国土地理院技術資料　D2－No.92

1:20,000 火山土地条件図「鶴見岳・伽藍岳」解説書

令和 8 年 5 月

国土交通省国土地理院

目　次

第 1 章　概説 1
1.1　目的 1
1.2　調査地域 1
1.3　作成方法 2
1.4　表現内容 3
1.5　鶴見岳・伽藍岳の地形・地質の概要 8
1.6　火山活動史 11
1.7　有史以降の火山活動 13
第 2 章　火山地形 14
2.1　火口 14
2.1.1　火口地形 14
2.2　鶴見岳・伽藍岳の火山地形 25
2.2.1　約 1 万年前～約 7 千年前に形成された火山地形 26
2.2.2　約 2.9 万年前～約 1 万年前に形成された火山地形 34
2.2.3　約 6 万年前以前に形成された火山地形 51
2.3　水口山の火山地形 56
2.3.1　約 13 万年前以前に形成された火山地形 56
第 3 章　その他の地形 58
3.1　山地・丘陵地 58
3.1.1　侵食・崩壊地形 58
3.1.2　集動地形 61
3.1.3　変動地形 65
3.2　台地 70
3.2.1　段丘地形 70
3.3　低地 72
3.3.1　水成地形 72
3.4　水部等 73
3.4.1　頻水地形 73
3.4.2　水部 74
3.5　人工改変地 74
3.5.1　人工地形 74
用語の解説 76
引用文献 78
あとがき 79

第1章　概説

1.1　目的

我が国は 111 の活火山（気象庁，令和 8 年 2 月現在）を有する世界有数の火山国であり，有史以来多くの火山災害が記録されている．国土地理院は，火山災害による被害の軽減を目的として，活火山を対象に，火山調査研究推進本部により「活動火山対策のために観測，測量，調査及び研究の充実等が必要な火山」に選定された 51 火山を優先して，火山とその周辺地域において火山土地条件図の整備を行っている．火山土地条件図とは，火山地域の地形分類（土地の表面形態・表層地質・形成年代・成因などにより地形を分類したもの）を地図上に表現したものである．

1.2　調査地域

活火山「鶴見岳・伽藍岳」における地形分類の調査地域は，南東部を大分県別府市，北西部を由布市に位置する東西約 6 km，南北約 7 km，面積 28 km^2 の範囲で（図-1），その範囲の地形分類を図示したものを火山土地条件図「鶴見岳・伽藍岳」（以下「本図」という．）とした．

鶴見岳・伽藍岳は，51 の活火山（令和 8 年 2 月現在）のうちの 1 つである．調査地域に一部含まれる市町村は，前述のとおり，大分県別府市及び由布市の計 2 市である．

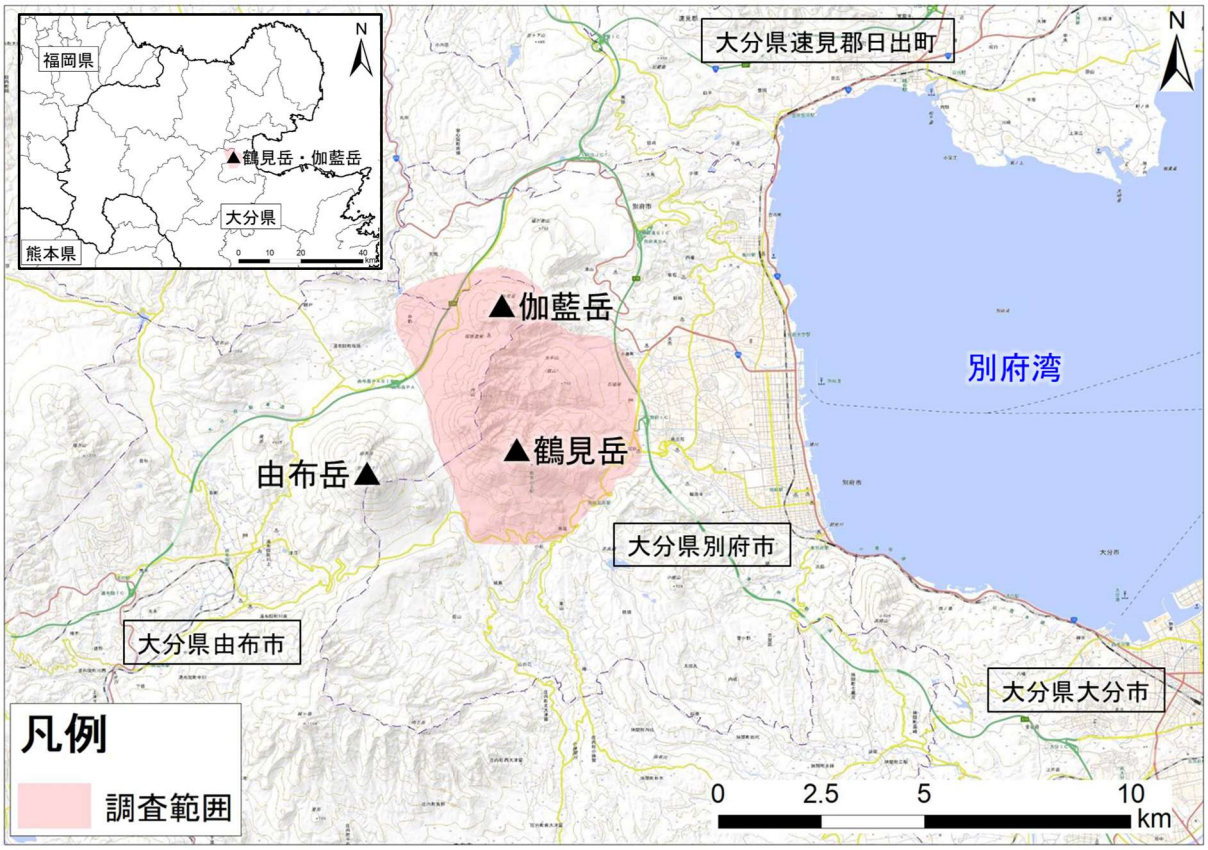


図-1　調査範囲

1.3　作成方法

本図の地形分類は，2016（平成 28）年に計測された航空レーザ測量による高精度な標高データ（1 m メッシュ DEM（数値標高モデル））から作成した地形表現図（等高線図，標高段彩図，傾斜量図及びアナグリフ）の判読や，1939（昭和 14）年以降に航空機から撮影された空中写真の実体視による判読の結果を，現地調査や既往文献によって補足したものである．その地形分類を電子地形図 25000 の基図上に表したのが本図である（図-2）．本図の縮尺は 1/20,000 とし，用紙サイズは A2 判で作成した．

なお，本解説書に掲載している地図の背景図は，特に記載がない限り，電子地形図 25000 及び傾斜量図（基盤地図情報 HP（https://www.gsi.go.jp/kiban/）で公開されている航空レーザ測量による高精度な標高データ（5 m メッシュ DEM（数値標高モデル））から作成）を使用した．

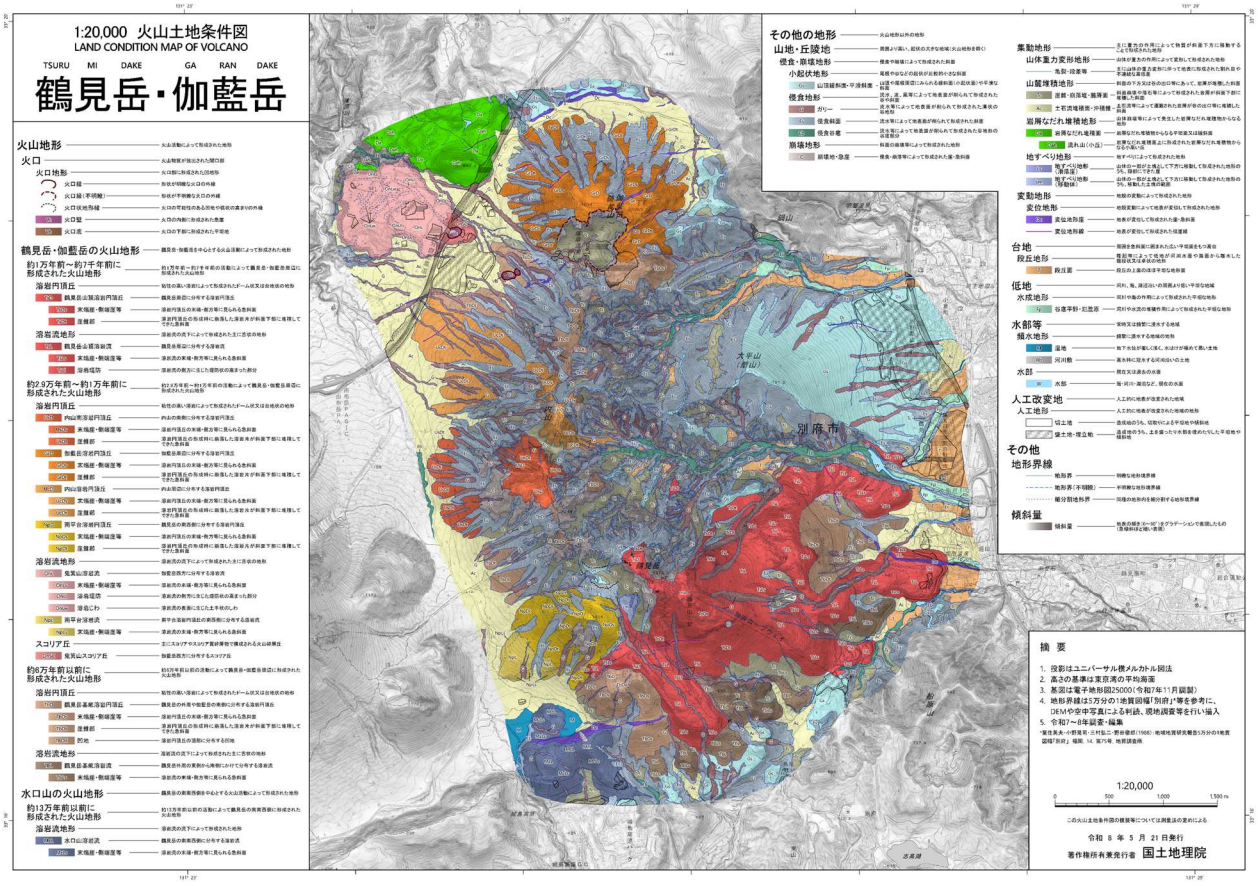


図-2　火山土地条件図「鶴見岳・伽藍岳」（縮小図）

1.4　表現内容

本図における分類項目，分類内容及び図上の記号を表-1，2 に示す.

本図では，地形を火山活動によるもの（以下「火山地形」という.）と火山活動以外によるもの（以下「その他の地形」という.）の 2 つに大きく分類した.

「火山地形」は,「鶴見岳・伽藍岳の火山地形」と調査範囲の南部に含まれる「水口山の火山地形」に大別した．鶴見岳・伽藍岳の火山地形の概略分布図を図-3 に示す.「火口」については，必ずしも火山体の形成と一体となっていないことから，各火山の地形分類から分けて整理した．本図における地形分類の分類模式図を図-4 に示す.

「火山地形」は，火山活動で形成された原地形（元々の形状）を比較的よく残す範囲については，地形種（「溶岩円頂丘」,「溶岩流」,「スコリア丘」等）ごとに分類した．地形の形状からそれらをさらに細分可能な場合は付帯区分を設けた．特に,「溶岩円頂丘」及び「溶岩流」については，末端や側端にできた急斜面を「末端崖・側端崖等」として分類した．また，溶岩円頂丘の形成時に発達した崖錐は「崖錐部」として分類した．溶岩流の側方に生じた堤防状の高まった部分は「溶岩堤防」として，溶岩流の表面に生じる土手状のしわは「溶岩じわ」としてそれぞれ分類した．なお，火山地形が分布する地域でも，現在侵食作用が及んでいる範囲については，後述する「侵食・崩壊地形」として，岩屑なだれや地すべりが起きている範囲については「集動地形」として分類した.

調査範囲における火山地形の分類項目を表-1 に示す.

「その他の地形」は,「侵食・崩壊地形」,「集動地形」,「変動地形」,「段丘地形」,「水成地形」,「頻水地形」,「水部」,「人工地形」に分類した.

「侵食・崩壊地形」については，小起伏地形である「山頂緩斜面・平滑斜面」，侵食地形である「ガリー」や「侵食斜面」,「侵食谷底」，さらに崩壊地形である「崩壊地・急崖」に分類した．また,「集動地形」については，山体重力変形地形である「亀裂・段差等」，山麓堆積地形である「崖錐・崩落堆・麓屑面」や「土石流堆積面・沖積錐」，さらに「岩屑なだれ堆積地形」,「地すべり地形（滑落崖，移動体）」に分類した.「変動地形」としては，断層活動等によって形成された「変位地形崖」及び「変位地形線」に分類した．さらに,「水成地形」については,「谷底平野・氾濫原」に分類し,「頻水地形」は,「湿地」,「河川敷」に分類した．その他，人工的な地形改変が行われた箇所については,「切土地」,「盛土地・埋立地」として他の地形分類に重畳して表現した．調査範囲におけるその他の地形の分類項目を表-2 に示す.

火山地形の基本的な分類については，小林（1984）や星住ほか（1988）等の地質に関する文献を参考にしたが，地形判読を基本に分類を行ったため，それらの分類名や境界とは一致しない部分もある（表-3，4）．なお，本図及び本解説書に示す火山の形成年代やテフラの噴出年代のうち，^{14}C 年代測定法による測定値はすべて較正暦年（cal BP）となっている.

表-1　火山土地条件図「鶴見岳・伽藍岳」の分類項目（火山地形）

基本区分	大区分	中区分	小区分	細区分	付帯区分	説明	火山土地条件図データ 彩色・記号
火山地形						火山活動によって形成された地形	—
	火口					火山物質が放出された開口部	—
		—	火口地形			火口部に形成された凹地形	—
				火口縁	—	形状が明瞭な火口の外縁	
				火口縁（不明瞭）	—	形状が不明瞭な火口の外縁	
				火口状地形縁	—	火口の可能性のある凹地や弧状の高まりの外縁	
				火口壁	—	火口の内側に形成された急崖	Vc
				火口底	—	火口の下部に形成された平坦地	Vb
	鶴見岳・伽藍岳の火山地形					鶴見岳・伽藍岳を中心とする火山活動によって形成された地形	—
		約1万年前～約7千年前に形成された火山地形				約1万年前～約7千年前の活動によって鶴見岳・伽藍岳周辺に形成された火山地形	—
			溶岩円頂丘			粘性の高い溶岩によって形成されたドーム状又は台地状の地形	—
				鶴見岳山頂溶岩円頂丘		鶴見岳周辺に分布する溶岩円頂丘	TsD
					末端崖・側端崖等	溶岩円頂丘の末端・側方等に見られる急斜面	TsDs
					崖錐部	溶岩円頂丘の形成時に崩落した溶岩片が斜面下部に堆積してできた急斜面	TsDt
			溶岩流地形			溶岩流の流下によって形成された主に舌状の地形	—
				鶴見岳山頂溶岩流		鶴見岳周辺に分布する溶岩流	TsL
					末端崖・側端崖等	溶岩流の末端・側方等に見られる急斜面	TsLs
					溶岩堤防	溶岩流の側方に生じた堤防状の高まった部分	TsLl
		約2.9万年前～約1万年前に形成された火山地形				約2.9万年前～約1万年前の活動によって鶴見岳・伽藍岳周辺に形成された火山地形	—
			溶岩円頂丘			粘性の高い溶岩によって形成されたドーム状又は台地状の地形	—
				内山南溶岩円頂丘		内山の南側に分布する溶岩円頂丘	UsD
					末端崖・側端崖等	溶岩円頂丘の末端・側方等に見られる急斜面	UsDs
					崖錐部	溶岩円頂丘の形成時に崩落した溶岩片が斜面下部に堆積してできた急斜面	UsDt
				伽藍岳溶岩円頂丘		伽藍岳周辺に分布する溶岩円頂丘	GrD
					末端崖・側端崖等	溶岩円頂丘の末端・側方等に見られる急斜面	GrDs
					崖錐部	溶岩円頂丘の形成時に崩落した溶岩片が斜面下部に堆積してできた急斜面	GrDt
				内山溶岩円頂丘		内山周辺に分布する溶岩円頂丘	UcD
					末端崖・側端崖等	溶岩円頂丘の末端・側方等に見られる急斜面	UcDs
					崖錐部	溶岩円頂丘の形成時に崩落した溶岩片が斜面下部に堆積してできた急斜面	UcDt
				南平台溶岩円頂丘		鶴見岳の南西側に分布する溶岩円頂丘	NpD
					末端崖・側端崖等	溶岩円頂丘の末端・側方等に見られる急斜面	NpDs
					崖錐部	溶岩円頂丘の形成時に崩落した溶岩片が斜面下部に堆積してできた急斜面	NpDt
			溶岩流地形			溶岩流の流下によって形成された主に舌状の地形	—
				鬼箕山溶岩流		伽藍岳西方に分布する溶岩流	OnL
					末端崖・側端崖等	溶岩流の末端・側方等に見られる急斜面	OnLs
					溶岩堤防	溶岩流の側方に生じた堤防状の高まった部分	OnLl
					溶岩じわ	溶岩流の表面に生じた土手状のしわ	OnLw
				南平台溶岩流		南平台溶岩円頂丘の南西側に分布する溶岩流	NpL
					末端崖・側端崖等	溶岩流の末端・側方等に見られる急斜面	NpLs
			スコリア丘			主にスコリアやスコリア質砕屑物で構成される火山砕屑丘	—
				鬼箕山スコリア丘		伽藍岳西方に分布するスコリア丘	OnSC
		約6万年前以前に形成された火山地形				約6万年前以前の活動によって鶴見岳・伽藍岳周辺に形成された火山地形	—
			溶岩円頂丘			粘性の高い溶岩によって形成されたドーム状又は台地状の地形	—
				鶴見岳基底溶岩円頂丘		鶴見岳の外周や伽藍岳の南側に分布する溶岩円頂丘	TbD
					末端崖・側端崖等	溶岩円頂丘の末端・側方等に見られる急斜面	TbDs
					崖錐部	溶岩円頂丘の形成時に崩落した溶岩片が斜面下部に堆積してできた急斜面	TbDt
					凹地	溶岩円頂丘の頂部に分布する凹地	TbDd
			溶岩流地形			溶岩流の流下によって形成された主に舌状の地形	—
				鶴見岳基底溶岩流		鶴見岳外周の東側から南側にかけて分布する溶岩流	TbL
					末端崖・側端崖等	溶岩流の末端・側方等に見られる急斜面	TbLs
	水口山の火山地形					鶴見岳の南南西側を中心とする火山活動によって形成された地形	—
		約13万年前以前に形成された火山地形				約13万年前以前の活動によって鶴見岳の南南西側に形成された火山地形	—
			溶岩流地形			溶岩流の流下によって形成された地形	—
				水口山溶岩流		鶴見岳の南南西側に分布する溶岩流	MzL
					末端崖・側端崖等	溶岩流の末端・側方等に見られる急斜面	MzLs

表-2　火山土地条件図「鶴見岳・伽藍岳」の分類項目（その他の地形）

基本区分	大区分	中区分	小区分	細区分	付帯区分	説明	火山土地条件図データ 彩色・記号
その他の地形						火山地形以外の地形	—
	山地・丘陵地					周囲より高い、起伏の大きな地域（火山地形を除く）	—
		侵食・崩壊地形				侵食や崩壊によって形成された斜面	—
			小起伏地形			尾根や谷などの起伏が比較的小さな斜面	—
				山頂緩斜面・平滑斜面	—	山頂や尾根周辺にみられる緩斜面（小起伏面）や平滑な斜面	Gs
			侵食地形			流水、波、風等によって地表面が削られて形成された谷や斜面	—
				ガリー	—	流水等によって地表面が削られて形成された溝状の谷地形	G
				侵食斜面	—	流水等によって地表面が削られて形成された斜面	Es
				侵食谷底	—	流水等によって地表面が削られて形成された谷地形の谷底部分	Eb
			崩壊地形			斜面の崩壊等によって形成された地形	—
				崩壊地・急崖	—	侵食・崩落等によって形成された崖・急斜面	C
		集動地形				主に重力の作用によって物質が斜面下方に移動することで形成された地形	—
			山体重力変形地形			山体が重力の作用によって変形して形成された地形	—
				亀裂・段差等	—	主に山体の重力変形に伴って地表に形成された割れ目や不連続な高低差	
			山麓堆積地形			斜面の下方又は谷の出口等にあって、岩屑が堆積した斜面	—
				崖錐・崩落堆・麓屑面	—	斜面崩壊や落石等によって形成された岩屑が斜面下部に堆積した斜面	Tc
				土石流堆積面・沖積錐	—	土石流等によって運搬された岩屑が谷の出口等に堆積した斜面	Ac
			岩屑なだれ堆積地形			山体崩壊等によって発生した岩屑なだれ堆積物からなる地形	—
				岩屑なだれ堆積面		岩屑なだれ堆積物からなる平坦面又は緩斜面	Da
					流れ山（小丘）	岩屑なだれ堆積面上に形成された岩屑なだれ堆積物からなる小高い丘	Dah
			地すべり地形			地すべりによって形成された地形	—
				地すべり地形（滑落崖）	—	山体の一部が土塊として下方に移動して形成された地形のうち、頭部にできた崖	Ls
				地すべり地形（移動体）	—	山体の一部が土塊として下方に移動して形成された地形のうち、移動した土塊の範囲	Lm
		変動地形				地殻の変動によって形成された地形	—
			変位地形			地殻変動によって地表が変位して形成された地形	—
				変位地形崖	—	地表が変位して形成された崖・急斜面	Dc
				変位地形線	—	地表が変位して形成された低崖線	
	台地					周囲を急斜面に囲まれた広い平坦面をもつ高台	—
		段丘地形				隆起等によって低地が河川水面や海面から離水した階段状又は卓状の地形	—
			—			—	—
				段丘面	—	段丘の上面のほぼ平坦な地形面	T
	低地					河川、海、湖沼沿いの周囲より低い平坦な地域	—
		水成地形				河川や海の作用によって形成された平坦な地形	—
			—			—	—
				谷底平野・氾濫原	—	河川や水流の堆積作用によって形成された平坦な地形	Fp
	水部等					常時又は頻繁に浸水する地域	—
		頻水地形				頻繁に浸水する地域の地形	—
						—	—
			—	湿地	—	地下水位が著しく浅く、水はけが極めて悪い土地	M
				河川敷	—	高水時に冠水する河川沿いの土地	Rb
		水部				現在又は過去の水面	—
						—	—
			—	水部	—	海・河川・湖沼など、現在の水面	W
	人工改変地					人工的に地表が改変された地域	—
		人工地形				人工的に地表が改変された地域の地形	—
						—	—
			—	切土地	—	造成地のうち、切取りによる平坦地や傾斜地	
				盛土地・埋立地	—	造成地のうち、土を盛ったり水部を埋めたりした平坦地や傾斜地	
その他							
	地形界線						—
						—	—
						—	—
		—	—	地形界	—	明瞭な地形境界線	
				地形界（不明瞭）	—	不明瞭な地形境界線	
				細分割地形界	—	同種の地形内を細分割する地形境界線	
	傾斜量						—
		ー	ー	傾斜量	ー	地表の傾き（0～90°）をグラデーションで表現したもの（急傾斜ほど暗い表現）	

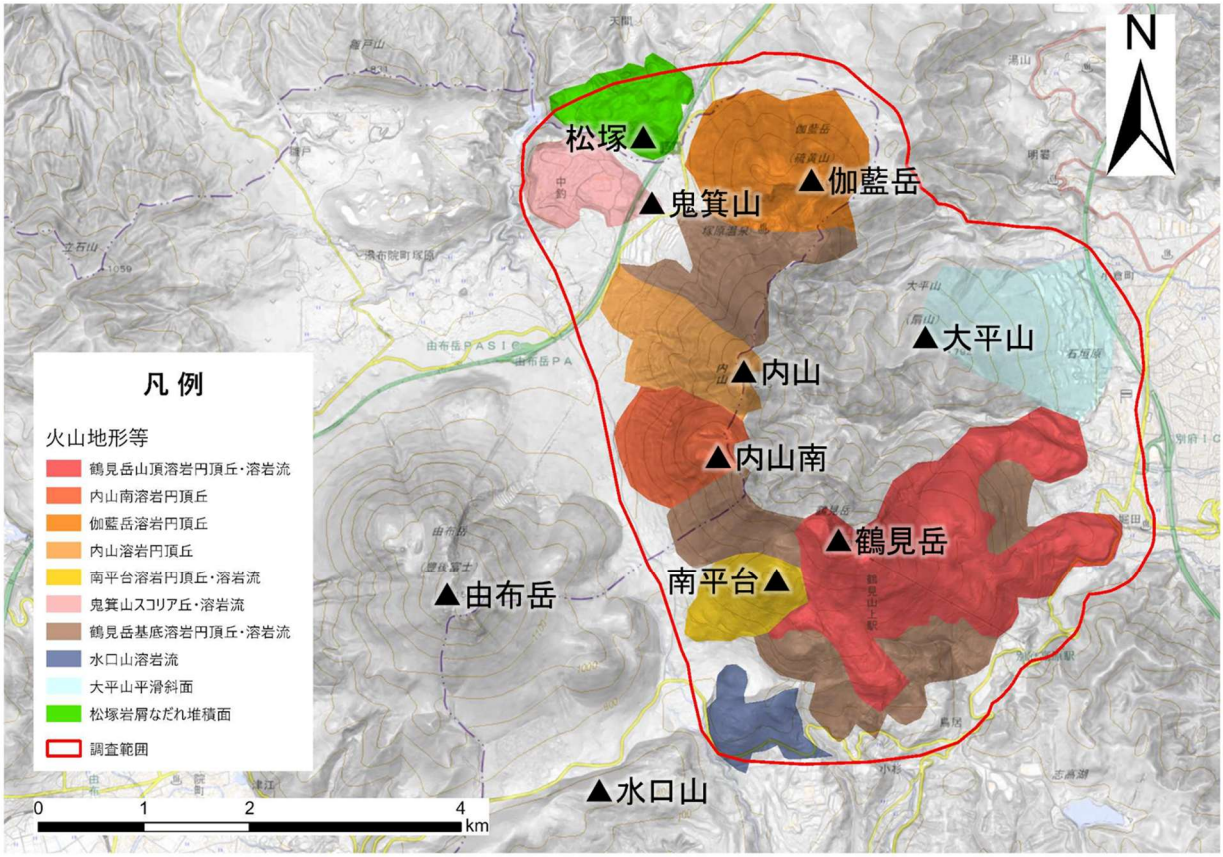


図-3　鶴見岳・伽藍岳の火山地形の概略分布図

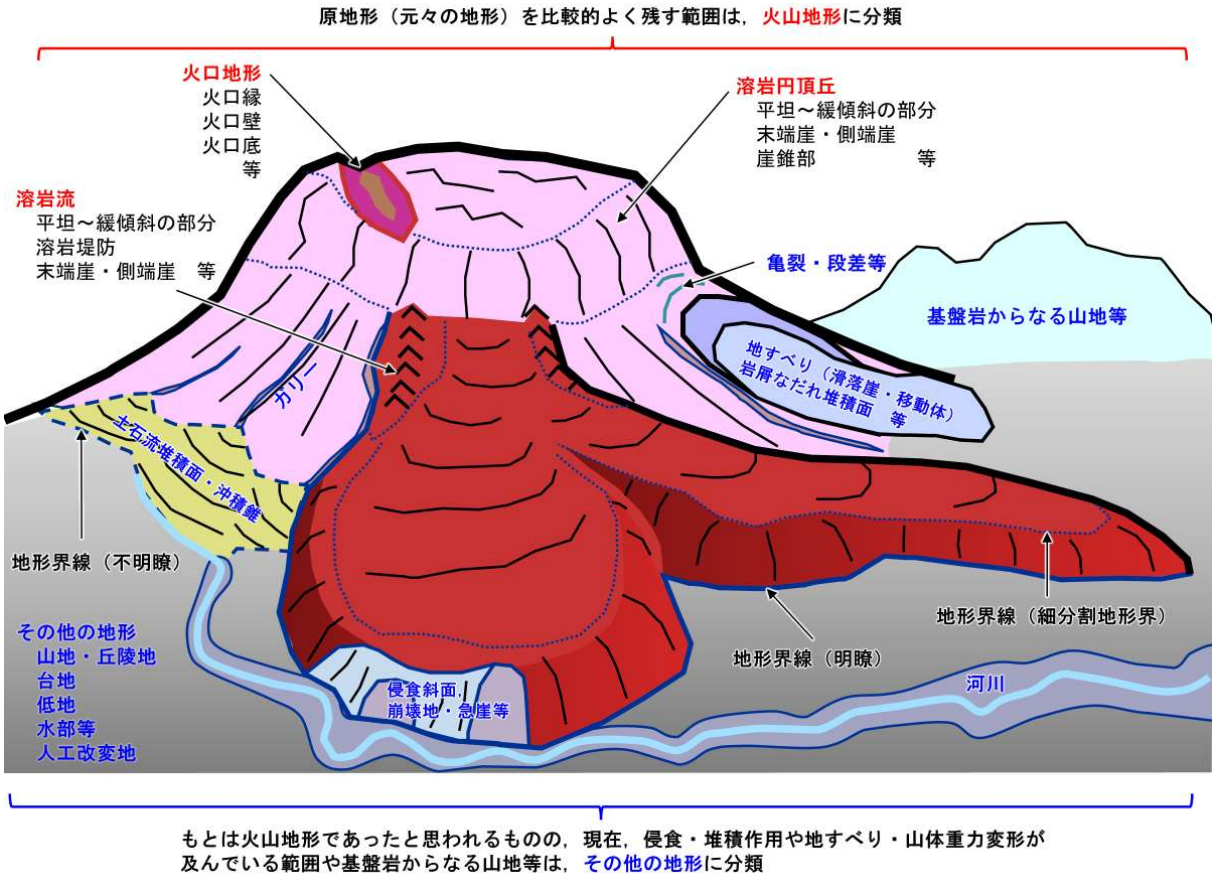


図-4　本図における火山地形の分類模式図

表-3　火山土地条件図「鶴見岳・伽藍岳」の火山地形整理表

火山地形	形成期	区　分
火口	13 万年前 以降	火口縁（鶴見岳山頂北，内山北西麓，鬼箕山（おにのみ）） 火口縁（不明瞭），火口状地形縁，火口壁，火口底
溶岩流・ 溶岩円頂丘	約 1 万年前～ 約 7 千年前	鶴見岳山頂溶岩円頂丘・溶岩流
	約 2.9 万年前 ～約 1 万年前	内山南溶岩円頂丘，伽藍岳溶岩円頂丘，鬼箕山溶岩流， 内山溶岩円頂丘，南平台溶岩円頂丘・溶岩流
	約 13 万年前～ 約 6 万年前	鶴見岳基底溶岩円頂丘・溶岩流
	約 46 万年前～ 約 13 万年前	水口山溶岩流
スコリア丘	約 2.9 万年前 ～約 1 万年前	鬼箕山スコリア丘

表-4　既往の地質資料との比較表

（既往資料より一部抜粋，資料ごとの分類が完全に一致するものではないことに留意）

本図の火山地形分類		小林（1984）	星住ほか（1988）
地形分類図としての区分		地質図としての区分	地質図としての区分
約 13 万年前以降	火口地形	鬼箕山及び伽藍岳のみ「火口」として記載	鬼箕山のみ「火口」として記載
約 1 万年前～ 約 7 千年前	鶴見岳山頂溶岩円頂丘 ・溶岩流	鶴見岳山頂溶岩	溶岩円頂丘（T5）
約 2.9 万年前～ 約 1 万年前	内山南溶岩円頂丘 ・溶岩流	内山南溶岩	溶岩円頂丘（T4）
	伽藍岳溶岩円頂丘	伽藍岳溶岩	溶岩円頂丘（G）
	鬼箕山スコリア丘 ・溶岩流	鬼箕山溶岩	鬼箕山火山（O）
	内山溶岩円頂丘	内山溶岩	溶岩円頂丘（T2）
	南平台溶岩円頂丘 ・溶岩流	南平台溶岩	溶岩円頂丘（T3）
約 13 万年前～ 約 6 万年前	鶴見岳基底溶岩円頂丘 ・溶岩流	鶴見岳基底火山岩	溶岩円頂丘（T1） 主火山体噴出物（T0）
約 46 万年前～ 約 13 万年前	岩屑なだれ堆積面	（記載なし）	松塚岩屑なだれ堆積物（Mm）
	水口山溶岩流	水口山火山岩	水口山溶岩（Mz）

1.5　鶴見岳・伽藍岳の地形・地質の概要

鶴見岳・伽藍岳は，大分県別府市と由布市の境界付近に位置する火山であり，南端から鶴見岳（1,375 m），内山（標高 1,275.3 m），伽藍岳（標高 1,045.2 m）と約 5 km にわたって溶岩円頂丘が連なる火山群と，その東側に位置する大平山（扇山），伽藍岳西側にスコリア丘を形成する鬼箕山で構成される．溶岩円頂丘が連なる火山群の西側及び南側斜面は溶岩地形が比較的よく保存されているが，東側斜面は侵食地形が発達し，そのさらに東部には火山麓扇状地が広がっている（藤沢ほか，2002）（図-5，6，写真-1，2）．

鶴見岳は本図の最高峰（標高 1,375 m）を成す火山である．山体を構成する地質は大部分が鶴見岳基底火山岩からなるが，山頂部は鶴見岳溶岩円頂丘で構成されており，南及び東，北東方向に鶴見岳山頂溶岩流が流出している（藤沢ほか，2002）．鶴見岳の南西斜面に位置する南平台は，溶岩円頂丘状の形態を示しているが，南部は比較的侵食が進んでいる（藤沢ほか，2002）．さらに北方に位置する内山（標高 1,275.3 m）も山頂周辺は溶岩円頂丘状の形態を示しているが，東西斜面からの侵食が著しい．一方，内山の南方に位置する内山南溶岩で構成される溶岩円頂丘状の地形は，比較的新鮮な火山地形を保持している（藤沢ほか，2002）．上述する一連の溶岩円頂丘の東側斜面は境川及び春木川沿いに深く侵食され，谷沿いの斜面では鶴見岳基底火山岩が露出する．

本図の北部に位置する伽藍岳も溶岩円頂丘の形態を示しており，その山頂部は 2 つの溶岩円頂丘が互いに密着している．山体の南側には崩壊地形が認められ，内部では噴気活動が盛んであり，泥火山も確認できる（藤沢ほか，2002）．伽藍岳の西方に位置する鬼箕山は，比高約 30 m のスコリア丘であり，粘性の低い溶岩流が西方に広がる地形がみられる．

伽藍岳の北東側に位置する高平山は，鶴見岳・伽藍岳よりさらに古い年代に形成された火山体と考えられている（星住ほか，1988）．別府市街地に面した馬蹄形の崩壊地形も認められ，そこから西方に鉄輪岩屑なだれ堆積物が流出した（藤沢ほか，2002）．また，伽藍岳西方には，複数の流れ山から構成される松塚岩屑なだれ堆積物がみられる．給源とみられる地形は現存していないが，東南東方向に存在していたと考えられる（星住ほか，1988）．伽藍岳南東に位置する大平山も高平山火山体に分類されるが，明瞭な溶岩流等の地形は確認できず，東麓は極めて平滑な斜面を形成する（星住ほか，1988）．

由布－鶴見地溝南側に位置する水口山（標高 896 m の標高点）は，城島火砕流堆積物を含めた水口山火山体を構成する火山であり，高平山火山と同じ更新世中期に形成されたと考えられる（星住ほか 1988）．本図の南西部に位置する水口山溶岩流は，北縁は由布院断層に切られ直線的であり，南縁は円弧状に南に張り出して南へ流下した溶岩流の前縁の形を示している（星住ほか，1988）．

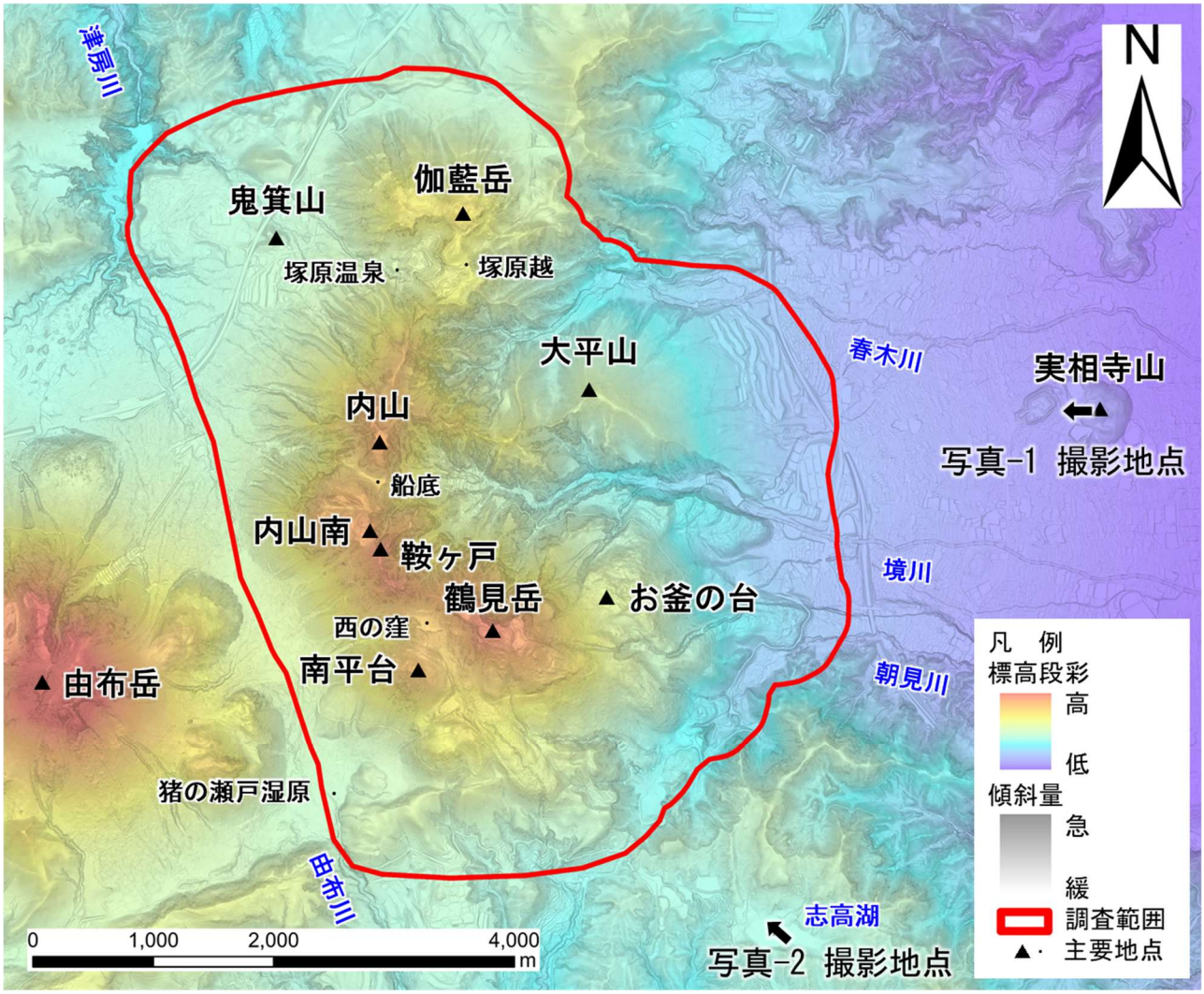


図-5　鶴見岳・伽藍岳周辺の地形概略図（国土地理院・基盤地図情報より作成）



写真-1　調査範囲の東に位置する実相寺山から鶴見岳・伽藍岳方面の遠望



写真-2　調査範囲の南東側に位置する志高湖から鶴見岳，南平台方向の遠望

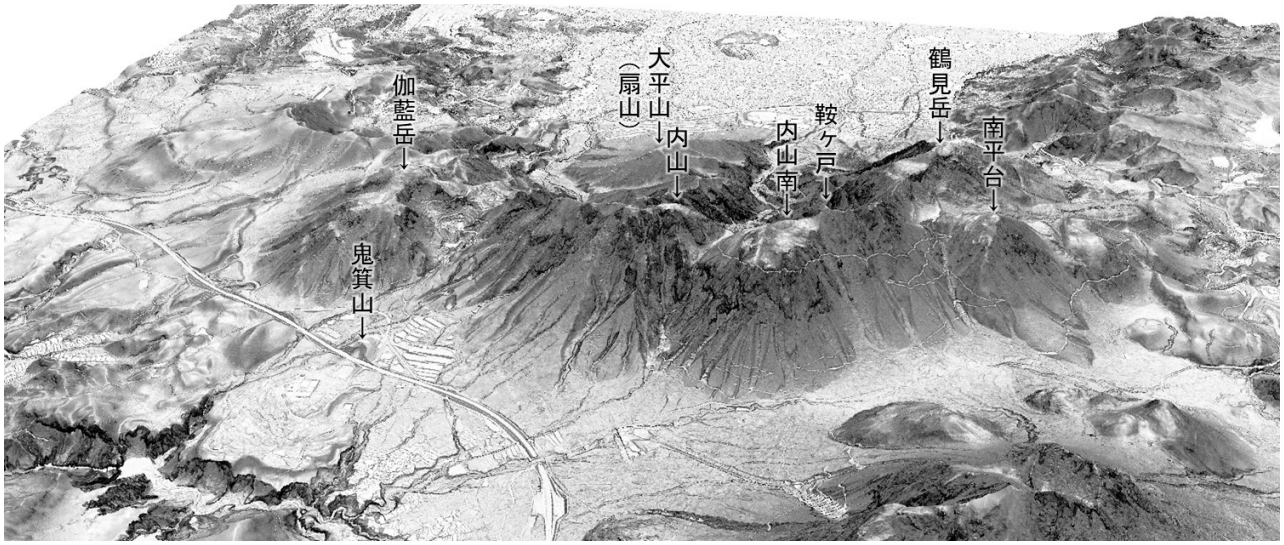


図-6　由布岳上空（西側）からの地形鳥瞰図（1 m メッシュ DEM の 3 次元表示により作成）

調査範囲周辺の地質概略図を図-7 に示す．鶴見岳・伽藍岳の火山地形を構成する地質は，主に普通角礫安山岩からなる溶岩円頂丘が主体である．ただし，鬼箕山から流出する鬼箕山溶岩はかんらん石玄武岩又はかんらん石安山岩で構成されており，鶴見岳・伽藍岳の地質としては特徴的な岩石である（藤沢ほか，2002）．

水口山火山を構成する地質は，水口山溶岩流と城島火砕流堆積物ともに角閃石デイサイト質である．高平山火山及び小鹿山火山を構成する地質は安山岩質が主体である（星住ほか，1988）．

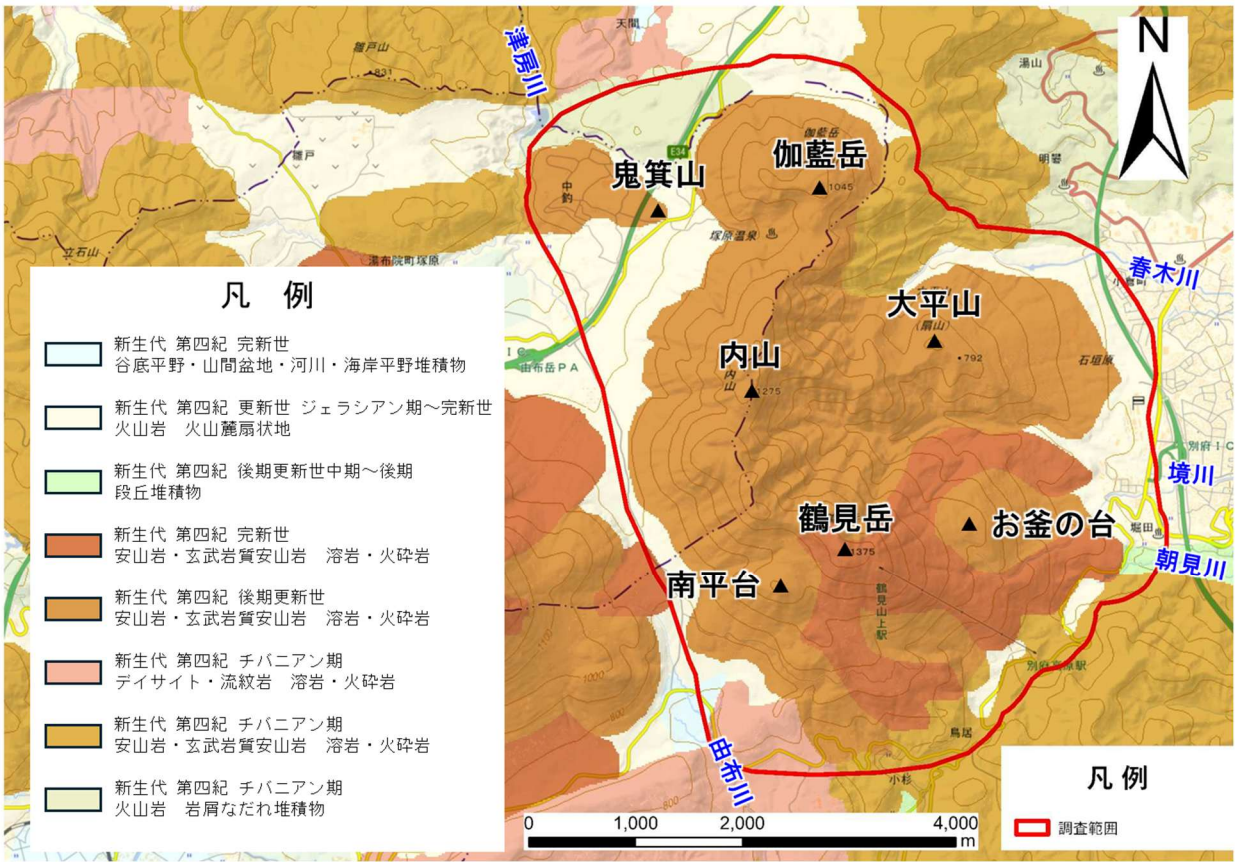


図-7　鶴見岳・伽藍岳周辺の地質概略図（20 万分の 1 日本シームレス地質図 V2）

1.6　火山活動史

鶴見岳・伽藍岳を構成する鶴見火山のうち，最下層に位置する鶴見岳基底火山岩は，九重第一降下軽石（Kj-P1）に覆われることから，少なくとも約 6 万年前以前には火山活動が開始していると推定できる（藤沢ほか，2002）．また，伽藍岳から鶴見岳に連なる溶岩円頂丘等は，約 2.9 万年前から約 7,300 年前の間に繰り返された噴火によって形成されたと考えられる（藤沢ほか，2002）．以上より，鶴見岳・伽藍岳の火山地形を形成した火山活動は，約 6 万年前以前と約 2.9 万年前から約 7,300 年前の大きく 2 つの期間に分けられる．

また，星住ほか（1988）で分類される火山体のうち，本図で表現される水口山火山は，鶴見火山より古い火山体と考えられている．本図の南東側に位置する小鹿山火山は約 46 万年前に形成されたと推定され，周辺の火山体の中で最も古いことが示唆される（星住ほか，1988）．

図-8 は火山地質の概略図を示す．また表-5 は，既往資料に基づいて，鶴見岳・伽藍岳周辺の火山活動史を総括したものである．

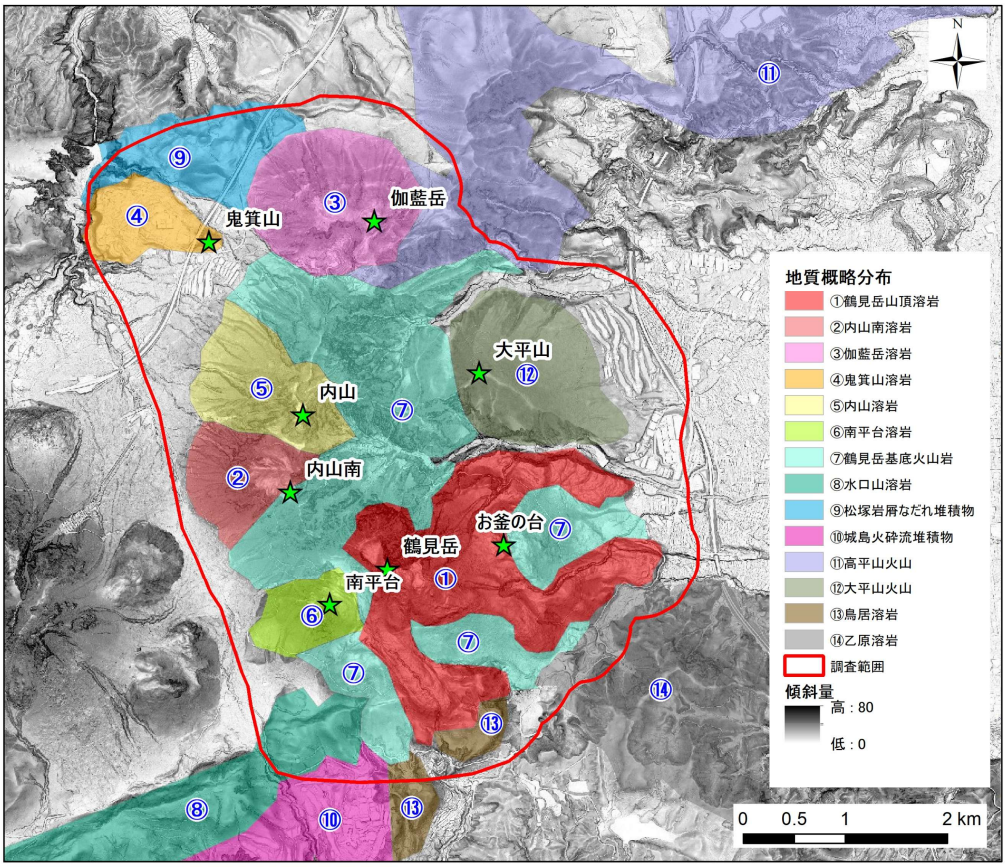


図-8　鶴見岳・伽藍岳周辺の火山地質概略図（小林（1984），星住ほか（1988）より作成）

表-5　鶴見岳・伽藍岳周辺の火山活動史（星住ほか（1988），藤沢（2002）より作成）

年代	溶岩等	火砕流等	テフラ
約1,000年前			伽藍岳1火山灰 (T-Ga1) (1.0cal ka BP)
約1,200年前			伽藍岳2火山灰 (T-Ga2) (1.2cal ka BP)
約1,800年前			鶴見岳火山灰 (T-Ts) (1.8cal ka BP)
約2,200年前			由布岳火山灰 (YA1) (2.2 cal ka BP)
約7,300年前	鶴見岳・伽藍岳 ①鶴見岳山頂溶岩		鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah) (7.3 cal ka BP)
約1万年前	②内山南溶岩 ③伽藍岳溶岩 ④鬼箕山（おにのみやま）溶岩 ⑤内山溶岩 ⑥南平台（なんぺいだい）溶岩	中釣（なかづる）火砕流堆積物	中釣火山灰 (T-Nzf) (10.5 cal ka BP) 伽藍岳3火山灰 (T-Ga3)
約2.9万年前			姶良Tn火山灰 (AT) (29 cal ka BP)
約6万年前	⑦鶴見岳基底火山岩		九重第一降下軽石 (Kj-P1) (60 ka)
約13万年前	水口山（みずぐちやま）火山 ⑧水口山溶岩 ※高平山火山と水口山火山の層序関係は不明 高平山火山 高平山（こうひらやま）溶岩 大平山（おおひらやま）溶岩	高平山火山 ⑨松塚岩屑なだれ堆積物 鉄輪（かんなわ）岩屑なだれ堆積物 水口山火山 城島（きじま）火砕流堆積物 ※高平山火山と水口山火山の層序関係は不明	
約46万年前	小鹿山（おじかやま）火山 鳥居溶岩 乙原（おとばる）溶岩	東山岩屑なだれ堆積物 小杉山火砕流堆積物	

※表中の丸数字は図-8 の丸数字と対応する.

1.7　有史以降の火山活動

有史以降の火山活動を表-6 に示す. 藤沢ほか（2002）では, 伽藍岳を給源とする 2 つのテフラ（T-Ga1, T-Ga2）が，小林（1984）で紹介される古文書記載の噴火記録（西暦 771 年，867 年）の噴出物に相当すると推定されている．また，1995（平成 7）年には，伽藍岳の珪石白土採取場跡で泥火山の形成が確認されている．

約 7,300 年前以降の火山活動は，溶岩の噴出を伴わない小規模な噴火ないし噴気のみと考えられる．

表-6　鶴見岳・伽藍岳の有史以降の火山活動（▲は噴火年を示す）

年代	現象	活動経過･被害状況等
▲771(宝亀 3)年	水蒸気噴火(泥流)	7 月 9 日．火砕物降下？泥流．噴火場所は伽藍岳．(VEI1)
▲867(貞観 9)年	水蒸気噴火(泥流)	2 月 28 日．火砕物降下？泥流．噴火場所は伽藍岳． 鳴動，噴石，黒煙，降灰砂，川魚被害．(VEI1)
1949(昭和 24)年	噴気	2 月 5 日に発見された. 鶴見岳山頂の北西約 500m の標高 1100 m 付近で面積約 30 m^2 の楕円形内の多数の噴気孔から高さ約 10 m の白色噴気，噴気温度 95℃.
1974～75(昭和 49～50)年	噴気	12 月～翌年 5 月．1949 年と同地点で噴気，高さ約 100～150 m，周囲に小噴石飛散.
1995(平成 7)年	泥火山形成 噴気	7～11 月．伽藍岳で泥火山の形成：伽藍岳の珪石採取場跡で泥火山が形成された．初めは直径約 1 m の大きさであった噴気孔が 7 月末頃から次第に大きくなり，11 月中旬頃には土手の高さ約 1m，火口の長径約 10 m，短径約 7 m，深さ約 4 m の楕円状の泥火山となった.
1999(平成 11)年	地震	12 月 20～21 日．鶴見岳山頂の東約 3 km，深さ 5 km 付近を震源とする地震増加：最大震度 3(震度 1 以上 37 回).
2011(平成 23)年	地震	3 月．東北地方太平洋沖地震（2011 年 3 月 11 日）以降，山体の西側及び東側 4～5 km 付近の地震活動が一時的に増加.
2022(令和 4)年	地震増加	伽藍岳で 7 月 8 日に山体付近の浅い所を震源とする地震が一時的に増加した．噴気や地熱域の状態に特段の変化は認められなかった.

VEI：火山爆発指数

気象庁 ウェブページ「鶴見岳・伽藍岳 有史以降の火山活動」から作成

第2章　火山地形

本章では，鶴見岳・伽藍岳周辺にみられる火山地形について解説する．

2.1　火口

「火口」は，火山の噴火活動によって形成された，一般には輪郭がほぼ円形の皿状～擂り鉢状～ロート状の凹地（日本地形学連合編，2017）である．本図では，火山物質が放出された開口部を「火口」として分類した．

2.1.1　火口地形

「火口地形」は，火口部に形成された凹地形を示す．本図では火口地形を，火口の外縁を示す「火口縁」，火口の内側に形成された急崖からなる「火口壁」，火口の下部に形成された平坦地である「火口底」に分類して示した．なお，火口縁については，「明瞭」・「不明瞭」の分類を行ったほか，火口の可能性のある凹地や弧状の高まりの外縁を「火口状地形縁」として表示した．

鶴見岳・伽藍岳における火口地形は，分布する地域ごとに，鶴見岳山頂北部周辺及び鶴見岳山頂西側斜面，内山北西麓（伽藍岳の南西麓），伽藍岳周辺，鬼箕山スコリア丘に分布するものに大別される．

(1) 鶴見岳山頂北部周辺の火口地形

鶴見岳山頂北部周辺の火口地形は，後述する鶴見岳山頂溶岩円頂丘の北端部に分布する複数の凹地が連たんする火口状の地形を指し，本調査で初めて確認したものであることから，その縁辺部を「火口状地形縁」と分類した．これらは鶴見岳山頂溶岩円頂丘が形成された後に生じたものと推定される．火口状の地形は少なくとも 2 列存在し，南西側のものは延長約 100 m の区間に幅約 10～25 m，最大深さ数 m の皿状の窪地が複数連続している．これから約 80 m 北東側に位置するものは規模が小さく，延長約 30 m，幅約 10 m である（図-9，10，11，写真-3，4）．これらの詳細な形成時期は不明で，噴出物に関する記載も行われていない．

なお，これら火口状の地形の延長線上にあたる北西側約 200 m の斜面には，現在も噴気が見られる地獄谷赤池噴気孔が存在する．

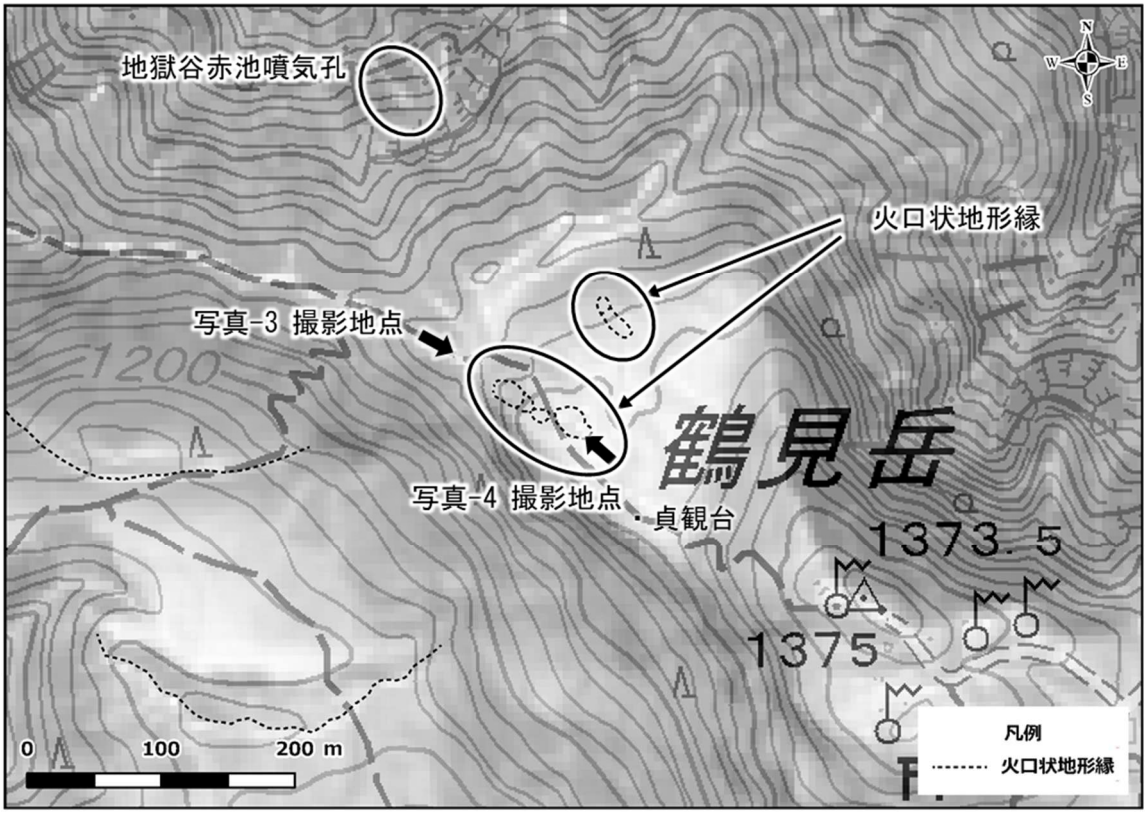


図-9　鶴見岳山頂北部周辺の火口地形の分布

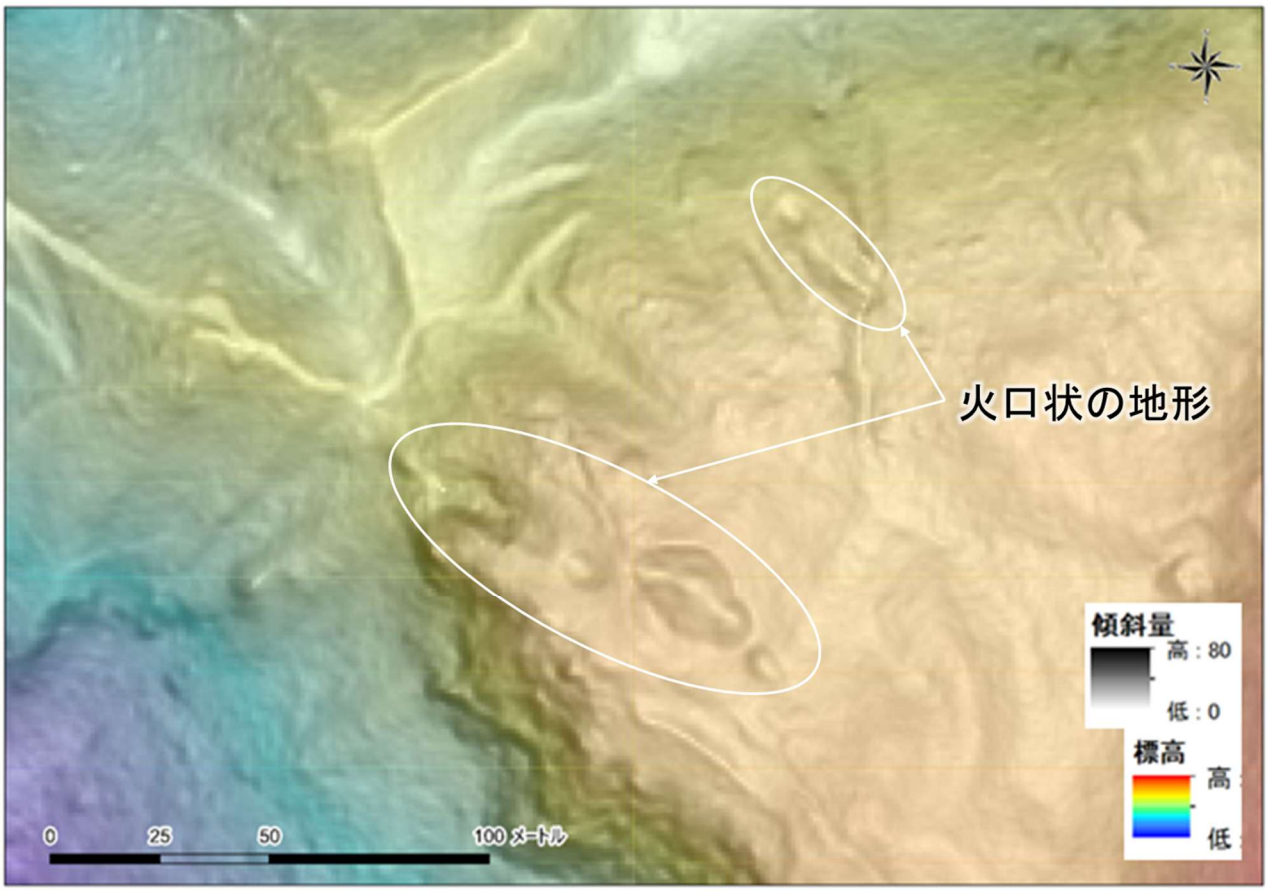


図-10　鶴見岳山頂北部周辺の地形表現図（火口状の地形周辺を拡大：傾斜量図＋標高段彩図）



図-11　北側から見た鶴見岳山頂周辺の地形鳥瞰図（1 m メッシュ DEM の 3 次元表示により作成）



写真-3　鶴見岳山頂北部周辺の火口状地形縁の全景
（図-9 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-4　鶴見岳山頂北部周辺の火口状地形縁の状況
（図-9 に示した撮影地点・方向にて撮影）

(2) 内山北西麓（伽藍岳の南西麓）の火口地形

内山北西麓（伽藍岳の南西麓）の火口地形は，内山の北西麓（伽藍岳の南西麓）にあたる斜面に位置し，東北東－西南西方向に連続する変位地形崖や変位地形線の延長線上に，尾根を吹き飛ばしたような形態を示す 2 つの凹地状ないし馬蹄形の地形を指す（図-12，13，写真-5，6）．本図では，筒井ほか（2019）で火口と言及していることを踏まえ，「火口縁」，「火口壁」，「火口底」としてそれぞれ分類した．西側のものは東西方向の長径 130 m，南北方向の短径 80 m，東側のものは径 50 m のほぼ円形である．これらの火口地形は，伽藍岳周辺に見られる変位地形崖や変位地形線，段差・亀裂等と整合的な配列で形成されているように見える．

なお，これら 2 つの火口については，塚原温泉周辺に広く堆積する T-Ga1 テフラの供給源の一つであるとされている（筒井ほか，2019，写真-7）．

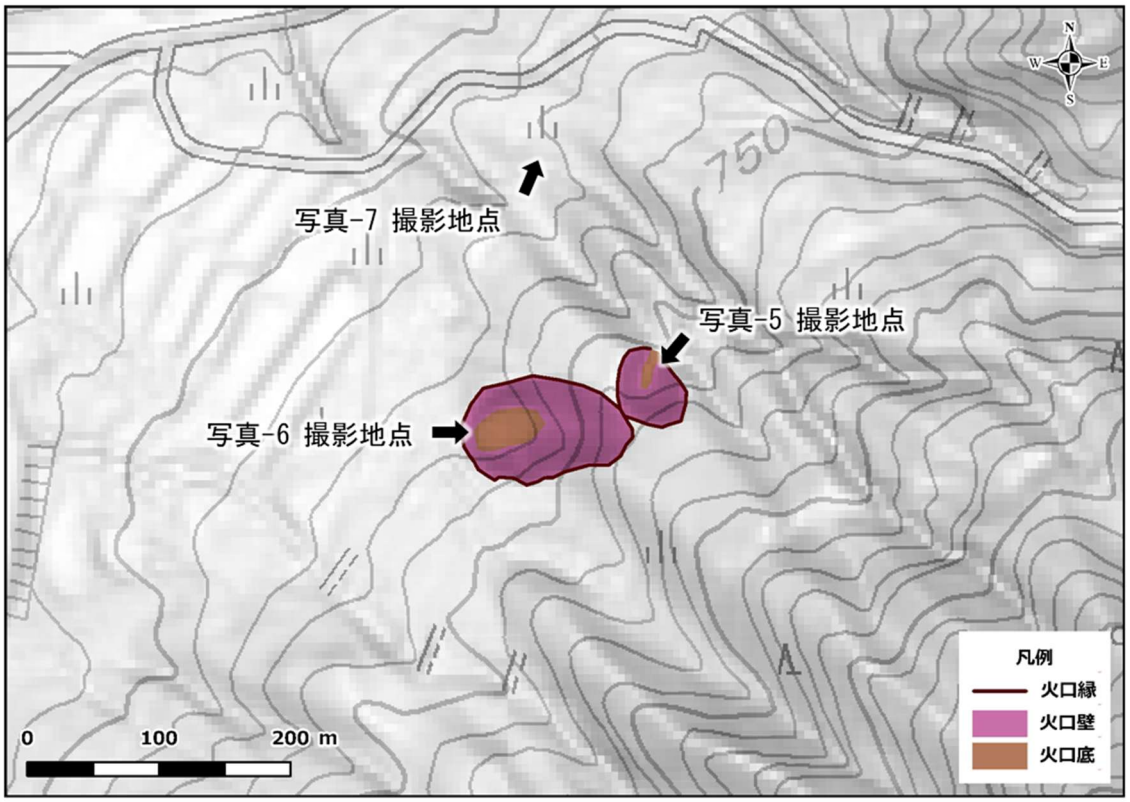


図-12　内山北西麓の火口地形の分布

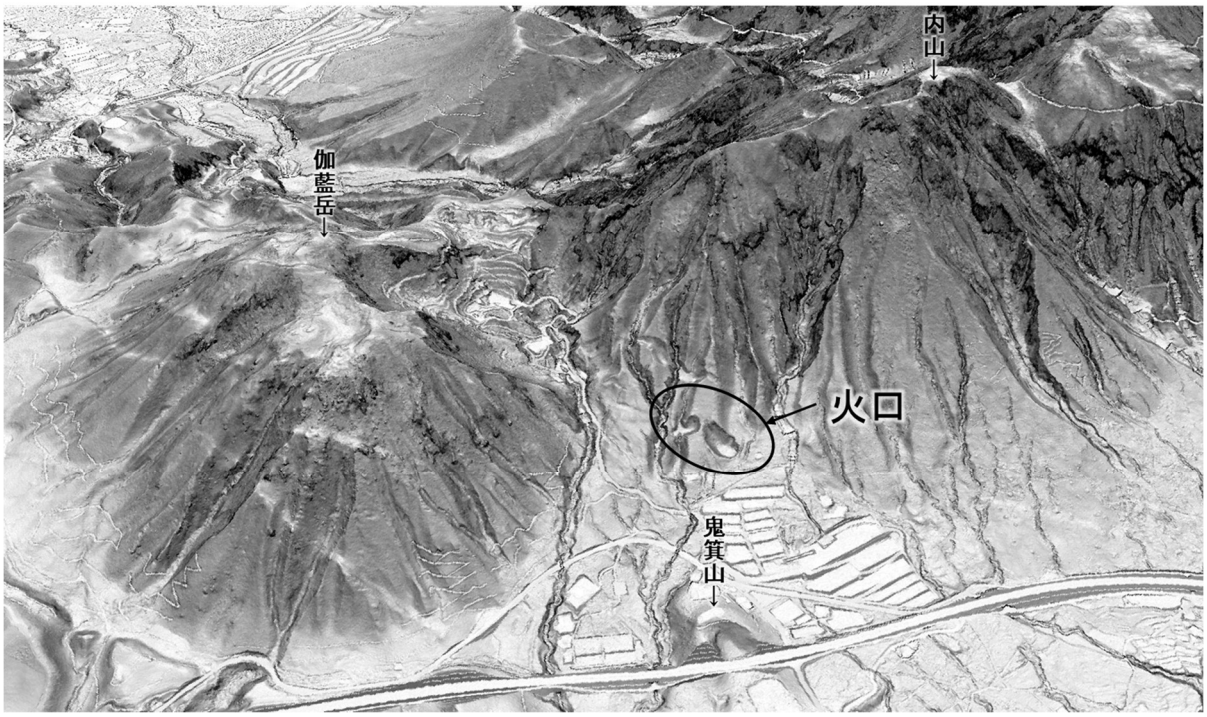


図-13　内山北西麓の地形鳥瞰図（1 m メッシュ DEM の 3 次元表示により作成）



写真-5　内山北西麓の東側火口の状況（図-12 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-6　内山北西麓の西側火口の状況（図-12 に示した撮影地点・方向にて撮影）

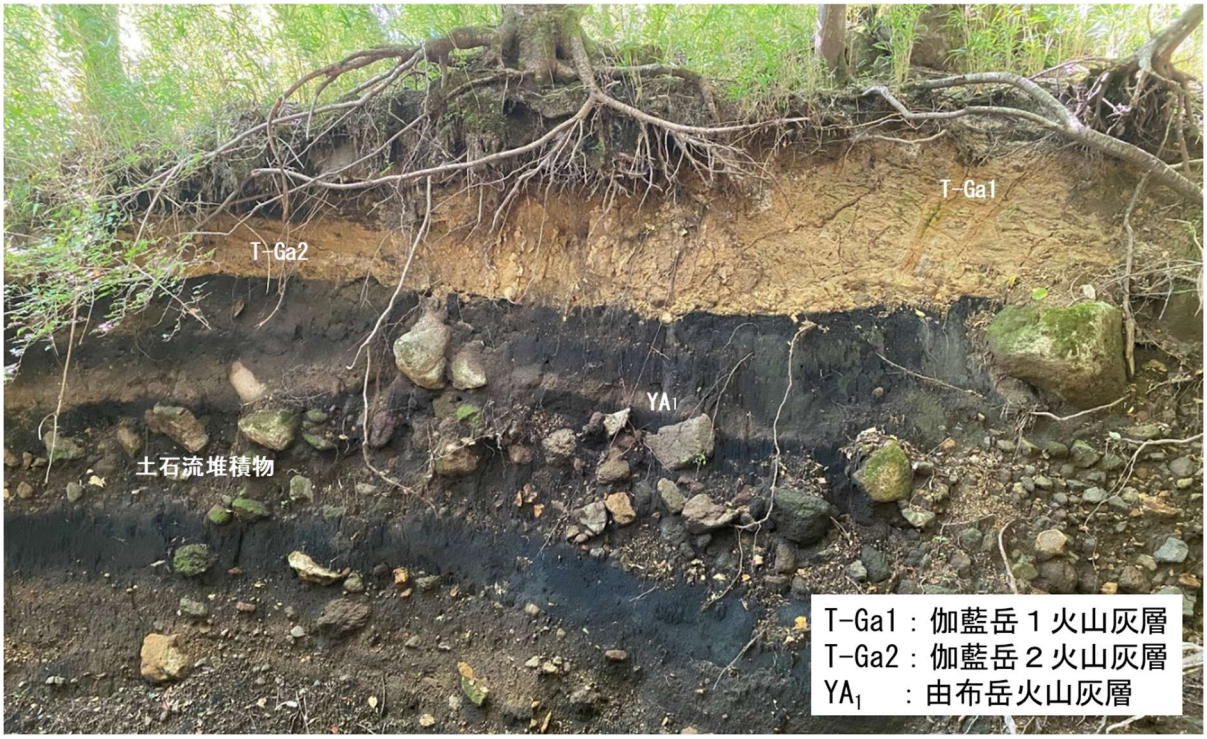


写真-7　内山北西麓の火口周辺の露頭（図-12 に示した撮影地点・方向にて撮影）

(3) 伽藍岳南麓の火口地形

伽藍岳南麓の火口地形は，伽藍岳の南麓斜面を大きくえぐる 3 つの火口状の地形を指し，「火口縁（不明瞭）」と分類した（図-14，15）．小林（1984）によると，火山地形図の解説として「南方に開いた火口状の地形が認められ，噴気活動が盛んである」と記載されている．いずれも崩壊・侵食により元の形態は大きく損なわれていると考えられるが，現在でも底部や側壁から盛んに噴気している（写真-8）．火口壁にあたる斜面では，戦前から 1990 年代の初めまで「別府白土」と呼ばれる珪酸白土が採掘されていたため，ひな壇状に切土された斜面も多い．擂り鉢状の地形の底部では，1995（平成 7）年 7 月から 11 月頃にかけて熱泥が噴き上がり，直径約 10 m の泥火山が形成されている（大沢ほか，1996，写真-9）．火口状の地形の下流出口にあたる塚原温泉では，pH1.5 の強酸性の温泉が湧出している．

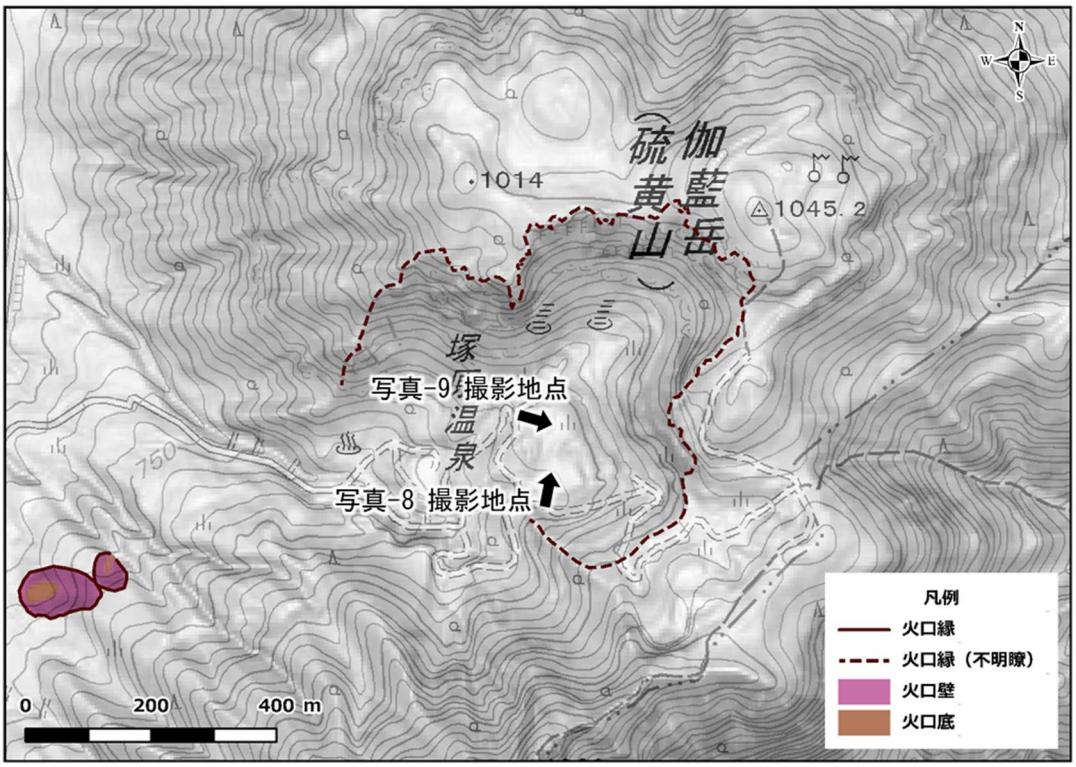


図-14　伽藍岳南麓の火口地形の分布

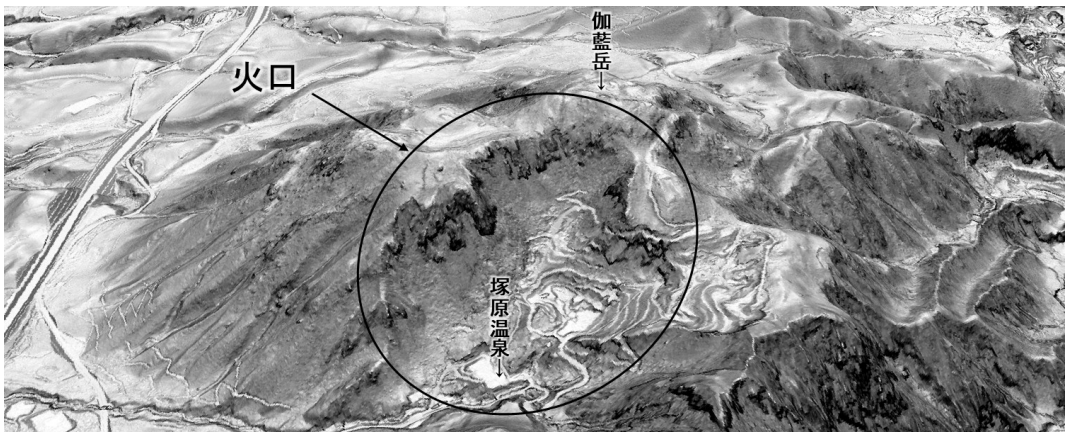


図-15　伽藍岳南麓の地形鳥瞰図（1 m メッシュ DEM の 3 次元表示により作成）



写真-8　伽藍岳南麓の火口地形の全景

（図-14 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-9　伽藍岳南麓の火口底部に形成された泥火山

（図-14 に示した撮影地点・方向にて撮影）

(4) 鬼箕山スコリア丘の火口地形

鬼箕山スコリア丘の火口地形は，伽藍岳の西麓に位置する鬼箕山において，西方に開口する馬蹄形の地形を指し，「火口縁」，「火口壁」とそれぞれ分類した．スコリア丘の形成に伴う火口と考えられ，東西方向の長径約 140 m，南北方向の短径は約 90 m で，鬼箕山溶岩流の流出に伴い西側が破壊されている．1989（平成元）年に当該区間が開通した大分自動車道によって火口の西端部が削り取られ，現在は原形の一部が失われている（図-16，17，18，写真-10）．

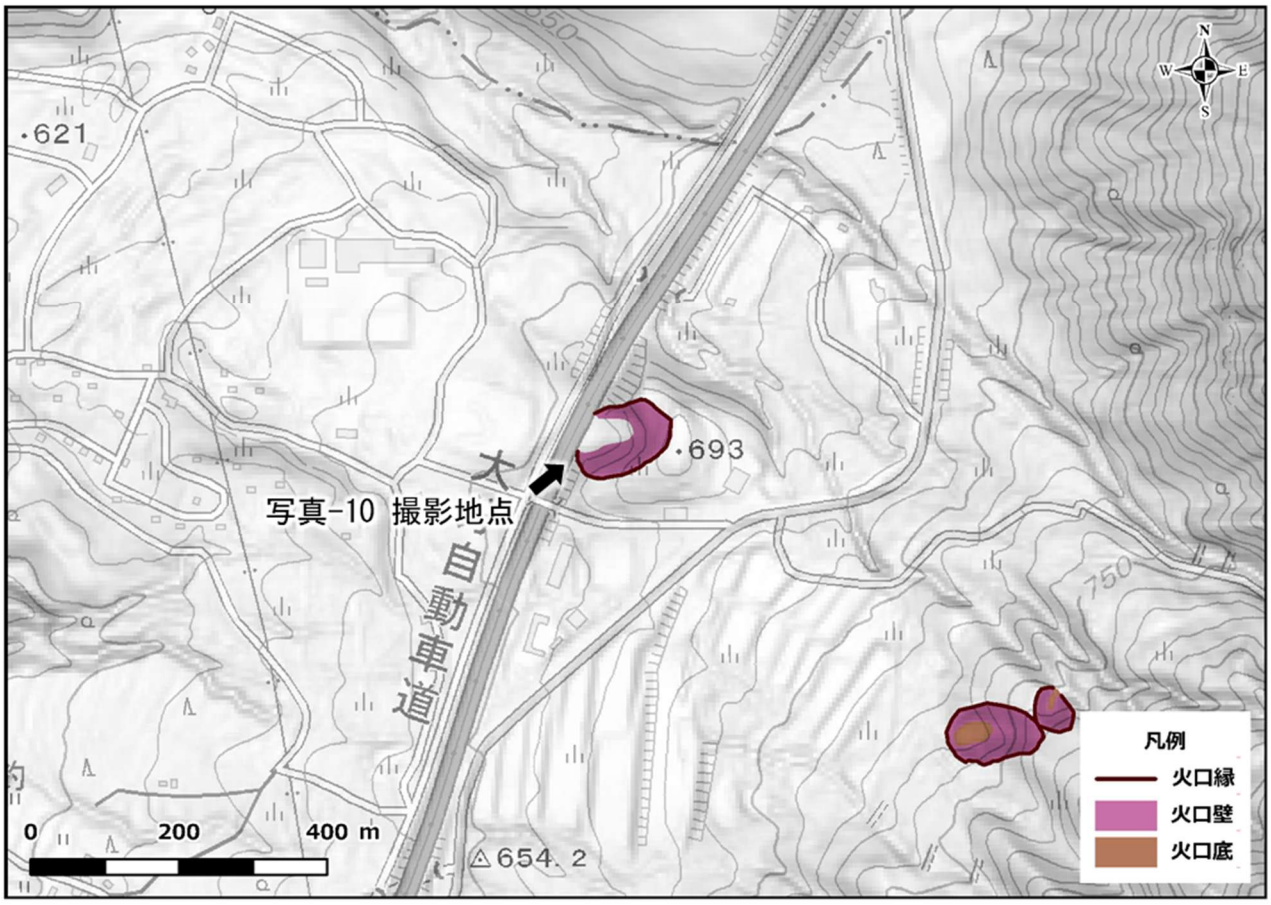


図-16　鬼箕山スコリア丘の火口地形の分布

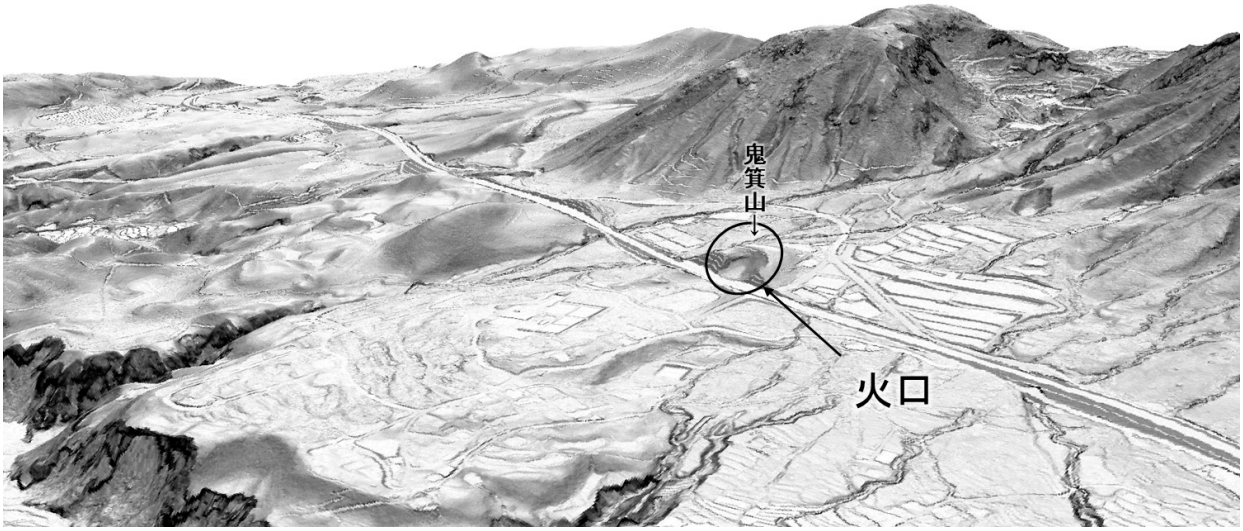


図-17　鬼箕山スコリア丘周辺の地形鳥瞰図（1 m メッシュ DEM の 3 次元表示により作成）

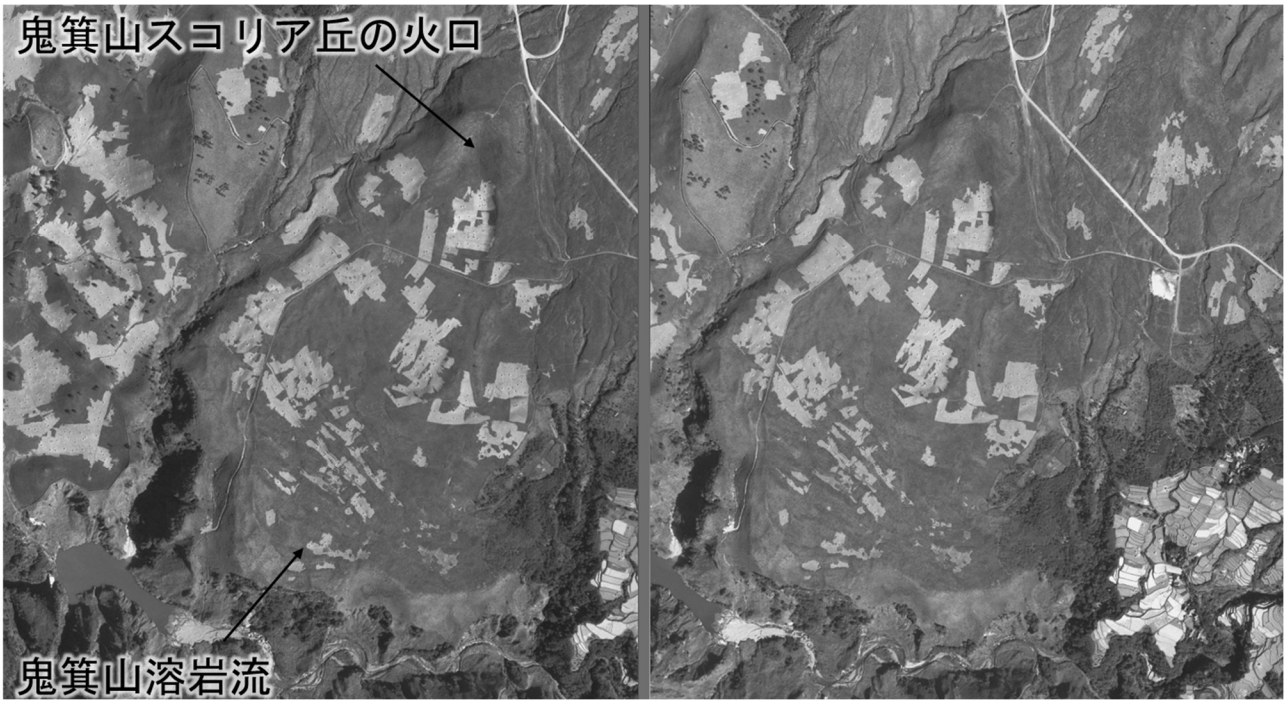


図-18　鬼箕山スコリア丘及び鬼箕山溶岩流周辺の空中写真（MKU6210X-C7-4～5 の一部：実体視可・左が北）

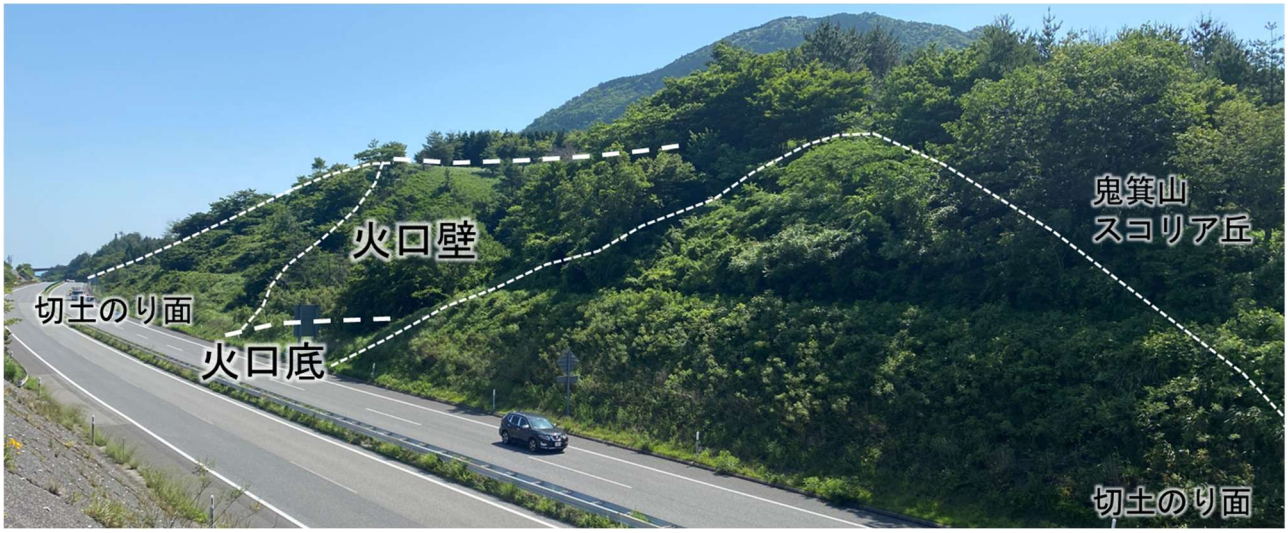


写真-10　鬼箕山スコリア丘の火口の状況（図-16 に示した撮影地点・方向にて撮影）

(5) 鶴見岳山頂西側斜面の火口地形

鶴見岳山頂西側斜面の火口地形は，鶴見岳の山頂から西へ約 500 m の斜面に位置する二重の円弧状の地形を指し，「火口状地形縁」として分類した．これは，鶴見岳基底溶岩円頂丘等が形成された時期ないしそれ以前に形成された火口の一部と考えられる（図-19）．火口状地形縁は西の窪と呼ばれる平坦地の南側及び北側に二重に形成され，いずれも大半は埋没ないし侵食されて不明瞭になっているものの，北落ちの三日月状の急崖と，南に傾き下る緩斜面の組み合わせとなっている．

北側の火口状地形縁は，火口南端の一部のみが露出しているように見え，大半は鶴見岳から鞍ヶ戸へ向かう尾根を構成する鶴見岳基底溶岩円頂丘ないしその崖錐に覆われている（写真-11）．この火口状地

形縁の北側には北方の斜面から転落してきた岩塊が大量に分布しているのに対し，南側の緩斜面には岩塊がほとんど見られない．

西の窪の南側の火口状地形縁も，南西側 1/3～1/4 程度の火口縁が露出しているに過ぎず，大半は鶴見岳や鞍ヶ戸を構成する火山体により覆われており，火口壁にあたる急崖部や火口外縁部にあたる緩斜面は侵食が著しい．急崖の北側にはかつての火口底に相当すると考えられる平坦地が広がっている（写真-12）．火口状地形縁の南西側は，西へ流下する谷の侵食を受け，一部地形が失われているほか，ゆるい砂質堆積物からなる平坦地にも多数のガリー，段差・亀裂等が生じているなど，急速に侵食が進行している．

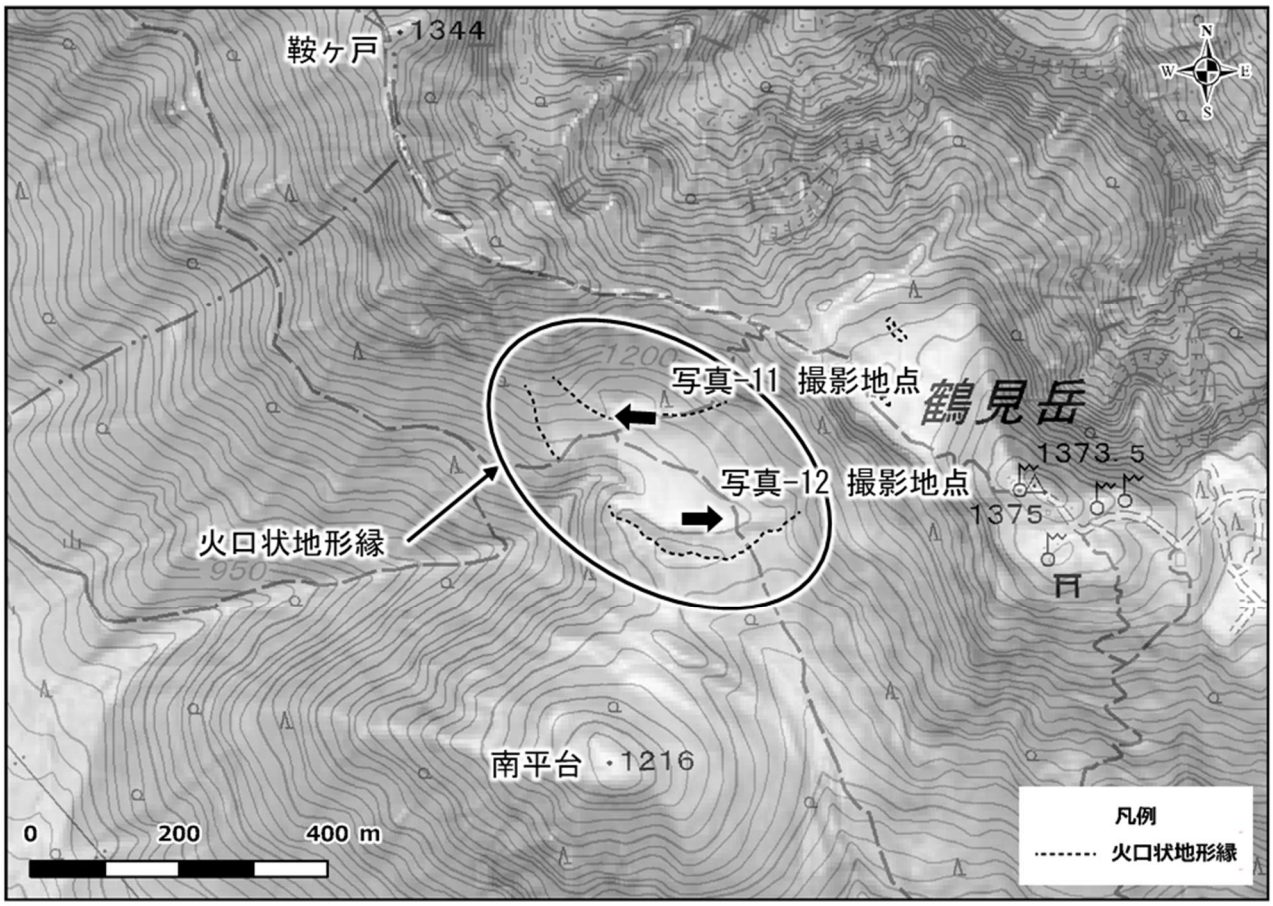


図-19　鶴見岳山頂西側斜面の火口地形の分布



写真-11　西の窪北側の火口状地形縁の状況（図-19 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-12　西の窪南側の火口状地形縁の状況（図-19 に示した撮影地点・方向にて撮影）

2.2　鶴見岳・伽藍岳の火山地形

鶴見岳・伽藍岳は，東西に延びる別府地溝内に形成された南北 5 km にわたる複数の溶岩円頂丘で構成され，主に安山岩～デイサイト質の溶岩からなる．南端の最高峰，鶴見岳（標高 1,375 m）から北へ鞍ヶ戸（1,344 m），内山南（約 1,296 m），内山（1,275.3 m），伽藍岳（1,045.2 m），伽藍岳西峰（1,014 m）と連なる主稜線を成す山体と，これらの東側に形成された大平山（扇山，約 810 m）や，南西側に形成された南平台（1,216 m），北西に位置するスコリア丘の鬼箕山（693 m）等が主なピークを形成している．

山体の大半は溶岩円頂丘ないし溶岩流で構成されているが，主稜線から東側の斜面は侵食が進み，崩壊地・急崖や侵食斜面が複雑な斜面形態を形成している．

鶴見岳・伽藍岳を構成する山体の大半はアカホヤ火山灰（約 7,300 年前）に覆われ，最新の溶岩流とされる鶴見岳山頂溶岩流もこれ以前の噴出物である．千数百年前には 2～3 回の変質物を主体とする火山灰を放出したが，「日本三代実録」に記録されている西暦 867 年の噴火が伽藍岳南西麓で発生したと考えられる水蒸気噴火にあたる可能性が高い（藤沢ほか，2002）．伽藍岳の南麓では，1995（平成 7）年に新たな泥火山が生成するなど，現在でも活発な噴気活動が続いている（気象庁 HP）．

なお，各地形種の記号について，本図では以下のとおり命名規則を設定した．

- 溶岩円頂丘　：地形名の略記号＋D
  - 末端崖・側端崖等　：地形名の略記号＋Ds
  - 崖錐部　：地形名の略記号＋Dt
- 溶岩流　：地形名の略記号＋L
  - 末端崖・側端崖等　：地形名の略記号＋Ls
  - 溶岩堤防　：地形名の略記号＋Ll
  - 溶岩じわ　：地形名の略記号＋Lw
- スコリア丘　：地形名の略記号＋SC

命名例）鶴見岳山頂溶岩円頂丘 → Tsurumidake Summit Dome → TsD

2.2.1　約1万年前～約7千年前に形成された火山地形

鶴見岳の約 1 万年前以降の活動により，鶴見岳山頂溶岩円頂丘及び鶴見岳山頂溶岩流が形成されたほか，鶴見岳山頂北部に形成された火口地形からなる．

2.2.1.1　溶岩円頂丘

粘性の高い溶岩によって形成されたドーム状又は台地状の地形を「溶岩円頂丘」として分類した．

(1) 鶴見岳山頂溶岩円頂丘（TsD，TsDs，TsDt）

鶴見岳山頂溶岩円頂丘は，鶴見岳・伽藍岳を構成する山体のうち南端部に位置する鶴見岳（標高 1,375 m）の山頂を構成する溶岩円頂丘で，北西－南東方向に約 1.2 km，北東－南西方向に約 0.6 km の範囲に広がる（図-20，写真-13，14，15）．山頂部及び北西の貞観台，南東の別府ロープウェイ鶴見山上駅周辺は，「溶岩円頂丘（TsD）」の頂部に相当する緩斜面となっている．その下部には傾斜約 35°の急勾配の斜面が広がっており，本図ではこの斜面を「末端崖・側端崖等（TsDs）」として分類した．また鶴見岳の南東側には，末端崖・側端崖等の下部に傾斜約 30°の斜面が広がっており，本溶岩円頂丘の形成時に発達した「崖錐部（TsDt）」として分類した．

山頂より北側及び西側の斜面は激しく侵食が進み，山頂直下から崩壊地・急崖や侵食斜面が大半を占めているが，境川にかけての斜面に崖錐部と考えられる平滑な斜面が断片的に残されている．なお，前述の通り，本溶岩円頂丘の北西端には溶岩円頂丘が形成された後にできたと考えられる火口状地形縁が見られる．

本溶岩円頂丘は，黒雲母かんらん石紫蘇輝石石英含有普通輝石普通角閃石安山岩からなり（星住ほか，1988），本溶岩の直上に広域テフラである K-Ah（鬼界アカホヤ火山灰）に由来する火山ガラスが確認できるものの，T-Nzf（中釣火山灰）が見られないことから，10,500 年前から 7,300 年前の間に形成されたものと考えられている（藤沢ほか，2002）．

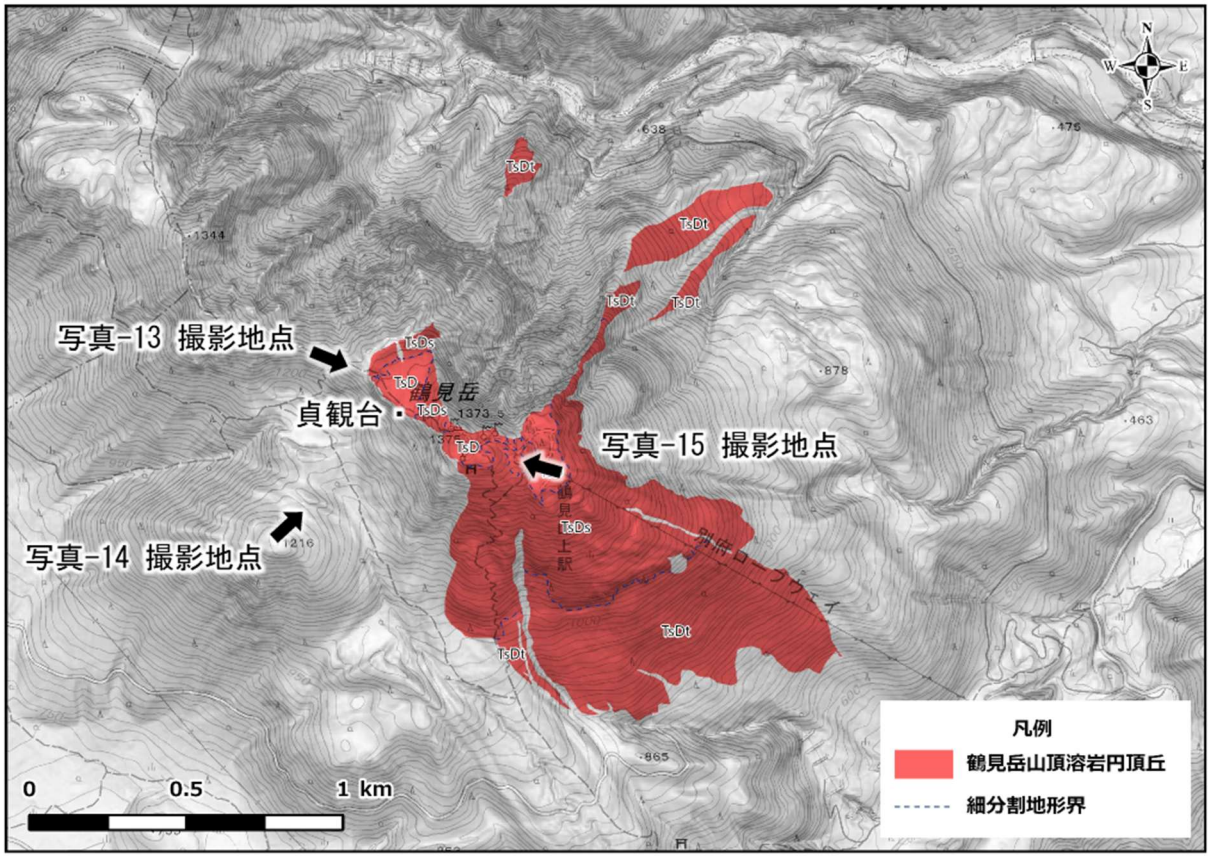


図-20　鶴見岳山頂溶岩円頂丘の分布



写真-13　鶴見岳山頂周辺の全景（図-20 に示した撮影地点・方向にて空撮）



写真-14　鶴見岳山頂周辺の全景（図-20 に示した撮影地点・方向にて撮影）

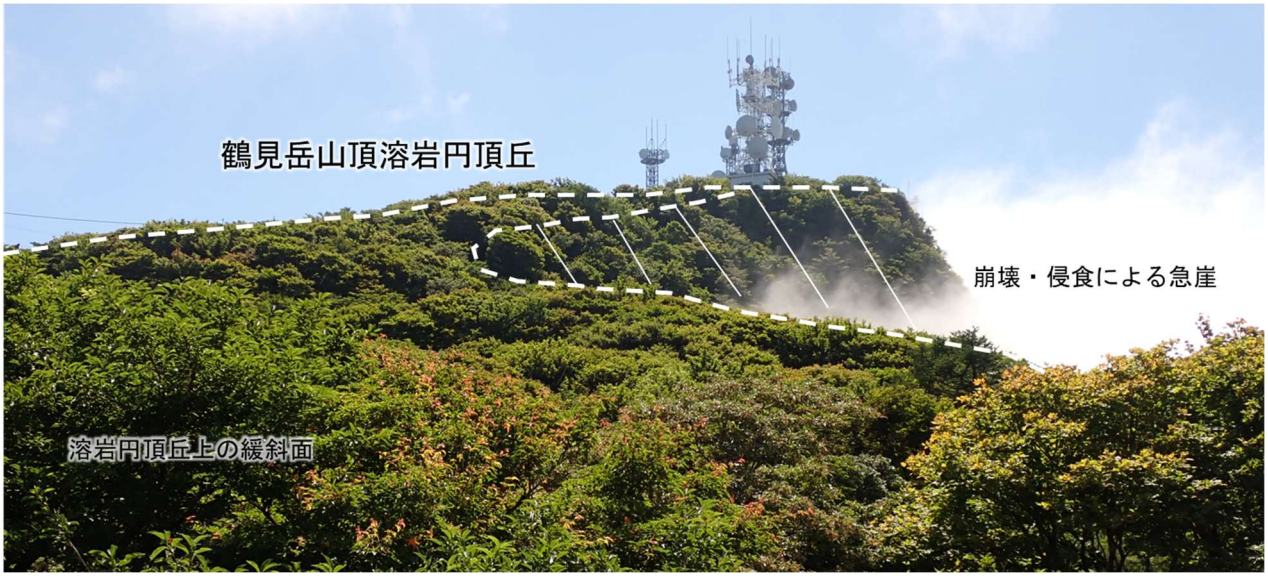


写真-15　鶴見岳山頂周辺の全景（図-20 に示した撮影地点・方向にて撮影）

2.2.1.2　溶岩流地形

溶岩流の流下によって形成された主に舌状の地形を「溶岩流地形」として分類した．

(1) 鶴見岳山頂溶岩流（TsL，TsLs，TsLl）

鶴見岳山頂溶岩流は，鶴見岳山頂溶岩円頂丘の周辺から北東，東，南の 3 方向へ流下した溶岩流で，鶴見岳山頂を中心として南北約 3 km，東西約 3.5 km の範囲に広がる （図-21，22）．北東及び東へ流下したものは，「お釜の台」と呼ばれる溶岩円頂丘（鶴見岳の東にある 878 m 標高点周辺）付近で 2 方向に分岐している．鶴見岳山頂から北東方向へ流下し，お釜の台へ至る区間や，そこから分岐して東へ流下する区間及び南側の緩斜面を流下する区間では，全体的には周囲より一段高く，平滑な斜面を形成している．ただし，詳細に観察すると溶岩塊が形成する凹凸に富んだ表面形態を示しており，これらの斜面を「溶岩流（TsL）」として分類した．各方面に流下した溶岩流は，末端部や側端部に急斜面が形成されており，これらを「末端崖・側端崖等（TsLs）」として分類した．また，南東に流下した溶岩流の側方部等には，一段高い堤防状の高まりが連続して形成されていることから，これらを「溶岩堤防（TsLl）」として分類した．

お釜の台から北側の斜面に分岐して流下したものは，境川の谷底へ流れ込んだあと，谷に沿って東へ流下し，現在の陸上自衛隊別府駐屯地の敷地の直上流付近まで到達している．境川沿いに流下した区間では，周囲に高さ 20～50 m の末端崖・側端崖が形成され，溶岩流の表面には半月状の末端崖及び緩斜面が繰り返し見られるなど，溶岩流特有の地形を呈している（写真-16）．また，溶岩流が流下した後に境川が溶岩流を侵食して形成された最大高さ約 120 m におよぶ急崖では，鶴見岳山頂溶岩の岩体が厚く露出している（写真-17）．境川より北側に一部残留している鶴見岳山頂溶岩の侵食崖では，溶岩流の表層に近い部分が風化したような巨礫を含む最大高さ約 40 m の無層理の露頭が見られ，地表面には溶岩塊が点在している（写真-18）．

お釜の台から分岐してさらに東へ流下した溶岩流は，山頂から水平距離約 2.8 km，標高差約 1 km，現在の堀田温泉付近まで到達している（写真-19）．途中，別府ロープウェイ北側の朝見川沿いの谷方向に分岐したものも見られる．溶岩流の末端には高さ約 50 m の末端崖が形成されており，比較的粘性の高い溶岩であったことが伺われる．溶岩流末端部の北向き斜面は，別府－万年山断層帯の一部を成す堀田断層により切られており（千田ほか，2000），東西方向に連続する最大比高約 20 m の変位地形崖が形成されている．また，この溶岩流がお釜の台から急斜面を流下する区間やその下流部では，表面がガリーによって深く刻まれており，谷出口には土石流堆積面・沖積錐が形成されている．

山頂から南へ流出した溶岩流の主体は，鶴見岳山頂と南平台の間から南東側へ流下しており，平滑な緩斜面上に溶岩塊が露出しているのが観察できるが，主体部の両側端には延長 700 m におよぶ溶岩堤防が発達し，その間の溶岩流の表面にはガリーが形成されている（写真-20，21）．途中，南平台とその南東側の鶴見岳基底溶岩円頂丘の間に形成されていた地溝状の凹地に沿って南西側へ分岐したものも見られる．溶岩流の主体は火男火売（ほのおほのめ）神社の中宮付近まで到達しているが，末端には溶岩塊が露出する高さ約 50 m の末端崖が形成されている（写真-22）．

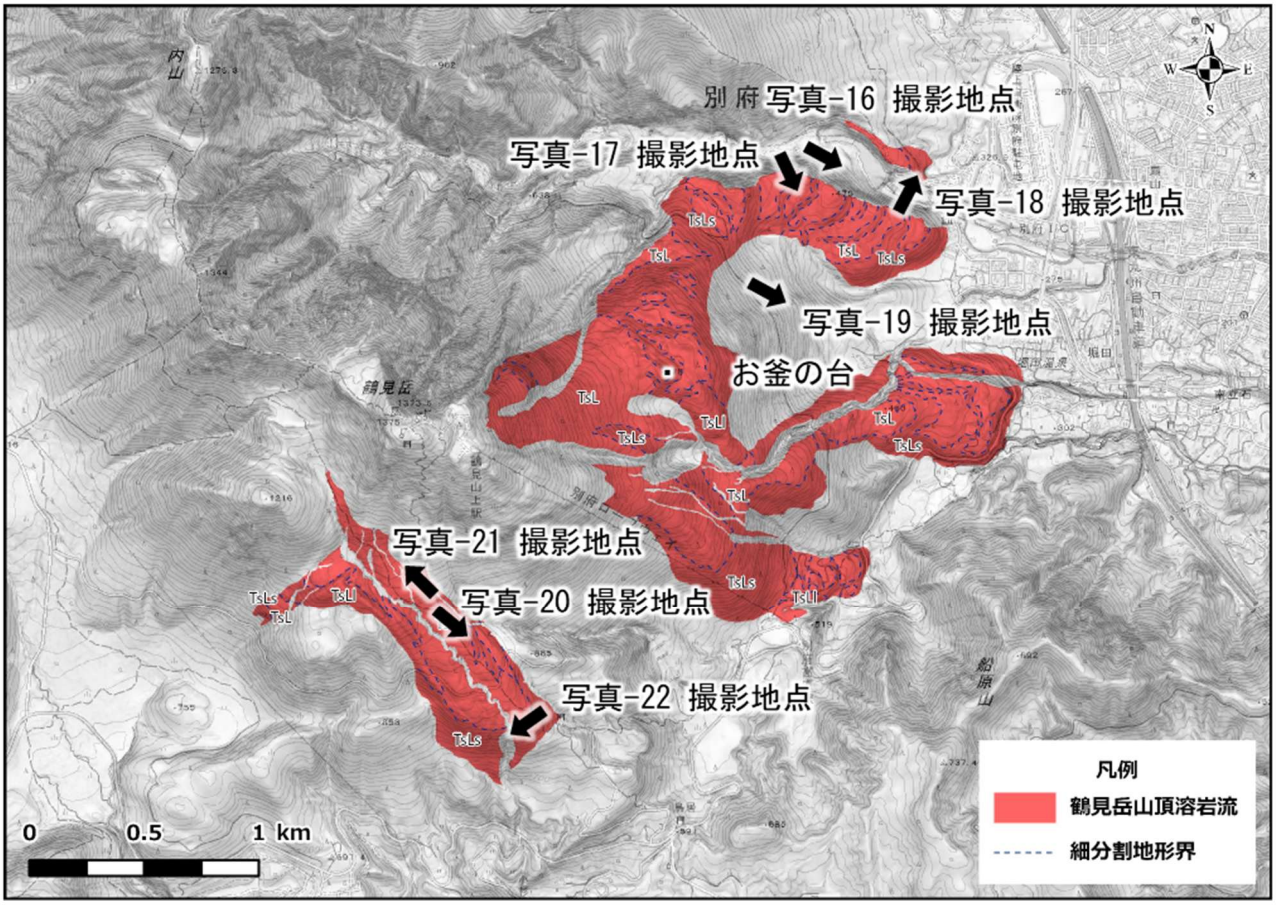


図-21　鶴見岳山頂溶岩流の分布

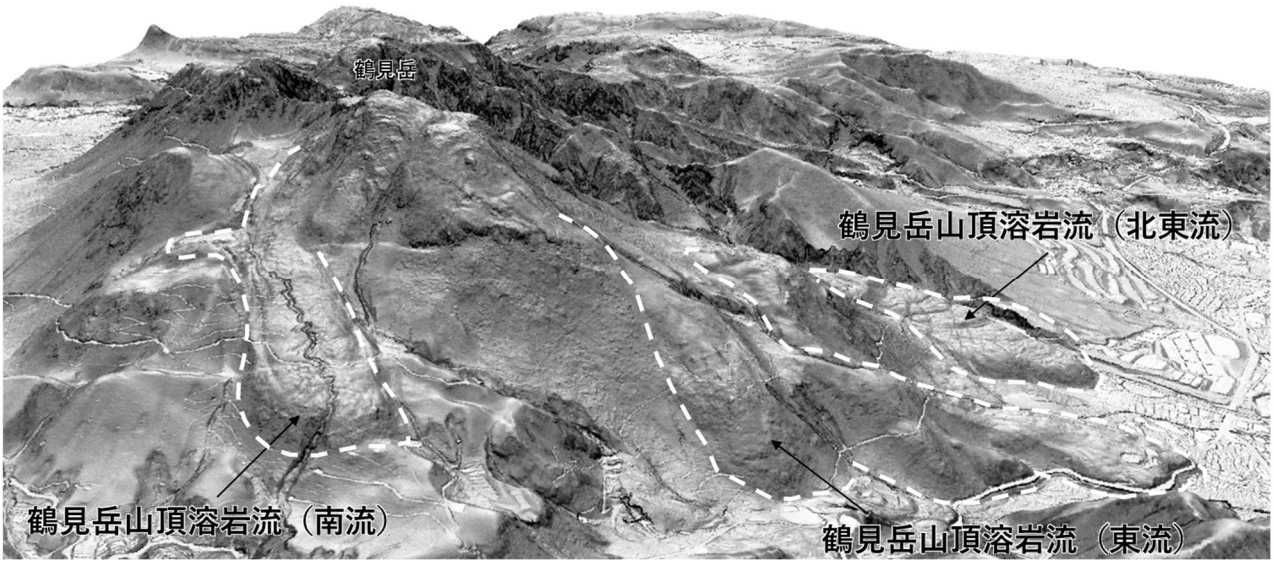


図-22　鶴見岳山頂溶岩流周辺の地形鳥瞰図（1 m メッシュ DEM の 3 次元表示により作成）



写真-16　鶴見岳山頂溶岩流（北東流）末端部の全景（図-21 に示した撮影地点・方向にて空撮）



写真-17　鶴見岳山頂溶岩流（北東流）の末端部（境川南岸）の露頭（図-21 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-18　鶴見岳山頂溶岩流（北東流）の末端部（境川北岸）の露頭とその表面の状況

（図-21 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-19　鶴見岳山頂溶岩流（東流）の末端部の全景（図-21 に示した撮影地点・方向にて空撮）



写真-20　鶴見岳山頂溶岩流（南流）の表面形態

（図-21 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-21　鶴見岳山頂溶岩流（南流）北側の溶岩堤防

（図-21 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-22　鶴見岳山頂溶岩流（南流）の末端崖（図-21 に示した撮影地点・方向にて撮影）

2.2.2　約2.9万年前～約1万年前に形成された火山地形

鶴見岳の約 2.9 万年前～約 1 万年前の活動によって鶴見岳・伽藍岳周辺に形成された火山地形で，内山南，伽藍岳，内山，南平台周辺に分布する溶岩円頂丘や溶岩流，伽藍岳西方の鬼箕山の周辺に分布するスコリア丘や溶岩流からなる．

2.2.2.1　溶岩円頂丘

粘性の高い溶岩によって形成されたドーム状又は台地状の地形を「溶岩円頂丘」として分類した．

(1) 内山南溶岩円頂丘（UsD，UsDs，UsDt）

内山南溶岩円頂丘は，鶴見岳・伽藍岳の中央部，内山（1,275.3 m）と鞍ヶ戸（1,344 m 標高点）の間に位置する溶岩円頂丘で，最高点は約 1,296 m である．頂部は全体的には緩傾斜ながら，溶岩円頂丘特有の大小の起伏に富んだ地形を呈しており，この範囲を「溶岩円頂丘（UsD）」に分類した．溶岩円頂丘の周辺は，傾斜 35° 前後の急勾配の斜面が広がっており，本図ではこの斜面を「末端崖・側端崖等（UsDs）」として分類した．頂部及び末端崖・側端崖は，南北約 700 m，東西約 600 m の範囲に広がる（図-23，写真-23）．溶岩円頂丘の北半部は，東西方向に連続するやせ尾根と亀裂状の凹地が顕著で，溶岩じわないし滑落地形と考えられている（小林，1984）．溶岩円頂丘の周辺斜面は侵食が進んでいるが，船底と呼ばれる鞍部に面した北側斜面には末端崖・側端崖の原地形が残されている．溶岩円頂丘の下方に形成されている勾配 25° 前後の「崖錐部（UsDt）」も深いガリーにより放射状に侵食され，崩壊地・急崖や侵食斜面が広域を占めているが，西麓には断片的に原地形が残されている（写真-24）．

本溶岩円頂丘は，紫蘇輝石普通輝石普通角閃石安山岩からなり（星住ほか，1988），溶岩円頂丘の形成に伴って堆積した T-Nzp（中釣火砕流堆積物）や T-Nzf（中釣火山灰）の噴出年代から，約 10,500 年前に形成されたと考えられている（藤沢，2002）．

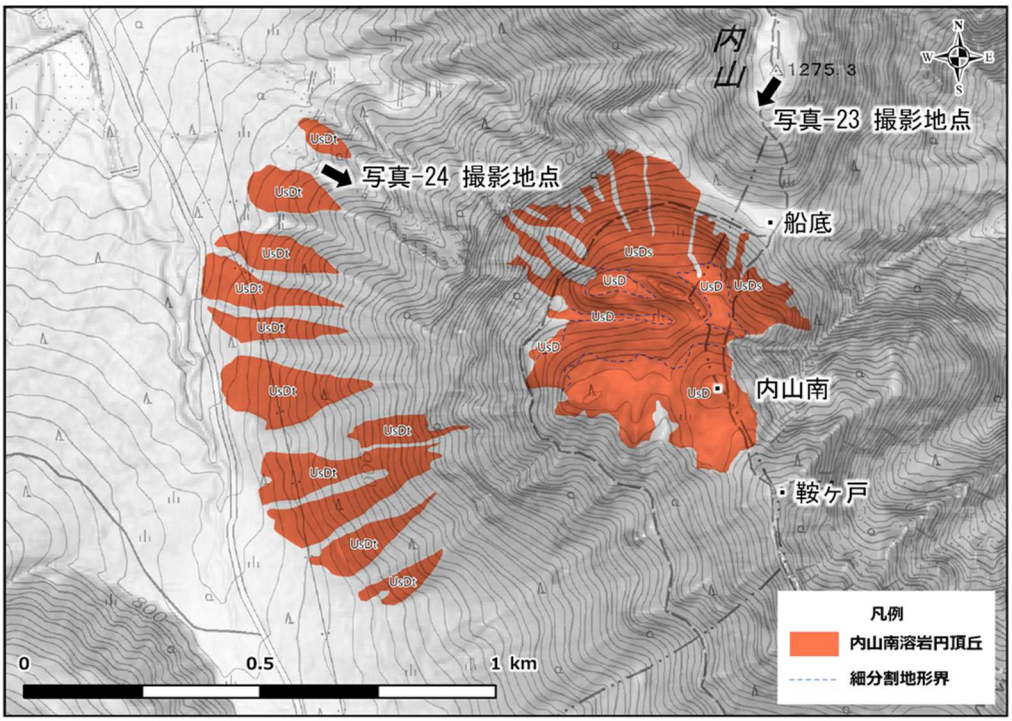


図-23　内山南溶岩円頂丘の分布



写真-23　内山南溶岩円頂丘の全景（図-23 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-24　内山南溶岩円頂丘の全景（図-23 に示した撮影地点・方向にて空撮）

(2) 伽藍岳溶岩円頂丘（GrD，GrDs，GrDt）

伽藍岳溶岩円頂丘は，鶴見岳・伽藍岳の北端部に位置し，伽藍岳山頂（標高 1,045.2 m）を最高点とする溶岩円頂丘と，その西側で標高点 1,014 m ないし標高約 1,000 m の高まりを頂部とする溶岩円頂丘の二つの溶岩円頂丘が複合して形成されている．両者はほぼ同時期に噴出したものであるが，東側の方が高く，西側に乗り上げている（小林，1984）．頂部は全体的には緩傾斜ながら，溶岩円頂丘特有の大小の起伏に富んだ地形を呈しており，これらの範囲を「溶岩円頂丘（GrD）」に分類した．溶岩円頂丘の周辺は，傾斜 38° 前後の急勾配の斜面が広がっており，本図ではこの斜面を「末端崖・側端崖等（GrDs）」として分類した．頂部及び末端崖・側端崖は，南北約 900 m，東西約 1.3 km の範囲に広がる（図-24，写真-25，26）．溶岩円頂丘の周辺斜面は侵食が進み，崩壊地・急崖や侵食斜面が広域を占めているが，北麓及び西麓には溶岩円頂丘形成時に発達した勾配 28° 前後の「崖錐部（GrDt）」の原地形が断片的に残されている．山頂の南側斜面には，南側に開いた火口状の地形が認められ，前述のとおり火口縁（不明瞭）として分類した．ただし，この火口状の地形に対応する噴出物が広域で確認されていないことや，伽藍岳の形成以降噴気活動が継続しており，変質作用の進行に伴い崩壊が繰り返されたことによってこのような地形が形成されたとの考えもある（小林，1984，藤沢ほか，2002）．火口状の地形では，現在でも底部や側壁から盛んに噴気している（写真-27）．

なお，伽藍岳山頂を構成する溶岩円頂丘の北西及び南東斜面には，北東から南西方向に延びる地溝状の落ちこみが認められるが，これは溶岩円頂丘にしばしば認められる山頂部の陥没現象の一種と考えられており（小林，1984），本図では後述する変位地形崖として分類した（**写真-28**）．

本溶岩円頂丘は，灰色－青灰色の安山岩からなり，斑晶として斜長石・普通角閃石・普通輝石・紫蘇輝石と微量のかんらん石・石英を含む（星住ほか，1988）．なお，本溶岩円頂丘の形成年代は，伽藍岳溶岩円頂丘と対応するテフラの放射性炭素年代から，約 10,500 年前より若干古いと推定されている（藤沢ほか，2002）．

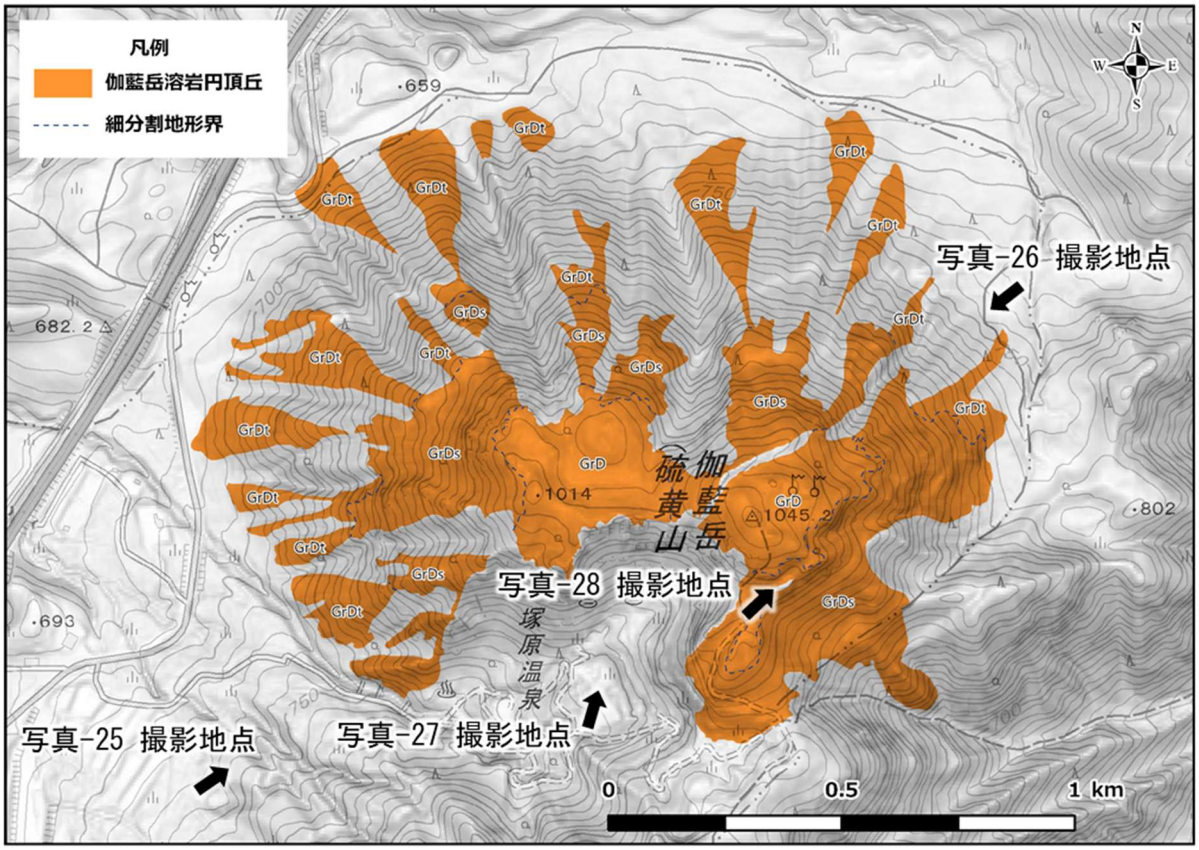


図-24　伽藍岳溶岩円頂丘の分布

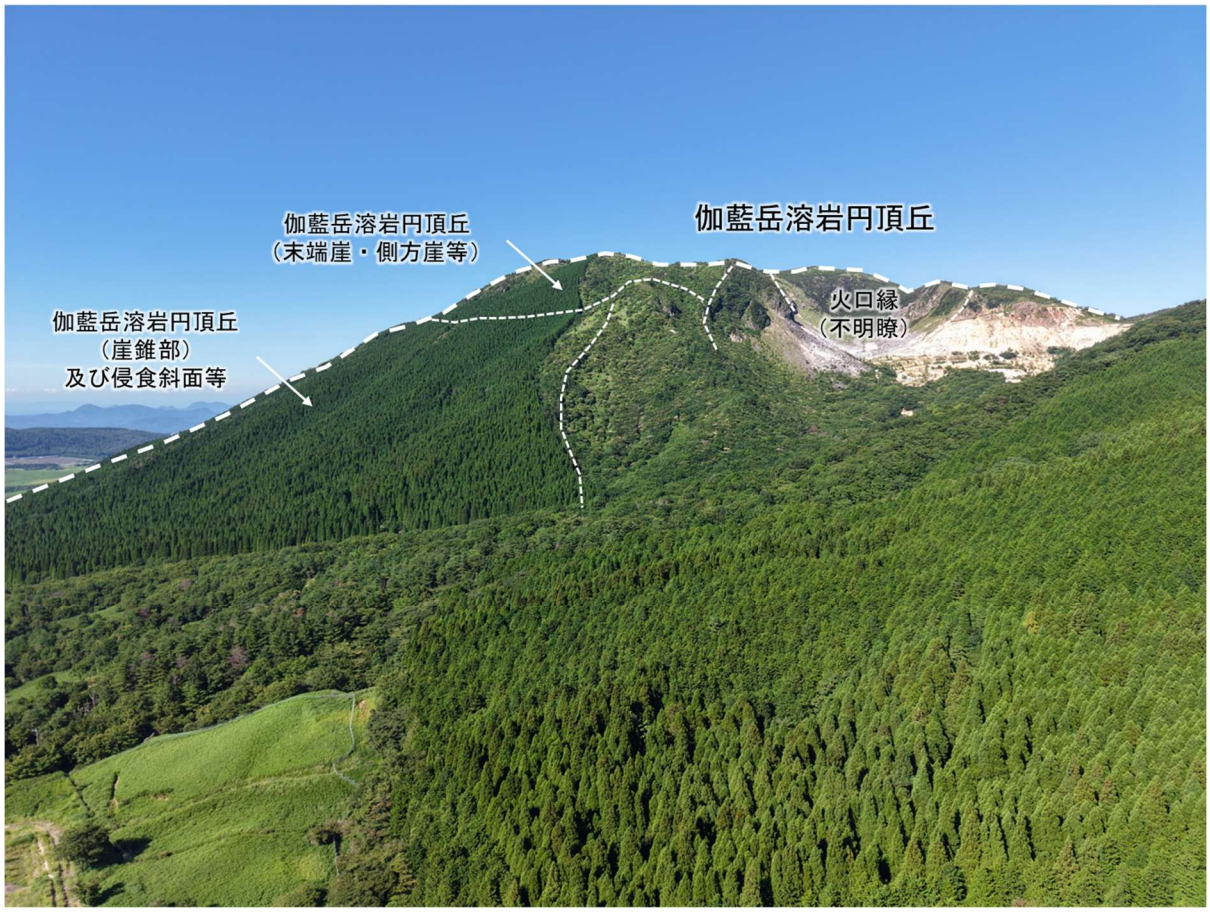


写真-25　伽藍岳溶岩円頂丘の全景（図-24 に示した撮影地点・方向にて空撮）

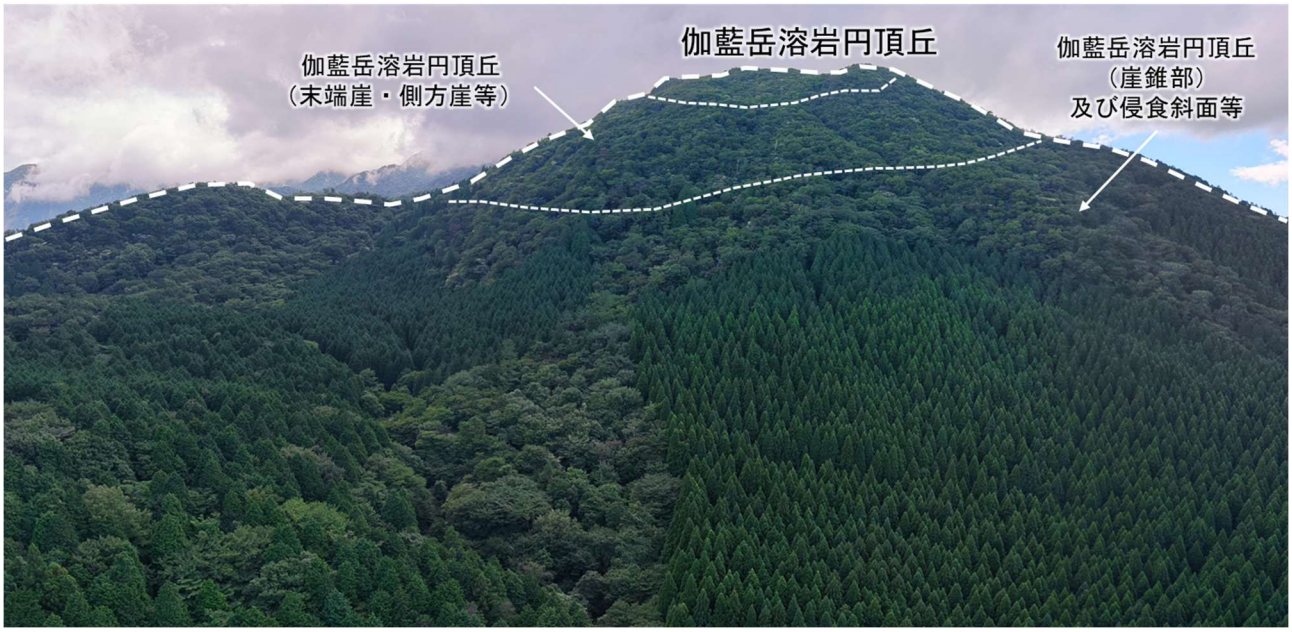


写真-26　伽藍岳溶岩円頂丘の全景（図-24 に示した撮影地点・方向にて空撮）



写真-27　伽藍岳溶岩円頂丘の近景（図-24 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-28　伽藍岳溶岩円頂丘南東側に見られる地溝状の落ち込み

（図-24 に示した撮影地点・方向にて撮影）

(3) 内山溶岩円頂丘（UcD，UcDs，UcDt）

内山溶岩円頂丘は，鶴見岳・伽藍岳の中央部，内山（1,275.3 m）を構成する溶岩円頂丘で，山頂部には溶岩円頂丘特有の緩斜面が残り，大小の溶岩塊が点在していることから「溶岩円頂丘（UcD）」に分類した．溶岩円頂丘の周辺は，傾斜 40°以上の急勾配の斜面が広がっており，本図ではこの斜面を「末端崖・側端崖等（UcDs）」として分類した．頂部及び末端崖・側端崖は，南北約 700 m，東西約 350 m の範囲に広がる（図-25，写真-29，30，31）．溶岩円頂丘の周辺斜面は侵食が進み，北端部ではやせ尾根になっているが，船底と呼ばれる鞍部に面した南側斜面には末端崖・側端崖の原地形が残されている．溶岩円頂丘の下方に形成されている平均勾配 20°前後の「崖錐部（UcDt）」も深いガリーにより放射状に侵食され，崩壊地・急崖や侵食斜面が広域を占めているが，西麓にはややまとまって崖錐部の原地形が残されている（写真-32）．

本溶岩円頂丘は，石英紫蘇輝石含有黒雲母普通角閃石デイサイトからなる（星住ほか，1988）．形成時期については，内山南溶岩円頂丘（約 10,500 年前）より古く，地形の侵食程度から鬼箕山溶岩流や伽藍岳溶岩円頂丘よりもさらに古いと推定されている（藤沢ほか，2002）が，詳細は明らかにされていない．

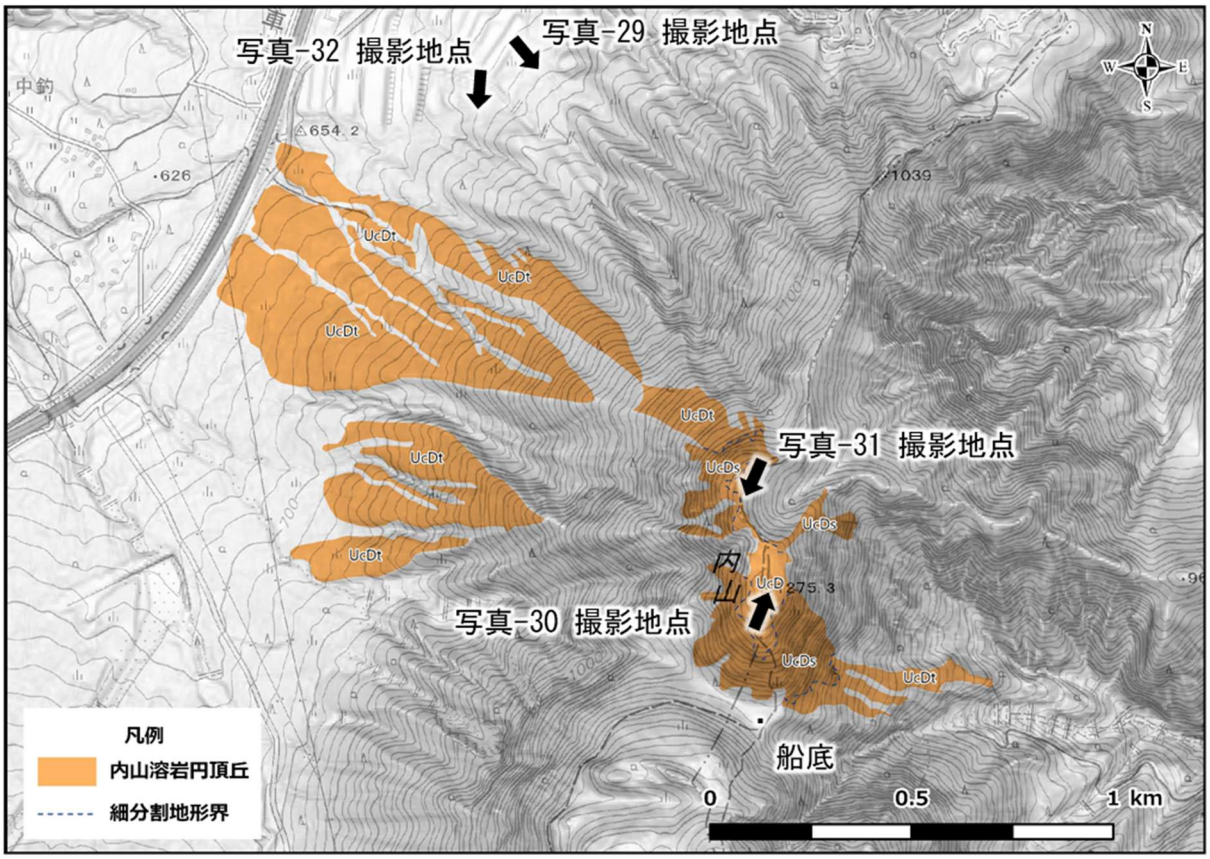


図-25　内山溶岩円頂丘の分布



写真-29　内山溶岩円頂丘の全景（図-25 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-30　内山溶岩円頂丘の頂部（山頂付近）

（図-25 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-31　内山溶岩円頂丘北端部の状況

（図-25 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-32　内山溶岩円頂丘の西麓に広がる崖錐部及び土石流堆積面・沖積錐

（図-25 に示した撮影地点・方向にて空撮）

(4) 南平台溶岩円頂丘（NpD，NpDs，NpDt）

南平台溶岩円頂丘は，鶴見岳・伽藍岳の南端部，鶴見岳山頂の南西側に位置する溶岩円頂丘で，最高点は標高点 1,216 m である．頂部は全体的に緩傾斜ながら，周辺の末端崖・側端崖は急傾斜となるなど，「溶岩円頂丘（NpD）」及び「末端崖・側端崖等（NpDs）」の地形的特徴を示す．頂部及び末端崖・側端崖は，南北約 550 m，東西約 600 m の範囲に広がる（図-26，写真-33）．北端部には，東西方向に連続するやせ尾根と亀裂状の凹地が 2 列見られ，ほぼ固結した後に地震あるいは何らかの原因で滑落した可能性（小林，1984）や，斜面上に噴出した溶岩円頂丘が低い方に引っ張られることによる滑落地形の可能性（星住ほか，1988）が指摘されているが，ここでは溶岩円頂丘の一部としてまとめて分類した（写真-34，35，36）．溶岩円頂丘の南西斜面は，崩壊地・急崖や侵食斜面により広く侵食されているが，断片的に「崖錐部（NpDt）」の原地形が残されている．また，本溶岩円頂丘の基部には南平台溶岩流が見られる．

本溶岩円頂丘は，石英含有シソ輝石・普通輝石・角セン石安山岩からなる（小林，1984）．形成時期については，内山溶岩円頂丘と同じく，内山南溶岩円頂丘（約 10,500 年前）より古く，地形の侵食程度から鬼箕山溶岩流や伽藍岳溶岩円頂丘よりもさらに古いと推定されている（藤沢ほか，2002）が，詳細は明らかにされていない．

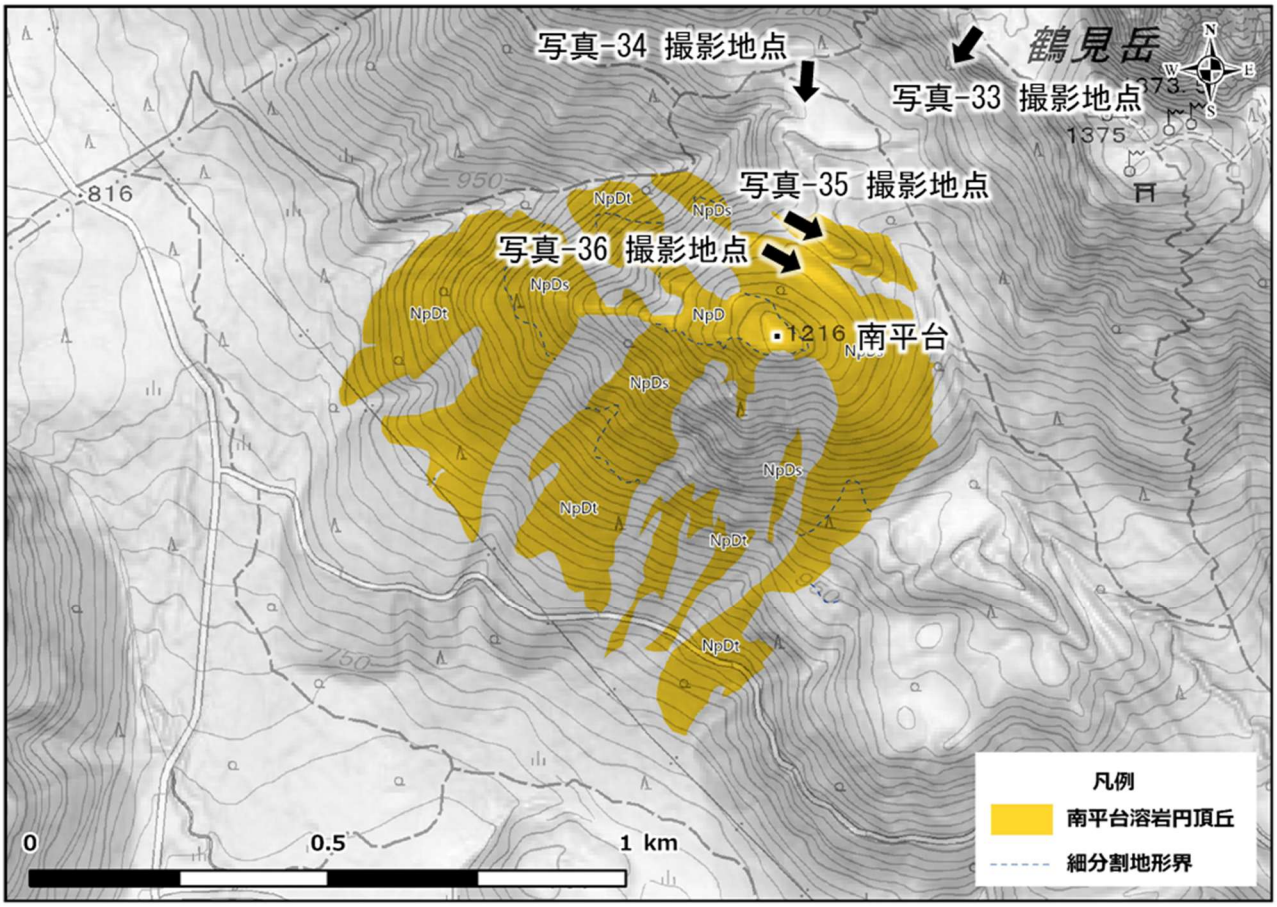


図-26　南平台溶岩円頂丘の分布

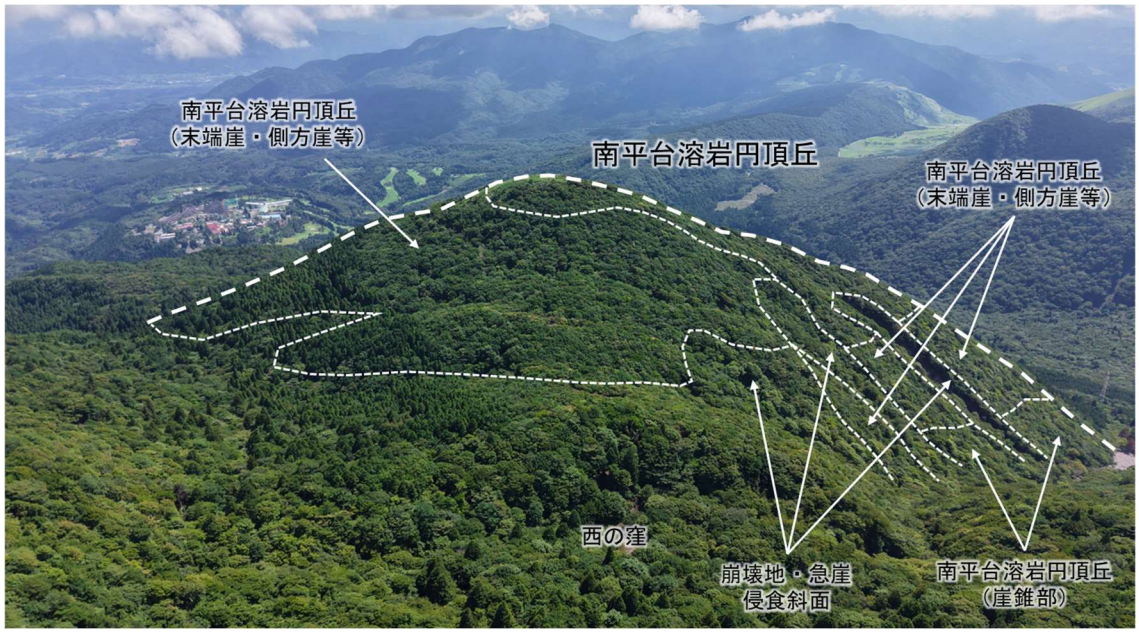


写真-33　南平台溶岩円頂丘の全景（図-26 に示した撮影地点・方向にて空撮）



写真-34　南平台溶岩円頂丘の近景（図-26 に示した撮影地点・方向にて空撮）



写真-35　溶岩円頂丘北部のやせ尾根（北側）
（図-26 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-36　溶岩円頂丘北部のやせ尾根（南側）
（図-26 に示した撮影地点・方向にて撮影）

2.2.2.2　溶岩流地形

溶岩流の流下によって形成された主に舌状の地形を「溶岩流地形」として分類した．

(1) 鬼箕山溶岩流（OnL，OnLs，OnLl，OnLw）

鬼箕山溶岩流は，前述の鬼箕山スコリア丘（標高 693 m）形成時に火口から西方に流出したものであり，溶岩流に特有の起伏のある緩斜面からなる「溶岩流（OnL）」と，その周囲に形成された「末端崖・側端崖等（OnLs）」の急斜面が明瞭で，火口から末端まで約 1 km，最大幅約 900 m の広がりをもつ（図-27，写真-37）．側端崖や末端崖から推定される溶岩流の厚さは最大約 25 m であるが，スコリア丘から末端付近までの平均勾配は約 1.8° と極めて緩く，粘性の低い溶岩流であったことが伺える．溶岩流の流下方向と平行に，東西方向の両側端に形成された最大高さ約 10 m の「溶岩堤防（OnLl）」が，火口から北側は約 600 m，南側は約 200 m にわたって連続している（写真-38）．また，溶岩堤防が不明瞭になるあたりから下流では，流下方向に直行する南北方向に高さ数 m，延長数十 m から約 200 m の細長い土手状の「溶岩じわ（OnLw）」が多数形成されており，微高地上に樹木が列状をなして配列している様子が確認できる（写真-39）．これら溶岩流上の微地形は，近年のリゾート開発により失われつつある．

本溶岩流は前述する鬼箕山スコリア丘と同様，かんらん石安山岩からなり，かんらん石を特徴的に多量に含み（星住ほか，1988），鬼箕山スコリア丘の噴出と同時期に形成されたと考えられている（藤沢ほか，2002）．

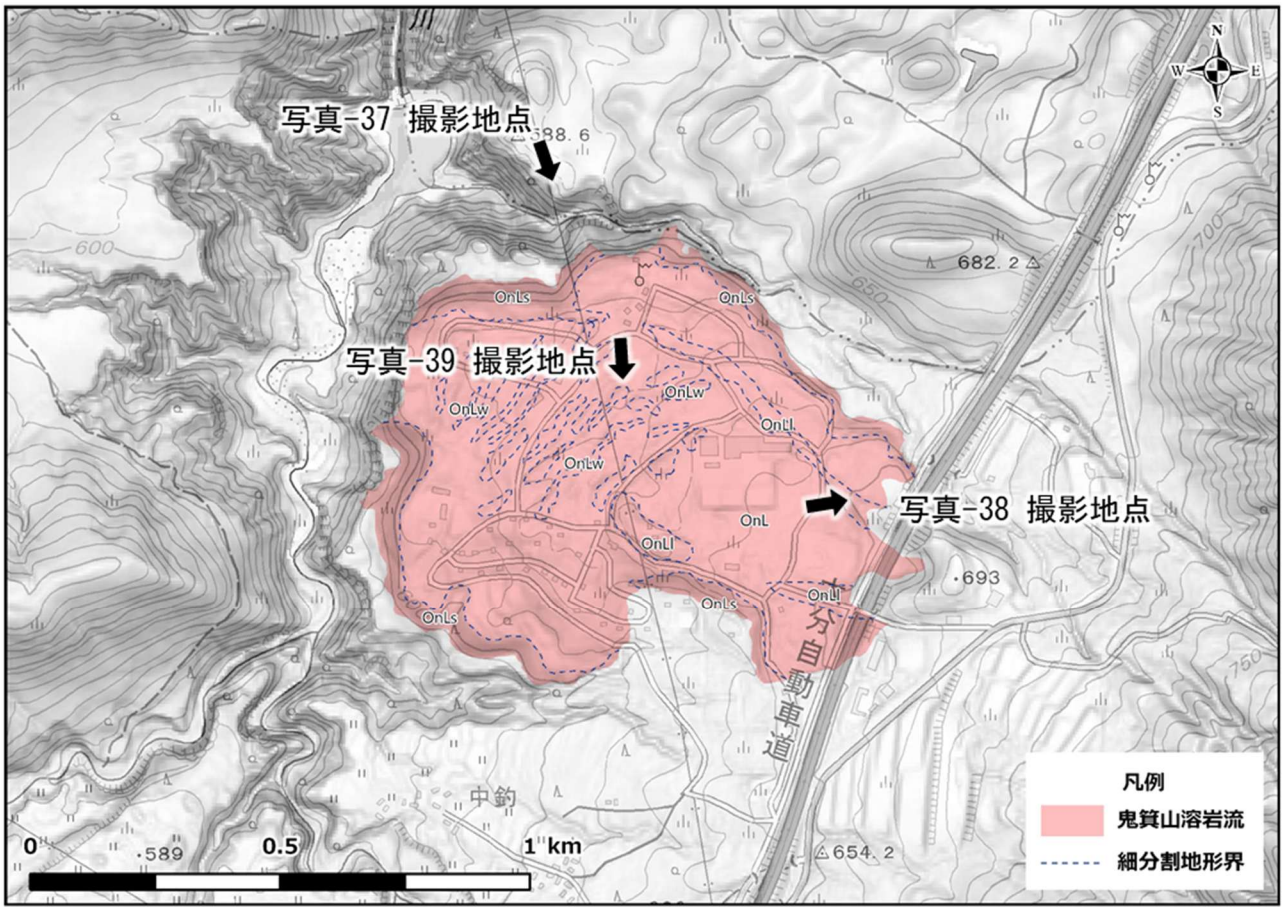


図-27　鬼箕山溶岩流の分布

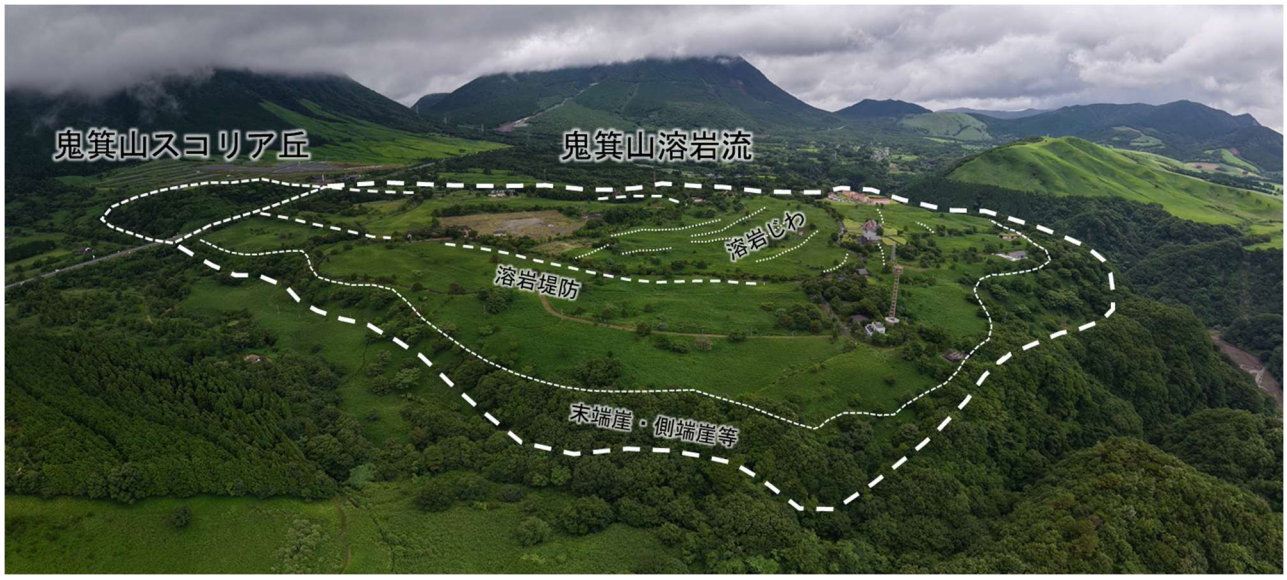


写真-37　鬼箕山溶岩流の全景（図-27 に示した撮影地点・方向にて空撮）



写真-38　鬼箕山溶岩流上の溶岩堤防（図-27 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-39　鬼箕山溶岩流上の溶岩じわ（図-27 に示した撮影地点・方向にて撮影）

(2) 南平台溶岩流（NpL，NpLs）

南平台溶岩流は，南平台溶岩円頂丘の南西麓に位置する溶岩流地形である（図-28，写真-40）．溶岩流としての地形は明瞭ではないが，前述の南平台溶岩円頂丘の崖錐部より下方の斜面に緩斜面が見られ，その末端や側端に急斜面が形成されていることから，「溶岩流（NpL）」及び「末端崖・側端崖等（NpLs）」の一部であると推定される．一部はガリー等により侵食を受け，さらにこれらから流出する岩屑により末端部の埋積が進んでいる．

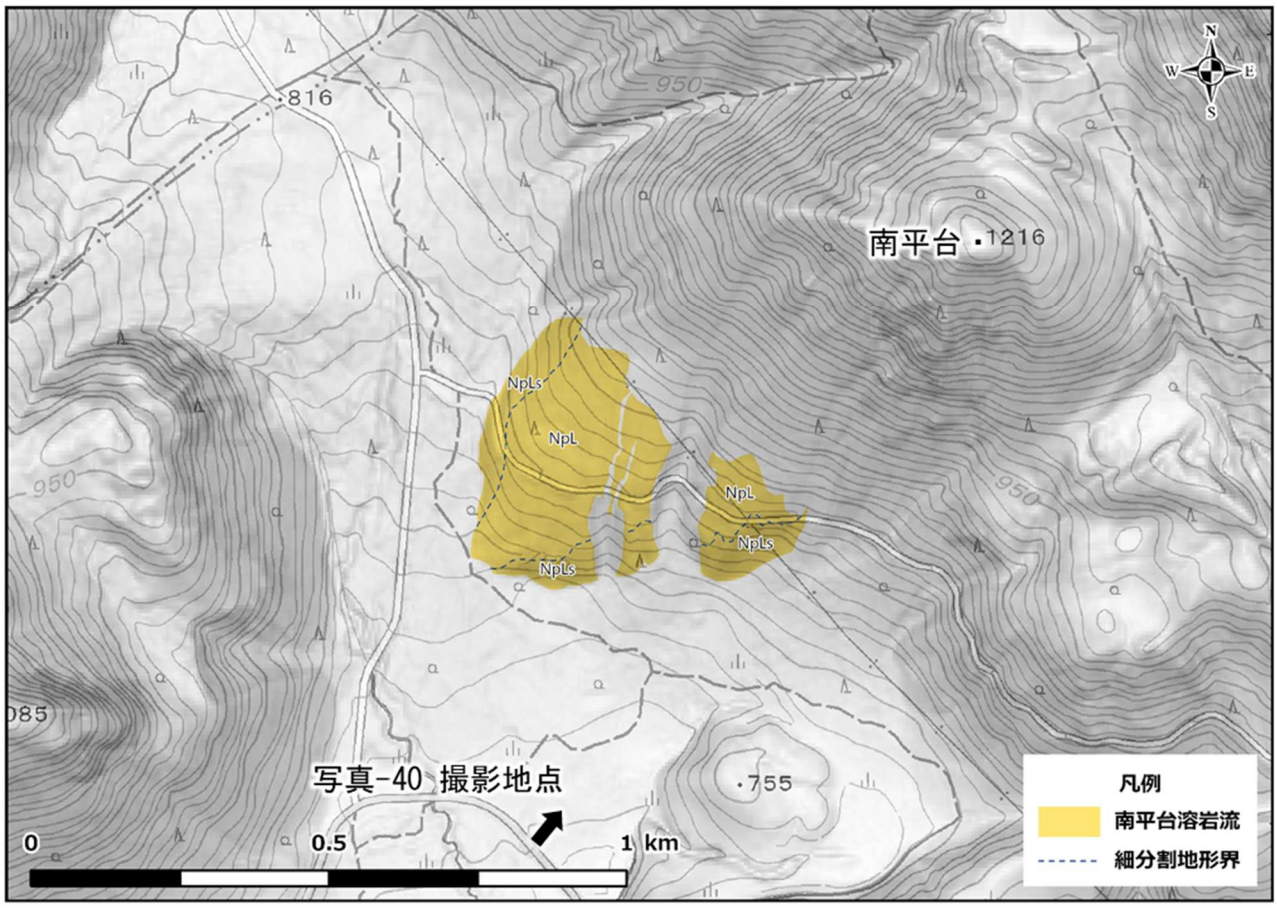


図-28　南平台溶岩流の分布



写真-40　南平台溶岩流の全景（図-28 に示した撮影地点・方向にて撮影）

2.2.2.3　スコリア丘

主にスコリアやスコリア質砕屑物で構成される火山砕屑丘を「スコリア丘」として分類した．

(1) 鬼箕山スコリア丘（OnSC）

鬼箕山スコリア丘は，鶴見岳・伽藍岳の北西部，伽藍岳の山頂から約 1.5 km 西方に形成された円錐形を呈する「スコリア丘（OnSC）」で，最高点は 693 m 標高点である．スコリア丘は，南北約 300 m，東西約 320 m の範囲に広がり，周辺との比高は約 30 m，頂部には西側に開いた火口が存在する（図-29，写真-41，42）．1980 年代後半に行われた大分自動車道の建設に伴い，西端部が切り崩されて大規模な切土斜面となっているほか，山頂部や南麓も人工的に地形改変されている（写真-43）．

本スコリア丘は，かんらん石安山岩からなる単成火山で，かんらん石を特徴的に多量に含む（星住ほか，1988）．太田ほか（1992）による地質学的・岩石学的な研究によれば，鬼箕山を構成する岩石は鶴見岳・伽藍岳の主体部を構成する岩石とは対照的で，同一地域・同一時期に成因の異なるマグマが噴出した可能性が高いことを示唆している．鬼箕山溶岩流の表面には，火口付近で溶結したとみられる岩塊が散在していることから，後述する鬼箕山溶岩流の噴出と同時期に形成されたと考えられており，その時期は約 2.9 万年前から約 1 万年前の間であると推測されている（藤沢ほか，2002）．

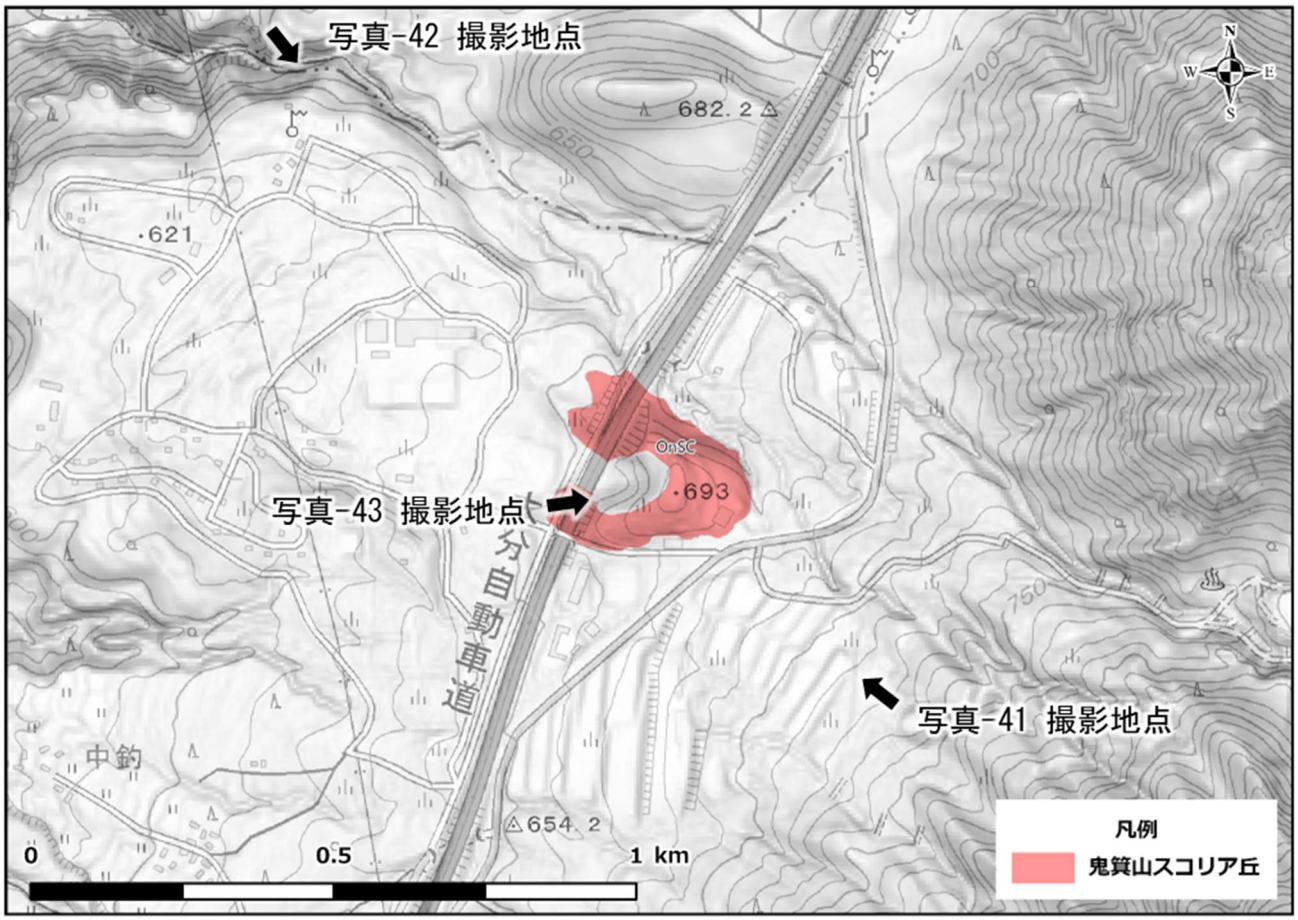


図-29　鬼箕山スコリア丘の分布



写真-41　鬼箕山スコリア丘の全景（図-29 に示した撮影地点・方向にて空撮）



写真-42　鬼箕山スコリア丘の全景（図-29 に示した撮影地点・方向にて空撮）



写真-43　鬼箕山スコリア丘の近景（図-29 に示した撮影地点・方向にて撮影）

2.2.3　約6万年前以前に形成された火山地形

鶴見岳・伽藍岳の約 6 万年前以前の活動により，鶴見岳の基盤を構成する火山地形で，鶴見岳基底溶岩円頂丘及び鶴見岳基底溶岩流からなる．また，鶴見岳山頂の西側斜面に位置する西の窪周辺では，かつての火口の可能性がある火口状地形縁が見られる．

2.2.3.1　溶岩円頂丘

粘性の高い溶岩によって形成されたドーム状又は台地状の地形を「溶岩円頂丘」として分類した．

(1) 鶴見岳基底溶岩円頂丘（TbD，TbDs，TbDt，TbDd）

鶴見岳基底溶岩円頂丘は，小林（1984）に示される鶴見岳基底溶岩の分布範囲に見られる古い火山地形のうち，頂部が凹凸のある緩斜面で周囲が急斜面となっている，いずれも開析の進んだ複数の溶岩円頂丘である．北から順に伽藍岳と内山の間（標高点 1,039 m の周辺），内山南と鶴見岳の間（標高点 1,344 m の「鞍ヶ戸」周辺），鶴見岳の東側斜面（標高点 878 m の「お釜の台」周辺），南平台の南側（標高約 1,000 m の高まり）の 4 箇所に見られる（図-30）．

伽藍岳と内山の間に位置する溶岩円頂丘は，塚原温泉から鍋山方面へ向かう登山道の塚原越付近から内山の北側まで，南北約 1.3 km，東西約 2.3 km の範囲に分布している．主稜線に沿って「溶岩円頂丘（TbD）」の頂部の緩斜面や，「末端崖・側端崖等（TbDs）」の一部と考えられる地形が残されているものの，崩壊・侵食により大部分の形状が失われている．西麓には平滑な斜面を成す「崖錐部（TbDt）」が断片的に残され，この斜面上に T-Ga1 を噴出したとされる火口や，北北東－南南西方向に連続する変位地形崖・変位地形線等が形成されている．

鞍ヶ戸周辺に分布する溶岩円頂丘は，内山南と鶴見岳に挟まれた，南北約 1 km，東西約 1.3 km の範囲に広がる．主稜線に沿って頂部の緩斜面や末端崖・側端崖の一部と考えられる地形が残され，一部では溶岩塊が露出しているものの，崩壊・侵食により大部分が失われ，険しいやせ尾根や急崖となっている部分も多い．南西麓や北西斜面には崖錐部の一部が断片的に見られる（写真-44，45，46，47）．

お釜の台周辺に広がる溶岩円頂丘は，大半が鶴見岳山頂溶岩流に覆われ，元の地形面が確認できるのは東側の末端崖・側端崖とその下方の崖錐部のみとなっており，その分布範囲は南北 900 m，東西約 400 m である．一部ガリーによる侵食を受けているが，原地形が比較的良好に保存されている（写真-48，49）．境川搬入路沿いでは，鶴見岳山頂溶岩流の表面には溶岩塊が多く露出しているのに対し，鶴見岳基底溶岩円頂丘の崖錐部は表土に覆われているなど，表面形態に違いが認められる（写真-50，51）．

南平台の南に広がる溶岩円頂丘は，頂部が緩傾斜となっており，3 箇所で「凹地（TbDd）」が認められる．この溶岩円頂丘は，南北約 900 m，東西約 800 m の範囲に広がるが，南斜面は由布院断層（千田ほか，2000）により大きく切断されており，それによる変位地形崖は最大高さ約 20 m に及ぶ．

これら鶴見岳基底溶岩円頂丘を構成する岩石は，角閃石安山岩溶岩及び火砕物が大部分を占める（星住ほか，1988）．なお，これらの地形面は約 6 万年前に噴出した Kj-P1（九重第一降下軽石）に覆われているとされている（藤沢ほか，2002）ことから，約 6 万年前以前に形成されたものと考えられる．

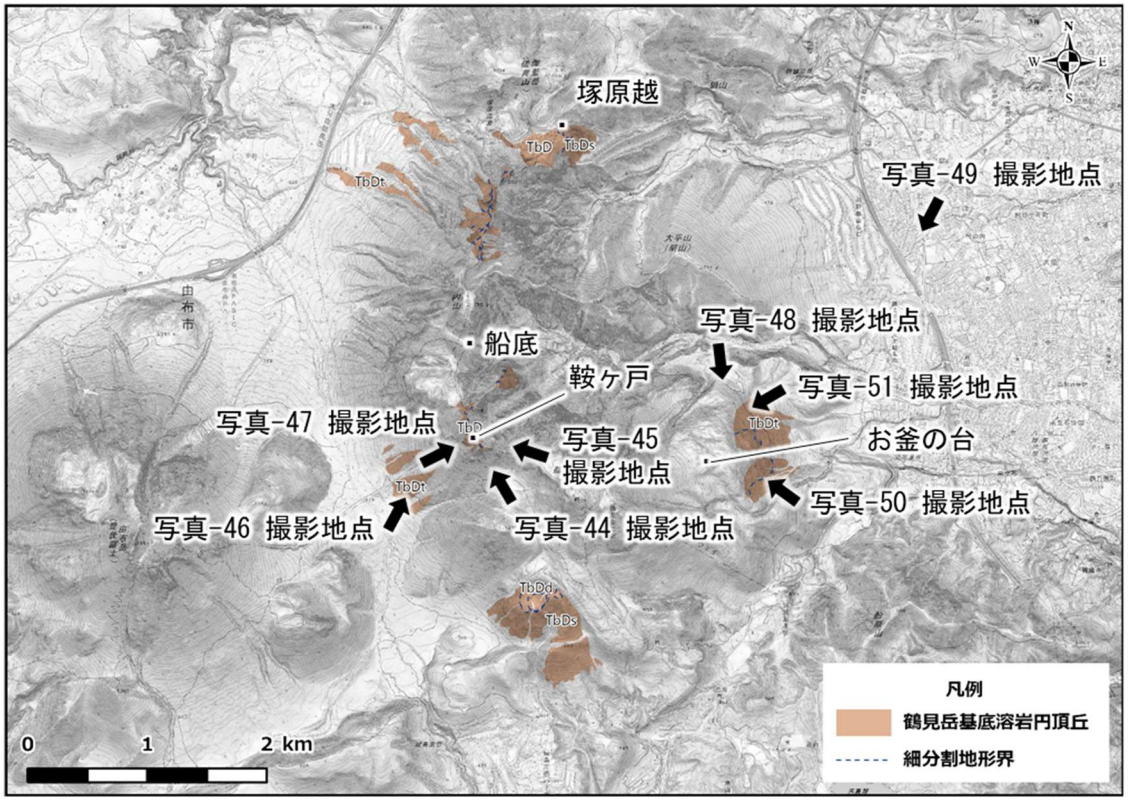


図-30　鶴見岳基底溶岩円頂丘の分布



写真-44　鶴見岳基底溶岩円頂丘（鞍ヶ戸）の全景①

（図-30 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-45　鶴見岳基底溶岩円頂丘（鞍ヶ戸）の全景②

（図-30 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-46　鶴見岳基底溶岩円頂丘の崖錐部

（図-30 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-47　鶴見岳基底溶岩円頂丘を構成する溶岩の露頭

（図-30 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-48　鶴見岳基底溶岩円頂丘（お釜の台）の全景（図-30 に示した撮影地点・方向にて空撮）



写真-49　鶴見岳基底溶岩円頂丘（お釜の台）の全景（図-30 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-50　鶴見岳基底溶岩円頂丘（お釜の台）の斜面の状況（図-30 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-51　鶴見岳基底溶岩円頂丘と鶴見岳山頂溶岩流の境界付近（図-30 に示した撮影地点・方向にて撮影）

2.2.3.2　溶岩流地形

溶岩流の流下によって形成された主に舌状の地形を「溶岩流地形」として分類した．

(1) 鶴見岳基底溶岩流（TbL，TbLs）

鶴見岳基底溶岩流は，小林（1984）に示される鶴見岳基底溶岩の分布範囲に見られる古い火山地形のうち，中心部は平滑な緩斜面，周辺部は舌状の急斜面からなる，開析の進んだ溶岩流地形である（図-31，写真-52，53，54）．鶴見岳の南東麓では，地表面に溶岩塊が露出し，溶岩堤防が残され，大小の起伏が連続するなど明瞭な溶岩流の形態を示す鶴見岳山頂溶岩流（TsL）との違いは明瞭で，溶岩流の表面を構成する平滑な緩斜面からなる「溶岩流（TbL）」と，その周囲に形成された急傾斜の「末端崖・側端崖等（TbLs）」の組み合わせにより認定を行った．風化・侵食等の進行により，溶岩堤防や溶岩じわ，溶岩流を構成する岩塊等による大小の起伏は不明瞭となっている．

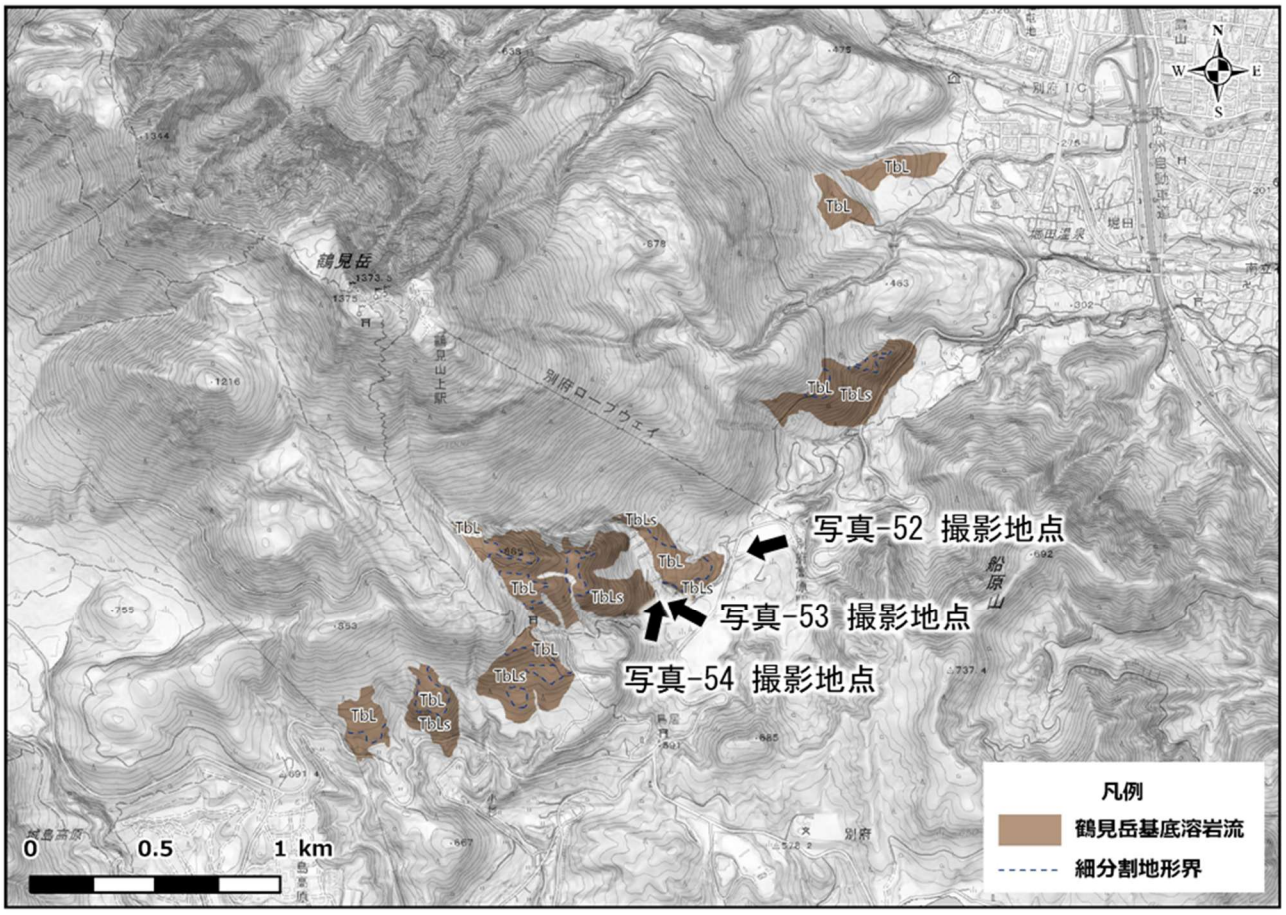


図-31　鶴見岳基底溶岩流の分布



写真-52　鶴見岳基底溶岩流の全景（図-31 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-53　鶴見岳基底溶岩流の末端部
（図-31 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-54　鶴見岳基底溶岩流を構成する溶岩の露頭
（図-31 に示した撮影地点・方向にて撮影）

2.3　水口山の火山地形

2.3.1　　約13万年前以前に形成された火山地形

鶴見岳・伽藍岳の約 13 万年前以前の活動により水口山周辺に形成された火山地形で，水口山溶岩流からなる．

2.3.1.1　溶岩流地形

溶岩流の流下によって形成された主に舌状の地形を「溶岩流地形」として分類した．

(1) 水口山溶岩流（MzL，MzLs）

水口山は，図の南西部に位置する猪の瀬戸湿原の南西側，図の範囲外に位置する 896 m の標高点を中心とする火山体であるが，由布川を挟んで東側にも山体の一部が分布している（図-32）．水口山溶岩流は，小林（1984）に示される水口山火山岩の分布範囲に見られる古い火山地形のうち，中心部は平滑な緩斜面，周辺部は舌状の急斜面からなる，開析の進んだ溶岩流地形である．東西に延びる由布院断層（千田ほか，2000）の標高差最大 50 m に及ぶ変位地形崖により南北に分断されており，断層より北側では 755 m の標高点がある小丘状の地形となっている（写真-55）．断層より南側には，溶岩流の一部と考えられる緩斜面からなる「溶岩流（MzL）」や，その末端・側端に連続する急斜面である「末端崖・側端崖等（MzLs）」が認められるが，いずれも溶岩流特有の微地形は失われている．本図の調査範囲では，南北約 1 km，東西約 900 m の範囲に広がる．

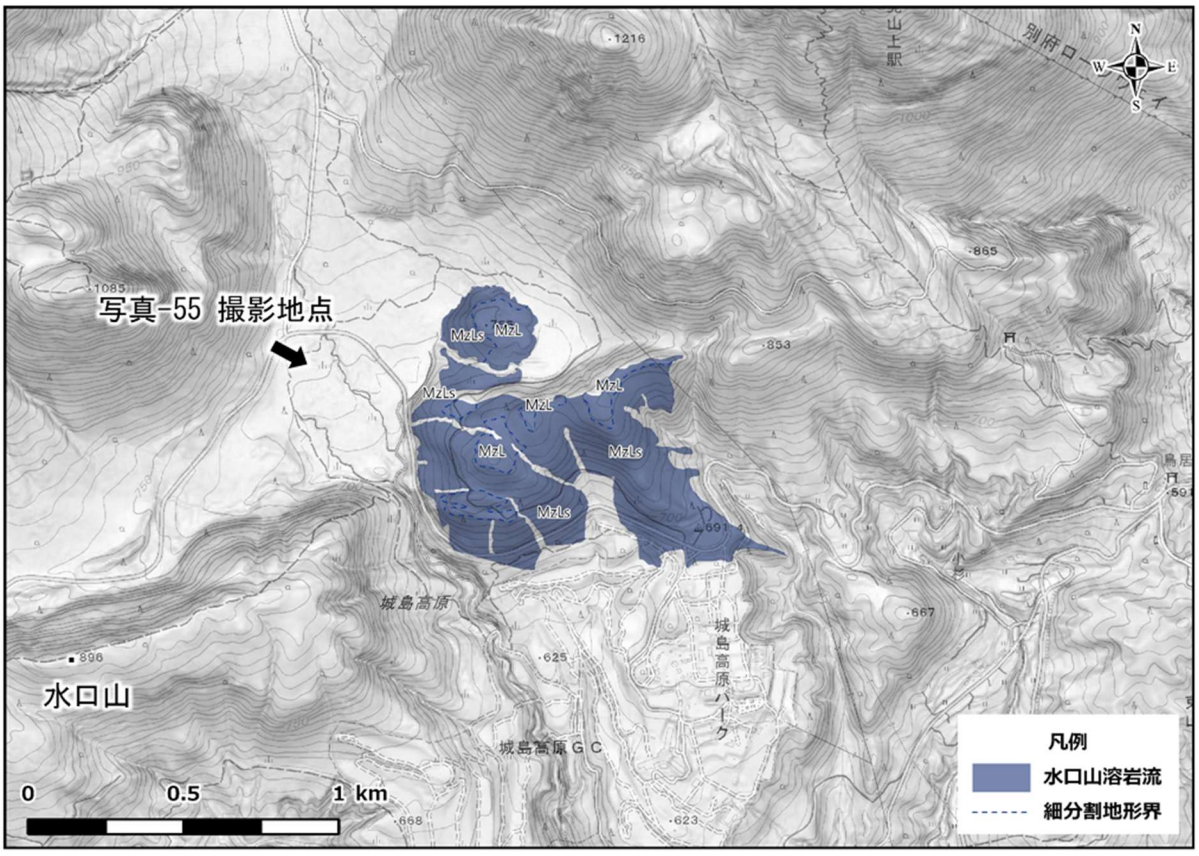


図-32　水口山溶岩流の分布



写真-55　由布院断層により切断されている水口山溶岩流（図-32 に示した撮影地点・方向にて撮影）

第3章　その他の地形

本章では，鶴見岳・伽藍岳周辺にみられる火山地形以外の地形について解説する．

3.1　山地・丘陵地

火山地形を除き，周囲より高い，起伏の大きな地域を「山地・丘陵地」として大区分し，その中を「侵食・崩壊地形」，「集動地形」，「変動地形」に分類した．

3.1.1　侵食・崩壊地形

侵食や崩壊によって形成された斜面を「侵食・崩壊地形」として分類し，その中を「小起伏地形」，「侵食地形」，「崩壊地形」に細分した．

鶴見岳・伽藍岳の主稜を成す伽藍岳～内山～鶴見岳にかけての斜面や，大平山を構成する山体の斜面等に広く分布する（図-33）．

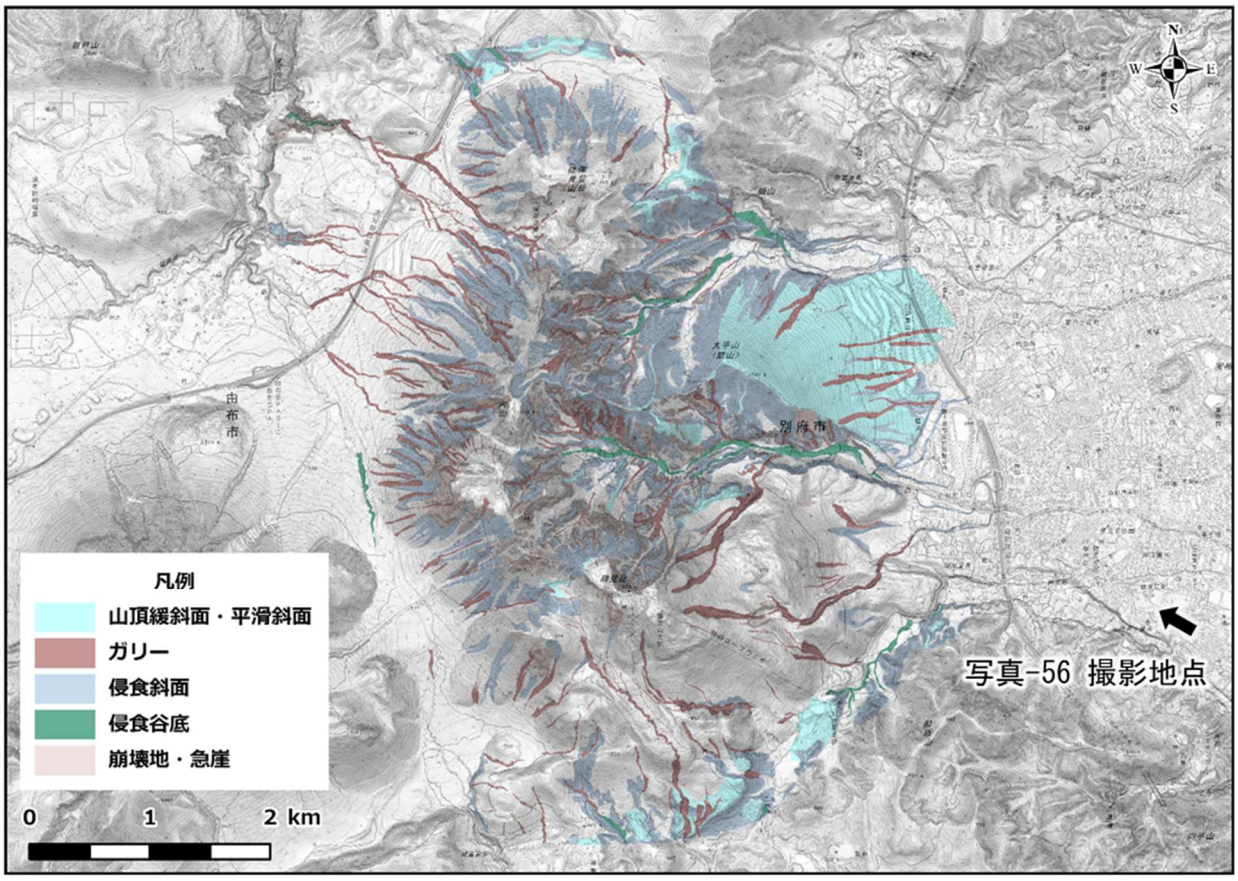


図-33　侵食・崩壊地形の分布

3.1.1.1　小起伏地形

尾根や谷などの起伏が比較的小さな斜面を「小起伏地形」として分類した.

(1) 山頂緩斜面・平滑斜面（Gs）

小起伏地形のうち，山頂や尾根周辺にみられる緩斜面（小起伏面）や平滑な斜面を「山頂緩斜面・平滑斜面（Gs)」として分類した.

鶴見岳・伽藍岳の主稜周辺では，山頂緩斜面・平滑斜面のまとまった分布は見られないが，鶴見岳基底溶岩円頂丘の形成期やそれ以前に形成されていた可能性がある山体の一部に緩斜面が残されていることがあり，これらを山頂緩斜面・平滑斜面として分類した．また，鶴見岳山頂の西側にある西の窪周辺では火口状地形縁が認められ，周囲には平坦面や緩斜面が見られることから，山頂緩斜面・平滑斜面として分類した.

標高約 815 m の大平山は，水口山よりさらに古い時期に形成された角閃石安山岩溶岩と付随する火砕岩からなり，高平山火山の一部とされている（星住ほか，1988）．しかし，北東側斜面以外は侵食が著しく，原地形は失われている．比較的原地形をとどめていると考えられる北東側斜面にも明瞭な火山地形が残されておらず，平滑な斜面が広がっていることから，本図では山頂緩斜面・平滑斜面を広く採用した（写真-56）.

これらの他，図の北部や南部には，地質図等で火山起源の岩石が分布するとされているものの，火山地形がほとんど失われ，起源が不明確な緩斜面が断片的に分布しており，これらを山頂緩斜面・平滑斜面とした.



写真-56　大平山の北東斜面（別府市内のグローバルタワーより撮影）

3.1.1.2　侵食地形

流水、波、風等によって地表面が削られて形成された谷や斜面を「侵食地形」として分類した.

(1) ガリー（G）

侵食地形のうち，流水等によって地表面が削られて形成された溝状の谷地形を「ガリー（G)」として分類した.

鶴見岳・伽藍岳の周辺斜面では，各溶岩円頂丘の頂部を中心に放射状にガリーが発達している．鶴見岳基底溶岩円頂丘は形成時期が古く，ガリーの発達も著しい．一方，形成時期が新しい鶴見岳山頂溶岩円頂丘や鶴見岳山頂溶岩流では，流水が集中する箇所でガリーが発達しているものの，全般には著しい発達は見られない．これらの他，大平山の周辺や春木川・境川・朝見川の上流域にもガリーの発達した斜面が見られる．

(2) 侵食斜面（Es）

侵食地形のうち，流水等によって地表面が削られて形成された斜面を「侵食斜面（Es)」として分類した．

鶴見岳・伽藍岳の周辺斜面では，各溶岩円頂丘の頂部を中心に放射状にガリーが発達しているが，その周辺に侵食斜面が広く分布する．鶴見岳山頂や内山南，伽藍岳など，比較的形成時期の新しい溶岩円頂丘の周辺では，侵食斜面がガリーや斜面下方に向かってスプーン状の形態を示しているが，内山や鶴見岳基底溶岩円頂丘が形成する斜面では，尾根を挟んで侵食斜面が接するなど連続的に分布している．

また，春木川や境川の上流部では，谷により斜面が深く侵食され，急峻な侵食斜面が広く形成されている．

(3) 侵食谷底（Eb）

侵食地形のうち，流水等によって地表面が削られて形成された谷地形の谷底部分で，表面勾配が概ね1/10 未満の区間を「侵食谷底（Eb)」として分類した．

鶴見岳・伽藍岳の周辺では，東麓の春木川や境川，朝見川の上流部及び西麓の戦川の上流部等に侵食谷底に該当する区間が見られる．

3.1.1.3　崩壊地形

斜面の崩壊等によって形成された地形を「崩壊地形」として分類した．

(1) 崩壊地・急崖（C）

崩壊地形のうち，侵食・崩落等によって形成された崖・急斜面を「崩壊地・急崖（C)」とした．

鶴見岳・伽藍岳周辺では，特に稜線から東側の斜面の侵食が著しく，春木川や境川の源流部に崩壊地・急崖が密集している．このうち鶴見岳山頂の北側直下には，幅約 500 m，延長約 800 m の馬蹄形に連続する崩壊地・急崖が存在しており，鶴見岳溶岩円頂丘が形成された後に山頂部北側が大きく崩壊したことを示唆している．その他，各溶岩円頂丘の周辺では，かつての末端崖・側端崖が侵食・崩壊を繰り返し，急峻な崩壊地・急崖を形成している．

3.1.2　集動地形

主に重力の作用によって物質が斜面下方に移動することで形成された地形を「集動地形」として分類し，その中を「山体重力変形地形」，「山麓堆積地形」，「岩屑なだれ堆積地形」，「地すべり地形」に細分した（図-34）.

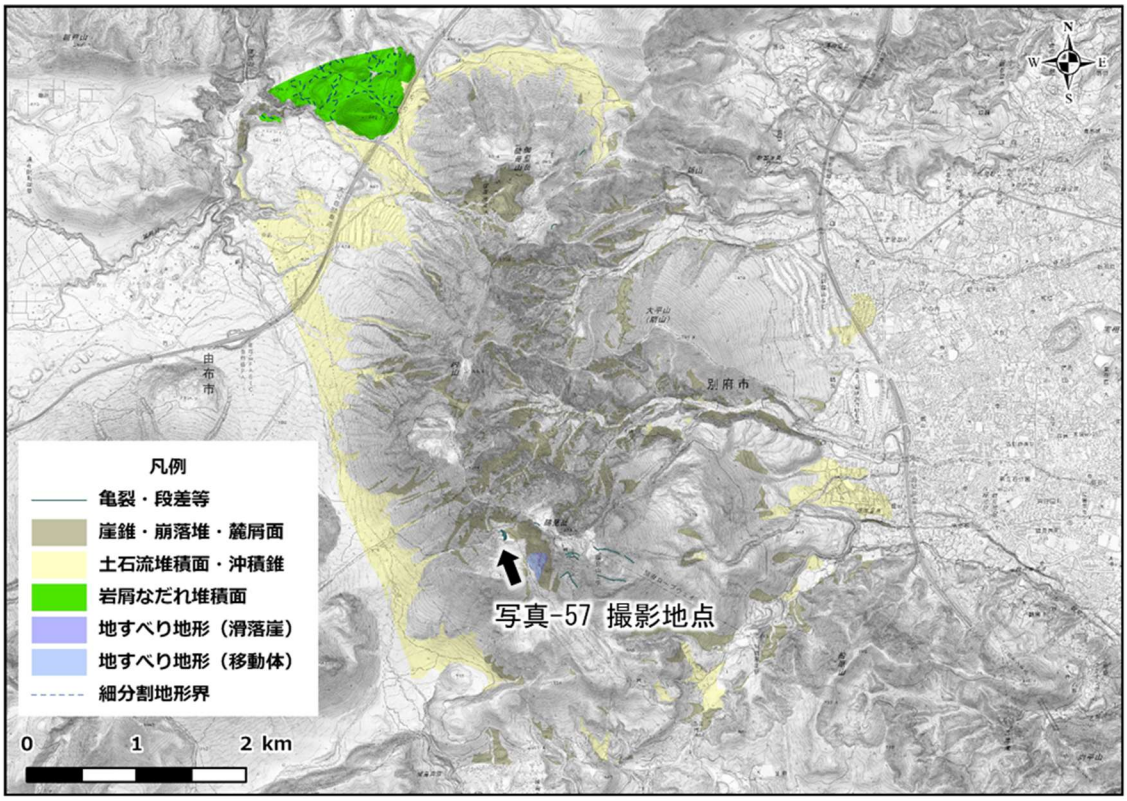


図-34　集動地形の分布

3.1.2.1　山体重力変形地形

山体が重力の作用によって変形して形成された地形を「山体重力変形地形」として分類した.

(1) 亀裂・段差等

山体重力変形地形のうち，主に山体の重力変形に伴って地表に形成された割れ目や不連続な高低差を「亀裂・段差等」に分類した.

鶴見岳・伽藍岳周辺では，重力変形に伴う亀裂・段差等の発達はさほど顕著ではないが，鶴見岳山頂溶岩円頂丘の周辺では，溶岩円頂丘形成後の重力変形に伴って形成されたと考えられる段差・亀裂等が複数認められる．これらは主に斜面の傾斜方向と直交もしくは馬蹄形に形成され，異なる地形種まで連続しないなど，後述の変動地形とは区分される.

また，鶴見岳山頂西側に位置する西の窪周辺には，古い時期に形成されたと考えられる火口底に相当する平坦面ないし緩斜面があるが，西側からガリー侵食が進行しており，ガリー頭部の上方に細かな段差・亀裂等が多数発生するなど不安定な状況となっている（写真-57）.



写真-57　西の窪の平坦面に見られる亀裂・段差等（図-34 に示した撮影地点・方向にて撮影）

3.1.2.2　山麓堆積地形

斜面の下方又は谷の出口等にあって、岩屑が堆積した斜面を「山麓堆積地形」として分類した.

(1) 崖錐・落石錐・麓屑面（Tc）

山麓堆積地形のうち, 斜面崩壊や落石等によって形成された岩屑が斜面下部に堆積した斜面を「崖錐・落石錐・麓屑面（Tc)」に分類した．なお，溶岩円頂丘の形成時に，溶岩円頂丘周辺が崩落することにより形成されたと考えられる崖錐斜面は，溶岩円頂丘の付帯区分である崖錐部として別に分類した.

鶴見岳・伽藍岳周辺では，各溶岩円頂丘や溶岩流の側方崖・末端崖の崩落等により生産された岩屑により，斜面下方に崖錐・落石錐・麓屑面が形成されていることが多い．また，境川源頭部の谷では，周辺の崩壊地・急崖から供給される岩屑が谷底に堆積し，崖錐・落石錐・麓屑面が形成されている．伽藍岳の南麓では，伽藍岳溶岩円頂丘から供給される岩屑により，不明瞭な火口地形内に大量の岩屑が堆積している.

(2) 土石流堆積面・沖積錐（Ac）

山麓堆積地形のうち，土石流等によって運搬された岩屑が谷の出口等に堆積した斜面を「土石流堆積面・沖積錐（Ac)」に分類した.

鶴見岳・伽藍岳の西麓では，各溶岩円頂丘を侵食するガリーや谷の下流部に土石流堆積面・沖積錐が広く形成されており，末端は由布岳が形成する土石流堆積面・沖積錐と接している．東麓では，ガリーや谷の出口に小規模な土石流堆積面・沖積錐が見られる.

3.1.2.3　岩屑なだれ堆積地形

山体崩壊等によって発生した岩屑なだれ堆積物からなる地形を「岩屑なだれ堆積地形」として分類した.

(1) 岩屑なだれ堆積面（Da，Dah）

岩屑なだれ堆積物からなる平坦又は緩斜面を「岩屑なだれ堆積面（Da）」として，岩屑なだれ堆積面上に形成された岩屑なだれ堆積物からなる小高い丘を付帯区分「流れ山（小丘）（Dah）」として分類した．

鶴見岳・伽藍岳周辺では，伽藍岳の西北西に明瞭な流れ山を形成する岩屑なだれ堆積面が分布している（図-35，写真-58，59）．流れ山は，最大で東西約 600 m，南北約 400 m，周囲との比高は約 50 m に及ぶ．

岩屑なだれ堆積面を構成する堆積物の供給源とみられる地形は現存していないが，堆積面が東南東に向かって高くなっていることから，伽藍岳が形成されるより以前に高平山火山方面からもたらされたものと推定されている（星住ほか，1988）．

なお，星住ほか（1988）では，この岩屑なだれ堆積面を，高平山火山を構成する地形の一部として「松塚岩屑なだれ堆積物」としているが，その成因が火山噴火に伴うものであるか不明であることから，本図ではその他の地形の岩屑なだれ堆積面として取り扱った．

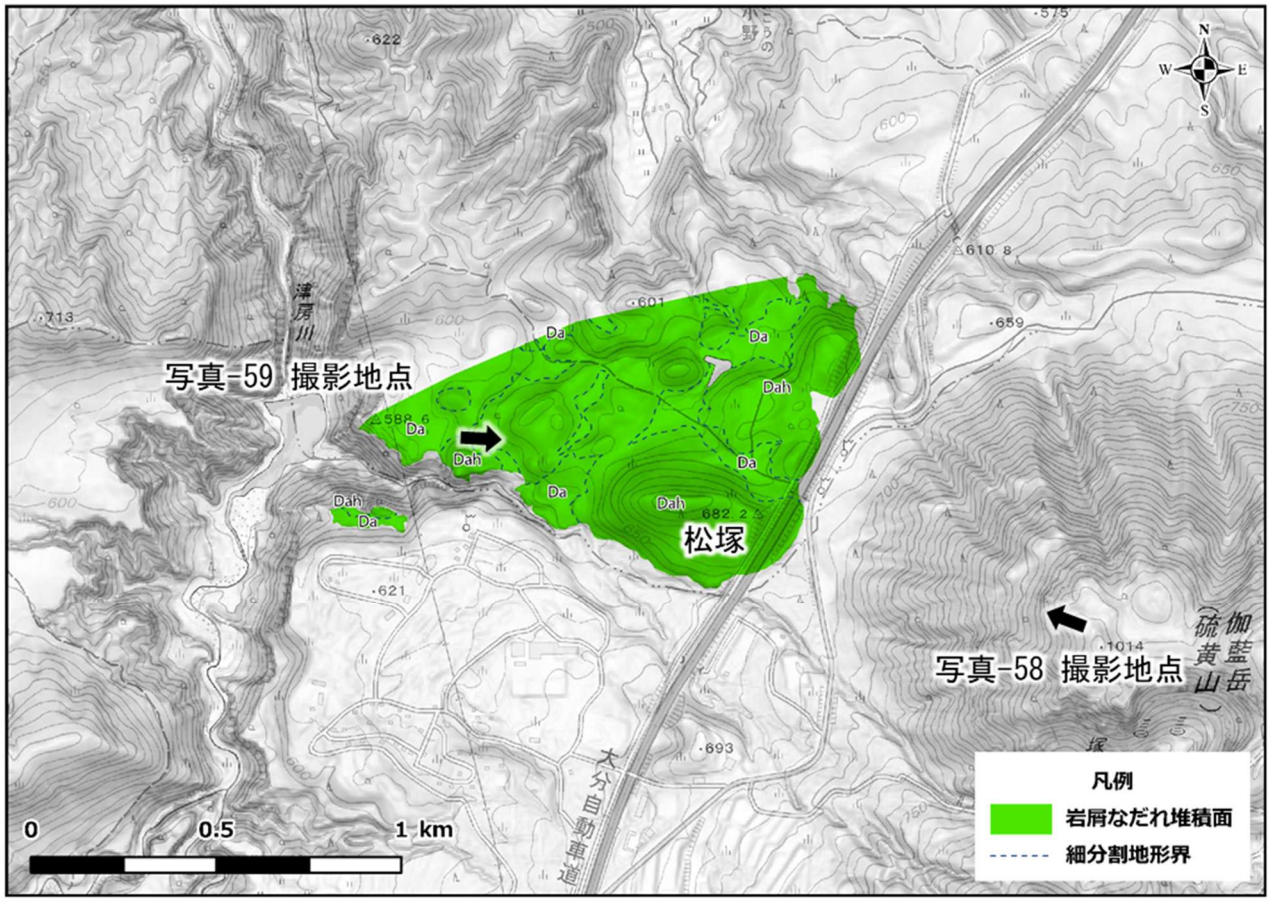


図-35　岩屑なだれ堆積面の分布



写真-58　岩屑なだれ堆積面の全景（図-35 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-59　岩屑なだれ堆積面の近景（図-35 に示した撮影地点・方向にて空撮）

3.1.2.4　地すべり地形

地すべりによって形成された地形を「地すべり地形」として分類した.

(1) 地すべり地形（滑落崖，移動体）（Ls，Lm）

地すべり地形のうち，頭部にできた崖を「地すべり地形（滑落崖）(Ls)」として，移動した土塊の範囲を「地すべり地形（移動体）(Lm)」として分類した.

鶴見岳・伽藍岳周辺では，典型的な地すべり地形は認められないが，鶴見岳山頂西側の斜面では，崖錐・落石錐・麓層面の一部が再移動してできたと考えられる地すべり状の地形が見られる.

3.1.3　変動地形

地殻の変動によって形成された地形を「変動地形」として分類した.

鶴見岳・伽藍岳が位置する別府湾から由布院盆地にかけての地域は，横ずれ引張テクトニクスの場として中部九州剪断帯（大橋ほか，2020）の一部を構成し，多数の正断層が分布していることが知られている（千田，1979；千田ほか，2017 など）．本図では，断層活動等による変動地形を「変位地形」と細分し，その中をさらに「変位地形崖」,「変位地形線」として分類した（図-36，37，38）.

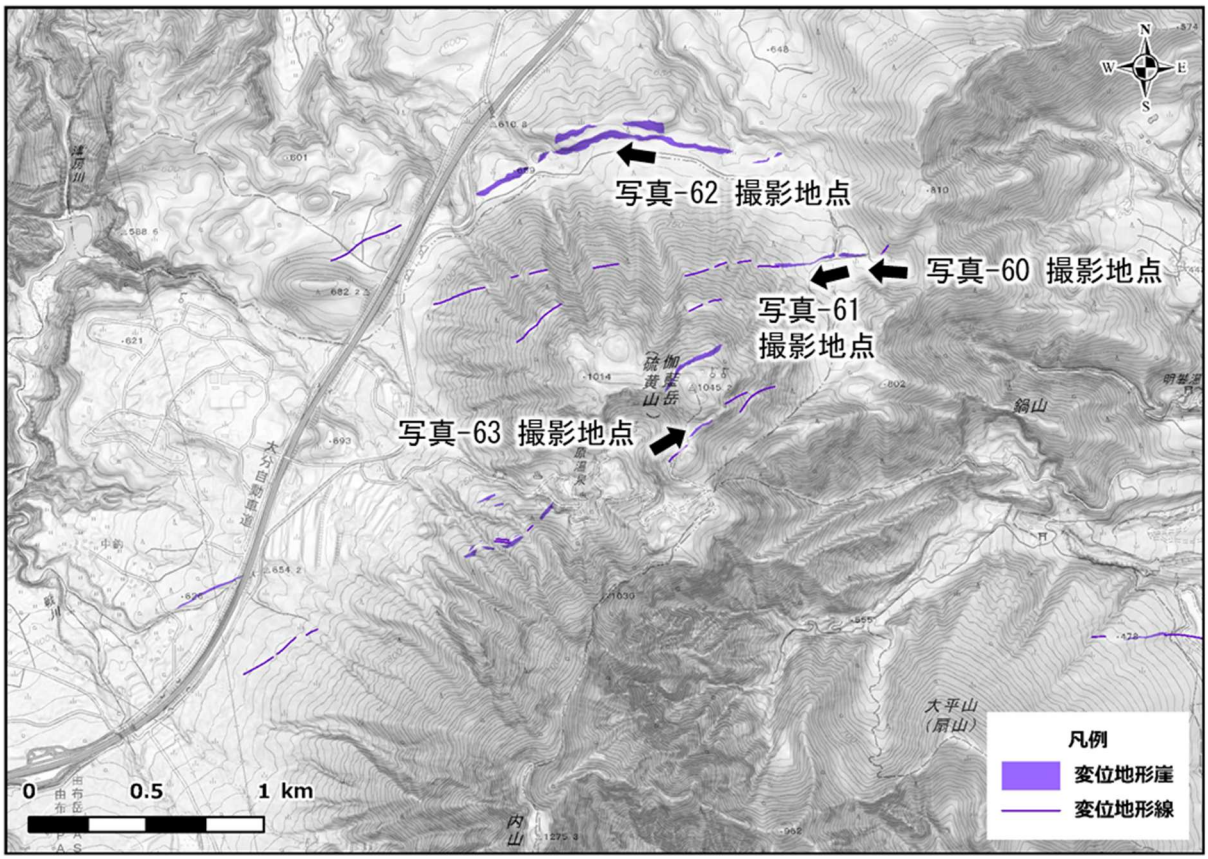


図-36　変位地形崖及び変位地形線の分布（伽藍岳周辺）

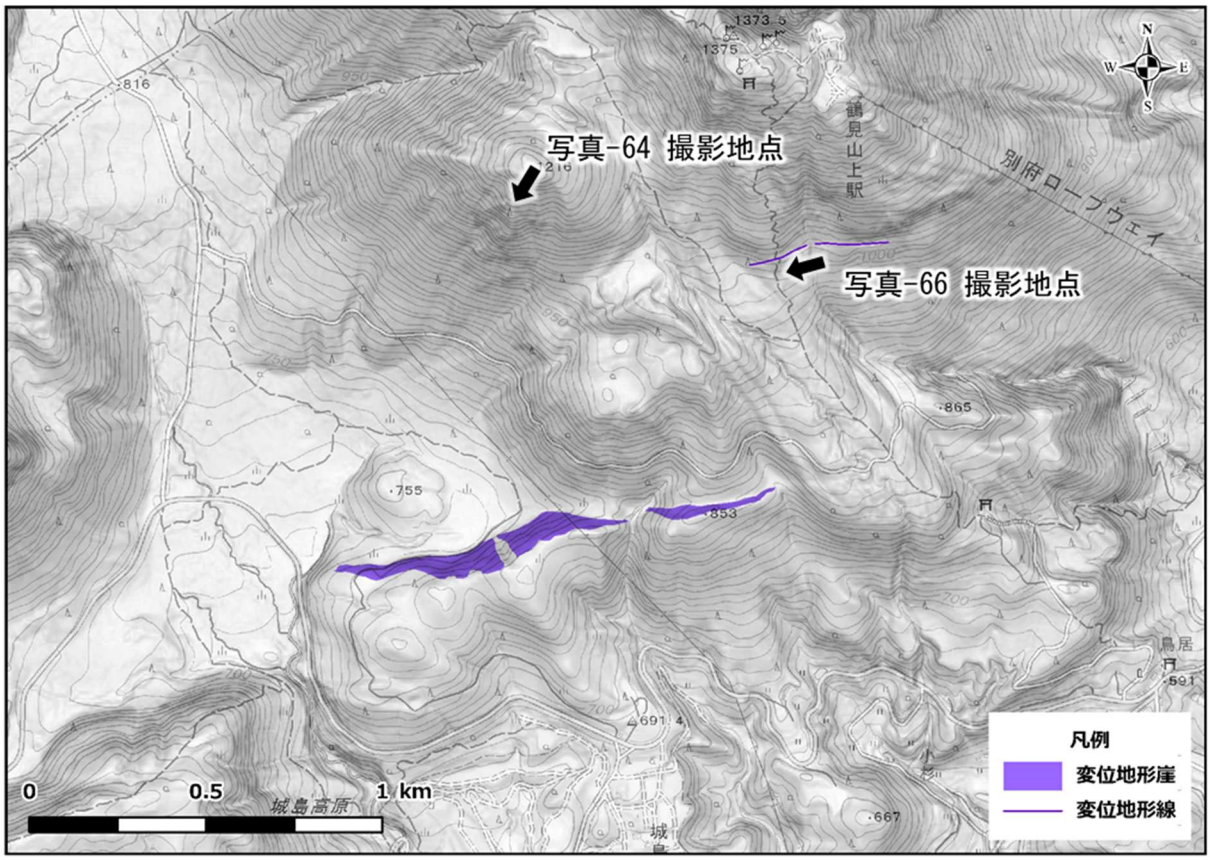


図-37　変形地形崖及び変位地形線の分布（猪の瀬戸周辺）

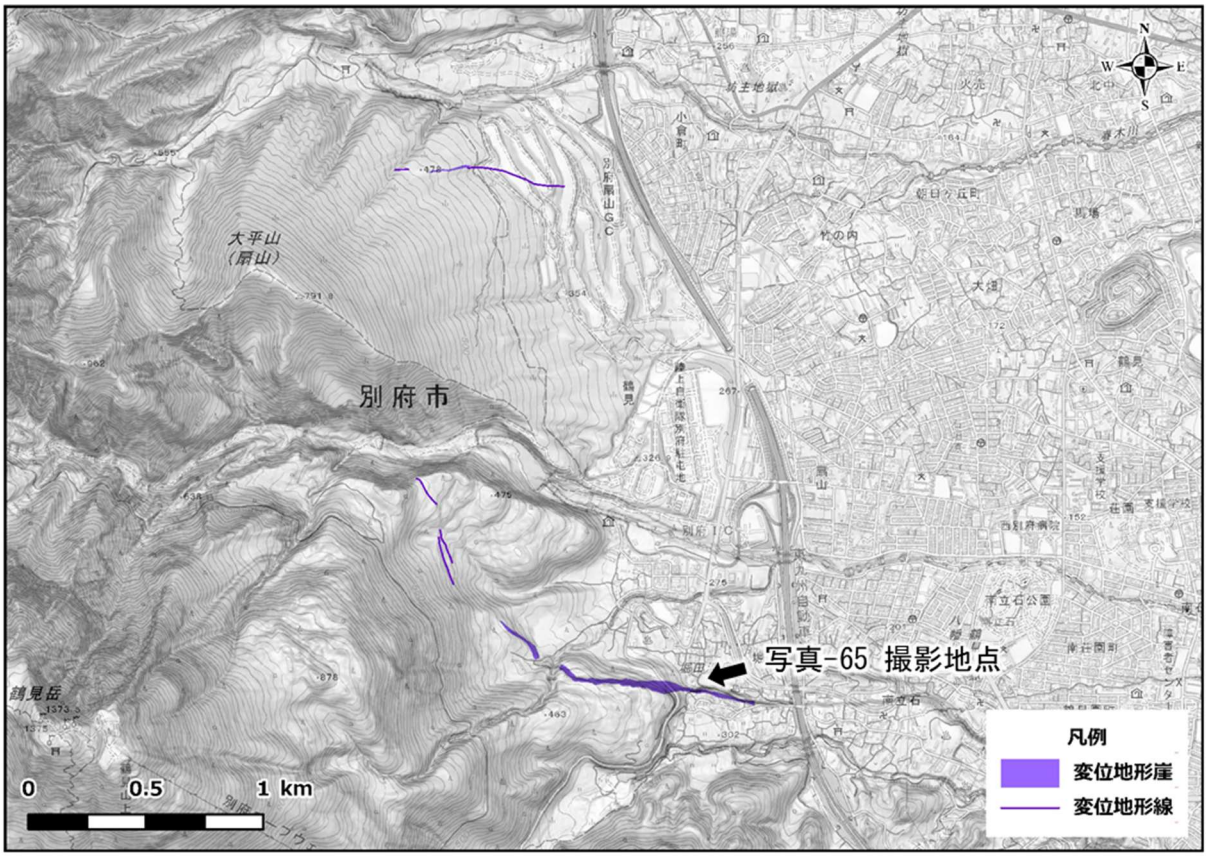


図-38　変形地形崖及び変位地形線の分布（堀田周辺）

3.1.3.1　変位地形

地殻変動によって地表が変位して形成された地形を「変位地形」として分類した．

(1) 変位地形崖（Dc）

「変位地形」のうち、地表が変位して形成された崖・急斜面を「変位地形崖（Dc）」として分類した．鶴見岳・伽藍岳周辺では，北端部及び南端部に東西ないし東北東－西南西方向に連続的な変位地形崖が分布している．北端部に見られるものは，伽藍岳の山体及び周辺に形成された集動地形を変位させている（写真-60，61，62）．また，伽藍岳山頂の北西及び南東には，山頂部が落ち込んだことを示すような変位地形崖が見られる（写真-63）．南西部に見られるものは，湯布院断層（千田ほか，2000）の一部を構成しており，猪の瀬戸湿原の南側では最大標高差 60 m 以上の明瞭な変位地形崖を形成しているが，東端部は鶴見岳山頂溶岩流により連続性が不明瞭になっている（写真-64）．また南東部のものは堀田断層（千田ほか，2000）の一部をなし，東へ流下した鶴見岳山頂溶岩流の末端部を大きく変位させている（写真-65）．

(2) 変位地形線

「変位地形」のうち、地表が変位して形成された低崖線を「変位地形線」として分類した．前述の変位地形崖の延長方向に見られるものが多く，伽藍岳の北側斜面では複数の谷をまたいで尾根上に変位地形線が連続する．また，伽藍岳の南西側にも変位地形線が見られ，このうちの一部区間では明瞭な火口が形成され，T-Ga1 を噴出したと推定されている（筒井ほか，2019）．鶴見岳南麓では，鶴見岳溶岩円頂丘の末端部に北落ち・東西方向に直線的な変位地形線が認められ，溶岩円頂丘や崖錐部が形成する急斜面の中に幅十数 m の緩斜面を形成している（写真-66）．



写真-60　伽藍岳北東麓の変位地形崖（空撮）
（図-36 に示した撮影地点・方向にて撮影）

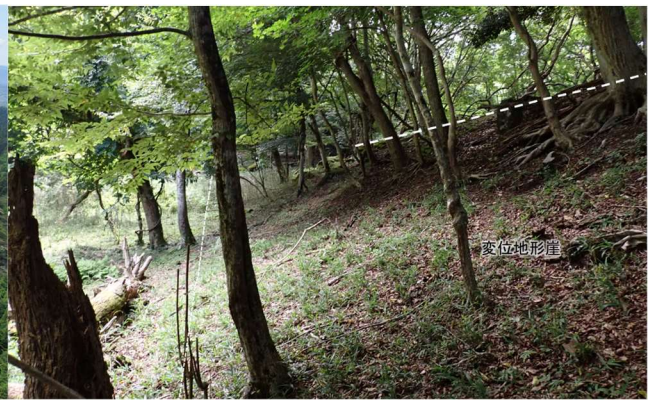


写真-61　伽藍岳北東部の変位地形崖
（図-36 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-62　伽藍岳北麓の変位地形崖

（図-36 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-63　伽藍岳東斜面の変位地形崖

（図-36 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-64　猪の瀬戸周辺の変位地形崖等（図-37 に示した撮影地点・方向にて撮影）



写真-65　堀田周辺の変位地形崖等（図-38 に示した撮影地点・方向にて撮影））



写真-66　鶴見岳南斜面の変位地形線等（図-37 に示した撮影地点・方向にて撮影）

3.2　台地

周囲を急斜面に囲まれた広い平坦面をもつ高台を「台地」として大区分した.

3.2.1　段丘地形

隆起等によって低地が河川水面や海面から離水した階段状又は卓状の地形を「段丘地形」として分類した.鶴見岳・伽藍岳周辺では,春木川や境川,朝見川の離水による小規模な河成段丘が点在している（図-39）.

なお,本図では段丘の上面のほぼ平坦な地形面を「段丘面」として分類したが,段丘面の周辺に発達する斜面（いわゆる段丘崖）は,前述の「崩壊地・急崖」や「侵食斜面」に分類した.

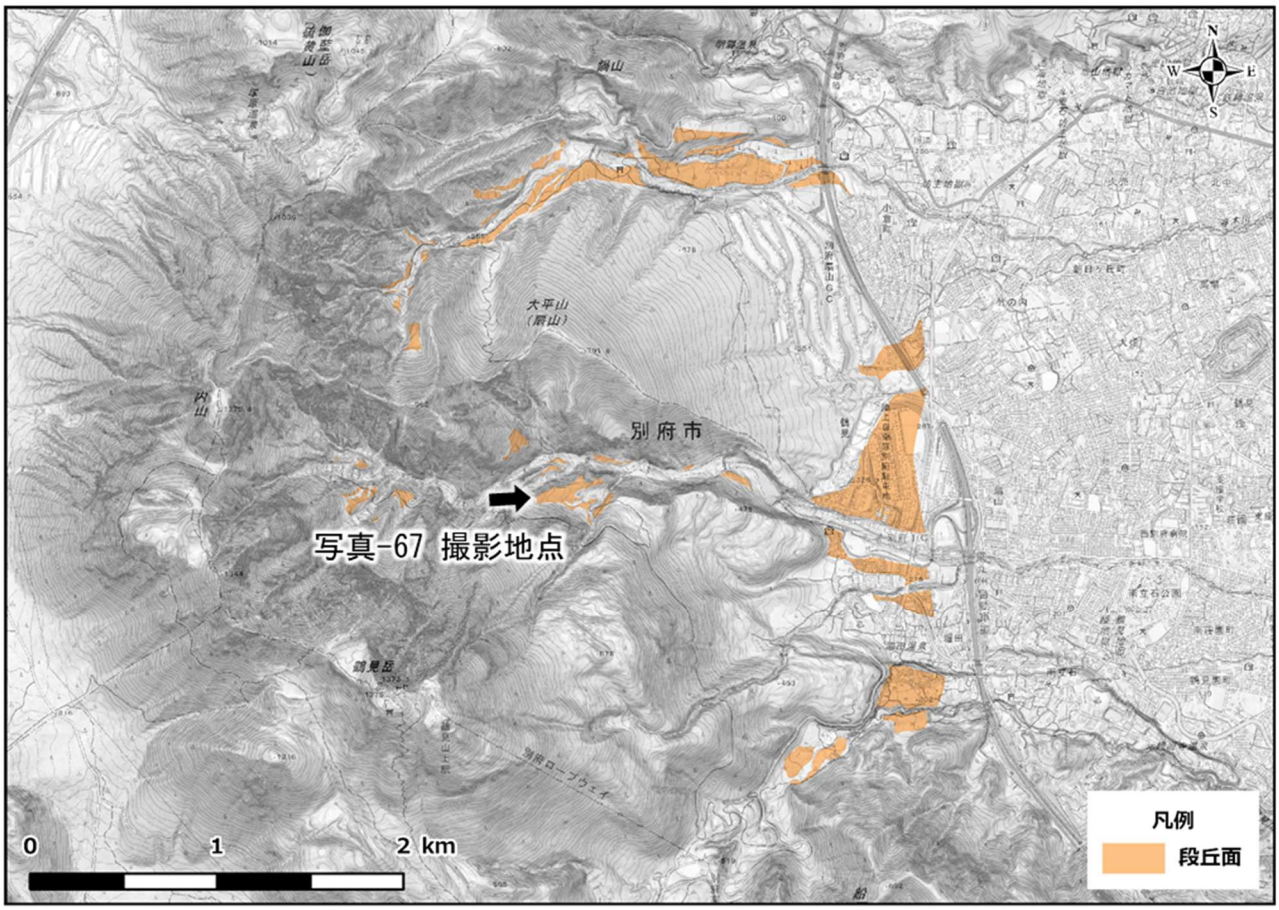


図-39　段丘地形の分布

(1) 段丘面（T）

段丘の上面のほぼ平坦な地形面を「段丘面（T)」として分類した.

鶴見岳・伽藍岳周辺では,春木川,境川,朝見川沿いに局所的な段丘面が形成されている.

大平山から内山にかけての春木川源流部には,比較的規模の大きな崩壊地ないし馬蹄形の侵食斜面が複数認められ,このような斜面から岩屑が供給された際に谷底に大量の土砂が堆積し,のちに春木川によって侵食されて段丘面が形成されたものと考えられる.鍋山の南側から東九州自動車道にかけての区間では,春木川沿いに比高 5～10 m の段丘面が連続する.

境川沿いでは，谷底から比高数十 m の高さに連続性の悪い段丘面が点在している．境川流域では，鶴見岳から内山にかけて急峻な崩壊地や侵食斜面が連続し，規模の大きな馬蹄形の崩壊地も見られることから，これらから供給された岩屑が一時的に谷底を埋め，のちに境川による侵食を受けて段丘面が形成されたものと考えられる．また，境川の谷出口には鶴見岳山頂溶岩が流入しており，一時的に境川を堰き止めた可能性があることから，堰き止められていた期間に上流側に岩屑が堆積し，その後に溶岩流の侵食に伴い河床が低下した結果，急激に段丘化が進行した可能性もある（写真-67）．

朝見川の上流部では，一部鶴見岳山頂溶岩流（東流）の末端で谷が閉塞気味になっている区間があり，その上流部に河床より一段高い地形面が形成されている．ただしこれらは背後の斜面から流出してきた土砂により覆われ，段丘面として連続性が確認できる範囲は狭い．

なお，これらの河川の下流部には，鶴見岳・伽藍岳から流出した土砂が段丘化した扇状地性の段丘面や扇状地が広がり，別府市の市街地が形成されている．



写真-67　境川沿いに形成された段丘面（図-39 に示した撮影地点・方向にて空撮）

3.3　低地

河川，海，湖沼沿いの周囲より低い平坦な地域を「低地」として大区分し，その中を「水成地形」として分類した．

3.3.1　　水成地形

河川や海の作用によって形成された平坦な地形を「水成地形」として分類した．

(1) 谷底平野・氾濫原（Fp）

調査範囲周辺の河川沿いの低地のうち，河川や水流の堆積作用によって形成された平坦な地形を「谷底平野・氾濫原（Fp)」として分類した．

鶴見岳・伽藍岳周辺では，いずれの河川も河床勾配が急峻で，別府市街地方面の扇状地へ流出しているため，低平な谷底平野・氾濫原の発達は悪い．春木川及び境川の谷出口付近から下流側には，河川に沿って段丘面より一段低い平坦面が形成されていることから，これらの低平な地形を谷底平野・氾濫原として分類した（図-40）．境川の谷出口付近では，現在の境川に沿う低地と，北東方向へ流下し，春木川方面へ向かう低地が見られるが，これは鶴見岳山頂溶岩流が境川を堰き止めていた際に，境川が溶岩流の上を流下して，春木川方面に流出していた可能性を示唆している．

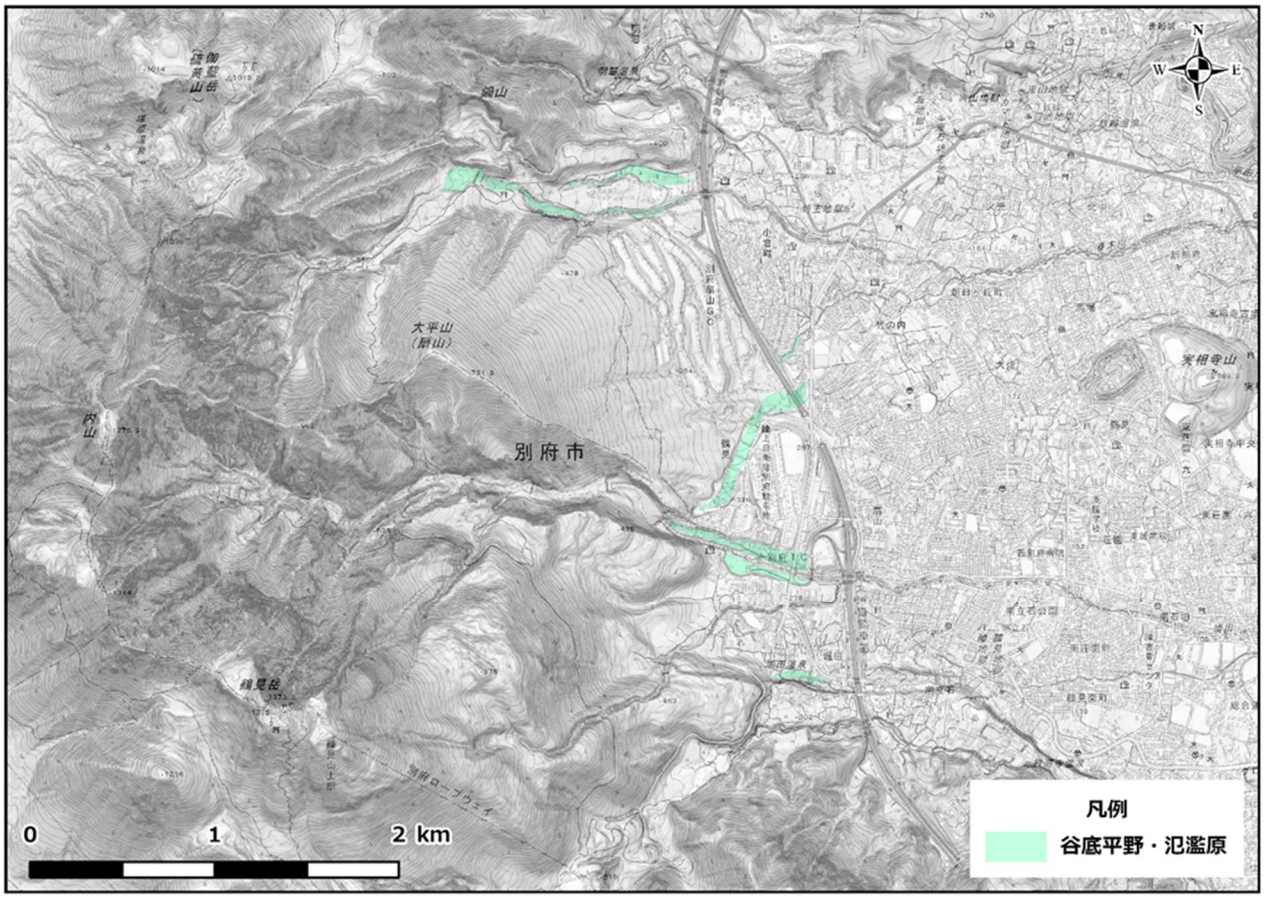


図-40　水成地形の分布

3.4　水部等

常時又は頻繁に浸水する地域を「水部等」として大区分し，その中を「頻水地形」と「水部」に分類した．

3.4.1　　頻水地形

頻繁に浸水する地域の地形を「頻水地形」と分類した（図-41）．

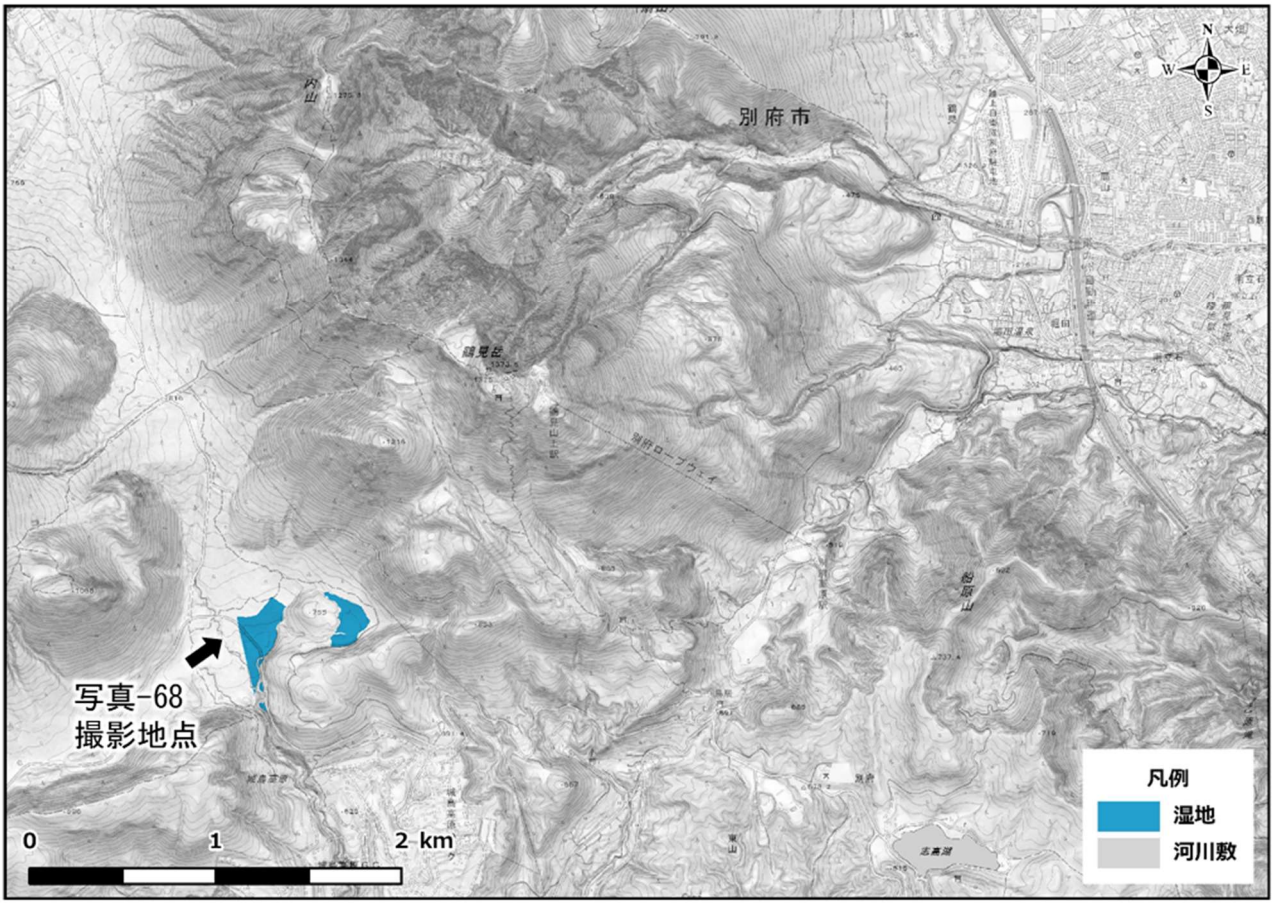


図-41　頻水地形の分布

(1) 湿地（M）

地下水位が著しく浅く，水はけが極めて悪い土地を「湿地（M）」と分類した．

鶴見岳・伽藍岳周辺では，南東部に位置する猪の瀬戸湿原周辺にまとまった湿地が見られる．別府市が設置している現地案内板には，「山に降った雨は地下にしみこみ，この一帯で伏流水が湧き出して，猪の瀬戸湿原の豊かな生態系を育んでいます」と記載されているが，湿原の南端を東西に横断する湯布院断層の影響を大きく受けている．すなわち，断層変位により由布川の下流側が相対的に隆起し，河川が閉塞されることにより，上流側の猪の瀬戸湿原周辺に湿原が形成されていると考えられる．なお，湿原周辺には，鶴見岳方面及び由布岳方面から大量の土砂が流入しているため，緩やかな勾配をもった湿地となっている（写真-68）．



写真-68　猪の瀬戸湿原の全景（図-41 に示した撮影地点・方向にて撮影）

(2) 河川敷（Rb）

高水時に冠水する河川沿いの土地を「河川敷（Rb）」と分類した．

鶴見岳・伽藍岳周辺では，春木川，境川，朝見川の小規模な河川しか見られないが，これらの河道に沿う狭い範囲を河川敷として分類した．

3.4.2　水部

(1) 水部（W）

水部のうち，海・河川・湖沼など，現在の水面を「水部（W）」と分類した．

ポリゴンデータは，基盤地図情報（https://www.gsi.go.jp/kiban/）の水部データを使用した．

3.5　人工改変地

人工的に地表が改変された地域を「人工改変地」として分類した．

3.5.1　人工地形

人工的に地表が改変された地域の地形を「人工地形」と分類した（図-42）．

(1) 切土地

人工改変地のうち，切取りによる平坦地や傾斜地を「切土地」と分類した．

伽藍岳の南麓や鍋山南麓では，かつて珪酸白土の採掘が行われており，これに伴う切土地が広く残されている．また，大平山の東麓では，自衛隊駐屯地やゴルフ場建設のために緩斜面を切り崩して平坦化が行われている．これらのうち大規模に切土が行われていると考えられる範囲を切土地として分類した．

(2) 盛土地・埋立地

人工改変地のうち，土を盛ったり水部を埋めたりした平坦地や傾斜地を「盛土地・埋立地」と分類した．

大平山の東麓では，自衛隊駐屯地やゴルフ場建設のために緩斜面を切り崩して平坦化が行われている．これらのうち大規模に盛土が行われていると考えられる範囲を盛土地として分類した．また，鶴見岳南麓の鶴見岳ロープウェイ別府高原駅周辺や伽藍岳南西麓の緩斜面では，観光施設やソーラー発電施設の設置のために盛土を中心とした平坦化が行われている．

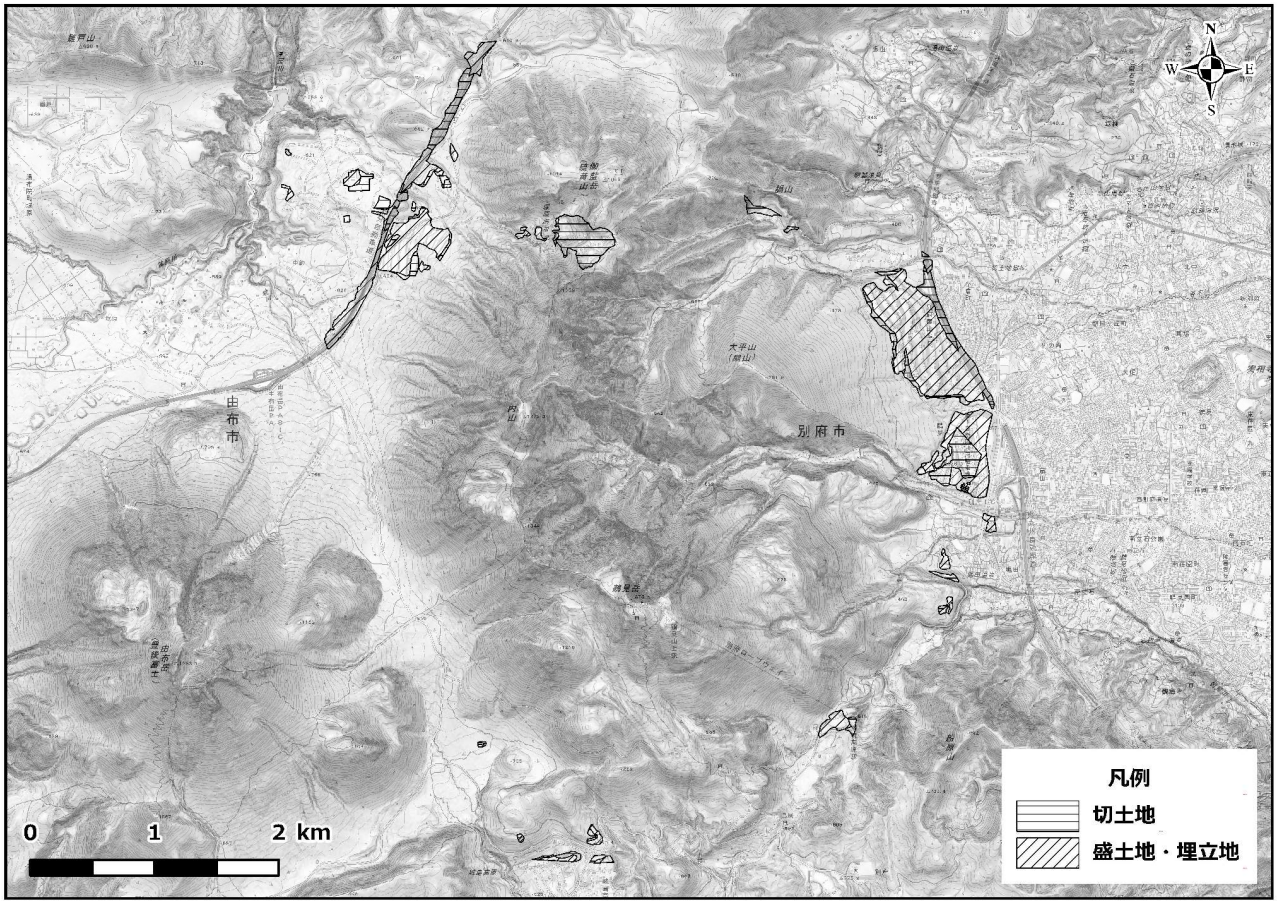


図-42　人工改変地の分布

用語の解説

安山岩

マグマが急激に冷えて固まった岩石（火山岩）のうち，二酸化ケイ素が含まれる割合（重量%）が約 53～62%のもの．含まれる二酸化ケイ素が玄武岩よりも多く，デイサイトや流紋岩よりも少ない．

火口

マグマや水蒸気などの噴出によってつくられた窪地．

下刻

河流が河床を低下させるように侵食すること．下方侵食，下刻作用ともいう．

火砕岩

火山から噴出した火山灰や火山礫など（火砕物）が固まってできた岩石．粒子の大きさやその割合によって，凝灰岩，凝灰角礫岩などに分けられる．

火砕物

マグマがさまざまな大きさに破砕されて固体の破片となったもの．火山灰や火山礫（スコリアや軽石）など．火山砕屑物ともいう．これに対して，マグマが連続した流体として冷え固まりながら流れたものを溶岩という．

火砕流

火山から噴出した高温な火山ガスと火山灰や火山礫など（火砕物）が混ざり合ってできる流れ．

火山体

噴火によって噴出した物質が積み重なってできた地形的な高まり．火山の山頂から山麓までの総称．

岩屑なだれ

山体の一部が崩れ，崩壊物質が砕けながら一団となって斜面を高速に流れ下る現象．その堆積物を岩屑なだれ堆積物という．移動した岩体はさまざまな大きさに砕け，起伏のある地形を形成する．このうち小山状の小高い部分を流れ山という．

岩体

共通の特徴をもつ岩石の集合体．

凝灰岩

主に火山灰で構成される火砕岩．

凝灰角礫岩

噴出した火山岩塊（径 32 mm 以上）と火山灰からなる火砕岩．

玄武岩

マグマが急激に冷えて固まった岩石（火山岩）のうち，二酸化ケイ素が含まれる割合（重量%）が約 45～52%のもの．安山岩，デイサイトや流紋岩よりも含まれる二酸化ケイ素が少ない．

降下火砕物

火口から噴出した火山灰や火山礫など（火砕物）のうち，上空へ放出され空中を飛行したのちに地上に落下・堆積したもの．降下火山灰，降下軽石，降下スコリアなど．

山体崩壊

火山体の一部が地震動や噴火をきっかけとして大規模な崩壊を起こす現象.

水蒸気噴火

高温高圧の水蒸気の急激な噴出を伴う爆発的な噴火. 水蒸気爆発ともいう. マグマによって地下水が熱せられて生じた水蒸気や, マグマから分離した水蒸気などが地下や火山体内部に溜まり, これが爆発的に噴出するもので, 火道沿いの岩体や火山体の破壊などをひき起こす.

スコリア

玄武岩質又は安山岩質の火砕物で, 発泡して穴のたくさん空いた黒っぽい色の火山礫. スコリアからなる火砕丘をスコリア丘という.

段丘化

低地が離水(水面に対する陸地の相対的な上昇)によって段丘面に変化する現象. 地殻変動や海水準変動などによる河川の下刻などによって生じる.

デイサイト

マグマが急激に冷えて固まった岩石(火山岩)のうち, 二酸化ケイ素が含まれる割合(重量%)が約 63～69%のもの. 含まれる二酸化ケイ素が玄武岩, 安山岩よりも多く, 流紋岩よりも少ない.

テフラ

火山から噴出した降下火山灰, 降下軽石, 降下スコリアなどの降下火砕物や火砕流堆積物の総称.

溶岩円頂丘

粘り気の強い溶岩が火口上に押し出され, 火口付近にまとまって盛り上がることでできた火山体. 溶岩ドームともいう.

溶岩流

地表を流れる溶岩, 又はそれが冷えてできた岩体

引用文献

千田昇（1979）: 中部九州の新期地殻変動－とくに第四紀火山岩分布地域における活断層について－. 岩手大学教育学部研究年報，39，37-75.

千田昇・池田安隆・中田高・岡田篤正・宇根寛（2000）: 1:25,000 都市圏活断層図「別府」，国土地理院.

千田昇（2017）: 1:25,000 都市圏活断層図別府－万年山断層帯とその周辺「豊岡」解説書. 国土地理院.

藤沢康弘・奥野充・中村俊夫・小林哲夫（2002）: 九州北東部，鶴見火山の最近 3 万年間の噴火活動. 地質学雑誌，108-1，48-58.

星住英夫・小野晃司・三村弘二・野田徹郎（1988）: 別府地域の地質．地域地質研究報告，5 万分の 1 地質図幅，福岡（14）第 75 号，地質調査所.

気象庁：鶴見岳・伽藍岳　有史以降の火山活動
https://www.data.jma.go.jp/vois/data/fukuoka/513_Tsurumidake_Garandake/513_history.html.（2025 年 11 月 21 日閲覧）

小林哲夫（1984）: 由布・鶴見火山の地質と最新の噴火活動．地質学論集，24，93-108.

日本地形学連合編（2017）:地形の辞典. 朝倉書店.

大橋聖和・大坪誠・松本聡・小林健太・佐藤活志・西村卓也（2020）: 九州中部の第四紀テクトニクスと 2016 年熊本地震．地学雑誌，129，565-589.

大沢信二・大上和敏・由佐悠紀（1996）: 1995 年伽藍岳塚原鉱山跡に出現した泥火山. 火山， 41， 103-106.

太田岳洋・長谷中利昭・伴雅雄・佐々木実（1992）: 由布-鶴見地溝帯内，鬼箕単成火山の非島弧的な地質学的，岩石学的特徴．火山，37，119-131.

筒井正明・奥野充・藤沢康弘・小林哲夫（2019）: 九州北東部，伽藍岳における最近約 2200 年間の水蒸気噴火．福岡大学理学集報．49（2），89-97.

あとがき

火山土地条件図「鶴見岳・伽藍岳」は，2025（令和 7）年度に調査・編集を行い作成したものである．作成にあたっては，火山防災地形調査（鶴見岳・伽藍岳）検討委員会を設置し，大阪公立大学大学院理学研究科教授・奥野充委員長，福岡教育大学教育学部社会科教育研究ユニット講師 兼 大分大学減災・復興デザイン教育研究センター客員研究員・岩佐佳哉委員に御検討，御助言頂いた（大学での役職名は，令和 7（2025）年 12 月時点のもの）．また，調査にあたっては，林野庁大分森林管理署及び大分西部森林管理署，陸上自衛隊別府駐屯地の方々に御協力頂いた．ここに記して深く感謝の意を表する．

なお，本調査は，国土地理院応用地理部地理調査課が担当した．担当者は以下のとおりである．

計画・指導・調査

応用地理部地理調査課	課長	大塚 孝泰
応用地理部地理調査課	課長補佐	中埜 貴元
応用地理部地理調査課	火山調査係長	武藤 雅知
応用地理部地理調査課	火山調査係	榎本 壮平
応用地理部地理調査課	火山調査係	石井 寿樹

調査業務受託

国際航業株式会社