

弥陀ヶ原火山ハザードマップ補足資料 (案)

< 目次 >

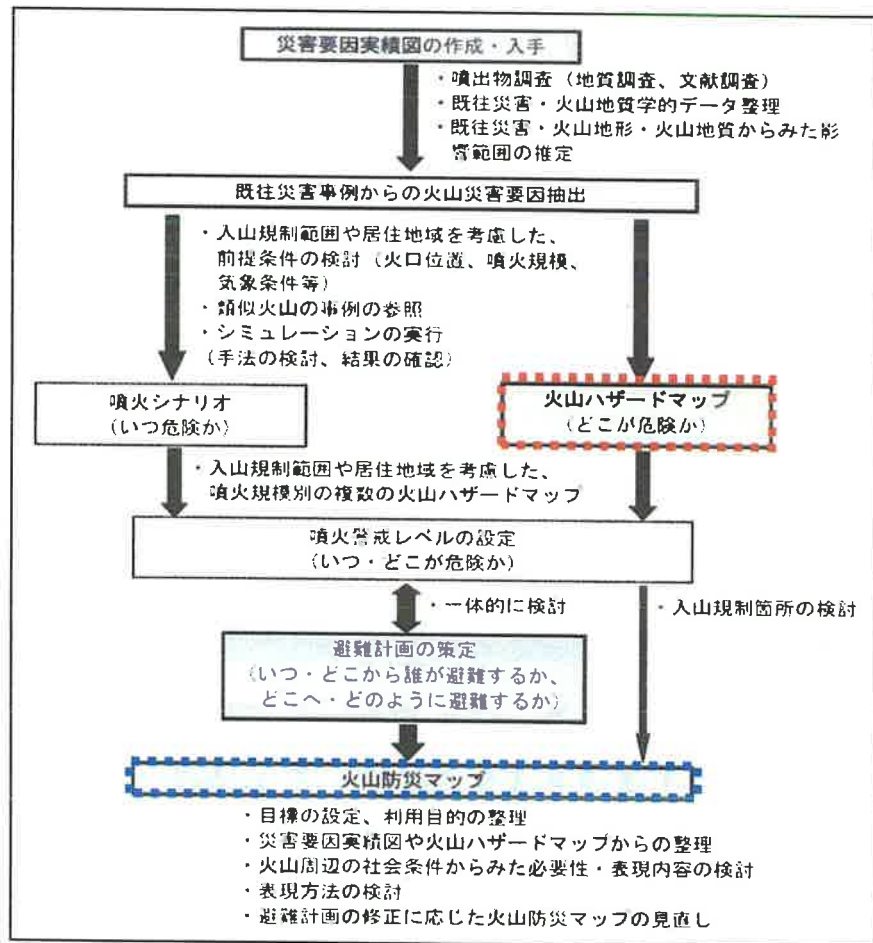
| | |
|----------------|----|
| はじめに | 1 |
| 1. 基本条件 | 2 |
| 2. 降灰（小さな噴石含む） | 4 |
| 3. 大きな噴石 | 8 |
| 4. 火砕流，火砕サージ | 10 |
| 5. 火口噴出型泥流 | 12 |
| 6. 融雪型火山泥流 | 13 |
| 7. 降灰後の土石流 | 15 |

平成30年8月1日

はじめに

火山ハザードマップは、火山現象ごとにその影響が及ぶ範囲を描画したもので、弥陀ヶ原火山ハザードマップは、数値シミュレーションにより危険エリアを検討しました。

今後、防災上必要な情報（避難計画、噴火警戒レベルなど）を付加した火山防災マップを作成します。



出典：火山防災マップの作成までの流れ，火山防災マップ作成指針，内閣府（防災担当），消防庁，国土交通省水管理・国土保全局砂防部，気象庁，2013

○弥陀ヶ原火山のこれまでの経緯

H26. 9. 27 御嶽山噴火(58名死亡:総務省消防庁2015年11月6日現在)

H27. 1月 任意組織としての火山防災協議会設置(県)

H28. 2月 県、立山町、富山市、上市町が弥陀ヶ原を対象とした「火山災害警戒地域」に指定

3月 火山防災協議会設置(県)

※平成28年度の取組み

火山噴火履歴調査、土砂移動履歴調査、
火山噴石対策調査、火山防災啓発チラシの配布
気象庁が24時間体制で火山活動を監視する

12月

「常時観測火山」に追加

H29. 2月 第2回弥陀ヶ原火山防災協議会
(県地域防災計画の修正等)

※平成29年度の取組み

噴火シナリオ策定、火山ハザードマップ作成着手、
火山異常現象に係る情報伝達訓練実施、
火山防災啓発チラシ・カード配布
火山活動調査研究(富山大学へ委託)

H30. 1月 第3回弥陀ヶ原火山防災協議会

(噴火シナリオ協議、噴石シミュレーション公表等)

※平成30年度の取組み(予定)

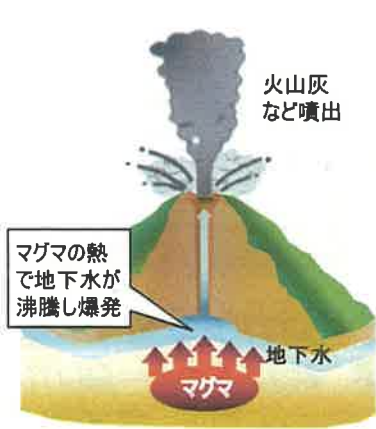
山小屋等の民間施設を活用した避難施設整備(立山町)
火山活動調査研究の強化
(観測地点の増、新たに熱水・火山ガスの分析)
火山ハザードマップ作成、噴火警戒レベルの設定
避難計画の策定協議

1. 基本条件

- 弥陀ヶ原は、過去1万年以内に繰り返し水蒸気噴火が発生している活火山です。
- このハザードマップは、過去1万年以内に発生した噴火や他火山での事例を参考に、「小規模噴火(5万m³)」と「大規模噴火(500万m³)」にわけて噴火による影響範囲を示したものです。
- 噴火によって発生する現象は様々であり、実際の噴火ではこの図と異なる場合もあるため注意が必要です。

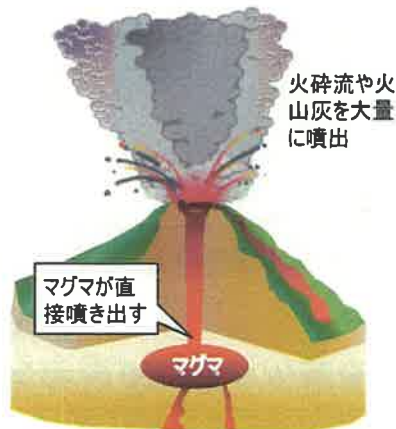
(1) 噴火の種類

● 過去1万年以内の活動は、いずれも水蒸気噴火でした。この火山ハザードマップでは、水蒸気噴火を想定しています。



水蒸気噴火

● マグマの熱で地下水が温められ、できた熱水が一気に爆発する現象。



マグマ噴火

● 地下から上昇したマグマがそのまま地表に吹き出す現象です。

(2) 規模

大規模と小規模の2つの規模について、過去1万年以内の噴火活動を参考に、大規模は第1～4テフラの最大を考慮し500万m³、小規模はA～Cテフラの最大を考慮し、5万m³を想定しました。

- 比較的小さな規模: 5万m³(A,B,Cテフラ相当)
- 比較的大きな規模: 500万m³(第2テフラ相当以上)

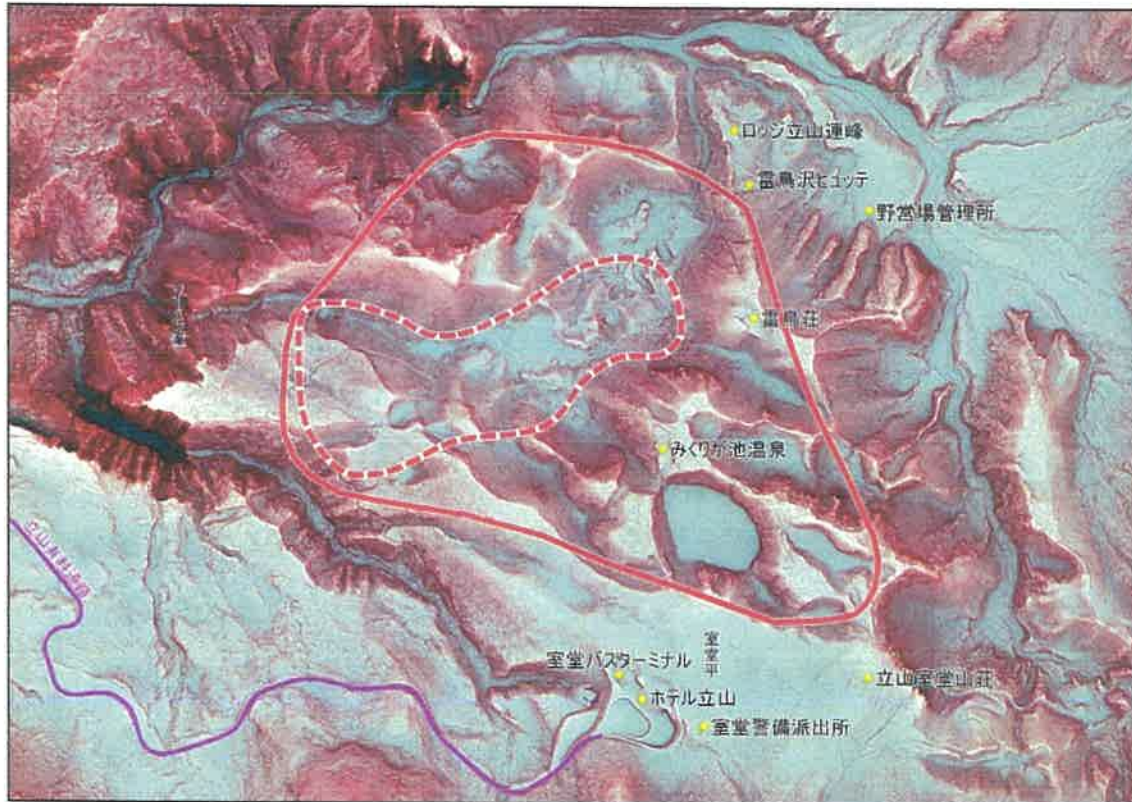
弥陀ヶ原 過去1万年以内の噴火活動(石崎, 2017)

| テフラ名 | 年代 | 推定噴火口 | 噴出量(m ³) |
|-------|---------------|----------------|----------------------|
| Cテフラ | 1,500年前以降(最新) | 地獄谷西域(大安地獄周辺) | 3.2万 |
| Bテフラ | 1,500年前以降 | 地獄谷西域(大安地獄周辺) | 4.8万 |
| Aテフラ | 1,500年前以降 | 地獄谷西域(大安地獄周辺) | 1.5万 |
| 第4テフラ | 約2,500年前 | 地獄谷北域 | 260万 |
| 第3テフラ | 約4,800年前 | 地獄谷北域と血ノ池地獄周辺 | 220万 |
| 第2テフラ | 約7,800年前(上限値) | 血ノ池地獄～リンドウ池周辺 | 380万 |
| 第1テフラ | 約9,300年前(上限値) | 地獄谷北西域(称名火口周辺) | 64万 |

1. 基本条件

(3) 想定火口

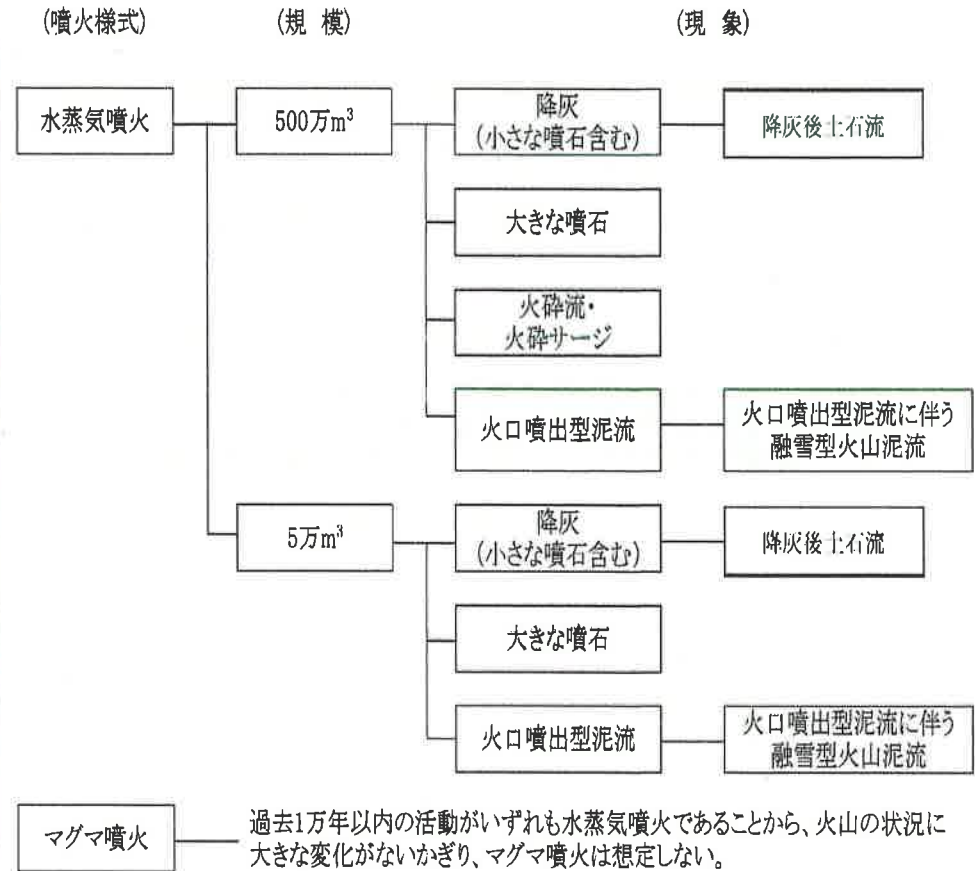
・火山ハザードマップでは、過去一万年以内に噴火の発生した領域を想定火口として設定しました。



想定火口

- 過去一万年以内に噴火の発生した範囲
- 現在活発な噴気が見られる地獄谷周辺

(4) 想定現象



2. 降灰(小さな噴石含む)

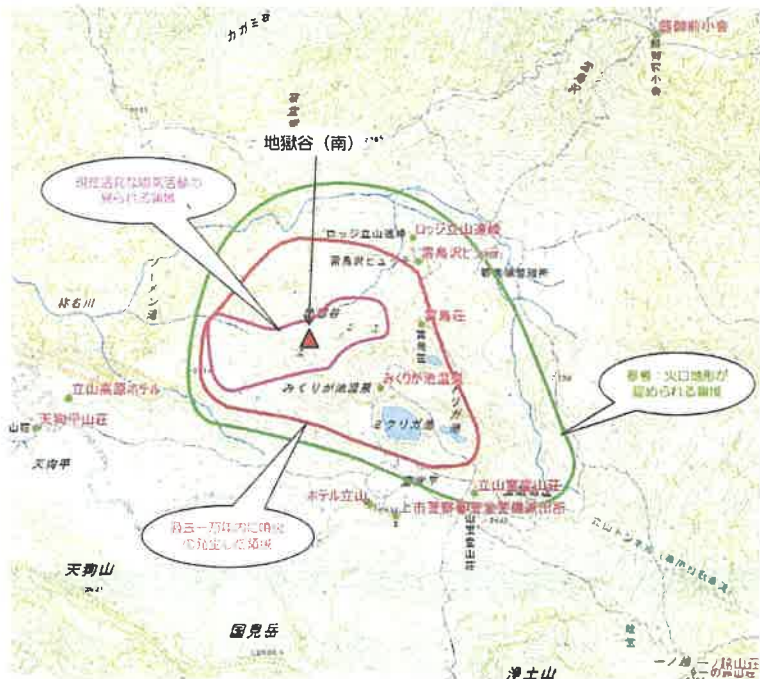
降灰(小さな噴石含む)

- 噴火とほぼ同時に発生します。
- 風向や風速により影響範囲は変化します。
- 風により運ばれた火山灰により、健康被害、交通麻痺、農作物被害など広く社会生活に影響を及ぼす場合があります。
- この火山ハザードマップでの降灰(小さな噴石含む)の範囲は2015年の風のデータにより想定しました。



(1)火口(計算開始点)

降灰(小さな噴石含む)は想定火口の中心付近に位置する「地獄谷(南)」を計算開始点としました。



降灰シミュレーションの時の想定火口(計算開始点)

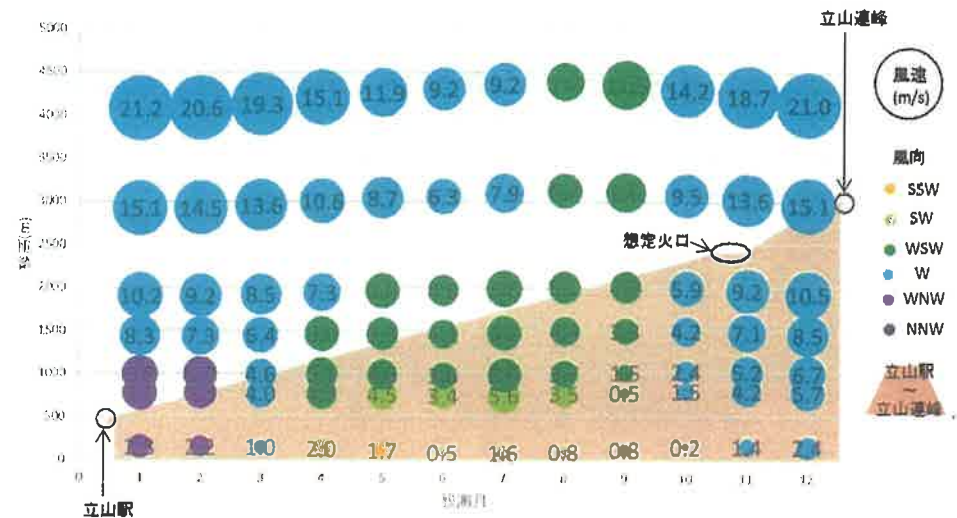
(2)数値シミュレーションの実施

①計算の手順

火山灰の風による移動と空中で拡がる現象を考慮した移流拡散モデルによる計算を実施しました。

②風向風速データ

最も近くの高層気象観測所である、輪島特別地域気象観測所のデータを用いました。



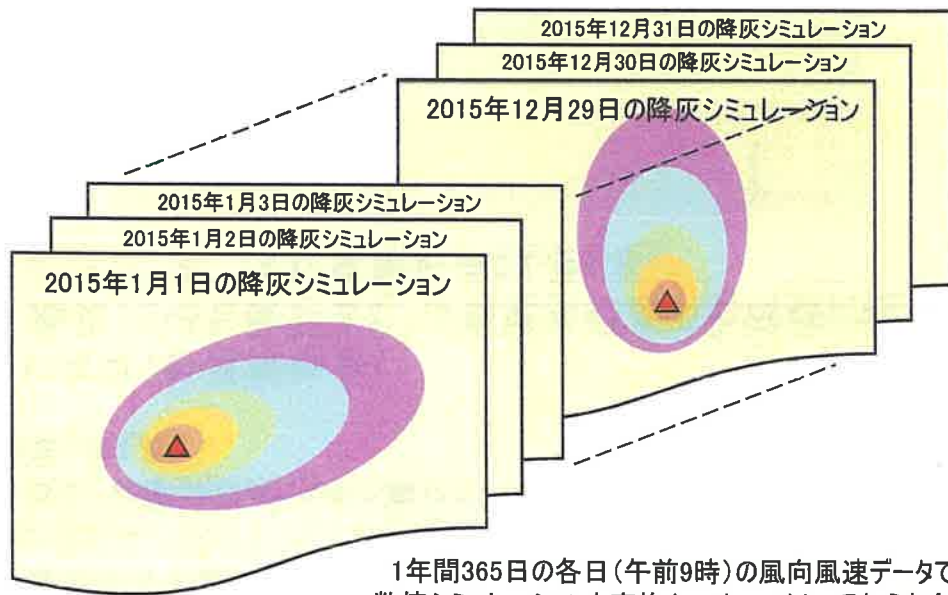
30年(1981-2010)の輪島特別地域気象観測所における月ごとの風向風速平均値

各月・標高では西寄りの風が全体的に卓越しています。風速は標高が高くなるほど大きくなり、冬季(11月~4月)は夏季(5月~10月)に比べて、大きくなる傾向があります。

2. 降灰(小さな噴石含む)

●降灰シミュレーションに際し、年平均風や年最大風を用いた1ケースでは、偏西風が卓越し過ぎてしまうことが懸念されます。

そこで、1年間365通りの風データそれぞれで降灰シミュレーションを実施することで、隔たりのない計算結果を得ることとしました。



1年間365日の各日(午前9時)の風向風速データで数値シミュレーションを実施(365ケース)し、それら全てを重ね合わせました。

過去30年間の風向風速データの平均値を分析すると、風速は若干大き目であるものの、風向風速ともに特異性は見られないため、火山ハザードマップでは、直近でデータの揃っていた2015年のデータを使用しました。

●弥陀ヶ原での噴煙柱高度の想定

弥陀ヶ原では、噴煙柱高度について実績のデータがないことから、火山防災マップ作成指針(内閣府.2013)の噴出量と噴煙柱高度の目安表を参考に設定しました。

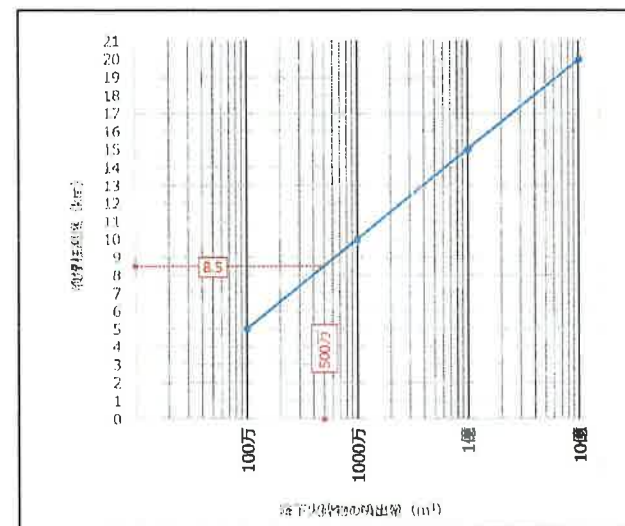
表3-6 噴煙柱高度と噴出率の目安

| 降下火砕物の噴出量 (m ³) | 100万 | 1,000万 | 1億 | 10億 |
|-----------------------------|------|--------|--------|---------|
| 噴煙柱高度 (km) | 5 | 10 | 15 | 20 |
| 噴出率 (m ³ /s) | 100 | 1,000 | 10,000 | 100,000 |

※Mastin et al. (2009) を基に作成。

火山防災マップ作成指針,57p,内閣府(防災担当)他,2013

・比較的小さな規模(噴出量5万m³)は表外となるため、表中の最小値である**5km**を採用しました。



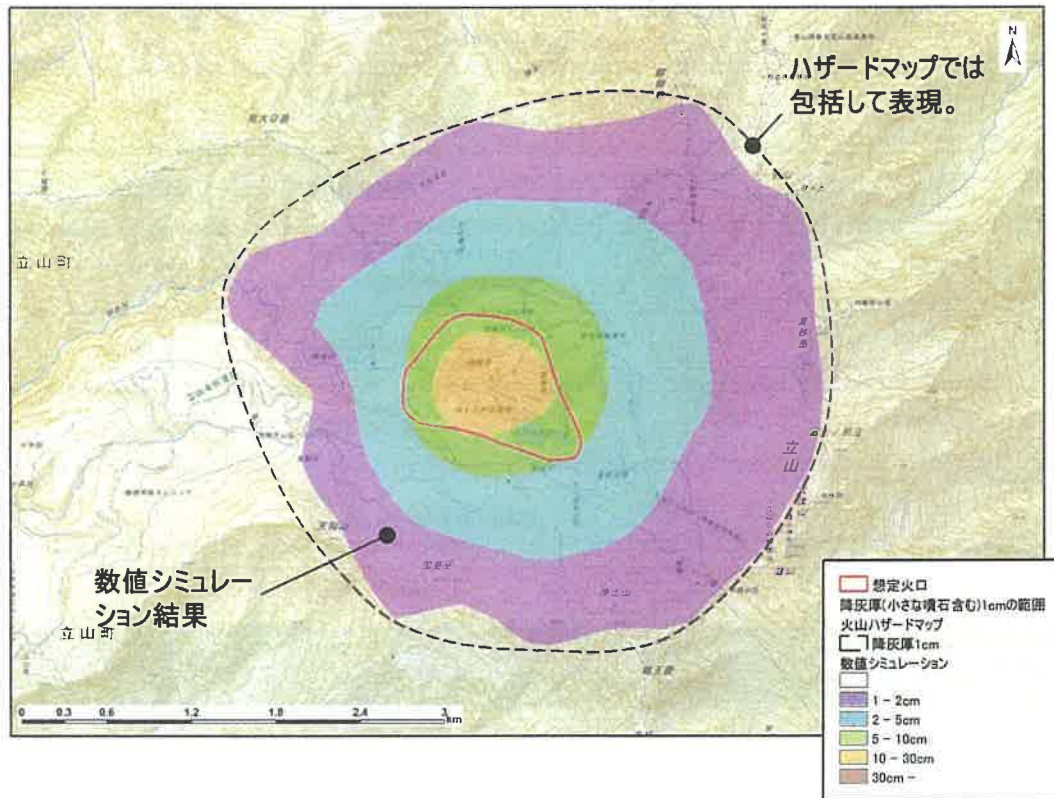
・比較的大きな規模(噴出量500万m³)は表より、5~10kmとなるため、これを参考に**8.5km**としました。(左図参照)

2. 降灰(小さな噴石含む)

- 移流拡散モデルによる数値シミュレーションにより、降灰(小さな噴石含む)の影響範囲を想定した上で、火山ハザードマップでは、危機管理的な観点から影響が最大となる範囲を包括して表現しました。

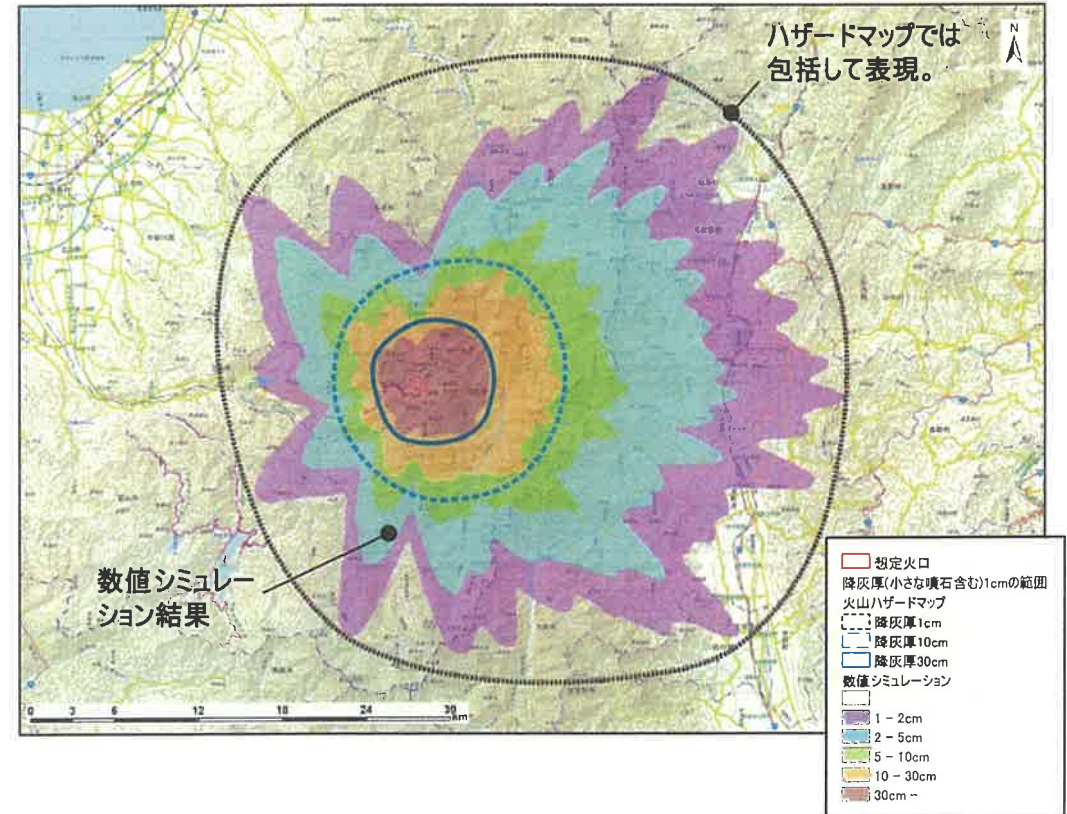
<小規模噴火時>

- 噴出量 5万m³(小規模)
- 噴煙柱高度 5.0km
- 風向風速 2015年の日データ(365日)



<大規模噴火時>

- 噴出量 500万m³(大規模)
- 噴煙柱高度 8.5km
- 風向風速 2015年の日データ(365日)



◆参考降下火砕物による被害や影響

建物への降下火砕物の影響

| 建物に降下した降下火砕物の厚さ (cm) | 被害状況 | 火山名 | 噴火年 |
|----------------------|----------------------------|---------------------|------|
| 1~1.2 | 軽微な被害 | ウラウン (バブアニューギニア) | 1967 |
| 2 | 目・鼻・咽・気管支の異常障害 | 有珠山 | 1977 |
| 7.5~12.5 | 屋根の崩壊 | スフリエール (西インド諸島) | 1902 |
| 9.5 | 屋根の崩壊 | タンボラ (インドネシア) | 1815 |
| 15~20 | クラーク空軍基地の航空機格納庫が崩れる | ピナツポ (フィリピン) | 1991 |
| 15~25 | 屋根が崩壊 | スフリエール (西インド諸島) | 1812 |
| 20 | 住宅と農場の建物が潰れ、数戸は完全に破壊 | サンタマリア (グアテマラ) | 1902 |
| 30 (50mmの火山弾を含む) | エポカパで20%の建物の屋根が崩れる | フエゴ (グアテマラ) | 1971 |
| 46 | 家の倒壊 | スフリエール (西インド諸島) | 1902 |
| 80 | 浄水場の梁に亀裂 | 有珠山 | 1977 |
| | 洞爺湖水の水質の変質 | | |
| 100 | 森林の幹の倒伏折損、湾曲倒伏、葉の変色落葉、枯死 | 有珠山 | 1977 |
| 110 | 教会のタイル・屋根等が崩れる | タール (フィリピン) | 1754 |
| 110 (熱い小さな噴石を含む) | 162戸のうち82戸の住宅が破壊 (+52戸が焼失) | 浅間山 | 1783 |

火山防災マップ作成指針,17p,内閣府(防災担当)他,2013

降灰による項目別の被害想定の内容

| 項目 | 想定される被害 |
|---------|---|
| 人的被害 | 有珠山等の事例から、2 cm以上の降灰がある範囲では何らかの健康被害が発生する可能性がある。 |
| 建物 | 木造家屋の場合、火山灰が乾燥時は45cmから倒壊が発生する可能性がある。降雨時は水を含んで火山灰の密度が約1.5倍になるため、降灰厚30cmで倒壊する家屋が発生する可能性がある。 |
| 道路 | 湿潤時は1 cm以下の降灰で、乾燥時においても2 cm程度で道路通行に支障を来たす。 |
| 鉄道 | 降灰で車輪やレールの導電不良による障害や踏切障害等による輸送の混乱が生じる可能性がある。 |
| 航空 | 降灰がある範囲では、火山灰が航空機エンジンに影響を及ぼし、エンジンの停止や損傷等のトラブルが発生する可能性がある。1 mm以上の降灰があると、空港が数日間閉鎖する可能性がある。 |
| 港湾 | 船舶はディーゼルエンジンで稼働しているものが多く、火山灰の影響が想定される。 |
| 電力 | 降雨時に1 cm以上の降灰がある範囲では、送電機器の碍子に火山灰が付着し、降雨時に濡れて漏洩電流が流れ、停電が発生する可能性がある。 |
| 水道 | 浄水場の沈殿池の能力を上回る火山灰が流入した場合、給水能力が減少し給水ができなくなる可能性がある。 |
| 下水道 | 火山灰が大量に側溝に流れ込むと、下水道が機能不全を引き起こす可能性がある。 |
| 農作物 | 畑作物は2 cm以上の降灰がある範囲では1年間収穫が出来なくなる可能性がある。稲作は0.5mmの降灰がある範囲では1年間収穫が出来なくなる可能性がある。ビニールハウス栽培は、太陽光線の透過率の低下により農作物の発育に影響する可能性がある。 |
| 森林 | 1 cm以上の降灰がある範囲では、降灰付着による幹の折損、湾曲、変色、枯死等が起こる可能性がある。10cm以上の降灰がある範囲では壊滅的な被害が発生する可能性がある。 |
| 畜産 | 2 cm以上の降灰がある範囲では牧草が枯れて1年間牧場が使用できない可能性がある。火山灰に付着する火山ガスの成分によっては、火山灰が付着した牧草を食べる草食動物への影響も報告されている。 |
| 水産物 | 2 cm以上の降灰がある範囲では海中のサンゴやエビなどが一部死滅する被害が報告されている。 |
| 商業 | 降灰がある範囲では、火山灰が店内に入り込み、商品が火山灰をかぶる被害や、コンピュータが故障する可能性がある。 |
| 降灰後の土石流 | 土石流危険渓流調査結果による危険区域に降灰があった場合、降灰範囲で土石流が発生する可能性がある。 |

火山防災マップ作成指針,17p,内閣府(防災担当)他,2013

3. 大きな噴石

大きな噴石

●噴火と同時に発生し、避難までの時間的猶予がほとんど無く、生命に危険を及ぼす火山現象です。

●火口から吹き飛ばされた直径50cm以上の岩石が全方向に弾道を描いて飛散する現象です。

●大きさによっては、建物の屋根などを打ち破るほどの破壊力があります。



(1)火口(計算開始点)

過去1万年内に噴火の発生した領域を想定火口とし、噴石の射出位置(計算開始点)は、**想定火口のライン上(赤線)**としました。



噴石シミュレーションの時の想定火口(計算開始点)

(2)規模

大規模と小規模の2つの規模を想定する。噴石の到達距離を決める大きな要素は噴石の初速度です。

火山防災マップ作成指針別冊資料13pでは、「観測記録がない場合には100m/s~250m/s程度で設定」とあり、これはマグマ噴火を含んだ値です。

①弥陀ヶ原では観測記録がない

→他火山での観測事例を参考に設定する

②想定している噴火様式は水蒸気噴火

→水蒸気噴火での観測事例を参考に設定する

③水蒸気噴火での観測事例は御嶽山2014年噴火で145~185m/s程度

上記の条件と有識者ヒアリングを実施した結果、下記に設定しました。

・比較的小さな規模(5万 m^3) : 100m/s

→小さな規模であることを踏まえて、指針で示されている最低値100m/sを採用

・比較的大きな規模(500万 m^3) : 200m/s

→水蒸気噴火であることから、御嶽山の実績を超え、指針の最高値を下回る200m/sを採用

3. 大きな噴石

(3) 数値シミュレーションの実施

① 計算モデル

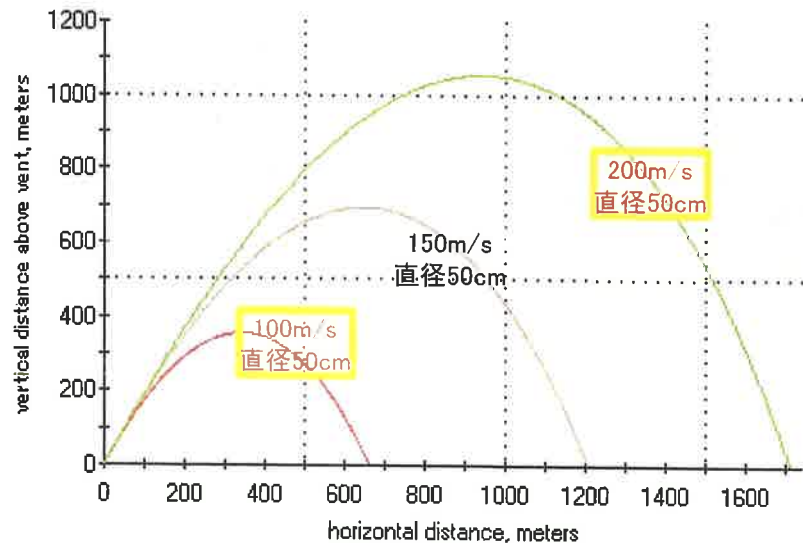
噴石の空気抵抗を考慮した弾道計算が可能な数値シミュレーションとして、USGS(アメリカ地質調査所)が公開しているEject!を使用しました。

② 噴石の大きさ

風の影響を受けずに火口から全方向に弾道を描いて飛散する、**直径50cm**としました。

③ 射出角度

火山爆発において最大到達距離を与える射出角である**63°**としました。(火山防災マップ作成指針別冊資料14pより)



初速度別の噴石シミュレーション結果 (採用案は100m/sと200m/s)

④ 平面展開

レーザー測量データ(国土地理院)を基に地形モデルを作成し、噴石の射出標高と着弾標高の高低差を考慮して、噴石の到達範囲を平面展開しました。



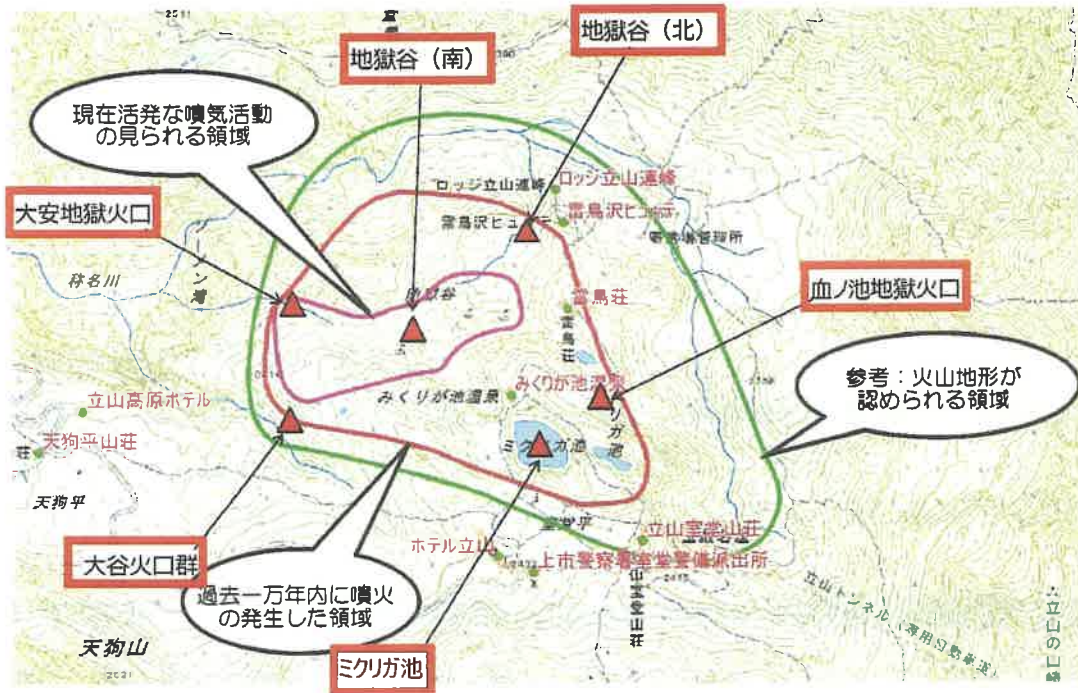
4. 火砕流・火砕サージ

火砕流・火砕サージ

●噴火と同時に発生し、避難までの時間的猶予がほとんど無く、生命に危険を及ぼす火山現象です。

●火砕流は、火山灰、岩塊、火山ガス、水蒸気が一体となって急速に山体を流下する現象です。

●火砕サージは、火砕流の先端や周辺で発生する火山ガスと火山灰等の流れです。密度が小さく、地形の影響を受けにくいいため、火砕流よりも遠方まで到達します。



火砕流シミュレーションの時の想定火口(計算開始点)

(1)火口(計算開始点)

過去一万年内に噴火の発生した領域内の「地獄谷(南)」、「血ノ池地獄」、「大谷火口群」、「大安地獄」、「地獄谷(北)」、「ミクリガ池」を火口としました。

(2)規模

- ・過去には、磐梯山1888年、安達太良山1900年、十勝岳1926年、焼岳1915年などの噴火で実績が認められています。
- ・これら過去の実績のうち、最大のものとしては磐梯山1888年噴火で、100万m³オーダーです。
- ・弥陀ヶ原の大規模噴火(噴出量500万m³)において、想定される火砕流規模は、他火山での最大のものの実績を参考に100万m³としました。

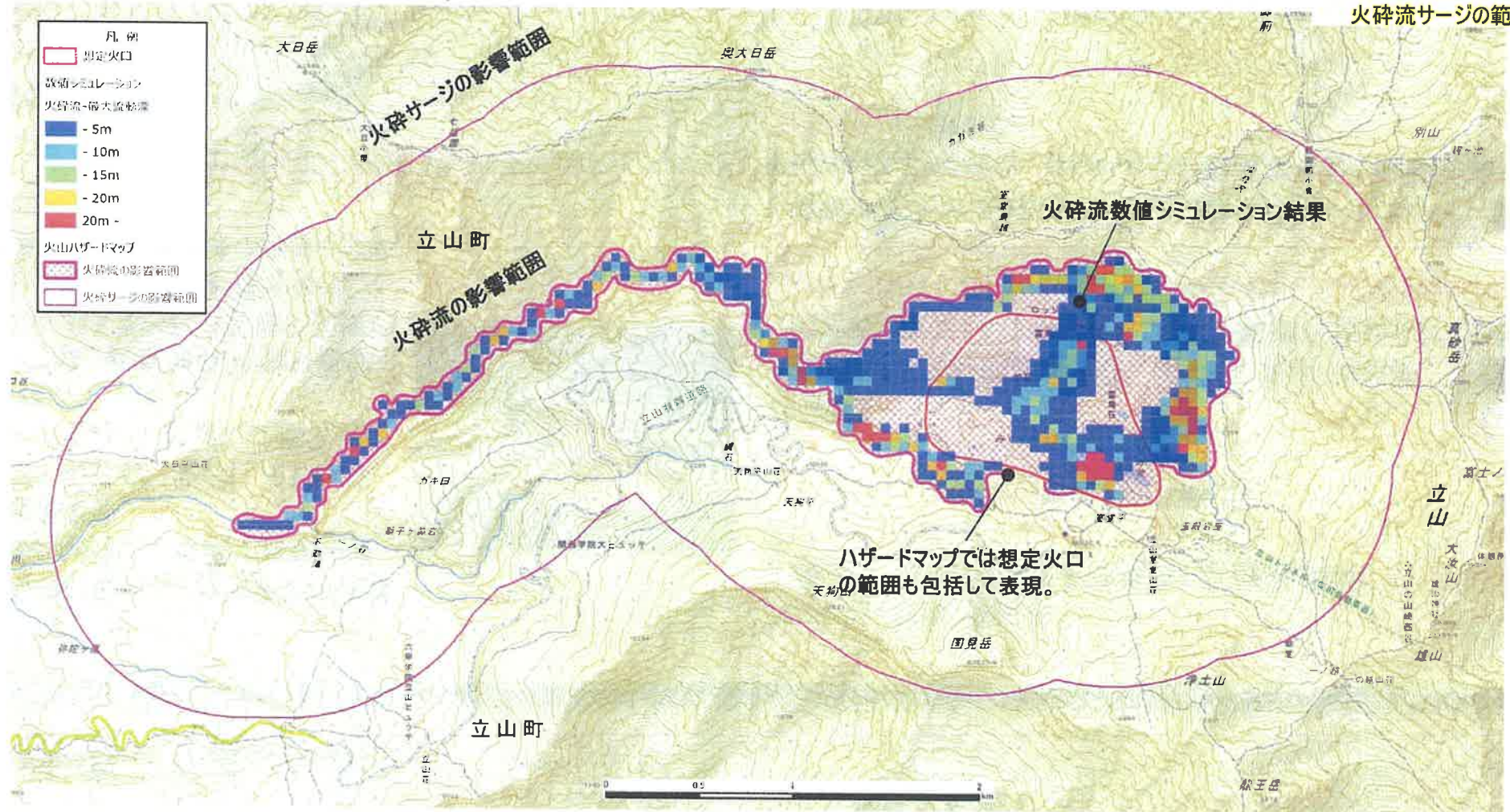
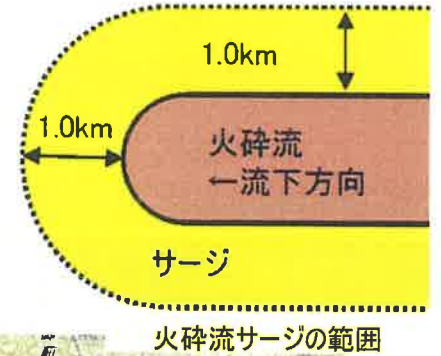
低温火砕流、他火山での実績

| 火山 | 噴出量(m ³) | 火砕流量(m ³) |
|------------|--------------------------|--------------------------|
| 磐梯山1888年 | 100万 | 10万~100万 |
| 安達太良山1900年 | 300万 | 10万 |
| 焼岳1915年 | 100万 | ? |
| 十勝岳1926年 | 1.3万 | 7万 |
| 弥陀ヶ原 | 大規模想定 500万m ³ | 100万m ³ (設定値) |

4. 火砕流・火砕サージ

(3)火砕サージ

- 火砕サージの影響範囲は、数値シミュレーションでは求められない。他火山実績や指針では、火砕サージの影響範囲について右の記載となっています。
- 弥陀ヶ原での火砕サージ想定について、他事例を参考としながらWGにおいて討議し、流下方向と側方向に1.0kmとしました。



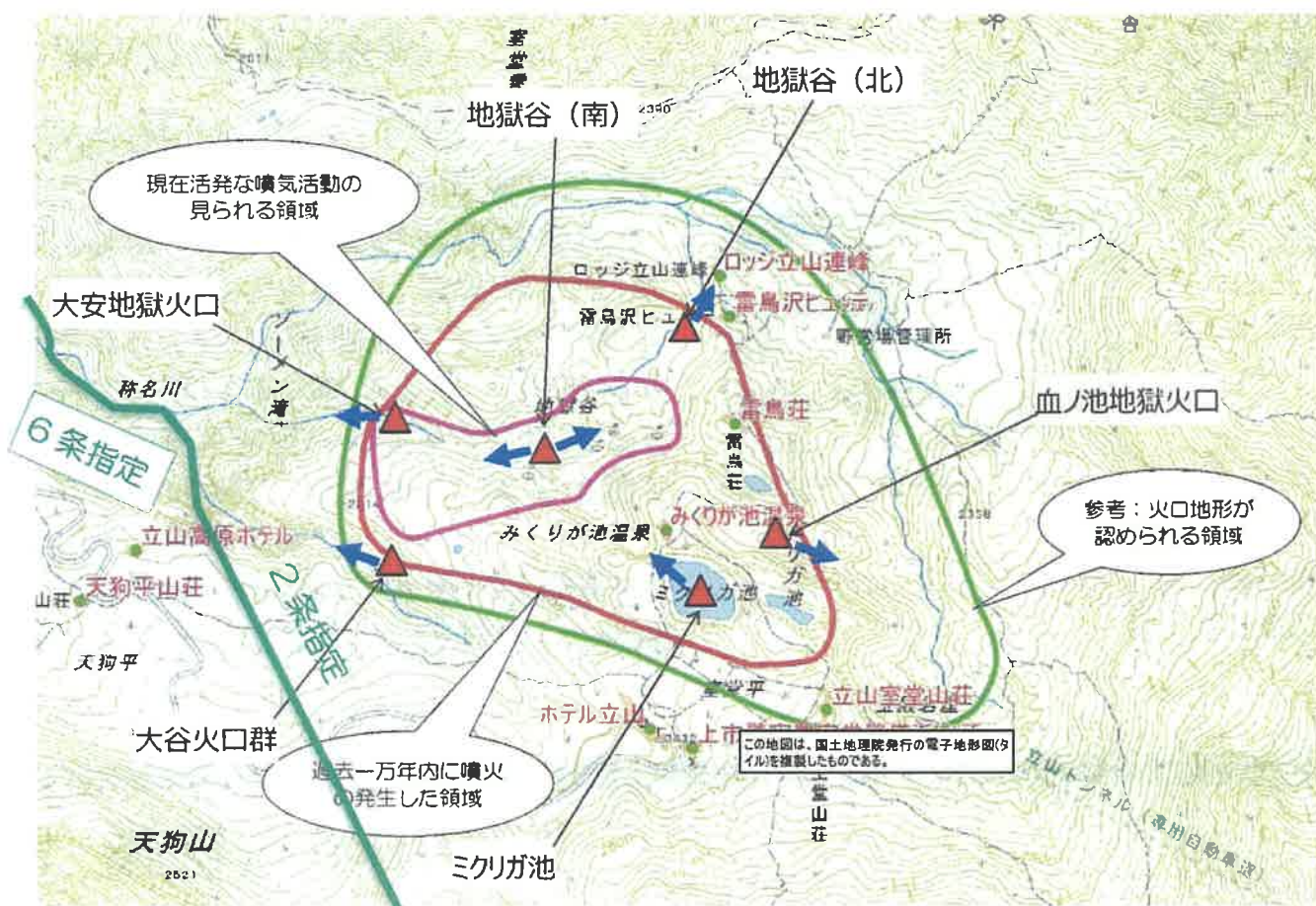
5. 火口噴出型泥流

火口噴出型泥流

●噴火活動中に発生します。

●山体内から高温水が噴き出し流下する現象です。

●弥陀ヶ原では確認されていない現象ですが、火山ハザードマップでは、他火山での事例を参考に想定しています。



(1) 噴火口(計算開始点)

噴火口(計算開始点)の位置は、下記6点の噴火口(火山噴火シナリオで記載された過去1万年内に噴火の発生した噴火口)を計算開始点としました。

(2) 規模(火口噴出型泥流量)

● 既往の他火山の事例においては、10万 m³オーダーが多い。一方で最大規模はトンガリ口2012年噴火で70万m³です。

→弥陀ヶ原ではこれら他火山の事例を参考に、有識者へのヒアリング結果を踏まえ、比較的小さな規模で10万m³、比較的大きな規模で100万 m³としました。

(3) ハイドログラフ

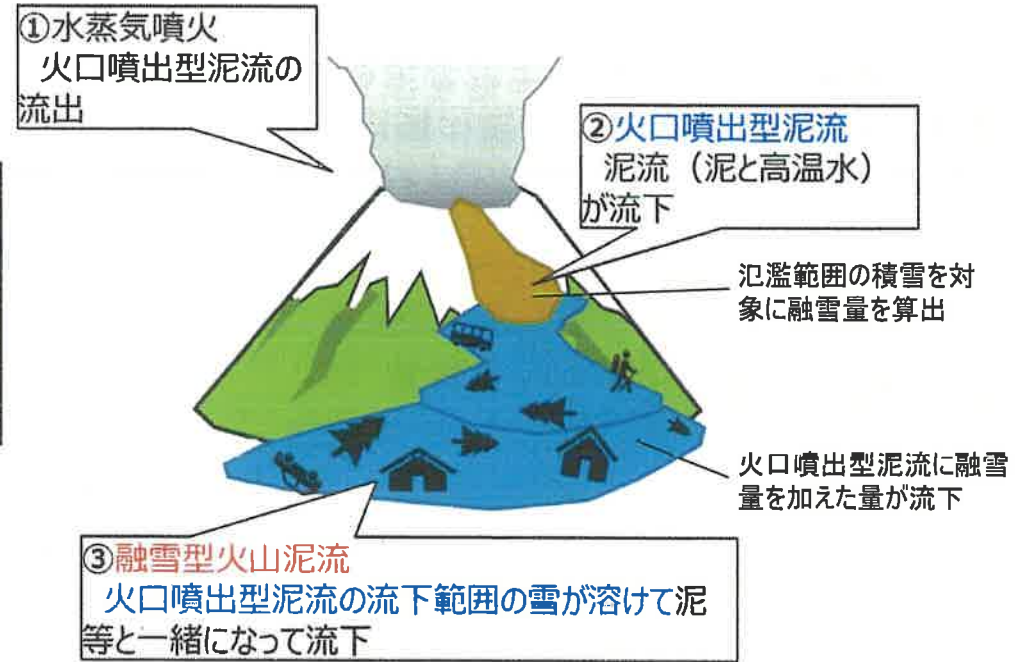
火口噴出型泥流のハイドログラフは、想定される現象発生機構から、前方集中型の三角形としました。

6. 融雪型火山泥流

融雪型火山泥流

●噴火と同時に発生し、避難までの時間的猶予がほとんど無く、生命に危険を及ぼす火山現象です。

- 火口から噴出した熱水が、周辺の雪や土砂を巻き込みながら流下する現象です。
- 高速で遠方まで流下することがあります。
- 積雪時の大規模噴火により火口噴出型泥流が発生した場合、融雪型火山泥流が発生します。融雪型火山泥流は称名川を流れ下り、道路への氾濫が生じることがあります。



火口噴出型泥流に伴う融雪型火山泥流のイメージ

(1)噴火口(計算開始点)

噴火口(計算開始点)の位置は、火口噴出型泥流と同じ計算開始点としました。

(2)規模(火口噴出型泥流量と融雪対象となる積雪量)

規模は、火口噴出型泥流(小規模と大規模)に融雪量を加えた量を対象としました。

$$\text{融雪型火山泥流} = \text{火口噴出型泥流} + \text{融雪量}$$

(3)対象融雪量

①融雪可能水量

●火口噴出型泥流の流量を対象とし、宮本ら(1989)の方法に基づき左記想定における熱収支の関係から求めました。

- 供給される土砂量 W_{so} : 火口噴出型泥流の流量
小規模 10万m^3 , 大規模 100万m^3
- 泥流の温度 T_s : 100度 (※水蒸気爆発を想定しているため低温である)
- 土砂の比熱 C_s : $0.53(\text{cal/g}\cdot\text{k})$
- 雪(氷)の融解熱 q_m : $80.0(\text{cal/g})$
- すでに融けた雪の割合 C_m : 全て雪と想定

6. 融雪型火山泥流

②積雪水量

・火口噴出型泥流の氾濫範囲の積雪を対象に、下記の想定により積雪水量を求めました。

$$\text{積雪水量} = \text{氾濫面積} \times \text{積雪深} \times \text{積雪密度}$$

- ・火口噴出型泥流の氾濫範囲: 数値シミュレーションにより想定した氾濫範囲のうち、称名川本川合流までの範囲
- ・積雪深: 9.0(m) 2000年以降の室堂平の最大積雪深(融雪可能水量が最大となる条件)
- ・積雪密度: 0.5(g/cm³) 浅地ら(2016)の現地観測よりえられている平均値

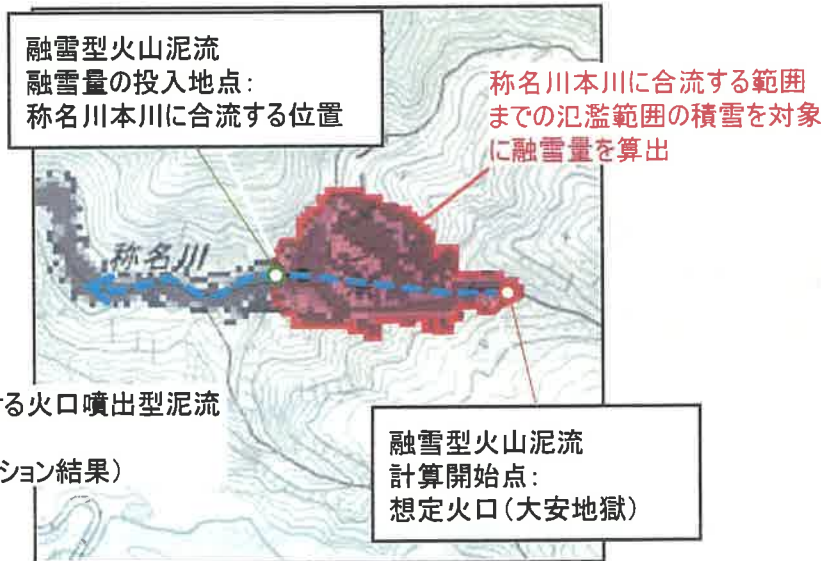
③融雪水量

融雪可能水量①と積雪水量②を比較して流れうる値とします。

- ・融雪可能水量: 火口噴出型泥流の量と温度(100度)のエネルギーで溶かすことができる量です。
- ・積雪水量: 火口噴出型泥流の氾濫範囲の雪(積雪深9.0m)が全て溶けた場合の水量です。

融雪水量の算出(大安地獄火口)

| 火口噴出型泥流の噴出量 (万m ³) | 火口噴出型泥流の氾濫面積 (万m ²) | ①融雪可能水量 (万m ³) | ②積雪水量 (万m ³) | ③融雪水量 (万m ³) |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 100 | 1.95 | 66.3 | > 9.0 | 9.0 |



(4)ハイドログラフ

- ・火口噴出型泥流の流下範囲を対象とした融雪量と火口噴出型泥流のハイドログラフを合算した形状となります。
- ・継続時間は十勝岳の大正泥流(1926年)を参考とし、60分間としました。

7. 降灰後の土石流

降灰後の降雨による土石流

●噴火後は数年にわたって発生しやすくなります。

●火山灰等が堆積した流域において降雨に伴い発生し、谷や沢に沿って流下する現象です。

●この火山ハザードマップでは、保全対象への被害が想定される、谷筋からの氾濫範囲を記載しています。



(1)土石流の流下開始点(計算開始点)

- 降灰範囲(網掛け範囲)に位置する溪流は、降雨後には何処でも土砂移動・土石流が発生する可能性があります。
- 今回の検証における計算開始点の位置は、降灰シミュレーション結果から土石流の流下が想定される流域のうち、**溪床勾配10度以上かつ下流側に保全対象が位置する箇所**を抽出しました。
- 具体的には、弥陀ヶ原周辺の保全対象として、影響の大きい**室堂平**、**立山有料道路**、**雷鳥沢野営場管理所**を対象としました。
- 加えて**称名川本川下流域の保全対象**に影響が無いか確認する目的から、称名川本川に直接流下する図示した**火口**を起源とする流域の計算開始点で計算を実施しました。



(2)規模

降灰量は、下記噴火規模の降灰シミュレーションを実施した結果を使用しました。降雨規模は称名川流域の計画雨量(150年確率雨量)を使用しました。

- 比較的小さな規模：噴出量5万 m^3
- 比較的大きな規模：噴出量500万 m^3