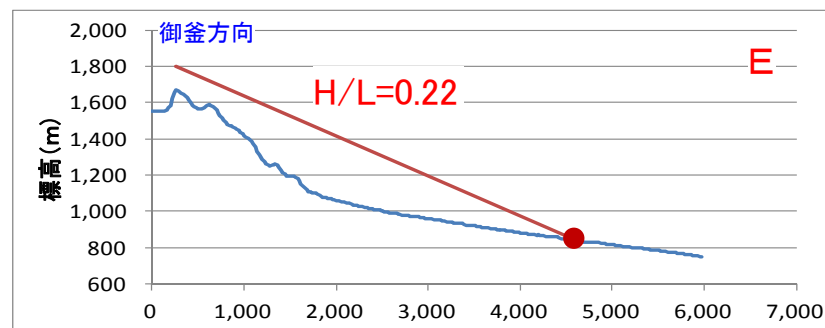
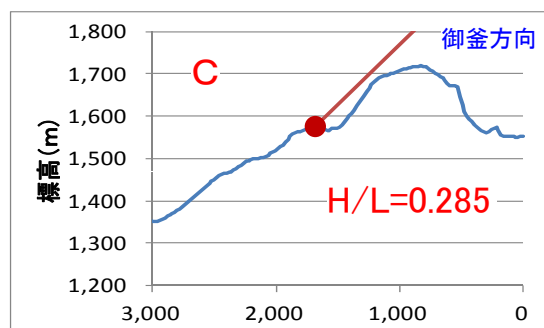
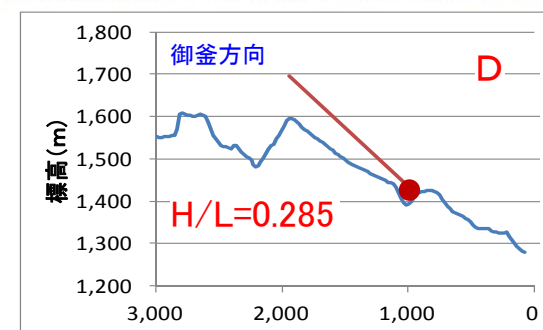
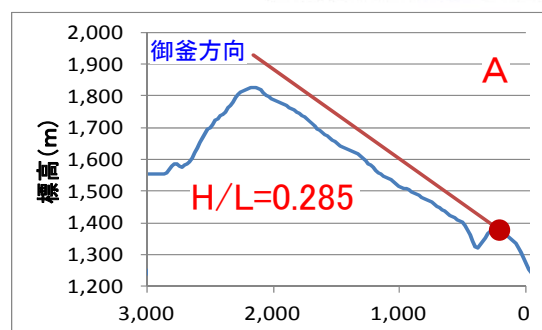
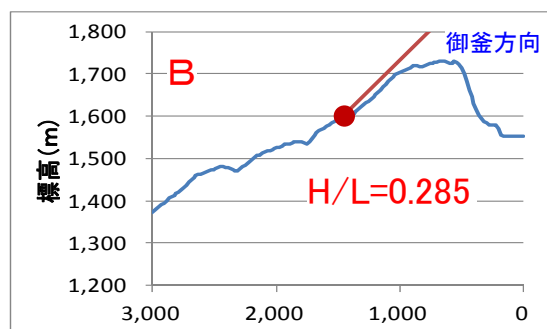
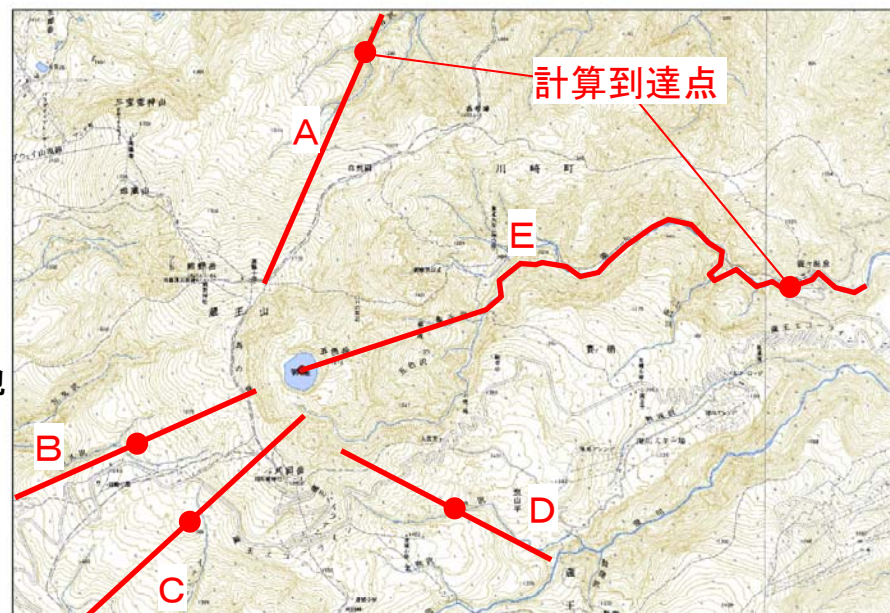


被害想定条件(火砕流(火砕サージ))

■火砕流(火砕サージ)の想定到達範囲

●地形解析(エネルギーコーンモデル)により想定する。

- ・エネルギーコーンモデルは、火口から噴煙が上がり斜面を流れ下る現象を、火口から停止地点までを結んだ線”エネルギーライン”で表す。
- ・エネルギーラインの起点は、火口壁の標高+100mとした。
- ・エネルギーラインの勾配(H/L)は、過去1万年間の事例と他火山の事例を参考に溪流沿いを0.22、斜面を0.285とした。
- ・計算断面は、濁川筋の1断面に加え、馬の背カルデラを超えて斜面を流下することを想定し4断面検討した。
- ・計算結果を参考に地形を考慮し、被害想定範囲を設定。




被害想定結果⑩(火砕流(火砕サージ))

現在の地形に基づき、噴火による火砕サージが
流下した場合の被害想定



御嶽山9/27噴火による火砕流の流下状況
(国交省中部地方整備局のカメラ映像より)

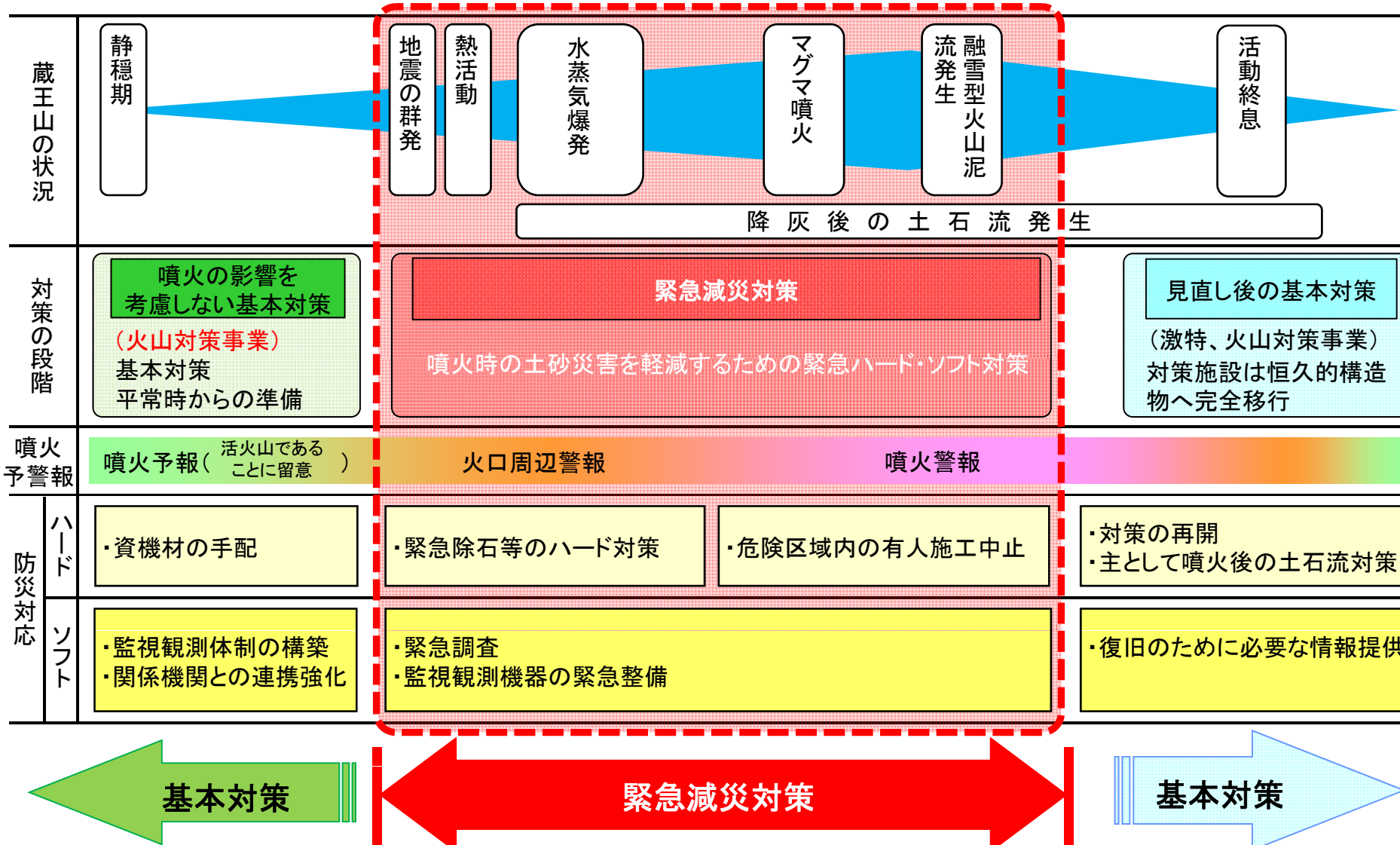


凡例
 火砕流(火砕サージ)

【計 画 編】

火山噴火緊急減災対策砂防計画の内容

蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画は、蔵王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、緊急調査について、平常時からの準備事項を含めて計画。



蔵王山火山噴火緊急減災対策砂防計画の概念図

対策可能な噴火現象

- ・蔵王山火山噴火緊急減災対策では、融雪型火山泥流、降灰後の土石流および御釜由来の火山泥流を対象に緊急ハード対策を計画。
- ・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。

現象		想定規模	対策方針		理由
			ハード対策	ソフト対策	
噴石		① 水蒸気爆発 ② マグマ噴火			・噴石の衝撃に耐えうる防護施設は困難
降灰		③ 水蒸気爆発 ④ マグマ噴火			
融雪型 火山泥流	⑤水蒸気 爆発期	水蒸気爆発に伴い発生(年最大積 雪深の平年値)	○ 緊急減災 対象現象	○ 緊急減災 対象現象	・緊急導流堤や堤防嵩上げにより減災効果 が得られる可能性があるため
	⑥マグマ 噴火期	マグマ噴火に伴い発生 (年最大積雪深の平年値)	○ 緊急減災 対象現象		
⑦⑧ 降灰後の土石流		⑦ 水蒸気爆発および⑧ マグマ噴火に 伴い発生(2年超過確率雨量)	○ 緊急減災 対象現象		・既存施設の除石や仮設堤防の設置により減災効果を得られる可能性が高い
⑨ 御釜由来の火山泥流		火口湖が噴火等に伴い流出	○ 緊急減災 対象現象		・緊急導流堤や堤防嵩上げにより減災効果 が得られる可能性があるため
⑩ 火砕流(火砕サージ)		最大4.5km程度流下			・物理的にハードによる対応が困難 ・蔵王山では、発生しても山麓まで影響を 与える可能性は小さいため

対策の開始・休止のタイミングと対策可能期間

対策開始のタイミング

気象庁の発表する噴火警報等を参考に、火山防災協議会・連絡会議等と連携しながら、総合的に判断する。

※噴火警戒レベルの導入後は、レベルに応じた対応を図る

対策休止のタイミング

気象庁から発表される噴火警報等を参考に、火山防災協議会・連絡会議等と連携しながら、休止を判断する。

また、降雨に対しては、作業中止の基準雨量(降灰後)を設定し、降雨状況により判断する。

※噴火警戒レベルの導入後は、レベルに応じた対応を図る

蔵王山の噴火警報等の発表基準(平成27年3月23日運用開始)

「H27.3.23第1回蔵王山火山防災連絡会議 資料」より

名称	警戒事項等	状況・警戒範囲及び想定される防災対応	警戒事項上げの基準等*	警戒事項下げの基準*
特別警報 噴火警報 (居住地域) 又は 噴火警報	居住地域 嚴重警戒	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは発生する可能性が高まってきていると予想される ・噴火が拡大または拡大が切迫している状況で、御釜由来の泥流、融雪型火山泥流などが居住地域まで到達、あるいは到達する可能性がある 警戒範囲 : 融雪型火山泥流 蔵王川、濁川、澄川、松川、横川流域の居住地域 御釜由来の泥流 濁川、松川流域の居住地域 および 入山危険の警戒範囲 想定される防災対応 : 入山規制及び当該居住地域の住民避難 [過去事例] 1230年 噴火、噴石により人畜に被害多数 1694年 噴火、河川濁水化、川魚死ぬ	・御釜由来の泥流が居住地域に到達が予想される場合 ・積雪期に居住地域に影響するような火山現象を観測	(入山危険への下げ基準) 居住地域への影響の恐れがなくなった場合。
警報 噴火警報 (火口周辺) 又は 火口周辺警報	入山危険 火口周辺 危険	居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす噴火が発生、あるいは発生すると予想される ・噴火が発生した場合に大きな噴石、火砕流、御釜由来の泥流、融雪型火山泥流が火口の縁から概ね1.2kmを超えて到達する可能性がある 警戒範囲 : 大きな噴石 御釜中心から概ね3.5km以内で警戒 火砕流・火砕サージ 御釜中心から概ね2km以内および八方沢・濁川上流域で警戒 想定される防災対応 : 入山規制(範囲は状況により変化) [過去事例] 1867年 噴火 御釜沸騰、沢水で洪水 1895年 噴火 白煙、御釜沸騰、河川増水 火口周辺に影響を及ぼす噴火が発生、あるいは発生すると予想される ・噴火による影響が、火口の縁から概ね1.2kmを超えない噴火の発生、あるいはその可能性がある場合。 警戒範囲 : 大きな噴石・火砕サージ 水蒸気噴火想定火口域の縁から概ね1.2kmの範囲(火口が特定できる場合は活動協状況により火口の縁から概ね1.2kmの範囲) 想定される防災対応 : 噴石・火砕サージ予想到達範囲の立入規制 [過去事例] 1923年 御釜の湖心からガス噴出 1939年 御釜の水変色、泡立つ 1940年 小噴火 噴気孔生成	・中規模以上の噴火の発生 <前兆現象など> ・御釜で変色域・熱域などが拡大 ・火山性地震が大幅に増加 ・規模の大きな火山性地震が増加 ・規模の大きな火山性微動が増加 ・山体の顕著な膨張を示す地殻変動を観測	(火口周辺危険への下げ基準) 左記の基準に達しない状況が概ね1ヶ月続いた場合。 ※入山危険のまま、警戒が必要な範囲を拡大、あるいは縮小する可能性がある。
噴火予報	平常	火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる 想定される防災対応 : 火口内の立ち入り規制 火山ガス噴出等による一部地域の規制	※火山の状況に応じて「火山の状況に関する解説情報」または「火山活動解説資料」を発表	(平常への下げ基準) 左記の基準に達しない状況が概ね1ヶ月間続いた場合。

*「警戒事項上げの基準等」「警報事項下げの基準」は目安であり、観測された現象や火山噴火予知連絡会での検討結果なども踏まえ総合的に検討して判断する。

対策可能期間

対策が可能な期間は、対策開始時の火山活動状況等に応じて適宜設定する。

緊急ハード対策の目標と対策の基本的な考え方

■緊急ハード対策の目標

想定される被害から家屋、観光資源を保全することを最優先とし、

- ・降灰後の土砂流出に伴う氾濫被害を防止、軽減する。
- ・融雪型火山泥流による被害の軽減を図る。
- ・御釜由来の火山泥流による被害の軽減を図る。

■対策の基本的な考え方

降灰後の土石流

- ・氾濫地点における、大型土のう積等による仮設堤防を設置。
- ・また、二次災害の防止・軽減のため既設堰堤の除石を実施。



既存堰堤の緊急除石の例
(霧島山)

融雪型火山泥流・御釜由来の火山泥流

- ・氾濫が懸念される地点において、**大型土のう積、根固ブロック積**等による**堤防嵩上げ、導流堤**による減災を図る。



大型土のうによる仮導流堤の例
(三宅島)

●留意事項

融雪型火山泥流や、降灰後の土石流の発生時に流木による被害が想定されることから、流木の影響について引き続き調査・検討を実施する必要がある。
また、流木対策については、現在実施している通常事業の中で詳細に検討し、対策していく必要がある。

甚大な被害が予想される箇所では事前の対策が可能な部分については、噴火警戒レベルに関わらず先行して対策を実施することも考えられる。その場合、覆土等により景観に配慮することも考えられる。

【堤防嵩上げ(仮設堤防)の構造】

- ・想定される流速が4m/s未満の区間は、大型土のう積により仮設堤防を基本。
- ・想定される流速が4m/s以上の区間は、大型土のう積に加え川前を根固ブロックにより補強することを基本として計画。

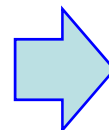
【導流堤の構造】

- ・氾濫範囲に設置する導流堤は、根固ブロック積による構造を基本として計画。
- ・なお、導流堤の採用にあたっては、流向、流速等を考慮し計画。

※構造等については、今後の行動計画検討において、より詳細に検討する必要がある。

■季節による対応の考え方

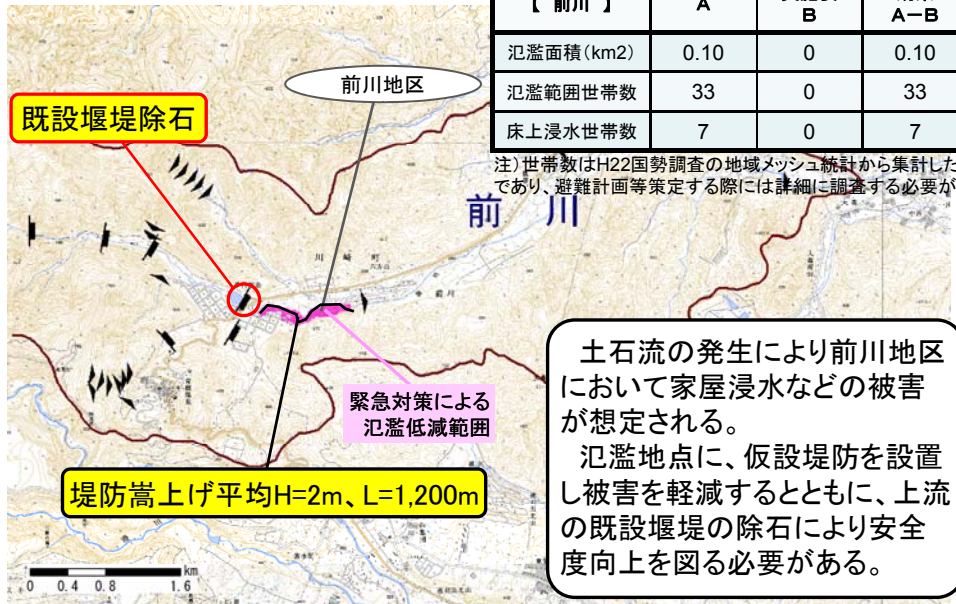
- ・冬期は、**降雪によりアクセス困難**かつ、堆積土砂の**凍結による除石が困難**となる



非積雪期: 全ての緊急減災メニューを実施
積雪期: 大型土のう積や根固ブロック積による対応を優先

降灰後の土石流に対する緊急対策案

●前川の緊急対策案



溪流名 【前川】	現況 A	緊急対策 実施後 B	被害軽減 効果 A-B
氾濫面積(km2)	0.10	0	0.10
氾濫範囲世帯数	33	0	33
床上浸水世帯数	7	0	7

注)世帯数はH22国勢調査の地域メッシュ統計から集計した参考数値であり、避難計画等策定する際には詳細に調査する必要がある

土石流の発生により前川地区において家屋浸水などの被害が想定される。
氾濫地点に、仮設堤防を設置し被害を軽減するとともに、上流の既設堰堤の除石により安全度向上を図る必要がある。

●酢川の緊急対策案

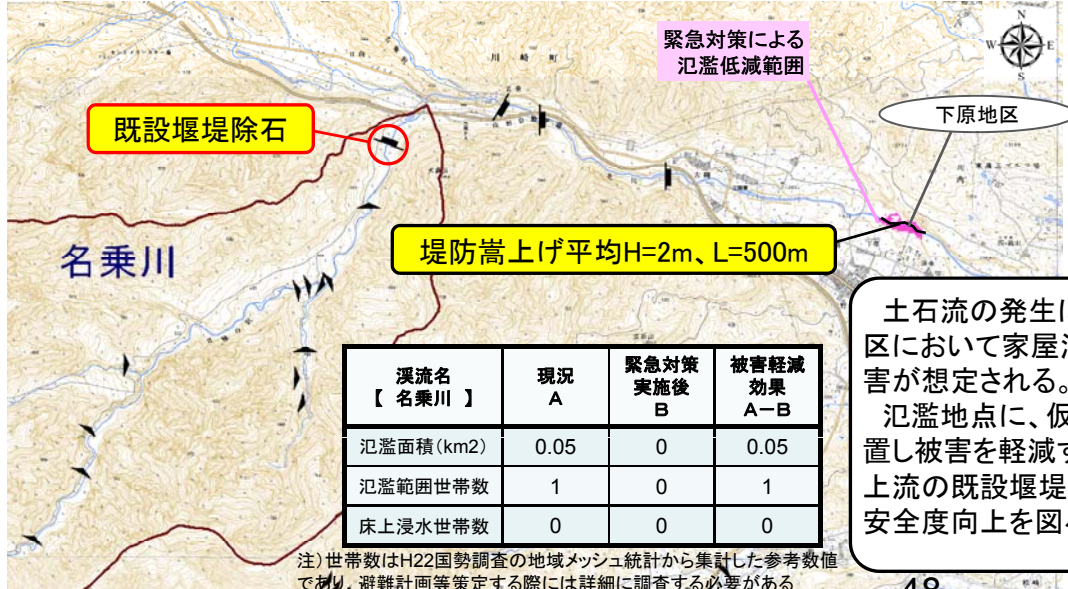


土石流の発生により蔵王温泉地区において家屋浸水などの被害が想定される。
氾濫地点に、仮設堤防を設置し被害を軽減する。

溪流名 【酢川】	現況 A	緊急対策 実施後 B	被害軽減 効果 A-B
氾濫面積(km2)	0.29	0	0.29
氾濫範囲世帯数	34	0	34
床上浸水世帯数	8	0	8

注)世帯数はH22国勢調査の地域メッシュ統計から集計した参考数値であり、避難計画等策定する際には詳細に調査する必要がある

●名乗川の緊急対策案



溪流名 【名乗川】	現況 A	緊急対策 実施後 B	被害軽減 効果 A-B
氾濫面積(km2)	0.05	0	0.05
氾濫範囲世帯数	1	0	1
床上浸水世帯数	0	0	0

注)世帯数はH22国勢調査の地域メッシュ統計から集計した参考数値であり、避難計画等策定する際には詳細に調査する必要がある

土石流の発生により下原地区において家屋浸水などの被害が想定される。
氾濫地点に、仮設堤防を設置し被害を軽減するとともに、上流の既設堰堤の除石により安全度向上を図る必要がある。

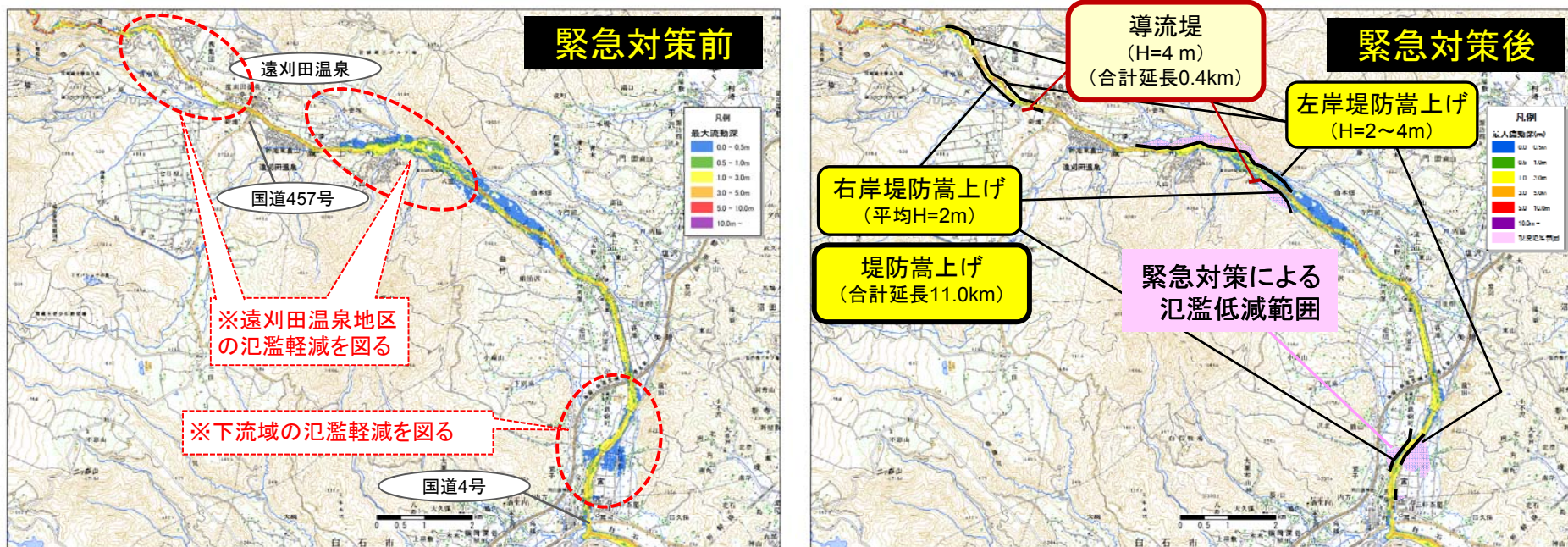
●留意事項

緊急ハード対策については、今後、行動計画の中で被害軽減効果、費用、対策工に要する時間を比較するなどして最も効果的な対策工を選定していく必要があります。

融雪型火山泥流に対する緊急対策案(濁川:水蒸気爆発期)

●濁川の緊急対策案

水蒸気爆発期の融雪型火山泥流により、遠刈田温泉地区や下流域において、家屋浸水などの被害が想定される。氾濫地点に、仮設堤防を設置し被害を軽減する必要がある。



被害軽減効果

溪流名 【濁川】	現況 A	緊急対策実施後 B	被害軽減効果 A-B
氾濫面積(km ²)	8.1	1.1※	7.0
氾濫範囲世帯数	347	0	347
床上浸水世帯数	133	0	133

注)世帯数はH22国勢調査の地域メッシュ統計から集計した参考数値であり、避難計画等策定するには詳細に調査する必要がある

※農耕地のみ

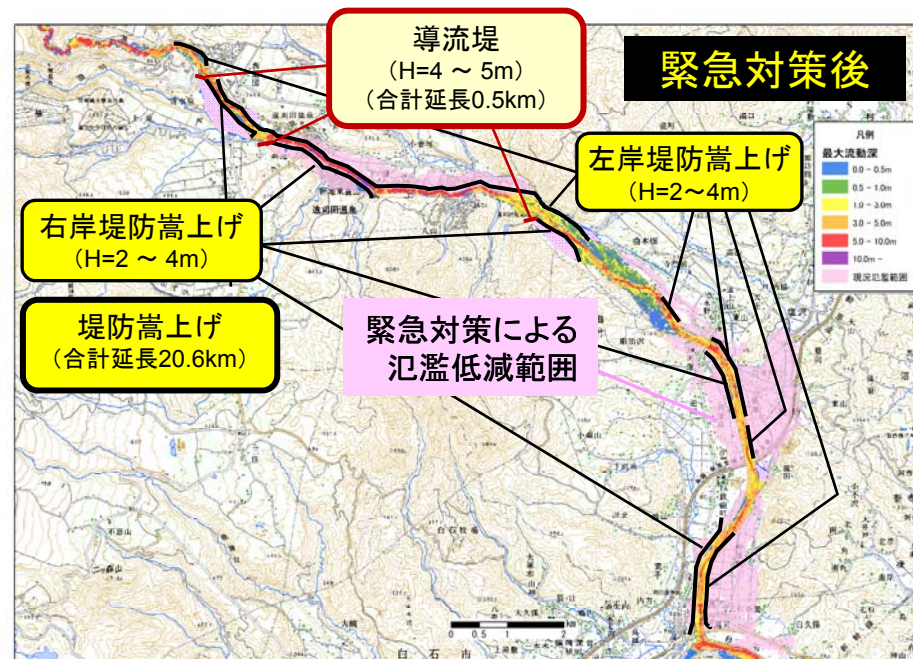
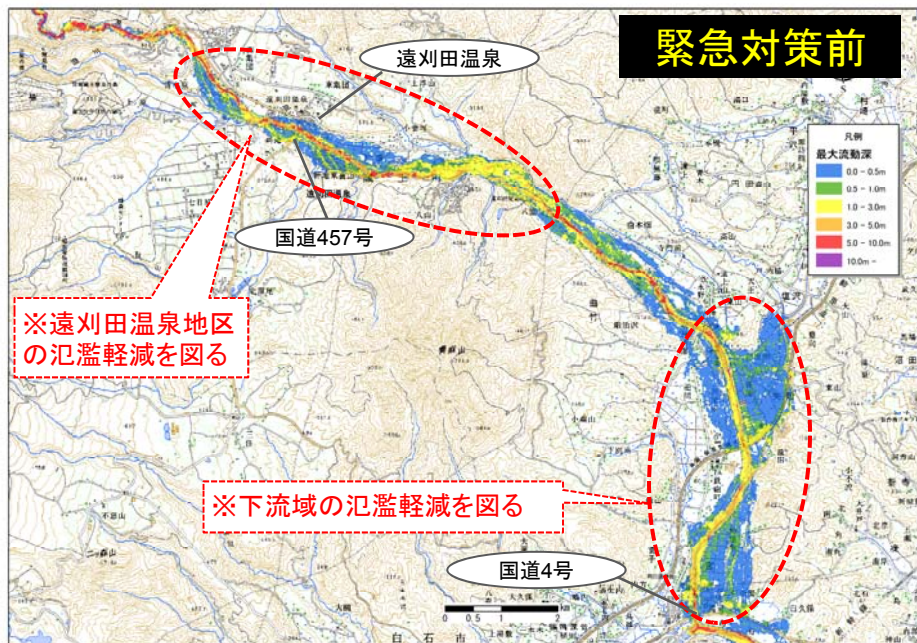
●留意事項

緊急ハード対策については、今後行動計画の中で被害軽減効果、費用、対策工に要する時間を比較するなどして最も効果的な対策工を選定していく必要があります。

融雪型火山泥流に対する緊急対策案(濁川:マグマ噴火期)

●濁川の緊急対策案

マグマ噴火期の融雪型火山泥流により、遠刈田温泉地区や下流域において、家屋浸水などの被害が想定される。氾濫地点に、仮設堤防を設置し被害を軽減する必要がある。



被害軽減効果

溪流名 【濁川】	現況 A	緊急対策実施後 B	被害軽減効果 A-B
氾濫面積(km ²)	14.7	1.2※	13.5
氾濫範囲世帯数	803	0	803
床上浸水世帯数	356	0	356

注)世帯数はH22国勢調査の地域メッシュ統計から集計した参考数値であり、避難計画等策定するには詳細に調査する必要がある

※農耕地のみ

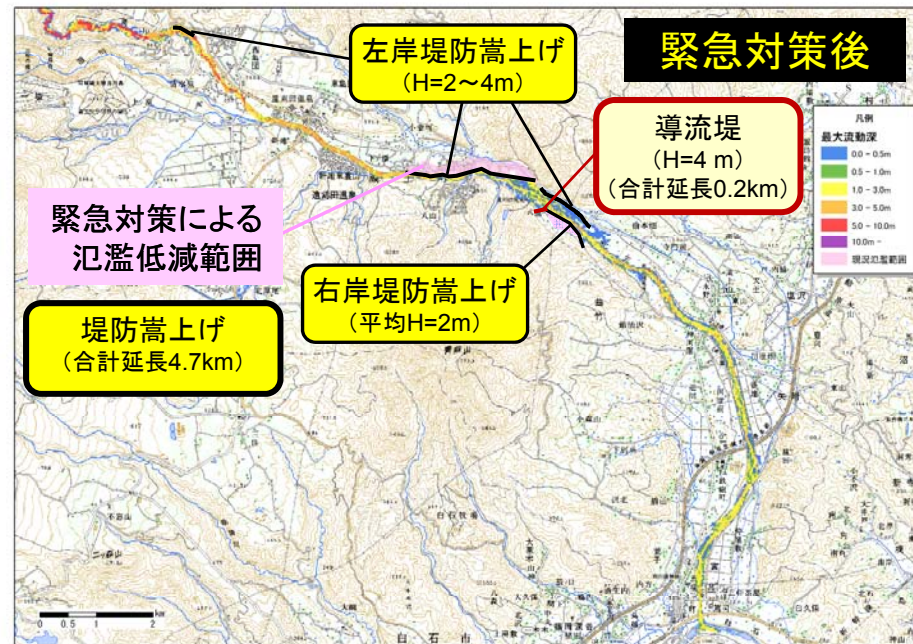
●留意事項

緊急ハード対策については、今後行動計画の中で被害軽減効果、費用、対策工に要する時間を比較するなどして最も効果的な対策工を選定していく必要があります。

御釜由来の火山泥流に対する緊急対策案(濁川)

●濁川の緊急対策案

御釜由来の火山泥流により、遠刈田温泉地区において、家屋浸水などの被害が想定される。氾濫地点に、仮設堤防を設置し被害を軽減する必要がある。



被害軽減効果

溪流名 【濁川】	現況 A	緊急対策実施後 B	被害軽減効果 A-B
氾濫面積 (km ²)	6.2	0.7※	5.5
氾濫範囲世帯数	252	0	252
床上浸水世帯数	117	0	117

注)世帯数はH22国勢調査の地域メッシュ統計から集計した参考数値であり、避難計画等策定する際には詳細に調査する必要がある

※農耕地のみ

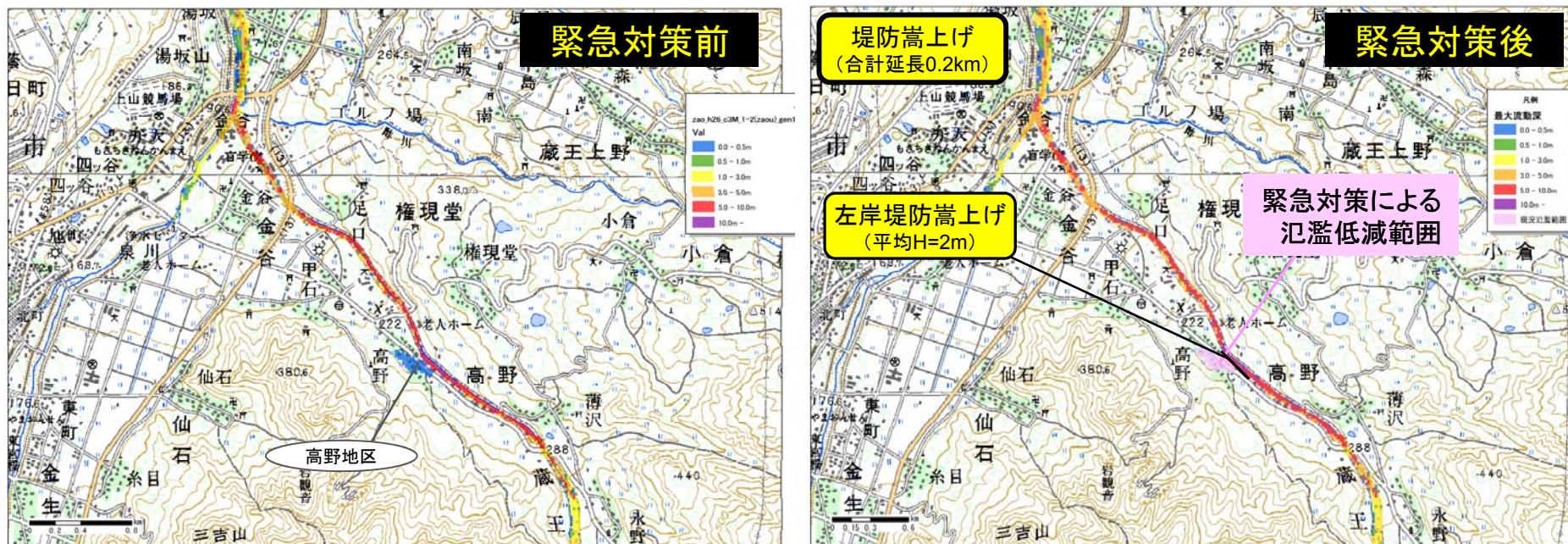
●留意事項

緊急ハード対策については、今後行動計画の中で被害軽減効果、費用、対策工に要する時間を比較するなどして最も効果的な対策工を選定していく必要があります。

融雪型火山泥流に対する緊急対策案(蔵王川:マグマ噴火期)

●蔵王川の緊急対策案

マグマ噴火期の融雪型火山泥流により、蔵王川左岸において、家屋浸水などの被害が想定される。氾濫地点に、仮設堤防を設置し被害を軽減する必要がある。



被害軽減効果

溪流名 【 蔵王川 】	現況 A	緊急対策実施後 B	被害軽減効果 A-B
氾濫面積 (km ²)	0.03	0	0.03
氾濫範囲世帯数	19	0	19
床上浸水世帯数	9	0	9

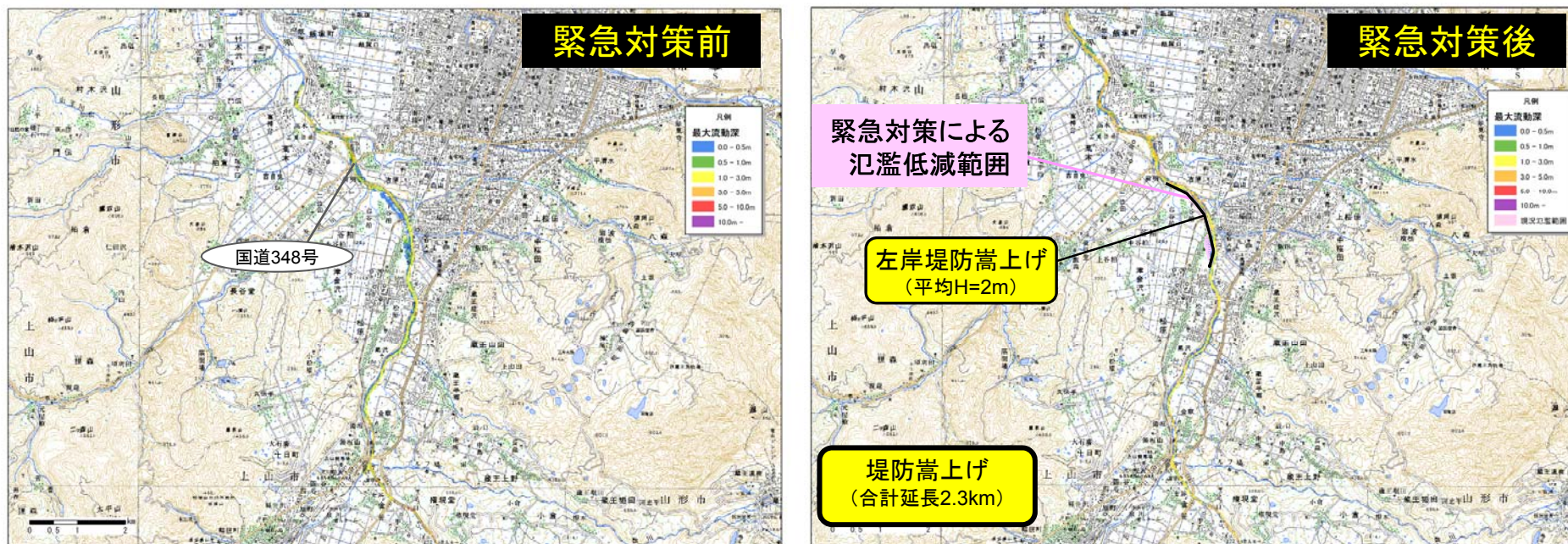
注)世帯数はH22国勢調査の地域メッシュ統計から集計した参考数値であり、避難計画等策定する際には詳細に調査する必要がある

●留意事項
緊急ハード対策については、今後行動計画の中で被害軽減効果、費用、対策工に要する時間を比較するなどして最も効果的な対策工を選定していく必要があります。

融雪型火山泥流に対する緊急対策案(須川:水蒸気爆発期)

●須川の緊急対策案

水蒸気爆発期の融雪型火山泥流により、須川左岸で家屋浸水などの被害が想定される。氾濫地点に、仮設堤防を設置し被害を軽減する必要がある。



被害軽減効果

溪流名 【 須川 】	現況 A	緊急対策実施後 B	被害軽減効果 A-B
氾濫面積(km ²)	0.3	0	0.3
氾濫範囲世帯数	36	0	36
床上浸水世帯数	11	0	11

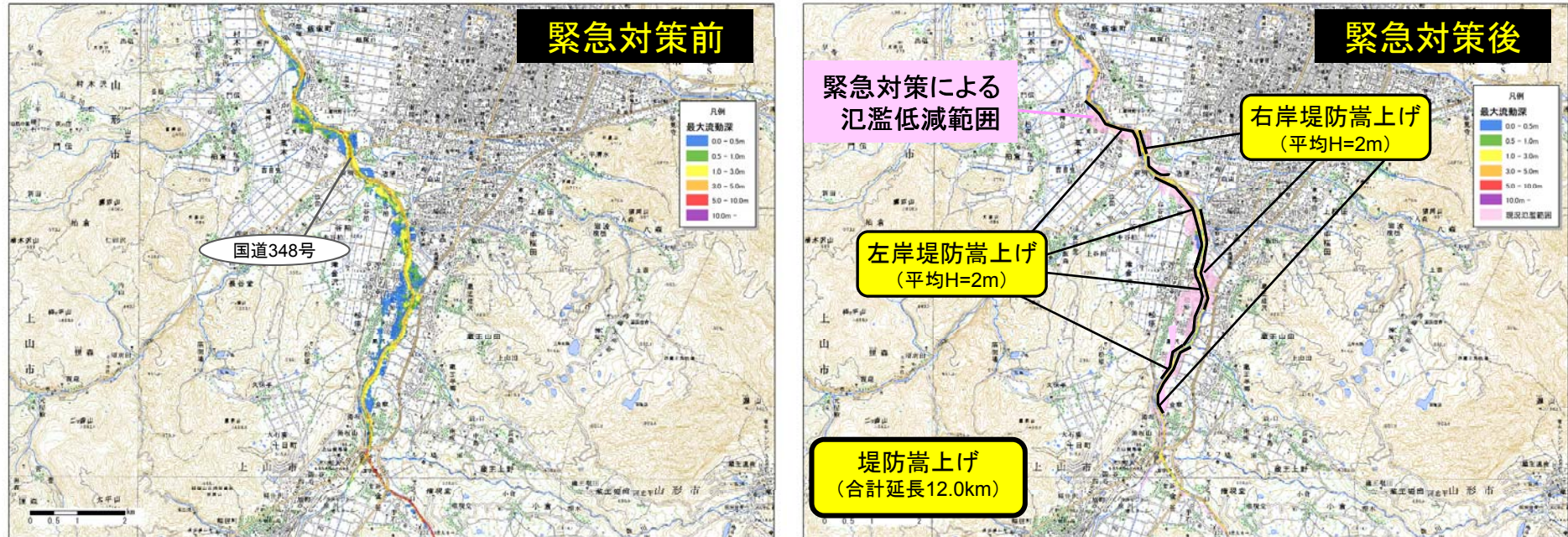
注)世帯数はH22国勢調査の地域メッシュ統計から集計した参考数値であり、避難計画等策定する際には詳細に調査する必要がある

●留意事項
緊急ハード対策については、今後行動計画の中で被害軽減効果、費用、対策工に要する時間を比較するなどして最も効果的な対策工を選定していく必要があります。

融雪型火山泥流に対する緊急対策案(須川:マグマ噴火期)

●須川の緊急対策案

マグマ噴火期の融雪型火山泥流により、須川両岸で家屋浸水などの被害が想定される。氾濫地点に、仮設堤防を設置し被害を軽減する必要がある。



被害軽減効果

溪流名 【 須川 】	現況 A	緊急対策実施後 B	被害軽減効果 A-B
氾濫面積 (km ²)	1.6	0	1.6
氾濫範囲世帯数	194	0	194
床上浸水世帯数	58	0	58

注) 世帯数はH22国勢調査の地域メッシュ統計から集計した参考数値であり、避難計画等策定する際には詳細に調査する必要がある

●留意事項
緊急ハード対策については、今後行動計画の中で被害軽減効果、費用、対策工に要する時間を比較するなどして最も効果的な対策工を選定していく必要があります。

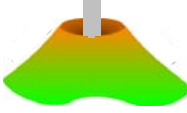

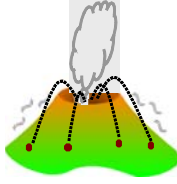
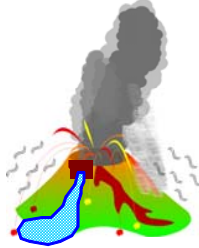
対策実施体制

緊急時に実施するハード・ソフト対策および平常時からの準備は、対策箇所を管轄する関係機関が連携をとりながら実施。

関係機関の役割分担

担当機関	概要
大学等研究機関	<ul style="list-style-type: none"> 火山活動情報の調査、観測、研究 専門的見地からの助言
仙台管区气象台火山監視・情報センター 山形地方气象台	<ul style="list-style-type: none"> 火山・気象に関する調査、観測 総合的な活動診断結果に基づく火山活動状況のわかりやすい解説 専門的見地からの助言
林野庁東北森林管理局 山形森林管理署 仙台森林管理署	<ul style="list-style-type: none"> 治山施設の整備 国有林における土砂移動現象の監視観測と情報提供
自衛隊・警察・消防	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時の救助、避難誘導、その他
宮城県・山形県 砂防部局	<ul style="list-style-type: none"> 砂防設備の整備(平常時・緊急時) 土砂移動等の監視観測と情報提供
宮城県・山形県 防災部局	<ul style="list-style-type: none"> 情報集約、連絡体制の整備 関連市町への助言 火山防災協議会等の運営 関係機関との総合調整
宮城県 白石市・蔵王町・七ヶ宿町・川崎町 山形県 山形市・上山市	<ul style="list-style-type: none"> 避難勧告・指示(判断) 登山道規制 観光客・住民への情報提供(広報) 避難所等の設営・運営
その他(東北電力等)	<ul style="list-style-type: none"> ライフラインの管理
国土交通省東北地方整備局 仙台河川国道事務所 新庄河川事務所	<ul style="list-style-type: none"> 土砂移動等の監視観測、緊急調査と情報提供 専門的見地からの助言

緊急ソフト対策の内容

		静穏期	活動活発期～ 小規模水蒸気爆発期	小規模水蒸気爆発期～ マグマ噴火期	融雪型火山泥流等 発生期
火山活動					
噴火警報		噴火予報 ＜活火山であることに留意＞	警報 噴火警報（火口周辺）又は火口周辺警報 ＜火口周辺危険＞	警報 噴火警報（火口周辺）又は火口周辺警報 ＜入山危険＞	特別警報 噴火警報（居住地域）又は噴火警報 ＜居住地域嚴重警戒＞
緊急ソフト対策	①火山監視機器の緊急的な整備	・ 火口監視カメラ、山頂付近の積雪深計等を整備	・ 渓流監視カメラ、降灰量計、土砂移動検知センサー、ガス濃度計等を整備		・ 新たな機器設置は不可能
	②情報通信網の整備	・ 山頂への情報通信網を整備	・ 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）	
	③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	・ 地殻変動状況、積雪状況、降灰状況、火山活動状況、被害状況の調査		
	④リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定	・ プレアナリシス型ハザードマップの整備 ・ リアルタイムアナリシス型ハザードマップの構築	・ 融雪型火山泥流、降灰後の土石流のリアルタイムシミュレーション ・ 活動状況に応じて、溶岩流、火砕流についても実施		
⑤避難対策支援のための情報提供		・ 火口監視カメラや山頂の積雪情報を市町村を通じて住民、観光客、登山客に対して提供	・ 緊急調査の結果、リアルタイムハザードマップ等の結果を市町村等を通じて住民、観光客、登山客へ提供		

①-1火山監視機器の緊急整備

目的

- ・緊急ハード対策作業従事者の安全確保
- ・住民の警戒避難支援

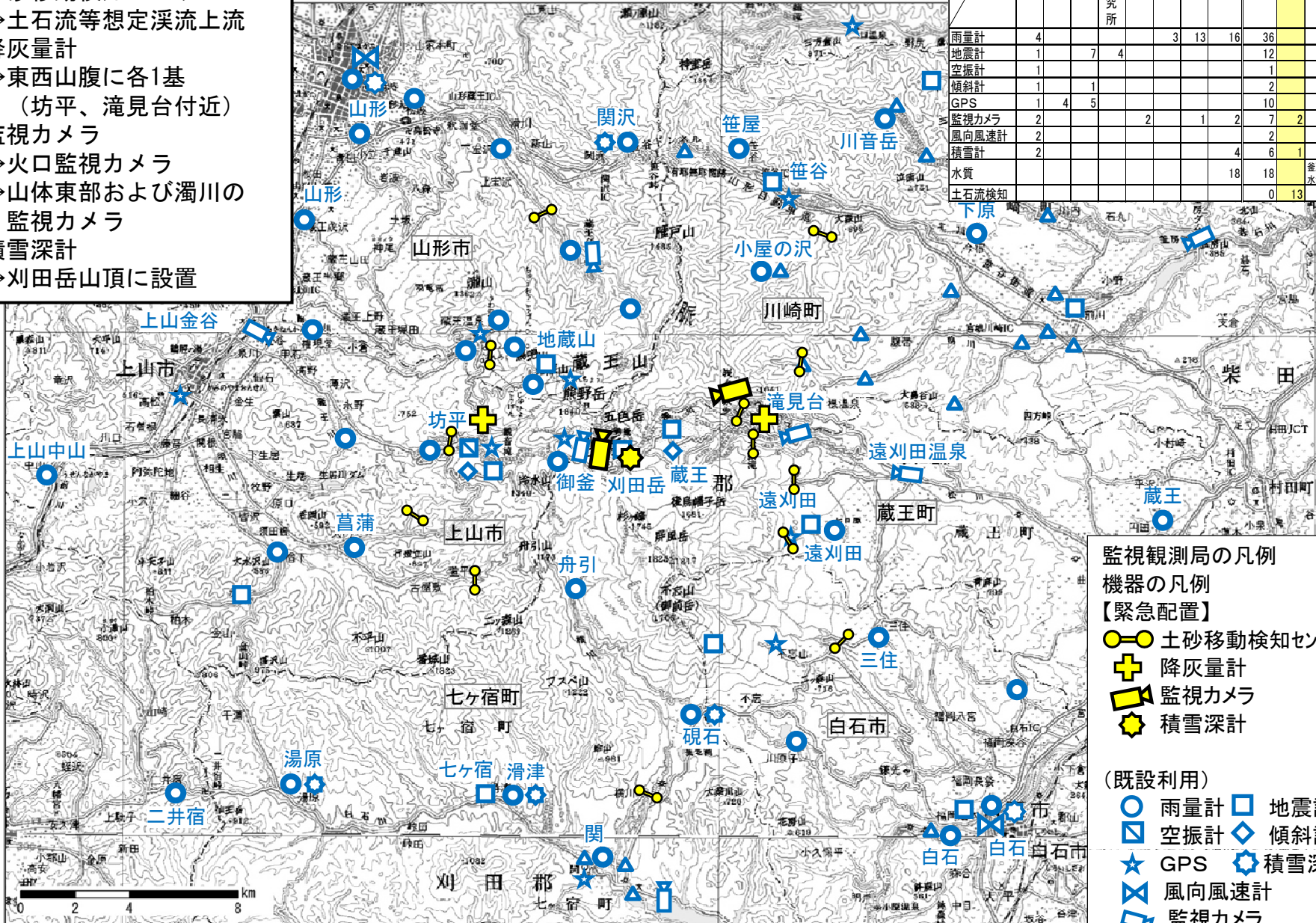
監視が必要な項目と緊急整備が必要な機器

対象現象	目的	機器	現状の設置状況	緊急整備が必要な機器
全般	活動監視	監視カメラ	7基	● 通年運用できる火口監視カメラ ● 山体東部からの遠望監視および濁川の溪流監視カメラ
		地震計	12基	
		GPS・傾斜計	12基	
降灰	降灰予測	風向・風速計	2基	
土石流	土石流の発生検知	土砂移動検知センサー	なし	● 土石流等発生溪流において設置が必要
	降灰量の把握	降灰量計	なし	● 土石流の発生予測のために設置が必要
	降雨状況の詳細把握	地上雨量計	36基	
XRAIN (XバンドMPLレーダ雨量計)		蔵王山周辺をカバー		
火山ガス	ガス濃度の監視	ガス濃度計	なし	● 緊急ハード対策従事者の安全確保に必要
融雪型火山泥流	泥流の発生規模の予測	積雪計	6基	● 融雪型火山泥流の発生源となる山頂付近の積雪観測必要

①-2火山監視機器の緊急整備

- 土砂移動検知センサー
→土石流等想定溪流上流
- 降灰量計
→東西山腹に各1基
(坊平、滝見台付近)
- 監視カメラ
→火口監視カメラ
→山体東部および濁川の監視カメラ
- 積雪深計
→刈田岳山頂に設置

	気象庁	国土地理院	東北大学	防災科学研究所	蔵王町	宮城県	山形県	国土交通省	合計	緊急対策	備考
雨量計	4					3	13	16	36		
地震計	1			7	4				12		
空振計	1								1		
傾斜計	1		1						2		
GPS	1	4	5						10		
監視カメラ	2				2		1	2	7	2	
風向風速計	2								2		
積雪計	2							4	6	1	釜房ダム湖内の水質計を除く
水質								18	18		
土石流検知									0	13	



- 監視観測局の凡例
機器の凡例
【緊急配置】
- 土砂移動検知センサー
 - ✚ 降灰量計
 - 📹 監視カメラ
 - 🌟 積雪深計
- (既設利用)
- 雨量計
 - ◻ 地震計
 - ◻ 空振計
 - ◻ 傾斜計
 - ★ GPS
 - ⊛ 積雪深計
 - 🌬️ 風向風速計
 - 📹 監視カメラ
 - △ 水質

①-3火山監視機器の緊急整備

①土砂移動検知センサー

整備するセンサー

- ・検知の確実性
 - ・豊富な実績
 - ・繰り返し検知
- 振動検知式センサー
 - 監視カメラ(可搬型)
 - ワイヤーセンサー

センサー配置の考え方

- ・緊急ハード対策の工事現場に警報を発令してから作業員が退避できる時間を確保できる箇所にセンサーを配置する。



無線運用型振動検知式土石流センサー
(土木研究所らで開発)

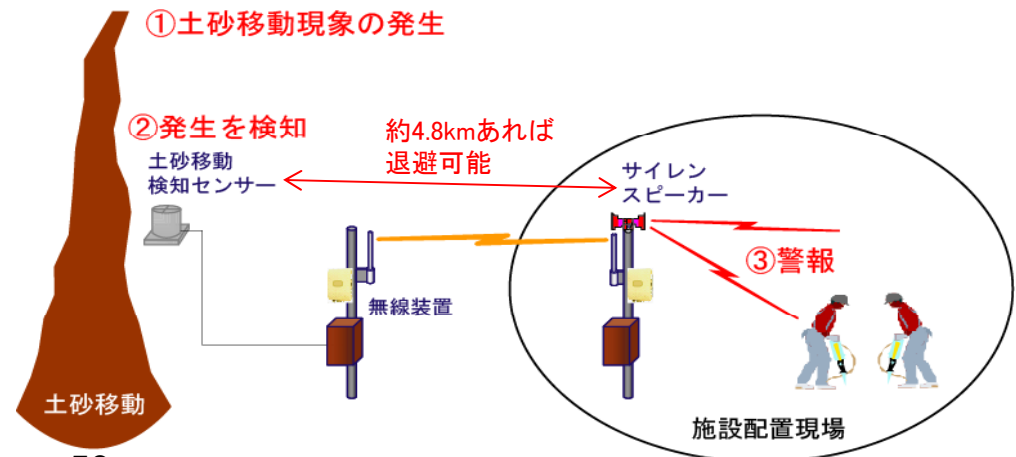


霧島山の緊急対応で設置された可搬型監視カメラ

現場における避難速度と避難距離(目安)

場所	内訳	避難速度	避難距離	
			1分間の場合	4分間の場合
平坦部	表面が粘土地盤	1.5m/s	90m	360m
	表面が礫地盤	1.3m/s	78m	312m
斜面部	斜面角度30° (登り)	0.6m/s	36m	144m
	斜面角度30° (降り)	0.7m/s	42m	168m
	斜面角度10° (登り)	1.1m/s	66m	264m
	斜面角度10° (降り)	1.3m/s	78m	312m
はしご部	昇り	0.4m/s	(24m)	(96m)
	降り	0.3m/s	(18m)	(72m)

- ◇泥流の氾濫幅は、遠刈田で約500m程度
- ◇退避距離は250m程度なので、4分間程度確保できれば退避可能(斜面10°の登りとして)
- ◇泥流の流下速度を20m/sとすると、工事現場の約4.8km上流に設置すれば退避可能となる。



※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

①-4火山監視機器の緊急整備

②降灰量計

整備するセンサー

- ・自動(無人)観測
- ・設置作業が簡易なこと

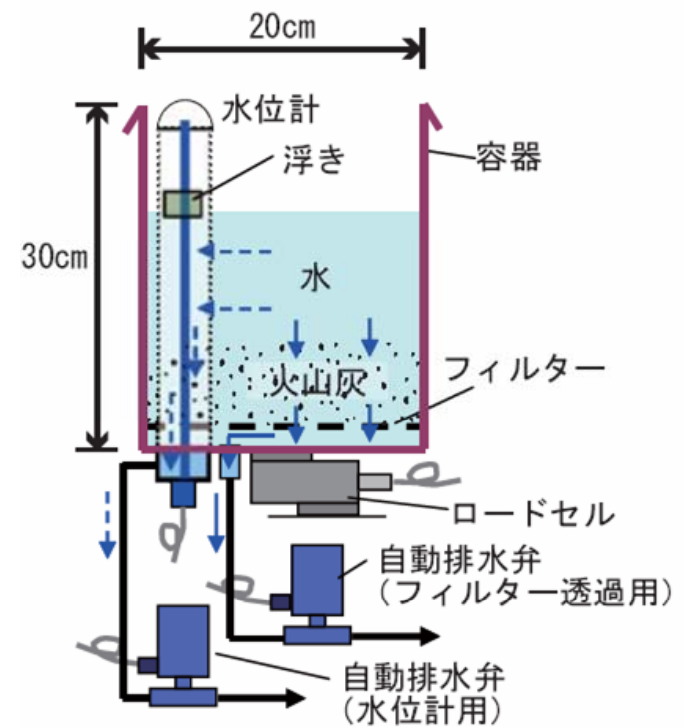
●自動降灰量計

センサー配置の考え方

- ・卓越風の風上側と風下側のデータを取得するため、山体の**東西の代表地点**に設置する。
- ・アクセスが容易で、**適当な平場が確保**できる箇所を選定する。



自動降灰・降雨量計



③ガス濃度計

整備するセンサー

- ・H₂S、SO₂等の濃度センサー

センサー配置の考え方

- ・各**工事現場**にセンサーと警報装置を設置する。



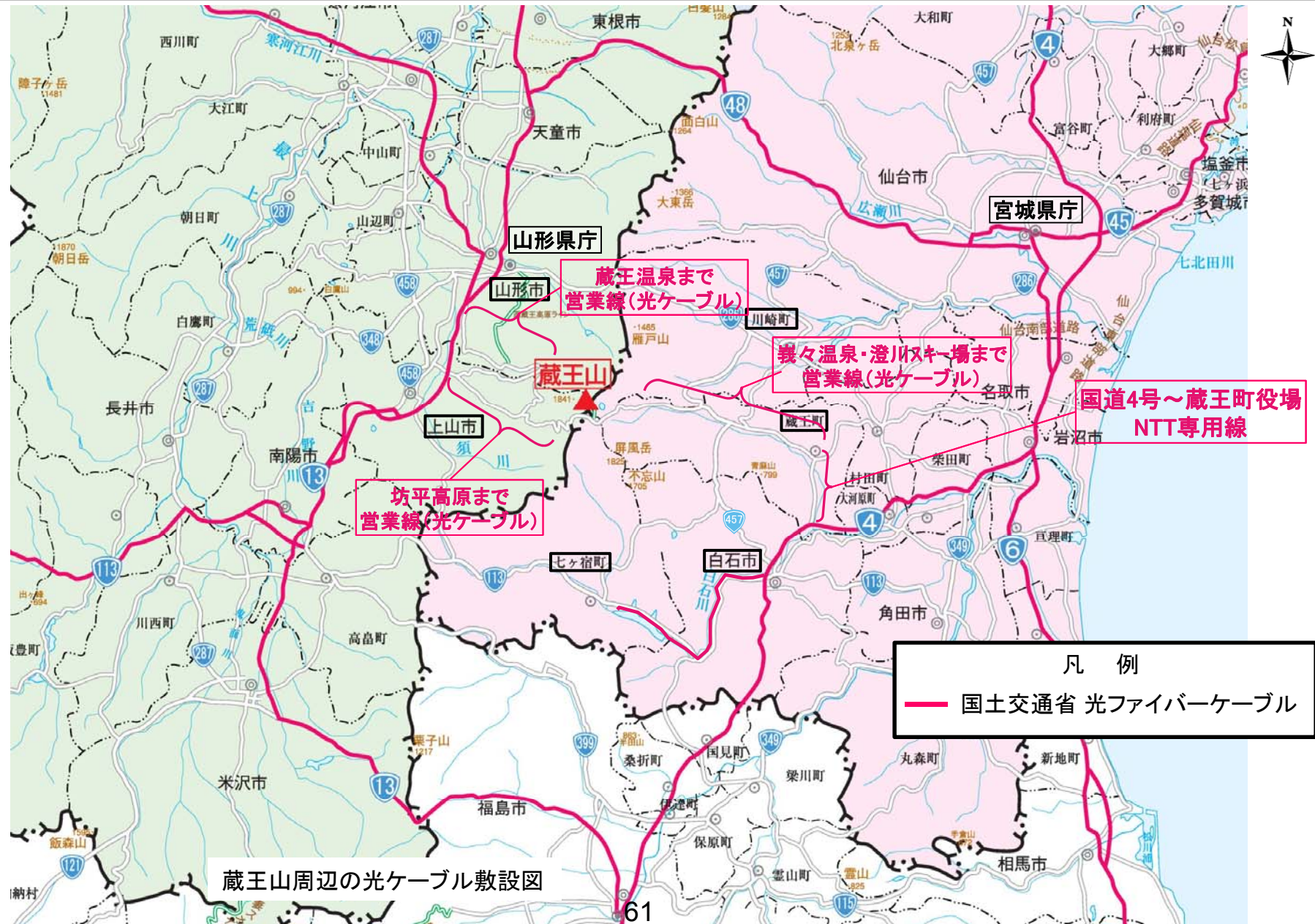
三宅島におけるガス濃度の表示版
60



霧島山(新燃岳)噴火時に現場代理人が携帯したガス検知器

②情報通信網の整備

山頂部の監視・観測情報の把握のため、現地条件を勘案し衛星回線の活用などにより、通信環境を整備する必要がある。



蔵王山周辺の光ケーブル敷設図

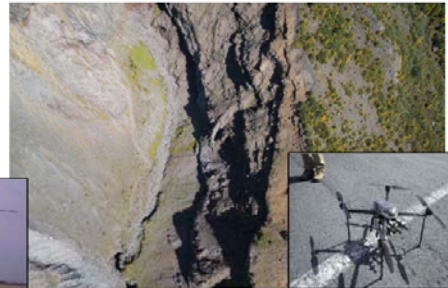
③火山噴火時に緊急的に行う調査

・火山噴火時の緊急的な調査は、各機関が連携して実施。

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



防災ヘリコプターによる被災状況調査
(御嶽山)



UAV(無人航空機)による降灰状況調査
(御嶽山)



地上からの降灰状況調査(御嶽山)



濁水流下状況調査(御嶽山)

④リアルタイムハザードマップシステムの構築

リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定

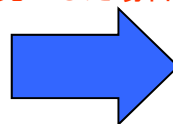
平常時、プレ・アナリシス型のハザードマップを整備。また、火山活動が活発化した場合、火山活動状況にあわせて、リアルタイム・アナリシス型のハザードマップを作成し、必要な関係機関に情報提供していく必要がある。

リアルタイムハザードマップシステム

プレ・アナリシス型(データベース方式)

事前に様々な噴火シナリオ(噴火規模や噴火位置)に対応した予想範囲を計算し、これをデータベース化して、その時の条件に最も近いデータを抽出する。

事前の予想と異なる現象が発生した場合

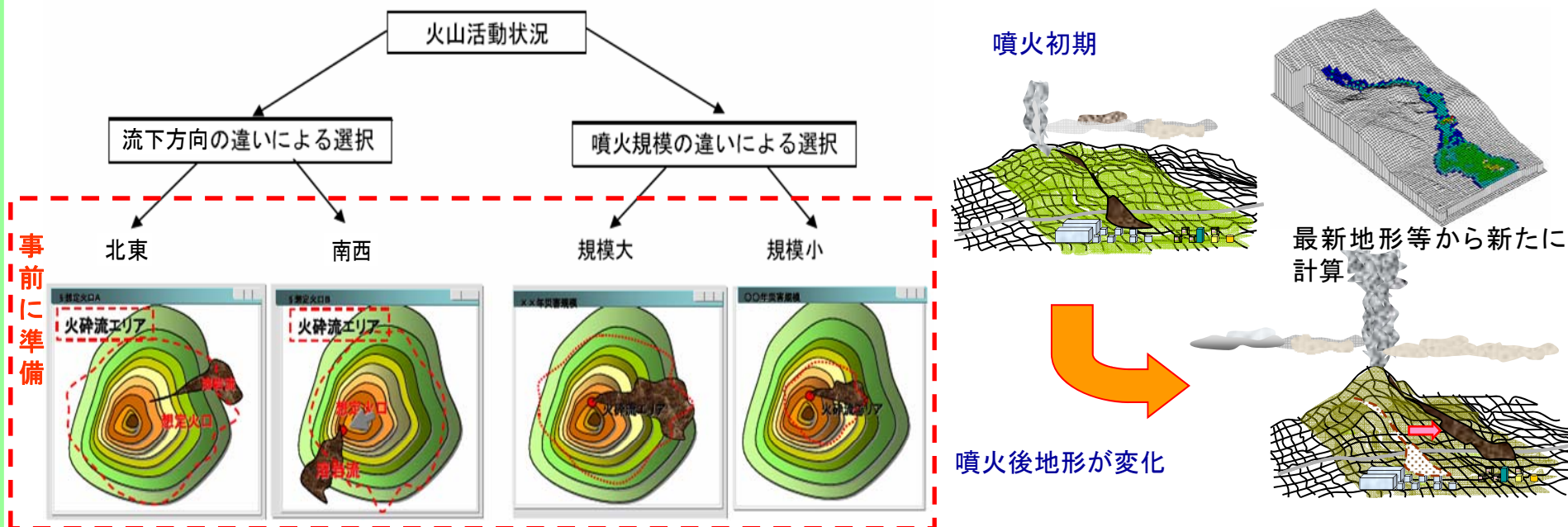


リアルタイム・アナリシス型(逐次計算方式)

噴火時の最新地形(噴火後に地形が変化)や積雪量などの条件を入力して、その条件に適合した予想範囲を計算する。

プログラムは国総研開発

★事前の予想と異なる現象に対しては、リアルタイム・アナリシス型でカバー



⑤避難対策支援のための情報提供

蔵王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し、避難対策(避難経路の検討)を支援する必要がある。

平常時(噴火予報)

情報提供の主な目的	提供情報	手段・手法
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	蔵王山の現況	監視カメラ(ライブカメラ)
	降雨状況	雨量情報(XRAIN)
	噴火時の危険区域	火山防災マップ等
	火山や火山防災の基礎知識	教材作成、出前授業、講演会、シンポジウムなど



活動活発期～小規模水蒸気爆発期～マグマ噴火期(警報～特別警報)

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



蔵王町による御釜カメラ



UAVによる写真・動画撮影

緊急対策タイムラインのまとめ

蔵王山の緊急減災対策タイムライン(案)

噴火シナリオの場面	気象庁	時間	緊急減災対策			市町村
			ハード対策	ソフト対策	緊急調査	
平常時			<ul style="list-style-type: none"> ○火山砂防事業 ○資機材の調達体制確認 ○無人化施工の訓練 ○土地の調整 	<ul style="list-style-type: none"> ○光ケーブル等の整備 ○火山防災協議会 ○防災教育 ○火山防災対策への支援(プレアナリシス型マップ等) 		<ul style="list-style-type: none"> ○地域防災計画(火山編)による避難計画の策定(避難路の設定)
火山性地震群発	火山周辺警戒		<ul style="list-style-type: none"> ○既設堰堤の状況確認 ○建設機材の調達準備 ○資材の調達準備 	<ul style="list-style-type: none"> ○火山防災情報の周知(プレアナリシス型マップ等) ○協議会コアグループ会議招集 ○監視観測機器準備 	<ul style="list-style-type: none"> ○緊急調査準備 	<ul style="list-style-type: none"> ○広域避難の体制確認・調整 ○避難方針の発表 ○避難路の確認 ○山頂周辺の立入規制(一次) ○災害対策本部設置
水蒸気爆発発生			<p>以降、有人施工は立ち入り可能範囲での対策</p> <p>【夏期】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○既設堰堤の緊急除石開始 ○堤防嵩上げ開始 <p>【冬期】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○堤防嵩上げ開始 	<ul style="list-style-type: none"> ○監視観測機器設置 ○リアルタイムハザードマップ作成 ○関係機関への情報伝達 ○リエゾン・TEC-FORCE派遣 	<ul style="list-style-type: none"> ○ヘリ調査開始(降灰等) ○地上調査開始(降灰、積雪、浸透能等) ○土石流の恐れのある溪流抽出 ○降灰後土石流の警戒避難基準雨量設定 ○水質調査 	<ul style="list-style-type: none"> ○避難所の開設 ○山頂周辺の立入規制(二次)、避難勧告、指示の発表
マグマ噴火発生	噴火警戒		<p>【夏期】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○堤防嵩上げ継続 ○状況に応じて無人化 <p>【冬期】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○堤防嵩上げ継続 ○状況に応じて無人化 	<ul style="list-style-type: none"> ○センサー設置作業中断 ○リアルタイムハザードマップ作成継続 	<ul style="list-style-type: none"> ○ヘリ調査継続 	<ul style="list-style-type: none"> ○リエゾン・TEC-FORCE受入 ○広域避難開始 ○支援の要請 ○警戒区域の設定
噴火終息 土石流			<ul style="list-style-type: none"> ○泥流対策終了 ○土石流対策継続(除石、堤防嵩上げ) 	<ul style="list-style-type: none"> ○リエゾン・TEC-FORCE帰還 ○被災観測機器の復旧 	<ul style="list-style-type: none"> ○降灰後土石流の警戒避難基準雨量を順次引き上げ 	<ul style="list-style-type: none"> ○避難勧告・指示の解除 ○警戒区域の解除

(前兆現象が検知され水蒸気爆発からマグマ噴火に順当に推移した場合の例)

平常時からの準備事項

5.1 対策に必要となる諸手続・土地利用

緊急対策の実施にあたって必要となる手続きについて関係機関がそれぞれ調整する。

項目	内容	調整機関
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
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	県農林事務所
国立公園内での観測機器設置の許可	○自然公園特別区域内における監視観測機器の緊急設置における事前調整	県
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 地権者
砂防指定地の指定 (火山山麓緩衝帯の設定も含む)	○緊急ハード対策の計画箇所の砂防指定地指定 ○火山山麓緩衝帯の検討(保全対象の上流域を帯状に砂防指定地の指定や保安林指定)	地権者 森林管理署
土捨て場の確保	○緊急除石や掘削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、工所用道路の整備	地権者
無人化施工の準備	○5.8GHz など総務省から新たに割り当てられた周波数帯でのシステムの構築 ○無人化施工のオペレーターの訓練	総務省、 施工業者
施工業者との契約・工事積算	○緊急時になるべく速やかに工事に着手できるように、事前に施工業者と協定	施工業者
工所用道路の整備	○既設砂防堰堤の除石箇所では、堰堤サイトの林道から堆砂敷に降りるための工所用道路の整備	道路管理者
特殊車両の通行や工事車両の通行に関する手続き	○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	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	○道路上での土のうやブロックの設置などによる対策箇所では占有許可および使用許可が必要となる	道路管理者、 県警察本部

平常時からの準備事項

5.2 緊急減災ハード対策に必要な資機材の調達体制

(1) 資材(ブロック・大型土のう)の調達体制

- 緊急対策に必要なとなる資材数量に対して、施工期間中に確保できる数量は限られる。
- 必要な資材については、平常時より調達体制を検討しておくことが必要。

必要資材数量

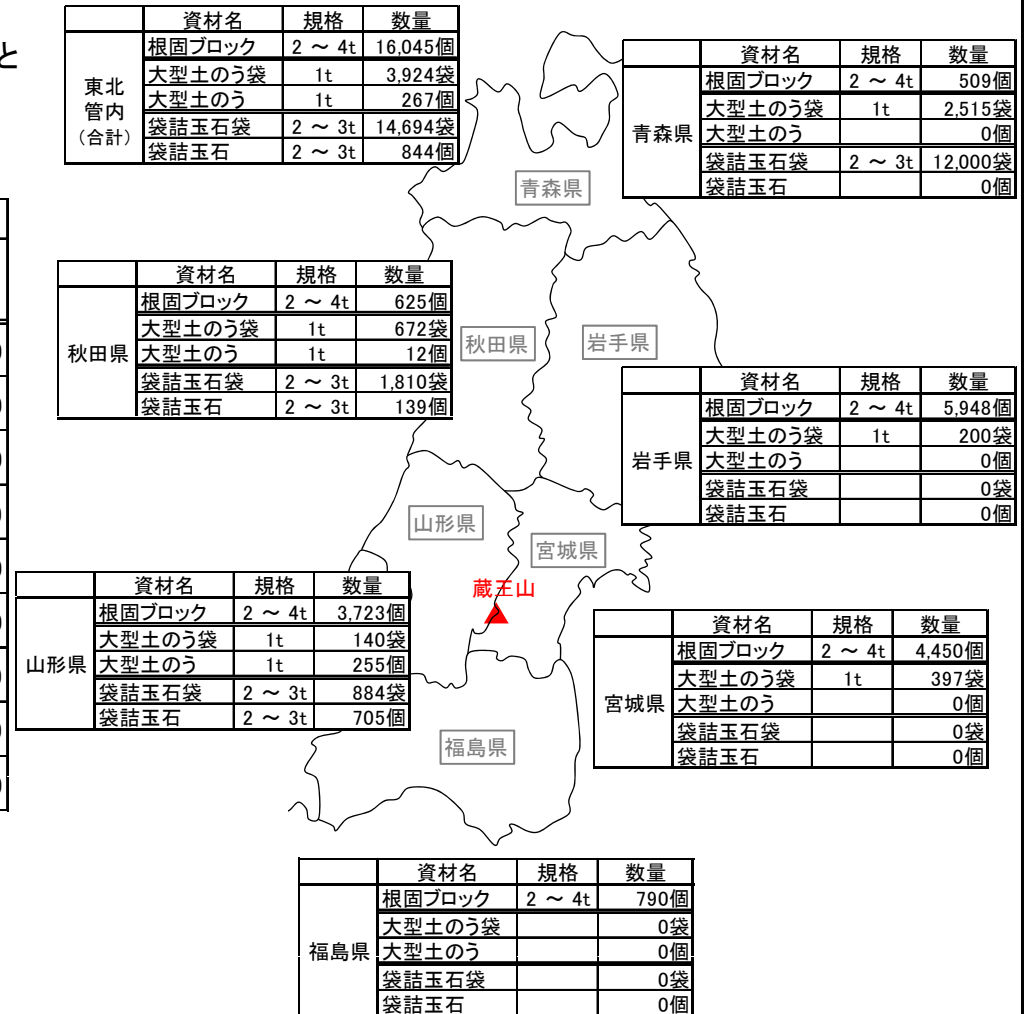
溪流名	段数	延長(m)	堤防嵩上げ, 導流堤		
			大型土のう	ブロック	
名乗川	降灰後の土石流	2	500	2,500	0
前川	降灰後の土石流	2	1,200	3,600	1,400
濁川・松川	水蒸気爆発期	2~4	11,040	36,600	17,300
	マグマ噴火期	2~4	21,150	78,700	39,000
	御釜由来の泥流	2~4	4,666	15,200	8,300
須川	水蒸気爆発期	2	2,300	11,500	0
	マグマ噴火期	2	12,420	62,100	0
蔵王川	マグマ噴火期	2	200	600	220
酢川	降灰後の土石流	2	1,730	5,200	1,900

(2) 機材の調達体制

- 緊急対策の実施に際して、現状の保有機材では不足する。
- 県外も含め、広域的な応援体制を構築しておくことが望ましい。

(参考) 東北地方整備局管内

直轄河川事務所備蓄資材



平常時からの準備事項

5.3 火山防災対応への支援

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必要がある。

(1) 防災教育の支援

- ・教育ツールの作成
- ・出前講座 など



吾妻山が噴火した場合の地域防災に理解を深めた出前授業

河川国道事務所が出前講座

吾妻山噴火に備え
吾妻中学生
減災学ぶ

吾妻山の火山噴火に備えて、地元の小・中学生に火山防災に関する正しい知識を身につけてもらうこと、河川国道事務所の出前講座が、白根町立初回は、吾妻山に近い郡山市の吾妻中であり、専門的な火山災害の特性や防災・減災の考えを生徒たちへ伝えました。

同日は、同校の全校生徒271人のほか、地域住民も参加。吾妻山噴火記念館副館長・大塚知孝同事務所副所長・課長が講師を務め、避難の在り方や土砂災害の心構え、正しい行動などを話した。

在野側からは東日本大震災の大津波で多くの命が失われた事を示した上で、立体地図などを使って避難経路や防災マップの作成

(2) 防災意識の向上に係わる活動

- ・防災訓練(避難経路の確認等)
- ・講演会、シンポジウム等
- ・Webサイト等を通じた広報活動 など



東松島市において実施された津波避難訓練 (H25.11.23)

防災気象講演会

蔵王山の火山活動と防災体制

～巨大地震発生後の火山活動に備える～

入場無料
事前申込不要

日時
平成26年
11月8日(土)
13:00～15:20
開場 12:00

開催場所
蔵王町ふるさと文化会館
ございんホール
(蔵王町役場前：
刈田部蔵王町大字円田字西浦5)

基調講演
「蔵王山の噴火の歴史と今後について」
講師 山形大学理学部 地球環境学科 教授 伴 雅雄
「気象キャスターからみた 自然災害への備え」
講師 気象予報士 防災士 鈴木 智恵

パネルディスカッション
住民と行政・報道機関が一体となった火山防災体制について考えます
コーディネータ 山形大学 中川 和之 助教
パネリスト 蔵王町長 村上 英人
基調講演 講師 伴 雅雄
気象キャスター 山内 伸介
基調講演 講師 鈴木 智恵
気象予報士 防災士 巻 和男

駐車場あり
お気軽にお越しください

主催：山形県気象台・宮城県・蔵王町 後援：山形大学
山形県気象台気象防災課防災調査課：022-297-8161

蔵王山の防災講演会

火山噴火に備えた出前講座例 (福島県吾妻山の事例)