

表 3.9 九重山の火山災害監視システム配置計画案及び整備優先順位案

既設/計画	No.	設置地点	監視・観測機器	目的	整備優先度 (相対6段階) 最優先:1	国立公園規制	備考		
硫 黄 山 系	既 設	星生山北側	監視カメラ(山頂カメラ)	・火山活動状況の監視	-	特別地域(1種)	硫黄山の北側斜面監視		
		白水川上流	監視カメラ(山腹カメラ)	・漂流状況の監視	-	特別地域(1種)			
		林道脇山腹中継局(1,200m付近)	雨量計(硫黄山観測局)	・土砂移動現象発生予測・気象データの収集蓄積	-	特別地域(1種)			
		1号堰堤	ワイヤーセンサー 振動センサー	・土砂移動現象の検知(警戒避難用・工事安全対策用) ・土砂移動現象の検知(警戒避難用・工事安全対策用) ・基礎的データの収集蓄積	-	特別地域(1種)			
		2号堰堤	ワイヤーセンサー	・土砂移動現象の検知(警戒避難用・工事安全対策用)	-	特別地域(1種)			
		3号堰堤	ワイヤーセンサー	・土砂移動現象の検知(警戒避難用・工事安全対策用)	-	特別地域(1種)			
		6号堰堤	ワイヤーセンサー	・土砂移動現象の検知(警戒避難用・工事安全対策用)	-	特別地域(1種)			
		白水川砂防工事現場	警報装置	・警戒避難用・工事安全対策	-	特別地域(1種)			
		計一硫黄山1	長者原ピジターセンター付近	監視カメラ	・火山遠望監視、漂流状況の監視	1		特別地域(2種)	火山全周監視を優先する場合は当面は気象庁の監視カメラ画像の帯系を受ける選択肢もある。
		計一硫黄山2	三俣山中継局	監視カメラ ■既設 ■振動計(地震3)	・火口周辺状況の監視(硫黄山、大船山) ・土砂移動状況や火山活動状況の監視 ・基礎的データの収集蓄積 ・降灰被害方向の予測・気象データの収集蓄積	1		特別保護地区	大船山方向も確認出来る可能性が高い(要確認) ■震度計(及び中継機器)は既設
計 画 ( 案 )	計一硫黄山3	法華院温泉付近	雨量計 ■既設 ■振動計(地震1) 土砂移動検知センター	・土砂移動現象発生予測・気象データの収集蓄積 ・基礎的データの収集蓄積 ・土砂移動現象の検知 ・土砂移動状況や火山活動状況の監視 ・基礎的データの収集蓄積	2	特別地域(2種)	既設中総局内の増設であれば設置可能と思われる 県治山雨量計設置済み、テレメータ化は未確認		
	計一硫黄山4	星生山西側	■既設 ■振動計(地震2)	土砂移動現象の検知	3	特別地域(1種)			
	計一硫黄山5	星生山南側(久住山遊覧小屋)	■既設 ■振動計(地震4)	・土砂移動状況や火山活動状況の監視 ・基礎的データの収集蓄積	1	特別保護地区			
	計一硫黄山6	赤川上流	土砂移動検知センター	・土砂移動現象の検知	3	特別地域(1種)			
	計一硫黄山7	赤川下流(国民信舎付近)	監視カメラ	・火山遠望監視、漂流状況の監視	1	特別地域(3種)	遠望監視は硫黄山方向が主体		
	計一硫黄山8	三俣川	土砂移動検知センター	・土砂移動現象の検知	3	特別地域(1種)			
	計一硫黄山9	奥郷川	土砂移動検知センター	・土砂移動現象の検知	3	特別地域(1種)			
	計一硫黄山10	奥郷川上流	土砂移動検知センター	・土砂移動現象の検知	3	特別地域(1種)			
	計一硫黄山11	久住町役場	監視カメラ	・火山遠望監視	4	国立公園外	硫黄山、大船山ともに確認性良好		
	計一硫黄山12	境川	土砂移動検知センター	・土砂移動現象の検知	6	普通地域			
大 船 山 系	計 画 ( 案 )	計一硫黄山13	七里田川	土砂移動検知センター 震動計	・土砂移動現象の検知 ・土砂移動状況や火山活動状況の監視 ・基礎的データの収集蓄積	6	普通地域		
		計一硫黄山14	坂切川	土砂移動検知センター	・土砂移動現象の検知	6	普通地域		
		計一硫黄山15	河内川	土砂移動検知センター	・土砂移動現象の検知	6	特別地域(2種)		
		計一硫黄山16	阿藤野川	土砂移動検知センター	・土砂移動現象の検知	6	特別地域(2種)		
		計一硫黄山17	白水鉱泉付近	雨量計 土砂移動検知センター	・土砂移動現象発生予測 ・気象データの収集蓄積 ・土砂移動現象の検知 ・土砂移動状況や火山活動状況の監視 ・基礎的データの収集蓄積	5	特別地域(2種)		
		計一硫黄山18	白水鉱泉付近	振動計	・土砂移動現象の検知 ・基礎的データの収集蓄積	6	特別地域(2種)		
		計一硫黄山19	白水鉱泉付近	振動計	・土砂移動現象の検知 ・基礎的データの収集蓄積	4	特別地域(2種)		
		計一硫黄山20	白水鉱泉付近	振動計	・土砂移動現象の検知 ・基礎的データの収集蓄積	4	特別地域(2種)		

\* )ここに示すもの他、「雨量計」は情報基盤緊急整備事業等で整備された雨量情報(国土交通省なども活用する前提とする。「震度計」は気象庁の観測情報の活用を前提とする。

\* )「平成15年度火噴委第1-2設計委託業務報告書」より引用

## 4. 九重山で想定される土砂移動現象

### 4.1 九重山における噴火の特徴

#### 4.1.1 九重山の生い立ち

九重山は、図 4.1 に示すように、中部九州を概ね東西に横切る「別府－島原地溝帯」内に、南北約 10km、東西約 15km にわたって分布する 20 以上の火山の集合体（火山群）である。ここでは南北方向の引張り応力が働き、地溝帯内には東西方向の断層系が卓越しているため、地殻構造運動に伴う地震活動や火山活動が活発に発生している。九重山と同様に、別府－島原地溝帯内にある火山群（体）としては、鶴見岳・伽藍岳、由布岳、阿蘇山（阿蘇カルデラ）、雲仙岳があげられ、これらの断層活動に伴って地下深部よりマグマが貫入することで各火山体が形成されているといわれている。九重山周辺でも特に西部に東西性の断層が集まっており、1995 年 10 月の硫黄山噴火も、東西方向に走る断層群に沿って火口が形成され、噴火が発生したものと考えられている（Sudo *et al.*、1998）。

また、九重山の火山の多くは、急峻な溶岩ドームで、一部は成層火山からなり、岩質的には、角閃石安山岩質溶岩（あるいは玄武岩質安山岩）を主体としており、特に雲仙岳と、その活動形態に類似性があるとの指摘もなされている。

このような広域的な地質条件下で、九重山は約 13 万年前から火山活動を開始したと考えられている（小野、1963；鎌田、1997 等）。

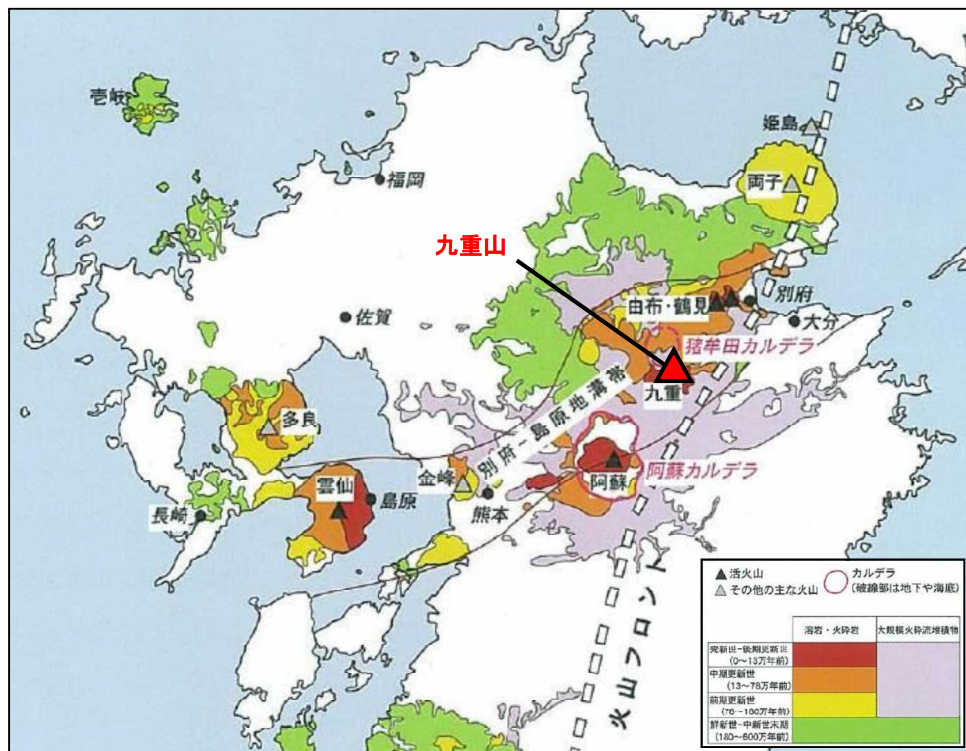


図 4.1 九重山と別府－島原地溝帯との関係

(「日本火山学会第 13 回公開講座資料 (星住、2006)」より作成)

#### 4.1.2 九重山の歴史時代以前の火山活動

九重山近傍を起源とする比較的規模の大きな火砕流堆積物（初生分布面積が 100km<sup>2</sup> を越え、噴出量が 5km<sup>3</sup> に及ぶもの）としては、宮城火砕流堆積物（13 万年前）、下坂田火砕流堆積物（11 万年前）、飯田火砕流堆積物（5.4 万年前）の 3 つが知られている（鎌田・他、1996；奥野・他、1998；宮縁・他、2003 等）。

約 13 万年前の宮城火砕流堆積物より古い火山（例えば花牽礼山や崩平山等）も九重山周辺には存在するが、九重山は、約 13 万年前の宮城火砕流堆積物の噴出以降に活動を開始した火山として定義されている（鎌田、2006）。

九重山は、地形や年代的にみると、概ね西側から東側に向かってより新しい火山が分布しており、西側から順に涌蓋山系、久住山系及び大船山系に大別されている。涌蓋山系は安山岩質の多数の溶岩流及び溶岩ドーム群からなり、涌蓋山や一目山等の 30-60 万年前に活動した火山を含み、それらの東に黒岩山、獵師山、合頭山等 9-13 万年前に活動した火山から構成されている。久住山系は、星生山、久住山、三俣山、稲星山等がある。久住山系は、九州南方の鬼界カルデラを起源とする鬼界アカホヤ火山灰よりも古い火山がほとんどである。大船山系は大船山を最高峰に、平治岳、黒岳等で構成される。鬼界アカホヤ火山灰よりも新しい火山が多い。

九重山の活動史の概略を、図 4.2 に示す。

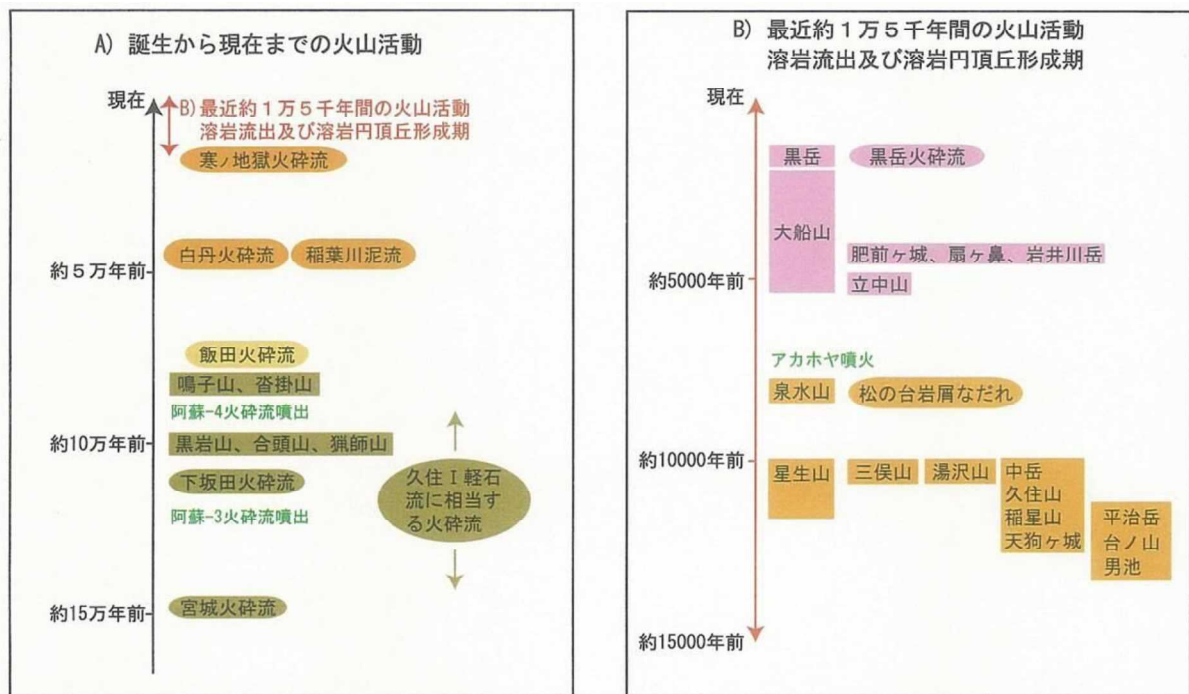


図 4.2 九重山の活動概略史

(「1/2.5 万火山土地条件図「くじゅう連山」(国土地理院)」より作成)

これらの山体の形成だけではなく、九重山では、安山岩質の溶岩ドームと溶岩流が噴出することで、小規模な火砕流（ブロック・アンド・アッシュ・フロー）や溶岩ドームがしばしば崩壊される「岩屑なだれ」が繰り返されてきたことが判明している（鎌田・他、1996）。

小規模な火砕流堆積物は、溶岩ドームの崩壊に伴う発泡の悪い本質物質を主体としており、九重山の活動史のなかでは、かなり頻繁に認められ、主なものとして、豊後渡火砕流堆積物、白丹火砕流堆積物、寒ノ地獄火砕流堆積物、黒岳火砕流堆積物等が知られている。

一方、岩屑なだれは、松の台岩屑なだれ、よしが池岩屑なだれ、稲星越岩屑なだれ等が知られている（Kamata and Kobayashi、1997）。

また、九重山の周辺には複数の降下火砕物が確認されており、これらは孤立している溶岩ドームや溶岩流の層位関係を決めるために重要である。下位から、九重第一降下軽石、始良Tn 火山灰、平治岳降下スコリア、A2 降下火山灰、鬼界アカホヤ火山灰、段原降下スコリア、米窪安山岩質降下火山灰、米窪玄武岩質降下スコリア等がある（ただし、始良Tn 火山灰と鬼界アカホヤ火山灰は、九重山以外の火山を起源とする降下火砕物である）。これらの降下火砕物については、火山灰直下の腐植土壌の<sup>14</sup>C年代を測定することで、各降下火砕物の噴出年代が推定されている。

図 4.3 に九重山における約 1.5 万年前以降の火山噴出物の層位関係を示す。また、九重山の活動状況について、表 4.1 に層序表を、図 4.6 に火山地質図を示した。

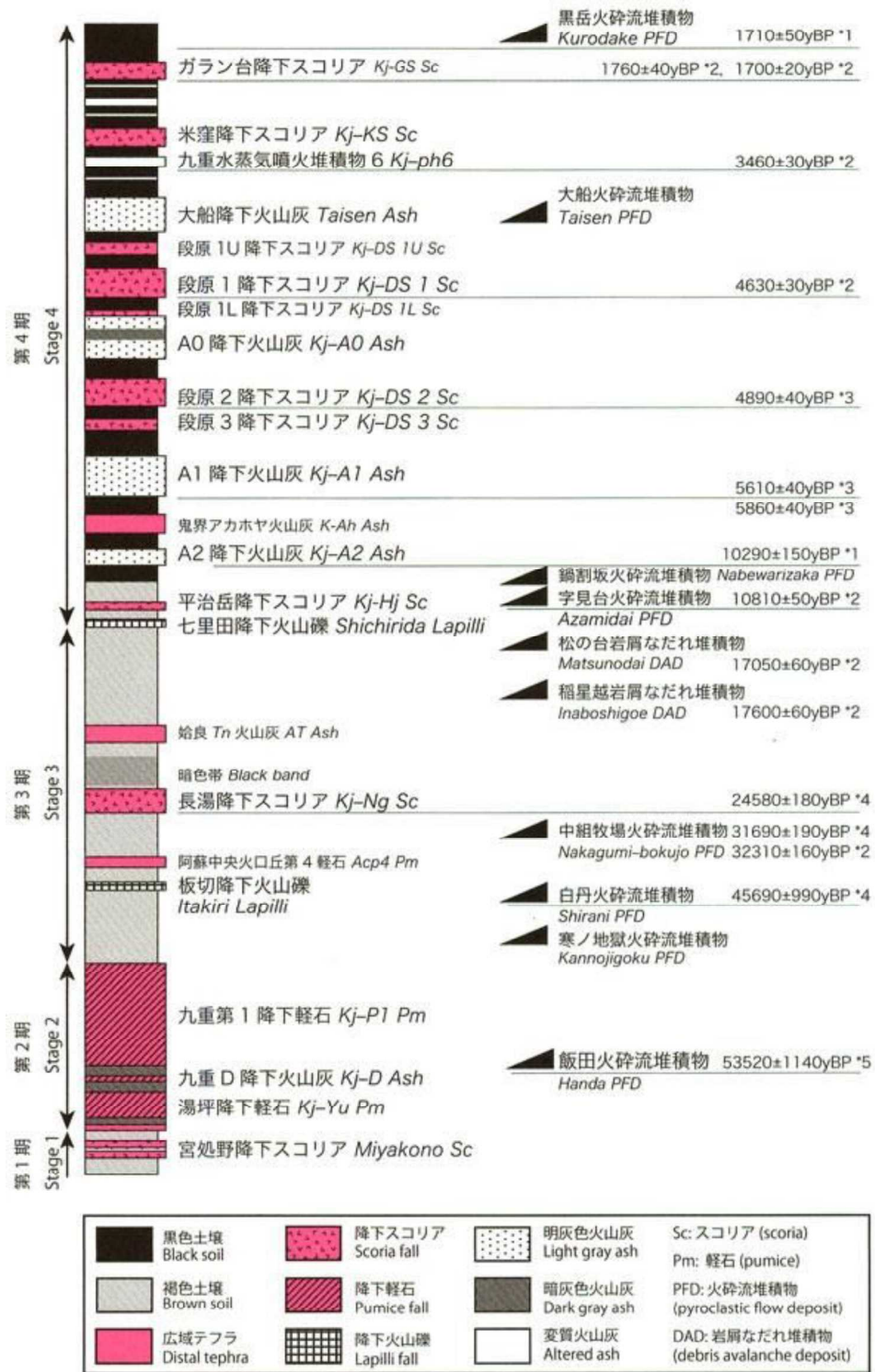


図 4.3 九重火山降下テフラ模式柱状図

黒三角は火砕流堆積物及び岩屑なだれ堆積物の層準。

年代値: \*1: Kamata and Kobayashi (1997), \*2: 川辺ほか(2014), \*3: 川辺・星住(2012), \*4: 川辺ほか(1997), \*5: 奥野ほか(2013a)。

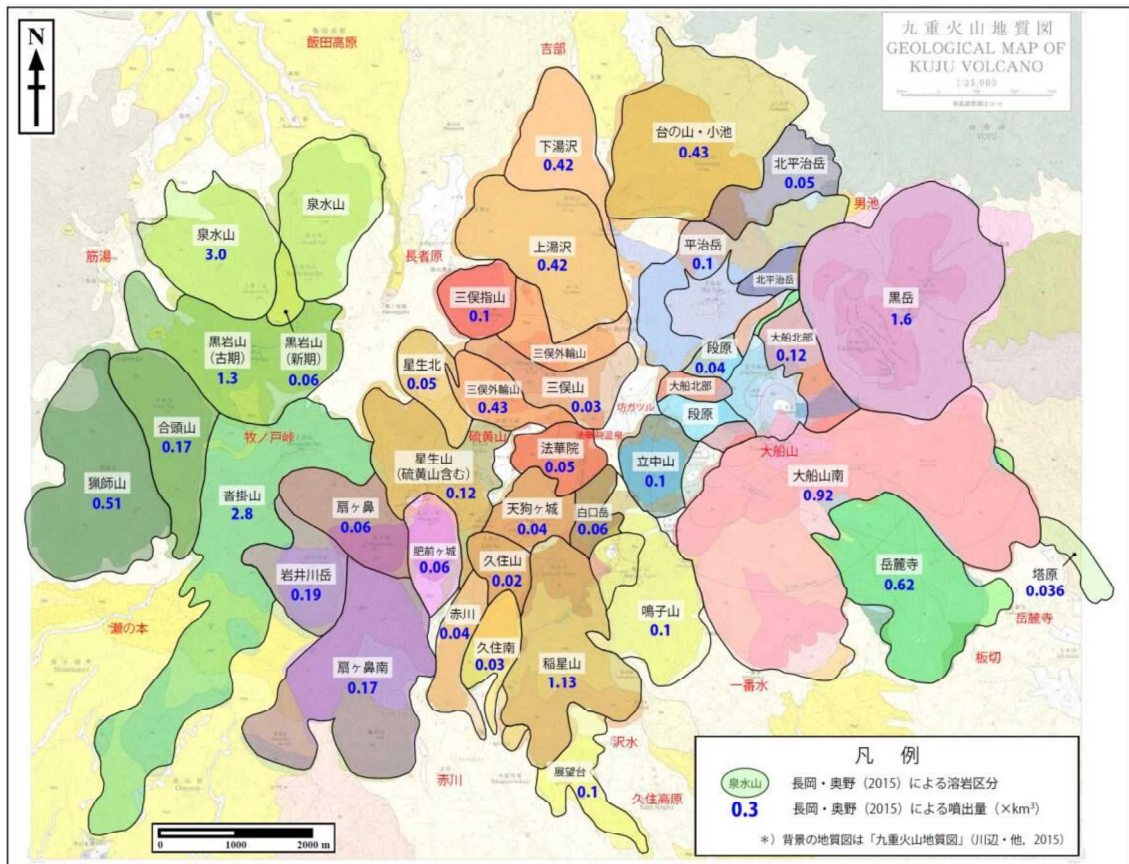


図 4.4 九重山火山地質図 (長岡・奥野 (2015) に溶岩区分と噴出量 (km<sup>3</sup>) を追加)

表 4.1 九重山の噴火活動の層序表

年代	テフラ	溶岩
1,600	黒岳火山灰 黒岳火砕流	黒岳溶岩
2,100	米窪降下スコリア	大船山 大船山南溶岩 段原溶岩 岳麓寺溶岩 大船北部溶岩
3,700	米窪降下火山灰	
4,800	段原降下スコリア	
6,100	A1降下火山灰	
		立中山溶岩
	鬼界アカヤ火山灰	三俣山(新期) 上湯沢溶岩
		中岳溶岩 法華院溶岩 天狗ヶ城溶岩
	沢水火砕流	稲星山溶岩
12万	A2降下火山灰 松の台岩屑なだれ A3降下火山灰 諏蛾守峠火砕流 諏蛾守峠火砕サージ	三俣山 三俣指山溶岩 三俣山溶岩円頂丘 三俣外輪山溶岩 下湯沢溶岩
12-2.2万	平治岳降下スコリア よしが池岩屑なだれ 七里田降下石質岩片	平治岳(新期) 平治岳溶岩
2.2万	字見台火砕流	久住山溶岩 久住山円頂丘溶岩 赤川溶岩 久住南溶岩
		肥前ヶ城溶岩
	始良Tn火山灰	台の山溶岩・小池溶岩
3.2万	台の山火砕流	平治岳(古期) 北平治岳溶岩
3.5万	長湯降下スコリア	室火砕流
		星生山 星生北溶岩 星生山溶岩(硫黄山含む)
4.2万	板切降下石質岩片	白口岳溶岩
4.5万	白丹火砕流	扇ヶ鼻円頂丘溶岩
4.9万	寒ノ地獄火砕流	扇ヶ鼻南溶岩
5.4万	飯田火砕流/九重第1降下軽石 九重D降下火山灰	
	有氏降下石質岩片	岩井川岳溶岩
9万	都処野降下スコリア	沓掛山溶岩
<9万	仏原降下軽石	展望台溶岩 鳴子山溶岩
		阿蘇4火砕流 塔原溶岩
		黒岩山溶岩(新期) 泉水山溶岩 黒岩山溶岩(古期)
9-12万	豊後渡火砕流	合頭山溶岩
11万	下坂田火砕流	獅師山溶岩
15万	宮城火砕流	阿蘇3火砕流

\*)長岡・奥野(2015)をもとに一部改変し作成。青は九重山以外の広域テフラとその年代値。

表 4.2 溶岩流の噴出量（年代順）

No.	溶岩流（溶岩ドーム）の名称		噴出量（DRE）(km <sup>3</sup> )	
	長岡・奥野(2015)	「九重火山地質図(川辺・他, 2015)」との比較	長岡・奥野(2015)	Kamata and Kobayashi(1997)
1	黒岳溶岩		1.600	黒岳(1.6)
2	大船山南溶岩	大船山山頂溶岩ドーム、大船山東溶岩、大船山南溶岩、一番水溶岩に概ね該当	0.920	大船南(0.92)
3	段原溶岩	主に古期大船溶岩、段原火口溶岩に概ね該当	0.040	段原(0.04)
4	岳麓寺溶岩	岳麓寺溶岩、板切溶岩に概ね該当	0.620	岳麓寺(0.62)
5	大船北部溶岩	主に古期大船溶岩、段原火口溶岩、米窪火口溶岩に概ね該当	0.120	大船北部(0.12)
6	立中山溶岩		0.100	立中山(0.11)
7	上湯沢溶岩	湯沢溶岩の北半分に概ね該当	0.420	湯沢山(0.84)の一部
8	法華院溶岩	中岳溶岩の北半分に概ね該当	0.050	
9	天狗ヶ城溶岩	中岳溶岩の南半分に概ね該当	0.040	
10	稲星山溶岩	稲星山溶岩、展望台溶岩に概ね該当	1.130	
11	三俣指山溶岩	指山溶岩に概ね該当	0.100	三俣山(0.56)
12	三俣山溶岩円頂丘	三俣山溶岩の中央部に概ね該当	0.030	
13	三俣外輪山溶岩	三俣山溶岩の北部、南部に概ね該当	0.430	
14	下湯沢溶岩	湯沢溶岩の南半分に概ね該当	0.420	湯沢山(0.84)の一部
15	平治岳溶岩	平治岳溶岩、北尾根溶岩、男池溶岩に概ね該当	0.100	平治岳(0.15)の一部
16	久住山円頂丘溶岩	九重山溶岩の山頂部に概ね該当	0.020	久住山(1.2)
17	赤川溶岩	九重山溶岩の山麓西半分に概ね該当	0.040	
18	久住南溶岩	九重山溶岩の山麓東半分に概ね該当	0.030	
19	肥前ヶ城溶岩		0.060	肥前ヶ城(0.06)
20	台の山溶岩・小池溶岩		0.430	台の山(0.37)、小池(0.06)
21	北平治岳溶岩	台の山溶岩の一部に概ね該当	0.050	平治岳(0.15)の一部
22	星生北溶岩	星生山溶岩、星生北溶岩に概ね該当	0.050	星生北(0.05)
23	星生山溶岩(硫黄山含む)	星生山溶岩、硫黄山溶岩に概ね該当	0.120	星生山(0.12)
24	白口岳溶岩	白口山溶岩に概ね該当	0.060	
25	扇ヶ鼻円頂丘溶岩		0.060	扇ヶ鼻(0.06)
26	扇ヶ鼻南溶岩	扇ヶ鼻南溶岩、沓掛山溶岩に概ね該当	0.170	
27	岩井川岳溶岩	岩井川岳溶岩、沓掛山溶岩に概ね該当	0.190	岩井川岳(0.19)
28	沓掛山溶岩		2.800	
29	展望台溶岩	該当なし	0.100	展望台溶岩(0.1)
30	鳴子山溶岩		0.100	
31	塔原溶岩	該当なし	0.036	
32	黒岩山溶岩(新期)	黒岩山溶岩の北側ピーク山頂部分に該当	0.060	
33	泉水山溶岩	黒岩山溶岩の北半分に概ね該当	3.000	泉水山(0.3)
34	黒岩山溶岩(古期)	黒岩山溶岩の南半分に概ね該当	1.300	
35	合頭山溶岩		0.170	
36	獅師山溶岩		0.510	

\*)長岡・奥野(2015)の溶岩の噴出量については、先行研究であるKamata and Kobayashi(1997)で示された値は概ね踏襲されているが、泉水山溶岩については、10倍の値となっている。



表 4.3 火山碎屑物の噴出量（年代順）

No.	テフラの名称	分類	噴出量 (km <sup>3</sup> )		
			みかけ	DRE	Kamata and Kobayashi(1997) (DRE)
1	黒岳火山灰	降下火山灰	0.016	0.100	
2	黒岳火砕流	火砕流(フロントアッシュロー)	0.010	0.007	黒岳火砕流(0.01)
3	米窪降下スコリア	降下スコリア	0.015	0.048	米窪玄武岩質降下スコリア(0.04)
4	米窪降下火山灰	降下火山灰	0.001	0.001	米窪安山岩質降下火山灰(0.05)
5	段原降下スコリア	降下スコリア	0.150	0.048	段原降下スコリア(0.09)
6	A1降下火山灰	降下火山灰	0.120	0.072	A1降下火山灰(0.21)
7	沢水火砕流	火砕流(フロントアッシュロー)	0.150	0.110	
8	A2降下火山灰	降下火山灰	0.002	0.001	A2降下火山灰(0.13)
9	松の台岩層なだれ	岩層なだれ	0.220	0.160	松の台岩層なだれ(0.61)
10	A3降下火山灰	降下火山灰	0.005	0.003	
11	諏蛾守峠火砕流	火砕流(フロントアッシュロー)	0.063	0.045	
12	諏蛾守峠火砕サージ	火砕サージ	0.025	0.018	
13	平治岳降下スコリア	降下スコリア	0.047	0.015	平治岳降下スコリア(0.1)
14	よしが池岩層なだれ	岩層なだれ	0.010	0.007	
15	七里田降下石質岩片	降下石質岩片	0.012	0.007	
16	宇見台火砕流	火砕流(フロントアッシュロー)	0.010	0.007	
17	台の山火砕流	火砕流(フロントアッシュロー)	0.300	0.210	
18	長湯降下スコリア	降下スコリア	0.064	0.021	
19	室火砕流	火砕流(フロントアッシュロー)	0.280	0.200	
20	板切降下石質岩片	降下石質岩片	0.018	0.011	
21	白丹火砕流	火砕流(フロントアッシュロー)	0.180	0.130	
22	寒ノ地獄火砕流	火砕流(フロントアッシュロー)	0.340	0.240	寒ノ地獄火砕流(0.24)
23	九重第1降下軽石	降下軽石	6.200	2.000	
24	飯田火砕流	火砕流	5.000	2.000	
25	九重D降下火山灰	降下火山灰	0.410	0.084	
26	有氏降下石質岩片	降下石質岩片	0.009	0.005	
27	都処野降下スコリア	降下スコリア	0.051	0.017	
28	仏原降下軽石	降下軽石	0.016	0.005	
29	豊後渡火砕流	火砕流(フロントアッシュロー)	0.030	0.021	
30	下坂田火砕流	火砕流	0.500	0.200	
31	宮城火砕流	火砕流	2.500	1.000	

\*)降下火山灰1.5g/cm<sup>3</sup>、降下軽石・スコリア0.8g/cm<sup>3</sup>、軽石流・火砕サージ堆積物1.0g/cm<sup>3</sup>、火砕流(フロントアッシュロー)堆積物1.6g/cm<sup>3</sup>と仮定してDRE体積を算出。

なお、図 4.5 に示した「VEI (火山爆発指数: Volcanic Explosivity Index)」(Newhall and Self, 1982) は、本来、爆発的な噴火の規模を示すもので、火山灰等の火山碎屑物を伴わず穏やかに溶岩流だけを流出させるような噴火の記述には適さないが、本計画では、一回の噴火によって生産された火山噴出物総量(火山灰や溶岩流の合計)を表現する値として使用する。VEI が「1」上がるごとに噴出量は概ね 10 倍になり、例えば VEI=2 の噴出量は  $10^6\text{m}^3$  オーダーである。

VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8
日本語	非爆発	小規模	中規模	中～大規模	大規模	巨大規模			
英語	non-explosive	small	moderate	moderate-large	large	very large			
噴出量 (m <sup>3</sup> )	<10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> ～<10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> ～<10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> ～<10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup> ～<10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup> ～<10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup> ～<10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup> ～<10 <sup>12</sup>	>10 <sup>12</sup>
噴煙中の高度 (km)	<0.1	0.1～1	1～5	3～15	10～25	>25			
分類									

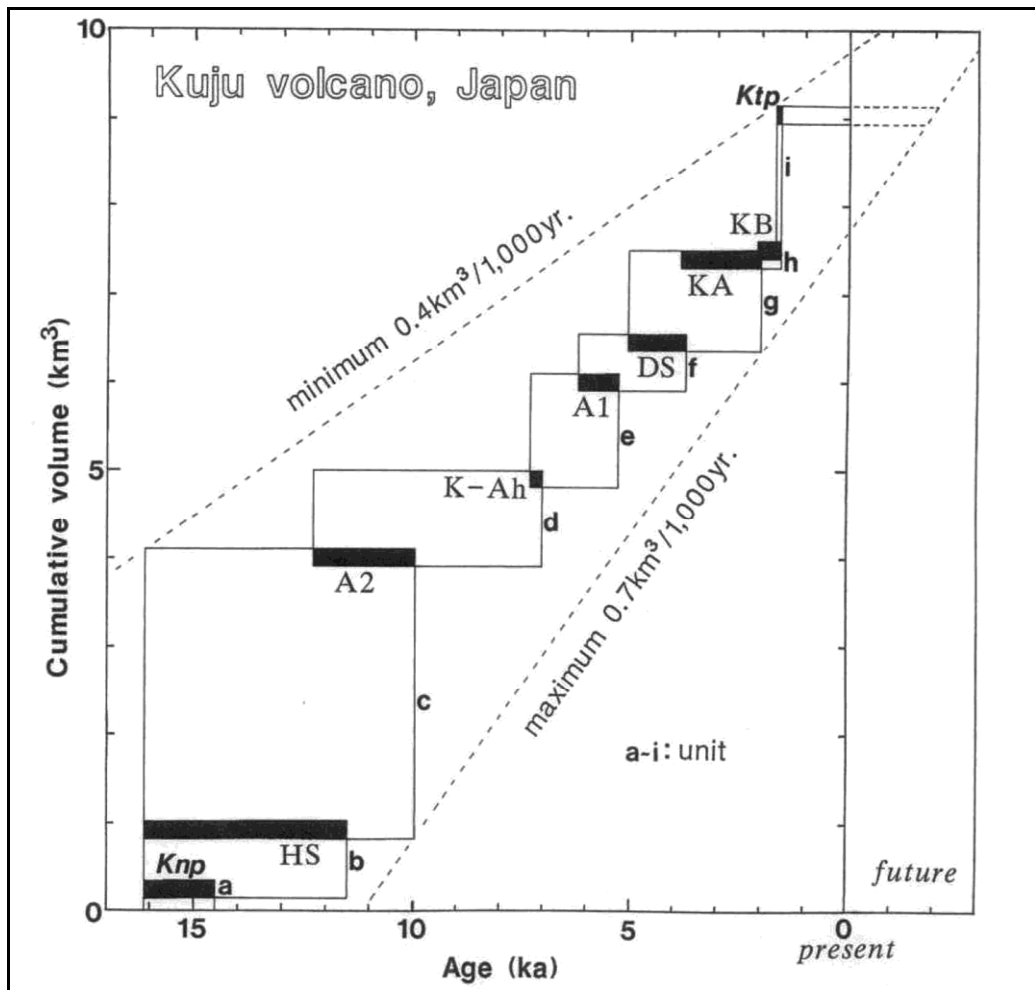
図 4.5 火山爆発指数 (VEI) と噴出量他の関係図

(Newhall and Self (1982) より作成)



歴史時代以前の噴火活動（約 1.5 万年前～約 1,700 年前）について、火山噴出物についての噴出累積階段図を図 4.7 に、現象ごとの推定噴出量と頻度について総括した整理表を表 4.4 に、噴火現象ごとの推定噴出量グラフを図 4.9 に、噴火現象ごとの噴火回数のグラフを

図 4.10 に、それぞれ示す。また、それ以前の噴出累積階段図について図 4.8 に示す。



**図 4.7 1.5 万年前からの火山噴出物の噴出累積階段図 (Kamata and Kobayashi (1997))**

(図中の地層名は表 4.1 及び図 4.6 に、Unit 記号 (a-i) は図 4.6 に対応)

図 4.7 に示すように、最近約 1.5 万年間の九重山のマグマ噴出量は、最小の見積で  $0.4\text{km}^3/1,000$  年で、最大の見積で  $0.7\text{km}^3/1,000$  年となっている (Kamata and Kobayashi, 1997)。これは、雲仙岳の最近 1.5 万年間の平均噴出率 ( $0.05\text{--}0.1 \text{ km}^3/1,000$  年 : 中田、1995) よりも一桁ほど大きい。

また、有史以降九重山はマグマ噴火を起こしていないが、これまで同様の間隔で今後も活動が継続し、中長期的にはマグマ噴火が発生する可能性が高い。

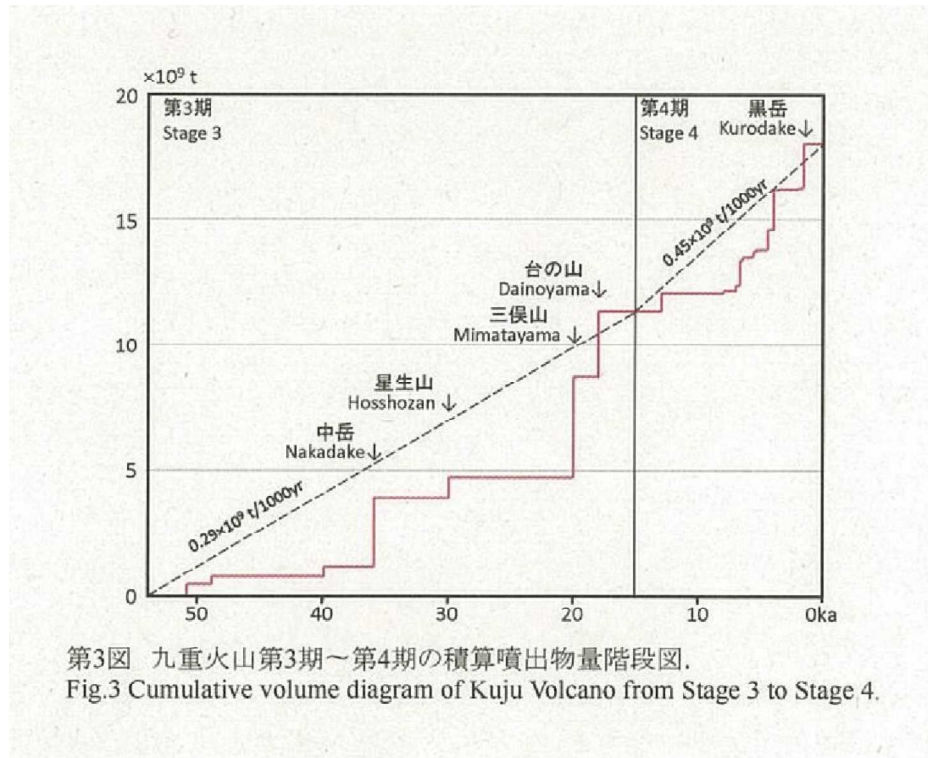


図 4.8 九重山の積算噴出物量階段図（「九重火山地質図」川辺・他（1995））

表 4.4 歴史時代以前（約 1.5 万年前～約 1,700 年前）の現象毎の推定噴出量と頻度

現象	発生場所	約1.5万年前～約1,700年前の発生回数	発生頻度	推定噴出量 (m <sup>3</sup> )
溶岩流・溶岩ドーム	九重山群中央～東部	12	1回/1,250年	$5.0 \times 10^7 \sim 1.2 \times 10^9$
溶岩流＋降下火砕物	大船・星生・三俣山・平治岳周辺	4	1回/3,750年	$1.3 \times 10^8 \sim 3.0 \times 10^9$
溶岩流または溶岩ドーム＋火砕流	九重山群東部（黒岳）	1	1回/15,000年	$1.61 \times 10^9$
火砕流	九重山群中央部（長者原周辺）	1	1回/15,000年	$2.4 \times 10^8$
降下火砕物	大船山周辺	2	1回/7,500年	$4.0 \times 10^7 \sim 5.0 \times 10^7$
岩屑なだれ	九重山群中央部（飯田高原周辺）	1	1回/15,000年	$6.1 \times 10^8$

\*) 発生頻度は、約1.5万年前から現在までで算出。

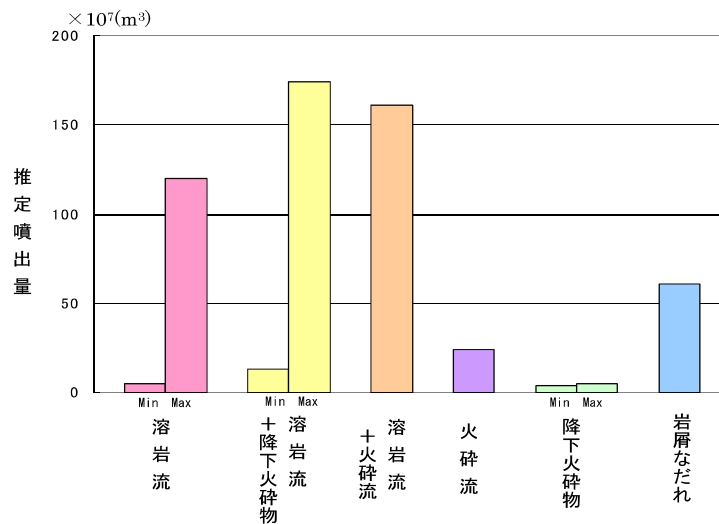


図 4.9 噴火現象ごとの推定噴出量（約 1.5 万年前～約 1,700 年前）

（複数ある現象は最大・最小を表示）

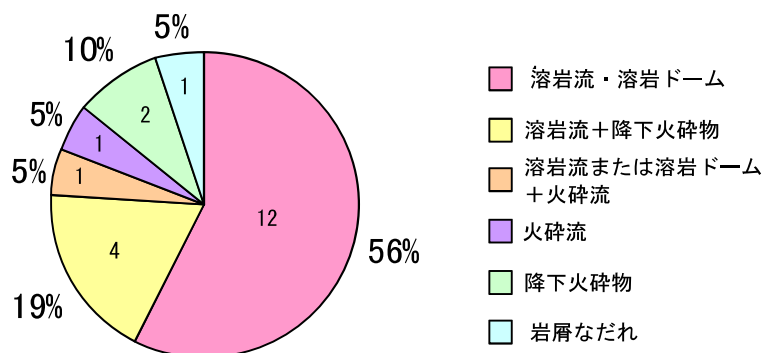


図 4.10 噴火現象ごとの噴火回数（約 1.5 万年前～約 1,700 年前）

なお、飯田火砕流の噴出年代については、Kamata and Kobayashi (1997) では 7-8 万年前という年代値が採用されていた。しかしながら、飯田火砕流の年代は、近年より新しいと考えられるようになったことから、主な既往研究を整理し、最も妥当と考える年代値へ変更した。

表 4.5 に、飯田火砕流の年代に関する最近の主な既往研究を整理した。

**表 4.5 飯田火砕流の年代に関する最近の主な既往研究**

No.	文献	手法	年代値	その他
1	奥野・中村・鎌田・小野・星住 (1997)	<sup>14</sup> C (AMS) 法	>約40,000年	飯田火砕流中の炭化木を計測.
2	奥野・中村・鎌田・小野・星住 (1998)			
3	鎌田 (1997)	—	35,000年	宮原地域の図幅. これまでの既往研究成果を踏まえ推定している.
4	鎌田・榎原・伊藤・星住・川辺 (1998)	フィッシュン・トラック法	約70,000-80,000年	飯田火砕流堆積物中のジルコンを計測. 初回測定は0.074±0.026Ma. 2回目は0.083±0.030Ma.
5	宮縁・星住・高田・渡辺・徐 (2003)	層位関係等	約54,000年	阿蘇カルデラ起源の噴出物との層位関係から50,000年前後と推定.
6	稲永・奥野・高島・鮎沢・小林 (2006)	層位関係等	約52,000年	新たに実施した九重山における熱ルミネッセンス年代値や入戸火砕流 (29,000年) と Aso-4 火砕流 (90,000年) との層位関係等から推定.
7	鎌田 (2006)	—	約70,000-80,000年	鎌田・他 (1998) の値を採用.
8	国土交通省 国土地理院 (2008)	—	約70,000-80,000年	鎌田・他 (1998) の値を採用.
9	奥野・長岡・小林 (2012)	<sup>14</sup> C (AMS) 法	約54,000年	飯田火砕流中の炭化木を計測 [(奥野・他 (1997) と同じ地点の炭化木片)].
10	長岡・奥野 (2014)	—	約54,000年	奥野・他 (1997) の値を採用.
11	長岡・奥野 (2015)	—	約54,000年	奥野・他 (1997) の値を採用.
12	小林・筒井・奥野 (2015)	—	約54,000年	奥野・他 (1997) の値を採用.
13	川辺・星住・伊藤・山崎 (2015)	—	約54,000年	奥野・他 (1997) の値を採用.

このように、これまでの研究では、奥野・他 (1997) や奥野・他 (1998) が示した 4 万年前より古いとする見解と、鎌田・他 (1998) が示した 7-8 万年前とする大きく 2 つの見解があった。

しかしながら、飯田火砕流と Aso-4 火砕流 (約 9 万年前) との間には膨大な量の噴出物が存在し、飯田火砕流の前後で阿蘇カルデラにおける噴出率の変化がそれ程変化していないと考えられ、阿蘇カルデラ起源の噴出物との層位関係から飯田火砕流の年代を 5 万年前後が適当であることが、宮縁・他 (2003) によって指摘された。稲永・他 (2006) も、年代の知られた他の火山噴出物との層位関係等から、同様の結論に達している。奥野・他 (2012) では、新たに年代測定した結果から、5.4 万年前であることを示して以降、その後の研究では、この値が用いられるようになった。



したがって、本計画では、飯田火砕流の年代について総合的に判断し、奥野・他(2012)を参考に、約5.4万年前とする。

これらのことから、九重山の長期的な火山活動の概要を簡単に整理すると、以下のようになる。

- ・九重火山群は約15万年前から火山活動を開始した。
- ・カルデラを形成するような破局的火砕流噴火が3回発生している（最新の火砕流噴火は約5.4万年）。
- ・噴火活動の主体は溶岩ドームや溶岩流の流出であるが、あわせて小規模な火砕流、降下火砕物の噴出、大規模山体崩壊（岩層なだれ）が発生することで、現在の火山群が形成されてきた。
- ・活動域は、長期的に時代とともに概ね西部から東部へと移動している。
- ・最新のマグマ噴火は、約1,600年前に起きた黒岳での溶岩ドームの形成及び黒岳火砕流の流下である。
- ・最近約1.5万年間の九重山のマグマ噴出量は、最大の見積で0.7km<sup>3</sup>/1,000年であり、溶岩流・溶岩ドームの発生頻度は、概ね1回/1,250年である。
- ・有史以降マグマ噴火を起こしていないが、これまで同様の間隔で今後も活動が継続し、中長期的にはマグマ噴火が発生する可能性がある。

#### 4.1.3 九重山の歴史時代の火山活動

九重山は、歴史時代における火山活動に関する古文書等の史料が少ない。これは、阿蘇山と九重山との活動が混同された可能性、近傍に集落も少なく、政治的にみて土地利用価値が少ないとされた火山地域でその目撃者を欠いていた可能性等が要因として推測できる。

九重山の歴史時代の火山活動記録については、いずれも硫黄山における小規模な噴火であり、これまでに、震災予防調査会（1918）、震災予防調査会（1941）、福岡管区気象台（1965）及び村山（1990）等が整理している。また、鎌田（1991）及び鎌田・小林（1992）は、これらの史料の原典にあたるとともに、記録にみられる火山現象を再検討した。その結果、1662年・1675年・1738年の3つの記録が噴火を記述したものと考えた。その後、井村・鎌田（1996）は、さらなる歴史記録の再検討の結果、1995年の噴火以前には、歴史時代に7回の噴火に関連する記録が残されていることを指摘した。

井村・鎌田（1996）によれば、7つある噴火関連記録のうち、3つは記録を転記する際の誤り及び解釈する際の誤りで、4つのみが噴火を示す記録であることを指摘した。また、これらの4つの記録（1662年・1675年・1738年・1777年）には、火山群周辺への甚大な被害を及ぼすような火砕流や岩屑なだれ、火山泥流、あるいは大規模な溶岩流の発生記載はなく、いずれも溶融硫黄の流出、やや規模の大きな噴気の突出ないしは噴気地帯表層部の爆発事件のような、硫黄山を中心とした噴気活動の異常現象を記述した可能性が高いことを示した（表4.6）。

表 4.6 1995年の噴火より前の噴火記録（井村・鎌田（1996）より作成）

年（和暦）	井村・鎌田（1996）による噴火記録の解釈	日本活火山総覧（気象庁、2005）
1662（寛文2）年	やや規模の大きい噴気の突出ないしは噴気地帯表層部の爆発事件	噴気または爆発？
1663（寛文3）年	噴火記録ではないと判断 （寛保2年の記事を寛文3年と取り違えたと推察）	—
1675（延宝3）年	1738年と同様あるいはそれ以下の規模の噴気の突出事件あるいは溶融硫黄の流出	噴気または溶融硫黄流出
1738（元文3）年	硫黄山でやや規模の大きい噴気の突出ないしは噴気地帯表層部の爆発事件	やや規模の大きい噴気または爆発？
1742（寛保2）年	噴火記録ではないと判断 （寛保2年と寛文2年を取り違えたと推察）	—
1777（安永6）年	硫黄山周辺の噴気活動の変化（溶融硫黄の流出など）	噴気地帯の異常
1803（享和3）年	噴火記録ではないと判断 （「常に火（噴気）がある」という記述のみ）	—

一方、噴火記録は存在しないが、九重山近傍では、多数の小規模な水蒸気噴火による堆積物が確認されている（図 4.11；伊藤・他、1996；伊藤・他、1997；伊藤・他、2014）。



図 4.11 小規模な水蒸気噴火に伴う堆積物（九重分れ付近）

伊藤・他（2014）は、過去約 5,000 年間に確認された水蒸気噴火による堆積物を調査し、その活動間隔が、およそ 200-500 年程度であることが明らかにしている。

なお、奥野（1995）は、地層として残存可能な水蒸気噴火の規模は  $10^5\text{m}^3$  以上であり、それ以下の堆積物は堆積後の浸食作用等によって残存できないことを示した。

- これらの水蒸気噴火の活動は、マグマの噴出を伴わないため、図 4.7 に示すような火山噴出物の噴出累積階段図には表現されていない。また、水蒸気噴火の堆積物は保存条件のよい場所に堆積したものであり、堆積後に消失してしまったもの、歴史時代の噴火のように、堆積物として残らない程度のごく小規模なものもあったと考えられ、過去に発生していた水蒸気噴火の頻度は、上記推定より大きい可能性が高いと想定される。

#### 4.1.4 1995年噴火の状況

##### (1) 1995年噴火の概要

1995年10月11日、星生山の北側斜面中腹で噴火が発生した。噴火口は斜面の傾斜に直交するようにほぼ東西方向に雁行状に複数形成され、全体の長さは約300mであった。噴煙は上空1,000mに達し、その降灰は南西に約60km離れた熊本市でも観測されたが、噴火開始が夕方であったことから目撃情報が少なく、地震計の記録から18時30分頃から30分程度、激しい噴出活動があったことが知られている程度である。地表調査では、火口周辺に爆発的噴火によって放出された礫と、湿った細粒の泥状物質が堆積しているのが確認されている(星住・他、1996)。その後12月18日に再度噴火したが、噴気量は次第に減少し、また、活発な火口の数も少なくなった。現在は、1995年の噴火前同様のレベルまで噴気活動が低下している。

なお、この噴火は、従来の噴気地帯から数百m離れた地点に新たな火口列をつくり、周辺地域にうっすらと積もる程度に降灰させていることから、それ以前の記録に残されている噴火(1662年・1675年・1738年・1777年)より、はるかに大規模であった可能性が高いことが指摘されている(井村・鎌田、1996)。

図4.12に1995年10月11日の火口の配列と噴出物の分布を示す。また、1995年噴火における火山現象の時系列的推移をSudo *et al.* (1998)、須藤(1997)、須藤(1996)等より整理して示す。

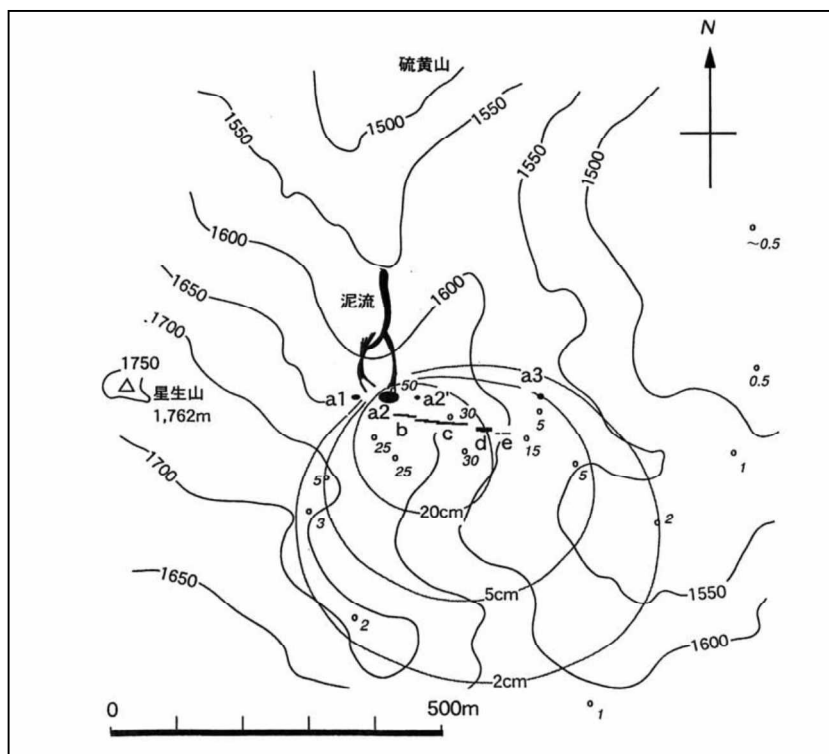


図 4.12 九重山 1995年10月11日の火口配列と噴出物の分布(中田・他、1996)

<b>噴火前</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 硫黄山地熱地帯の噴気孔の活動、硫黄山付近（八丁原、筋湯、湯坪）での群発地震</li> </ul>
<p><b><u>第一段階（1995年10月11日～1995年12月中旬）</u></b></p>	
1995.10.11	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 水蒸気噴火と火山灰の噴火、新しい噴気孔が東西に渡り出現（a,b,c火口列、d,e火口）、次第に活動は、d火口に移動。</li> <li>▪ 火山性微動が1,750回観測される（阿蘇カルデラ周辺にある京都大学地震観測所）。</li> <li>▪ 噴煙が上空1kmまで立ち上る。</li> <li>▪ 噴出火山灰（20,000m<sup>3</sup>）。</li> </ul>
1995.12	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 最も大きいa2火口が活動休止、強い地鳴りと活発な水蒸気噴火活動。</li> </ul>
<p><b><u>第二段階（1995年12月18日～22日）</u></b></p>	
1995.12.18	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2度目の水蒸気噴火と火山灰の噴火。</li> <li>▪ d火口の拡大（15m ⇒ 45m）。</li> <li>▪ 噴出火山灰（5,000m<sup>3</sup>）。</li> <li>▪ 硫黄山で群発地震（N&gt;35, M2.0）マグマの上昇？</li> <li>▪ 火山性微動、低周波地震を観測。</li> </ul>
<p><b><u>第三段階（1995年12月23日～1996年2月末）</u></b></p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 噴気孔の活動と傾斜収縮の減少。</li> </ul>
1996.1.13-16	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 八丁原、筋湯の群発地震（N&gt;500, M2.9）。</li> <li>▪ 少量の火山灰の噴出（d火口）。</li> </ul>
1.27-29	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 瀬の本の群発地震（N&gt;60, M2.5）。</li> <li>▪ 噴気孔の活動が一時的に増大。</li> </ul>
2.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 硫黄山の群発地震（N&gt;34, M1.2）。</li> </ul>

**第四段階（1996年3月～4月）**

- 噴気孔の活動が増大。
- ごく少量の火山灰の噴出。
- 1996.3.24-27 ▪ 硫黄山の群発地震（ $N > 231$ ,  $M 2.6$ ）、低周波地震、火山性微動、傾斜収縮の増大。
- 1996.4.3 ▪ 八丁原、筋湯の群発地震（ $N > 30$ ,  $M 1.8$ ）。

**第五段階（1996年5月）**

- 星生山北側斜面の急激な辺長の膨張。
- 1996.5.14 ▪ 湯坪の群発地震（ $N > 200$ ,  $M 2.4$ ）（2、3時間の間に200回以上の地震が発生）。

**第六段階（1996年6月～）**

- 地鳴りと共に噴気孔の活動が続く。
- 辺長収縮の減少。
- 火山灰の噴出がとまる。
- 1996.8.7-8 ▪ 八丁原、筋湯の群発地震（ $N > 51$ ,  $M 3.0$ ）。
- 8.25-26 ▪ 硫黄山の群発地震（ $N > 44$ ,  $M 1.2$ ）。
- 11.21 ▪ 硫黄山の群発地震（ $N > 61$ ,  $M 1.2$ ）。
- 11.21-1.17 ▪ 火山性微動。
- 1997.1.9-12 ▪ 油坪の群発地震（ $N > 900$ ,  $M 2.7$ ）、急激な傾斜の収縮。
- 2.4 ▪ 八丁原、筋湯の群発地震（ $N > 60$ ,  $M 2.9$ ）、傾斜収縮の減少。
- 3.3 ▪ 火山性微動。

N：地震の回数

M：マグニチュードの最高値

\*) Sudo *et al.* (1998)、須藤 (1997)、須藤 (1996) 等より作成

## (2) 1995年10月硫黄山噴火における主な土砂移動実績

「1995年10月九重山の水蒸気噴火の発生機構と火山活動推移の調査・研究報告書：代表研究者 小林芳正」他より、1995年10月の硫黄山噴火の主な土砂移動現象について、発生場所、推定噴出量及び頻度他についてまとめると、表4.7のようになる。

表 4.7 1995年噴火の主な土砂移動実績

現象	発生場所	噴出量 ( $m^3$ )	頻度	日時	備考
降下火砕物	硫黄山周辺	$2.0 \times 10^4$	2	1995.10.11	噴煙が約1,000m まで立ち上る
		$5.0 \times 10^3$		1995.12.18	
火山泥流	白水川の 源頭部付近	$4.8 \times 10^3$	1	—	

また、1995年10月の噴火後（1996年1月1-4日）に、（財）砂防・地すべり技術センターによって実施された現地調査（「九重火山群硫黄山噴火急調査（伊藤・他、1996）」）の写真を、図4.13～図4.17に示す。



図 4.13 1995年噴火時の状況（すがもり越付近からみた噴気）

（伊藤・他（1996）より引用）



**図 4.14 1995 年噴火時の状況（火口列近傍の状況）**

（伊藤・他（1996）より引用）



**図 4.15 1995 年噴火時の状況（火口周辺での火山灰堆積状況）**

（伊藤・他（1996）より引用）





図 4.16 1995 年噴火時の状況（千里が浜における火山灰の 2 次移動痕跡）  
（伊藤・他（1996）より引用）

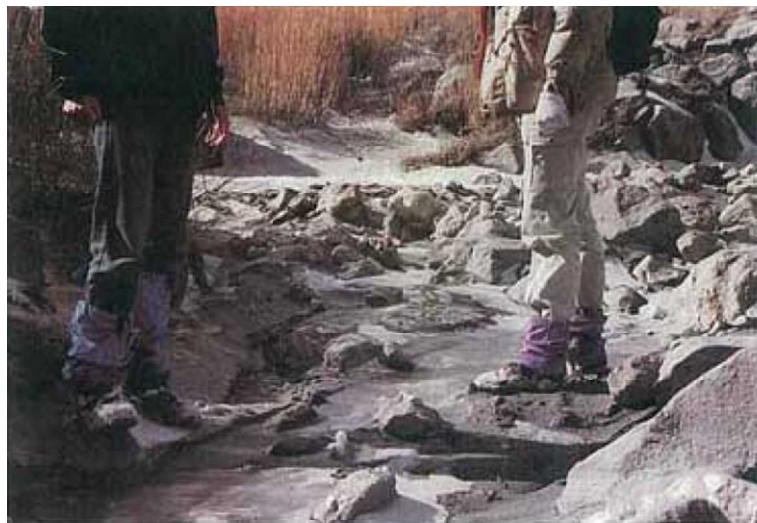


図 4.17 1995 年噴火時の状況（千里が浜上流側でみられた新しい火山泥流）  
（伊藤・他（1996）より引用）