

阿 蘇 山
火山噴火緊急減災対策砂防計画
(案)

【資料編】

平成 24 年 3 月
(平成 28 年 12 月一部改訂)

熊本県土木部砂防課

阿蘇山火山噴火緊急減災対策砂防計画（案）

資料編

— 目 次 —

第 1 章 阿蘇山の火山活動史	1
1.1 カルデラができるまで	1
1.2 中央火口丘群の形成 ー後カルデラ火山活動ー	1
1.3 最近の火山活動 ー中岳火口ー	2
1.4 最近の火山活動 ー中央火口丘群西麓の噴気活動ー	3
第 2 章 阿蘇山におけるこれまでの火山防災対策の取り組み	5
2.1 阿蘇火山防災会議協議会について	5
2.2 火山活動の監視・観測体制	6
2.3 情報伝達・共有の状況	12
2.4 警戒避難体制	20
2.5 対策施設の整備状況	28
2.6 火山防砂マップの作成	30
2.7 噴火時の対策実施体制	31
第 3 章 想定される噴火シナリオと影響	33
3.1 噴火シナリオ	33
3.1.1 想定火口形成範囲	33
3.1.2 噴火シナリオ	34
3.1.3 噴火警戒レベル	34
3.2 想定される影響範囲	36
第 4 章 対策方針	44
4.1 対策を実施する噴火シナリオのケースの抽出	44
4.2 対策可能な現象・規模	45
第 5 章 火山噴火時の調査	46
5.1 監視・観測すべき項目	46
5.2 監視・観測手段	47
5.2.1 衛星によるリモートセンシング	49
5.2.2 航空機によるリモートセンシング	57
5.2.3 ヘリコプターによる視察	64
5.2.4 無人飛行機（UAV）	65
5.2.5 現地センサ・観測機器類	66
5.2.6 現地機動観測	67
5.2.7 現地固定カメラ	68
5.2.8 カメラ映像等を用いた 3D 計測システム	71

第 6 章 降灰に伴う土石流の流出土砂量算出	72
6.1 流出土砂量の算出方法	72
6.2 運搬可能土砂量の流出補正係数 A の検討	73
6.3 流出土砂量	74
第 7 章 緊急ハード対策施設配置計画（案）及び効果検証結果	76
7.1.1 降灰に伴う土石流に対する緊急ハード対策ドリルの検討対象規模	76
7.1.2 対策ドリルの検討対象溪流	77
7.1.3 緊急ハード対策ドリルのまとめ	80
7.1.4 施設配置計画（案）および効果検証結果	80
第 8 章 緊急対策に必要なとなる他機関との諸手続	119
第 9 章 資機材の備蓄状況	126
9.1 九州地方整備局（河川部局）	126
9.2 熊本河川国道事務所（河川部局）	126
第 10 章 大規模災害時の協定	134
第 11 章 土砂災害防止法の改正	167
第 12 章 阿蘇山°リアリィヌ型リアルタイムハザードマップ°	172
第 13 章 他火山における緊急対策の事例	173
13.1 他火山における噴火当時の課題と教訓	173
13.2 雲仙・普賢岳 1990 年噴火	176
13.2.1 緊急対策の内容	176
13.2.2 緊急対策時の課題	179
13.3 有珠山 2000 年噴火	180
13.3.1 緊急対策の内容	180
13.3.2 緊急対策時の課題	183
13.4 三宅島 2000 年噴火	184
13.4.1 噴火直前から噴火に至るまでの経緯	184
13.4.2 噴火後の土石流・泥流対策	184
13.4.3 工事の安全管理	186
13.5 霧島山（新燃岳）2011 年噴火	187
第 14 章 噴火シナリオの追加(2014～2015 年噴火)	196
第 15 章 実施対策の内容・タイミングの検討及び事例	198
15.1 対応フローの再検討	198
15.1.1 これまでの対策開始のタイミング	198

第1章 阿蘇山の火山活動史

阿蘇山は、7-9 万年前の Aso-4 噴出によるカルデラ形成後、カルデラ内に中央火口群が形成され、現在も中央火口群の活動が継続している。中央火口群は複数の火山体から成り、最近の活動は中岳が中心となっている。

1.1 カルデラができるまで

阿蘇火山の活動は約 30 万年前に始まった。阿蘇カルデラが現在の形状になったのは 7-9 万年前であるが、30 万年前から 7-9 万年前までの間にあった 4 回の大噴火によって、その形状が徐々に拡大してきたと考えられている。これら 4 つの大噴火と噴出物は古い方から Aso-1, Aso-2, Aso-3, Aso-4 と呼ばれている。Aso-4 火砕流噴火は最大規模の噴火であり、火砕流は遠く山口・四国・天草まで達した。

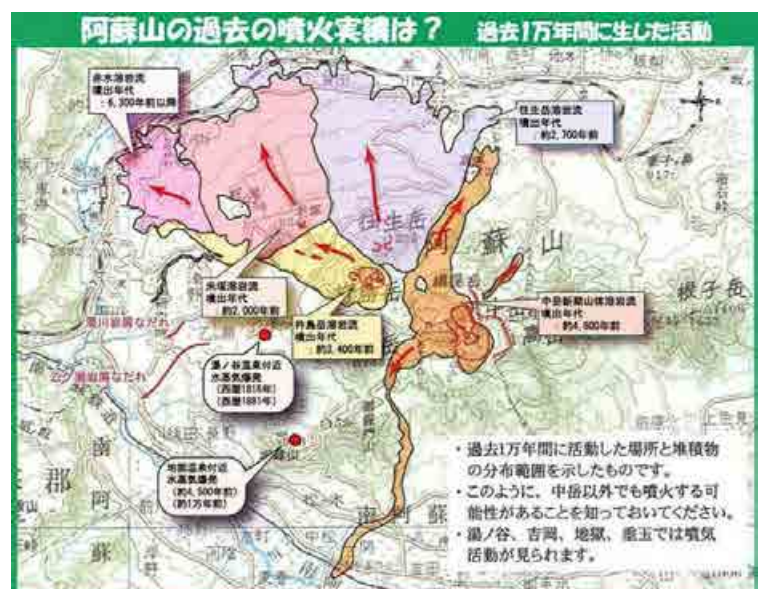
1.2 中央火口丘群の形成 —後カルデラ火山活動—

Aso-4 火砕流の発生によって生じたカルデラの中では、Aso-4 噴火とあまり時間をおかずに次の火山活動が始まり、中央火口丘が次々に作られた。初期に形成された山体は後に発生した噴出物に覆われて見えなくなったものもあると思われるが、中央火口丘は少なくとも合計 17 の成層火山・火砕丘・溶岩流・溶岩ドームなどから成る火山群であり、これらはほぼ東西に配列している。

岩石は玄武岩（杵島岳・往生岳・米塚など）・玄武岩～安山岩（中岳・高岳・櫛尾岳など）・安山岩（烏帽子岳・御竈門山など）・デイサイト（草千里ヶ浜など）・流紋岩（京大火山研究所の丘）の幅広い組成がある。この結果、岩質によって個々の山体の構造や形態もさまざまである。

中央火口丘群における噴出物のうち、比較的新しい約 6300 年前（アカホヤ火山灰）以降に形成されたものは、赤水溶岩(年代不明)、杵島岳約 3400 年前、往生岳(約 2700 年前)、米塚(約 2700 年前より新しい)、そして中岳を構成する堆積物である。

図 1-1 過去 1 万年間の噴火実績
(阿蘇火山防災マップ¹ より)



¹引用典：阿蘇山火山防災マップ。阿蘇山火山噴火警戒避難対策検討委員会監修、熊本県土木部砂防課。

1.3 最近の火山活動 - 中岳火口 -

現在も活動が続いているのは中岳だけで、中岳火口には9世紀以来ほぼ継続して活動記録があり、最近20年では数年の間隔をおいて1~2年の活動期がある。過去2万年間の噴火は、玄武岩質安山岩の黒色砂状の本質火山灰（「ヨナ」と呼ばれる）を主に放出する灰噴火（灰噴火：小野他，1995）が特徴的で、赤熱岩塊の放出やマグマ水蒸気爆発を伴う。（以上、主として小野・渡辺 1985²，小野 1996「平凡社 地学事典」などを参考にした）

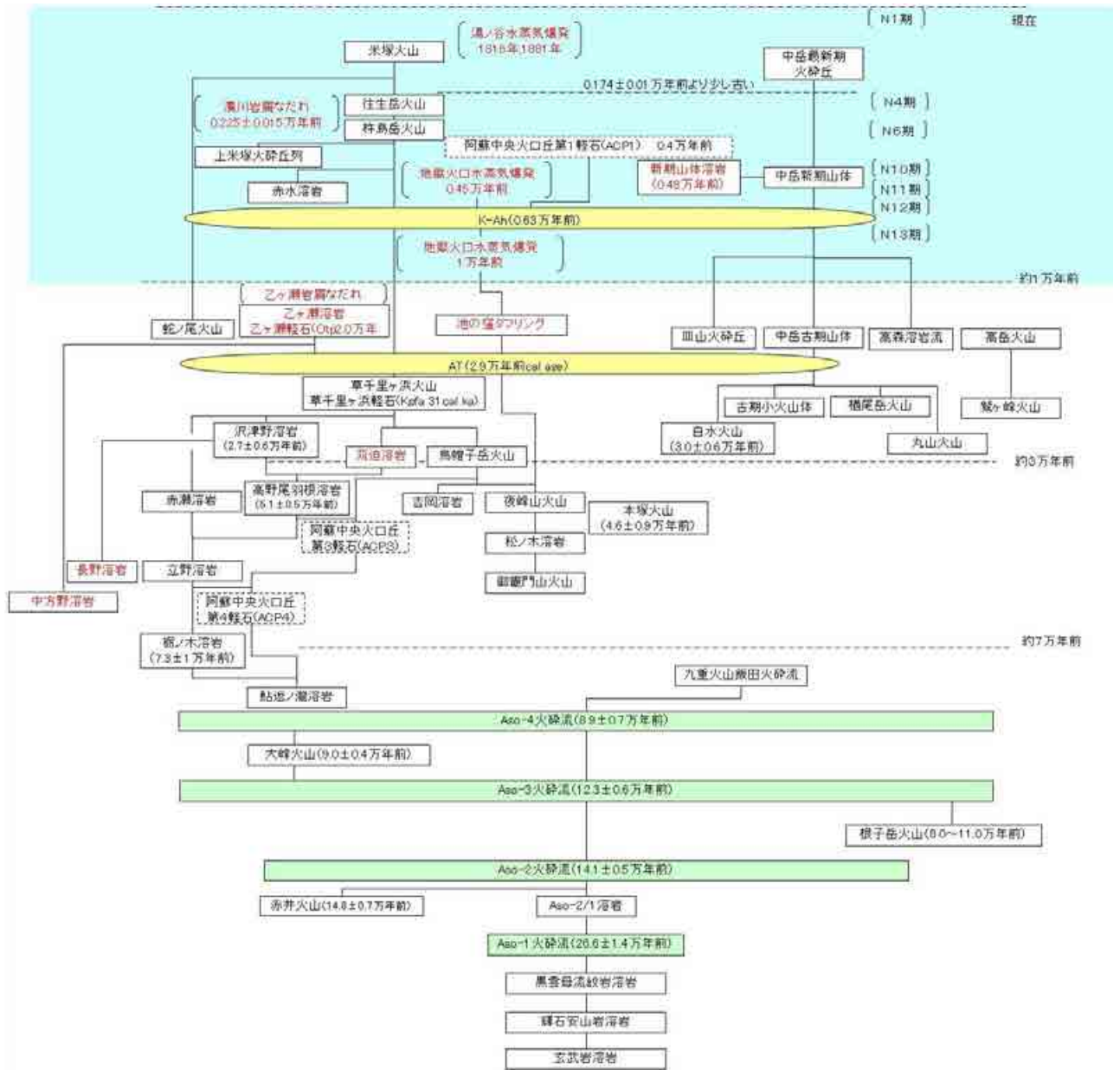


図 1-2 阿蘇火山の形成史（渡辺・宮縁 2005³ に加筆）

²引用出典：小野晃司・渡辺一徳(1985)阿蘇火山地質図.地質調査所

³引用出典：渡辺一徳・宮縁育夫（2005）阿蘇火山.日本の地質 増補版.日本の地質増補版編集委員会編, pp339, 共立出版.

1.4 最近の火山活動 –中央火口丘群西麓の噴気活動–

中央火口丘群西麓には、南阿蘇村湯の谷、吉岡、地獄・垂玉温泉などの噴気地帯が存在する（図 1-3）。2006 年 10 月には吉岡の噴気地帯で一時的に噴気が強まり、噴気孔から西側約 300m の範囲に少量の噴泥が確認された。その約半年後、泥を噴出した噴気孔は閉塞したが、近傍に新たな噴気孔が開孔し、現在も噴気活動が継続している（写真 1-1）。噴気地帯には別荘地が隣接している。

上記の噴泥の発生直前の 2006 年 8 月には、噴気地周辺で斜面崩壊が発生し、それに伴って小規模な土石流も発生した。また、噴気地帯の土壌は熱水作用により著しく変質した粘土層が分布（写真 1-2）しており、航空レーザ計測による詳細な地形をみても、明瞭な滑落崖を有する地すべり地形が存在する（図 1-4）。

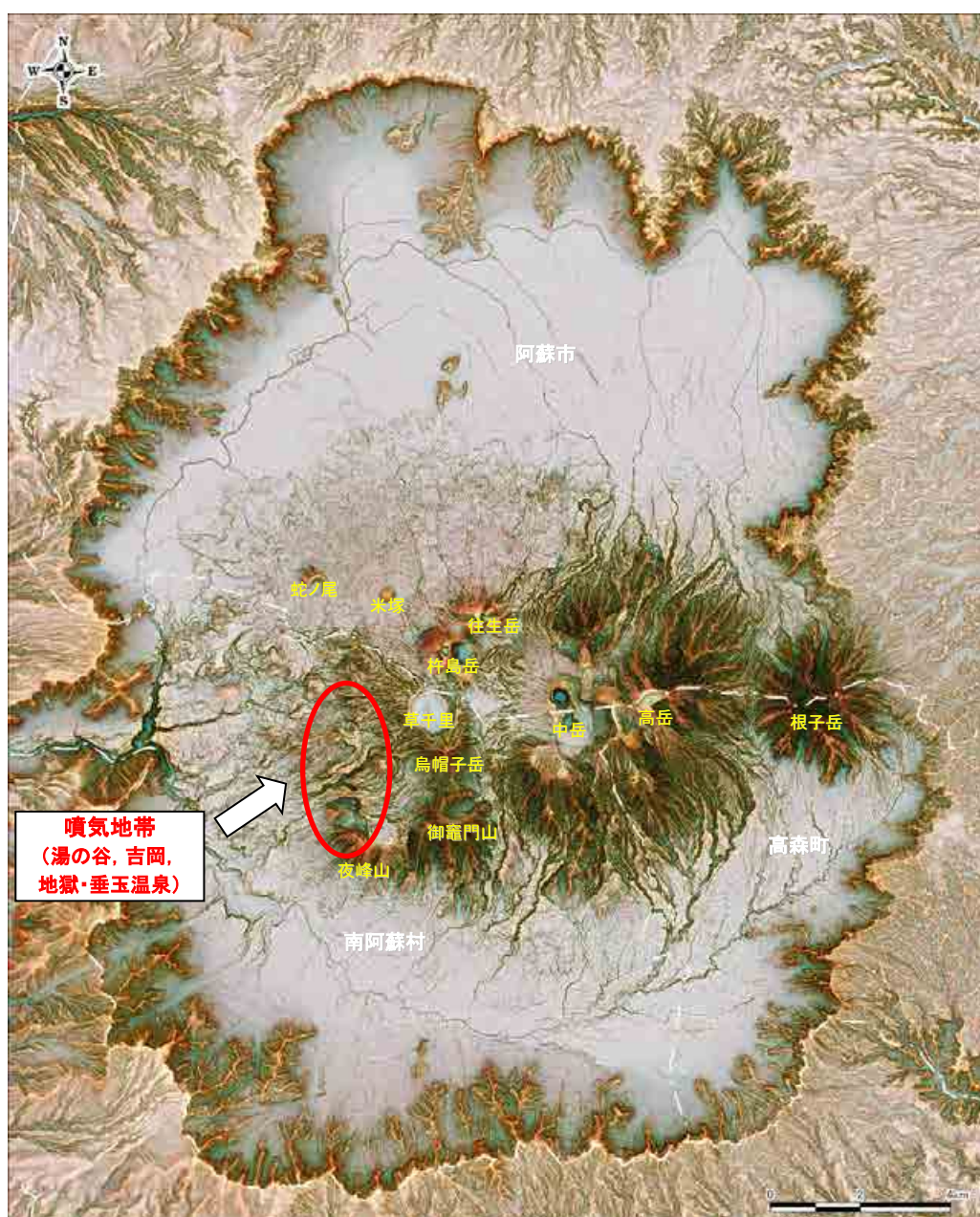


図 1-3 中央火口丘群西麓の噴気地帯の位置



写真 1-1 吉岡の噴気活動状況 (2009年8月11日撮影)



写真 1-2 熱水変質した粘土層

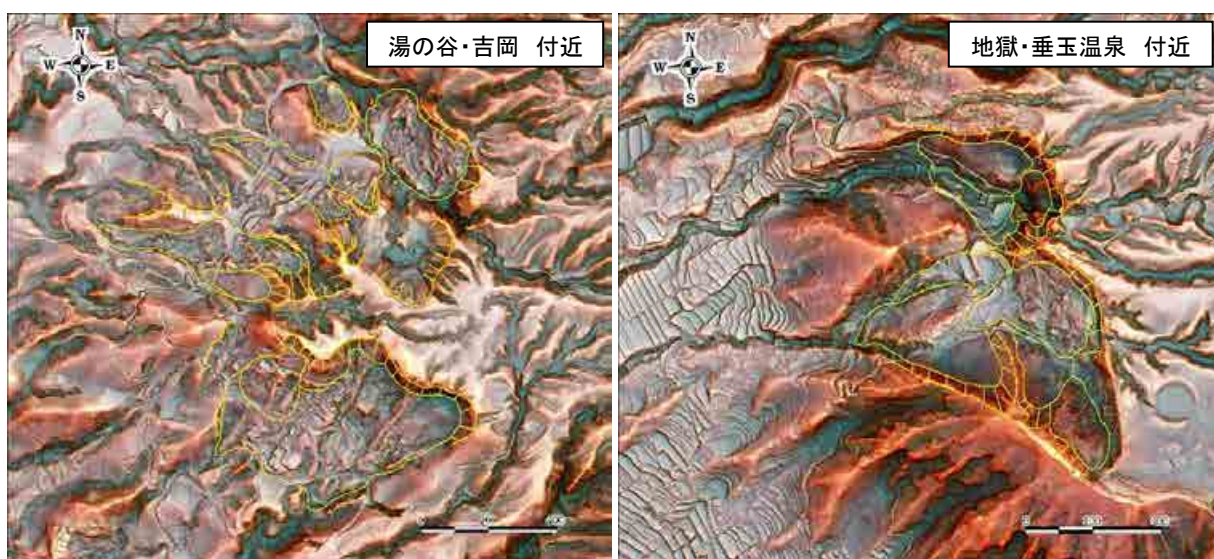


図 1-4 地すべり地形の分布状況

第2章 阿蘇山におけるこれまでの火山防災対策の取り組み

2.1 阿蘇火山防災会議協議会について

(1) 目的

阿蘇火山防災会議協議会は、災害対策基本法第17条第1項の規定に基づき設置し、阿蘇火山爆発に際し、登山者及び地域住民等の生命、身体、財産の保護に関する防災計画を作成し、及び法第45条に基づく必要な養成、勧告又は指示等を行うことを目的としている。（阿蘇火山防災会議協議会規約 第1条より）

災害対策基本法

（地方防災会議の協議会）第17条

都道府県相互の間又は市町村相互の間において、当該都道府県又は市町村の区域の全部又は一部にわたり都道府県相互間地域防災計画又は市町村相互間地域防災計画を作成することが必要かつ効果的であると認めるときは、当該都道府県又は市町村は、協議により規約を定め、都道府県防災会議の協議会又は市町村防災会議の協議会を設置することができる。

（地域防災計画の実施の推進のための要請等）第45条

地方防災会議の会長又は地方防災会議の協議会の代表者は、地域防災計画の的確かつ円滑な実施を推進するため必要があると認めるときは、都道府県防災会議又はその協議会にあつては当該都道府県の区域の全部又は一部を管轄する指定地方行政機関の長、当該都道府県及びその区域内の市町村の長その他の執行機関、指定地方公共機関、公共的団体並びに防災上重要な施設の管理者その他の関係者に対し、市町村防災会議又はその協議会にあつては当該市町村の長その他の執行機関及び当該市町村の区域内の公共的団体並びに防災上重要な施設の管理者その他の関係者に対し、これらの者が当該防災計画に基づき処理すべき事務又は業務について、それぞれ、必要な要請、勧告又は指示をすることができる。2 地方防災会議の会長又は地方防災会議の協議会の代表者は、都道府県防災会議又はその協議会にあつては当該都道府県の区域の全部又は一部を管轄する指定地方行政機関の長、当該都道府県及びその区域内の市町村の長その他の執行機関、指定地方公共機関、公共的団体並びに防災上重要な施設の管理者その他の関係者に対し、市町村防災会議又はその協議会にあつては当該市町村の長その他の執行機関及び当該市町村の区域内の公共的団体並びに防災上重要な施設の管理者その他の関係者に対し、それぞれ、地域防災計画の実施状況について、報告又は資料の提出を求めることができる。

(2) 組織

現在、協議会は阿蘇市長を会長として、11名の委員によって構成されている。

会長：阿蘇市長

委員：南阿蘇村長

阿蘇地域振興局長

熊本県阿蘇警察署長

熊本県高森警察署長

環境省九州地方環境事務所統括自然保護企画官

気象庁熊本地方气象台次長

阿蘇広域消防本部消防長

(財)自然公園財団阿蘇支部長

日赤熊本県支部事業推進課長

気象庁阿蘇山火山防災連絡事務所長

高森町長

2.2 火山活動の監視・観測体制

(1) 熊本県による阿蘇山土砂災害監視システムの配置状況

熊本県による阿蘇山土砂災害監視システムについては、平成6年度の「阿蘇山火山災害監視システム整備計画（案）」に従って整備が進められてきた。

第2回幹事会（平成22年5月12日開催）で報告したとおり、新たに振動センサ、警報装置、監視カメラの新設を含めたシステム変更を計画しており、平成23年4月からは、雨量情報とセンサ情報を一元化したシステム改修を終え、土石流情報を統合型防災情報システムにより一斉受令を配備した関係機関に配信している。既設の監視・観測機器を含めると、表 2-1 及び図 2-1 に示す機器が設置される。

表 2-1 阿蘇山火山災害監視システムによる監視・観測機器配置台数の一覧

(局数)

	既 設	新設計画（検討中）	合計配置数
雨量計	29 (*1)	—	29 (*1)
風向風速計	4	—	4
ワイヤセンサ	35	—	35
振動センサ	24	3	27
水位／流速計	7	—	7
雨量情報表示版	10 (*2)	—	10 (*2)
警報装置	—	6	6
監視カメラ	—	6	6

(*1) 阿蘇山火山噴火警戒避難事業では、11局。その他は県北地域情報基盤緊急整備事業。

(*2) 阿蘇山火山噴火警戒避難事業では、8局。その他は県北地域情報基盤緊急整備事業。

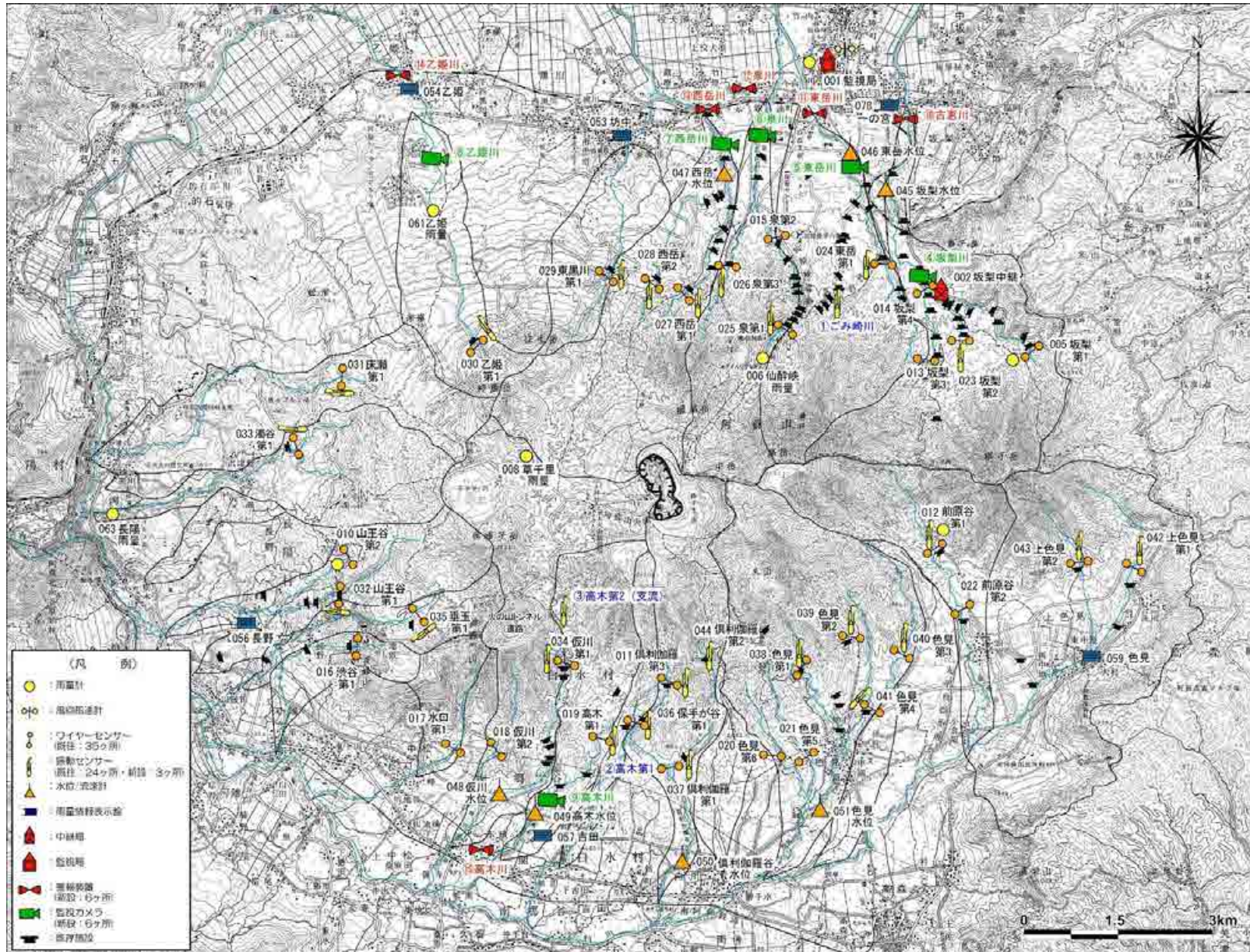


図 2-1 阿蘇山土砂災害監視システム監視観測機器配置状況図 (○数字の局名は、新設・増設予定機器を示す)

(2) 気象台及び大学等による観測

気象台及び大学等で行っている観測状況について整理した。観測内容と設置数を表 2-2 に示し、機器の配置状況を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

福岡管区気象台では阿蘇山測候所において、震動観測、地殻変動観測、空振観測、遠望観測を行っている。

京都大学大学院理学研究課附属火山研究センター (AVL) では、震動観測、地殻変動観測、電磁気観測、空振観測を行っている。また、ウェブカメラを AVL、中岳第 1 火口、本堂観測所に設置しており、インターネットで配信されている。

その他、国土地理院では地殻変動観測のための GPS を 3 基、防災科学技術研究所では地震計 (Hi-net) を 3 基、阿蘇火山博物館では火口カメラを 2 基 (中岳火口西側と北側) 設置している。

表 2-2 気象台および AVL 等における観測内容

観測項目	観測機器名	観測できる火山活動	実施機関	設置数 (稼働数)	備考
震動観測	地震計	火山性地震	福岡管区気象台 阿蘇山測候所阿蘇基地事務所	7	
			京都大学火山研究センター	21	ヒアリングによる
			防災科学技術研究所	3	Hi-net
	震度計	火山性地震	福岡管区気象台 阿蘇山測候所阿蘇基地事務所	1	
地殻変動観測	GPS	地殻変動(膨張・伸縮)	福岡管区気象台 阿蘇山測候所阿蘇基地事務所	3	
			国土地理院	3	
	傾斜計	地殻変動(膨張・伸縮)	福岡管区気象台 阿蘇山測候所阿蘇基地事務所	1	
			京都大学火山研究センター	1	ヒアリングによる
伸縮計	地殻変動(膨張・伸縮)	京都大学火山研究センター	1	ヒアリングによる	
電磁気観測	全磁力	マグマの貫入	京都大学火山研究センター	6	ヒアリングによる
地中温度観測	地中温度計	地熱の上昇		0	
空振観測	空振計	噴火・爆発	福岡管区気象台 阿蘇山測候所阿蘇基地事務所	3	
			京都大学火山研究センター	1	ヒアリングによる
			福岡管区気象台	1	火山博物館に設置
遠望観測	監視カメラ	噴火・爆発	京都大学火山研究センター	3	Webカメラ
			阿蘇火山博物館	2	火口カメラ

出典：日本活火山総覧(第 3 版)」、気象庁編、
 防災科学技術研究所 Hi-net : http://www.hinet.bosai.go.jp/st_info/detail/
 国土地理院 GPS データクリアリングハウス <http://datahouse1.gsi.go.jp/>
 京都大学火山研究センターへのヒアリング
 をもとに作成

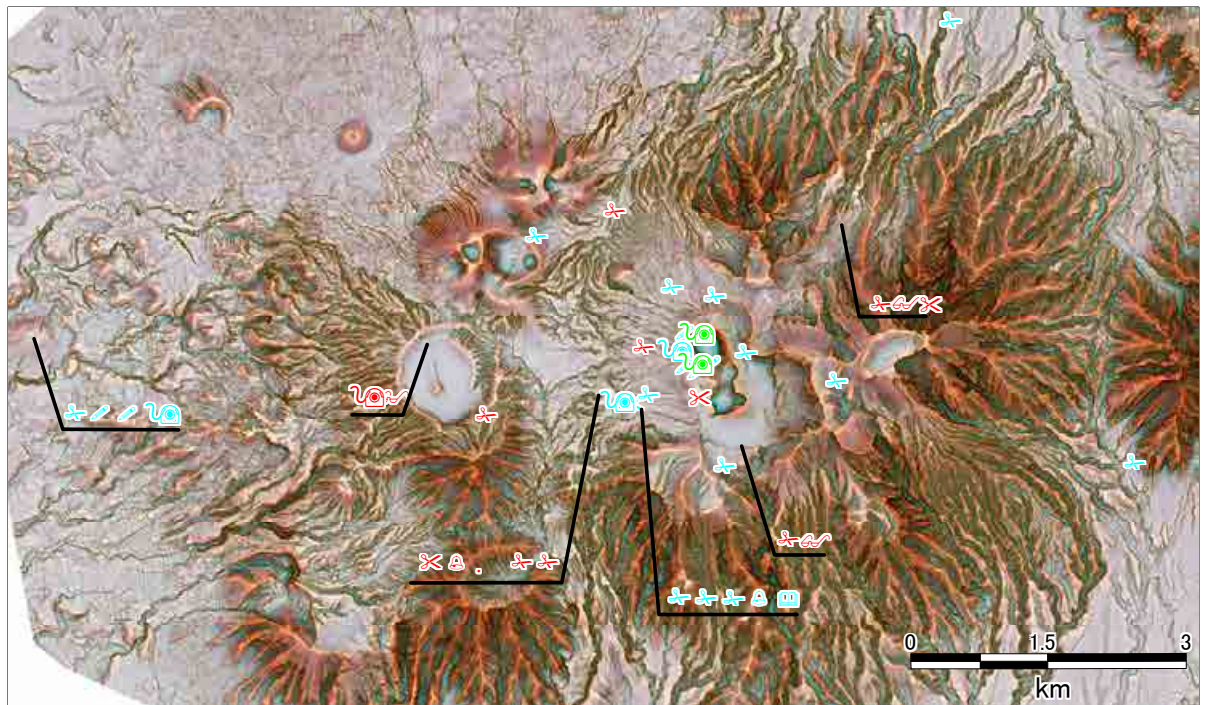
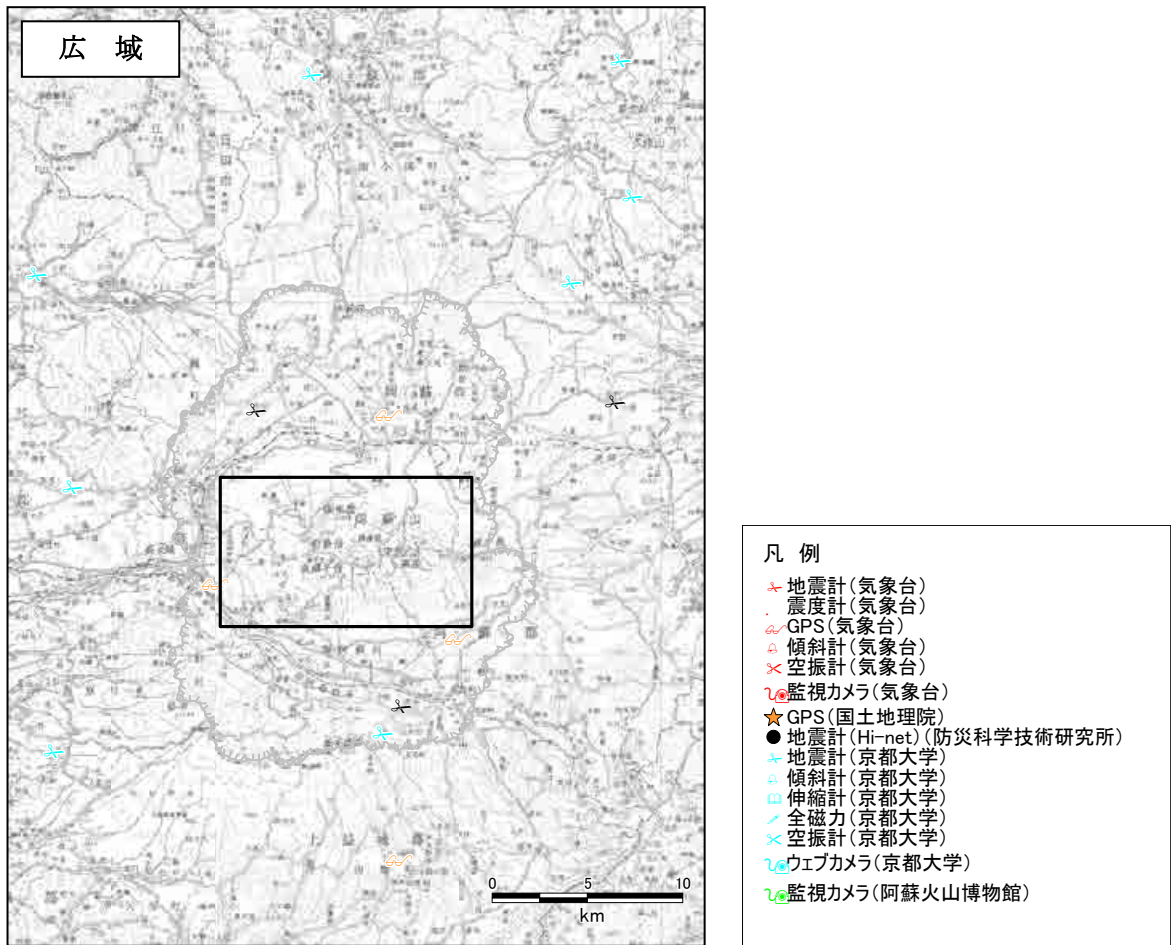


図 2-2 気象台および AVL 等による観測機器の配置状況



出典：京都大学火山研究センターホームページ <http://w3.vgs.kyoto-u.ac.jp/camera/index.html>

図 2-3 AVL のウェブカメラの配置状況

(3) 阿蘇火山防災会議協議会による観測

阿蘇火山防災会議協議会では、火口周辺にガス自動測定装置を6ヶ所設置し、ガス濃度が一定以上を検出したら立入り規制を実施するなど、観光客に対するガス周知と安全対策を行っている。

下記のホームページ等において「阿蘇火山西火口規制情報」を発信し、火口の立入り規制を実施している。

「阿蘇火山西火口規制情報」 <http://www.aso.ne.jp/~volcano/index.html>

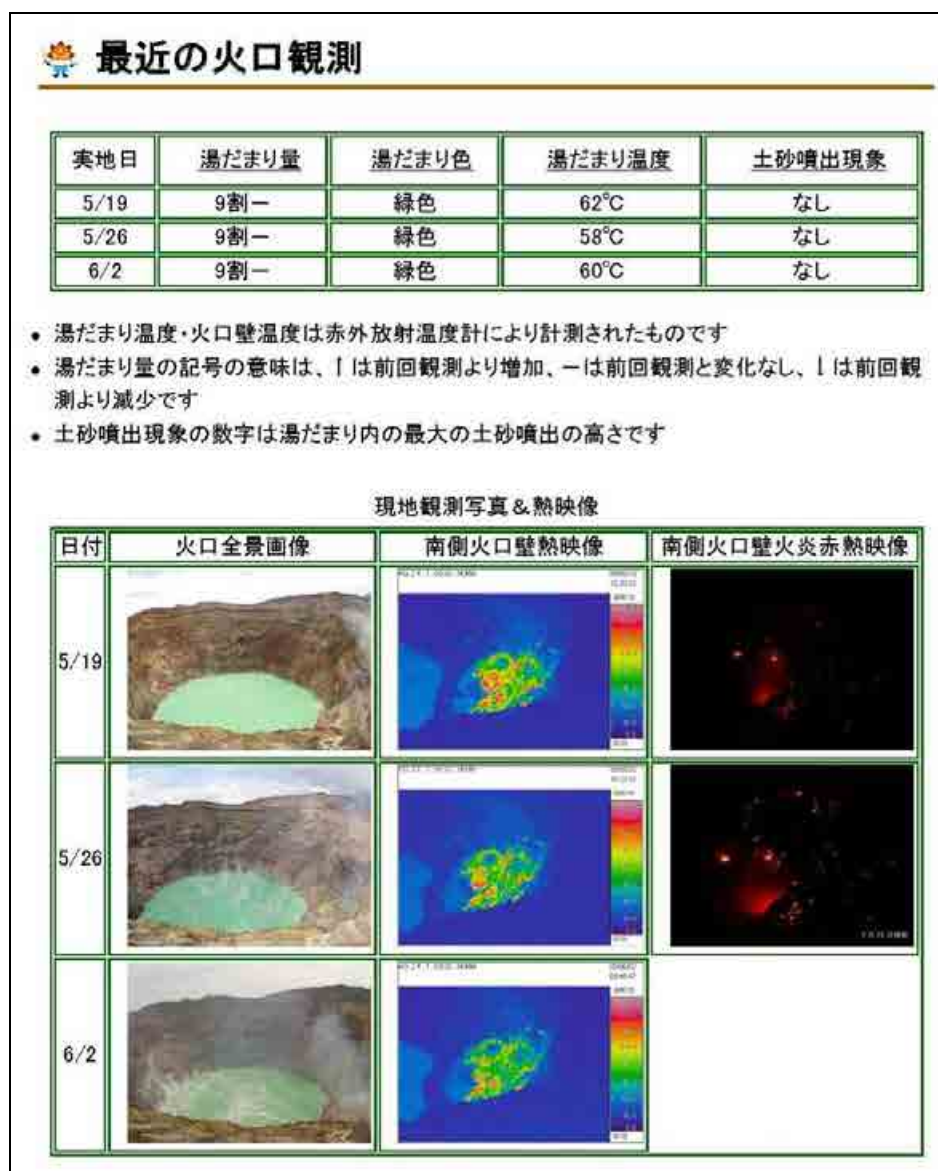


図 2-4 中岳火口周辺に設置されている火山ガス規制のパトライト

(4) 阿蘇山火山防災連絡事務所による観測

阿蘇山火山防災連絡事務所は阿蘇市役所内に設置されており、火山の現地観測と地元自治体との連絡・調整を目的として2008年4月1日に発足した。なお、阿蘇山測候所については、2009年10月1日に廃止（機械化・無人化）されている。

主に阿蘇山中岳第一火口の現地観測を行っており、既存の観測機器では数値化できない火口の表面現象の変化（湯溜まりの量、温度、火炎現象、赤熱現象など）を目視によって定期的に観測している。火口を直接観測するほかには阿蘇谷・南郷谷において火山ガスの観測（二酸化硫黄）や吉岡などの噴気地帯の観測も行っている。これらの観測結果は福岡管区気象台の火山監視・情報センターから火山情報として発表されている。



出典：阿蘇山火山防災連絡事務所ホームページ <http://www.fukuoka-jma.go.jp/fukuoka/jikazan/aso/kansoku.htm>

図 2-5 阿蘇山火山防災連絡事務所による火口観測結果の例

2.3 情報伝達・共有の状況

(1) 火山情報

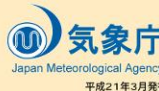
平成19年12月1日より噴火警戒レベルが気象庁により導入された。阿蘇山においては、福岡管区気象台が火山現象に関する観測の成果等により、火山現象の状況を一般及び関係機関に周知し、防災に資するために発表している。阿蘇山における噴火警戒レベルを図2-6に、レベルに応じた規制範囲を図2-7に、火山情報の伝達系統図を図2-8に示す。

平成19年12月1日運用開始

阿蘇山の噴火警戒レベル

予報 警戒	対象 範囲	レベル (キーワード)	火山活動の状況	住民等の行動及び登山者・入山者等への対応	想定される現象等
噴火警戒	居住地域及びそれより火口側	5 (避難)	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは切迫している状態にある。	危険な居住地域からの避難等が必要。	<ul style="list-style-type: none"> ●溶岩流が居住地域に到達、あるいは切迫している 過去事例 有史以降の事例なし 約2,000年前：溶岩流が米塚から約4kmまで到達 約2,700年前：溶岩流が住生岳から約5kmまで到達 約3,400年前：溶岩流が軒島岳から約6kmまで到達 約4,800年前：溶岩流が中岳から約7kmまで到達 約6,300年前以降：溶岩流が赤水付近まで到達（流出火口は不明）
		4 (避難準備)	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される（可能性が高まっている）。	警戒が必要な居住地域での避難の準備、災害時要援護者の避難等が必要。	<ul style="list-style-type: none"> ●溶岩流が発生し、さらに噴火が拡大した場合には居住地域まで到達すると予想される 過去事例 有史以降の事例なし
火口周辺警戒	火口から居住地域近くまで	3 (入山規制)	居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	住民は通常の生活。状況に応じて災害時要援護者の避難準備等。登山禁止や入山規制等危険な地域への立入規制等。	<ul style="list-style-type: none"> ●火砕流が発生し火口から概ね4km以内に到達、あるいは噴火活動の高まり等により到達が予想される 過去事例 1958年6月：火砕サージが第一火口から約1.2kmまで到達 ●火口から概ね2km以内に噴石飛散、あるいは噴火活動中の火口閉塞等により噴石飛散が予想される 噴石飛散の過去事例 1979年9月：噴石が第一火口から約1.2kmまで飛散 1958年6月：噴石が第一火口から約1.3kmまで飛散 1933年2月：噴石が第二火口から約1.2kmまで飛散
		2 (火口周辺規制)	火口周辺に影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	住民は通常の生活。火口周辺への立入規制等。	<ul style="list-style-type: none"> ●小噴火が発生し、火口から概ね1km以内に噴石飛散 過去事例 1977年7月：噴石が第一火口から約800mまで飛散 1957年12月：噴石が第一火口から約700mまで飛散 1953年4月：噴石が第一火口から約800mまで飛散 ●小噴火の発生が予想される 過去事例 2005年4月、2004年1月、2003年7月：ごく小規模噴火
噴火予報	火口内等	1 (平常)	火山活動は静穏。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（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。	状況に応じて火口内への立入規制等。	<ul style="list-style-type: none"> ●火山活動は静穏、状況により火口内にとどまる程度の土砂噴出等の発生の可能性あり

注1) ここでいう噴石とは、主として風の影響を受けずに飛散する大きさのものとする。
 注2) レベル1～3は中岳第一から第七火口及び砂千里ヶ浜で発生する噴火を想定している。これ以外の場所で発生する噴火については、今後ハザードマップ検討会で具体的な検討を進め反映させる予定。
 注3) 噴火警戒レベルは、火山ガスに関する規制とは異なる。
 各レベルにおける具体的な規制範囲等については地域防災計画等で定められています。各市町村にお問い合わせください。
 ■最新の噴火警戒レベルは気象庁HPでもご覧いただけます。
<http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/volcano.html>



平成21年3月発行

図 2-6 阿蘇山の噴火警戒レベル⁴

⁴引用典：気象庁リーフレット「阿蘇山の噴火警戒レベル」<http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/STOCK/level/Asosan.pdf>

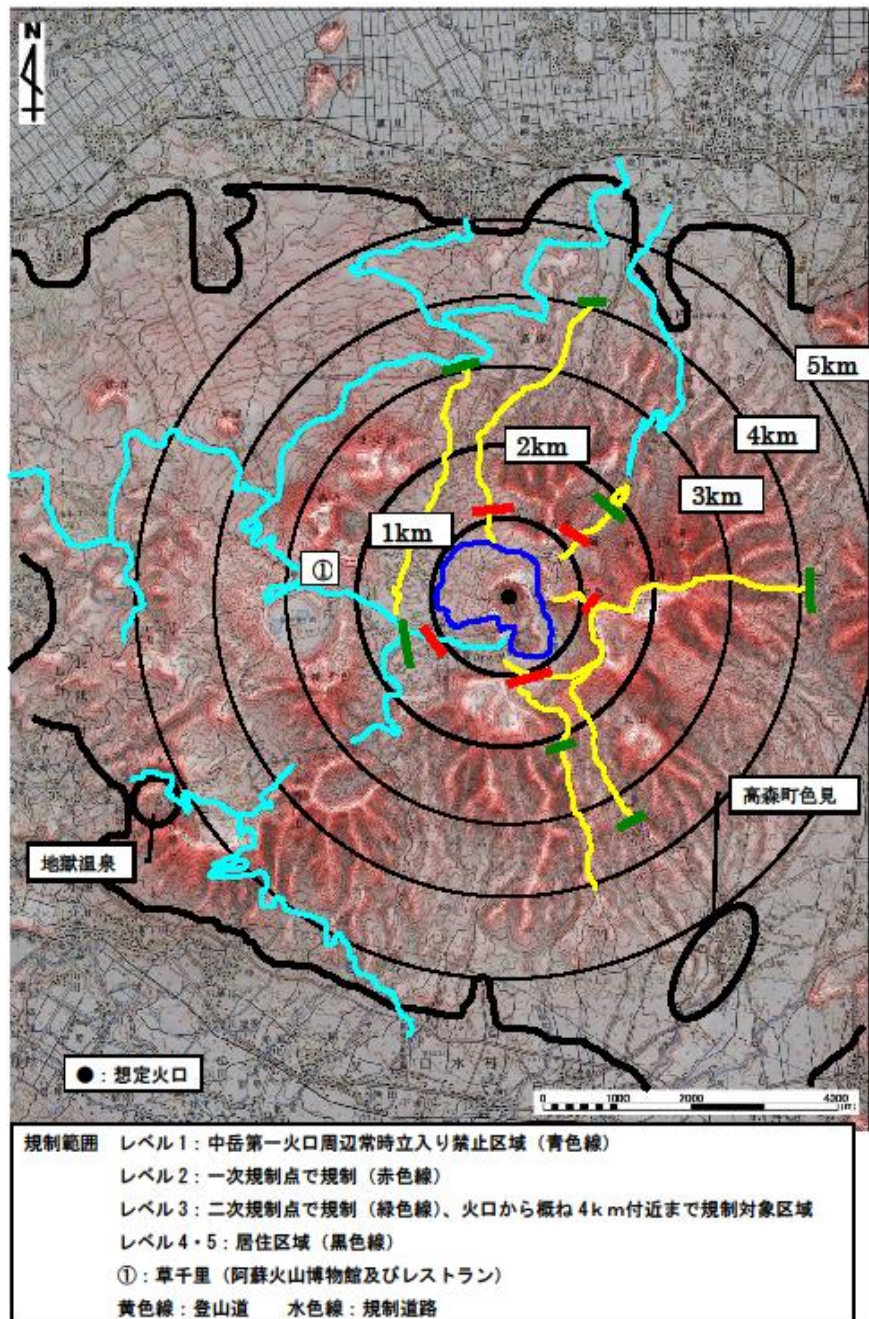
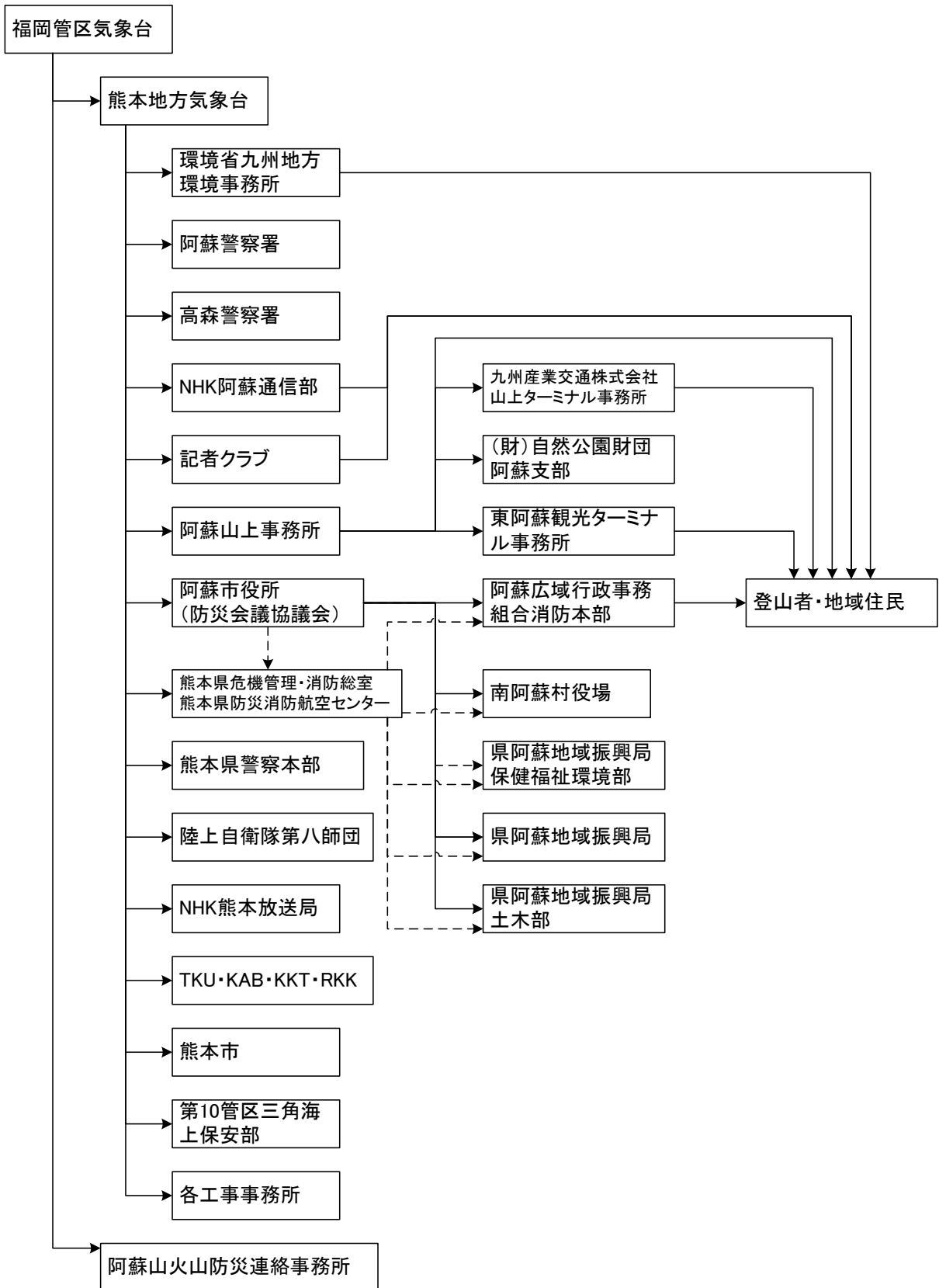


図 2-7 居住地域等の分布と噴火警戒レベルに応じた規制範囲



出典：「阿蘇火山防災計画」，阿蘇火山防災会議協議会

図 2-8 火山情報伝達系統図 (----> 印は緊急事態時のみ)

土砂災害なども含めた災害情報の伝達方法については、平成 16 年度に阿蘇市・高森町・南阿蘇村に対してアンケート調査が行われている。これによると、現状の防災体制は以下のようになっている。

観測機関から市町村への情報伝達方法は、ほとんどが県から総務課（または当直）へ、電話、インターネット、Eメール、FAX などの手段で行われる。

市町村から住民への情報伝達方法としては、阿蘇市と高森町では、防災無線（屋外局、戸別局）が全域配置されている。一方、南阿蘇村では防災無線が一部地域のみに残まっている。その他として、旧久木野村にはオフトーク、阿蘇市には防災メールが整備されている。

表 2-3 阿蘇市・高森町・南阿蘇村における災害情報伝達体制

5. 土砂災害も含めた現行の防災情報の伝達方法・システムについて				阿蘇市	高森町	南阿蘇村
質問事項				阿蘇市	高森町	南阿蘇村
質問23	災害情報伝達方法(観測機関→町村)	通常勤務時間内	豪雨・風雨等	熊本県→総務課(インターネット、電話、FAX)	県→総務課(電話、インターネット、FAX、Eメール)	県→総務課(電話、FAX、メール)
			地震	(地震計あり)	〃	〃
			火山活動	気象台→総務課(電話、FAX)	〃	〃
		勤務時間外	豪雨・風雨等	熊本県→当直(待機者)(インターネット、電話、FAX)	県→当・日直→総務課(電話、インターネット、FAX、Eメール)	県→当直(電話、FAX、メール)
			地震	(地震計あり)	〃	〃
			火山活動	気象台→当直(電話、FAX)	〃	〃
質問24	災害情報伝達方法(町村→住民)	防災無線(屋外、拡声器)	○	○	○	
		→配備状況	全域配備	全域配備	一部地域のみ	
		防災無線(戸別局)	○	○	—	
		→配備状況	全域配備	全域配備	—	
		形式	アナログ式	—	—	
		防災無線(移動局)	○	—	—	
		→現況設置数	67基	—	—	
		通信系	地上系	—	—	
		電話(NTT)	○	—	—	
		広報車	なし	—	—	
		→現況設置数	0	—	—	
双方向型無線(トランシーバー等)	—	—	—			
→現況設置数	—	—	—			
その他	防災メール	—	旧久木野村～オフトーク(NTT回線)			

出典：「平成 16 年度古恵川火山砂防噴火対策計画検討委託報告書」

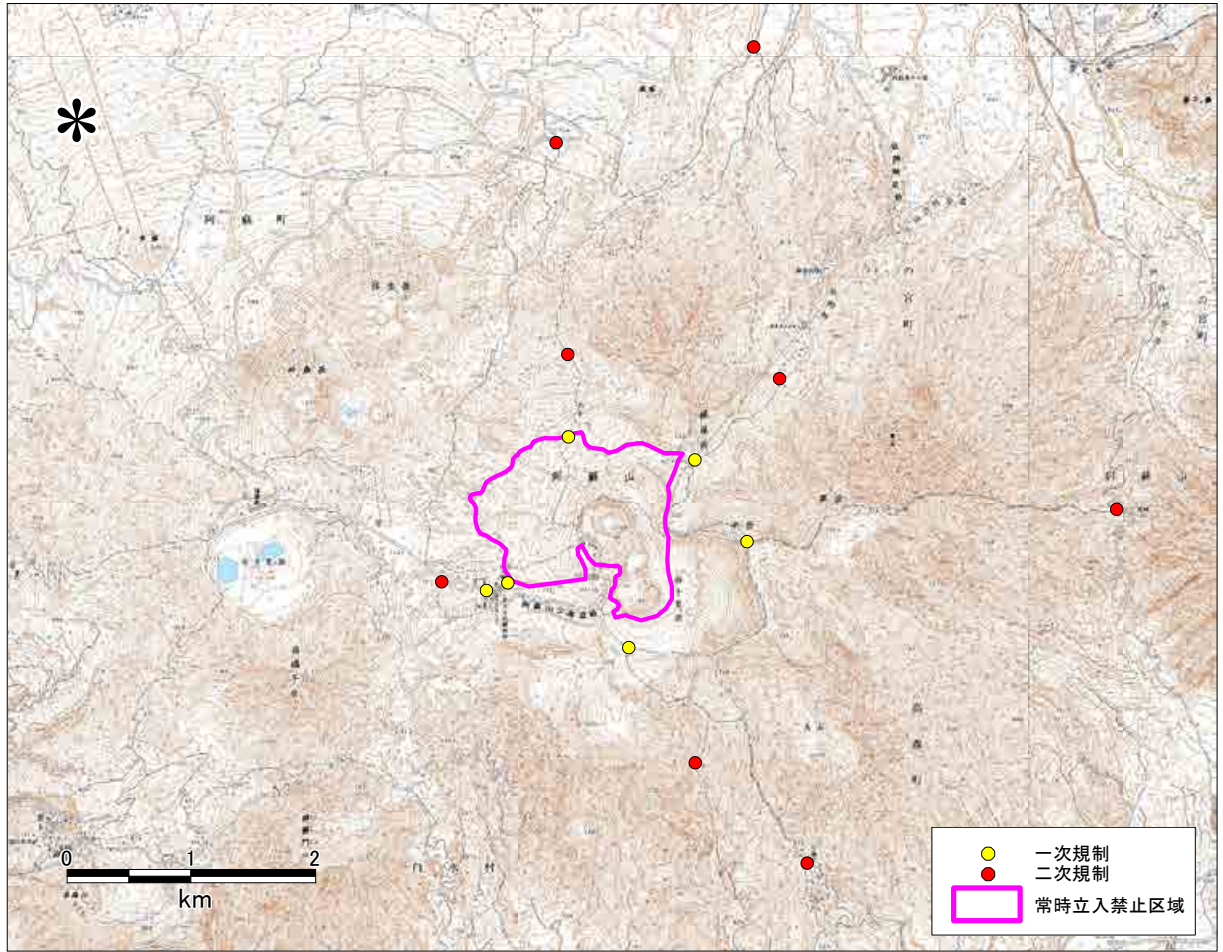
(2) 登山規制

火山情報や火口現地観測等により登山規制の必要があると認められたときは、表 2-4 に示す基準により、図 2-9 に示す範囲で登山規制が実施される。登山者や地域住民に対して、火口周辺への赤の吹き流しの掲揚、ロープウェイ駅舎及び登山口入口への掲示、阿蘇山上事務所等の放送設備を利用した放送を行い、注意を喚起することとなっている。

表 2-4 登山規制及び解除発令基準

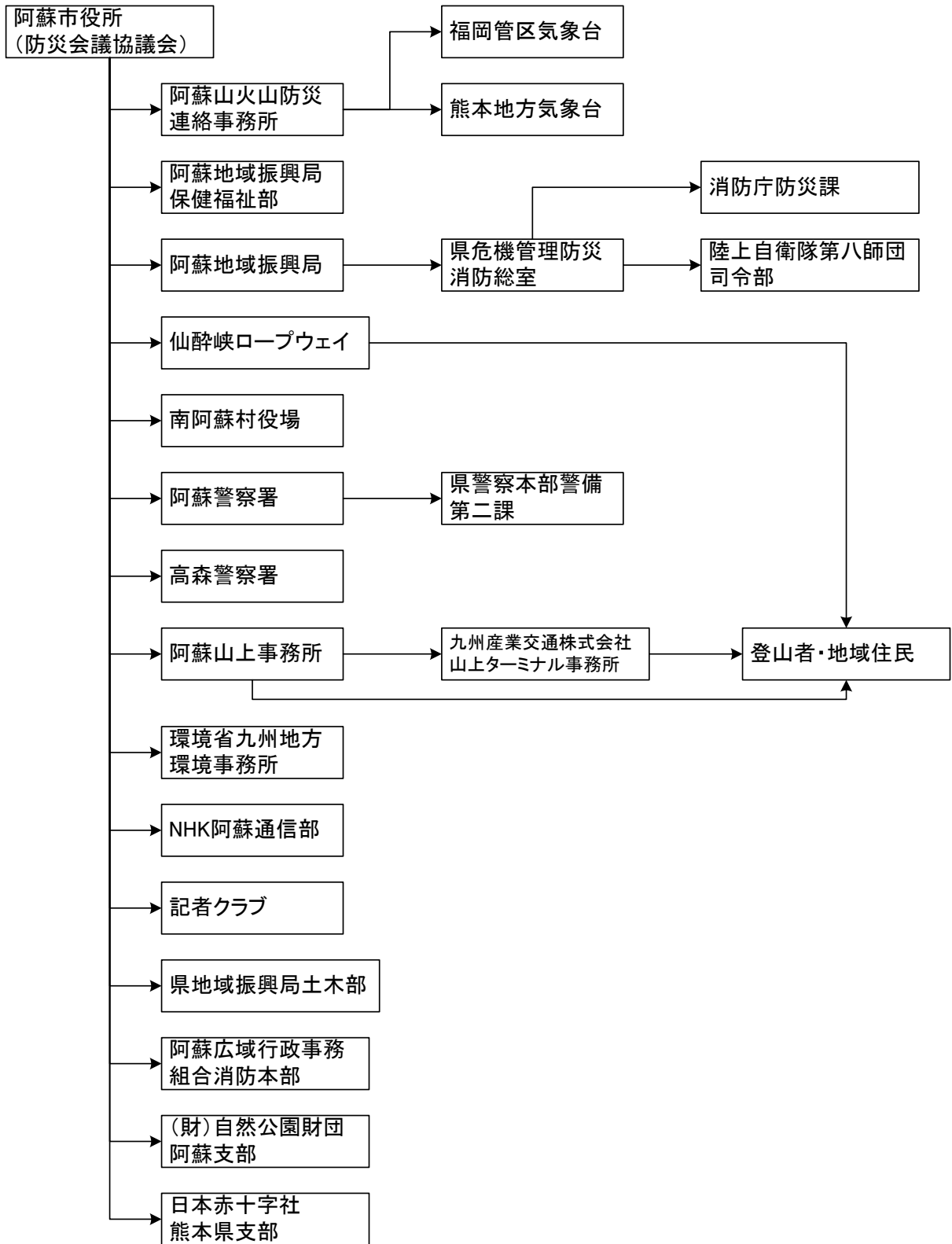
規制の内容	区分	発令基準	周知方法その他
火口周辺立入禁止		(常時立入禁止区域)	
(1) 自主規制		1. 濃霧により火口までの通行が危険であるとき。 2. 火山ガスの濃度が人体に影響を及ぼすと認められたとき。 3. 火山の活動状況に変化が見られたとき。	(1) 所定の場所に赤の吹き流しを掲げる。 (2) 所定の掲示にその旨を掲示する。
(2) 第1次規制		(規制) 気象業務法第2条第4項の2に基づく火口周辺警報「噴火警戒レベル2」または「噴火警戒レベル3」が発表され、関係市村長が火口周辺の立ち入りが危険であると認められたとき。 (解除) 福岡管区気象台からの噴火予報(噴火警戒解除(噴火警戒レベル1))が発表され、関係市村長が火口現地観測を行い、火口周辺への立ち入りが危険でなくなったと認められたとき。	(3) 放送及びサイレンまたは誘導等を行う。
(3) 第2次規制		(規制) 福岡管区気象台からの火山情報「火口周辺警報(噴火警戒レベル3)」が発表されたとき。 (解除) 第1次規制の場合に準ずる。但し、①第2次規制②第1次規制③解除の順に規制緩和するものとする。	(1) 登山口の掲示板にその旨指示する。 (2) その他、状況に応じ、関係市村長が指示する。
(4) 登山禁止		(規制) 爆発により災害が発生し、または発生するおそれがあると認められたとき。 (解除) 上記のおそれがなくなったと認められたとき。但し、①登山禁止②第2次規制③第1次規制④解除の順に規制緩和するものとする。	

出典：「阿蘇火山防災計画」，阿蘇火山防災会議協議会



出典：「阿蘇火山防災計画」，阿蘇火山防災会議協議会 より作成

図 2-9 登山規制範囲図

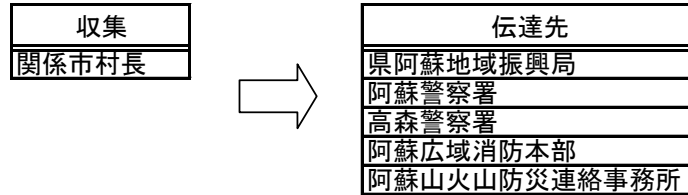


出典：「阿蘇火山防災計画」，阿蘇火山防災会議協議会

図 2-10 登山規制及び解除伝達系統図

(3) 災害情報（被災状況）

被害が発生した場合は、関係市村長がすみやかに被害状況を把握するとともに、その情報を県阿蘇地域振興局，阿蘇警察署，高森警察署，阿蘇広域消防本部，阿蘇山火山防災連絡事務所に通報することとなっている。



出典：「阿蘇火山防災計画」，阿蘇火山防災会議協議会 より作成

2.4 警戒避難体制

阿蘇市，高森町，南阿蘇村の地域防災計画書及び阿蘇火山防災会議協議会の「阿蘇火山防災計画」を収集し，火山災害に関する防災対策の現状を整理した。

(1) 避難勧告・指示等

市町村長は，居住地域に被害が及ぶと予想される場合（噴火警戒レベル4の場合）は，地域住民に対し避難準備の伝達を行うこととなっている。また，居住地域に被害が及んだ場合または切迫している場合（噴火警戒レベル5の場合）は，地域住民に対して避難勧告及び指示を行うこととなっている。

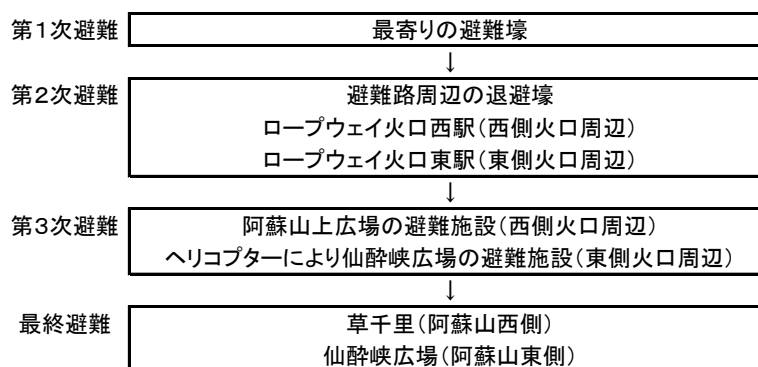
避難準備（噴火警戒レベル4）

避難勧告・指示（噴火警戒レベル5）

(2) 避難場所

① 火口周辺

「阿蘇山火山防災計画」に記載されている避難場所は図 2-11 及び表 2-5 に示すとおりである。主に中岳火口周辺における避難場所を示したものであり，登山者や観光客を対象としたものであると考えられる。



出典：「阿蘇火山防災計画」，阿蘇火山防災会議協議会 より作成

図 2-11 避難段階ごとの避難場所

表 2-5 避難場所等一覧

別表4 避難場所等一覧

平成14年4月1日現在

区 域	施 設 名	構 造	面 積	施設数	収容人数	備 考
阿 蘇 山 側	逃 避 壕	鉄筋コンクリート平屋 二重構造屋根	1基当り 29㎡	9	540	
		鉄筋コンクリート二階建 二重構造屋根	100㎡	1	60	
	ロープウェイ火口西駅	鉄筋コンクリート隠屋根 根造	287.14㎡	1	450	
	# 阿蘇西駅	鉄筋コンクリート三階	2,468㎡	1	3,000	
	阿蘇山上火の国茶店	鉄筋コンクリート二階建	1,388㎡	1	1,100	
	阿蘇山頂ドライブイン	# #	334㎡	1	250	
	ドライブイン白水	# #	214㎡	1	150	休業
	阿蘇山上ドライブイン	# #	286㎡	1	200	休業
計			16	5,750		
阿 蘇 山 側	逃 避 壕	鉄筋コンクリート平屋 二重構造屋根	1基29㎡	5	340	
	ロープウェイ火口東駅	鉄筋コンクリート二階建	2,131㎡	1	850	
	# 仙酔峡駅	鉄筋コンクリート四階建	2,610㎡	1	2,100	
	計			7	3,290	
合 計			23	9,140		
阿 蘇 山 側	ヘリポート	駐 車 場 兼 用		2		
	#	専用アスファルト舗装 2000㎡		1		
	計			3		
阿蘇山東側	ヘリポート	駐 車 場 兼 用		2		
合 計				5		
阿蘇山西側	逃 避 壕	W=2.5m・L=2.3km		1		
阿蘇山東側	#	W=1.5m・L=1.124km W=3.5m・L=3.50km		2		
合 計				3		
阿蘇山西側	警 報 装 置	サイレン・放送設備		1		
阿蘇山東側	#	# #		2		
合 計				3		

出典：「阿蘇火山防災計画」，阿蘇火山防災会議協議会

② 各市町村における避難場所

阿蘇市，高森町，南阿蘇村の各市町村において避難場所が設定されている。各市町村の避難場所一覧を表 2-6～表 2-8 に示し，位置を図 2-12 に示す。

なお，火山噴火時にはその影響によっては，他の災害時（豪雨等）とは異なる避難経路や避難場所が必要となることも想定される。そのため，市町村は平常時から噴火を想定した避難経路等の見直しなどを検討し，地域防災計画等に反映させておくことが重要である。

表 2-6 阿蘇市避難場所一覧

避難対象地区	予想される危険	避難場所
宮地	堤防決壊・溢水	一の宮体育館 農業構造改善センター 宮地小体育館 一の宮中体育館 かんぼの宿阿蘇
坂梨	堤防決壊・溢水	坂梨小体育館 坂梨公民館
古城	堤防決壊・溢水・山腹崩壊	古城小体育館
中通	堤防決壊・溢水・山腹崩壊	中通小体育館 荻の草公民館 中通公民館 阿蘇清峰高校体育館(塩塚・西河原地区)
内牧地区	堤防決壊・溢水	阿蘇体育館 同 武道場 農村環境改善センター 阿蘇北中体育館 内牧小体育館
山田地区	落石・溢水	今町公民館 山田小体育館 鷺の石公民館
黒川地区	その他	碧水小体育館 阿蘇中体育館 乙姫小体育館 コミュニティーセンター
永水地区	落石・溢水	車帰公民館 赤水公民館
狩尾地区	溢水・山腹崩壊	尾ヶ石東部小体育館 狩尾 1～2 区公民館 旧 JA 阿蘇尾ヶ石支所
的石・跡ヶ瀬地区	溢水・山腹崩壊	跡ヶ瀬公民館 的石公民館 阿蘇西小体育館
檜木野	崖崩れ等	波野体育館 波野公民館 波野保健福祉センター
赤仁田		
中江		
滝水		
山崎		
仁田水		
小園	崖崩れ等	林業研修集会施設 やすらぎ交流館
小地野		
笹倉		
立塚	崖崩れ等	農村婦人の家 郷土芸能伝承館
遊雀・中道		
横掘		
大道・坂の上	崖崩れ等	波野中学校 波野小学校

出典：阿蘇市ホームページ http://www.city.aso.kumamoto.jp/disaster/prevent_disaster/prepares.html#shelter

表 2-7 高森町避難所一覧

市町村名	避難対象地区名	予想される危険	水系名災害危険区域の指定の有無	避難予定場所					
				第1避難場所		第2避難場所		第3避難場所	
				場所名	収容人員	場所名	収容人員	場所名	収容人員
高森町	高森	溢水	白川(無)	高森中央小学校	150	高森中学校	150	高森総合センター	150
	色見	溢水	白川(無)	色見生涯学習センター	100				
	上色見	溢水	白川(無)	高森町民体育館	500				
	津留	溢水	大野川(無)	高森町朋遊館	100	高森東中学校	100		
	草部南部	山崩れ	五ヶ瀬川(無)	草部総合センター	100	草部南部生涯学習センター	100		
	草部北部	山崩れ	五ヶ瀬川(無)	高森自然学校	100				

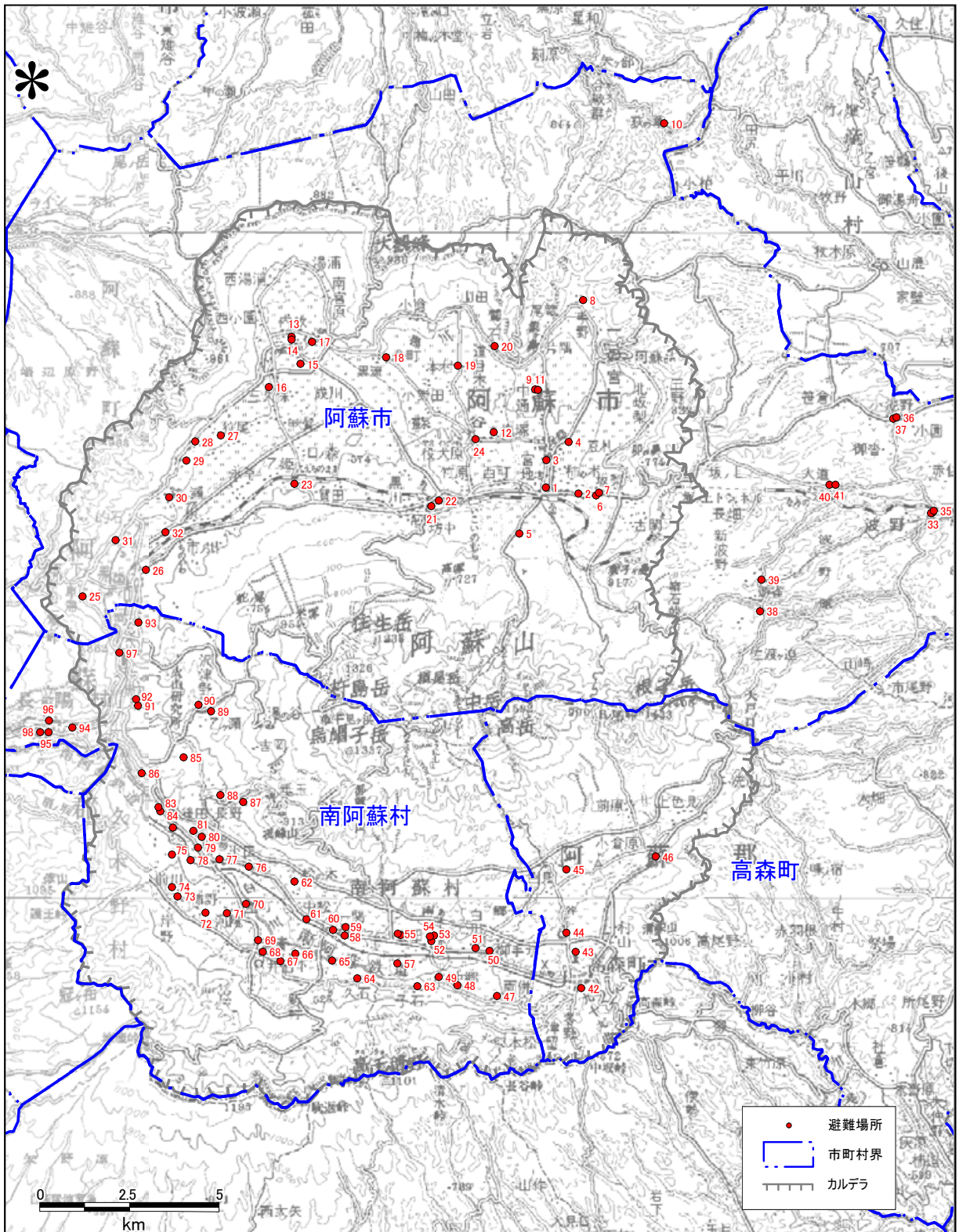
出典：熊本県防災情報ホームページ http://cyber.pref.kumamoto.jp/bousai/content/upload/p6_1_11 避難予定場所一覧(ホームページ掲載).xls

表 2-8 南阿蘇村避難場所一覧

南阿蘇村避難場所一覧

白水地区				久木野地区				長陽地区				
番号	地区名	避難施設名	住所(大字)	番号	地区名	避難施設名	住所(大字)	番号	地区名	避難施設名	住所(大字)	
1	高併一区	高併小学校	高併895	1	第一駐在区	上二子石公民館	久石516-1	1	東下田	東下田公民館	河陽404	
2	高併二区(東地区)	中郷公民館	高併511-1	2	第二駐在区	井手口消防センター	久石1685-2	2	下田	下田集落センター	河陽1951	
3	高併二区(西地区)	竹崎集会所	高併242	3	第三駐在区	江善寺	久石2197-1	3	加勢	加勢集落センター	河陽1757-6	
4	高併三区	高併三区公民館	高併868-1	4	第四駐在区	中郷公民館	久石2910-2	4	加勢	長陽小体育館	河陽2999-2	
5	白川区	白川公民館	白川2105-2	5	第五駐在区	総合福祉センター	久石2705	5	川後田	川崎敬也様宅	河陽2948-2	
6	吉田一区	総合センター	吉田1495	6	第六駐在区	多目的総合センター	河陽151-1	6	川後田	川崎幸教様宅	河陽2857-2	
7		白水中学校	吉田2301	7	第七駐在区	備前公民館	河陽631-1	7		喜多	喜多公民館	河陽3425-6
8		白水小学校	吉田1499	8	第八駐在区	3区下郷公民館	河陽1355-2	8		喜多	長陽中央公民館	河陽3575
9	吉田二区	白水体育館	吉田1007-1	9	第九駐在区	中原集会所	河陽1619	9	喜多	長陽体育館	河陽3570-1	
10		白水保育所	吉田1008	10	第十駐在区	柿野公民館	河陽4421	10		栃本	栃本公民館	河陽4109-3
11	吉田三区	福祉センター	吉田955-1	11	第十一駐在区	岸野公民館	河陽3869	11	袴野	袴野公民館	河陽2511-1	
12	一関一区	一関1区公民館	一関007-3	12	第十二駐在区	根渡公民館	河陽3759-3	12	長野	長野公民館	長野623	
13	一関二区	一関2区公民館	一関2279-1	13	第十三駐在区	八里木公民館	河陽3215-3	13	乙ヶ瀬	藤木賢一様宅	長野2183-1	
14	中松一区	中松1区公民館	中松268-3					14	沢津野	沢津野公民館	河陽5719-1	
15	中松二区	中松2区公民館	中松594-1					15	黒川	黒川集落センター	河陽5109-2	
16	中松三区	松の木公民館	中松1947-1					16		黒川	西部小体育館	河陽4964
								17	下野	下野公民館	下野647-1	
								18	立野	立野公民館	立野788	
								19	立野	立野小体育館	立野1596	
								20	新所	新所公民館	立野1520-1	
								21	赤瀬	赤瀬公民館	立野450-2	
								22	立野駅	立野駅公民館	立野1588-1	

出典：南阿蘇村ホームページ <http://www.vill.minamiaso.lg.jp/web/gyosei/20110707%20hinanryo.pdf>



ID	市町村	施設名	ID	市町村	施設名	ID	市町村	施設名	ID	市町村	施設名	ID	市町村	施設名
1	阿蘇市	一の宮体育館	21	阿蘇市	碧水小体育館	41	阿蘇市	波野小学校	61	南阿蘇村	中松二区公民館	81	南阿蘇村	川崎幸教様宅
2	阿蘇市	農業構造改善センター	22	阿蘇市	阿蘇中体育館	42	高森町	高森中央小学校	62	南阿蘇村	松の木公民館	82	南阿蘇村	喜多公民館
3	阿蘇市	宮地小体育館	23	阿蘇市	乙姫小体育館	43	高森町	高森中学校	63	南阿蘇村	上二子石公民館	83	南阿蘇村	長陽中央公民館
4	阿蘇市	一の宮中体育館	24	阿蘇市	コミュニティーセンター	44	高森町	高森総合センター	64	南阿蘇村	井手口消防センター	84	南阿蘇村	長陽体育館
5	阿蘇市	かんぼの宿阿蘇	25	阿蘇市	車廻公民館	45	高森町	色見生涯学習センター	65	南阿蘇村	江善寺	85	南阿蘇村	長陽保健センター
6	阿蘇市	坂梨小体育館	26	阿蘇市	赤水公民館	46	高森町	高森町民体育館	66	南阿蘇村	中尾公民館	86	南阿蘇村	栃木公民館
7	阿蘇市	坂梨小体育館	27	阿蘇市	尾ヶ石東部小体育館	47	南阿蘇村	岡併小学校	67	南阿蘇村	総合福祉センター	87	南阿蘇村	袴野公民館
8	阿蘇市	古城公民館	28	阿蘇市	狩尾1～2区公民館	48	南阿蘇村	中郷公民館	68	南阿蘇村	多目的総合センター	88	南阿蘇村	長野公民館
9	阿蘇市	中通小体育館	29	阿蘇市	旧JA阿蘇尾ヶ石支所	49	南阿蘇村	竹崎公民館	69	南阿蘇村	猶須公民館	89	南阿蘇村	藤本喜代記様宅
10	阿蘇市	秋の草公民館	30	阿蘇市	跡ヶ瀬公民館	50	南阿蘇村	岡併三区公民館	70	南阿蘇村	3区下組公民館	90	南阿蘇村	沢津野公民館
11	阿蘇市	中通公民館	31	阿蘇市	的石公民館	51	南阿蘇村	白川公民館	71	南阿蘇村	中原集会所	91	南阿蘇村	黒川集落センター
12	阿蘇市	阿蘇清峰高校体育館	32	阿蘇市	阿蘇西小体育館	52	南阿蘇村	総合センター	72	南阿蘇村	河陰体育館	92	南阿蘇村	西部小体育館
13	阿蘇市	阿蘇体育館	33	阿蘇市	波野体育館	53	南阿蘇村	白水中学校	73	南阿蘇村	岸野公民館	93	南阿蘇村	下野公民館
14	阿蘇市	阿蘇体育館武道場	34	阿蘇市	波野公民館	54	南阿蘇村	白水小学校	74	南阿蘇村	堀津公民館	94	南阿蘇村	立野公民館
15	阿蘇市	農村環境改善センター	35	阿蘇市	波野保険福祉センター	55	南阿蘇村	白水体育館	75	南阿蘇村	八里木公民館	95	南阿蘇村	立野小体育館
16	阿蘇市	阿蘇北中体育館	36	阿蘇市	林業研修集会所施設	56	南阿蘇村	白水保育館	76	南阿蘇村	東公民館	96	南阿蘇村	新所公民館
17	阿蘇市	内牧小体育館	37	阿蘇市	やすらぎ交流館	57	南阿蘇村	福祉センター	77	南阿蘇村	下田集落センター	97	南阿蘇村	赤瀬公民館
18	阿蘇市	今町公民館	38	阿蘇市	農村婦人の家	58	南阿蘇村	一関一區公民館	78	南阿蘇村	加勢集落センター	98	南阿蘇村	立野公民館
19	阿蘇市	山田小体育館	39	阿蘇市	郷土芸能伝承館	59	南阿蘇村	一関二區公民館	79	南阿蘇村	長陽小体育館			
20	阿蘇市	麓の石公民館	40	阿蘇市	波野中学校	60	南阿蘇村	中松一區公民館	80	南阿蘇村	川崎敬也様宅			

図 2-12 各市町村の避難場所

(3) 避難の指示等の伝達方法

「阿蘇火山防災計画」に記載されている避難の指示等の伝達方法は以下のとおりである。火口周辺には放送設備が設置されており、これらを用いて避難指示の伝達を行うこととなっている。

- ・ 火口西駅及び火口東駅に設置された放送設備及びサイレン
- ・ 携帯マイク
- ・ 防災行政無線，公用車等（居住地域の場合）

また，各市町村の地域防災計画書に記載されている避難指示の伝達方法は，以下のとおりである。

- ・ 防災無線
- ・ 口頭による直接指示
- ・ 拡声器
- ・ 広報車
- ・ サイレン
- ・ 電話
- ・ 報道機関

(4) 警戒区域の設定

「阿蘇火山防災計画」及び各市町村の地域防災計画書には，被害が発生または発生しようとする場合において，登山者や地域住民の人命・身体に対する危険を防止するため，特に必要があると認めたときは，警戒区域を設定する旨が記載されている。

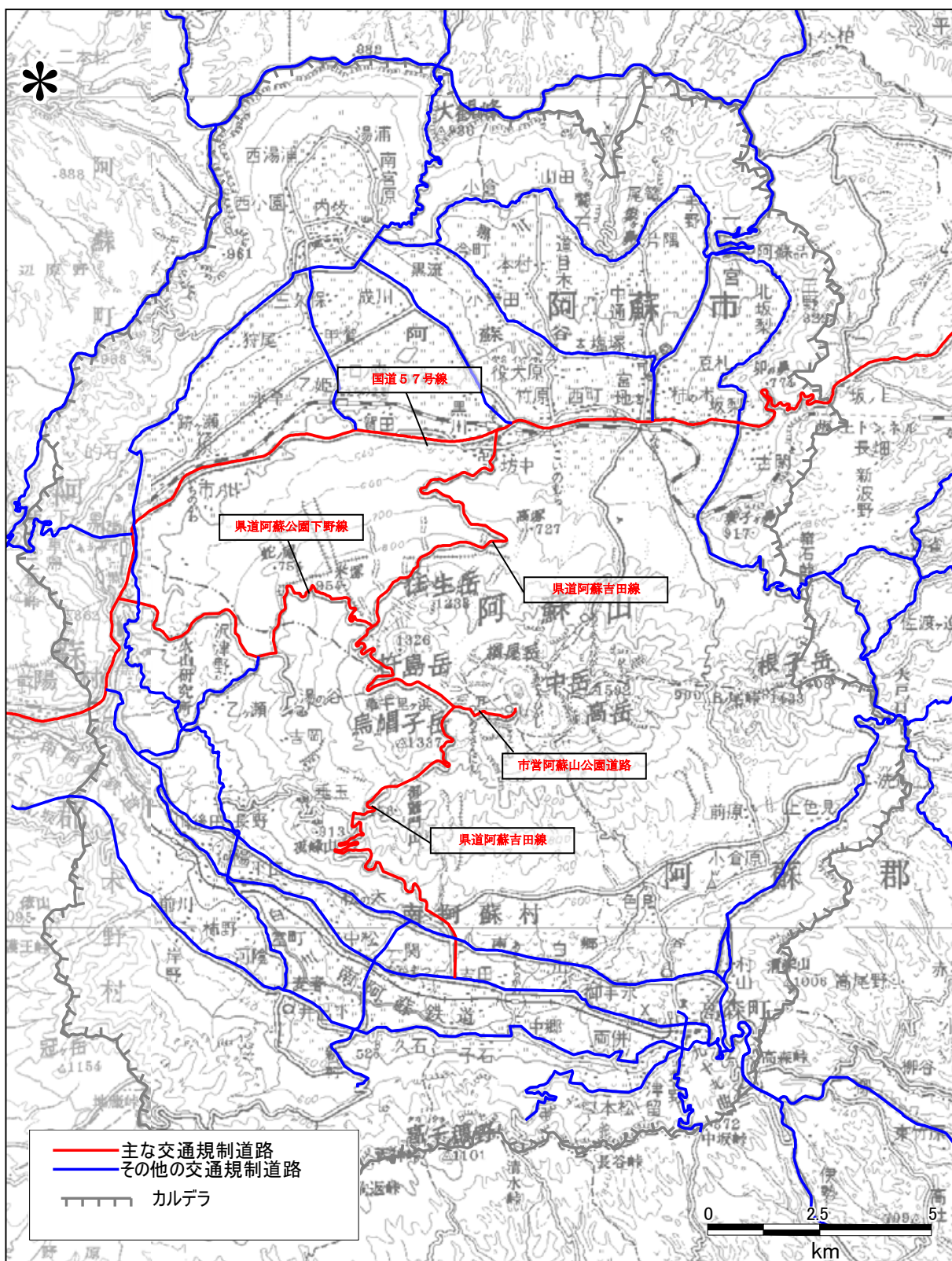
(5) 交通規制

「阿蘇火山防災計画」では，火山爆発により交通施設に被害が発生もしくは発生するおそれがあり，負傷者の救助活動に支障がある場合は，警察及び道路管理者に対し，以下の道路に対する規制を求めることとなっている。

- ・ 市営阿蘇山公園道路
- ・ 県道阿蘇吉田線
- ・ 県道阿蘇公園下野線
- ・ 国道 57 号線ほか，国道・県道

また，各市町村の地域防災計画書にも，被災者の救出救助のための交通路の確保のため，道路管理者や警察署に対して交通規制を求めることとなっている。

交通規制対象の道路を図 2-13 に示す。



出典：「阿蘇火山防災計画」，阿蘇火山防災会議協議会 より作成

図 2-13 交通規制対象の道路

(6) 救助体制

救助活動が必要と認められたときは、負傷者や生命・身体が危険な状態にあるものの救出、生死不明者の捜索救出、死体収容等の活動を目的として、表 2-9 に示す体制を編成することとなっている。なお、負傷者の収容先については、阿蘇市立中央病院とし、負傷者多数等のため収容不可能な場合は他の病院に収容される。

表 2-9 救助体制及び収容病院一覧

別表7 災害救助体制一覧

別表8 収容 病院一覧

班名	編成	分掌事務
遊離班	阿蘇山上事務所副長 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団	火口西側については、阿蘇山上事務所職員、阿蘇山上広域防災防衛協会会員、阿蘇山上観光協会会員、防災ロープウェイ職員、阿蘇市消防団・阿蘇市消防団に上り、避難者及びロープウェイ乗り場に運送させる。 火口東側については、阿蘇市消防団・阿蘇市消防団により、避難者及びロープウェイ乗り場に運送させる。
救出班	阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団	火口西側については、阿蘇市消防団・阿蘇市消防団に上り、負傷者を安全な場所まで搬送する。 火口東側については、阿蘇市消防団・阿蘇市消防団により、負傷者を安全な場所に搬送する。
収容班	阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団	火口西側については、阿蘇市消防団・阿蘇市消防団により、負傷者を安全な場所に搬送する。 火口東側については、阿蘇市消防団・阿蘇市消防団により、負傷者を安全な場所に搬送する。
遺体収容班	阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団 阿蘇市消防団	遺体収容については、阿蘇市消防団・阿蘇市消防団により、遺体を安全な場所に搬送する。

市町村名	病院名	診療科目	所在地	電話・FAX	ベッド
阿蘇市	阿蘇中央病院	内 科 外 科 整形外科	阿蘇市黒川1178	(0967)34-0311 (0967)34-2273	144
〃	市原外科医院	外 科	阿蘇市黒川1484	(0967)34-1211 (0967)34-0688	19
〃	家入外科医院	外 科	阿蘇市内牧363	(0967)32-0048 (0967)32-0048	19
〃	阿蘇中央病院	内 科 外科 精神科 神経科 麻酔科	阿蘇市一の宮町宮地115-1	(0967)22-0525 (0967)22-0626	270
〃	大阿蘇病院	整形外科 内 科 整形外科 内 科 理学療法科	阿蘇市一の宮町宮地5633	(0967)22-2111 (0967)22-2114	154
南阿蘇村	上村外科医院	外 科	阿蘇郡南阿蘇村大字下野401-5	(0967)35-0336 (0967)35-1059	17
〃	立野病院	内 科 外 科	阿蘇郡南阿蘇村大字立野185-1	(0967)8-0111 (0967)8-0646	88

出典：「阿蘇火山防災計画」，阿蘇火山防災会議協議会

2.5 対策施設の整備状況

これまでに県を中心に実施されてきた砂防施設や治山施設等の整備状況について整理した。

中央火口丘における既存施設の配置状況を図 2-14 に示す。これは、航空レーザ計測（平成 19～20 年度実施）による地形データやオルソ画像を用いた地形判読によって施設の位置を地図上に落としたものである。各施設の所管については、土石流危険渓流カルテや渓流調査結果資料等を確認して識別した。

なお、概算の施設数は、砂防施設は約 100 基、治山・その他の施設が約 1,500 基である。

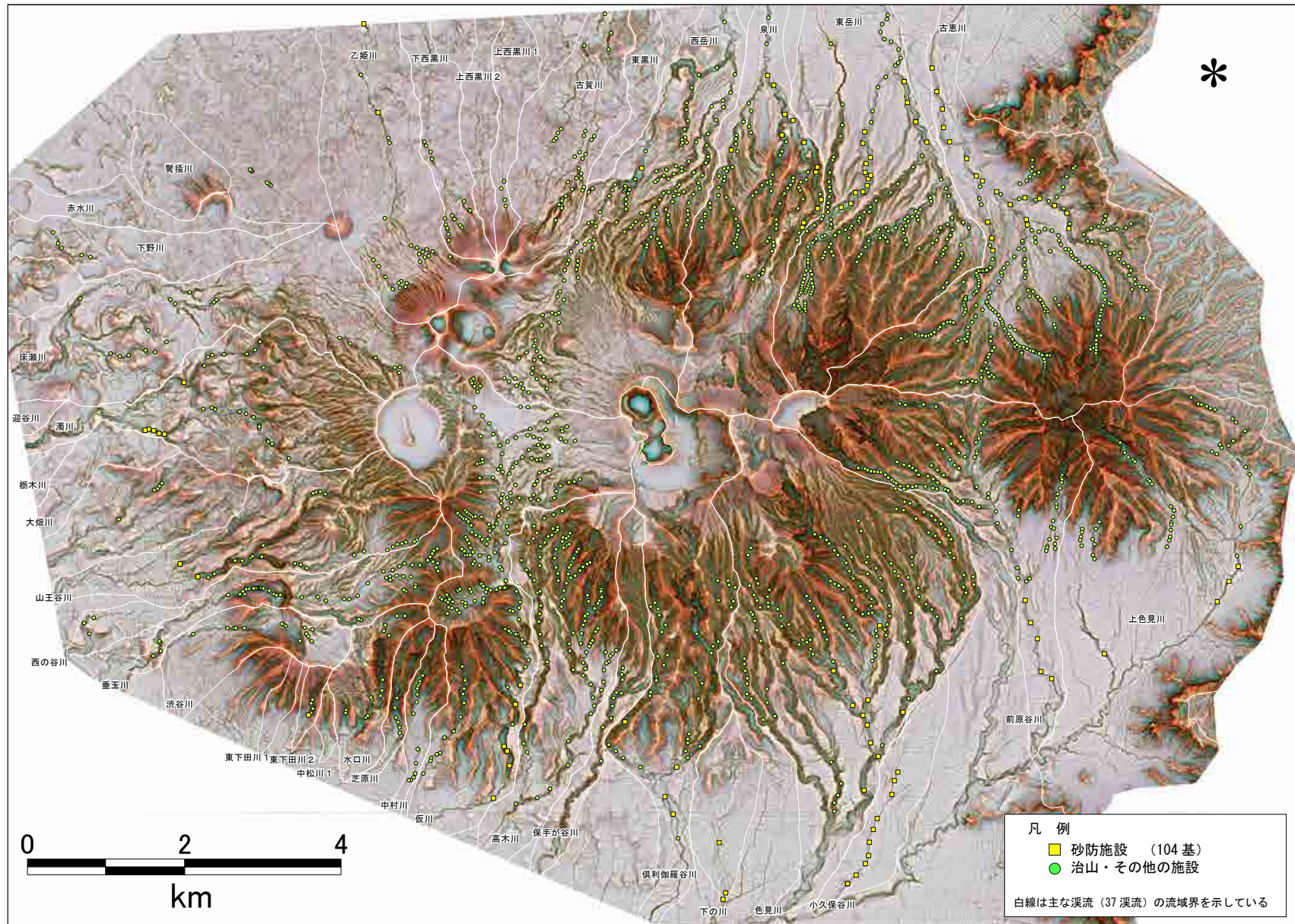


図 2-14 中央火口丘における既存施設の配置状況

※ 施設の位置は航空レーザ計測成果を用いた地形判読により特定した。
 所管については、土石流危険溪流カルテや溪流調査資料等を参照した。

2.6 火山防砂マップの作成

熊本県では、阿蘇山の火山活動に伴う土砂災害による周辺住民や観光客等への被害を最小限に押さえることを目的として、「阿蘇山火山噴火警戒避難対策検討委員会」を平成17年度から18年度にかけて計4回開催し、その検討結果の1つとして火山防災マップを作成している。平成18年度に火山防砂マップは作成されたが、気象庁による噴火警戒レベルの導入（平成19年12月1日）に伴って、火山活動度レベルから噴火警戒レベルに修正されている。

この阿蘇火山防災マップは、防災拠点となる市役所及び役場等に配布した。また、平成21年度に入り、改めて注意喚起のため、11月までに阿蘇市、高森町、南阿蘇村を通じて、阿蘇火山防災マップの全戸配布を行った。

中活新！火口の噴火の様子



阿蘇山火山防災マップ

阿蘇山は、過去に何度も噴火を繰り返し、今も活発に活動する国内有数の活火山です。「阿蘇山火山防災マップ」では、阿蘇山の過去の火山活動から、今後起こりやすいと予想される噴火現象を紹介し、噴火した場合の災害予想区域を示します。

現在の阿蘇山は、中央火口群の中で活発な活動を繰り返しています。これまでの阿蘇山の活動実績はウラ面に詳しく示しました。

このマップでは、阿蘇山の噴火で発生する災害の影響範囲を、気象庁が発表する噴火警戒レベルに沿って示しました。次のページからは、噴火の大きさに発生する可能性が高い現象を示しています。

阿蘇山の噴火警戒レベルは日頃より注意し、阿蘇山の噴火に備えるために、このマップを活用していきましょう。

今日の阿蘇山は、どのレベル？ 阿蘇山の噴火警戒レベルをチェックしましょう

噴火警戒レベルは、火山活動の状況について、噴火時等によるべき防災対応を踏まえて区分したもので、気象庁が発表します。噴火警戒レベルの変化は対応する噴火警報・噴火予報によって伝えられ、現在のレベルは気象庁のホームページ（<http://www.jma.go.jp>）に常に掲載されています。

予報警報	対象範囲	噴火警戒レベルとキーワード	火山活動の状況	住民等の行動	登山者・入山者等への対応	
噴火警報	警戒地域及びそれより火口内	5	避難	警戒地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは発生している状態にある。	危険な居住地域からの避難等が必要。	
		4	避難準備	警戒地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される（可能性が高まっている）。	警戒が必要な居住地域での避難準備、災害時避難者の準備等が必要。	
火口周辺警報	火口から居住家等まで幅広い範囲の火山周辺	3	入山規制	警戒地域の近くまで重大な被害を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	住民は通常の生活、状況に応じて災害時避難者の準備準備等。	登山禁止や入山規制等、危険な地域への立入規制等。
		2	火口周辺規制	火口周辺に影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	住民は通常の生活、	火口周辺への立入規制等。
噴火予報	火口内等	1	平常	火山活動は静穏、火山活動の状況によって、火口内で火山灰の噴出等が限られる（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。	住民は通常の生活、	状況に応じて火口内への立入規制等。

阿蘇山火山防災マップ

解説書



平成20年3月

熊本県土木部砂防課

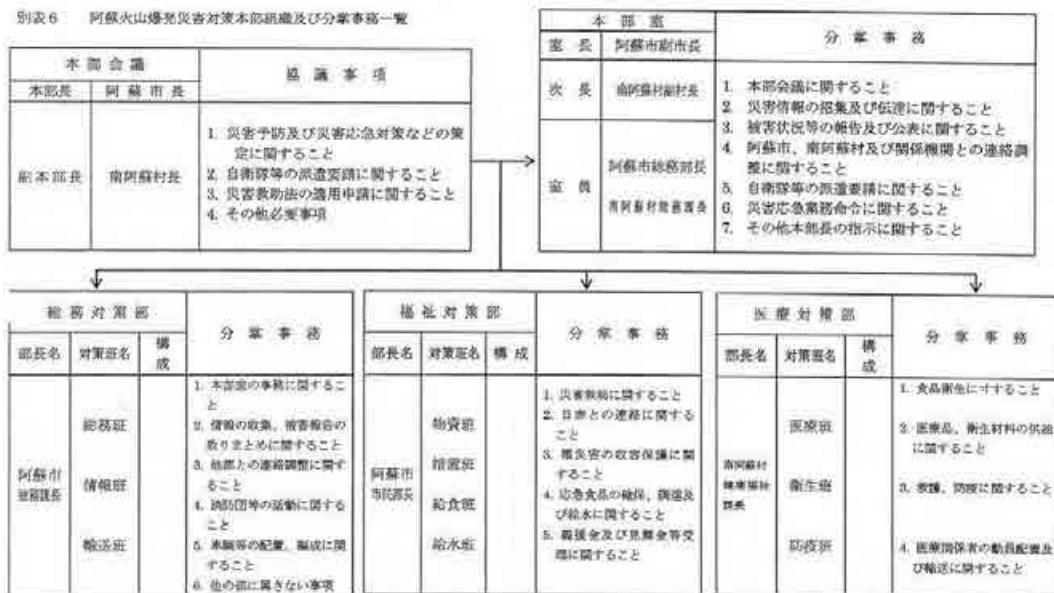
図 2-15 阿蘇山火山防災マップおよび同解説書

2.7 噴火時の対策実施体制

「阿蘇火山防災計画」に記載されている応急対策の実施組織は以下のとおりとなっている。

応急対策を総合的、かつ効果的に実施するため、関係市村長は協議のうえ、阿蘇市長を本部長とする災害対策連絡本部（阿蘇市役所）を設置することとなっている（図 2-16）。また必要のあるときは阿蘇市総務部長を本部長とする現地災害対策連絡本部（阿蘇山スキー場）を設置する。

火山爆発のため、登山者または地域住民が罹災し、応急救助等の対策を講ずる必要がある場合、関係市村の協力のみでの処理ができないときは、県、県警察及び防災関係機関の応援を求めることとなっている。関係協力機関を図 2-17 に示す。



出典：「阿蘇火山防災計画」，阿蘇火山防災会議協議会

図 2-16 災害対策本部組織

■災害対策本部

阿蘇火山爆発対策連絡本部

■関係協力機関

区分	機関名
指定地方行政機関	環境省九州地方環境事務所
	阿蘇山火山防災連絡事務所
自衛隊	陸上自衛隊第八師団
知事部局	熊本県阿蘇地域振興局
	熊本県阿蘇地域振興局土木部
	熊本県阿蘇地域振興局保健福祉環境部
警察	熊本県阿蘇警察署
	熊本県高森警察署
関係機関	阿蘇市役所
	南阿蘇村役場
	阿蘇山上事務所
	阿蘇市立中央病院
	東阿蘇観光開発(株)
	産交阿蘇観光事務所
消防機関	阿蘇市消防団
	南阿蘇村消防団
	阿蘇広域行政事務組合消防本部
	熊本県防災消防航空センター
指定公共機関	日本赤十字社熊本県支部
	NHK阿蘇通信部
	JR九州宮地駅
	JR九州阿蘇駅
	NTT-NM中九州阿蘇サービスセンター
	九州電力大津営業所
指定地方公共機関	熊本放送株式会社阿蘇通信部
	熊本日日新聞社阿蘇総局
その他	(財)自然公園財団阿蘇支部

出典：「阿蘇火山防災計画」，阿蘇火山防災会議協議会 より作成

図 2-17 関係協力機関

第3章 想定される噴火シナリオと影響

3.1 噴火シナリオ

3.1.1 想定火口形成範囲

想定火口は阿蘇山における過去1万年間の活動を参考に、中岳、中央火口丘群西麓の噴気地帯（地獄～湯の谷地熱帯）及び北西麓の火口群（杵島・往生岳、米塚付近）とする。

〔A〕中岳

過去1万年間に多数の噴火実績を有し、現在も活動的である。噴火シナリオは、基本的に火山防災マップ作成時の噴火シナリオを踏襲し、近年（2014～2015年）の火山活動に基づく噴火シナリオを追加した（追加シナリオについては資料編参照）。

〔B〕地獄～湯の谷地熱帯

現在噴気活動があり、過去に水蒸気噴火の実績があるエリアである。過去1万年間の活動実績として、湯の谷、池の窪第1・池の窪第2（地獄爆裂火口）での活動が挙げられる。また、吉岡では2006年に噴気活動の活発化に伴う土砂噴出が確認されている。

〔C〕杵島・往生岳、米塚付近

過去1万年間の噴火実績はあるが、噴火の推移や今後の活動性については不明な点が多いエリアである。過去1万年間の噴火として、杵島岳、往生岳、米塚、上米塚、赤水溶岩を噴出した活動（給源は不明）、阿蘇中央火口丘第1軽石を噴出した活動（給源は蛇ノ尾南付近）が挙げられる。

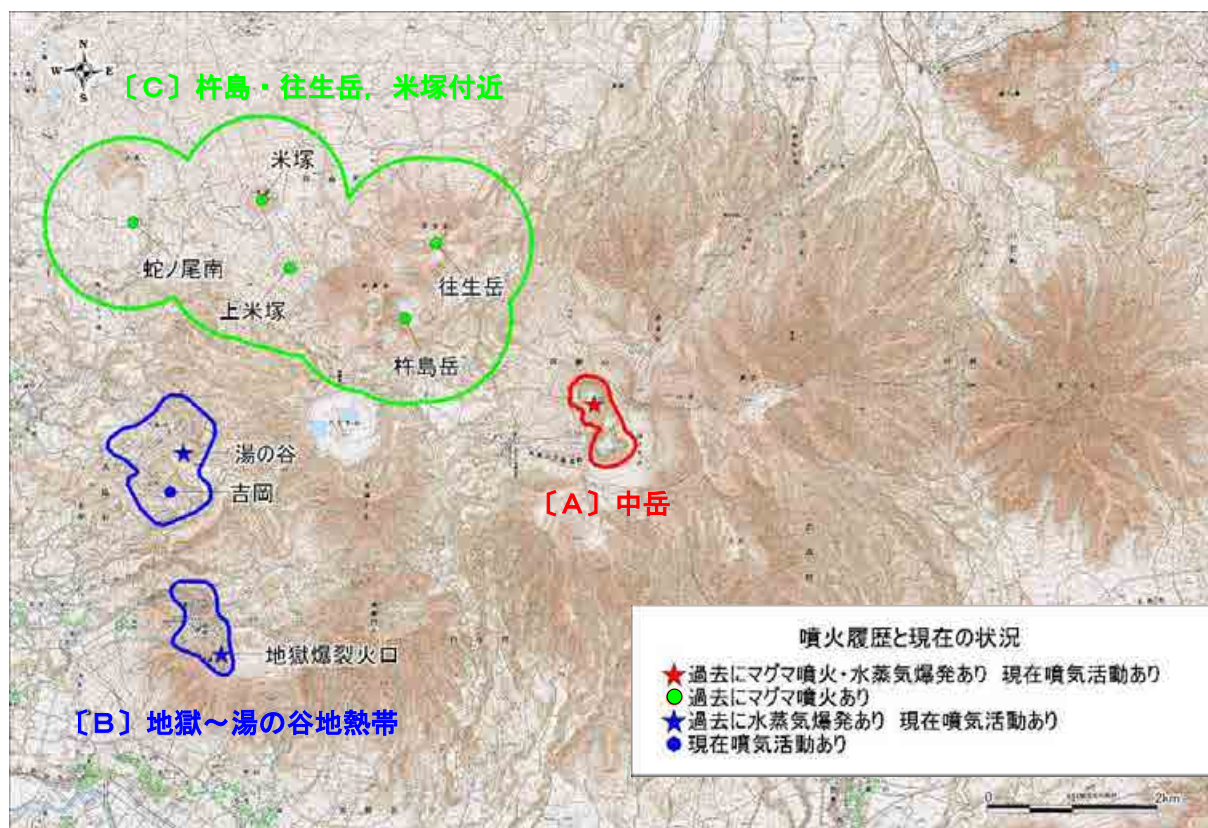


図 3-1 阿蘇山火山噴火緊急減災対策砂防計画で対象とする想定火口

3.1.2 噴火シナリオ

噴火シナリオとは、対象火山において発生することが想定されている現象とその規模およびそれらの推移を時系列にまとめたものである。

本計画で想定した噴火シナリオを図 3-3 に示す。なお、ここに示されていない他の現象（例えば、火砕流や巨大なカルデラを形成するような大噴火など）については、発生の可能性を全く否定するものではないが、過去 1 万年以内の発生実績がないため、発生の可能性は比較的低いと判断した。ただし、今後の調査の進展によっては、他の現象や他の地点からの噴火も考えられるため、今後の調査研究を受けて随時更新されていくことが望ましい。また、本シナリオに示す「噴火警戒レベル」はあくまで参考として示すものであり、シナリオに記載した現象と 1 対 1 で対応するものではない。

実際に平成 26 年 8 月以降、阿蘇山の噴火活動は小規模かつ長期間に及ぶ活動へと推移しており、噴火警戒レベル 3 になった際の防災対応等を踏まえ噴火シナリオや対策ドリルを見直す必要があったため、平成 28 年 12 月に一部改訂を行った（詳細は資料編参照）。

なお、実際の噴火では、想定した噴火シナリオよりも早く現象が推移する可能性もあるため、今後の経験や研究成果等を踏まえて、適宜見直していくものとする。

3.1.3 噴火警戒レベル

噴火警戒レベルは、避難、避難準備、入山規制など、噴火時等にとるべき防災対応を踏まえて火山活動の状況を 5 段階（レベル）に区分したもので、それぞれにキーワードを設定して、そのレベルにおける警戒の必要な範囲と具体的な防災行動を分かりやすく表現している。噴火警戒レベルは、平成 19 年 12 月 1 日から気象庁で運用を開始した噴火警報・予報の中で発表される。

阿蘇山では気象庁による運用開始と同時に噴火警戒レベルが設定された。



図 3-2 阿蘇山の噴火警戒レベル⁶⁾

⁶⁾引用出典：気象庁リーフレット「阿蘇山の噴火警戒レベル」<http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/STOCK/level/Asosan.pdf>

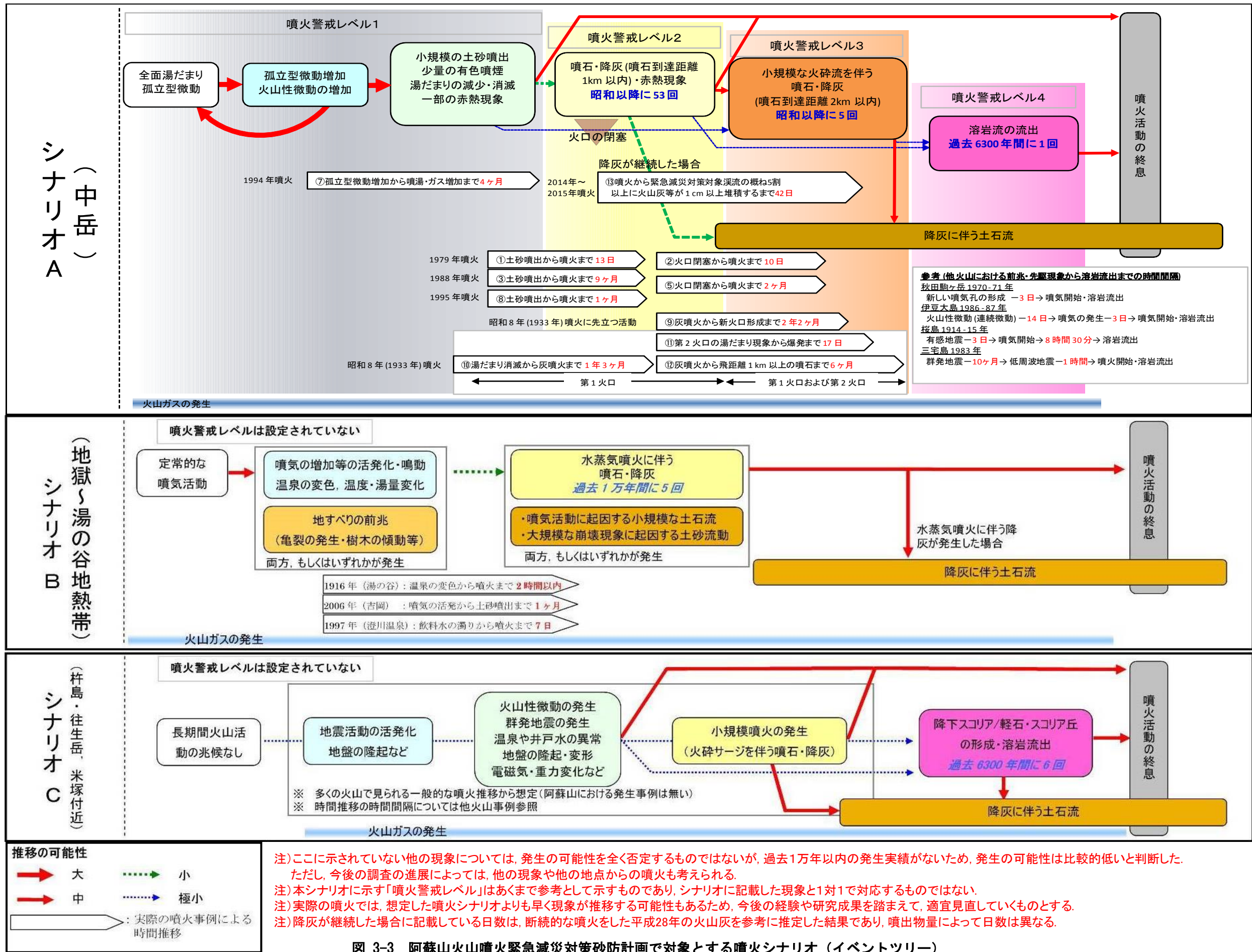


図 3-3 阿蘇山火山噴火緊急減災対策砂防計画で対象とする噴火シナリオ (イベントツリー)

3.2 想定される影響範囲

噴火シナリオに基づき、各想定火口からの噴火により発生する現象の一覧を表 3-1 に示し、それらの影響範囲を次頁以降に示す。

表 3-1 各火口において想定される現象一覧と規模

火口	想定現象	想定規模による区分		
シナリオ A (中岳)	噴石	① レベル2	② レベル3	③ レベル4～5
	降灰	① レベル2	② レベル3～5	
	火砕サージ	① レベル3～5		
	溶岩流	① レベル4～5 (3方向)		
	降灰に伴う土石流	① レベル2	② レベル3～5	
シナリオ B (地獄湯の谷地熱帯)	噴石	① 水蒸気噴火		
	降灰	① 水蒸気噴火		
	噴気活動に起因する 小規模な土石流	① 継続的な噴気活動		
	大規模な崩壊現象に 起因する土砂流動	① 水蒸気噴火		
	降灰に伴う土石流	① 水蒸気噴火		
シナリオ C (杵島・往生岳・米塚付近)	噴石	① 小規模噴火	② 大規模噴火	
	降灰	① 小規模噴火	② 大規模噴火	
	火砕サージ	① 小規模噴火 大規模噴火		
	溶岩流	① 大規模噴火		
	降灰に伴う土石流	① 小規模噴火	② 大規模噴火	

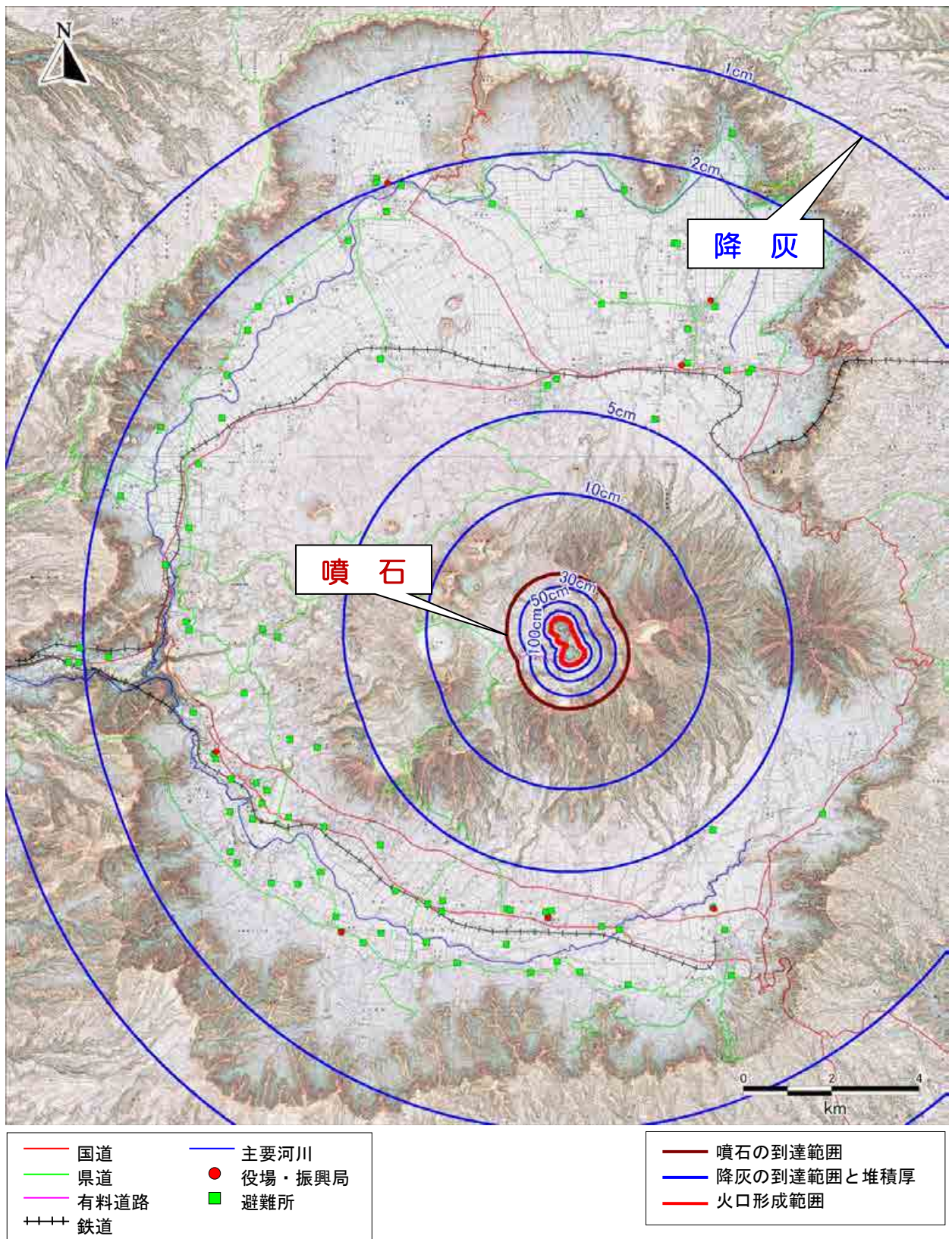


図 3-4 シナリオ A (中岳) レベル 2 における影響範囲

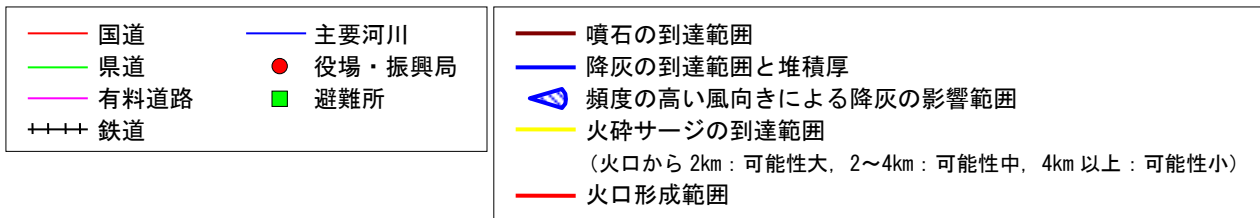
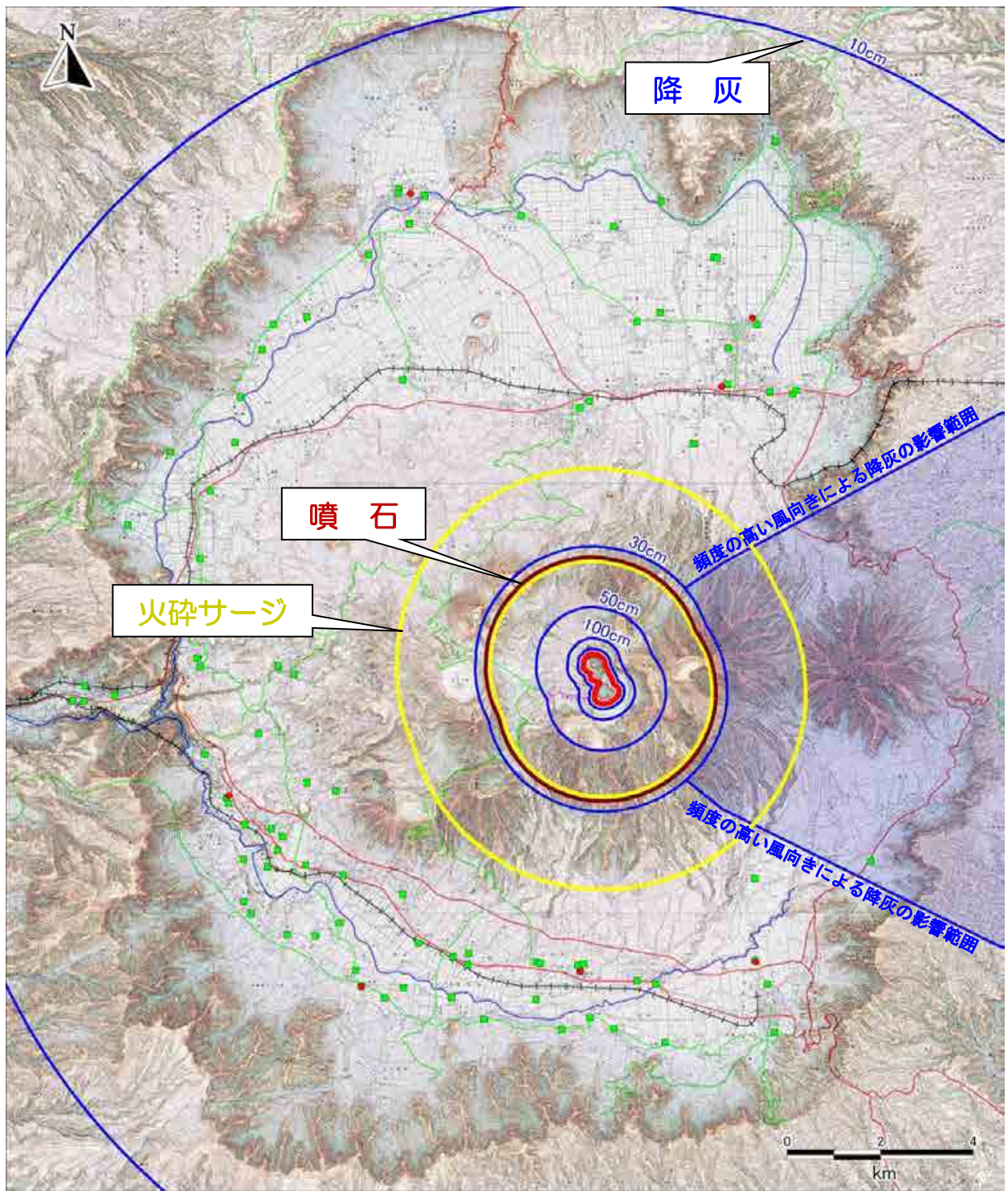


図 3-5 シナリオ A (中岳) レベル 3 における影響範囲

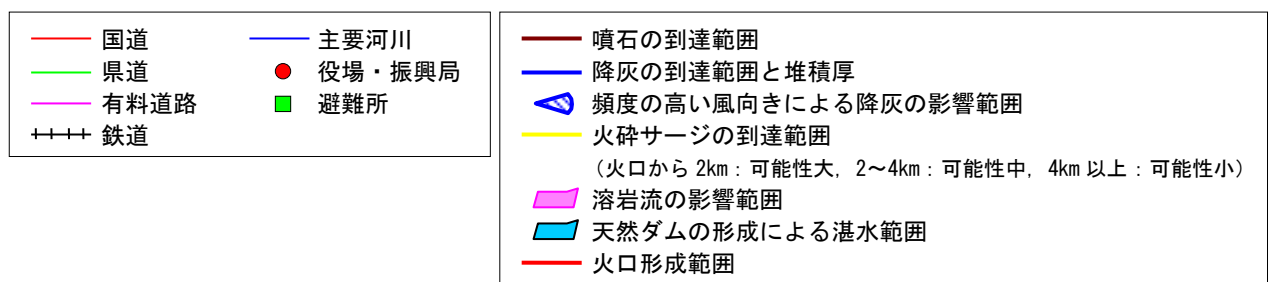
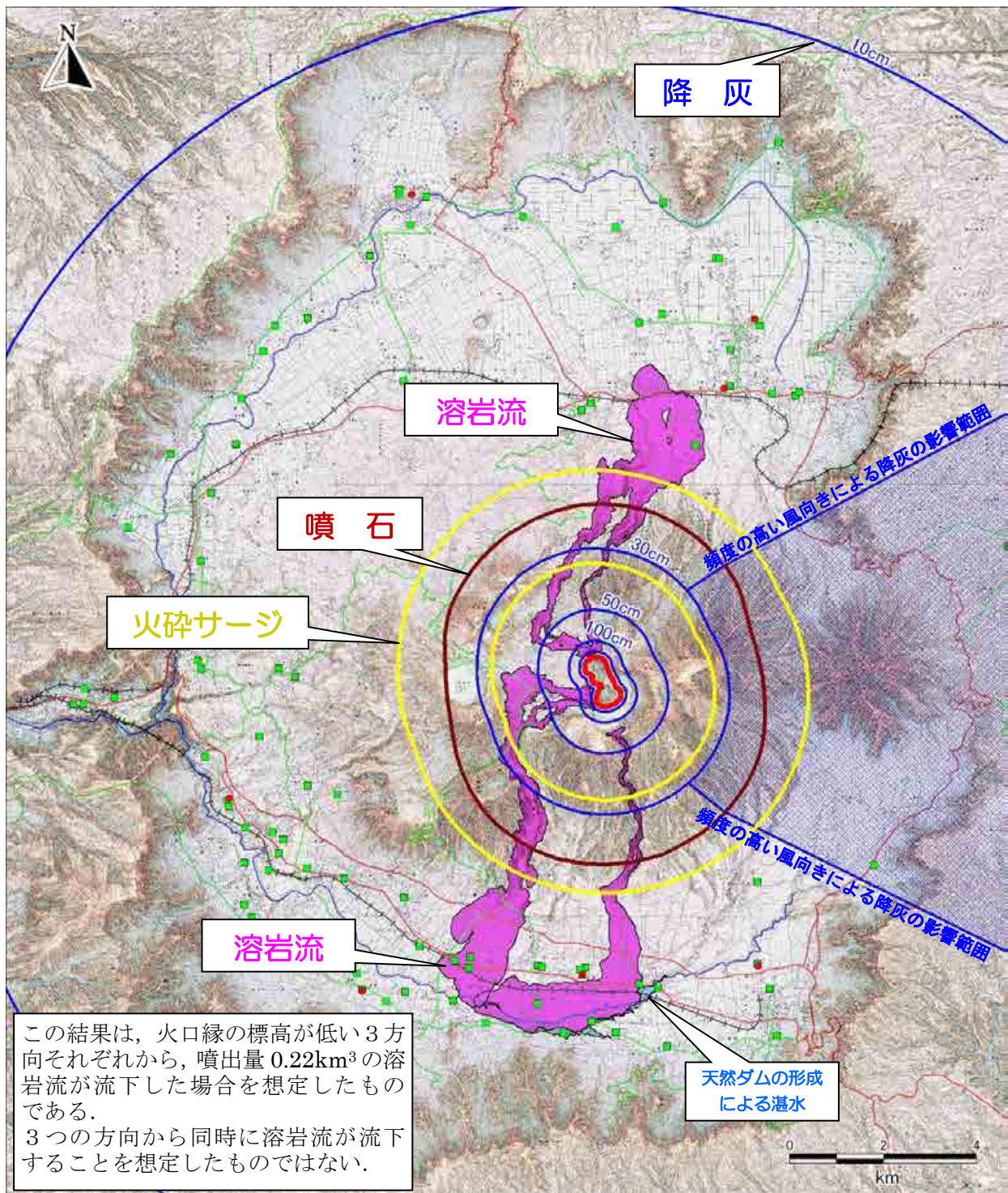


図 3-6 シナリオ A (中岳) レベル 4・5 における影響範囲

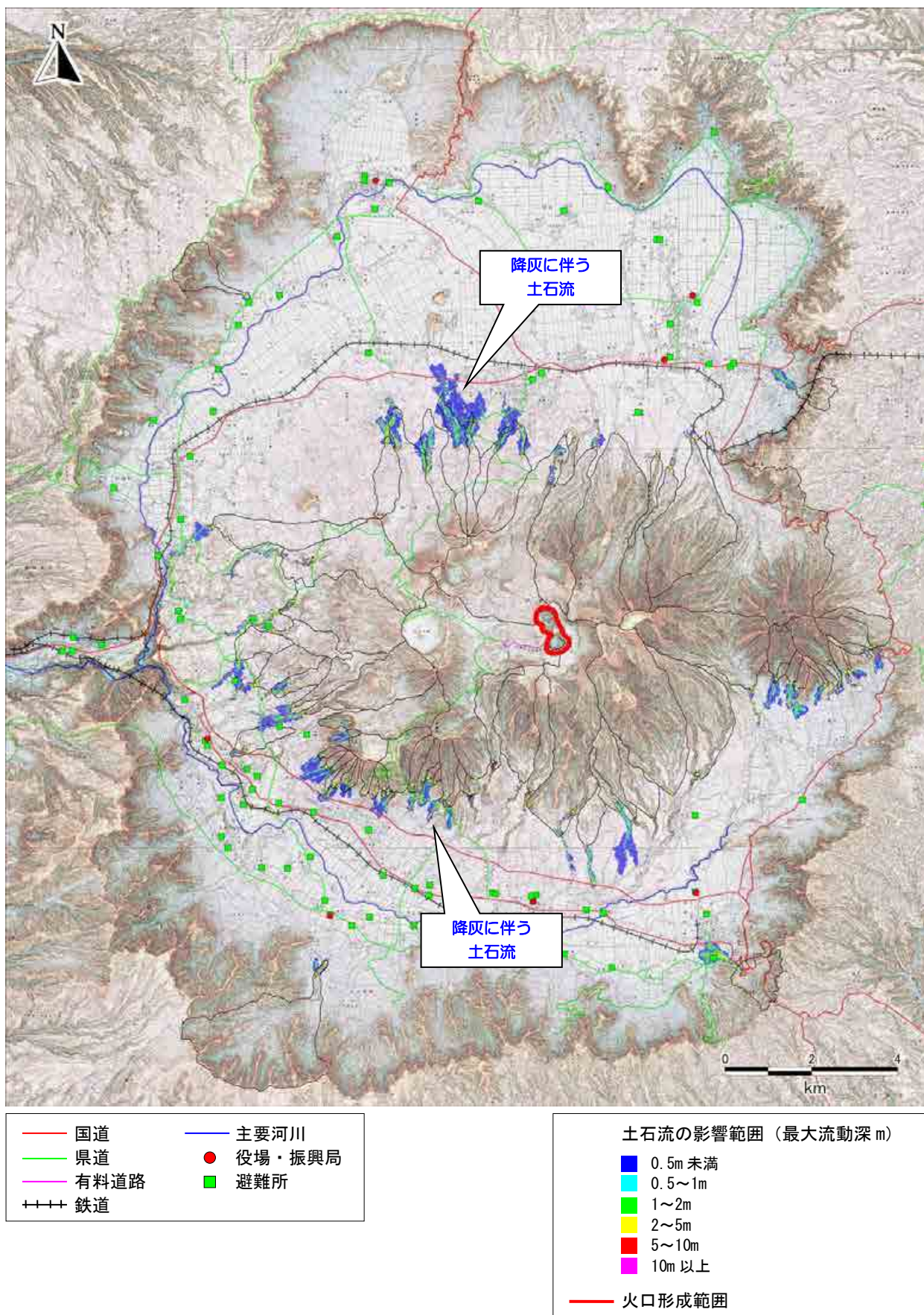
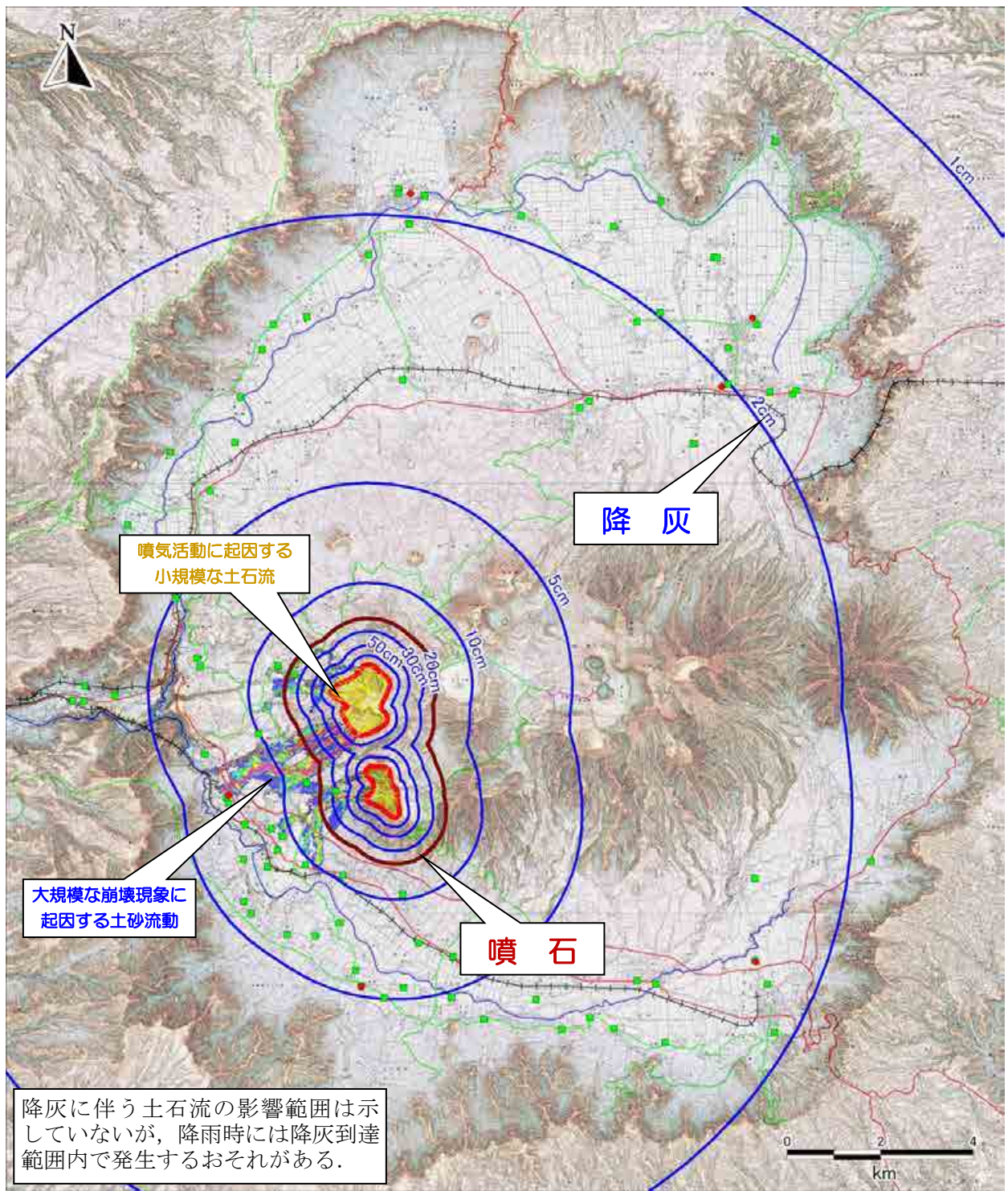


図 3-7 シナリオ A（中岳） における降灰に伴う土石流の影響範囲
（レベル 3～5，年最大日雨量の既往最低降雨の場合）



噴気活動に起因する
小規模な土石流

降 灰

大規模な崩壊現象に
起因する土砂流動

噴 石

降灰に伴う土石流の影響範囲は示していないが、降雨時には降灰到達範囲内で発生するおそれがある。

- 国道
- 県道
- 有料道路
- ++++ 鉄道
- 主要河川
- 役場・振興局
- 避難所

- 噴石の到達範囲
- 降灰の到達範囲と堆積厚
- 頻度の高い風向きによる降灰の影響範囲
- 噴気活動に起因する小規模な土石流の範囲
- 大規模な崩壊現象
- 火口形成範囲
- 土砂流動の最大流動深 (m)
- 0.5m 未満
- 0.5~1m
- 1~2m
- 2~5m
- 5~10m
- 10m 以上

図 3-8 シナリオB (地獄~湯の谷地熱帯) 水蒸気噴火による影響範囲

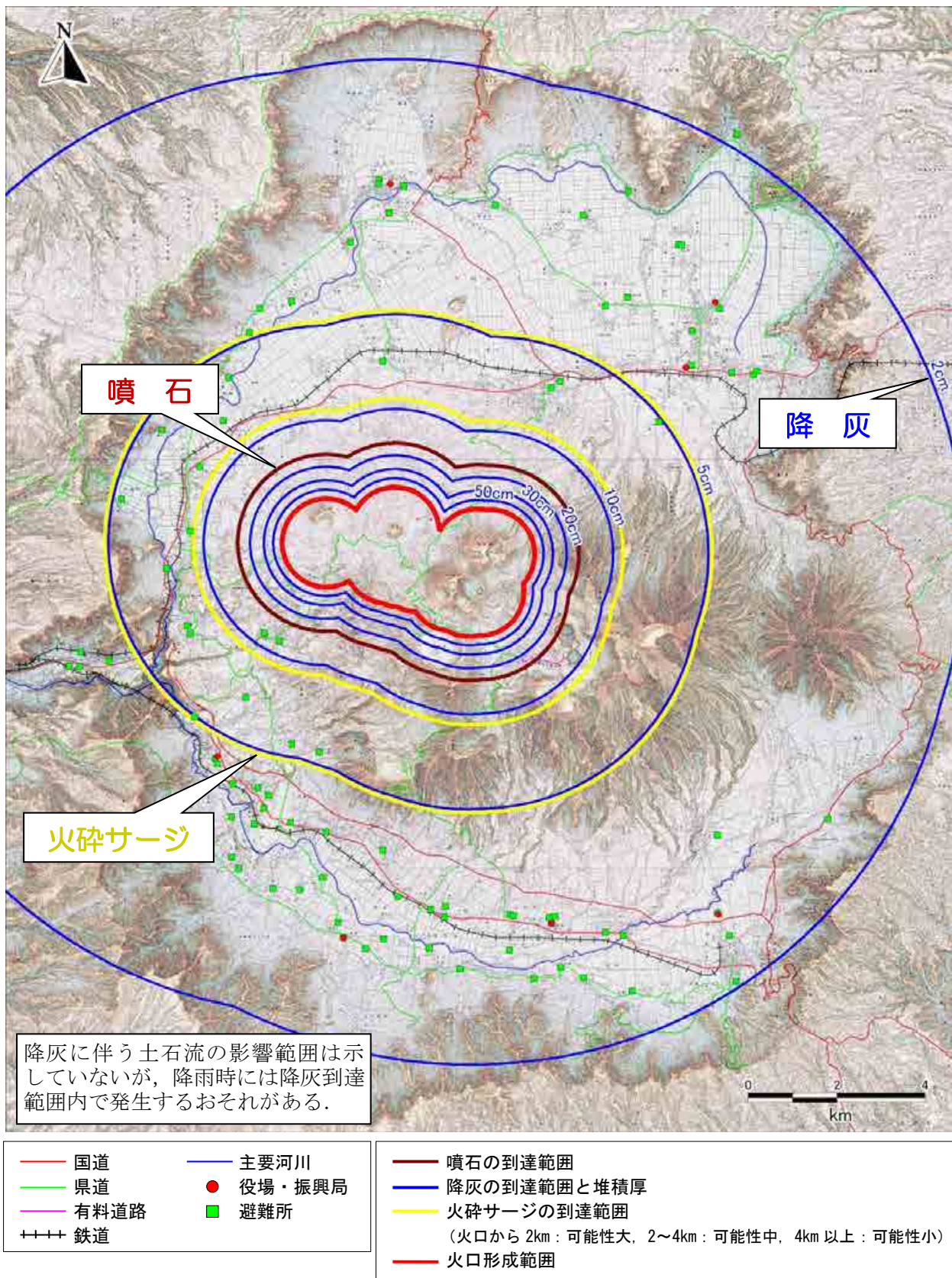


図 3-9 シナリオC（杵島・往生岳，米塚付近） 小規模噴火 による影響範囲

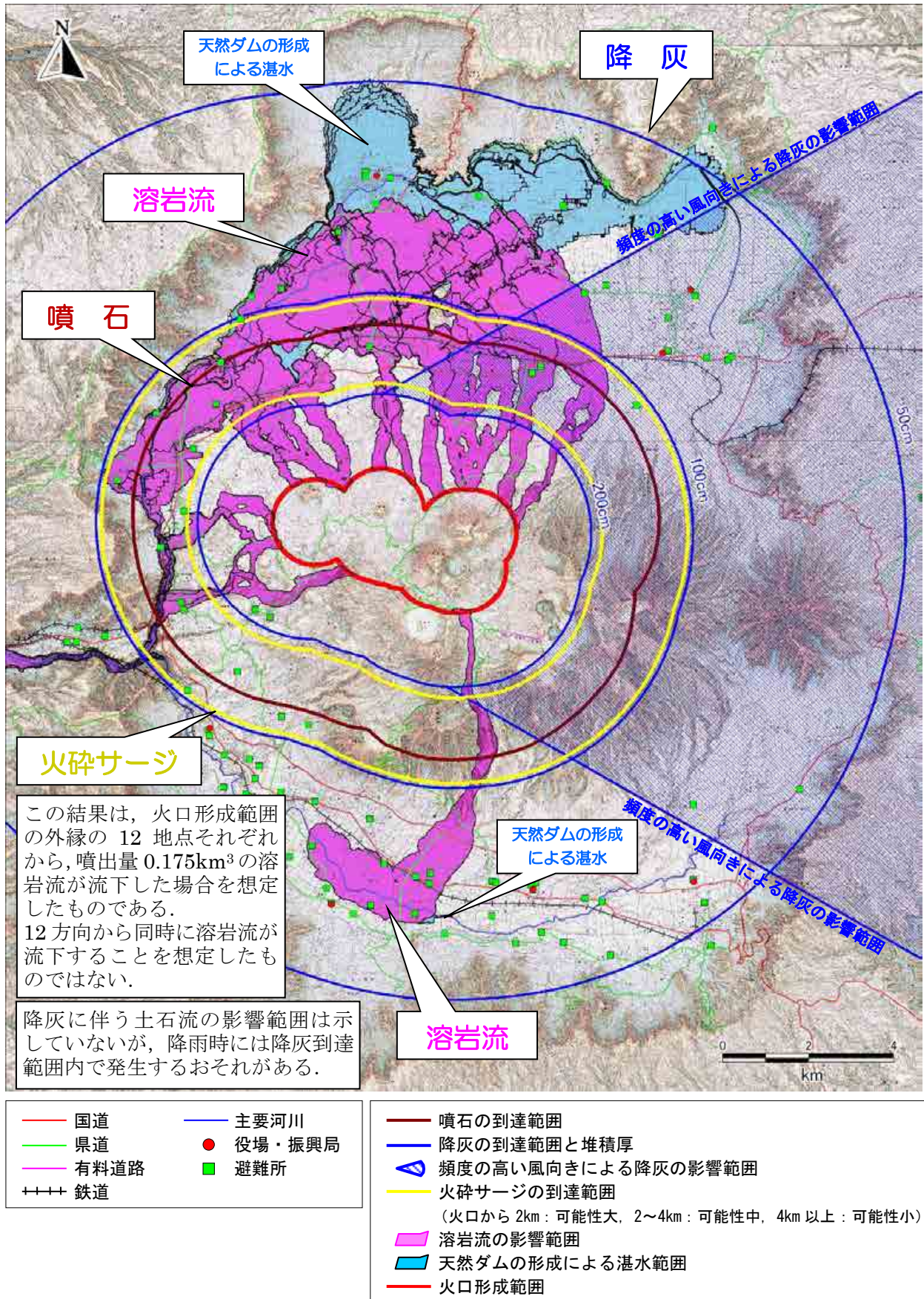


図 3-10 シナリオC (杵島・往生岳, 米塚付近) 大規模噴火 による影響範囲

第4章 対策方針

4.1 対策を実施する噴火シナリオのケースの抽出

前章で想定した噴火シナリオに応じた具体的な緊急ハード・ソフト対策を実施するために、噴火シナリオのすべてのケースの中から、緊急減災対策を実施するケースを抽出した（表 4-1）。前兆現象で火山活動が終息するケース、巨大なカルデラを形成するような大噴火のケース、火山ガスの噴出のみのケースについては、緊急減災対策の実施対象とはしないこととした。

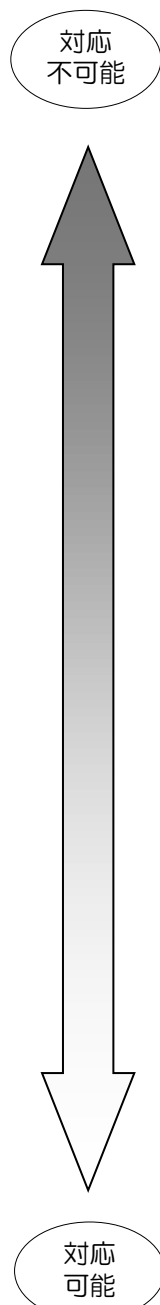
表 4-1 噴火シナリオのケース一覧と緊急対策を実施するケース

火口分類	ケース名	現象の推移 (■レベル1, ■レベル2, ■レベル3, ■レベル4・5, □未設定またはレベルと連動しない)				緊急対策を検討するケース		
シナリオ A (中岳)	—	全面湯だまり 孤立型微動	孤立型微動の増加 火山性微動の増加	小規模の土砂噴出 少量の有色噴煙 湯だまりの減少・消滅 一部の赤熱現象		×		
	A-1				噴石・降灰(1km以内)・赤熱現象		○	
	A-2				噴石・降灰(1km以内)・赤熱現象	火砕サージを伴う噴石・降灰(2km以内)	降灰に伴う土石流(降灰が継続した場合)	○
	A-3				→→→→→ (火口の閉塞)	火砕サージを伴う噴石・降灰(2km以内)	降灰に伴う土石流	○
	A-4				噴石・降灰(1km以内)・赤熱現象	火砕サージを伴う噴石・降灰(2km以内)	火砕サージを伴う噴石・降灰 溶岩流の流出	○
	A-5				噴石・降灰(1km以内)・赤熱現象	→→→→→	火砕サージを伴う噴石・降灰 溶岩流の流出	○
シナリオ B (地獄湯の谷地熱帯)	—	定常的な噴気活動	噴気の増加等活発化・鳴動 温泉の変色 温度・湯量の変化	地すべりの前兆		×		
	B-1				水蒸気噴火に伴う噴石・降灰	降灰に伴う土石流	○	
	B-2				大規模な崩壊現象に起因する土砂流動(仮称)		○	
B-3	噴気活動に起因する小規模な土石流			○				
シナリオ C (杵島・往生岳、米塚付近)	—	地震活動の活発化 地盤の隆起など	火山性微動の発生 群発地震の発生 温泉や井戸水の異常 地盤の隆起・変形 電磁気・重力変化	→→→→→	火砕サージを伴う噴石・降灰	×		
	C-1					降灰に伴う土石流	○	
	C-2				火砕サージを伴う噴石・降灰	→→→→→	降下スコリア/軽石 スコリア丘の形成 溶岩流出	○
C-3	→→→→→	→→→→→	→→→→→	降下スコリア/軽石 スコリア丘の形成 溶岩流出 降灰に伴う土石流	○			
共通	—	カルデラを形成するような巨大噴火				×		
	—	火山ガスの噴出				×		

4.2 対策可能な現象・規模

阿蘇山において発生が想定される現象に対して、現象の特徴や国内外の他火山における噴火対応事例を踏まえて、技術的対応の方針を整理した（表 4-2）。

表 4-2 各想定現象に対する技術的対応の方針

想定現象	特徴	ハード対策での対応可否	技術的対応の方針	砂防部局で主体的に対応する現象
噴石	噴火によって直径数 cm～数十 cm の岩石が火口から飛来する。破壊力が大きく、人命や財産への被害が予想される。		空中を飛来するものであるため、砂防のハード対策では対応できない。 ソフト対策(監視・観測・警戒避難など)により対応。	×
降灰	噴火によって火山灰が広範囲に拡散・降下・堆積する。直ちに破滅的な被害に結びつくことは少ないが、吸引による人体への影響や農作物への被害が予想される。また、土石流発生の誘因となる。		空中を飛来するものであるため、砂防のハード対策では対応できない。 ソフト対策(監視・観測・警戒避難など)により対応。	×
火砕サージ	噴火によって火山灰や噴石などを含む噴煙が、高温・高速で流れ下る。破壊力が大きく、人命や財産への被害が予想される。		火砕サージへの直接的な対策は、技術的に困難である。 ソフト対策(監視・観測・警戒避難など)により対応。	×
溶岩流	噴火によって地表に噴出したマグマが高温・低速で流れ下る。人命への被害の可能性は低い、財産や土地そのものへの被害が予想される。		溶岩流をハード対策によって停止・導流することは困難である。 ソフト対策(監視・観測・警戒避難など)により対応。 影響範囲・到達時間の推定(リアルタイムハザードマップの作成) ただし、小規模な溶岩流や流れの側方に対しては緊急ハード対策の適用の可能性を検討する。	△
(天然ダムの形成による湛水)	溶岩流が河川へ堆積することにより河川水が堰き止められ、その上流側が湛水する。広範囲にわたり住宅や農作物などの浸水被害が予想される。		湛水した河川水をハード対策(緊急排水路)により対応可能。 ただし、溶岩流が未固結の状態では対策が困難である。	
噴気活動に起因する小規模な土石流	継続的な噴気活動によって、噴気孔近傍の斜面が崩壊し、水と土砂が一体となって溪流を流れ下る。ここでは、平成 18 年 8 月に南阿蘇村吉岡の噴気地帯で、斜面崩壊に伴い発生した小規模な土石流のような現象をいう。		小規模な土石流に対しては、ハード対策(除石、仮設砂防堰堤、仮設導流堤など)により対応可能。	○
大規模な崩壊現象に起因する土砂流動	熱水変質地帯において、地すべりや土石流などが長距離を流下する。破壊力が大きく、人命や財産への被害が予想される。		地すべりに対しては、火山噴火時に緊急ハード対策を講じることは困難である。 土石流に対しては、現行のハード対策(砂防堰堤、導流堤など)により対応可能。	○
降灰に伴う土石流	噴火によって新しい火山灰が斜面に 10cm 以上堆積している場合、少量の降雨でも大きな土石流が発生しやすくなる。 水と土砂が一体となって高速で溪流を流れ下り、谷出口などで氾濫する。破壊力が大きく、人命や財産への被害が予想される。		年最大日雨量の既往最低降雨規模($\alpha = 1\text{or}2$)は、現行のハード対策(砂防堰堤、導流堤など)により対応可能。 ただし、対象土砂量と時間の猶予などを考慮して、個別ケースにおいて具体的に検討する必要がある。 100 年超過確率降雨規模($\alpha = 1\text{or}2$)は、ソフト対策(監視・観測・警戒避難など)により対応。	○

第5章 火山噴火時の調査

火山噴火は、事前の想定と同一の位置・規模で現象が発生することは少ない。また、社会的な条件や地形などについても噴火時点での状況を把握することが必要となる。そのため、噴火状況に応じた調査を実施し、必要に応じて各関係機関が連携して実施する。

5.1 監視・観測すべき項目

火山噴火時に監視・観測すべき事項を表 5-1 に記す。

表 5-1 監視・観測すべき項目

対象	監視・観測項目	目的	主な実施機関
火口	形成位置, 規模, 形状	・ 全ての予測のための基本情報	気象庁
地形	隆起・沈降等による地形変状	・ 土石流下範囲の予測修正	国土地理院
気象	降雨量	・ 土石流の発生予測 ・ 土石流発生基準雨量の検討	気象庁
	風向・風速	・ 降灰方向・範囲の予測	
火山灰 (テフラ)	堆積域および堆積深分布	・ 土石流発生溪流の予測, 流出土砂量の予測	気象庁 砂防部局
	性状 (粒径, 透水係数, 密度等)	・ 土石流の発生しやすさの予測 (基準雨量の設定等)	
火砕丘	成長・崩落状況	・ 火砕流発生の可能性や切迫度の判断 ・ 火砕流規模(崩落量)の推定	
	温度	・ 崩落時に危険な火砕流となるか否かの予測	
火砕サージ	発生検知	・ 今後の発生予測	気象庁
	流下範囲および堆積深分布	・ 今後の流下方向や到達距離の予測 ・ 土石流発生溪流の予測, 流出土砂量の予測	
	温度	・ 火砕流の危険度合の判断	
	堆積物の性状 (粒径, 透水係数, 密度等)	・ 土石流の発生しやすさの予測 (基準雨量の設定等)	
溶岩流	流下範囲	・ 今後の流下方向の予測 ・ 平均的な流下速度の推定 →到達時期の予測	気象庁 砂防部局
	流下速度	・ 到達時期の予測	
土石流	発生検知	・ 下流住民や砂防工事従事者の緊急避難	砂防部局
	流下・氾濫範囲および堆積深	・ 今後の発生溪流, 流下範囲の予測 ・ 土砂量の推定→今後の流出土砂量予測 ・ 氾濫した場合は, ハード対策の検討	
	堆積物の性状(粒径, 構造等)	・ 流下形態の把握, 危険度合いの予測	
既往施設	空容量および損傷状況	・ 緊急減災ハード対策検討にあたっての前提条件	
既設道路	通行可能状況	・ 緊急減災ハード対策検討にあたっての前提条件	

5.2 監視・観測手段

前節で示した項目を監視・観測するための手段としては、下記のようなものが考えられる。

各項目と手段の組合せを表 5-2 に示す。これらの手段は既存技術を用いた方法であるが、噴火時点での技術レベルの進捗や噴火の状況に応じて、最善の手法を用いることが基本となる。

- ① 現地機動観測
- ② 衛星によるリモートセンシング
光学センサ（可視，赤外等），SAR（合成開口レーダ）
- ③ 航空機によるリモートセンシング
空中写真撮影（およびそれによる図化），航空レーザ計測（高高度レーザ），
赤外・近赤外等センサ，SAR（合成開口レーダ）
- ④ ヘリコプターによる視察
- ⑤ 無人飛行機（UAV）
- ⑥ 現地センサ・監視観測機器類
- ⑦ 現地固定カメラ，運搬型監視カメラ
- ⑧ カメラ映像等を用いた3D計測システム など

表 5-2 監視・観測すべき項目と手段の組み合わせ

対象	監視・観測項目	現地機動観測	衛星によるリモートセンシング		航空機によるリモートセンシング				ヘリ視察	現地センサー・観測機器	現地固定カメラ
			光学センサ	SAR	写真撮影	航空レーザ計測	赤外・近赤外	SAR			
火口	形成位置, 規模, 形状	△	△	▲	○	○	△	●	○	—	△
地形	隆起・沈降等による地形変状	○	△	▲	○	○	—	●	△	—	△
気象	降雨量	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—
	風向・風速	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—
火山灰 (テフラ)	堆積域および堆積深分布(特に10cm)	●	△	—	△	△	—	▲	△	●	△
	性状(粒径, 透水係数, 密度等)	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—
火砕丘	成長・崩落状況	△	△	▲	○	○	△	●	○	—	△
	温度	○	○	—	—	—	○	—	—	—	○
火砕流	発生検知	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—
	流下範囲および堆積深分布	—	△	▲	○	○	△	●	○	—	△
	温度	○	○	—	—	—	○	—	—	—	○
	堆積物の性状(粒径, 透水係数, 密度等)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
溶岩流	流下範囲	▲	○	▲	○	○	○	●	○	—	△
	流下速度	○	—	—	—	—	—	—	—	—	○
土石流	発生検知	—	—	—	—	—	—	—	—	●	△
	流下・氾濫範囲および堆積深	▲	—	—	○	○	—	▲	○	—	△
	堆積物の性状(粒径, 構造等)	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—
既往砂防施設	空容量および損傷状況	●	—	—	○	○	—	—	△	—	○
既設道路	通行可能状況	●	—	—	○	○	—	—	△	—	—

記号凡例

	雲・霧・噴煙等の影響を受ける	全天候
十分な精度・分解能で情報を得ることができる	○	●
精度・分解能は不十分だが情報を得ることができる	△	▲
情報を得ることができない	—	—

5.2.1 衛星によるリモートセンシング

火山の監視・観測に活用可能と考えられる主な人工衛星センサの諸元を、表 5-3 に示す。これらの衛星画像は様々な分野に活用され、防災分野も例外ではない。観測周期は 11 日～26 日と長いですが、ポインティング機能を有する衛星では観測要求を受け付けられれば数日以内に観測可能である。また、観測からデータ配布に要する時間は一般には 1 週間程度であるが、ASTER では緊急観測の場合には通信回線を用いてデータ転送を行うことによって 24 時間以内にデータ配布が可能とのことである。

なお、2006 年に打ち上げられた ALOS (だいち) は、災害状況把握等を目的に全世界を観測し、5 年間で 650 万シーンを撮像し、災害緊急観測活動に貢献してきたが、平成 23 年 5 月 12 日 (午前 10 時 50 分) に更新不能となり、運用が終了している。

(1) 光学センサ

- ① ツールカラー画像・フォールスカラーによる、火山灰・火砕流・泥流・土石流等の影響範囲の判読。

目視による判読の他に、有珠山 2000 年噴火の際には、ASTER/VMIR のスペクトル特性から降灰量を定量的に算出する試みもなされている。

例：図 5-1, 図 5-2

- ② DEM 作成による地形変状、火砕丘形成状況等の把握。

ASTER/VNIR では、直下視と前方/後方視の視差を利用した DEM 作成が可能である。

ASTER による DEM の精度は (NTT データで販売されている 15m メッシュ DEM の場合)、水平 15m、高さ 5～15m となっている。ただし植生・地物の上を捉える DSM である点に注意が必要である。

これらから、高さ数十 m オーダーでの地殻変動による流域変更や火砕丘形成などについては、ある程度定量的に観測できる可能性がある。

例：図 5-3

- ③ 熱赤外映像による溶岩流・火砕流等の温度と流下範囲の把握。

表 5-3 の中では、ASTER/TIR と Landsat で観測可能である。ただし分解能が 60～90m とやや粗い点に注意が必要である。

例：図 5-4

表 5-3 火山監視・観測に活用可能と考えられる主な衛星の諸元（1／2）

衛星名／ センサ名	SPOT-5	IKONOS
打ち上げ	2002年5月4日	1999年9月25日
軌道高度	822km	681km
回帰日数	26日	11日
最短観測周期	1～4日、平均2.4日	1.6日
ポインティング機能	±27°	±45°
観測幅	120km	11km
センサ	パナクロ／マルチ (緑、赤、近赤外、 中間赤外)	パナクロ／マルチ (青、緑、赤、近赤外)
分解能	パナクロ5or2.5m マルチ 10m	パナクロ0.82-1m マルチ4m
観測要求受付	あり (窓口：東京スポットイメージ)	あり (窓口：日本スペースイメージング)

参考資料

空間情報技術の実際, p68, (社)日本測量協会, 2002

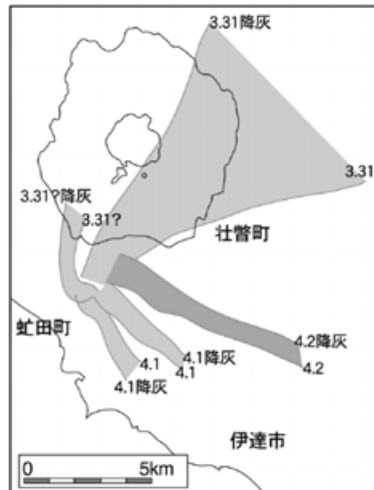
宇宙技術開発株式会社ホームページ(<http://www.sed.co.jp/sug/contents/satellite/satellite.html>)宇宙航空研究開発機構(JAXA)ホームページ(<http://www.satnavi.jaxa.jp/project/alos/tech/goal.html>ほか)SPOT Imageホームページ(<http://www.spotimage.co.jp/web/555-the-spot-satellites.php>)

表 5-3 火山監視・観測に活用可能と考えられる主な衛星の諸元（2/2）

衛星名／センサ名	QuickBird	ASTER (TERRAに搭載)			Landsat-7
		VNIR	SWIR	TIR	
打ち上げ	2001年10月18日	1999年12月18日			1994年4月15日
軌道高度	450km	705km			705km
回帰日数	20日	16日			16日
最短観測周期	1～3.5日	平均4日(赤道付近)～2日(有珠山付近)			16日
ポインティング機能	±30°	±24°			なし
観測幅	16.5km	60km	60km	60km	185km
センサ	パナクロ／マルチ (青、緑、赤、近赤外)	緑、赤、近赤外 (近赤外は直下視、後方視)	中間赤外6バンド	熱赤外5バンド	パナクロ／マルチ (青、緑、赤、近赤外、中間赤外×2、熱赤外)
分解能	パナクロ0.61-0.72m マルチ2.4m	15m	30m	90m	パナクロ15m マルチ(熱赤外以外)30m マルチ(熱赤外)60m
観測要求受付	あり (窓口: 日立ソフト)	事前登録ユーザ*(サイエンスチームメンバー等)のみ可 一般ユーザはアーカイブのみ			なし

参考資料

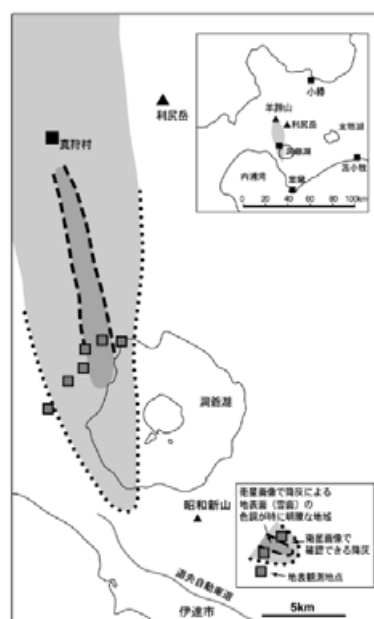
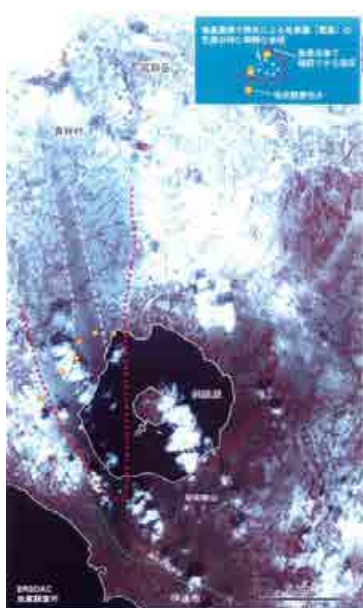
空間情報技術の実際, p68, (社)日本測量協会, 2002
 宇宙技術開発株式会社ホームページ (<http://www.sed.co.jp/sug/contents/satellite/satellite.html>)
 (財)資源・環境観測解析センター(ERSDAC)ホームページ
 (http://www.gds.aster.ersdac.or.jp/gds_www2002/exhibition_j/e_project_j/e_project_j.html)
 浦井ほか: ASTERによる有珠火山2000年噴火に伴う降灰域の観測, 地質調査研究報告, 52, 第4/5号, 2001
 国土交通省総合技術開発プロジェクト「災害等に対応した人工衛星利用技術に関する研究」総合報告書



2000年4月3日



2000年4月3日



2000年4月7日

出典：浦井ほか：ASTERによる有珠火山2000年噴火に伴う降灰域の観測，地質調査研究報告，52，第4/5号，2001

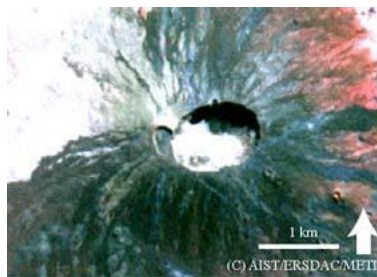
図 5-1 ASTER/VNIR 画像による降灰域の判読事例



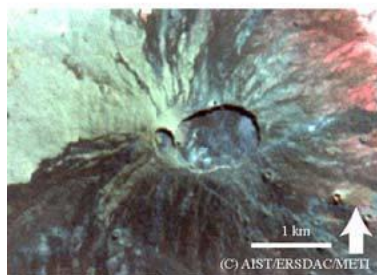
カラー (RGB) 画像

近赤外画像

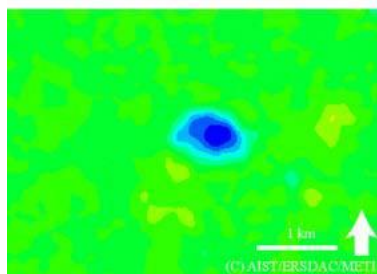
図 5-2 三宅島噴火時の IKONOS 画像事例 (平成 13 年 4 月 15 日撮影)



(a)

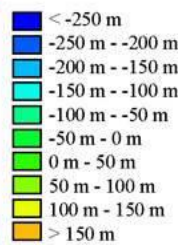


(b)



(c)

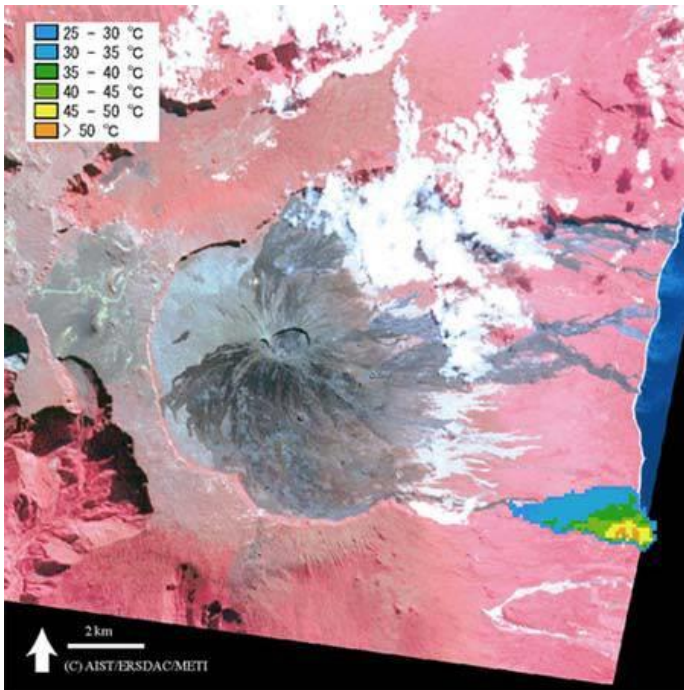
(a) 2007 年 5 月 6 日撮影(噴火後), 中央に火口が見える. (b) 2005 年 6 月 8 日撮影(噴火前). (c) 両画像から計算した数値化地形情報 (DEM)の差分. 火口に楕円形の凹部が見える.



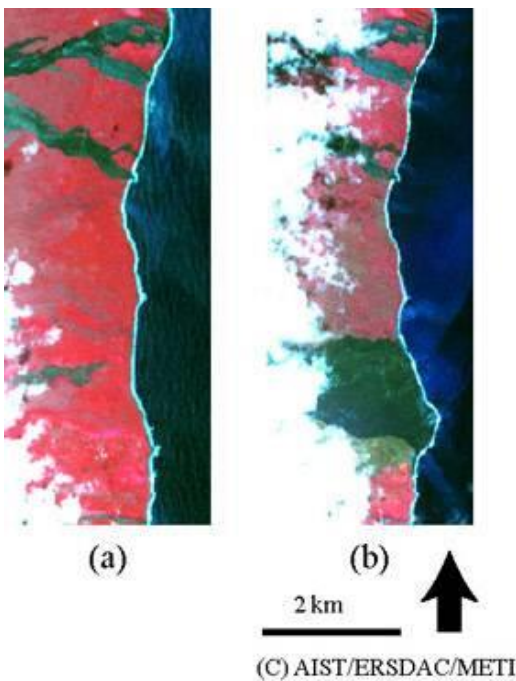
出典：産総研広報記事

『高性能光学センサ (ASTER) 衛星画像でフルネーズ火山噴火に伴う火口の陥没量を推定 (フランス領リュニオン島)』
http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/jpri_060215_1.htm

図 5-3 ASTER から作成した DEM による火口陥没量の推定事例



2005年6月8日に観測されたフルネーズ火山の可視近赤外 (VNIR)画像に、2007年5月4日の夜間に得られた熱赤外 (TIR) 画像から求めた地表温度分布の内、25°C以上の地域を重ねたものである。赤い部分は植生で覆われた地域、白い部分は雲、黒い部分は古い溶岩が分布する地域である。地表温度が25°C以上の地域では、青→緑→黄色→オレンジとなるに従って温度が高い。



新たな溶岩によって埋め立てられたレユニオン島東海岸
(a) 2007年3月18日の可視近赤外 (VNIR)画像, (b) 5月6日の可視近赤外 (VNIR)画像. 中央やや下の黒い部分が新たな溶岩, 右側の黒い部分は海, その他の黒い部分は古い溶岩, 白い部分は雲, 赤い部分は植生.

出典：産総研広報記事

『高性能光学センサ (ASTER) 衛星画像でフルネーズ火山噴火に伴う火口の陥没量等を推定 (フランス領レユニオン島)』
(http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/jpri_060215_1.htm)

図 5-4 ASTER 衛星の赤外・近赤外画像による溶岩流流下範囲の判読例

(2) SAR

SAR（合成開口レーダ）は天候や昼夜に左右されず観測できるという利点がある。さ
SARの活用方法としては、下記の方法が考えられるが、②③は精度・不確実性・煩雑さ
の点で適用しにくいといえる。

① SAR 画像（後方散乱強度図）による火口や火砕丘の形成状況の把握

SAR 画像で地形状況が把握できる程度の規模の火口や火砕丘であれば、大まかな位
置や規模が推定可能である。また2時期の画像を比較照合（輝度値の差分等）する
ことによって、変化地点を抽出する試みもなされている。

② InSAR（干渉 SAR）技術による DEM 作成。

しかし標高精度は一般に 50m程度以上である（表 5-4）ため、ここで想定している
火山噴火緊急減災対策上の活用は考えにくい。

③ DInSAR（差分干渉 SAR）技術による標高変化量の計測。

標高値そのものを計測するのではなく、2時期の標高変化量を計測する方法で、条
件が揃えばセンチメートルオーダーでの検出可能である。ただし、これまでの適用
事例は主にマグマ貫入や断層活動・地盤沈下などの比較的広域な変動の把握であり、
火砕丘形成や土砂移動状況の把握への適用性は不明である。また、地形縞や大気
の影響を除去するのに複雑な手順を踏む必要がある。

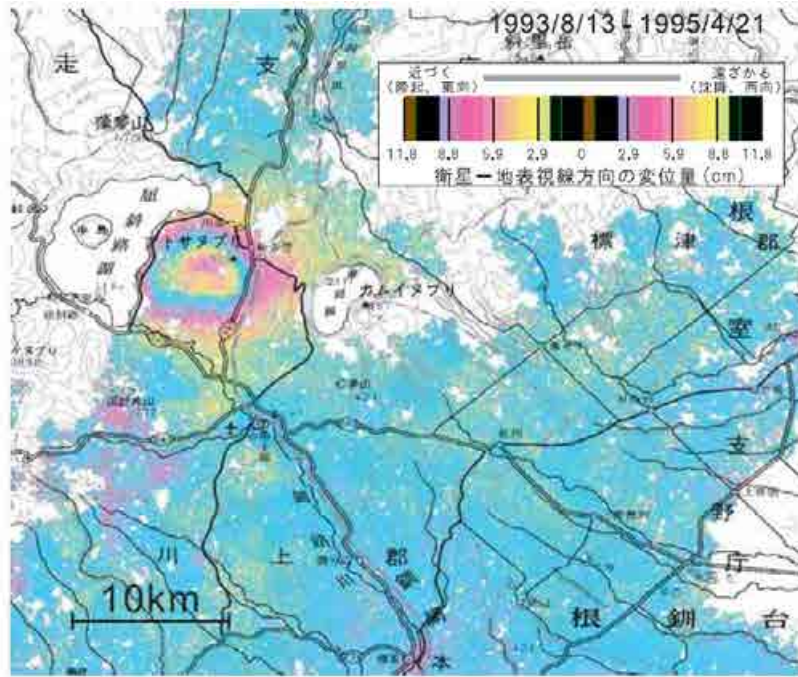
例：図 5-5

表 5-4 衛星 SAR による DEM の精度

項 目	菅ら (1997) ^①	真屋ら (1997) ^②	河合ら (1999) ^③
対象地域	①広島市 ②富士山	富士山 30km×38km	福島盆地 35km×25km
パスローウ	①77-243 ②66-241	65-241	64-237
データ観測日	①96.04.26 - 09.05 ②95.09.07 - 10.21	93.07.07 - 08.20	95.09.05 - 10.19
処理ソフト	Voxel SAR Pro.	EarthView Pro.	同 左
ベースライン 長	①101m ②298m	513m	172m
標高精度評価 (rms)	①73.3m ②156.4m	50m (一部除外区域あり)	75m

較差	(国家三角点) - (SAR)	(50mメッシュ) - (SAR)
最小値	-90	-260
最大値	79	540
平均値	-7	13
標準偏差	36	75

出典：空間情報技術の実際，（社）日本測量協会，1.12 衛星 SAR による DEM 計測，2002



出典：干渉 SAR で捉えられた屈斜路湖東岸の火山性地殻変動，国土地理院

図 5-5 DInSAR による火山性地殻変動の検出事例

5.2.2 航空機によるリモートセンシング

(1) 空中写真撮影

従来からある基本的な手法で、速やかに広域の状況を均質に把握できる点で優れており、現在でも利用価値は衰えない。下記のような活用法がある。

① 技術者の判読による状況把握.

火口規模、地形変状、火砕丘形成・崩落状況、降灰範囲の把握、火砕流・泥流・土石流等の流下経路・範囲の把握、既往砂防施設の空容量・損傷状況や既設道路の寸断状況の把握など、広範囲の目的に使用できる。

ただし、火山灰堆積深の定量的な計測は困難である。

② 航測図化による地形図・DEM作成.

火口規模、地形変化量、火砕丘形成・崩落体積の計測、火砕流・泥流・土石流等の範囲と堆積量計測など、広範囲の目的に使用できる。

ただし航測図化の高さ精度は、1/2,500の場合でメートルオーダーになるため(表5-5)、降灰深や薄い土砂堆積深の把握は困難である。

表 5-5 空中写真測量と航空レーザ計測による精度比較

	空中写真測量 (1/1,000) 斜面傾斜 40° の場合	空中写真測量 (1/2,500) 斜面傾斜 40° の場合	レーザープロ ファイラ計測 斜面傾斜 40° の場合
平面位置 (XY 方向:m)	±0.70	±1.75	±0.3~±0.8
高さ (Z 方向:m)	0.33±0.59	0.67±1.47	0.15±0.25 ~0.67

出典：中村ら：航空レーザ計測を用いた土砂生産・流送域における河床変動状況，砂防学会誌，59-4，2006

(2) 航空レーザ計測

近年、高機能化と普及の著しい技術で、一般的には 0.5~2.5m に 1 点程度の密度の DEM が作成される。下記のような活用法がある。

① 航測図化による地形図・DEM 作成。

火口規模，地形変化量，火砕丘形成・崩落体積の計測，火砕流・泥流・土石流等の範囲と堆積量計測など，広範囲の目的に使用できる。

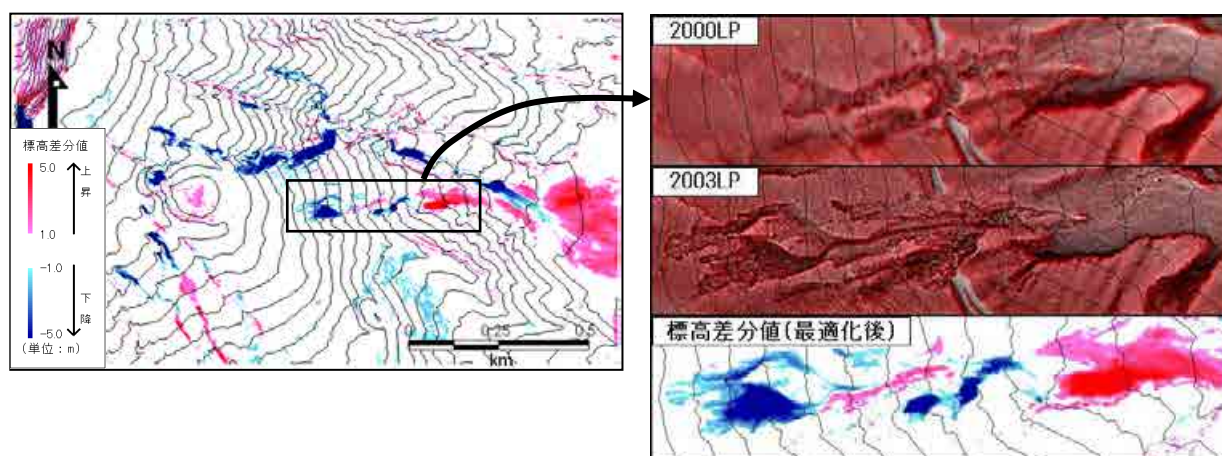
ただし 50cm 程度未満の変状（降灰深など）の把握は困難である（表 5-5）。

例：図 5-6

② 地形の可視化画像（赤色立体地図など）による状況把握。

火口規模，地形変状，火砕丘形成・崩落状況，降灰範囲の把握，火砕流・泥流・土石流等の流下経路・範囲の把握，既往砂防施設の空容量や既設道路の寸断状況の把握など，広範囲の目的に使用できる。

例：図 5-6，図 5-7，



出典：平川：航空レーザ測量による地形変化把握のための標高差分値の最適化，砂防学会誌，58-6，2006

図 5-6 航空レーザ計測データの差分と赤色立体地図による侵食・堆積状況把握事例



出典：千葉ら：地形表現手法の諸問題と赤色立体地図，地形表現が生み出す地図の可能性，
地図 45-1，日本国際地図学会，2007

図 5-7 赤色立体地図による火口・断層等の表現例（有珠山 2000 年噴火西山西麓火口群）

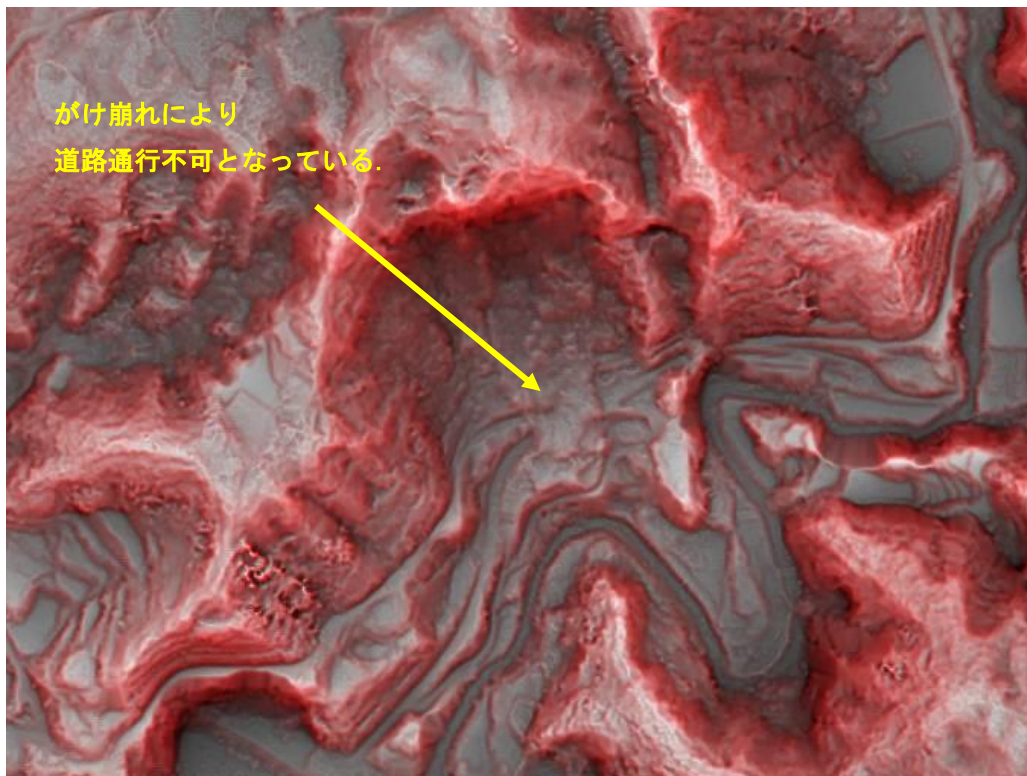


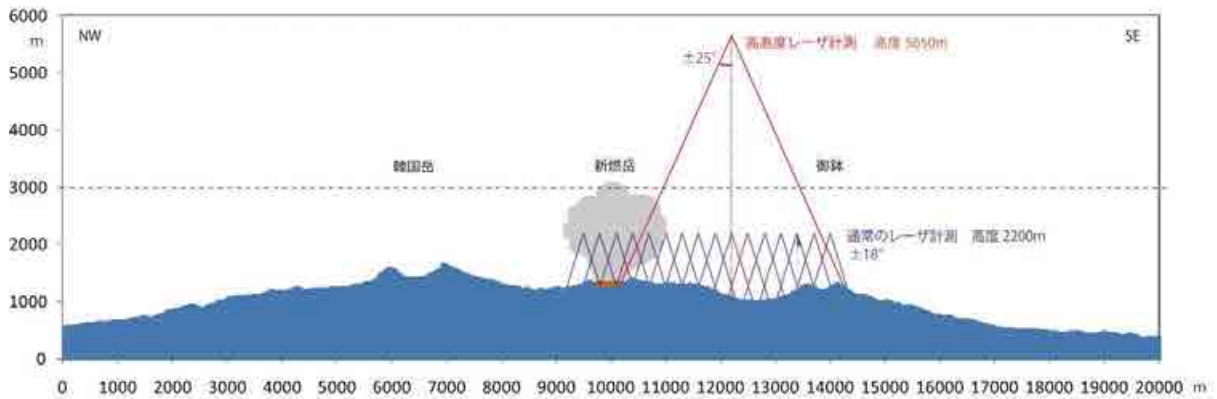
図 5-8 赤色立体地図による道路通行不可能箇所の抽出例

(3) 高高度航空レーザ計測

霧島山新燃岳の噴火において、降灰状況および降灰深の把握を目的として、高高度航空レーザ計測が行われている。高高度航空レーザ計測は、危険な火口上空を避けて、火口の南東2kmの高度5,650mから実施された(5mメッシュ)。

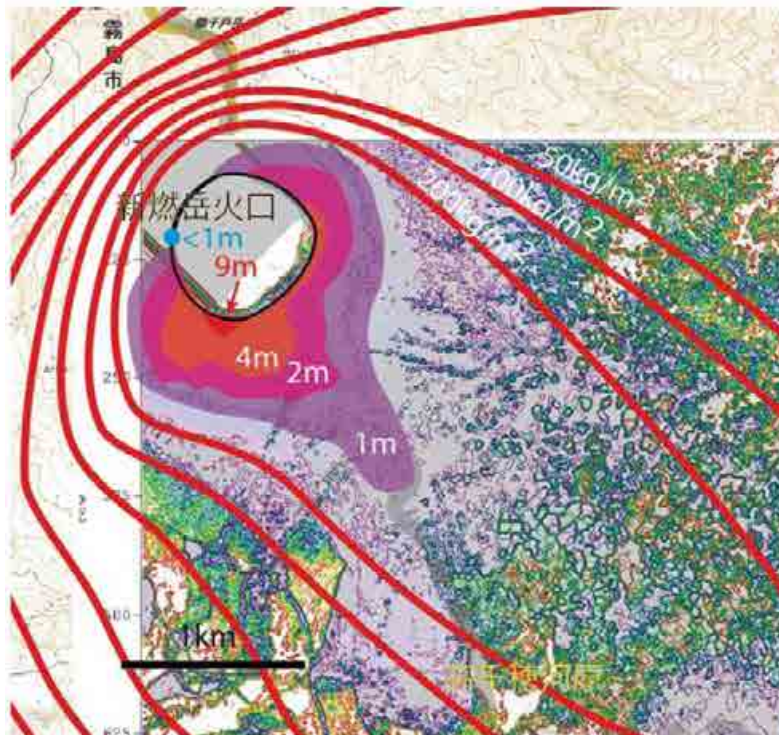
新燃岳噴火では火口から南東方向に白色の軽石が降下堆積し、その後、黒色の火山灰が東向きにその上を覆うように堆積したことが知られている。

また火口周辺の地形変化量を求めたところ、火口縁南側で10m前後(最大12m)、東方向で4mであった(測定誤差±50cm)。



出典：アジア航測(株)ホームページ

図 5-9 高高度レーザ計測の概念図



出典：第120回火山噴火予知連絡会資料より抜粋
産総研・東大地震研・防災科研・アジア航測(株)：新燃岳2011年1月26日から2月末までの降下火砕物噴出量(再考)

図 5-10 高高度レーザ計測結果による火口近傍の堆積量推定結果

(4) 赤外・近赤外等センサ

航空機搭載型のマルチスペクトルセンサ（分光装置）（例えば防災科研の VAM-90A / ARTS 等）によって、衛星の項で記したのと同様の観測を、よりピンポイント・高分解能で実施できる。例えば下記のような活用法がある。

- ① 熱赤外による火砕丘や火砕流・溶岩流堆積物の温度計測。

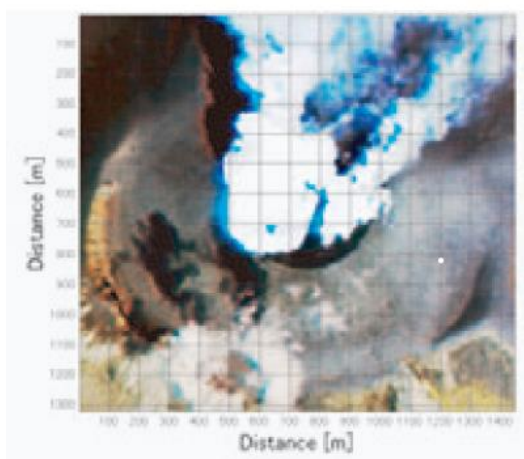
例：図 5-11

- ② 近赤外による植生活性度の把握→降灰域等の把握。

VAM-90Aで観測した2004年9月に噴火した浅間山

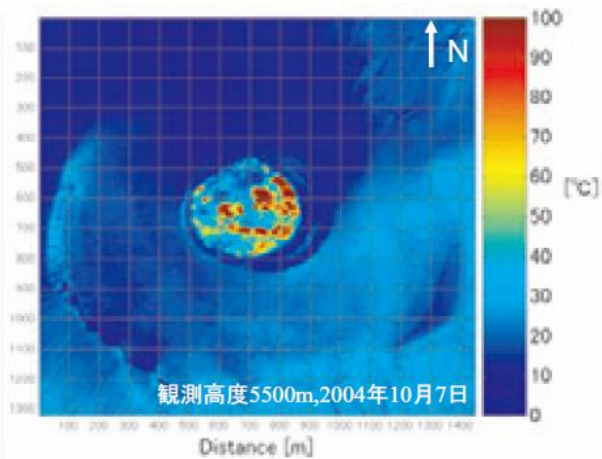
可視光と近赤外線での浅間山(分解能9m)

火口から放出される噴煙や火山灰が観測可能。



赤外線での浅間山(分解能4.5m)

火口内の温度が観測可能。600度以上の温度を検出。



出典：リモートセンシング技術による火山活動の把握，（独）防災科学技術研究所

図 5-11 航空機搭載型赤外センサによる火口温度観測事例

(5) SAR

航空機搭載型の SAR (合成開口レーダ) によって、衛星 SAR よりもはるかに高精度・高分解能の DEM を作成することが出来る。航空レーザ計測と比較すると精度・分解能は劣るものの、雲や霧・噴煙等に左右されないという大きな利点がある。下記の利用法が考えられる。

① SAR 画像 (陰影図) による火口や火砕丘の形成状況の把握

SAR 画像で影が出来る程度の規模の火口や火砕丘であれば、大まかな位置や規模が推定可能である。2011 年新燃岳噴火の際には、世界最高分解能 (高度 6,000m から 12,000m の高さで 30cm の分解能) を持つ航空機 SAR による火口観測も行われている。例: 図 5-12, 図 5-13

② InSAR (干渉 SAR) 技術による DEM 作成。

火口規模、地形変化量、火砕丘形成・崩落体積の計測、火砕流・泥流・土石流等の範囲と堆積量計測など、広範囲の目的に使用できる。

ただし、航空機 SAR による DEM の高さ精度はメートルオーダーになるため、降灰深や薄い土砂堆積深の把握は困難である。

例: 図 5-12

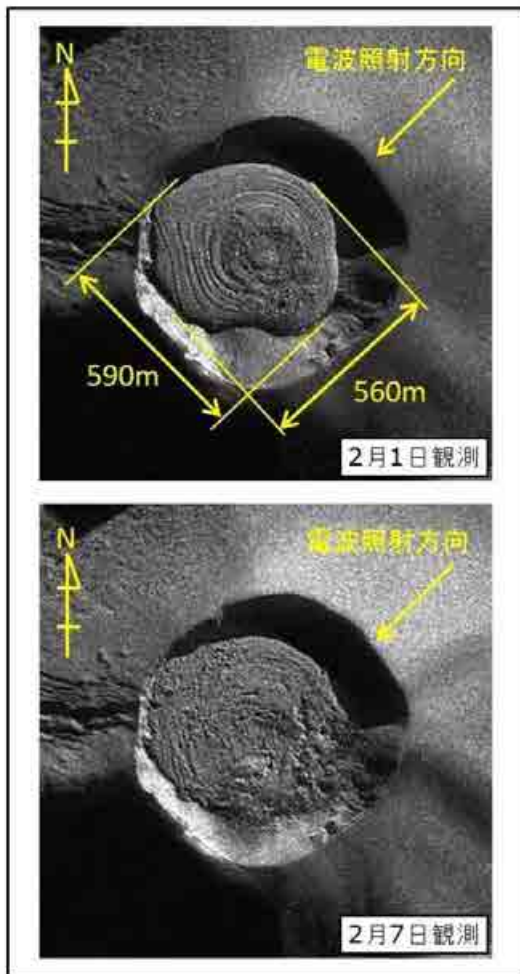


図-5 SAR 再生画像 (path 5 拡大)

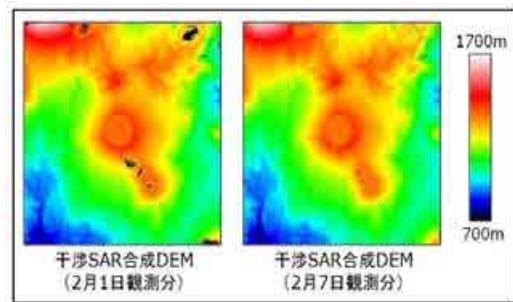


図-7 干渉 SAR 合成 DEM による段彩図

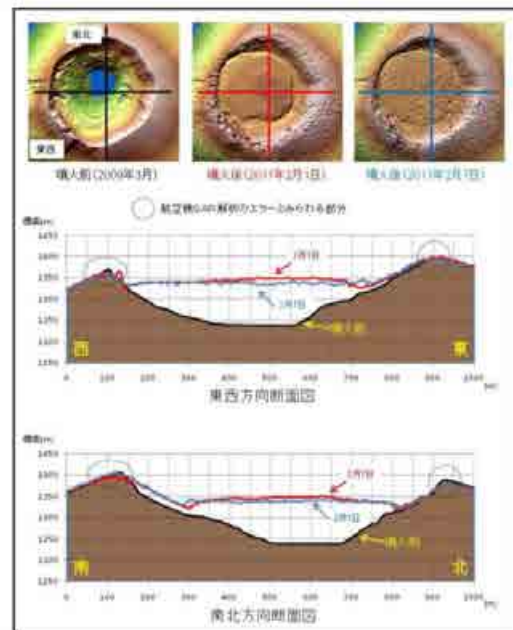


図-9 噴火前後の火口付近断面図

出典: 下野ら, 航空機 SAR による霧島山 (新燃岳) の火口地形観測 (<http://www.gsi.go.jp/common/000062663.pdf>)

図 5-12 航空機搭載 SAR による DEM 作成事例 (新燃岳 2011 年噴火)

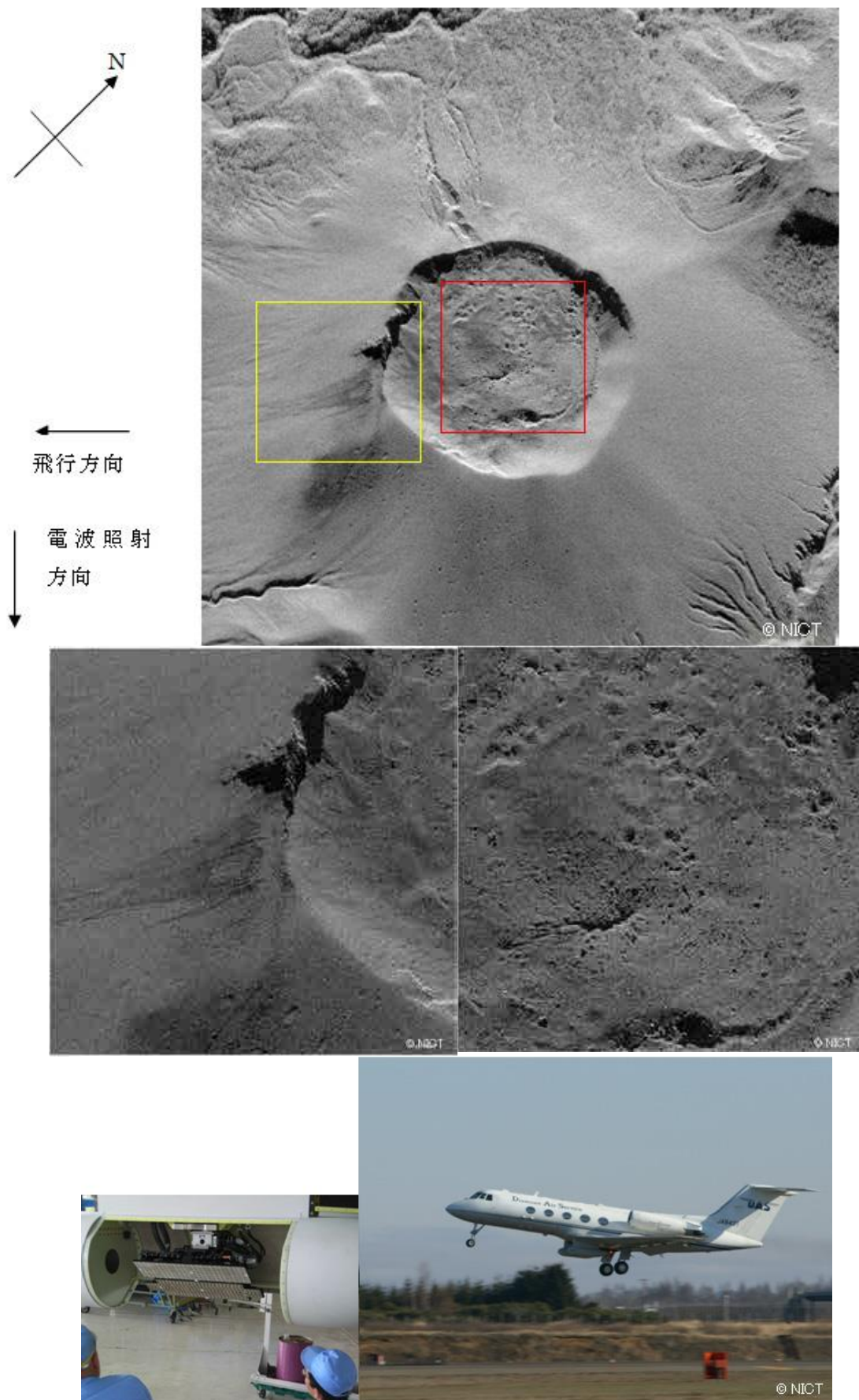


図 5-13 航空機搭載 SAR による火口観測事例（新燃岳 2011 年噴火）

出典：独立行政法人 情報通信研究機構ホームページ、「航空機搭載 Pi-SAR2 による世界最高分解能の霧島新燃岳噴煙下レーダ画像の計測」 <http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h22/110223/110223.html>

5.2.3 ヘリコプターによる視察

定量的な計測は困難であるが、定性的な状況を迅速に把握する上では、最も有効な手法の1つである。ただし、山岳地の運行経験の豊富なパイロットと、専門知識と現地状況に詳しい技術者・研究者の搭乗が、必須である。

火口の位置・規模・形状，地形変状，降灰域，火砕丘の成長・崩落状況，火砕流・泥流・溶岩流・土石流の流下氾濫範囲，既往砂防施設の空容量・損傷状況や既設道路の寸断状況の把握など，全ての状況の定性的確認に有効である。高さ方向（高さ・深さ）の計測は困難だが，目視レベルでの概略的な把握は可能である。



国土交通省九州地方整備局ホームページ (http://www.qsr.mlit.go.jp/s_top/shinmoe/heri-chousa.htm) より引用

図 5-14 ヘリコプターによる火山活動及び降灰状況調査（霧島山（新燃岳）噴火時）

5.2.4 無人飛行機 (UAV)

自律航行型無人航空機 (UAV: Unmanned Aerial Vehicles) は、中低空域を対象とした遠隔操作による自律飛行ができる無人航空機のことである。各種センサを搭載することによって、降雨時や夜間でも、人が近づけない危険箇所での監視、観測等が可能になる。予め飛行ルートプログラミングすることで離陸から着陸まで自動的に実行されるため、オペレーターの視界から外れても飛行上の問題はない。また、普段からのメンテナンスがあれば準備時間を必要としないことや、可搬性に優れること、光ファイバー通信などの地上局が整備されていればオペレーターが現場に赴く必要がないことなどが特長である。

2000年の有珠山噴火観察、2001年の三宅島泥流観測を目的とした事例がある。現在ではさらに機能・性能が向上されつつあり、広い分野での用途が検討されている。北海道開発局事業振興部防災・技術センターでは、自律航行型ヘリに降灰サンプルを収集する機能の搭載を検討して、有珠山2000年噴火時に実証している。

試料測定装置 (ペネトレータ) の投下では、1995年10月の雲仙普賢岳活動中に、九州大学や宇宙科学研究所などのグループが約2.5km離れた場所で投下時の衝撃力データなどの観測データ受信に成功している。2004年の浅間山活動の際には、名古屋大学が5ヶ月間1時間ごとに受信局へデータを送り、1cmの山体変形を検出した実績がある。

なお、噴煙による墜落の危険性や滞空時間の制約といった課題が残されている。



図 5-15 北海道開発局が既に多くの運用実績を持つ自律航行可能なヘリコプター調査システム (<http://www.e-conet.com/2001/IT/booths/it23.html> (北海道開発局事業部振興部))



図 5-16 九州大学などが雲仙普賢岳へ投下したペネトレータ (九州大学ホームページより引用) (<http://www.sevo.kyushu-u.ac.jp/sevo/staff/shimizu/peneto.html>)

5.2.5 現地センサ・観測機器類

大きく分けて、継続的な観測を目的とするものと、直前避難のための現象発生検知を目的とするセンサに分けられる。

① 継続的な観測を目的とするもの：

雨量計，風向・風速計，降灰深があげられる。

電源の確保と観測データ伝送方法が課題となるが，近年は太陽電池の高機能化，観測機器や処理装置の省電力化，データ伝送技術の進化が進んでいる。

雨量計は，観測目的と同時に，直前避難のための発生予測（下記②と同様）の目的も持つ。

② 直前避難のための現象発生検知を目的とするもの：

従来から土石流検知センサとして研究開発が進められているが，実用化され実績豊富なものとしては，ワイヤーセンサと振動センサが挙げられる。下記のようなメリット・デメリットがある。

- ・ ワイヤーセンサ：見逃しの可能性は少ない。反面，小動物や出水，落枝等による誤作動の可能性はある。また切断された後に張り直す必要があり，張り直すまではセンサとして機能しない。
- ・ 振動センサ：張り直す必要がないが，振動レベルの閾値についてはキャリブレーションを行う必要がある。設置場所によっては車輛通行等による振動（ノイズ）によって誤検知が頻発する可能性がある。



図 5-17 阿蘇山で設置されている振動センサ（左），ワイヤーセンサ（右）

5.2.6 現地機動観測

現地機動観測は、広範囲の全体像を捉えるのには不向きな一方で、堆積深計測や現物採取などを行うために不可欠なものである。リモートセンシングにより得られた情報も、現地情報と照合することで、より確実なものとなる。

また、現地に接近できなくとも火口・火砕丘等の遠望により概略を把握することも可能であるし、熱赤外カメラを用いれば温度計測も可能となる。

現地機動観測による観測内容は、下記のようなものが考えられる。

- ① 火山灰や泥流・土石流等の堆積深計測。

リモートセンシングによる広域情報と補完しあうことで、全体的な堆積深分布の把握が可能となる。

例：図 5-18

- ② 火山灰の性状（粒径，透水係数，密度等）の把握。
- ③ 泥流・土石流等堆積物の性状（粒径，堆積構造等）の把握。
- ④ 赤外カメラによる火砕丘や火砕流堆積物の温度計測。

例：図 5-19

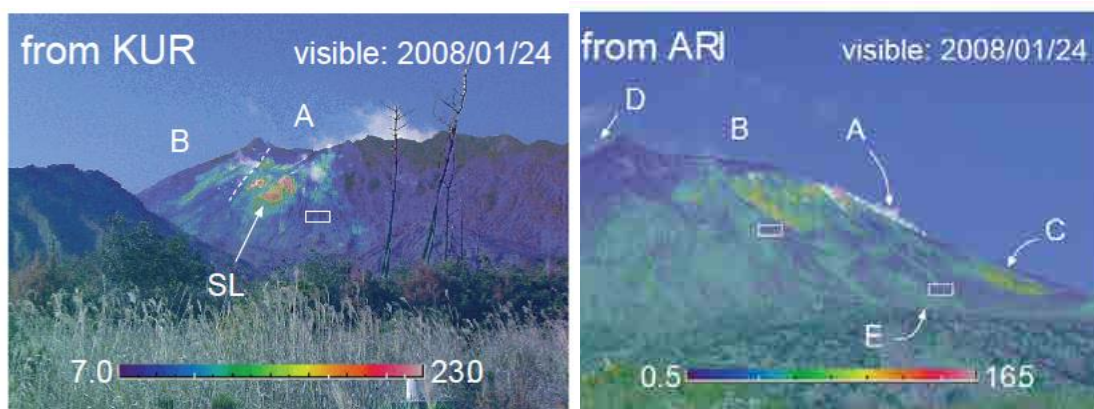
- ⑤ ビデオカメラ画像による溶岩流の流下速度推定（比較的低速の場合）。
- ⑥ 既設えん堤の空き状況調査，道路通行可能状況の調査。

※ 火砕流堆積物の計測については、火砕流発生直後の接近は危険であり、また接近できるほど安全になってからでは緊急観測としての情報価値は低いので、上記には挙げていない。



出典：地質ニュース 557，表紙，2001（写真：伊藤順一氏）

図 5-18 三宅島 2000 年噴火時の噴出物調査状況



出典：横尾・井口：熱赤外カメラによる桜島山体斜面の熱観測，京大防災研火山活動研究センターHP
 (http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/~kazan/)

図 5-19 現地機動観測での熱赤外カメラによる熱異常検知事例（桜島）

5.2.7 現地固定カメラ

現在設置されているものだけでなく，火口位置や土石流等発生の恐れのある溪流が特定されてから，緊急時に設置することも，活用価値が高い．その場合，電源の確保と画像伝送ルート，据付工事に要する期間などが問題となるが，近年はそれらを解決する簡易な Web カメラも開発されており（例：図 5-20），状況の定性的な把握には活用可能と考えられる．

現地固定カメラの活用方法としては，下記が考えられる．

- ① カメラ画像の目視による現地状況の定性的な把握．
 火口形成位置，地形変状，火山灰堆積状況，泥流・土石流等流下状況など．
- ② カメラ画像による土石流・泥流等の発生検知．
 従来から研究されてきた分野であったが，降雨・霧や虫等による誤作動（空振り）が多いのが課題であった．近年，空振りを大きく低減する手法が開発され，桜島で導入されている．

例：図 5-21

Products

USE

ユビキタス ライブ カメラ

モバイルアイ<BOSAI>

Mobile EYE

見たい場所をリアルタイムで送信



持ち運び自由
見たいシーンを逃しません



地すべり警戒地区、河川・側溝・海岸地区の遠隔監視

【製品特徴】

■LAN・電源が無いエリアで独立使用／システムを簡単に移動
オプションでバッテリー及び弊社製品(ソーラータワー:無電源方式)に接続

■ネットワークカメラ・データ通信装置を内蔵
リアルタイムの画像を送信

■モニタリング・画面操作・録画が自在
電源を入れるだけで、インターネットに接続したPC及び携帯でリアルタイムの半動画をモニタリング・画面操作・録画

■軽量でコンパクトな本体
H:175mm W:125mm L:90mm 重量:約1kg (B-180DZ10)
H:190mm W:190mm L:120mm 重量:約1.8 kg (D-360K240)

■完全屋外仕様
IP55レベルの屋外仕様・ファンヒータ及びサーモスイッチ(安全装置)内蔵

【実績例】

モバイルアイ+スタンドアロンソーラー
北海道利尻島での河川氾濫ポイントの遠隔監視



モバイルアイ+スタンドアロンソーラー
長崎県、側溝(生活用水路)の水位変化の遠隔監視



- ・画像圧縮方式 J P E G (M P E G-4)
- ・解像度 J P E G (640×480/320×240/192×144)

出典:(株)ユース パンフレット

図 5-20 緊急時の現地設置に適した Web カメラの事例

土石流検知システム

独自のアルゴリズムを使用した土石流の自動検知ソフトウェアシステム。カメラの映像内に有る河川を認識し、その河川状況の変化を解析し、自然環境が起こす様々なノイズを排除して、土石流のみを検知するシステムです。

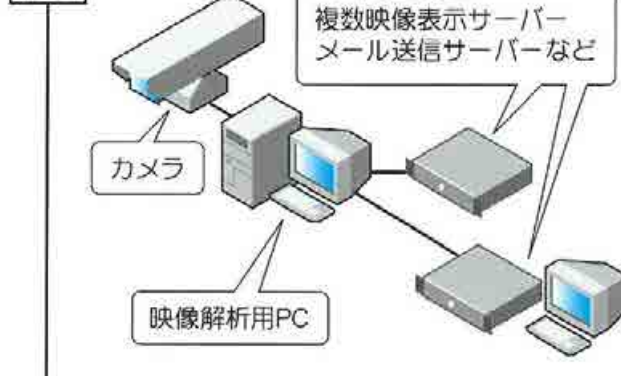


◀ 画面上の河川を自動検知、変化追跡するので、様々な角度の河川に対応できます。

独自の高いノイズ除去性能を誇る解析アルゴリズムは、画面上に映る野生動物や、鳥、昆虫などの物体や天候の変化に影響を受けません。



■ ハードウェア構成図

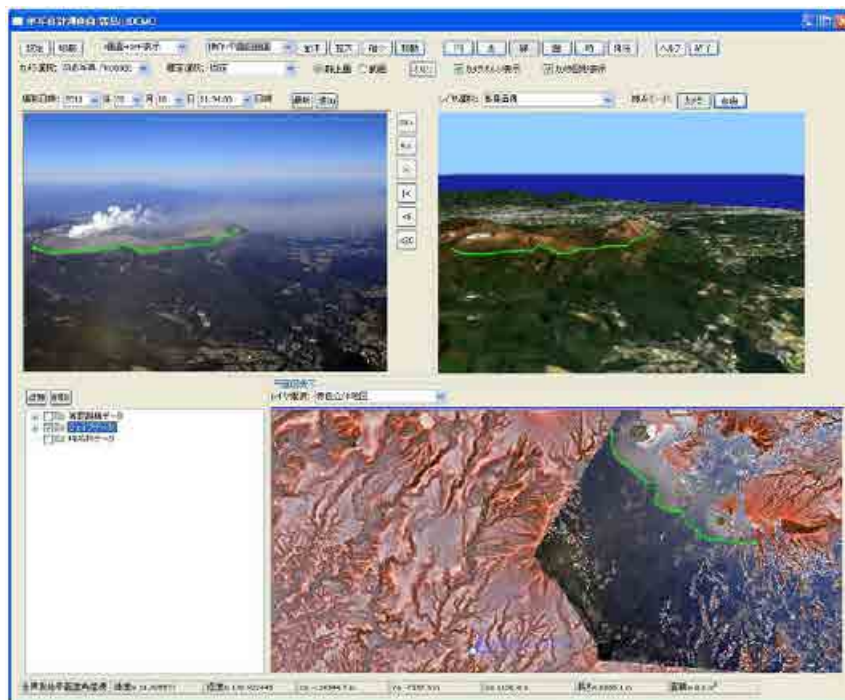


出典：(株) レブルシステムズ パンフレット

図 5-21 カメラ画像による土石流発生検知システム イメージ図

5.2.8 カメラ映像等を用いた3D計測システム

火山監視を目的に設置されている観測機器で異常が検知された場合、異常発生箇所を迅速に把握することが求められる。航空レーザ計測データと既設機器を使って噴火地点や火砕流到達範囲など現地状況を簡便に把握する手段が必要である。例えば既設監視カメラ映像を活用して変化を確認したり、手持カメラからの写真や映像しかない場合でもオルソ画像に変換して平面図上で土砂移動箇所の特定制を容易にする3次元VRシステムがある。このシステムは緊急時の迅速な対応に役立つほか、降灰分布の把握や監視カメラで確認できる位置に平常時から赤白ポールを設置しておくだけで噴火時の降灰厚さを遠隔で把握できる可能性が高い。



桜島昭和火口拡大部分の地形データ作成 (2009年3月との比較)

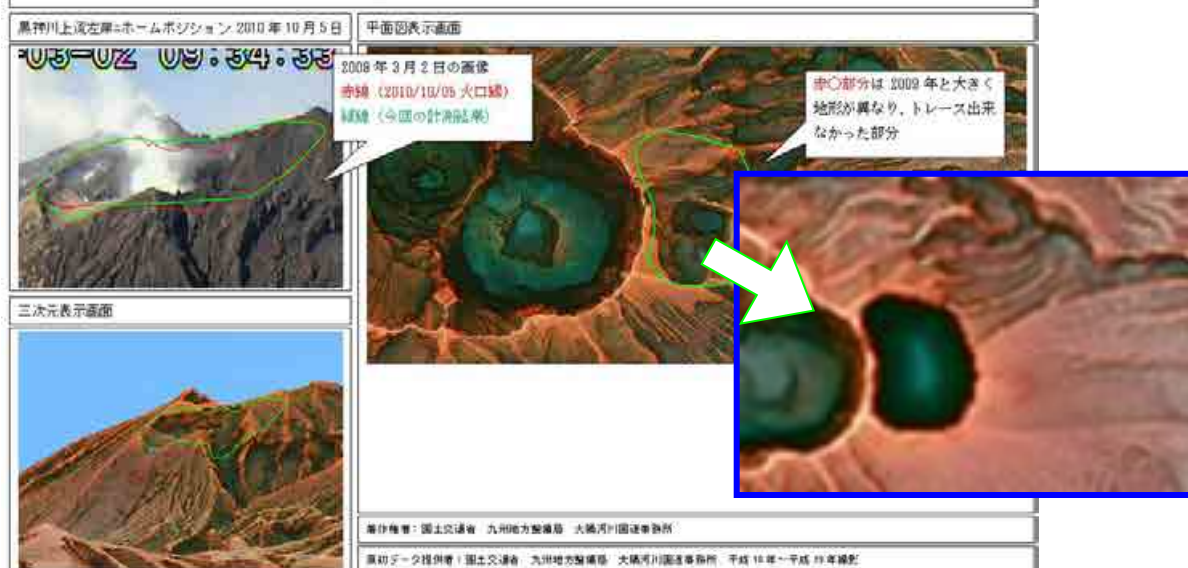


図 5-22 3次元VRシステムによる斜め写真からの降灰把握イメージと火口形状変化を取得して地形データを修正した事例 (特許第4642136号: 図はアジア航測(株)パンフレットより)

第6章 降灰に伴う土石流の流出土砂量算出

6.1 流出土砂量の算出方法

流出土砂量の算出方法は、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説」に従った。

なお、降灰の影響を以下のように考慮した。

- 移動可能土砂量には、**降灰堆積量**を加算した。
- 運搬可能土砂量には、指針の式に割増係数として**流出補正係数 α** を乗じた。

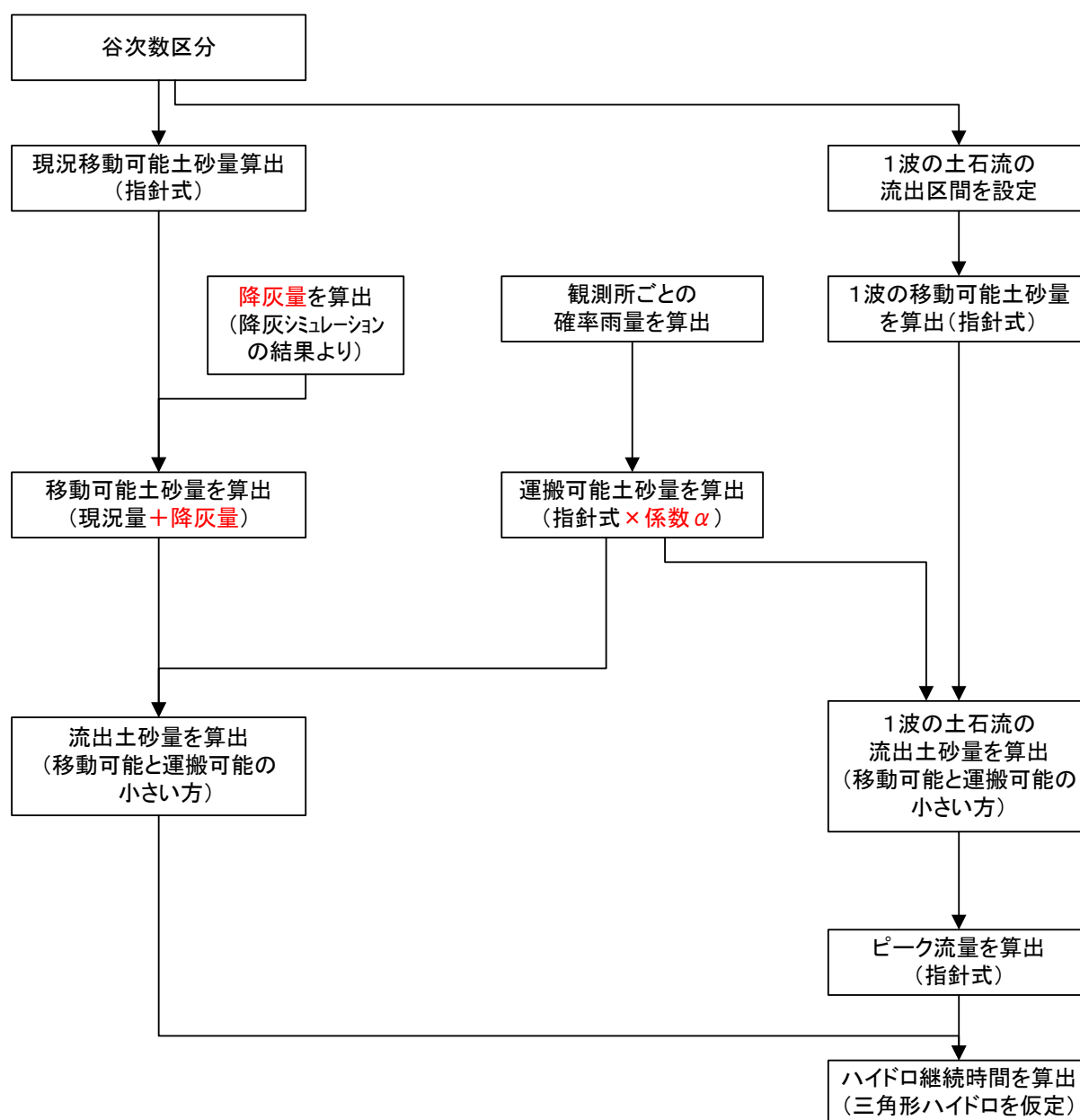


図 6-1 流出土砂量およびピーク流量等の算出フロー

6.2 運搬可能土砂量の流出補正係数 α の検討

降灰や火砕流の終了後 1 年間	$\alpha = 2$ (暫定値)
〃 2 年目以降	$\alpha = 1$

ここで、流出補正係数 α とは、実績の流出土砂量に対する計算上の運搬可能土砂量の比を意味している。

$$V_d = \alpha \times V_{dy2}$$

V_d : 実績流出土砂量

V_{dy2} : 「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編) 平成 19 年 11 月」での運搬可能土砂量, (流出補正率(K_{t2})は $0.1 \leq K_{t2} \leq 0.5$)

噴火後の実績流出土砂量が得られている、雲仙普賢岳、有珠山、桜島、三宅島のデータをもとに、阿蘇山で使用する流出補正係数 α の値を検討した。

噴火後の経過日数と α の関係をグラフにしたものを図 6-2 に示す。この図から、本検討で使用する α は、降灰や火砕流の終了後 1 年間は $\alpha = 2$ を暫定値として、噴火後 2 年目以降は $\alpha = 1$ として検討することとした。

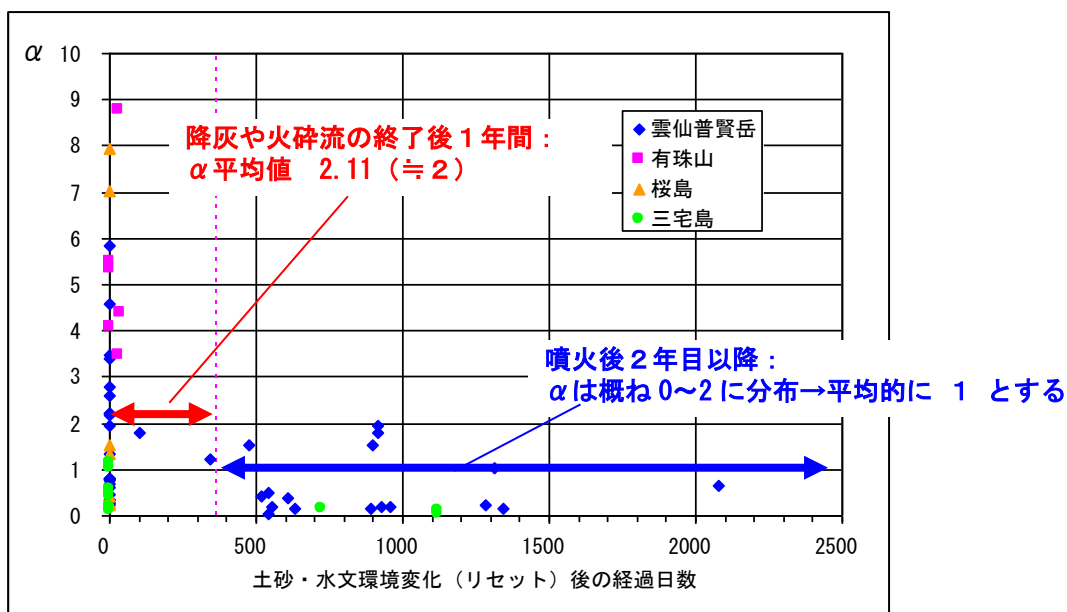


図 6-2 流出補正係数 α の採用値 (暫定値)

6.3 流出土砂量

中央火口丘群の溪流 69 溪流と外輪山の溪流 4 溪流の計 73 溪流における超過確率降雨毎の現況超過土砂量をに示す。

なお、本計算では、他火山における既往実績をもとに、降灰に伴う土石流の発生基準を降灰深 10cm 以上としており、流域全体の降灰深が 10cm 未満の溪流では発生せず、流出土砂量をゼロとしている。

実際の噴火時においては、降灰分布・堆積厚・火山灰の物性等の調査結果に応じて、緊急対策ドリルで想定したシミュレーションの流出設定条件を変更し流出土砂量を把握する。

他火山における土石流発生と降灰深の関係

■有珠山（1977 年）

降灰深 30～40cm 以上の斜面が泥流発生に関係していたことが示唆（池谷・米沢谷 1979⁶）

■桜島（大正噴火 1914 年）

降灰深 30cm 以上で土石流が頻発（下川・地頭菌 1992⁷）

■三宅島（2000 年）

降灰深 64mm 以上で土石流が頻発、それ未満ではほとんど発生していない（東京都⁸）

■富士山（宝永噴火 1707 年）

宝永噴火後の土砂流出に関する史料を検討した結果、主な土砂災害は降灰深 10cm 程度以上の範囲に集中することがわかった。（富士山ハザードマップ検討委員会 2004⁹）

⁶ 池谷浩・米沢谷誠悦（1979）有珠山西山川流域における土砂移動について、砂防学会誌 Vol.32,No.2,p22-27,1979

⁷ 桜島火山における土砂生産と火山活動 火山体の水循環－関係論文と既往研究レビュー集－,p.102-139

⁸ 東京都 平成 14 年度三宅島土砂災害対策検討業務委託（その 2）報告書

⁹ 富士山ハザードマップ検討委員会（2004）富士山ハザードマップ検討委員会報告書,p86,2004

