

九重山火山噴火緊急減災対策砂防計画書

(共 通 編)

令和6年3月

大分県土木建築部砂防課

目 次

1. 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定の経緯.....	1
1.1 検討の経緯.....	1
1.2 減災目標.....	2
2. 九重山の概要.....	4
2.1 自然特性.....	4
2.1.1 流域・水系.....	5
2.1.2 地形・地質.....	7
2.1.3 気象.....	14
2.1.4 貴重な動植物.....	31
2.2 社会特性.....	32
2.2.1 自治体.....	32
2.2.2 人口・世帯数.....	34
2.2.3 産業.....	37
2.2.4 主な交通網.....	39
2.2.5 主な登山道.....	42
2.2.6 観光・公共施設.....	44
2.2.7 保全対象（集落・地域）.....	51
2.2.8 土地利用.....	53
2.2.9 法規制.....	54
3. 九重山における火山防災事業の現状.....	58
3.1 砂防及び治山事業による施設整備状況.....	58
3.2 火山監視観測整備状況.....	61
3.2.1 関係機関の監視観測システムの整備状況.....	61
3.2.2 硫黄山火山監視システムの整備状況.....	66
4. 九重山で想定される土砂移動現象.....	91
4.1 九重山における噴火の特徴.....	91
4.1.1 九重山の生い立ち.....	91
4.1.2 九重山の歴史時代以前の火山活動.....	92
4.1.3 九重山の歴史時代の火山活動.....	107
4.1.4 1995年噴火の状況.....	109
4.1.5 九重火山地下の熱構造.....	125

4.2 九重山における噴火シナリオ	139
4.2.1 噴火実績の整理	139
4.2.2 噴火位置	141
4.2.3 噴火現象の規模	144
4.2.4 噴火シナリオの設定	151
4.3 想定される現象による影響範囲と被害	155
4.3.1 降灰による影響	155
4.3.2 土石流による影響	156
4.3.3 溶岩流による影響	195
4.3.4 火砕流による影響	214
4.3.5 火口半径と噴石の飛距離との関係	237
5. 用語説明	243

図 表 目 次

図 1.1	九重山における減災目標.....	2
表 1.1	各機関が活動期（噴火時）に実施する主な火山防災対策の事例.....	3
図 2.1	九重山位置図.....	5
図 2.2	水系・流域界図.....	6
図 2.3	九重山周辺の地形図.....	8
図 2.4	九重山鳥瞰図.....	9
図 2.5	火山地形分類図.....	10
図 2.6	九重山の活動概略史.....	12
図 2.7	九重山周辺の地質概要図.....	13
図 2.8	大分県の年平均降水量分布図（統計期間 1991-2020 年）.....	14
図 2.9	阿蘇山観測所における降水量の月合計値（1933-2017 年）.....	15
図 2.10	硫黄山観測所における日雨量（平成 9-19 年）.....	16
図 2.11	硫黄山観測所における日雨量（平成 9-19 年）（「平成 18 年度火噴委第 1-2 号硫黄山火山噴火基本調査委託報告書（平成 19 年 7 月）」より引用）.....	17
図 2.12	計画降雨波形（平成 13 年度業務、平成 8 年 3 月降雨の引き伸ばし）.....	18
図 2.13	計画降雨波形（平成 18 年度業務、平成 17 年 7 月 10 日洪水実績）.....	18
図 2.14	硫黄山時間雨量（日雨量上位 5 降雨）.....	19
図 2.15	阿蘇山観測所における降雪の深さの月合計値（1953-2022 年）.....	20
表 2.1	阿蘇山観測所における降雪の深さ及び最深積雪（1981-2022 年）.....	20
表 2.2	九重山周辺の大雪の記録（30cm 以上）（「大分県災異誌」より引用）.....	21
図 2.16	福岡管区气象台における高層風の風向（気象庁データより作成）.....	22
図 2.17	福岡管区气象台における高層風の大きさ（気象庁データより作成）.....	22
表 2.3	福岡管区气象台における高層風の風向及び大きさのデータ（1991-2020 年）.....	23
図 2.18	阿蘇山観測所における平均風速の月平均値（1951-2017 年）.....	24
表 2.4	阿蘇山観測所における平均風速の月平均値（1951-2017 年）.....	25
表 2.5	阿蘇山観測所における月別最多風速（1990-2010 年）.....	26
図 2.19	九重山周辺の植生概要図.....	28
図 2.20	九重山周辺の貴重な動植物分布図.....	29
図 2.21	行政区域図.....	32
表 2.6	市町村の人口世帯数.....	34
図 2.22	人口の推移（竹田市）（大分県統計資料より作成）.....	35
図 2.23	人口の推移（由布市）（大分県統計資料より作成）.....	35
図 2.24	人口の推移（九重町）（大分県統計資料より作成）.....	35
図 2.25	人口の推移（南小国町）（熊本県統計資料より作成）.....	36

図 2.26	人口の推移（小国町）（熊本県統計資料より作成）	36
図 2.27	人口の推移（産山村）（熊本県統計資料より作成）	36
表 2.7	産業大分類別人口（大分県）	37
表 2.8	産業大分類別人口（熊本県）	37
図 2.28	産業大分類別人口（「令和2年度国勢調査」より作成）	38
図 2.29	交通網図	41
図 2.30	登山道等位置図（「山と高原地図 56 阿蘇・九重 由布岳 2016（昭文社）」より作成）	43
図 2.31	九重山周辺の観光施設・公共施設	47
図 2.32	大分県における発地別（国内及び外国）宿泊者数の推移	48
図 2.33	大分県内で宿泊した市町村の状況	49
表 2.9	竹田市における観光客数の推移	50
表 2.10	九重町における観光客数の推移	50
図 2.34	保全対象（集落・地域）分布図	52
図 2.35	土地利用図	53
図 2.36	保安林・国有林の分布状況	54
図 2.37	国立公園の分布状況	55
表 2.11	くじゅう坊ガツル・タデ原湿原の概要	56
図 2.38	くじゅう坊ガツル・タデ原湿原の位置図（現地設置看板）	57
図 2.39	くじゅう坊ガツル・タデ原湿原（左：坊ガツル湿原、右：タデ原湿原）	57
表 3.1	砂防計画の対象溪流一覧表	58
表 3.2	硫黄山の現況施設数と施設効果量、整備率	59
表 3.3	大船山の現況施設数と施設効果量、整備率	59
図 3.1	現況施設位置図（「平成15年度火委噴第1号調査計画業務委託報告書（資料編）」等より作成）	60
図 3.2	九重山周辺における気象庁観測点配置図（気象庁Webより引用）	61
表 3.4	九重山周辺における気象庁観測点一覧表	62
図 3.3	気象庁による監視カメラの公開状況（気象庁Webより引用）	63
図 3.4	九重山周辺における関係機関の観測点位置図	64
表 3.5	九重山周辺における関係機関の観測点一覧表	65
表 3.6	火山監視システム観測機器一覧表	66
図 3.5	火山監視システム全体配置図	67
図 3.6	火山監視システム構成図	68
図 3.7	監視カメラ伝送回線	69
図 3.8	山頂カメラ設置状況	70
図 3.9	山腹カメラ設置状況	71
図 3.10	ワイヤー・振動センサー伝送回線	72

図 3.11	ワイヤーセンサー設置状況（白水川第2号堰堤）	73
図 3.12	ワイヤーセンサー取り付け金具（白水川第2号堰堤）	73
図 3.13	白水川第2号堰堤を下流より望む（引込ケーブルが垂れ下がっている）	73
図 3.14	雨量計伝送回線	74
図 3.15	警報局伝送回線	75
図 3.16	硫黄山警報局（モーターサイレン、パトライト）	75
図 3.17	震動計伝送回線	76
図 3.18	震動計設置状況（「平成15年度火噴委第1-2設計委託業務報告書」より引用）	76
図 3.19	監視カメラの処理・配信状況	78
図 3.20	監視カメラ表示状況（玖珠土木事務所内）	79
図 3.21	震動計の処理・配信状況	80
図 3.22	震動観測情報提供サーバ設置状況	81
図 3.23	震動観測情報提供サーバにおける波形表示例	81
図 3.24	センサー系の処理・配信状況	82
図 3.25	土砂災害情報処理装置設置状況及び表示画面	83
図 3.26	プラズマディスプレイ（砂防情報、検知情報、降雨情報、水位情報等を表示）	83
図 3.27	警報表示板（雨量警報、検知警報）	83
図 3.28	火山応急監視システム整備計画図	84
図 3.29	火山応急監視システム配置計画図	85
表 3.7	監視観測目的別に見た機器の種類	87
表 3.8	監視観測機器の整備方針	87
図 3.30	配置計画（案）（「平成15年度火噴委第1-2設計委託業務報告書」より引用）	88
図 3.31	配置計画（案）（白水川周辺を拡大）	89
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	90
図 4.1	九重山と別府一島原地溝帯との関係	91
図 4.2	九重山の活動概略史	92
図 4.3	九重火山降下テフラ模式柱状図	94
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 ³ ）を追加）	95
表 4.1	九重山の噴火活動の層序表	96
表 4.2	溶岩流の噴出量（年代順）	97
表 4.3	火山碎屑物の噴出量（年代順）	98
図 4.5	火山爆発指数（VEI）と噴出量他の関係図	99
図 4.6	九重山の火山地質図（2015）	100
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））	102
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））	103
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	104

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)	104
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)	104
表 4.5	飯田火砕流の年代に関する最近の主な既往研究	105
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)	107
図 4.11	小規模な水蒸気噴火に伴う堆積物 (九重分れ付近)	108
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)	109
表 4.7	1995 年噴火の主な土砂移動実績	112
図 4.13	1995 年噴火時の状況 (すがもり越付近からみた噴気)	112
図 4.14	1995 年噴火時の状況 (火口列近傍の状況)	113
図 4.15	1995 年噴火時の状況 (火口周辺での火山灰堆積状況)	113
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)	114
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)	114
図 4.18	1995 年硫黄山噴火の概念モデル	116
図 4.19	硫黄山の噴気温度及び噴気地域直下の微小地震活動の経年変化	119
図 4.20	硫黄山の噴気地域における HCl (塩化水素) 放出量の経年変化 (糸井・他 (2000))	119
図 4.21	九重山における日最高噴煙高度及び火山性地震の日別回数	121
図 4.22	九重山における GNSS 連続観測による基線長変化 (2001 年 4 月～2021 年 12 月)	122
図 4.23	九重山における繰返し観測による全磁力の変化 (2017 年 3 月～2021 年 12 月)	123
図 4.24	硫黄山の噴気温度の経年変化	126
図 4.25	硫黄山近傍の噴気地帯の分布	127
図 4.26	九重地域の地震活動	128
図 4.27	硫黄山での地震活動の経年変化	129
図 4.28	九重山下部の比抵抗分布	130
図 4.29	重力異常域と地震波速度構造	131
図 4.30	地震波速度構造から得られた地熱構造モデル	131
図 4.31	九重火山地下の熱構造モデル	132
図 4.32	九重山における変質地帯の分布	133
図 4.33	硫黄山周辺の GPS (GNSS) 観測結果	134
図 4.34	GPS (GNSS) 観測等によって推定されている硫黄山直下の収縮源	135
図 4.35	1995 年噴火前後の火山活動の推移図	137
表 4.8	1995 年噴火時における関係機関の対応	138
表 4.9	九重山で発生した現象の頻度 (マグマ噴火に伴うもの)	139
表 4.10	九重山で発生した現象の頻度 (マグマが直接関与しないもの)	139
図 4.36	噴火現象ごとの推定噴出量 (マグマ噴火に伴うもの)	140
図 4.37	噴火現象ごとの噴火回数 (マグマ噴火に伴うもの)	140

図 4.38	九重山における最近の噴火位置.....	143
図 4.39	イベントツリー図の概念.....	145
表 4.11	確率計算のパラメータ.....	146
図 4.40	硫黄山周辺におけるイベントツリー図による噴火確率評価.....	149
図 4.41	九重山系全体におけるイベントツリー図による噴火確率評価.....	150
図 4.42	硫黄山周辺で想定する噴火規模（青破線囲み部分）.....	151
図 4.43	九重山系全体で想定する噴火規模（青破線囲み部分）.....	152
表 4.12	硫黄山周辺における想定ケースと想定現象.....	153
表 4.13	九重山系全体における想定ケースと想定現象.....	153
図 4.44	九重山で想定する噴火シナリオ.....	154
図 4.45	想定降灰分布域（図中の数値は、降灰層厚：cm）.....	155
図 4.46	対象溪流位置図.....	156
図 4.47	年超過確率規模に対する日雨量及び流出土砂量に対する現況整備率.....	157
図 4.48	対数正規確率（飯田観測所の明治 35～昭和 51 年の 75 年間の降雨データ） ..	158
図 4.49	超過確率規模と日雨量の関係.....	159
表 4.14	流域諸元.....	160
表 4.15	降灰量.....	160
表 4.16	移動可能土砂量.....	161
表 4.17	飯田観測所の超過確率規模毎の降雨量.....	162
図 4.50	九重山の火山灰粒度分布.....	163
図 4.51	他火山の火山灰粒度分布（基・他（2002）より引用）.....	163
図 4.52	桜島相関.....	164
図 4.53	三宅島相関.....	164
図 4.54	桜島-三宅島相関.....	164
表 4.18	運搬可能土砂量.....	165
表 4.19	計画対象土砂一覧表.....	165
表 4.20	工種毎の施設効果量の考え方.....	166
図 4.55	砂防・治山施設の効果量のイメージ図.....	167
表 4.21	施設効果量の算出に使用した施設諸元表（三俣川）.....	168
表 4.22	施設効果量の算出に使用した施設諸元表（白水川）.....	169
表 4.23	施設効果量の算出に使用した施設諸元表（奥郷川）.....	170
表 4.24	施設効果量の算出に使用した施設諸元表（奥郷上流川）.....	170
表 4.25	施設効果量の算出に使用した施設諸元表（赤川（潤島川））.....	171
表 4.26	施設効果量の算出に使用した施設諸元表（鳴子川）.....	172
表 4.27	施設効果量を考慮した計算土砂量.....	173
図 4.56	2004（平成 16）年の 24 時間雨量（年間上位 3 降雨）のハイエトグラフ	174
図 4.57	2005（平成 17）年の 24 時間雨量（年間上位 3 降雨）のハイエトグラフ	175

図 4.58	2006 (平成 18) 年の 24 時間雨量 (年間上位 3 降雨) のハイエトグラフ	176
図 4.59	2008 (平成 20) 年の 24 時間雨量 (年間上位 3 降雨) のハイエトグラフ	177
表 4.28	2004-2009 年において硫黄山観測所で観測された年間最大時間雨量	178
図 4.60	硫黄山観測所における時間雨量と 24 時間雨量の関係	179
図 4.61	計画ハイエトグラフ (2 年超過確率規模 ; R24=155mm)	180
表 4.29	ピーク雨量 (2 年超過確率規模 ; R24=155mm)	180
図 4.62	清水ハイドログラフ (2 年超過確率規模 ; R24=155mm)	182
表 4.30	清水ハイドログラフ (2 年超過確率規模 ; R24=155mm)	182
図 4.63	土石流ハイドログラフ (三俣川)	184
図 4.64	土石流ハイドログラフ (白水川)	184
図 4.65	土石流ハイドログラフ (奥郷川)	184
図 4.66	土石流ハイドログラフ (奥郷上流川)	185
図 4.67	土石流ハイドログラフ (赤川 (潤島川))	185
図 4.68	土石流ハイドログラフ (鳴子川)	185
図 4.69	レーザープロファイラーによる地形データ作成範囲	186
表 4.31	土石流の計算条件一覧表	187
表 4.32	硫黄山周辺における河床材料の調査結果	187
図 4.70	土石流シミュレーション計算結果 (三俣川、左 : 最大流動深、右 : 最終堆積深)	189
図 4.71	土石流シミュレーション計算結果 (奥郷川、左 : 最大流動深、右 : 最終堆積深)	190
図 4.72	土石流シミュレーション計算結果 (奥郷上流川、左 : 最大流動深、右 : 最終堆積深)	191
図 4.73	土石流シミュレーション計算結果 (赤川 (潤島川)、左 : 最大流動深、右 : 最終堆積深)	192
図 4.74	土石流シミュレーション計算結果 (鳴子川、左 : 最大流動深、右 : 最終堆積深)	193
図 4.75	土石流シミュレーション計算結果による被害状況図 [ケース HT-3 : (VEI=2 ; 水蒸気噴火で最大規模のケース ; 100 万 m ³)]	194
図 4.76	米窪火口の火口縁における地形形状 (縦横比は 2:1)	195
図 4.77	米窪火口周辺の平面図 (赤線 : 計算開始点、赤矢印 : 溶岩流の想定流下方向)	196
図 4.78	米窪火口周辺の鳥瞰図 (縦横比は 2:1 ; カシミール 3D を使用して作成)	196
図 4.79	1995 年噴火前後に噴火・噴気活動があった A、B、C、D 領域	197
図 4.80	1995 年噴火前後に噴火・噴気活動があった A、B、C、D 領域	197
図 4.81	溶岩流の想定火口 (計算開始点)	198
表 4.33	溶岩流の噴出期間 (上 : 九重山系全体、下 : 硫黄山)	200
図 4.82	想定ハイドログラフ (上 : 九重山系全体、下 : 硫黄山)	201

表 4.34	使用した測量成果一覧表.....	202
図 4.83	測量成果利用範囲図.....	202
表 4.35	溶岩流の計算条件一覧表.....	203
表 4.36	シミュレーション結果と実績の溶岩流の比較.....	204
図 4.84	シミュレーション結果と実績の溶岩流形状との相関性.....	204
図 4.85	溶岩流シミュレーション計算結果（米窪西側、左：最終堆積深、右：到達時間）	206
図 4.86	溶岩流シミュレーション計算結果（米窪東側、左：最終堆積深、右：到達時間）	207
図 4.87	溶岩流による保全対象への想定被害状況〔ケース T-1：(VEI=4；マグマ噴火で最大規模のケース；9.2 億 m ³)〕	208
図 4.88	溶岩流シミュレーション計算結果（左：最終堆積深、右：到達時間）	210
図 4.89	【参考】溶岩流シミュレーション計算結果（左：最終堆積深、右：到達時間）	211
表 4.37	溶岩流の計算定数一覧表.....	212
図 4.90	溶岩流の想定ハイドログラフ.....	213
図 4.91	溶岩流による保全対象への想定被害状況.....	213
図 4.92	Macdonald (1972) による小規模な火砕流の代表的な発生形態.....	214
図 4.93	米窪火口周辺の地形勾配区分図.....	215
図 4.94	米窪火口の火口縁における地形形状（縦横比は 2：1）	216
図 4.95	米窪火口周辺の鳥瞰図（縦横比は 2：1， カシミール 3D を使用して作成） ...	216
図 4.96	溶岩ドーム崩壊型火砕流の想定火口（計算開始点と流下方向）	217
表 4.38	溶岩ドーム崩壊型火砕流の噴出時間.....	218
図 4.97	溶岩ドーム崩壊型火砕流の想定ハイドログラフ.....	219
表 4.39	溶岩ドーム崩壊型火砕流の計算定数一覧表.....	220
図 4.98	火砕流と火砕サージの到達距離.....	221
表 4.40	火砕流本体と熱風部の到達距離の関係.....	221
図 4.99	VEI = 4 規模の火砕流（ケース T-1）のシミュレーション計算結果（最大流動深： 計算開始点は米窪火口東側及び西側）	222
図 4.100	溶岩ドーム崩壊型火砕流による保全対象への想定被害状況〔ケース T-1：(噴出 量 350 万 m ³)〕	223
図 4.101	CASE1 溶岩ドーム崩壊型火砕流のシミュレーション計算結果（最大流動深：計 算開始点は米窪火口の火口底）	225
図 4.102	CASE2 溶岩ドーム崩壊型火砕流のシミュレーション計算結果（最大流動深：計 算開始点は米窪火口北側）	226
図 4.103	溶岩ドーム崩壊型火砕流の想定到達範囲.....	228
図 4.104	溶岩ドーム崩壊型火砕流及び火砕サージの想定到達範囲.....	229
図 4.105	硫黄山の噴煙柱崩壊型火砕流の想定火口（計算開始点と流下方向）	230

図 4.106	噴煙柱崩壊型火砕流の想定ハイドログラフ（大船山）	231
表 4.41	噴煙柱崩壊型火砕流の噴出期間（硫黄山）	232
図 4.107	噴煙柱崩壊型火砕流の想定ハイドログラフ（硫黄山）	232
表 4.42	噴煙柱崩壊型火砕流の計算定数一覧表	233
図 4.108	噴煙柱崩壊型火砕流による保全対象への想定被害状況（大船山）	234
図 4.109	噴煙柱崩壊型火砕流の想定到達範囲（図中の赤丸は流入点、矢印は供給方向） （左：奥郷川方向、右：鳴子川方向）	235
図 4.110	噴煙柱崩壊型火砕流及び火砕サージの想定到達範囲（左：奥郷川方向、右：鳴子川方向）	236
図 4.111	火口半径と空中写真	237
図 4.112	噴石のスケール化到達距離と爆発のスケール化深度との関係（谷口・他、2009）	239
図 4.113	火口半径と噴石飛距離の関係	239
表 4.43	火口半径と噴石飛距離及び噴石	240
表 4.44	算定した噴石到達距離と噴火警戒レベルと連動した規制範囲	241
図 4.114	居住地域の分布とレベルに応じた規制範囲	241

1. 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定の経緯

1.1 検討の経緯

九重山（くじゅう山系）では、平成 7（1995）年 10 月に星生山東稜線において噴火活動が開始し、降灰は九重山より約 60km 以上離れた熊本市でも確認された。この噴火活動を受け、大分県は緊急対策として、噴火・土石流監視システムを整備し、白水川流域におけるハード・ソフト対策、土石流発生基準雨量の設定を行ってきた。その後、火山活動は比較的高いレベルで推移し群発地震活動も継続して観測されたことから、平成 13 年度から「くじゅう山系火山砂防基本検討委員会」が検討され、平成 15 年度には、「**くじゅう山系火山砂防基本計画書（案）**」及び「**くじゅう山系火山防災マップ**」を公表した。

しかし、発生時期の特定の予測が難しい火山噴火に対し、災害の防御に必要な砂防堰堤をはじめとしたハード施設の整備水準は、期待するほど向上しておらず、火山噴火の被害を完全に回避することは困難な状況にある。

そのため、大分県では「火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン」（平成 19 年 4 月国土交通省砂防部）にもとづき、平成 20 年 5 月から学識経験者及び行政担当者からなる九重山火山噴火緊急減災砂防計画検討委員会（委員長；鹿児島大学農学部 下川悦郎教授）を設置し検討を進めた。

平成 23 年度には、それまで開催された検討委員会及び検討部会（各検討事項の詳細検討を行うために、実務担当者が協議・調整）での成果について、「九重山火山噴火緊急減災砂防計画」として、大分県がとりまとめ公表した。

その後、同計画の具体性を向上させ、課題の解決を図るため、九重山火山噴火緊急減災対策砂防計画検討ワーキンググループ（以下、「WG」と呼ぶ）が開催され、同計画は平成 28 年度に改訂された。

本計画は、さらに進められた WG におけるこれまでの成果のほか、同計画改訂後の新たな法整備や事業の推進を反映させ、平成 28 年度に改訂された「九重山火山噴火緊急減災対策砂防計画」を改訂したものである。

1.2 減災目標

九重山のような観光地域は、登山客や観光客が多く集り、地域経済の基盤となっている。このため、これらを前提とした減災目標を定め、具体的な指標に沿った減災対策を遂行していく必要がある。緊急減災対策砂防計画として、噴火シナリオや緊急対策を検討することで、多くの関係機関と防災を行うにあたっての共通認識がもてるようになり、地域社会への貢献も可能となるように、図 1.1 に示すような九重山における減災目標を設定した。

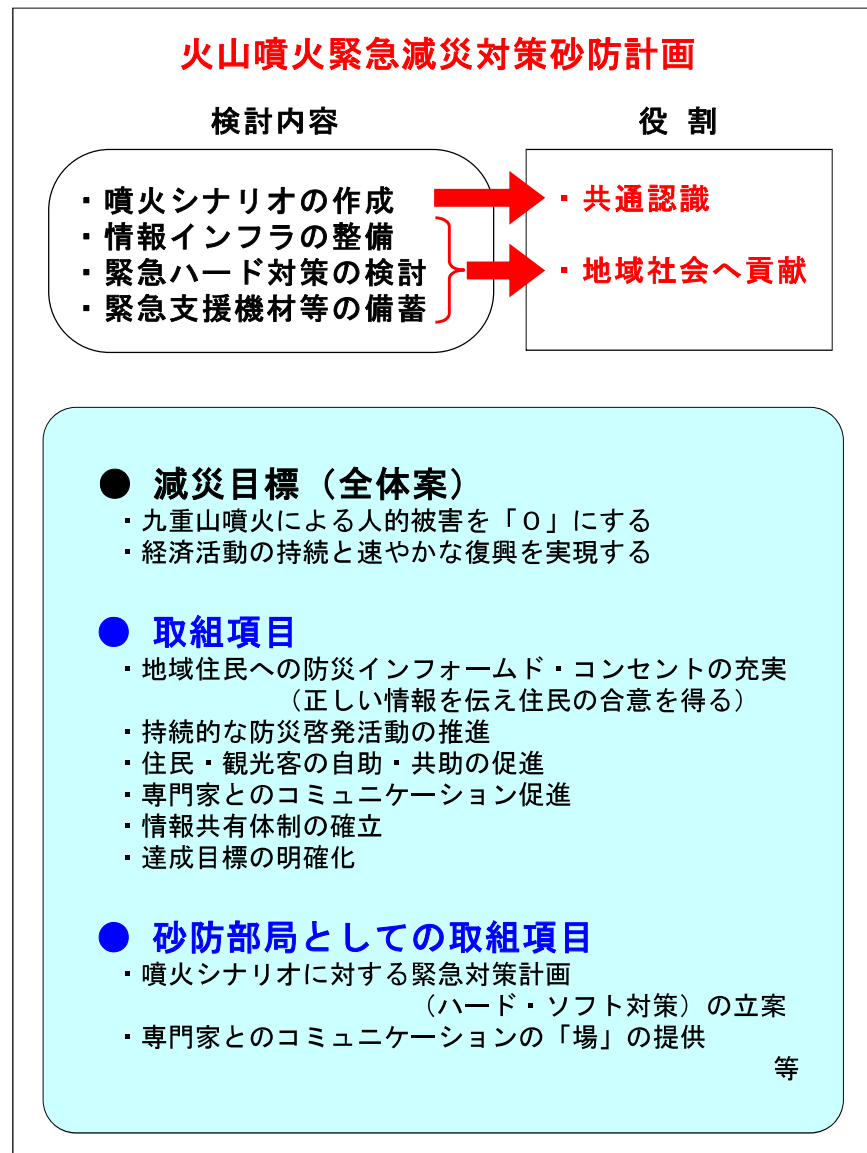


図 1.1 九重山における減災目標

なお、これらの減災目標を達成するためには、砂防部局だけで検討を進めるだけではなく、地域社会や多くの関連機関が様々な対応を実施する必要がある。緊急減災対策砂防計画における砂防部局としての取組項目をもとに火山噴火時に行うべき役割、また、各機関が実施する主な役割を参考として、表 1.1 に整理した。

表 1.1 各機関が活動期（噴火時）に実施する主な火山防災対策の事例

関係機関		主な実施項目
大分県 (砂防部局)	土木建築部	<input type="checkbox"/> 緊急対策の実施 <input type="checkbox"/> 火山活動に関する情報の収集 <input type="checkbox"/> 避難支援のための情報の収集・提供 <input type="checkbox"/> 監視観測機器の点検 <input type="checkbox"/> 砂防施設の点検
	玖珠土木事務所	
	竹田土木事務所 大分土木事務所	
林野庁	九州森林管理局	<input type="checkbox"/> 噴火活動に関する情報の収集 <input type="checkbox"/> 治山施設の点検
	大分森林管理署 大分西部森林管理署	
環境省	九州地方環境事務所	<input type="checkbox"/> 噴火活動に関する情報の収集 <input type="checkbox"/> 国立公園内の登山者・観光客への情報提供
	くじゅう自然保護官事務所	
国土交通省	九州地方整備局	<input type="checkbox"/> 改正土砂法に係る緊急調査の実施 <input type="checkbox"/> 噴火活動に関する情報の収集 <input type="checkbox"/> 避難支援のための情報の収集・提供
	大分河川国道事務所	
気象庁	福岡管区気象台	<input type="checkbox"/> 噴火活動に関する情報の収集 <input type="checkbox"/> 観測データ解析・評価 <input type="checkbox"/> 外部からの問い合わせ対応
	大分地方気象台	
大分県	生活環境部 防災対策室	<input type="checkbox"/> 噴火活動に関する情報の収集 <input type="checkbox"/> 避難支援のための情報の収集・提供 <input type="checkbox"/> 外部からの問い合わせ対応
	農林水産部 森林保全課	
くじゅう山系(硫黄山)火山防災協議会 九重町 竹田市 由布市		<input type="checkbox"/> 噴火活動に関する情報の収集 <input type="checkbox"/> 住民および登山客・観光客への避難の指示等 <input type="checkbox"/> 交通規制 <input type="checkbox"/> 外部からの問い合わせ対応
大学 研究機関		<input type="checkbox"/> 観測データ解析・評価 <input type="checkbox"/> 噴火活動・土砂移動全般に関する助言 <input type="checkbox"/> 監視観測機器の点検

*) 主な実施項目の同色は、同項目を示す

2. 九重山の概要

2.1 自然特性

平成 15 年度に検討された「くじゅう山系火山防災マップ（平成 16 年 3 月に公表、平成 25 年 3 月に改訂）」、「くじゅう山系火山砂防基本計画書（案）」では、硫黄山（星生山東側の陵線）と米窪（大船山北側の火口跡）を想定火口として、検討を実施している。

硫黄山と米窪の周辺には、星生山（1,762m）、中岳（1,791m）、久住山（1,787m）、稲星山（1,791m）、三俣山（1,745m）、平治岳（1,642m）、大船山（1,786m）等の山頂があり、1,700m 以上の山が 10 座、1,000m 以上の山が 40 座程度ある。また、九州本土の最高峰の中岳（1,791m）もあり、「九州の屋根」ともいわれている（図 2.1）。

この周辺は「九重山」、「九重山群」、「くじゅう」、「くじゅう山」、「くじゅう山群」、「くじゅう山系」等様々な名称で呼ばれている。

「九重山」、「九重山群」、「くじゅう山」、「くじゅう山群」、「くじゅう山系」

- ・・・星生山、大船山一帯の山群の総称であるが、それぞれ範囲に関して、明確な定義はない。

「くじゅう」

- ・・・九重町と久住町（平成 17 年より合併により竹田市）の両地域を配慮し、国立公園の名称変更（阿蘇国立公園（昭和 9 年）→阿蘇くじゅう国立公園（昭和 61 年））の際につくられたと思われる。

「久住山」

- ・・・特定の 1 峰（1,786m）をさす用語であり、山群を差す場合には不適である。

環境省による名称・・・「国立公園区域指定」の観点から、“くじゅう”と呼んでいる。

気象庁・国交省砂防部による名称・・・「火山」の観点から、“九重山”と呼んでいる。

本計画では、気象庁・国交省砂防部による名称を踏襲し、九重山と呼ぶ。

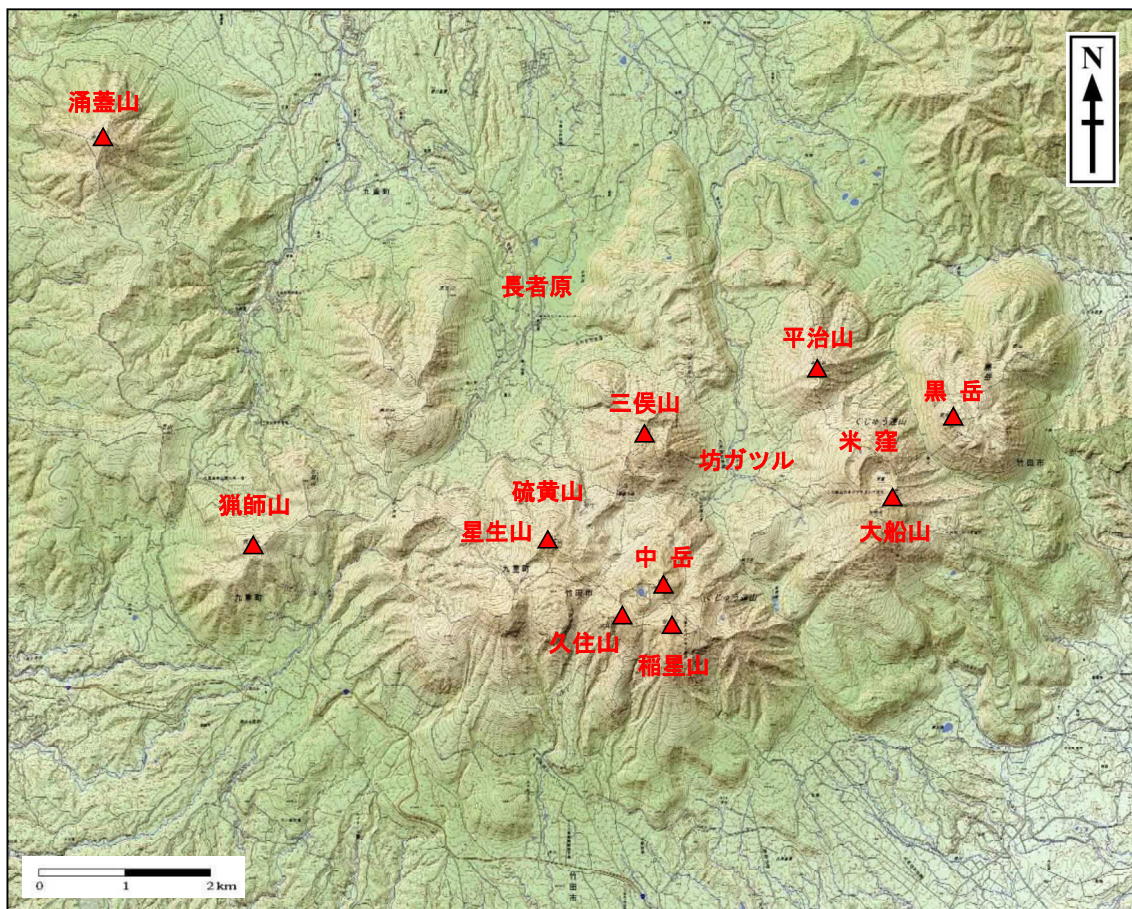


図 2.1 九重山位置図

2.1.1 流域・水系

九重山は大分県西部に位置しており、南側は大野川流域、東側は大分川流域、北西側は筑後川流域となっている（図 2.2）。

南側の^{おおのがわ}大野川流域には^{たまらいがわ}玉来川、^{うぶやまがわ}産山川、^{うるしまがわ}潤島川、^{くじゅうがわ}久住川等が流下しており、東側には^{あそのがわ}阿蘇野川や^{せりかわ}芹川、芹川の支流の^{しちりだがわ}七里田川、河内川が流下している。

北側は筑後川水系の^{くすがわ}玖珠川流域で玖珠川、玖珠川の支流の^{なるこがわ}鳴子川や奥郷川が流下している。

西側は筑後川水系の^{つえたてがわ}杖立川の流域で、^{まんがんじがわ}小田川や満願寺川が流下している。

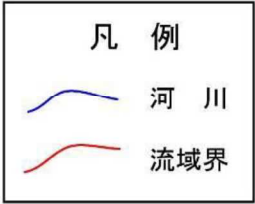
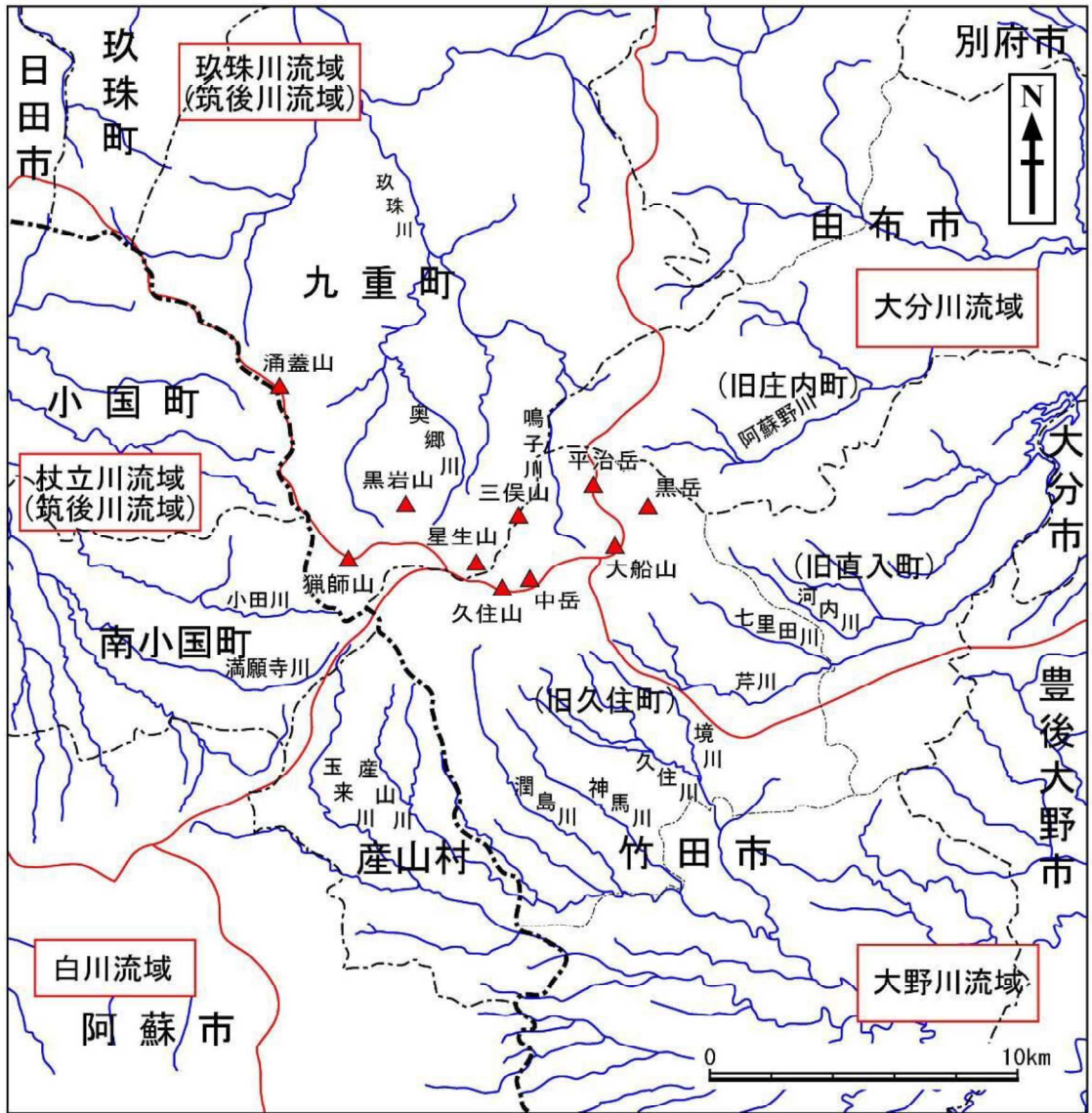


图 2.2 水系・流域界图

2.1.2 地形・地質

(1) 地形

九重山は、大分県と熊本県の県境付近に位置する標高 1,700m-1,800m の急峻な地形を呈している。九重山南部は谷が未発達な一方、北部は比較的谷が発達しており、扇状地形が形成されている。約 13 万年前から活動を開始（小野、1963；鎌田、1997；川辺・他、2015 等）した第四紀火山であり花崗岩類及び変成岩類を基盤とし、山体を形成する多くの急峻な溶岩ドーム群と、一部の小さな成層火山体が集まった火山群である。

九重山の火山の多くは、溶岩が累積した溶岩ドームであり、初期には比較的粘性の小さな玄武岩質安山岩の溶岩流、後期には粘性の大きなデイサイト質の溶岩流をそれぞれ噴出しており、最近では約 1,700 年前に九重山の北東部に半球状の溶岩ドーム（黒岳）を形成している（鎌田、2006）。

なお、周辺には、鶴見岳・伽藍岳、由布岳、阿蘇山（阿蘇カルデラ）等の火山が存在している（図 2.3）。

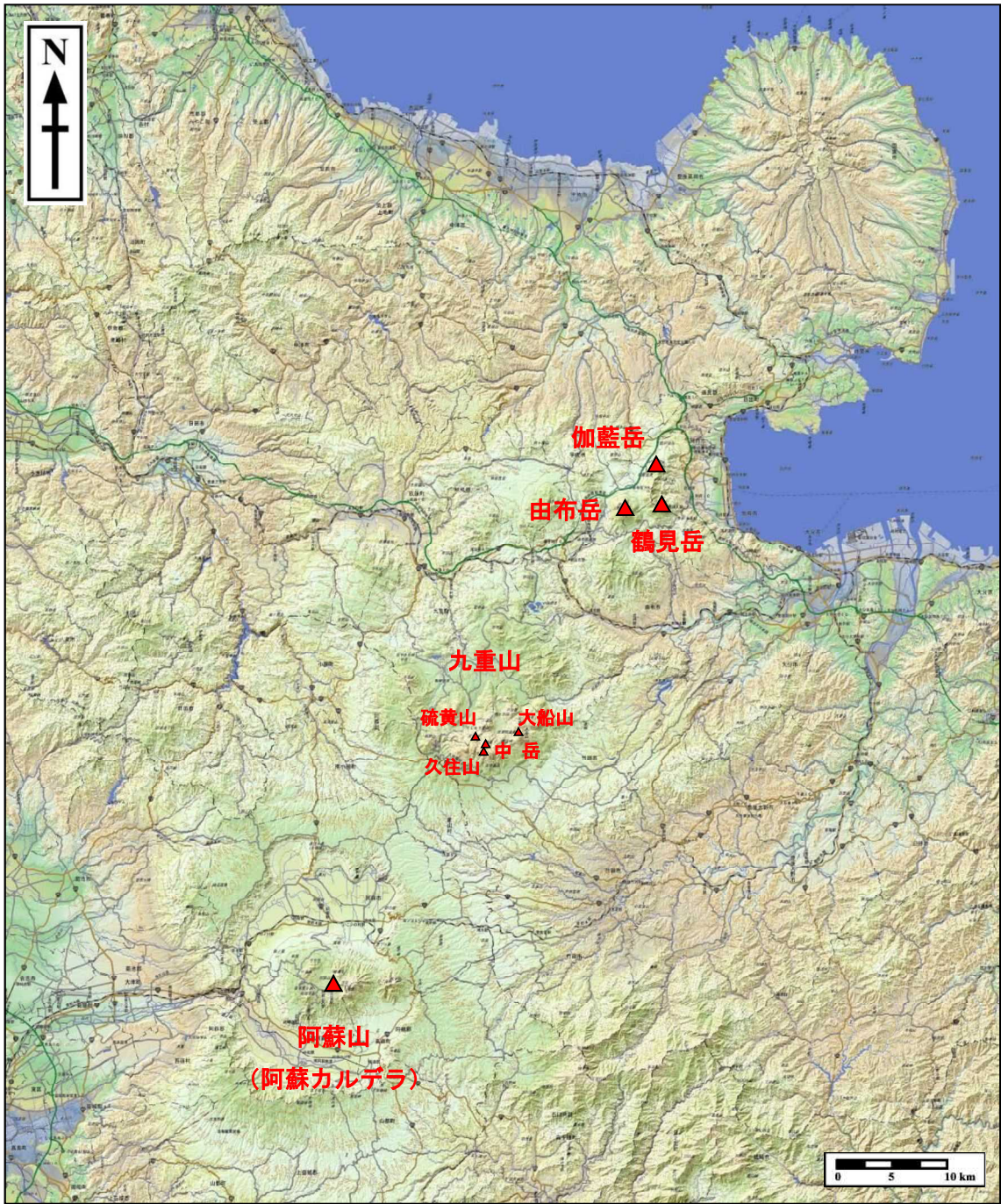


図 2.3 九重山周辺の地形図

九重山は、九州中部の大分県と熊本県の県境付近に位置しており標高 800-1,000m の南北に広がる高原地形と、標高 1,700m-1,800m の急峻な連山地形を呈している。前者は、九重山の基盤をなすものとして極めて大規模な噴火により火砕流台地として形づくられた高原地形である。後者は、新生代第四紀の比較的新しい時代の火山の集合体で、噴出時のマグマ粘性等の違いから、三俣山や黒岳のように均整のとれた「ドーム状」を呈するものと、久住山、星生山、中岳、稲星山等のように幾つもの噴火口から噴出した溶岩の累積により形成された「小型成層火山の複合体状」を呈するものとに大別できる。

九重山の北側（九重町の南部）の標高約 800-1,200m 地帯には飯田高原が広がっている。飯田高原はミヤマキリシマ、新緑、紅葉、霧氷等の四季折々の景観が楽しみ多くの観光客が訪れている。その中でも長者原は、飯田高原の中心地であり、九重山の登山口となっている。九重山の南側（竹田市北西部）の標高約 600-1,100m 地帯には、久住高原が広がっている。大分県別府市と熊本県阿蘇市を結ぶ県道 11 号や久住ロードパークを介して大分・熊中心部と連絡しており、飯田高原同様、多くの観光客が訪れている。

図 2.4 に九重山の鳥瞰図（北西側からの視点）を、図 2.5 に九重山の火山地形分類図を示す。

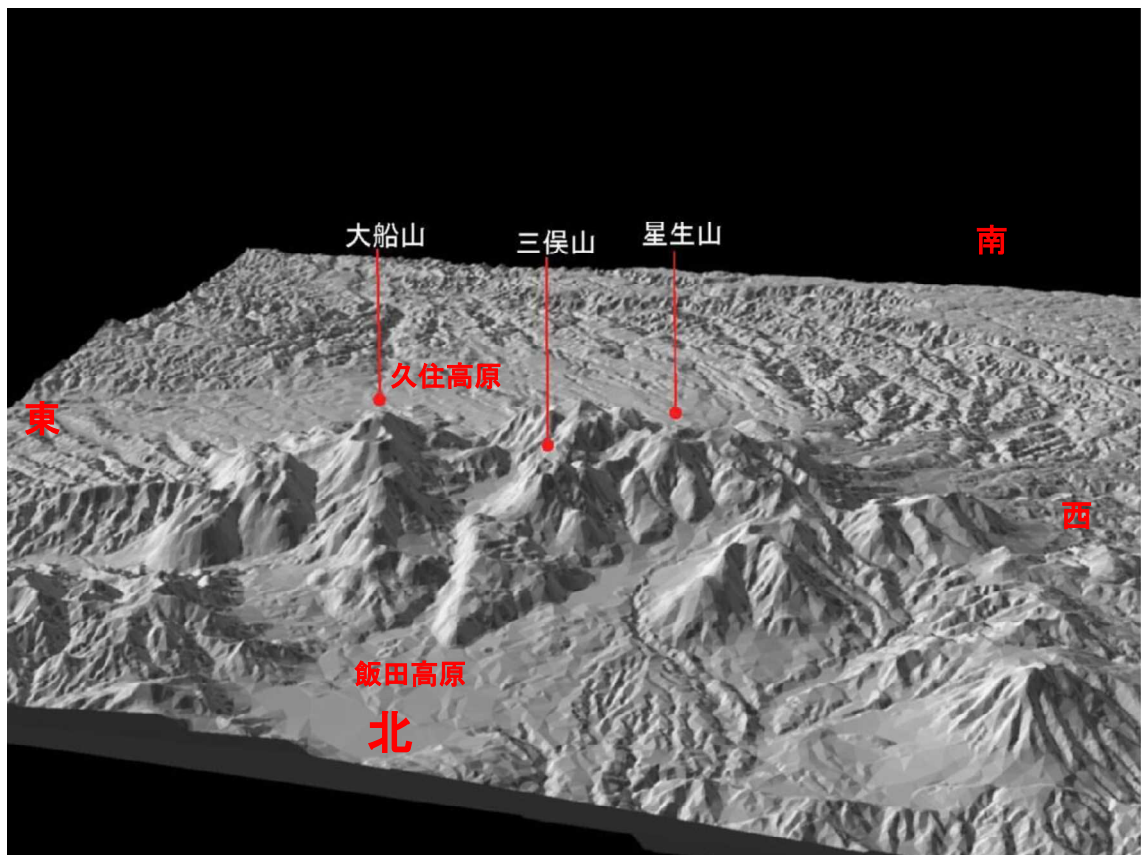
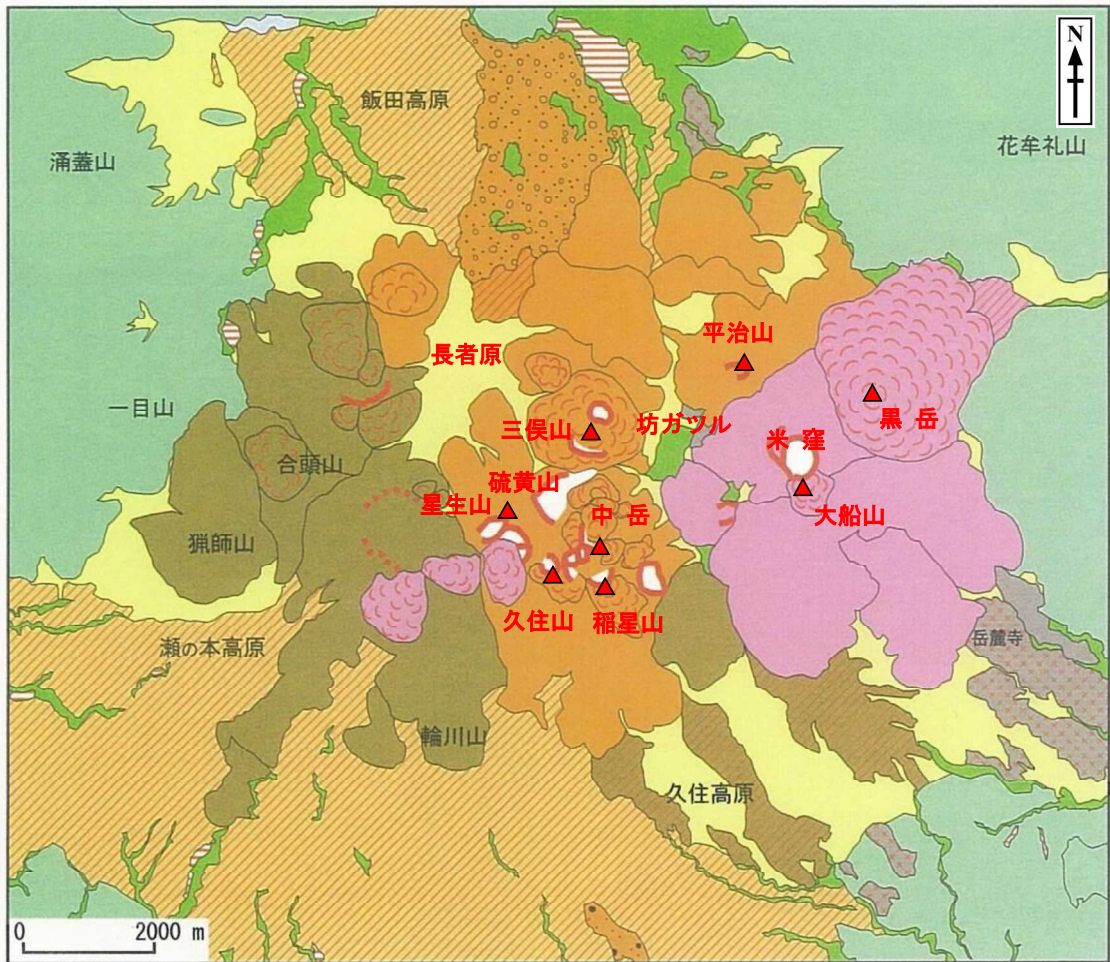


図 2.4 九重山鳥瞰図

(「平成 15 年度くじゅう山系火山砂防基本計画書（案）」より作成)



九重火山群の地形

火山地形

- 地形年代
- アカホヤ噴火後
 - 飯田火砕流噴出後 (アカホヤ噴火前)
 - 飯田火砕流噴出期
 - 飯田火砕流噴出前
 - 年代未詳
 - 火口

火山地形の区別

- 溶岩流
- 溶岩円頂丘
- 火砕流堆積地
- 岩屑なだれ堆積地
- 泥流堆積地
- 成因不明の微高地
- 火山麓扇状地

自然地形

- 段丘
- 谷底平野
- 九重火山群の周りの火山地形

図 2.5 火山地形分類図

(「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)

(2) 地質

九重山は、中部九州を概ね東西に横切る別府一島原地溝帯内に形成された角閃石安山岩質溶岩（あるいは玄武岩質安山岩）を主体とする火山群である。同系列の火山としては、由布岳、鶴見岳・伽藍岳、阿蘇カルデラ、雲仙岳等が挙げられる。また、地形的にみても山系の西側より湧蓋山系、久住山系、大船山系に大別され、大まかには時代と共に、噴出口がほぼ西から東へ移動する傾向が認められる。

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；川辺・他、2015）。九重山起源の比較的規模が大きく、初生分布面積が 100km² を越え、噴出量が 5km³ に及ぶような火砕流堆積物として、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）が知られている（宮縁・他、2003；稲永・他、2006；長岡・奥野、2014；川辺・他、2015）。

さらに、安山岩質の溶岩ドームと溶岩流が噴出し、小規模な火砕流（ブロック・アンド・アッシュ・フロー）や溶岩ドームの崩壊（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；小林・他、2015）。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等が知られている。

九重山の溶岩ドームの山頂付近には、多数のごく小規模な水蒸気噴火による堆積物がみられる。約 5,000 年前以降、小規模な水蒸気噴火が繰り返し発生しており、その頻度は、およそ 200-500 年程度であることが明らかにされている（伊藤・他、2014）。なお、これらの水蒸気噴火による堆積物は保存条件のよい場所に堆積したものであり、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も高い。

九重山の活動概略史を図 2.6 に示し、九重山周辺の地質概要図を図 2.7 に示す。

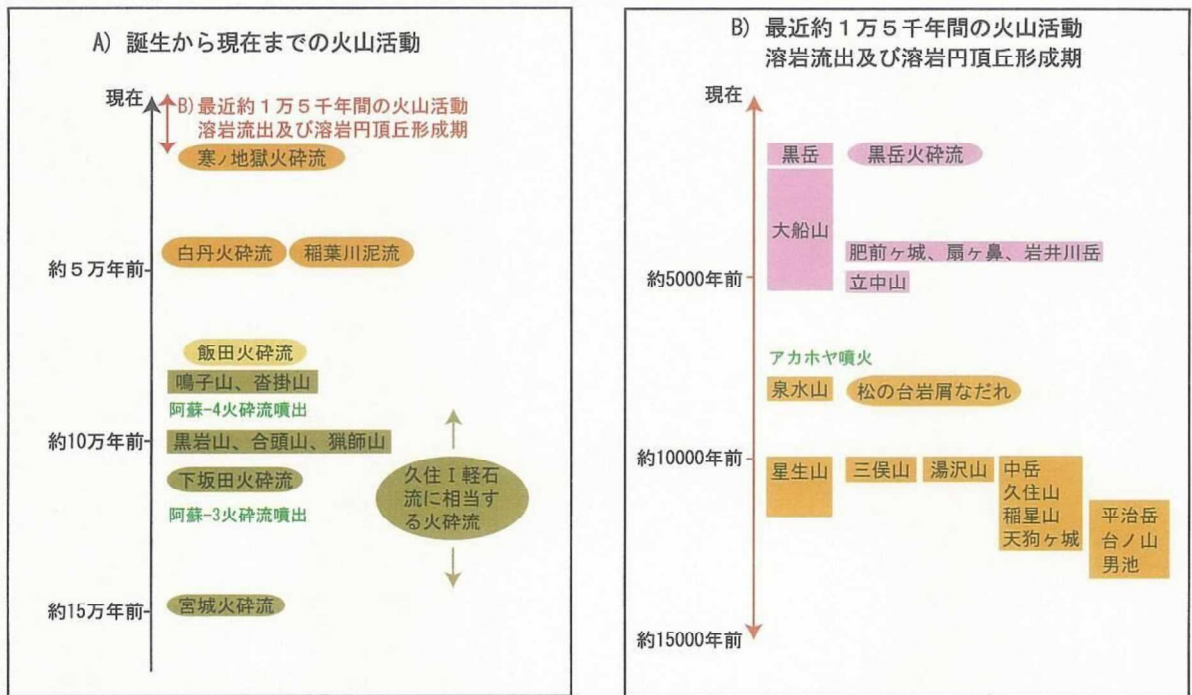
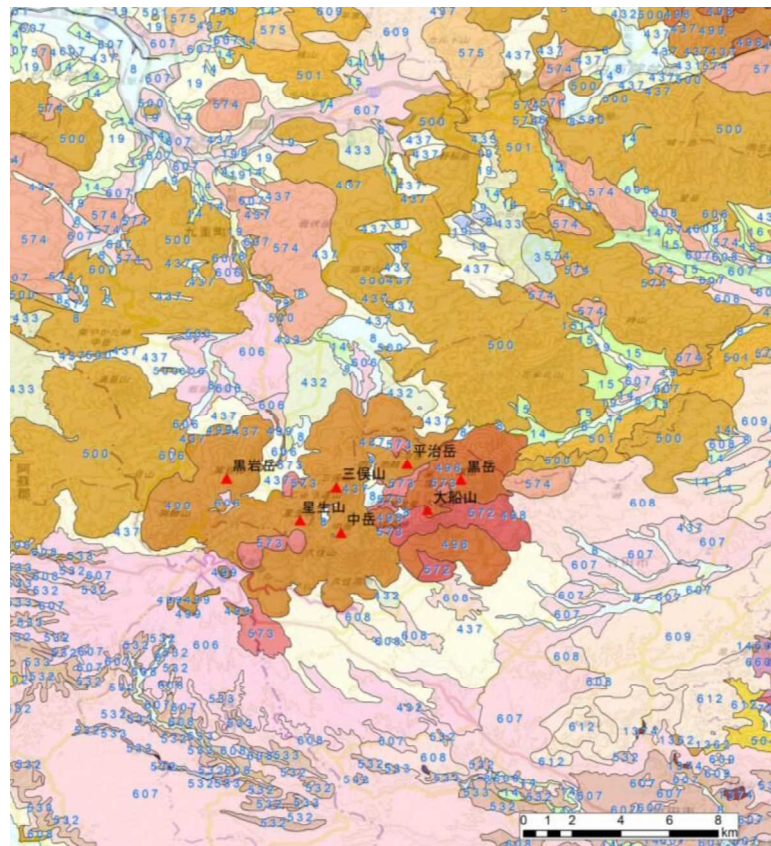


図 2.6 九重山の活動概略史

(「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)



ser	分類	年代	説明
8	堆積岩	新生代 第四紀 完新世	谷底平野・山間盆地・河川・海岸平野堆積物
431	火成岩	新生代 第四紀 完新世	火山岩 岩屑なだれ堆積物
692	火成岩	中生代 前期白亜紀 アプチアン期～アルビアン期	花崗閃緑岩・トータル岩 塊状 島弧・大陸
1374	変成岩	中生代 後期白亜紀～新生代 古第三紀 晩新世 セランディアン期	苦鉄質片岩 低P/T型広域変成岩 黒雲母帯
149	堆積岩	中生代 後期白亜紀 セノマニアン期～サントニアン期	海成層 礫岩
612	火成岩	新生代 第三紀 中新世 後期ランギアン期～トートニアン期	デイサイト・流紋岩 大規模火砕流
646	火成岩	古生代 オルドビス紀～シルル紀	超苦鉄質岩類 島弧・大陸
19	堆積岩	新生代 第四紀 更新世 ジェラシアン期～前期チバニアン期	非海成層
437	火成岩	新生代 第四紀 更新世 ジェラシアン期～完新世	火山岩 火山麓扇状地堆積物
609	火成岩	新生代 第四紀 更新世 カラブリアン期	デイサイト・流紋岩 大規模火砕流
574	火成岩	新生代 第四紀 更新世 チバニアン期	デイサイト・流紋岩 溶岩・火砕岩
608	火成岩	新生代 第四紀 更新世 チバニアン期	デイサイト・流紋岩 大規模火砕流
500	火成岩	新生代 第四紀 更新世 チバニアン期	安山岩・玄武岩質安山岩 溶岩・火砕岩
533	火成岩	新生代 第四紀 更新世 チバニアン期	安山岩・玄武岩質安山岩 大規模火砕流
3	堆積岩	新生代 第四紀 更新世 後期チバニアン期～完新世	地すべり堆積物
573	火成岩	新生代 第四紀 後期更新世	デイサイト・流紋岩 溶岩・火砕岩
15	堆積岩	新生代 第四紀 後期更新世前期	段丘堆積物
607	火成岩	新生代 第四紀 後期更新世前期	デイサイト・流紋岩 大規模火砕流
532	火成岩	新生代 第四紀 後期更新世前期	安山岩・玄武岩質安山岩 大規模火砕流
14	堆積岩	新生代 第四紀 後期更新世中期～後期更新世後期	段丘堆積物
572	火成岩	新生代 第四紀 完新世	デイサイト・流紋岩 溶岩・火砕岩
498	火成岩	新生代 第四紀 完新世	安山岩・玄武岩質安山岩 溶岩・火砕岩
728	火成岩	中生代 前期白亜紀 アプチアン期～アルビアン期	花崗岩 塊状 島弧・大陸
660	火成岩	中生代 前期白亜紀 アプチアン期～アルビアン期	斑れい岩 島弧・大陸
1450	変成岩	中生代 後期白亜紀～新生代 古第三紀 晩新世 セランディアン期	苦鉄質片岩・苦鉄質グラノフェルス・角閃岩 低P/T型広域変成岩 カリ長石重晶石帯
1362	変成岩	中生代 後期白亜紀～新生代 古第三紀 晩新世 セランディアン期	泥質片岩 低P/T型広域変成岩 黒雲母帯
1442	変成岩	中生代 後期白亜紀～新生代 古第三紀 晩新世 セランディアン期	泥質片岩・泥炭グラノフェルス・泥質片麻岩 低P/T型広域変成岩 カリ長石重晶石帯
504	火成岩	新生代 第三紀 中新世 後期ランギアン期～トートニアン期	安山岩・玄武岩質安山岩 溶岩・火砕岩
502	火成岩	新生代 第四紀 更新世 ジェラシアン期	安山岩・玄武岩質安山岩 溶岩・火砕岩
575	火成岩	新生代 第四紀 更新世 カラブリアン期	デイサイト・流紋岩 溶岩・火砕岩
501	火成岩	新生代 第四紀 更新世 カラブリアン期	安山岩・玄武岩質安山岩 溶岩・火砕岩
433	火成岩	新生代 第四紀 更新世 チバニアン期	火山岩 岩屑なだれ堆積物
16	堆積岩	新生代 第四紀 更新世 後期チバニアン期	段丘堆積物
432	火成岩	新生代 第四紀 後期更新世	火山岩 岩屑なだれ堆積物
499	火成岩	新生代 第四紀 後期更新世	安山岩・玄武岩質安山岩 溶岩・火砕岩
606	火成岩	新生代 第四紀 後期更新世中期	デイサイト・流紋岩 大規模火砕流

図 2.7 九重山周辺の地質概要図

(「1/20 万日本シームレス地質図 (産業技術総合研究所地質調査総合センター)」より作成)

2.1.3 気象

(1) 降雨

大分県の年間降水量は中部や北部の沿岸部で少なく、西部山岳地帯から山沿い及び県南東部で多くなっている。日降水量が 1mm 以上の日数は、山沿い地方で多く、沿岸部で少ない。季節毎の主な降水の原因として春は低気圧の通過、梅雨期間は梅雨前線、夏は雷雨、夏から秋は台風と低気圧、冬は季節風と低気圧によるものである。

また、九重山近傍は、内陸地にあるため夏は雷雨が多い。図 2.8 によれば、降水量の少ない地域が周防灘から別府湾の沿岸に位置し、年間平均 1,500-1,600mm である。一方、九重山周辺の県境地域では、2,100-2,300mm に達する多雨域となっている。

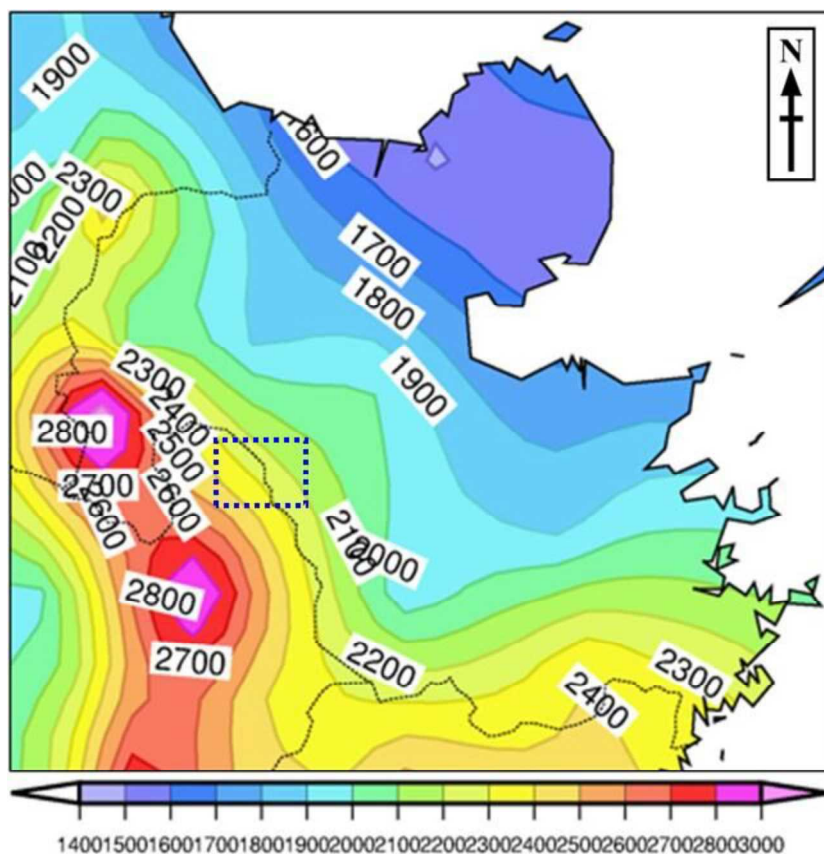


図 2.8 大分県の年平均降水量分布図（統計期間 1991-2020 年）

（大分地方気象台 Web より作成。青枠は九重山周辺地域）