

その他、気象庁が発表する情報として、新たな噴火警報及び噴火予報の発表を必要としない状況において、火山性地震の回数等の火山の状況を知らせる場合は、「火山の状況に関する解説情報」が発表される。

また、平常時から発表される情報として、地図や図表等を用いて火山活動の状況や警戒事項を詳細にとりまとめた「火山活動解説資料」、噴火が発生した場合に発表される「噴火速報」及び「噴火に関する火山観測報」、「降灰予報」等の情報がある。降灰予報で使用する降灰量階級表を表 4.2 に示す。

この降灰予報による情報は、緊急対策の実施場所決定の参考とする。なおこの情報のみで、土石流の発生規模等の決定は行わない。

表 4.2 降灰予報で使用する降灰量階級表

名称	表現例			影響ととるべき行動		その他の影響
	厚さ キーワード	イメージ※1		人	道路	
		路面	視界			
多量	1mm 以上 【外出を控える】	完全に覆われる 	視界不良となる 	外出を控える 慢性的喘息や慢性閉塞性肺疾患(肺気腫など)が悪化し健康な人でも目・鼻・のど・呼吸器などの異常を訴える人が出始める	運転を控える 降ってくる火山灰や積もった火山灰をまきあげて視界不良となり、通行規制や速度制限等の影響が生じる	がいしへの火山灰付着による停電発生や上水道の水質低下及び給水停止のおそれがある
やや多量	0.1mm ≤ 厚さ < 1mm 【注意】	白線が見えにくい 	明らかに降っている 	マスク等で防護 喘息患者や呼吸器疾患を持つ人は症状悪化のおそれがある	徐行運転する 短時間で強く降る場合は視界不良の恐れがある 道路の白線が見えなくなるおそれがある(およそ0.1~0.2mmで鹿児島市は除灰作業を開始)	稲などの農作物が収穫できなくなったり※2、鉄道のポイント故障等により運転見合わせのおそれがある
少量	0.1mm 未満	うっすら積もる 	降っているのがようやくわかる	窓を閉める 火山灰が衣服や身体に付着する 目に入ったときは痛みを伴う	フロントガラスの除灰 火山灰がフロントガラスなどに付着し、視界不良の原因となるおそれがある	航空機の運航不可※2

※1 掲載写真は気象庁、鹿児島市、(株)南日本新聞社による

※2 富士山ハザードマップ検討委員会(2004)による想定

\*) 気象庁 Web 資料より

## 4.2 鶴見岳・伽藍岳における噴火シナリオ

### 4.2.1 想定火口位置

鶴見岳・伽藍岳では、これまでの活動履歴や現在の活動状況から、以下に示す2つの噴火場所が想定されている。

- 鶴見岳・・・鶴見岳山頂（北西にある地獄谷赤池噴気孔付近を含む）
- 伽藍岳・・・爆裂火口付近の噴気地帯

なお、これらの場所では、周辺の地震活動も活発であるため、今後の地震活動の推移や活動評価をみて適宜検討を加えることとなっている。

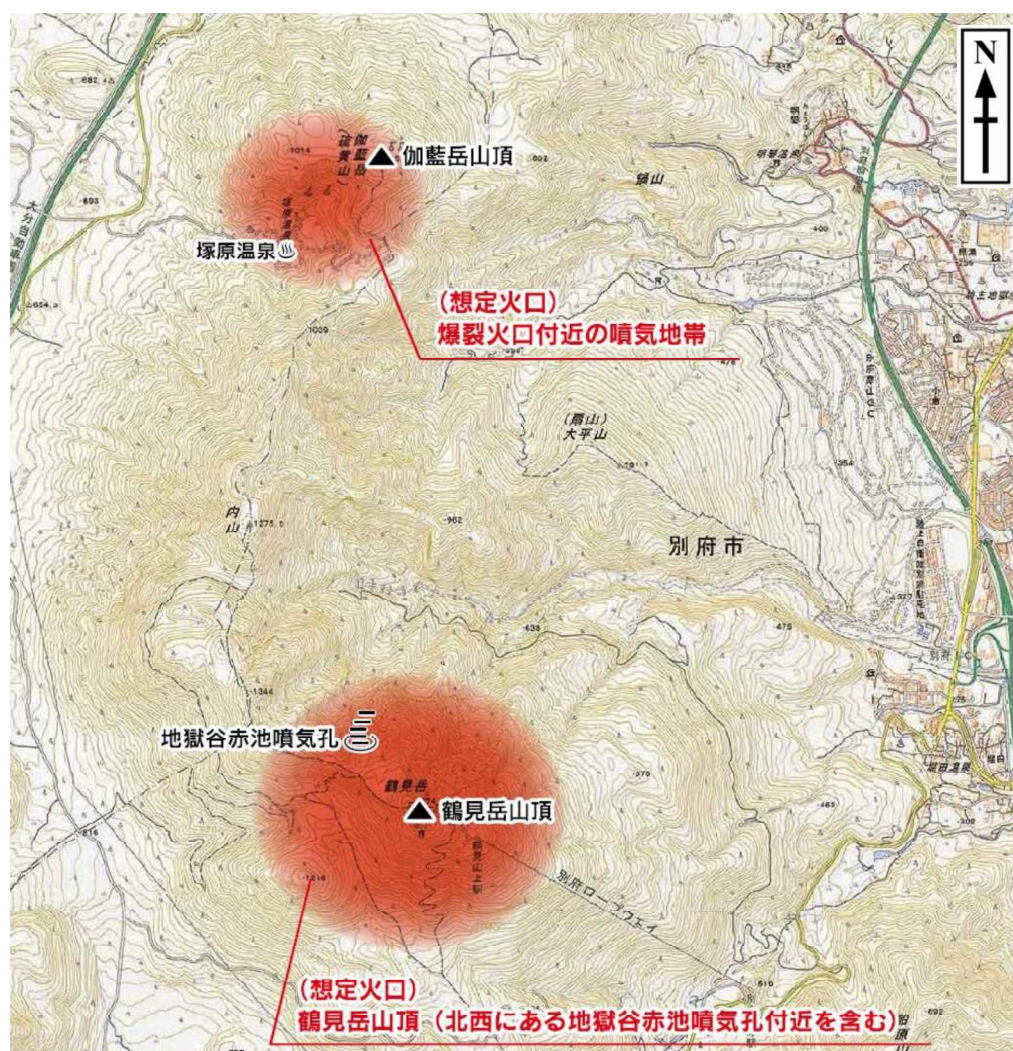


図 4.16 鶴見岳・伽藍岳における想定火口位置

〔「鶴見岳・伽藍岳火山防災ガイドマップ（鶴見岳・伽藍岳火山防災協議会、平成 28 年 3 月）に加筆〕

#### 4.2.2 想定される噴火シナリオ時系列

鶴見岳・伽藍岳で想定される噴火シナリオ時系列は、歴史時代の活動履歴が少ないため、同様な岩石組成を持っている雲仙岳をはじめとし、霧島山（新燃岳）及び由布岳の活動特性を参考に想定した（図 4.17）。

図 4.17 に示すように、鶴見岳・伽藍岳のいずれにおいても、前兆現象として火山性地震・微動の増加、地熱地帯の温度上昇、噴気量増加、山地膨張等が「火山活動の高まり」としてとらえられた後、水蒸気噴火（小規模）を経てマグマ噴火（中～大規模）へと至る噴火シナリオを想定している。

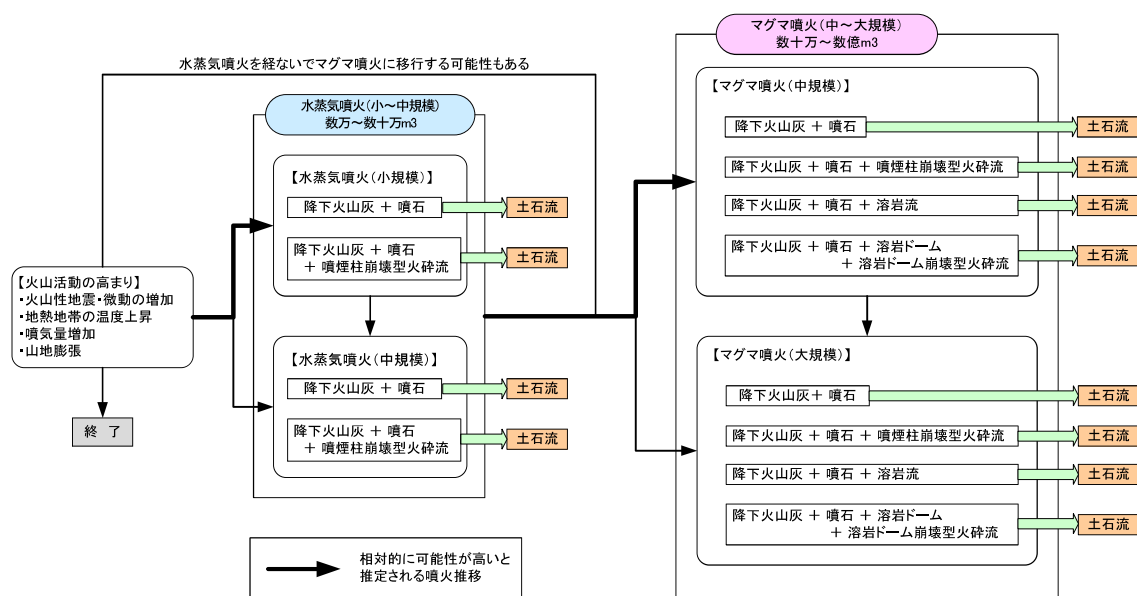


図 4.17 鶴見岳・伽藍岳で想定される噴火シナリオ時系列

### 4.2.3 緊急減災計画で対象とする土砂移動現象

図 4.17 に示した噴火シナリオ時系列から、鶴見岳・伽藍岳において発生する噴火現象を整理すると、表 4.3 に示すように、水蒸気噴火による「降下火山灰」、「噴石」、「火砕流（噴煙柱崩壊型）」、その後のマグマ噴火による「溶岩流」と「火砕流（溶岩ドーム崩壊型、噴煙柱崩壊型）」が噴火現象として想定されることになる。加えて、いずれの現象でも降灰が想定されることから、「降灰後の土石流」についても想定される。

表 4.3 鶴見岳・伽藍岳で想定される噴火現象の推移と土砂移動現象

対象火山	噴火の形態	規模	噴火現象の推移（実績による規模）	土砂移動現象	
鶴見岳 伽藍岳	水蒸気噴火 (数万～数十万m <sup>3</sup> )	小規模	降下火山灰 + 噴石	降灰後の土石流	<ul style="list-style-type: none"> <li>・溶岩流</li> <li>・噴煙柱崩壊型火砕流</li> <li>・溶岩ドーム崩壊型火砕流</li> <li>・降灰後の土石流</li> </ul>
			降下火山灰 + 噴石 + 噴煙柱崩壊型火砕流		
		中規模	降下火山灰 + 噴石		
			降下火山灰 + 噴石 + 噴煙柱崩壊型火砕流		
	マグマ噴火 (数十万～数億m <sup>3</sup> )	中規模	降下火山灰 + 噴石	噴煙柱崩壊型火砕流	
			降下火山灰 + 噴石 + 溶岩流		
			降下火山灰 + 噴石 + 溶岩ドーム + 溶岩ドーム崩壊型火砕流		
			降下火山灰 + 噴石		
		大規模	降下火山灰 + 噴石 + 噴煙柱崩壊型火砕流	溶岩流	
			降下火山灰 + 噴石 + 溶岩流		
			降下火山灰 + 噴石 + 溶岩ドーム + 溶岩ドーム崩壊型火砕流		
			降下火山灰 + 噴石		

#### 4.2.4 土砂移動現象の規模

表 4.3 に示した土砂移動現象について、本計画で対象とする規模を、表 4.4 及び以降に示す。

表 4.4 本計画で対象とする土砂移動現象の規模

対象現象	対象規模 ( $m^3$ )	備考
噴石	全規模	他火山の実績や過去の火山防災マップ検討時に実施した由布岳における弾道計算結果を参考に、それぞれの想定火口の中心部から噴火規模に応じて1~4kmの到達範囲として想定
降灰	マグマ噴火大規模 ( $1,200万m^3$ )	約2,300年前の由布岳から噴出した「由布岳火山灰」と同規模とし、噴出量 $1,200万m^3$ の降灰が、鶴見岳と由布岳の想定火口の中心から噴出した場合を想定
溶岩流	マグマ噴火大規模 ( $1.5億m^3$ )	約10,500年前~7,300年前に鶴見岳山頂から噴出した「鶴見岳山頂溶岩」と同規模とし、噴出量 $1億5,000万m^3$ の溶岩流を想定
火砕流・火砕サージ	マグマ噴火大規模 ( $1,900万m^3$ )	約2,300年前に由布岳から噴出した「池代火砕流」と同規模とし、噴出量 $1,900万m^3$ の火砕流が、鶴見岳と由布岳の想定火口の中心から噴出した場合を想定 また、いずれの想定火口においても噴煙柱崩壊型と溶岩ドーム崩壊型の2種類の火砕流を想定
降灰後の土石流	2年超過確率降雨	火砕流や降灰が流域内に大量の不安定土砂として堆積した状況下において、2年超過確率規模の降雨により発生する土石流（流出する土砂量は運搬可能土砂量）を想定 対象とする溪流は、既往の火山防災マップ（「鶴見岳・由布岳火山防災マップ（H16.3）」及び「由布岳・鶴見岳・伽藍岳火山防災マップ（H18.6）」）で想定している溪流に加え、鶴見岳、伽藍岳を源流とする土石流危険溪流（別府市内は基礎調査を実施している溪流）の36溪流

## (1) 噴石

噴石については、噴火時の噴石の飛散に関するデータがないため、他火山の実績や過去の火山防災マップ検討時に実施した由布岳や伽藍岳における弾道計算結果を参考に、それぞれの想定火口の中心部から噴火規模に応じて1~4kmを到達範囲として想定した。

## (2) 降灰

降灰については、約2,300年前の由布岳から噴出した「由布岳火山灰」と同規模とし、噴出量1,200万 $\text{m}^3$ の降灰(図4.18)が、鶴見岳と由布岳の想定火口の中心から噴出した場合を想定した。

また、福岡管区气象台における標高1,500m付近の平均風速3.6m/sによる最大到達距離を算出し、想定火口を中心に全方向に到達すると想定した。

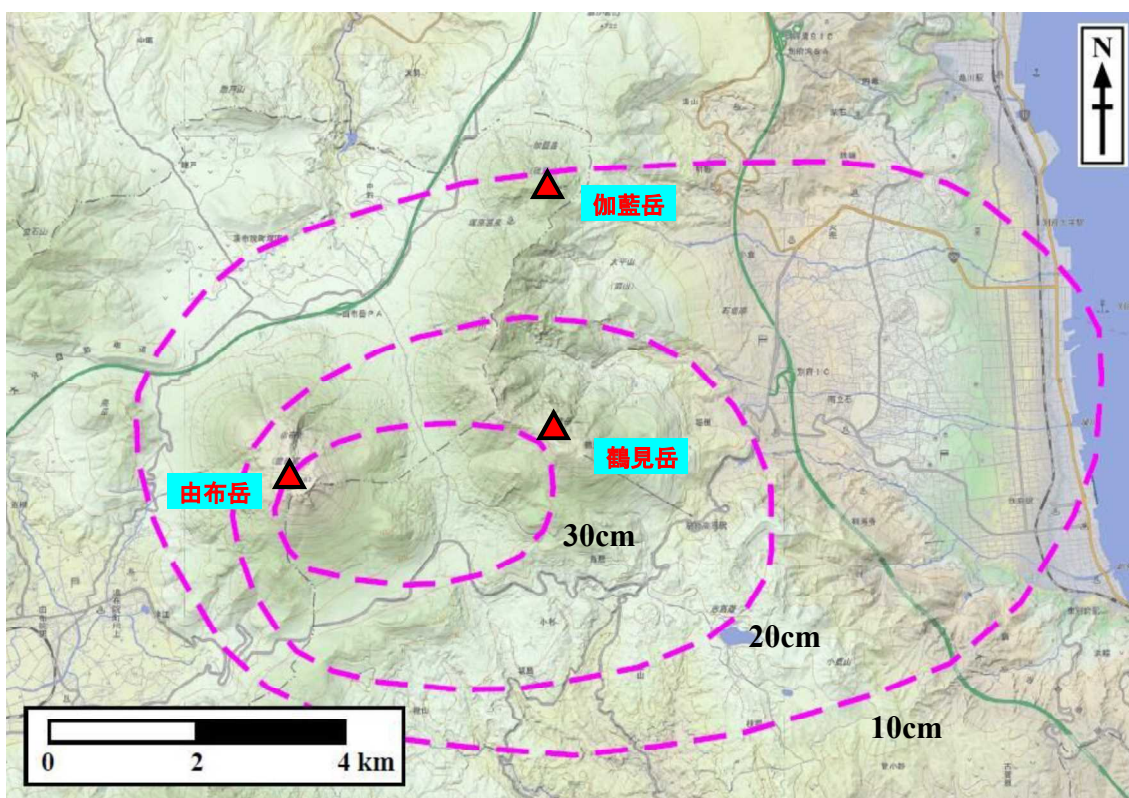


図 4.18 由布岳火山灰の分布

〔平成7年度火噴委第1号調査委託鶴見岳火山噴火検討委託業務報告書  
(大分県別府土木事務所・(財)砂防・地すべり技術センター、平成8年3月)〕より作成〕

### (3) 溶岩流

溶岩流については、約 10,500 年前～7,300 年前に鶴見岳山頂から噴出した「鶴見岳山頂溶岩」と同規模とし、噴出量 1 億 5,000 万  $\text{m}^3$  の溶岩流（図 4.19）を想定した。

なお、鶴見岳については、想定火口の中心（鶴見岳山頂）だけでなく、北西にある地獄谷赤池噴気孔からの流出についても想定した。

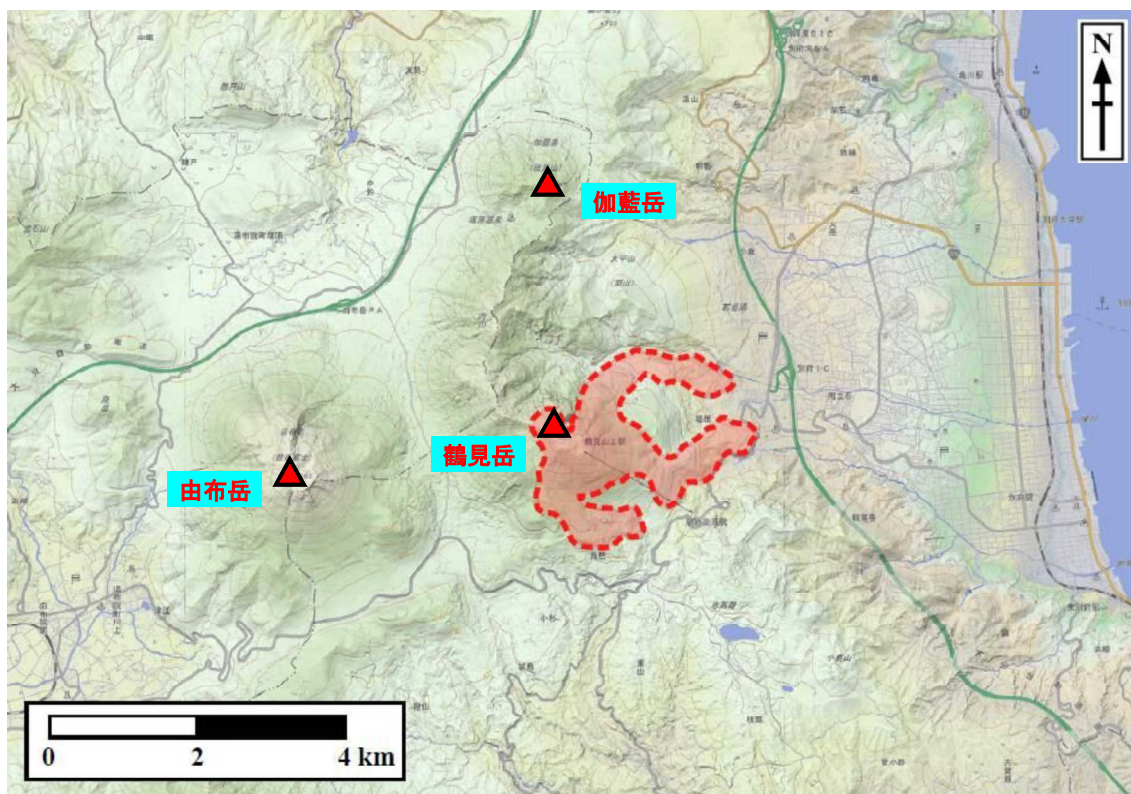


図 4.19 鶴見岳山頂溶岩の分布

〔藤沢・他（2002）より作成〕

#### (4) 火砕流

火砕流については、約 2,300 年前に由布岳から噴出した「池代火砕流」と同規模とし、噴出量 1,900 万 m<sup>3</sup> の火砕流（図 4.20）が、鶴見岳と由布岳の想定火口の中心から噴出した場合を想定した。

また、いずれの想定火口においても噴煙柱崩壊型と溶岩ドーム崩壊型の 2 種類の火砕流を想定した。

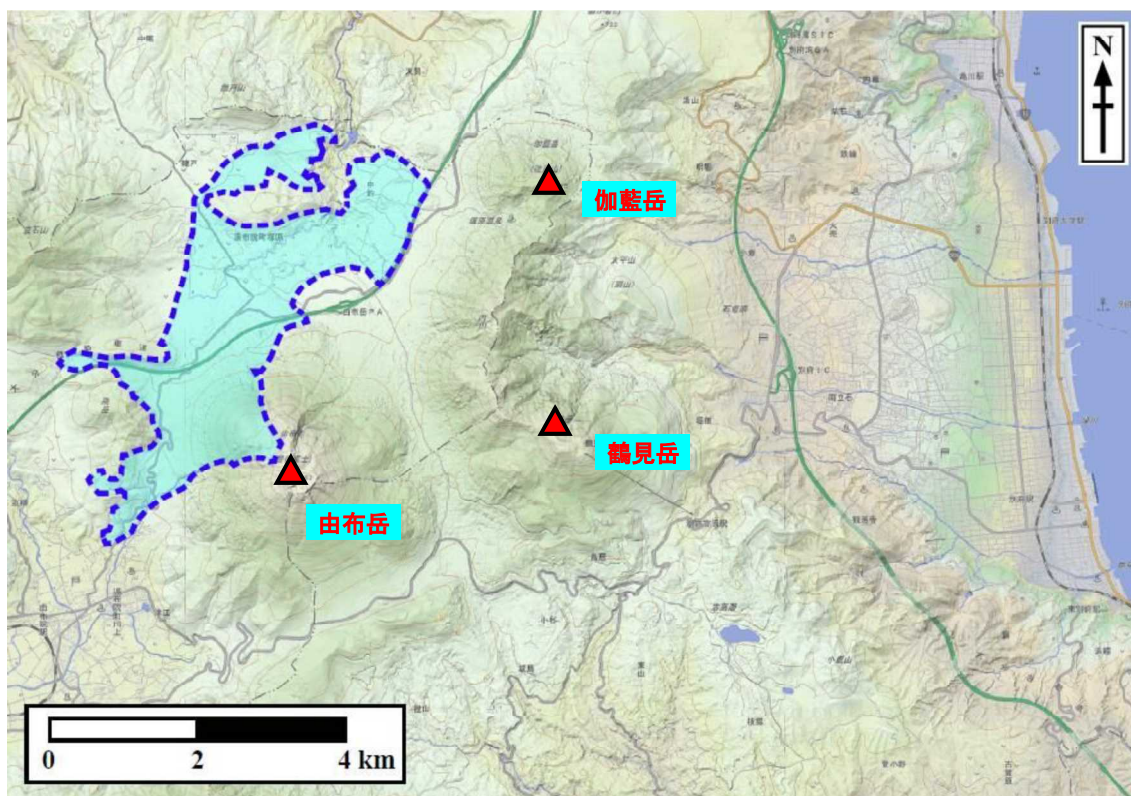


図 4.20 池代火砕流の分布

〔平成 7 年度火噴委第 1 号調査委託鶴見岳火山噴火検討委託業務報告書

（大分県別府土木事務所・（財）砂防・地すべり技術センター、平成 8 年 3 月）より作成〕

#### (5) 降灰後の土石流

降灰後の土石流については、火砕流や降灰が流域内に大量の不安定土砂として堆積した状況下において、2 年超過確率規模の降雨により発生する土石流を想定し、流出する土砂量は運搬可能土砂量とした。

対象とする溪流は、既往の火山防災マップ（「鶴見岳・由布岳火山防災マップ（H16.3）」及び「由布岳・鶴見岳・伽藍岳火山防災マップ（H18.6）」）で想定している溪流に加え、鶴見岳、伽藍岳を源流とする土石流危険溪流（別府市内は基礎調査を実施している溪流）の 40 溪流（図 4.21）とした。



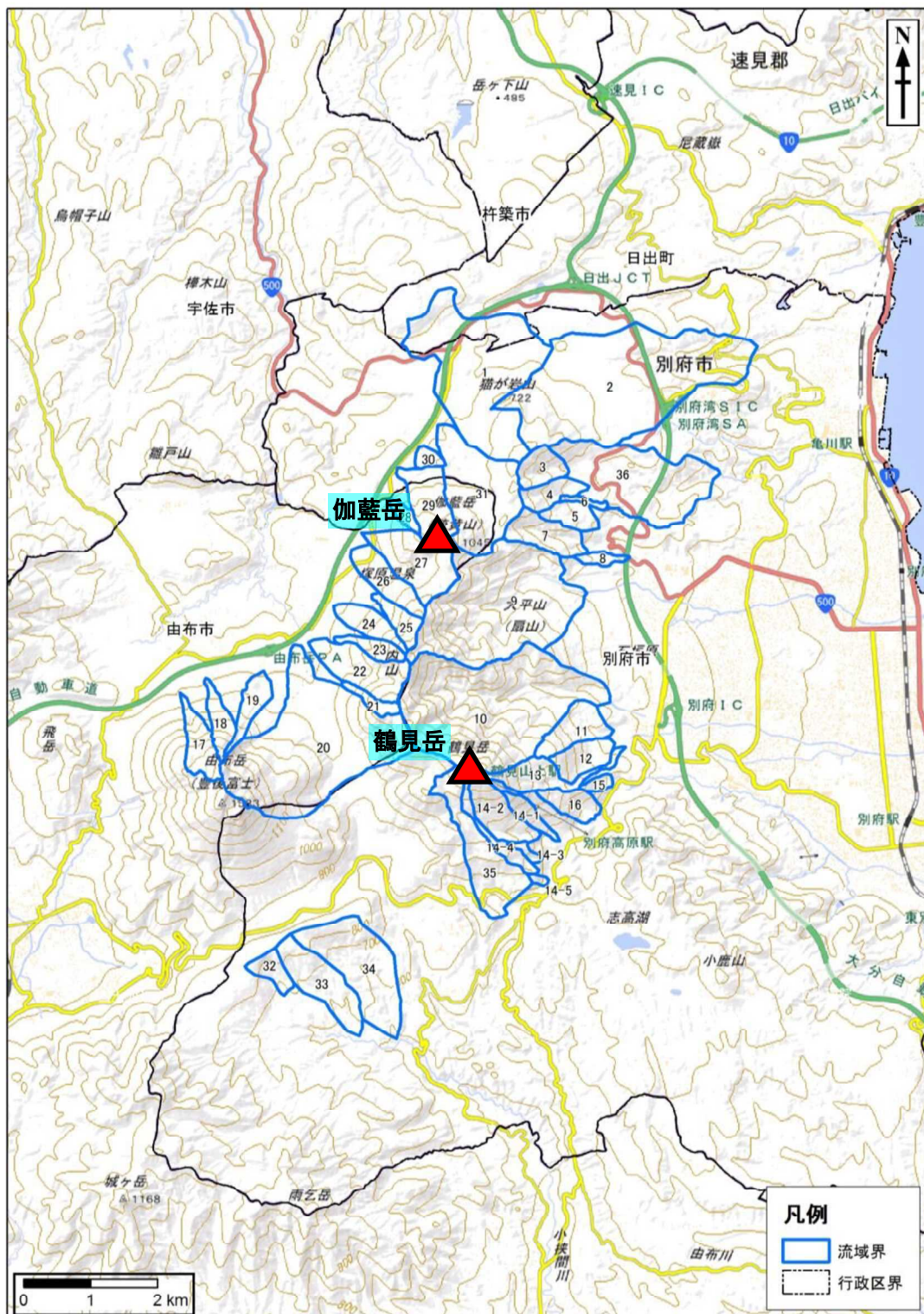


图 4.21 降灰後の土石流想定溪流位置图

## 4.2.5 想定される土砂移動現象の影響範囲

### (1) 噴石

噴石については、噴火時の噴石の飛散に関するデータがないため、他火山の実績や過去の火山防災マップ「鶴見岳・由布岳火山防災マップ（H16.3）」の検討時に実施した由布岳における弾道計算結果を参考に、それぞれの想定火口の中心部から4kmを最大到達範囲として想定している。

「鶴見岳・由布岳火山防災マップ（H16.3）」作成時に検討した、由布岳における噴石の影響範囲の想定について、以下に示す。

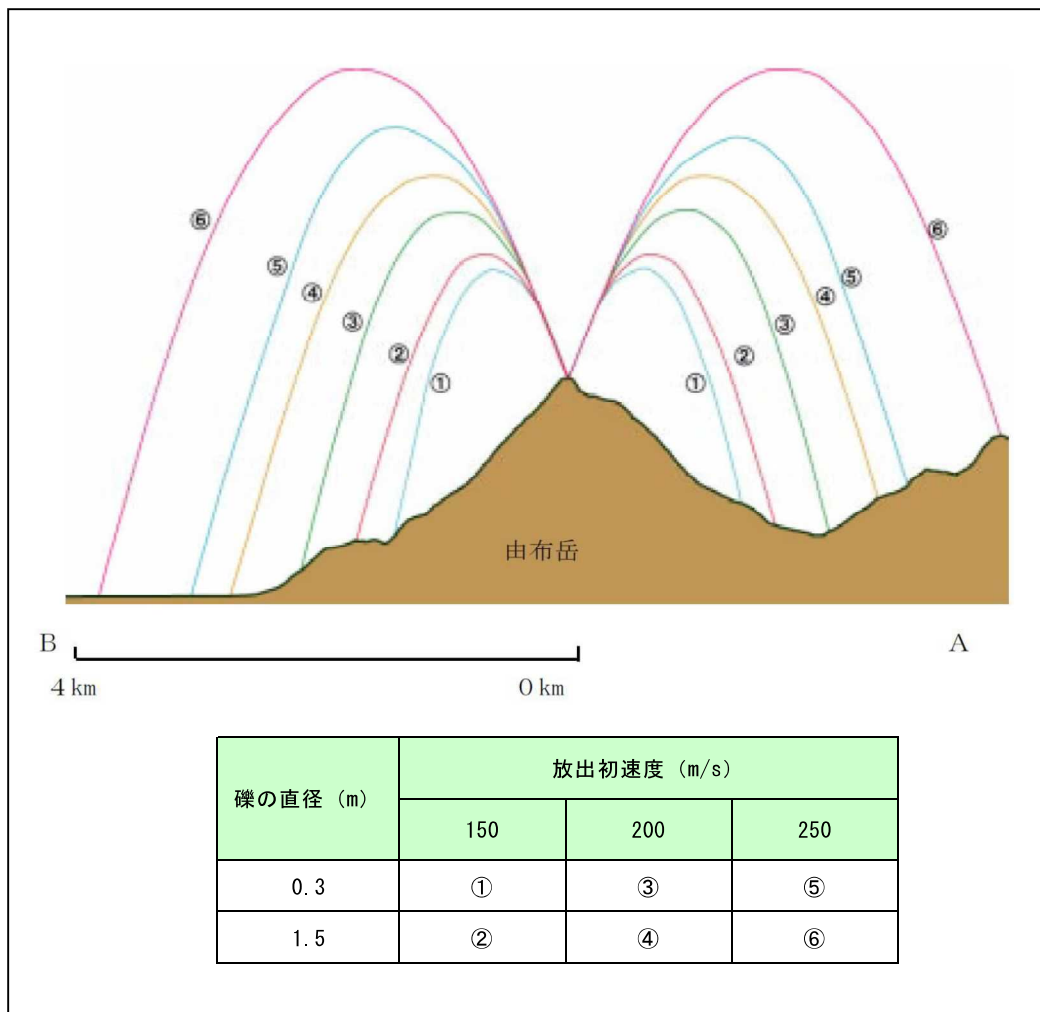
この想定では、「火山噴火災害危険区域予測図作成指針（国土庁、平成4年）」を参考に、くじゅう山系や桜島などの他火山でも検討実績のある、井口・加茂（1984）の弾道計算モデルを使用した検討している。設定した条件を、表4.5に示す。

表 4.5 噴石の影響範囲に関する設定条件（由布岳）

項目	単位	設定値	備考
岩塊射出角度	度	63	岩塊の最大到達範囲距離を与える角度（加茂・井口、1984より引用）
放出初速度	m/s	150、200、250	他火山における事例をもとに、放出速度（150m/s、200m/s、250m/s）と礫（球体を想定）の直径（0.3m、1.5m）の組合せで実施
礫の直径	m	0.3、1.5	
礫の密度	g/cm <sup>3</sup>	2.7	一般値
大気密度	kg/m <sup>3</sup>	1.29	一般値
抗力係数	-	0.2	加茂・井口（1984）より引用

\*) 「平成15年度火噴委第2号鶴見岳火山防災マップ検討委託報告書（大分県別府土木事務所・(財)砂防・地すべり技術センター、平成15年12月）」より作成

表 4.5 に示した条件の組み合わせで実施した弾道計算モデルによる計算結果を、図 4.22 に示す。図 4.22 示すように、火口から 4km 程度までは噴石が到達する可能性があることが示された。このため災害予想区域図では、それぞれの想定火口の中心部から 4km を最大到達範囲として設定している。



**図 4.22 噴石の影響範囲に関する弾道計算結果（由布岳）**

〔「平成 15 年度火噴委第 2 号鶴見岳火山防災マップ検討委託報告書  
 (大分県別府土木事務所・(財)砂防・地すべり技術センター、平成 15 年 12 月)〕より作成〕

また、噴石の大きさと到達距離との関係について、国内外の他火山の事例をみると、図 4.23 に示すように、ブルカノ式噴火やストロンボリ式噴火の例では、直径数十 cm 以上の岩塊の最大水平到達距離は、それぞれ 4km、1km 程度である（緑色：ストロンボリ式 青色：ブルカノ式 赤色：プリニー式）。プリニー式噴火の場合には、熱上昇気流により、強制的に上空へ輸送されることや、渦流が発生することから、弾道状に放出された岩塊の落下範囲を見積もることは困難である。しかし、この場合でも水平到達距離が 4km を超える場合は比較的少ないと考えられる。

そのため、他火山においても、一般的に大規模な噴火時でも噴石到達距離を約 4km は想定されることが多い。

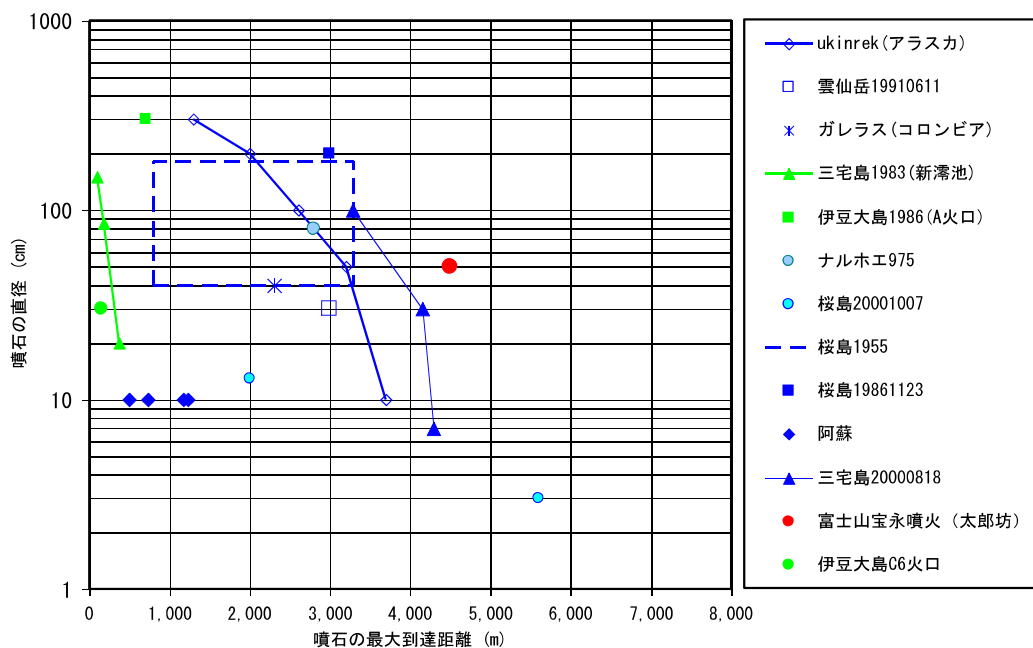


図 4.23 噴石の大きさと到達距離の関係

緑色：ストロンボリ式 青色：ブルカノ式 赤色：プリニー式

〔「富士山ハザードマップ検討委員会報告書（富士山火山防災協議、平成 16 年 6 月）」より引用〕

想定した噴石の影響範囲を、図 4.24 に示す。

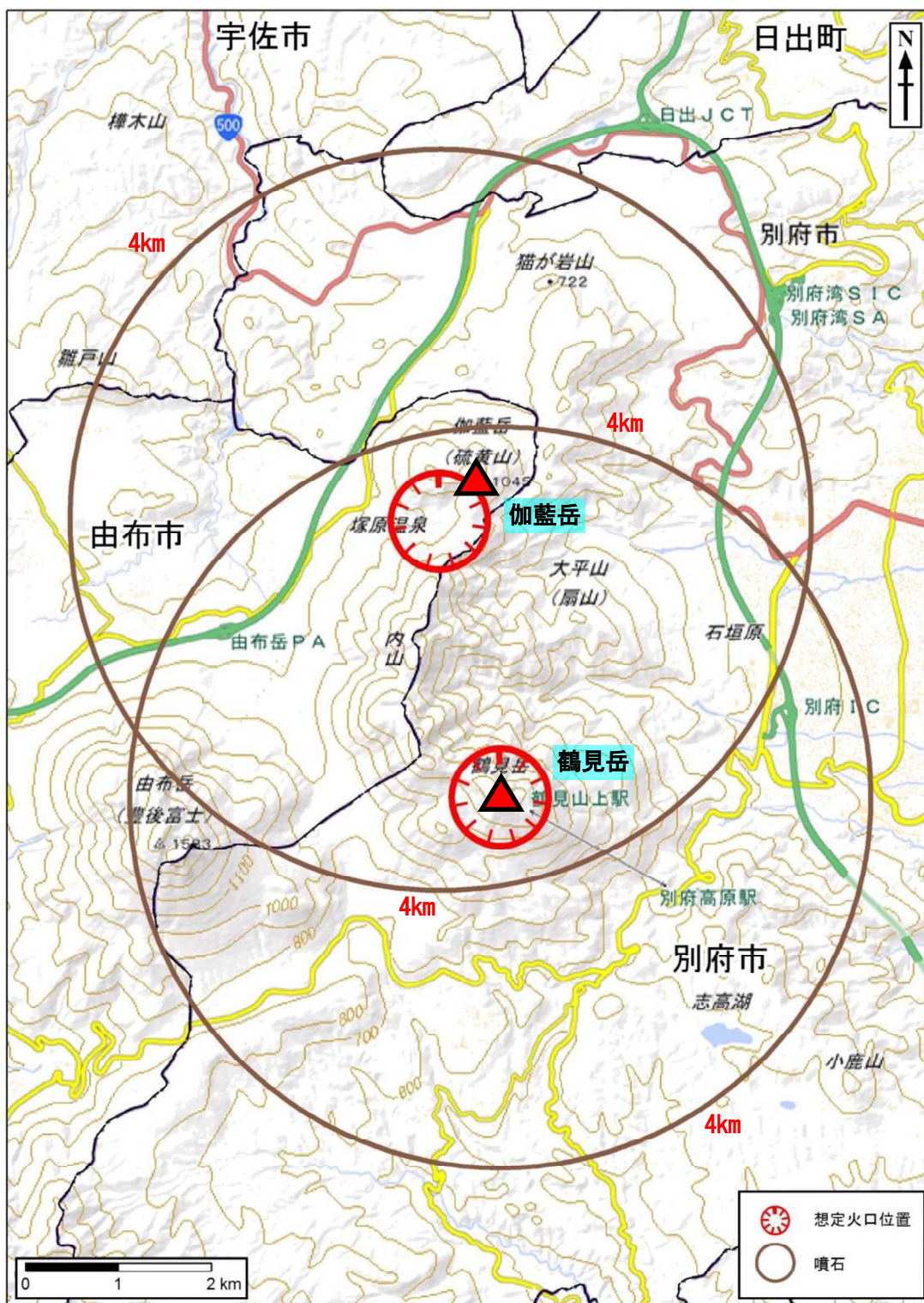


図 4.24 噴石の影響範囲（鶴見岳・加藍岳）

## (2) 降灰

降灰については、過去の火山防災マップ「鶴見岳・由布岳火山防災マップ（H16.3）」の検討で実施した、降灰モデルによる計算結果をもとに想定している。

この検討においては、噴火時に形成される噴煙柱（プルーム）の運動機構にもとづいたジェットモデルを用い、過去の噴火時の堆積状況や卓越風の状況を参考に、再現計算を実施したうえで設定している。設定した条件を、表 4.6 に示す。

表 4.6 降灰の影響範囲に関する設定条件

項目	単位	設定値	備考
想定噴出量	m <sup>3</sup>	1200万	約2,300年前に由布岳から噴出した由布岳火山灰の噴火を想定
火口半径	m	50	由布岳山頂火口より想定
噴火初速度	m/s	100	他火山における一般的な値（100～250m/s）を参考に、検証計算より推定
噴出土砂濃度と継続時間の積	s	9.17	他のパラメータにより算出される値
降下速度	m/s	0.8	検証計算より推定
堆積土砂濃度	-	0.6	一般値として設定
連行係数	-	0.15	一般的な値（0.15～0.25）を参考に、検証計算より推定
噴火時の風速	m/s	3.6	福岡管区気象台における標高1,500m付近の卓越風速（1961-1990年）

\*) 「平成9年度火噴委第1号調査委託鶴見岳火山噴火検討業務報告書（大分県別府土木事務所・(財)砂防・地すべり技術センター、平成10年5月）」及び「平成15年度火噴委第2号鶴見岳火山防災マップ検討委託報告書（大分県別府土木事務所・(財)砂防・地すべり技術センター、平成15年12月）」より作成

表 4.6 に示した条件で実施したジェットモデルによる計算の結果、降灰の最大到達距離を以下に示す。以下より、火山灰の堆積厚 30cm の地域は想定火口の中心から約 3.5km、堆積厚 20cm の地域は約 5.2km、堆積厚 10cm の地域は約 11.0km となる。

- 火山灰の堆積厚 30cm ▪ ▪ ▪ 最大到達距離 約 3.5km
- 火山灰の堆積厚 20cm ▪ ▪ ▪ 最大到達距離 約 5.2km
- 火山灰の堆積厚 10cm ▪ ▪ ▪ 最大到達距離 約 11.0km

なお、降灰の分布は、噴火時の風向きによってその風下方向に堆積する。すなわち、風向きによってどの方向にも堆積する可能性があるため、それぞれの想定火口を中心として最大到達距離の円を描き、その範囲内を降灰の影響範囲とした。また、影響範囲は、30cm、20cm 及び 10cm の堆積厚を示すものとした。

想定した降灰の影響範囲を、図 4.25～図 4.28 に示す。

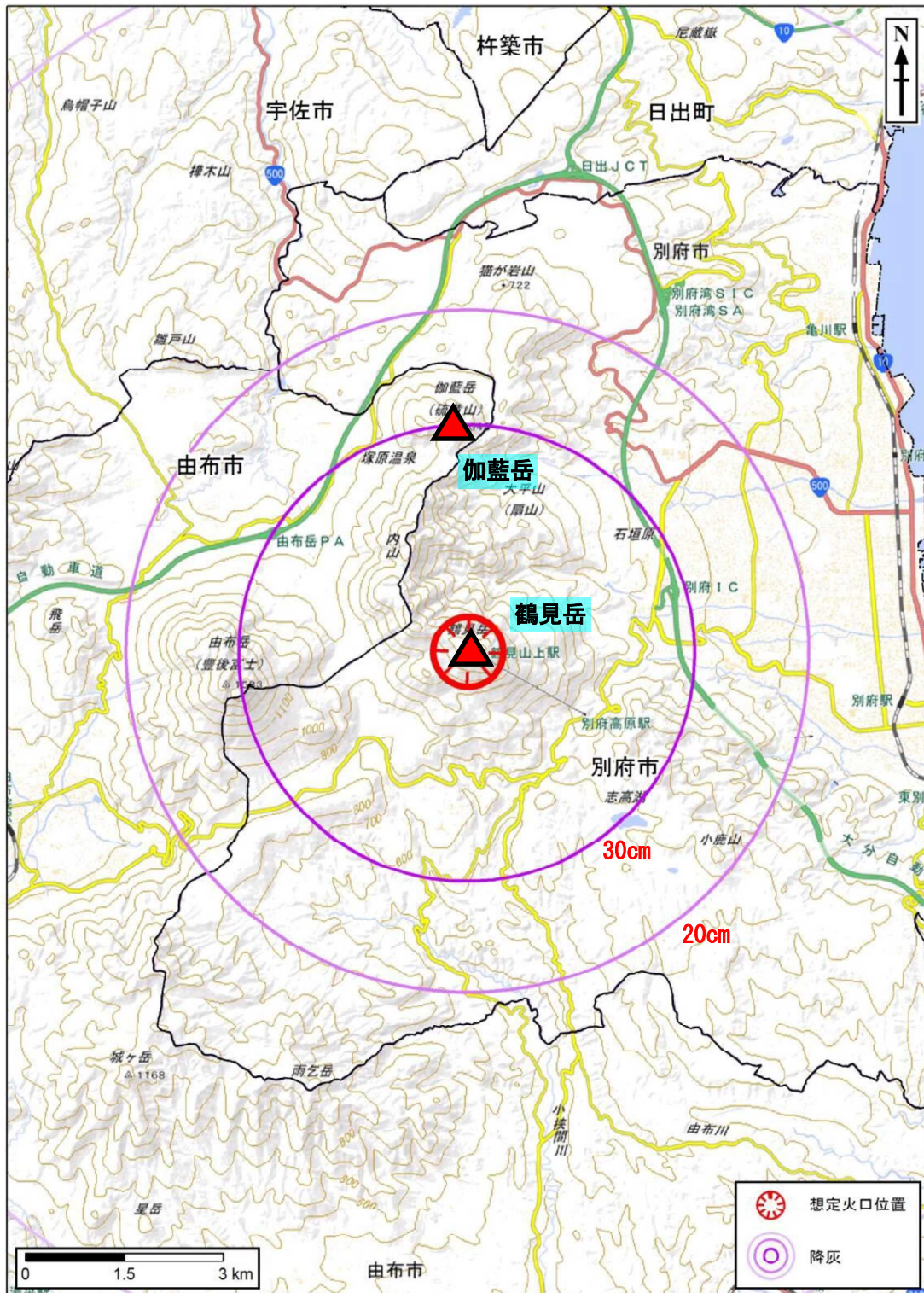


図 4.25 降灰の影響範囲（鶴見岳：山体周辺）



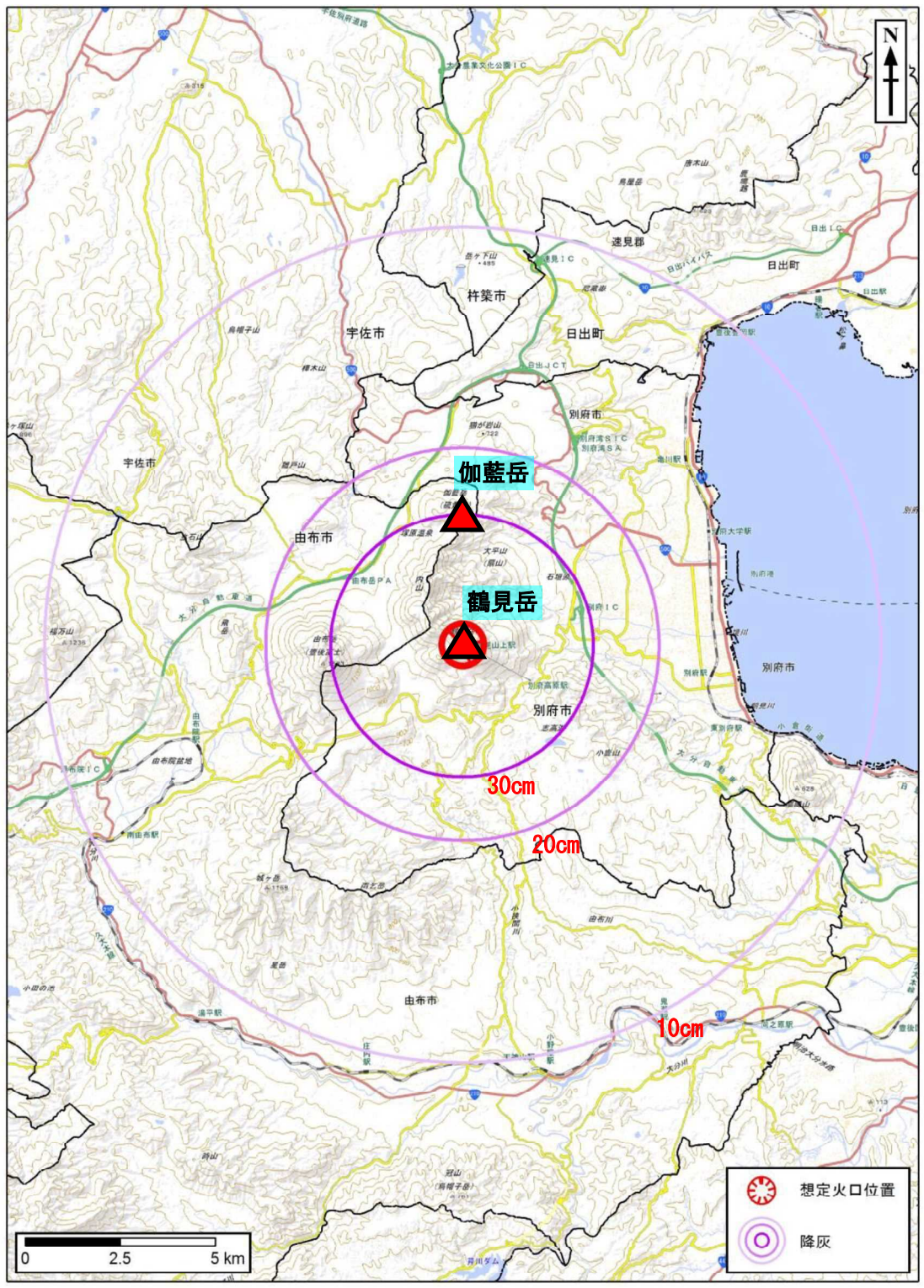


図 4.26 降灰の影響範囲（鶴見岳：広域）

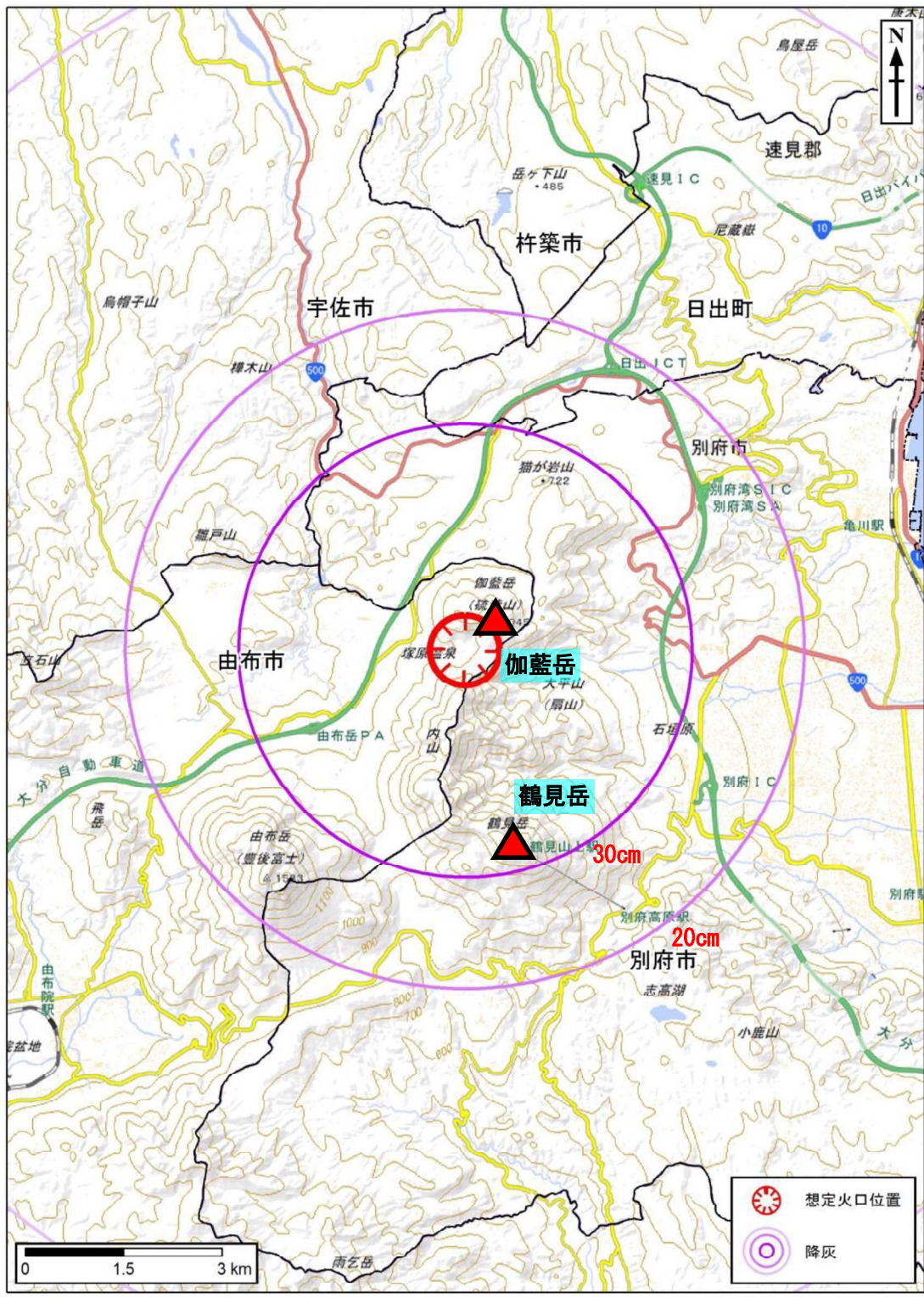


図 4.27 降灰の影響範囲（加藍岳：山体周辺）

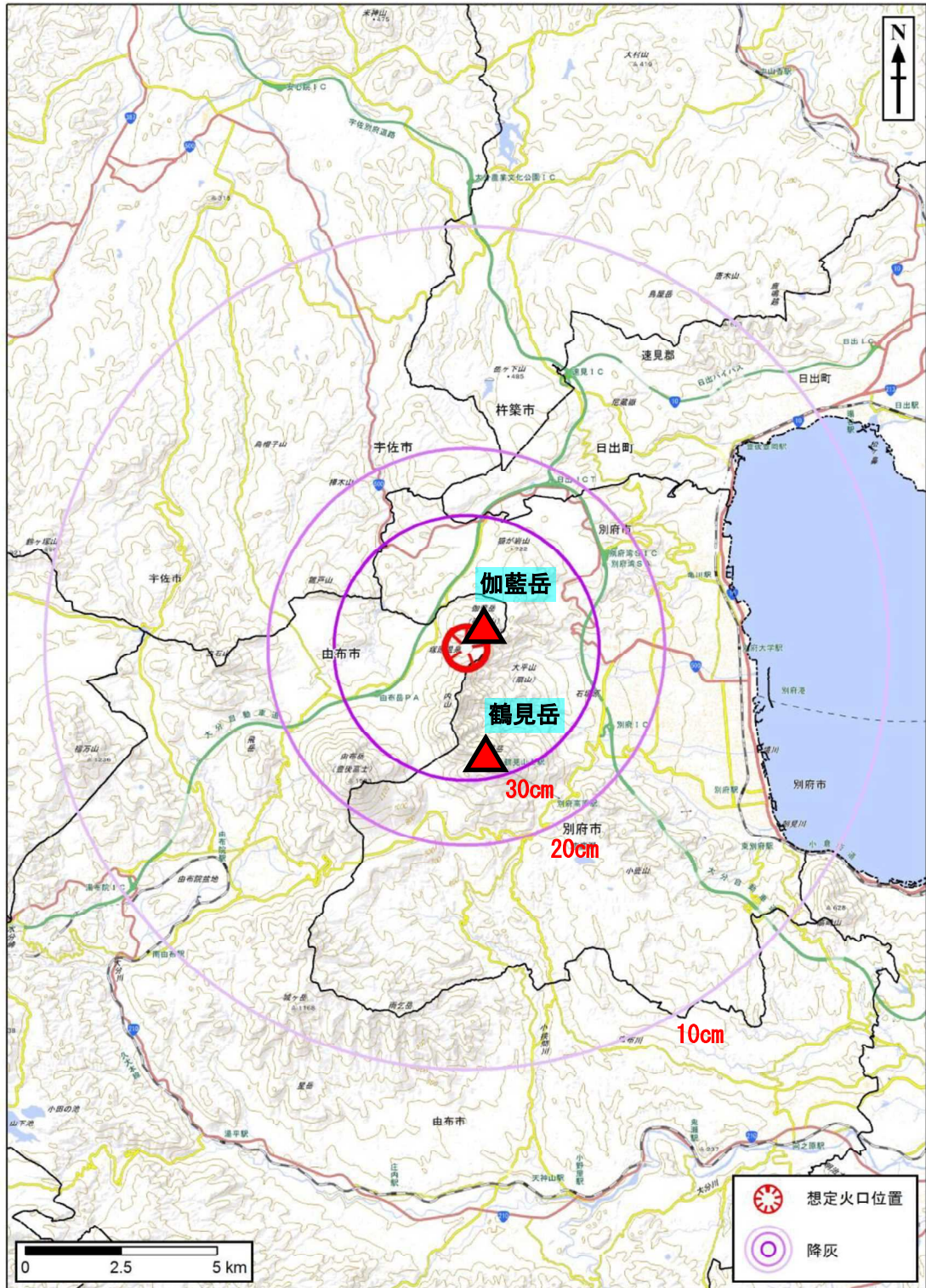


図 4.28 降灰の影響範囲（伽藍岳：広域）

### (3) 溶岩流

溶岩流は、「地獄谷赤池噴気孔」および「爆裂火口」から数値シミュレーションにより影響範囲を想定する。なお、「鶴見岳山頂」からの影響範囲は、過去の火山防災マップ「鶴見岳・由布岳火山防災マップ（H16.3）」及び「鶴見岳・伽藍岳火山防災マップ（H28.5）」の検討時に実施した二次元数値シミュレーションによる計算結果をもとに想定している。

流体モデルには、ダイラタント流体、ニュートン流体及びビンガム流体等がある。このうち、ビンガム流体は、葛湯やベントナイト（粘土の一種。主にモンモリロナイトという粘土鉱物からなる）のように、ある程度の外力までは流れず、流れ始めるとニュートン流体と同様の性質を示す流れであり、溶岩流のシミュレーションは、このビンガム流体モデルで検討している。シミュレーション計算で設定した条件を、表 4.7 に示す。

表 4.7 溶岩流の影響範囲に関する設定条件

項目	単位	設定値	備考
溶岩噴出温度	°C	900	再現計算より設定
溶岩密度	g/cm <sup>3</sup>	2.5	一般値
放射率	-	0.9	一般値
比熱	J/kg/K	0.84	一般値
重力加速度	m/s	9.8	一般値
Stefan-Boltzmann 定数	J/m <sup>2</sup> /K <sup>4</sup> /s	$5.67 \times 10^{-8}$	-
粘性係数	poise	$\log \eta = kv - 0.0181T$ $kv = 24.61$	一般値
降伏せん断応力	dyn/cm <sup>2</sup>	$\log \tau_y = 13.67 + 0.0089T$	一般値
継続時間	h	72	再現計算より設定
流量	m <sup>3</sup> /s	579	溶岩流が定常的に供給されるものとし、総噴出量（1.5億m <sup>3</sup> ）÷継続時間（72h）の一定流量として設定
使用地形メッシュ	m	50	-