

平成 23 年度重点研究課題

**突発的な火山噴火に対する降灰や土石流が
社会資本に与える影響と対策に関する調査研究**

(公社) 土木学会

地盤工学委員会

火山工学研究小委員会



火口監視カメラで捉えられた新燃岳の水蒸気爆発（2010年7月10日，気象庁）



準プリニー式噴火の始まり（2011年1月26日15時30分頃，気象庁）



新燃岳火口に出現した溶岩（1月31日，気象庁）



新燃岳噴火 避難所の様子

約 600 人を受け入れ
高原町総合保健福祉センター「ほほえみ館」
館内（2011.1.31，福井撮影）



新燃岳噴火 高原町ボランティアセンター

降灰処理などで誰がどこのお宅に行くか計画
高原町総合保健福祉センター「ほほえみ館」
館内（2011.2.11，福井撮影）

はじめに

火山工学研究小委員会は、火山における恵みと災いを工学的視点と社会的視点で研究するために(社)土木学会地盤工学委員会に設置された。過去、雲仙普賢岳、有珠山、三宅島などの噴火災害について調査を実施し、多くの報告をまとめるとともに、研究集会や火山工学セミナーなどを開催してきた。さらに2005年にはそれまでの研究成果を集大成して「火山工学入門」を発刊し、火山工学発展のための新しい展開を開始したところである。

本報告書は、2011年度土木学会重点研究課題（研究助成金）に採用され、小委員会構成メンバーが分担した調査研究成果をとりまとめたものである。特に、2011年1月に噴火を開始した新燃岳に関しては工学・社会学の両面から調査を実施した。また、雲仙普賢岳や有珠山、三宅島などのわが国における近年の噴火災害のほかに、セントヘレンズ火山（アメリカ合衆国）やメラピ火山（インドネシア共和国）など、海外の噴火災害にも眼を向け、可能な範囲で資料を収集して、相異なる噴火災害様態を比較研究することにより、火山噴火に対する準備と対応行動を軸とした防災や減災の考え方を考察したものである。

2011年3月11日の東日本大震災を契機にわが国の防災対策のあり方が再検討されようとしているが、本報告が火山噴火災害対策の進展に一部でも寄与することができることを願っている。

とりまとめに際し、資料提供、調査にご協力いただいた国土交通省宮崎河川国道事務所や都城市、高原町ならびに関係機関各位に深く感謝申し上げます。また、現地調査やヒアリング等を担当し、成果のとりまとめにご尽力いただいた委員各位に感謝申し上げます。

2012年3月

(公社)土木学会 地盤工学委員会
火山工学研究小委員会
委員長 安養寺 信夫

執筆・編集者 名簿（敬称略）

1. 研究の目的と背景	安養寺				
2. 新燃岳噴火	リーダー：清水				
2.1. 被害（現象）	山里				
2.1.1. 概要	山里				
2.1.2. 一次被害	山里				
2.1.3. 二次被害	地頭蘭				
2.1.4. まとめ	山里				
2.2. 工学的防災	清水				
2.2.1. 概要	清水				
2.2.2. 一次災害に対する対応	清水				
2.2.3. 二次災害に対する対応	清水				
2.2.4. まとめ	清水				
2.3. 社会学的防災	福井				
2.3.1. 概要	福井				
2.3.2. 避難・情報伝達	福井				
2.3.3. 地域の取り組み	福井				
2.3.4. 行政・NPO の役割	福井				
2.3.5. まとめ	福井				
2.4. 復旧	福井				
2.4.1. 概要	福井				
2.4.2. 復旧	福井				
2.4.3. まとめ	福井				
3. 既往火山噴火被害（現象）	リーダー：千葉				
	概要	一次災害	二次災害	まとめ	
3.1 雲仙普賢岳	田村・安養寺	山田・千葉	田村	田村	
3.2 有珠山	千葉・山里・今井	千葉・佐々木	千葉	千葉	
3.3 三宅島	千葉	千葉	稲垣	千葉	
3.4 伊豆大島	千葉	千葉	稲垣	千葉	
3.5 セントヘレンズ	安養寺	安養寺	安養寺	安養寺	
3.6 エイヤフィヤトラヨークトル	佐々木	佐々木	佐々木	佐々木	
3.7 メラピ	菊池	石塚	安養寺・竹林	安養寺	
3.8 ピナツボ	田方	田方	田方	田方	
4. 既往火山噴火の工学的防災	リーダー：山下				
	概要	一次災害に対する 対応	二次災害に対する 対応	まとめ	
4.1 雲仙普賢岳	山下・田村	山下・田村	山下・田村	山下・田村	
4.2 有珠山	山下・山田・安養寺	山下・山田・安養寺	山下・山田・安養寺	山下・山田・安養寺	
4.3 三宅島	田方・西	田方・西	田方・西	田方・西	
4.4 伊豆大島	山下	山下	山下	山下	
4.5 セントヘレンズ	山下・安養寺・山田	山下・安養寺・山田	山下・安養寺・山田	山下・安養寺・山田	
4.6 メラピ	菊池・石塚	菊池・石塚	菊池・石塚・竹林	菊池・石塚	
4.7 ピナツボ	田方・山田	田方・山田	田方・山田	田方・山田	
5. 既往火山噴火の社会学的防災	リーダー：福井				
	概要	避難・情報伝達	地域の取り組み	行政・NPO の役割	まとめ
5.1 雲仙普賢岳	福井・田村	福井・田村	福井・田村	福井・田村	福井・田村
5.2 有珠山	福井	福井	福井	福井	福井
5.3 三宅島	福井・稲垣	福井	福井	福井	福井

5.4 伊豆大島	福井	福井	福井	福井	福井
5.5 セントヘレンズ	安養寺	安養寺	安養寺	安養寺	安養寺
5.6 メラピ	菊池・竹林	菊池・竹林	菊池・竹林	菊池・竹林	菊池・竹林
6. 既往火山噴火の復旧・復興	リーダー：安養寺	アドバイザー：高橋			
	概要	復旧	復興	まとめ	
6.1 雲仙普賢岳	田村	田村	田村	田村	
6.2 有珠山	安養寺、福井	安養寺、福井	安養寺、福井	安養寺、福井	
6.3 三宅島	稲垣	福井	福井	福井	
6.4 伊豆大島	菊池、安養寺	菊池、安養寺	菊池、安養寺	菊池、安養寺	
6.5 セントヘレンズ	安養寺	安養寺	安養寺	安養寺	
6.6 メラピ	菊池	菊池	菊池	菊池	
7.全体まとめと今後の課題	リーダー：稲垣	アドバイザー：高橋・安養寺			
7.1. 新燃岳噴火	幹事団				
7.2. 既往火山噴火	幹事団				
7.3. 今後の課題	幹事団				
報告書編集・作成	リーダー：今井	幹事団			

目 次

1. 研究の背景と目的	1
1.1. 研究の背景	1
1.2. 研究の目的	1
1.3. 研究内容	1
2. 新燃岳噴火	3
2.1. 被害（現象）	3
2.1.1. 概要	3
2.1.2. 一次災害	6
2.1.3. 二次災害	7
2.1.4. まとめ	11
2.2. 工学的防災	12
2.2.1. 概要	12
2.2.2. 一次災害に対する対応	12
2.2.3. 二次災害に対する対応	12
2.2.4. まとめ	14
2.3. 社会学的防災	15
2.3.1. 概要	15
2.3.2. 避難・情報伝達	15
2.3.3. 地域の取り組み	17
2.3.4. 行政・NPO の役割	17
2.3.5. まとめ	18
参考文献 2.1, 2.2	18
参考文献 2.3	19
2.4. 復旧	20
2.4.1. 概要	20
2.4.2. 復旧	20
2.4.3. まとめ	22
参考文献	22
3. 既往火山噴火被害（現象）	23
3.1. 雲仙普賢岳	23
3.1.1. 概要	23
3.1.2. 一次災害	24
3.1.3. 二次災害	25
3.1.4. まとめ	26
3.2. 有珠山	27
3.2.1. 概要	27
3.2.2. 一次災害	27
3.2.3. 二次災害	28
参考文献	28
3.3. 三宅島	29
3.3.1. 概要	29
3.3.2. 一次被害	29
参考文献	31
3.3.3. 二次災害	32
3.3.4. まとめ	33
参考文献	34
3.4. 伊豆大島	35
3.4.1. 概要	35
3.4.2. 一次被害	36
3.4.3. 二次被害	37
3.4.4. まとめ	37
参考文献	37
3.5. セントヘレンズ	39
3.5.1. 概要	39
3.5.2. 一次災害	39
3.5.3. 二次災害	41

3.5.4.	まとめ	41
	参考文献	41
3.6.	エイヤフィヤトラヨークトル	42
3.6.1.	概要	42
3.6.2.	一次災害	42
3.6.3.	二次災害	43
3.6.4.	まとめ	44
	参考文献	44
3.7.	メラピ	45
3.7.1.	概要	45
3.7.2.	一次災害	45
	参考文献	46
3.7.3.	二次災害	46
3.8.	ピナツボ	48
3.8.1.	概要	48
3.8.2.	一次災害	48
3.8.3.	二次災害	48
3.8.4.	まとめ	48
	参考文献	49
4.	既往火山噴火の工学的防災	50
4.1.	雲仙普賢岳	50
4.1.1.	概要	50
4.1.2.	一次災害に対する対応	50
4.1.3.	二次災害に対する対応	51
4.1.4.	まとめ	55
4.1.5.	概要-2	56
4.1.6.	一次被害に対する対応-2	56
4.1.7.	二次災害に対する対応-2	57
4.1.8.	まとめ-2	59
	参考文献	59
4.2.	有珠山	60
4.2.1.	概要	60
4.2.2.	一次災害に対する対応	60
4.2.3.	二次災害に対する対応	60
	参考文献	61
4.3.	三宅島	62
4.3.1.	概要	62
4.3.2.	一次災害に対する対応	62
4.3.3.	二次災害に対する対応	62
	参考文献	63
4.4.	伊豆大島	64
4.4.1.	概要	64
4.4.2.	一次災害に対する対応	64
4.4.3.	二次被害に対する対応	65
4.4.4.	まとめ	66
	参考文献	66
4.5.	セントヘレンズ	67
4.5.1.	概要	67
4.5.2.	一次災害に対する対応	67
4.5.3.	二次災害に対する対応	67
4.5.4.	まとめ	70
	参考文献	70
4.6.	メラピ	71
4.6.1.	概要	71
4.6.2.	一次災害に対する対応	72
4.6.3.	二次災害に対する対応	74
4.7.	ピナツボ	75
4.7.1.	概要	75
4.7.2.	二次災害に対する対応	75
	参考文献	75

5.	既往火山噴火の社会的防災	76
5.1.	雲仙普賢岳	76
5.1.1.	概要	76
5.1.2.	避難・情報伝達	77
5.1.3.	警戒区域の設定	77
5.1.4.	監視体制の整備	78
5.1.5.	長期の避難生活	78
5.1.6.	まとめ	79
	参考文献	79
5.2.	有珠山	80
5.2.1.	概要	80
5.2.2.	避難・情報伝達	80
5.2.3.	災害対策本部等の体制.....	82
5.2.4.	長期避難と一時帰宅	83
5.2.5.	まとめ	83
	参考文献	84
5.3.	三宅島	85
5.3.1.	概要	85
5.3.2.	避難・情報伝達	86
5.3.3.	現地対策本部体制等	88
5.3.4.	まとめ	88
	参考文献	88
5.4.	伊豆大島	89
5.4.1.	概要	89
5.4.2.	避難・情報伝達	89
5.4.3.	合同対策本部と火山専門家との連携.....	90
5.4.4.	島外避難の受入れ	90
5.4.5.	島民の帰島	90
5.4.6.	まとめ	91
	参考文献	91
5.5.	セントヘレンズ	92
5.5.1.	概要	92
5.5.2.	避難・情報伝達	92
5.5.3.	地域の取り組み	92
5.5.4.	行政の役割	92
5.5.5.	まとめ	92
	参考文献	92
5.6.	メラピ	94
5.6.1.	概要	94
5.6.2.	避難・情報伝達	94
5.6.3.	地域の取り組み	94
5.6.4.	行政・NPO の役割	94
	参考文献	95
5.6.5.	火山災害に対する住民意識.....	96
6.	既往火山噴火の復旧・復興	98
6.1.	雲仙普賢岳	98
6.1.1.	概要	98
6.1.2.	復興振興計画と都市施設の復旧.....	99
6.2.	有珠山	101
6.2.1.	概要	101
6.2.2.	復旧	101
6.2.3.	復興	101
6.2.4.	まとめ	102
	参考文献	103
6.2.5.	概要-2.....	103
6.2.6.	復旧・復興-2.....	103
6.2.7.	まとめ-2.....	105
	参考文献	105
6.3.	三宅島	106
6.3.1.	概要	106

6.3.2.	復旧・復興	107
6.3.3.	まとめ	109
	参考文献	109
6.4.	伊豆大島	110
6.4.1.	概要	110
6.4.2.	復旧	110
6.4.3.	復興	110
6.4.4.	まとめ	111
	参考文献	111
6.4.5.	概要-2	111
6.4.6.	復旧・復興-2	111
6.4.7.	まとめ-2	112
	参考文献	112
6.5.	セントヘレンズ	113
6.5.1.	概要	113
6.5.2.	復旧・復興	113
6.5.3.	まとめ	113
	参考文献	113
6.6.	メラピ	114
6.6.1.	復旧・復興	114
6.6.2.	まとめ	114
	参考文献	114
7.	全体まとめと今後の課題	115
7.1.	新燃岳噴火	115
7.1.1.	現象と被害	115
7.1.2.	工学的防災	115
7.1.3.	社会学的防災	116
7.2.	既往火山噴火	117
7.2.1.	概要	117
7.2.2.	一次災害	119
7.2.3.	二次災害	121
7.2.4.	工学的防災	122
7.2.5.	社会学的防災	123
7.2.6.	復旧・復興	124
7.3.	今後の課題	127
7.3.1.	新燃岳噴火	127
7.3.2.	既往火山噴火	127
	おわりに	130
	謝辞	130
	巻末資料	132
	新燃岳の火山活動調査の速報	132
	(1) 火山工学研究小委員会 新燃岳噴火災害の現地調査速報	132
	(2) 火山工学研究小委員会 新燃岳の火山活動	137
	気象庁 火山観測概要(気象庁 HP より)	141
	(1) 有珠山	141
	(2) 伊豆大島	141
	(3) 三宅島	142
	(4) 霧島山	142

1. 研究の背景と目的

1.1. 研究の背景

2011 年は 1 月末の新燃岳のマグマ噴火に始まり、3 月 11 日に発生した東日本大震災がまさに大きな揺れを日本社会にもたらし、7 月の新潟県・福島県を中心とする豪雨・洪水災害、9 月には 12 号台風により記録的な大雨に襲われた紀伊半島における深層崩壊の多発と天然ダム形成など、火山噴火、地震、豪雨、台風というわが国の代表的な自然災害が集中的に発生した年であった。

とくに東日本大震災は、それまでの防災対策の基本的方向を抜本的に見直す契機となっている。従来のわが国における防災対策は、想定した規模の自然災害インパクトに対して一定の整備水準を目指した対策を実施する方向で進んできた。それは社会資本のもつ経済的基盤に対する防災経費の支出可能範囲という制約を生み、計画対象規模を超過する現象は生起確率が低いこと投資効率が悪いという評価基準に基づいた考えである。

しかし、低発生確率現象であっても復興困難で壊滅的な被害をもたらす災害現象は、社会そのものの存続意義を問いかねない。

噴火災害も同様な問題を内包している。巨大噴火によって破滅した古代都市の代表はベスビオ火山麓にあるポンペイであることは余りにも有名である。噴火災害の特徴として噴火現象の多様性が挙げられるが、多様性がこの問題に大きく関わっている。火山噴火を特徴づける多様性は、①噴火によって生じる現象の多様性、②噴火規模の多様性、③噴火推移の多様性、④発生現象の移動速度の多様性、⑤噴火継続期間の多様性などが挙げられる。

すなわち火山噴火の特徴は多様性をもつ多くのファクターが複雑に関連し合うことにより、噴火の全体像の予測が困難なところにあるといえる。その結果、噴火災害も複雑となり想定が困難な状況となる。このことは、噴火災害を学理的に分析し、その結果を工学技術や社会システムによって防災・減災対策に展開することの難しさを表している。

このような火山噴火災害に対する様々な減災対策を講じる一方法として、多様な噴火災害を比較検討し、そこに内在する減災対応上の課題を浮かび上がらせ、具体的な対応手法を探ることが考えられる。

本研究は 2011 年度土木学会重点課題研究に採択され、地盤工学委員会火山工学研究小委員会の構成メンバーによる調査・研究成果をとりまとめたものである。研究にあたり、近年の火山災害を事例として、噴火活動が社会に与える影響を社会工学としての土木工学的視点を取り入れ、相異なる災害様態を比較することによって、研究の目的を達成することを目指した。

1.2. 研究の目的

火山噴火災害は人命・家財のみならず地域社会・経済に大きな影響を与えることは、雲仙普賢岳、有珠山、三宅島の災害を通じて認識されている。とくにわが国の場合には防災、災害復興事業などにより地域社会の回復が図られてきているが、長期避難を余儀なくされる火山災害の場合には、地震災害や水害とは異なった課題を指摘しうる。2011 年 1 月 26 日に始まった霧島新燃岳の噴火では、同年 2 月現在でも大量の降灰が広域に飛散して地域生活に多大な影響を与えている。また、火山灰が厚く被覆した山地部では降雨に伴う土石流発生と被害が懸念されている。わが国のみならず海外でも 2010 年のアイスランドやインドネシアの火山噴火を始め、航空機の欠航や多くの被災者が発生するなどの甚大な社会的影響が出ている。

本研究では、これらの火山噴火の実情やその被害状況を調査し、社会資本や地域産業への大きな影響に留まらず、避難生活の実態を元に、異なる地域特性を考慮した比較検討を行い、火山噴火に対する準備と行動を軸とした防災・減災の考え方をとりまとめ、減災対策や復興計画のあり方を提案する。

1.3. 研究内容

以下の 1) ～ 3) が研究内容である。

1) 噴火災害地域の現状調査

- ① 火山噴火経緯調査・・・噴火前兆現象、噴火開始、噴火現象、終息までの経緯を調査し、時系列で整理する。
- ② 防災事業等の実施状況調査・・・噴火・土石流災害の発生に合わせて実施された防災事業等の経緯を調査し、事業実施主体ごとに時系列で整理する。
- ③ 復興事業の実施状況調査・・・防災事業終了後の防災事業等の経緯を調査し、復興事業実施主体ごとに時系列で整理する。
- ④ 住民意識の変遷調査・・・既往調査の実施状況、内容、結論を文献に基づいて調べる。
- ⑤ 対象地域：雲仙普賢岳、三宅島、有珠山、新燃岳(以上日本)、セントヘレンズ(アメリカ)、エイヤフィヤトラヨークトル火山(アイスランド)、メラピ(インドネシア)ピナツボ(フィリピン)等

2) 噴火災害の地域特性を考慮した影響と対策の比較研究

- ① 火山噴火の経緯の相違による影響力の比較・・・噴火時系列、発生噴火現象と規模、それらの影響度を比較し、噴火災害ごと特徴的な災害要因を絞り込む。
- ② 火山防災対策の比較・・・噴火や土石流災害の発生状況に合わせて実施された防災対策を災害発生状況と対比させ、災害要因の違いに

- よる対策を比較検討する。
- ③ 復興事業の比較・・・①と②の現象的特性と被災地域の社会・経済・生産基盤等の特性を分析し、地域特性の相違による復興事業の実施状況を時系列で比較整理する。また住民生活や社会・経済的視点から間接的に波及したと考えられる効果について、既往住民意識調査の整理結果を参照し、新たにアンケート調査を実施してその結果を分析する。

- ④ 比較研究とりまとめ・・・以上の結果を社会工学としての土木工学や災害情報の視点を中心にとりまとめる。
- 3) 研究成果の報告
とりまとめの結果は報告書にまとめるほか、シンポジウムまたは講演会を開催して、広く社会に提言として発信する。

火山の写真 セントヘレンズ山 (Mount St. Helens)



1980 年 9 月 Harry Glicken, USGS 撮影



2007 年 11 月 Lyn Topinka, USGS 撮影

2. 新燃岳噴火

霧島山は、宮崎・鹿児島県境に位置し、加久藤カルデラの南縁部に生じた 20 を超える小型の安山岩質成層火山・碎屑丘からなる火山群である。有史以来ではそのうち、主に新燃岳と御鉢火口（高千穂峰中腹）で噴火が繰り返されている¹⁾。

2011 年 1 月 19 日未明、新燃岳山頂で噴火が始まり、26 日には約 300 年振りの本格的なマグマ噴火に移行し、準プリニー式噴火→火口底への溶岩出現→ブルカノ式爆発的噴火活動に至った。山麓では、準プリニー式噴火に伴う多量の降下火砕物や爆発に伴う空振による被害が発生した。

2.1. 被害（現象）

本節では、今回の噴火活動の概況と被害の概略について述べる。

2.1.1. 概要

（1）噴火前の活動

新燃岳は、1990 年の小規模な水蒸気爆発以来、比較的静穏な状態で経過してきたが、2005 年～2007 年にかけて、気象庁が定期的に実施していた GPS 繰り返し観測で、新燃岳の直下ごく浅部が膨張する地殻変動が観測され²⁾、2008 年 8 月 22 日に小規模な水蒸気爆発が発生、麓の小林市などで降灰があった。水蒸気爆発は 2010 年 3～7 月にも 7 回発生した（**図 2.1.1.1**）。いずれもごく小規模～小規模な水蒸気爆発であったが、一方で、2009 年 12 月から、韓国岳西方を中心とするゆっくりとした膨張が国土院の GPS で観測されるようになった。その圧力源は、新燃岳の北西数 km、深さ 6～10km、膨張量は 1500 万 m³と推定された³⁾（**図 2.1.1.2**）。

2010 年 3～7 月の噴火後も、新燃岳直下を震源とする火山性地震がやや多い状態が続き、気象庁は、噴火警戒レベルを 2（火口周辺規制）とし、周辺自治体は新燃岳の登山を規制する措置を継続した。



図 2.1.1.1 火口監視カメラで捉えられた新燃岳の水蒸気爆発（2010 年 7 月 10 日）。

高さ数百 m 程度のコックステール状の噴煙が確認された。

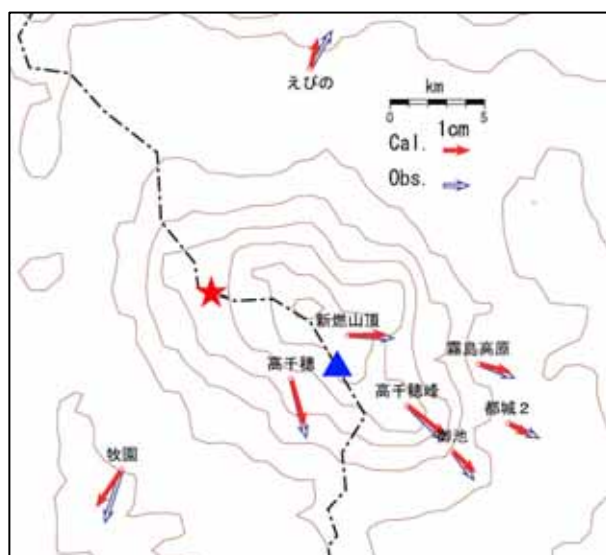


図 2.1.1.2 2009 年 12 月頃から観測されるようになった韓国岳西方（新燃岳北西数 km）の膨張³⁾。

国土院及び気象庁の GPS 観測点の水平変位（噴火前までの約 1 年間の変化）を示す。星印が推定圧力源の位置、三角形は新燃岳。実線の矢印は観測値、白矢印はモデルからの計算値。等高線からわかる最も標高の高い山が韓国岳（標高 1700m）である。

（2）噴火のはじまり～準プリニー式噴火

2011 年 1 月からの一連の噴火活動は、1 月 19 日未明の小規模な噴火から始まった。当時は悪天のために噴煙高度は不明であるが、火山灰は南東方向に流れ、海まで達した。この噴火で放出された火山灰中には新鮮なガラス（マグマ物質）が発見され、マグマ水蒸気爆発であったことが明らかになった⁴⁾。前年の水蒸気爆発の噴出物にもわずかにマグマ物質が見られたが、その含有量が明らかに増加しており、マグマの関与が強く示唆された。

1 月 26 日早朝から始まった噴火は、当初噴煙高 200m 程度で推移したが、15 時 30 分頃から急激に噴煙の勢いが強まり（**図 2.1.1.3**）、微動や空振の振幅が大きくなる（**図 2.1.1.4**）とともに噴煙を火口上 3000m 程度まで吹き上げた（気象衛星ひまわりの画像からは海拔 7600m 程度にまで火山灰が達しているのが確認されている、**図 2.1.1.5**）。風下では後述するように多量の火山灰や軽石が降下し、準プリニー式噴火の様相を呈した。また、この頃から、周辺に設置してある気象庁や防災科学技術研究所の傾斜計に変化が現れた。それは、前述した 2009 年 12 月から膨張していた新燃岳北西の圧力源（**図 2.1.1.2**）が収縮していることを示していた。圧力源の収縮は 26～27 日に 3 回発生し、それぞれが活発な火山灰等の放出に対応していた。つまり、2009 年 12 月から膨張した圧力源は、マグマだまりであって、そこから新燃岳方向にマグマが移動上昇して準プリニー式噴火を起こしたことが明らかとなった。



図 2.1.1.3 準プリニー式噴火の始まり (2011 年 1 月 26 日 15 時 30 分頃)。山麓の気象庁遠望カメラからの映像

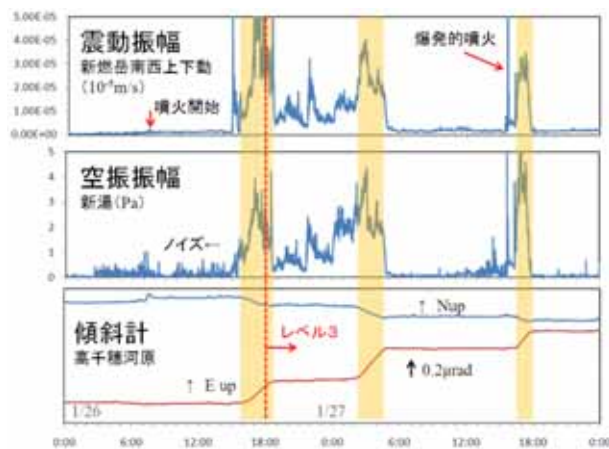


図 2.1.1.4 3 回の準プリニー式噴火 (2011 年 1 月 26 日～27 日) に伴う微動、空振振幅、傾斜計の変化。

この準プリニー式噴火に伴う微動、空振は、2000 年 8 月に発生した 3 回の三宅島噴火の規模よりやや小さい程度で、噴煙高度などから見てもそれより小さいが、多量の火山灰や軽石を放出し、折からの北西風に乗って、大量の火山灰や軽石が南東側の宮崎県南部に降下した (図 2.1.1.6)。この間のプリニー式噴火に伴う火山灰等の放出量は、2400 万トンと推定されている⁶⁾。その後も新燃岳では火山灰を放出する噴火が発生しているが、その量は数百万トンであり⁶⁾、ほとんどの火山灰や軽石が 1 月 26～27 日の準プリニー式噴火によってもたらされている。

気象庁は、26 日 18 時 00 分、噴火警戒レベルを 2 (火口周辺規制) から 3 (入山規制) に引き上げる噴火警報を発表、警戒が必要な範囲を火口から 1km 以内の範囲から 2km 以内の範囲に拡大した。それに伴い、各自治体では災害対策本部を設置するなど本格的な応急対応が執られた。

(3) 溶岩出現と爆発的噴火

準プリニー式噴火のステージを経た後、1 月 28 日、東京大学地震研究所の上空からの観測によって火口底に溶岩が出現しているのが発見された⁷⁾。噴火前には新燃岳の火口底には火口湖が存在していた

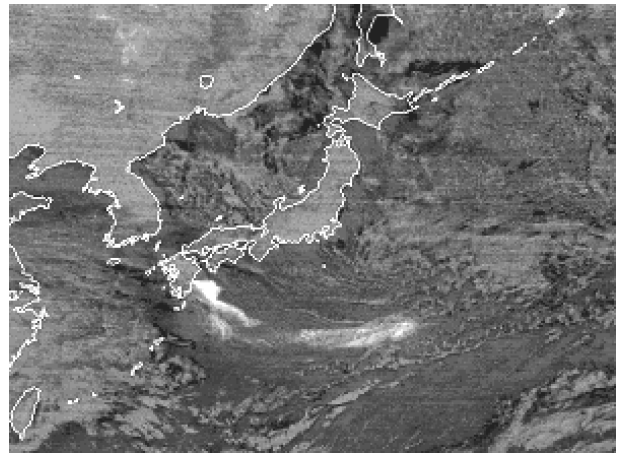


図 2.1.1.5 気象衛星ひまわりが捉えた新燃岳の準プリニー式噴火に伴う火山灰。(2011 年 1 月 27 日 05 時、赤外差分画像)

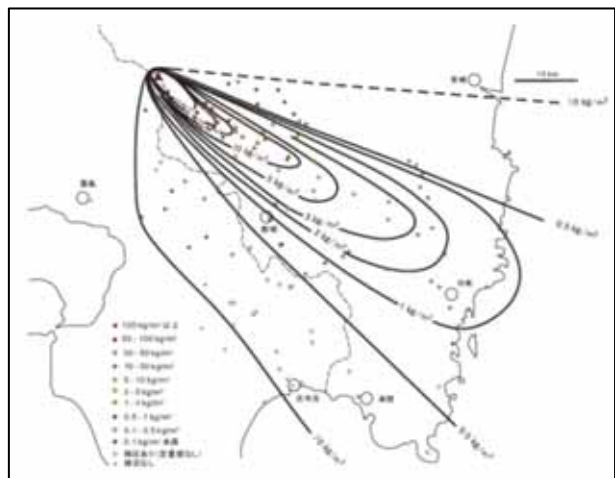


図 2.1.1.6 準プリニー式噴火に伴う降下火砕物分布⁵⁾。(2011 年 1 月 26 日～27 日、テフラの量は 2400 万トンと推定されている⁶⁾。

が、それが消失しているのも確認された。その後、陸域観測技術衛星だいち (ALOS) 搭載の合成開口レーダー (SAR) によって、その溶岩が次第に成長しているのが観測された (図 2.1.1.7)。気象庁は、火口底に貯留した溶岩が吹き飛ばされることにより火砕流の懸念があるとして、31 日 01 時 35 分、警戒が必要な範囲を火口から 2km 以内の範囲から 3km 以内の範囲に再拡大する噴火警報を発表した。これにより、麓の新湯地区や周辺道路が規制された (新湯には温泉宿があるがそれ以前に営業を自粛していた)。

溶岩は一時麓のカメラからもその頂部が見えるまでに成長したが、2 月初めには成長をほぼ停止した。最終的な溶岩 (図 2.1.1.8) の体積は 1400 万 m^3 と推定される⁹⁾。その後、溶岩は部分的に吹き飛ばされ噴出物で覆われていったが、溶岩の体積には大きな変化は認められていない。

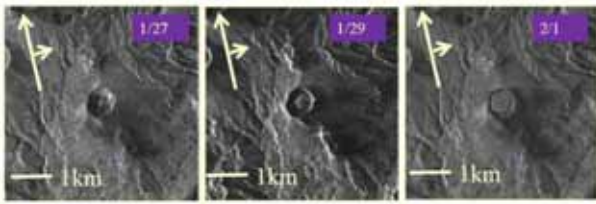


図 2.1.1.7 新燃岳火口に出現した溶岩の成長
陸域観測技術衛星だいち搭載の合成開口レーダー（SAR）で捉えられた新燃岳火口に出現した溶岩の成長⁸⁾。解析で用いた PALSAR データは火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験・衛星解析グループ（火山 WG）の活動により緊急観測が行われ FTP サーバから入手したものである。PALSAR に関する原初データの所有権は経済産業省および宇宙航空研究開発機構にある。また、SAR の画像再生は SIGMA-SAR¹⁰⁾ を利用。



図 2.1.1.8 新燃岳火口に出現した溶岩。
1 月 31 日、鹿児島県防災ヘリから気象庁撮影。

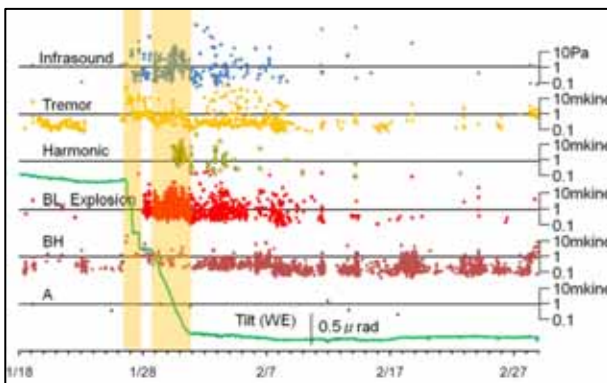


図 2.1.1.9 新燃岳のマグマ噴火に伴う観測データ
上から、空振、微動、ハーモニックな微動、BL 型地震、BH 型地震、A 型地震の時系列。曲線は傾斜計の変化。新燃岳火口へのマグマ移動に伴い顕著な地殻変動が観測された。

溶岩が火口底で成長する過程においても、新燃岳北西の圧力源の収縮が観測された。28～31 日の傾斜計の変化量は、26～27 日と比べ概ね同等かやや大きい。一方、1 月 26 日～2 月 1 日の間の新燃岳北西地下の圧力源の収縮量は約 1200 万 m^3 と推定されている³⁾。これがマグマだまりの収縮によるとすれば 3000～4000 万トン相当となり、噴出量よりやや小さい値となるが、圧力源の収縮量は圧力源の形状や位置（深さ）によって任意性があること等から見て、

新燃岳北西地下のマグマだまりからマグマが供給、噴出したと考えると概ね妥当である。

溶岩の火口底への蓄積過程では、活発な B 型地震の群発、ハーモニックな微動の発生など、他の安山岩質火山（桜島や浅間山など）で見られる特徴的な地震活動が見られ（**図 2.1.1.9**）、ブルカノ式爆発的噴火が時々発生するようになった。

最初の爆発的噴火は 27 日 15 時 41 分に発生、その後、3 月 1 日までに 13 回発生した（気象庁では、桜島等他の同様のブルカノ式爆発が発生する火山を参考に、火口から 2.6km 離れた湯之野観測点の空振振幅が 20Pa 以上の噴火を「爆発」として計測している）。そのうち、2 月 1 日 7 時 54 分の爆発は、爆発力の最も大きなもので、湯之野観測点で 460Pa の空振が観測され、後述のとおり空振によって麓の地域で窓ガラスが割れる等の被害が発生した。そして、直径 70cm の噴石（弾道岩塊）が火口から 3.2km 付近に落下しているのが確認された（**図 2.1.1.10**）。この噴石による落下痕は直径 6m 深さ 2.5m に達していた。また、新燃岳火口から南西 3km 付近でも噴石（弾道岩塊）を確認した。気象庁は 1 日 11 時 20 分、爆発的噴火によって大きな噴石が火口から 3km を超えて飛散する可能性があるとして、警戒が必要な範囲を火口から 3km 以内の範囲から 4km 以内の範囲に拡大する噴火警報を発表した。これにより、新燃岳の西麓の、霧島温泉街からえびの高原へ抜ける県道 1 号線が通行止めになった。

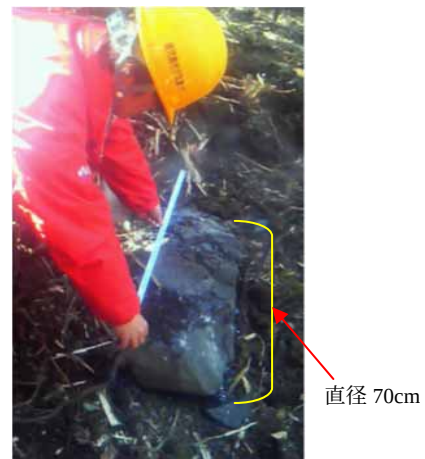


図 2.1.1.10 爆発で放出された噴石
2011 年 2 月 1 日 7 時 54 分の爆発で放出され、火口から 3.2km の地点で確認された。

（４）その後の活動

1 月 26 日から始まった一連の噴火は 2 月 7 日夕方には一旦火山灰の放出が停止し、その後は間欠的に噴火が発生するようになった。爆発的な噴火の頻度や規模も低下した。気象庁は、火山噴火予知連絡会の「最盛期の活動に比べ低下した状態で推移している」との現状評価を受けて、3 月 22 日、警戒が必要な範囲を火口から 4km 以内の範囲から 3km 以内の

範囲へ縮小する噴火警報を発表し、県道1号線が通行可能になった。

4月以降も時々噴火が発生したが、徐々に噴火の頻度や規模は低下した。12月現在、9月7日の噴火を最後に噴火は発生していない。

しかしながら、新燃岳北西地下のマグマだまりの膨張が再び観測されるようになり、12月現在、1月の噴火時における収縮量の2/3程度まで回復している(図2.1.1.11)。気象庁及び火山噴火予知連絡会は、今後噴火活動が再び活発化する可能性があるとして引き続き警戒を呼びかけている。

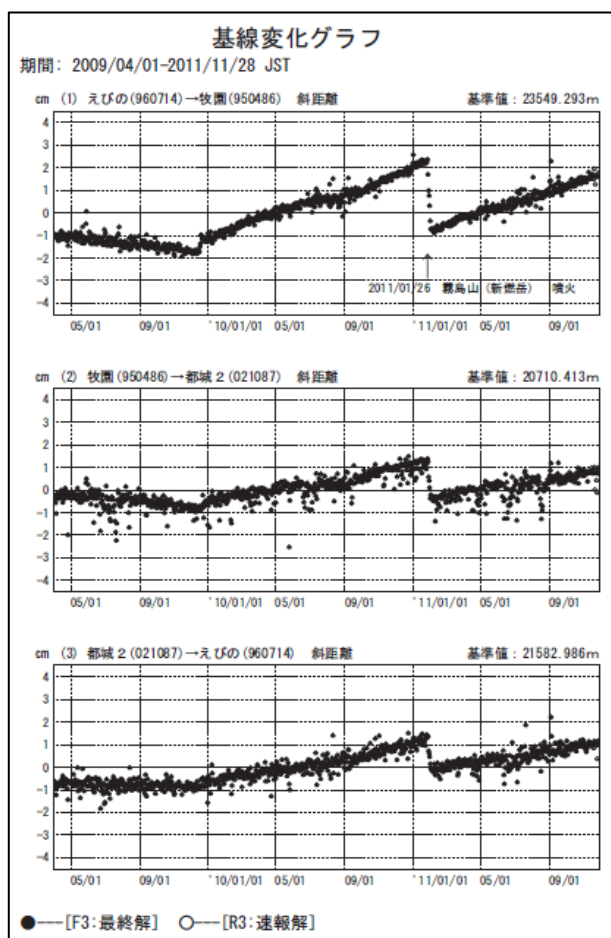


図 2.1.1.11 韓国岳西方(新燃岳北西) GPS 基線長
マグマだまりの膨張収縮を示すと考えられている GPS 基線長
変化¹¹⁾。(観測点位置は図 2.1.1.2 を参照)。

(5) 噴火の前兆現象

今回の新燃岳の噴火は、約 300 年ぶりのマグマ噴火であった。中長期的な噴火の前兆現象としては、水蒸気爆発やマグマ水蒸気爆発の発生、深部でのマグマだまりの膨張が見られた。2 月以降のいくつかの噴火については新燃岳直下の膨張を示す微小な傾斜変化と火山性地震の多発が噴火直前に見られたが、クライマックスの準プリニー式噴火の直前には、地震活動の活発化や顕著な地殻変動は認められなかった。開口型火道を上昇するマグマの検知、噴火の予測の困難性を改めて示すものであった。

(6) 観測体制の整備

新燃岳は、1960 年代から気象庁及び東京大学地震研究所の観測網があったが、近年の水蒸気爆発発生など活動の活発化を受け、気象庁は臨時観測点を増設、また、2010 年には、全国の火山監視体制強化の一環として、ボアホール式地震計・傾斜計、火口監視カメラを設置していた。また、防災科学技術研究所によってボアホール式地震計・傾斜計が 2 カ所設置されるなど観測の強化が進められていた。これらボアホール傾斜計はマグマの動きを捉えることに成功し、きわめて有効なデータとなった。

火山噴火予知連絡会は、2月3日の拡大幹事会で、霧島山(新燃岳)総合観測班を設置し、観測体制の一層の強化を図ることになった。大学等研究機関は、地震計、傾斜計、GPS などの観測機器を増設するとともに、噴火によって近づけなくなった火口周辺での観測を強化するために東京大学が無人ヘリを活用した機器設置を行う等の観測強化を進めていった。気象庁は、さらに新たにボアホール傾斜計・地震計の増設を計画中である。

2.1.2. 一次災害

今回の被害は大きく分けて、降下火砕物(小さな噴石を含む)と空振によるものに大別される。

人的被害としては、直接的な被害は、2月1日の爆発的噴火の空振によって割れた窓ガラスで1名が軽傷を負ったのみである。ただし、住居の屋根に降り積もった火山灰を除去する作業中に転落等によって41名が負傷(うち重傷23名)している。

物的被害は、1月26～27日の準プリニー式噴火の際に風によって流された小さな噴石によって、都城市や高原町で、自動車のガラス、太陽光パネルなどが破損する被害(図2.1.2.1)が計32件あった。

また、2月14日の噴火では風下になった小林市で自動車のガラス、太陽光パネルなどが破損する被害が696件発生している。



図 2.1.2.1 噴石によって破損した太陽熱温水器
高原町に降下した小さな噴石(火山れき)によって破損した
太陽熱温水器。新燃岳火口から約9 km。周辺には直径1.5～2 cm
程度の火山れきが多数確認された。

2月1日の爆発空振では、霧島市を中心に窓ガラス等の被害（**図 2.1.2.2**）が 217 件発生した（以上、6月21日総務省消防庁まとめ）。

このほか、大量の降灰等による農業被害は、収穫不可能となった野菜などの農作物や噴石による農業施設の破損、農地埋没により、約 12 億円に達した（3月末、宮崎県農政水産部まとめ）。



図 2.1.2.2 空振によって破損したホテルの窓ガラス。
霧島市。新燃岳火口から約 5km。

また、多量の火山灰によって、航空機関にも影響があり、1月28日には宮崎空港が3時間半にわたり閉鎖するなど、活発な噴火活動を続けた1月下旬から2月初旬にかけて多数の航空機の欠航があった。

2.1.3. 二次災害

新燃岳噴火に伴って発生した二次被害として、放出された火山灰や軽石が霧島火山体およびその周辺域の水文現象や土砂移動現象に及ぼした影響について記述する。

（1）火山灰・軽石の分布

放出された火山灰や軽石の分布調査は、新燃岳の東・南東側斜面および高千穂峰の北・東・南側斜面のうち、立入りが可能な範囲で実施した。**図 2.1.3.1**¹²⁾は、火山灰・軽石の堆積厚の測定結果であり、図において、例えば、A10は火山灰が10mm堆積、P10は、軽石が10mm堆積、A8・P82は軽石が82mm堆積している上に火山灰が8mm堆積していることを示している。**図 2.1.3.1**に示すa・b・c・d点における火山灰・軽石の堆積状況を**図 2.1.3.2**¹²⁾に示す。

a地点は高千穂川上流の標高790m地点であり、シルト質の火山灰が15mm堆積している。b地点は国道223号沿いの標高470m地点であり、82mm厚さの軽石の上に火山灰が8mm堆積している。軽石は粒径3～5mmが多く、最大粒径10mm程度である。c地点は荒川内川上流の標高800m地点であり、軽石が40mm堆積している。軽石は粒径3～5mmが多く、最大粒径10mm程度であり、層内に2mm程度厚さの火山灰層がみられる。d地点は高千穂河原付近の標高1030m地点であり、235mm厚さの軽石の

上に火山灰が15mm堆積している。軽石は粒径3～7mmが多く、最大粒径20mm程度である。なお、調査日は、b・c地点2011年3月26～27日、a・d地点8月6日である。



図 2.1.3.1 火山灰・軽石の堆積厚と浸透能測定結果※
※文献 12) に 10/5 の浸透能試験結果を加筆



図 2.1.3.2 火山灰・軽石の堆積状況
2011年3月26日および8月6日撮影¹²⁾ a: 高千穂川上流
(標高790m) b: 国道223号沿い(標高470m) c: 荒川
内川上流(標高800m) d: 高千穂河原付近(標高1030m)

噴火初期は軽石が多く放出され、火口から主に南東方向（**図 2.1.3.1**の実線に挟まれる範囲）に降下した。その後、火山灰が火口から主に東方向（**図 2.1.3.1**破線に挟まれる範囲）に降下した。したがって両方が重なっている範囲では、軽石の上に火山灰が堆積した構造となっている。

（2）火山灰・軽石が浸透能に及ぼす影響

火山灰・軽石の堆積が浸透能に及ぼす影響を把握するために、火山灰・軽石の堆積厚の測定を行っ
たいくつかの地点で散水式の簡易浸透能試験を行っ
た。試験方法は、これまで桜島¹³⁾や雲仙普賢岳¹⁴⁾
で行われた方法と同様であり、以下の通りである
（**図 2.1.3.3**¹³⁾）。①傾斜10～20度の斜面に仕切り棒

で水平距離 100cm×幅 50cm の長方形区を設定する。②長方形区の最下端に表面流出水を集水する樋とビーカーをセットする。③2000cm³（降雨量に換算して 4mm）の水を 60～70 秒間で長方形区全体に均一に如雨露で散水する。④表面流出量を計測する。⑤表面流出量がほぼ一定になるまで③～④の作業を繰り返す。表面流出量が一定となったところの値を浸透能（最終浸透能）とした。

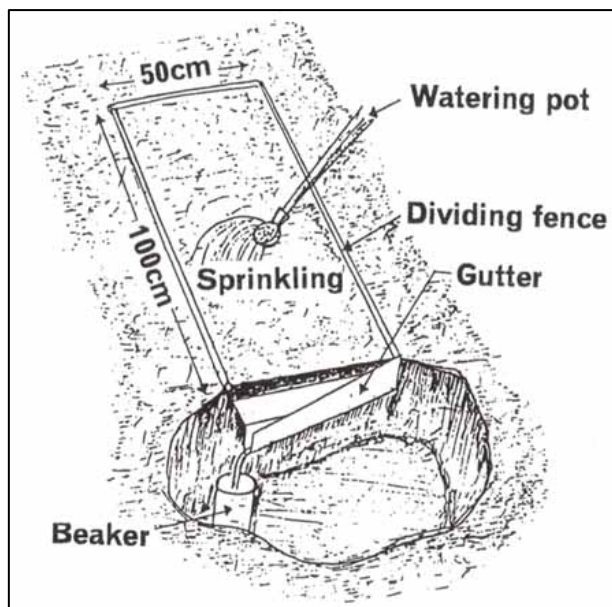


図 2.1.3.3 簡易散水式浸透能試験

火山灰が 15mm 堆積した a 地点（広葉樹林内，斜面傾斜 16 度，東斜面）の浸透能は 68mm/hr であった。82mm 厚さの軽石の上に火山灰が 8mm 堆積した b 地点（広葉樹林内，斜面傾斜 13 度，南斜面）の浸透能は 82mm/hr であった。軽石のみが 40mm 堆積した c 地点（広葉樹林内，斜面傾斜 16 度，南南西斜面）では表面流は発生せず，浸透能は 240mm/hr 以上であった。235mm 厚さの軽石の上に火山灰が 15mm 堆積した d 地点（スギ林内，斜面傾斜 15 度，東南東斜面）の浸透能は 77mm/hr であった。

a・d 地点の浸透能試験は 8 月 6 日に実施したため，梅雨期等の降雨により火山灰が一部流出した後の値であり，初期はさらに小さい値を示したと予想される。

今回の噴火で放出された火山灰・軽石の堆積が浸透能低下に及ぼした影響は，火山灰のみが堆積した新燃岳の東側斜面や高千穂峰の北側斜面で大きく，次に軽石とその上に火山灰が堆積した新燃岳および高千穂峰の南東側斜面で大きかった。一方，軽石が主体で火山灰がほとんど堆積しなかった高千穂峰の南側斜面では浸透能低下への影響は小さかった。

上記の散水式の簡易浸透能試験を 10 月 5 日に再び実施した。

a 地点は，雨水によって火山灰の一部が流出し，火山灰の堆積厚は 10mm 未満となり，新たな落葉が堆積していた。浸透能は 171mm/hr であり，8 月 6

日の 2 倍程度の値を示し，火山灰が堆積しなかった同様の地点とほぼ同じ値に戻っていた。

b 地点は，表面の火山灰はほとんどなくなり，軽石が露出していた。軽石層の断面を観察すると，表面から 5～10mm 深さに 3～5mm 程度の厚さで軽石層の間に火山灰が入り込んでいたが，平面的な広がりをもった層をなしていない。また地表面には火山灰が流出した痕跡もみられた。浸透能は 152mm/hr であり，3 月 27 日の 2 倍程度の値を示した。

c 地点は，地表面に大きな変化はみられず，明瞭な表面流は発生しなかった。

d 地点は，表面の火山灰はほとんどなくなり，軽石が露出していた。軽石層の断面を観察すると，表面から 5～10mm 深さに 5mm 程度の厚さで軽石層の間に火山灰が入り込んでいたが，平面的な広がりをもった層をなしていない。また地表面には火山灰が流出した痕跡もみられた。浸透能は 161mm/hr であり，8 月 6 日のその 2 倍程度の値を示した。

（3）火山灰・軽石が表面流出に及ぼす影響

降灰に覆われ地表面の雨水浸透性が悪化すると，どの位の地表流が降雨時に発生するのか。これは土石流の発生危険度を評価する上で鍵となる要素の一つであることから，現地斜面において表面流出量の観測を行った。観測斜面は 2 か所設け，ともに新燃岳から南東方向に約 7km 離れた高千穂峰南東斜面の国道 223 号線付近である。この付近の降灰は，粒径 1～5mm 程度の軽石が厚さ 5～10cm 堆積し，その上を粒径 0.1mm 未満の細粒火山灰が厚さ約 1cm で覆う構造となっていた。

観測斜面は，図 2.1.3.4¹²⁾のように幅 1m，長さ 1m の区画を木枠で囲み，斜面下端に雨どいを取り付け，雨どいに集まった表面流出水と侵食土砂を水槽に導いて貯めるようにした。また，隣に雨量計測用の容器も置いた。斜面の傾斜は 22 度と 24.5 度で，2 か所とも林内である。3 月末に観測を始め，ひと雨ごとに流出水量と土砂量，雨量の計測を繰り返し，7 月上旬まで計 15 回観測した。ここでは，表面流出水量の結果を述べる。



図 2.1.3.4 表面流出の観測斜面

図 2.1.3.5¹²⁾は 2 か所のうち道路分岐点（地点名）における結果で、上の図はひと雨ごとの雨量と表面流出量を降雨発生順に並べたもので、下の図は流出量を雨量で除した流出率である。雨は、総量が 15mm 前後の小さなひと雨から約 200mm の大きなひと雨までであったが、少雨量のひと雨でも相当量の表面流出が発生する場合があります、それは近傍の雨量観測所によれば降雨強度の大きい雨(雷雨のような降り方)の場合であった。流出率でみるとイベントには二種類が認められ、一つは流出率が 20%程度の、もう一つは流出率が数%のイベントである。この違いは前者が強雨によるもので、後者が非強雨の場合と推察されたことから、近傍の荒川内雨量観測所におけるその雨での最大 1 時間雨量を雨のタイプの指標とし、流出率との関係を調べた(図 2.1.3.6¹²⁾)。その結果、最大 1 時間雨量が 16mm 以上を含む強雨タイプでは流出率が 20%程度となり、最大 1 時間雨量が 8mm 以下の非強雨タイプでは流出率が小さい場合が多かった。

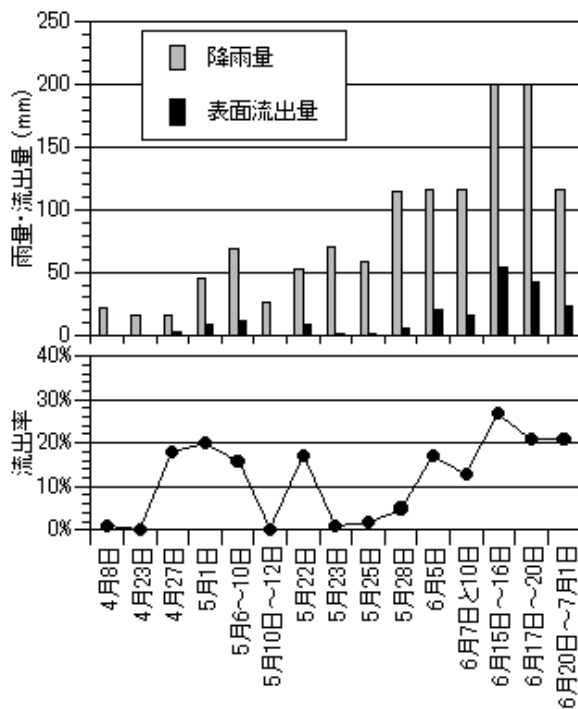


図 2.1.3.5 道路分岐点における表面流出観測の結果

もう一つの観測斜面は横尾川 2（地点名）で、道路分岐点より西に 0.8km 離れている。そこでの結果は、強雨・非強雨を問わず、どの雨でも流出率は 15~25%である。即ち、ここでは降雨強度の小さい雨でも高い流出率を示した。

観測の結果をまとめると、ひと雨の雨量に対する表面流出率は、強雨の場合 15~25%であり、弱い雨の場合には流出率が 20%程度の高い斜面と、5%以下の低い斜面がある。なお、20%程度の表面流出率に関しては、桜島の火山灰被覆斜面¹⁵⁾でも同程度の結果が観測されている。

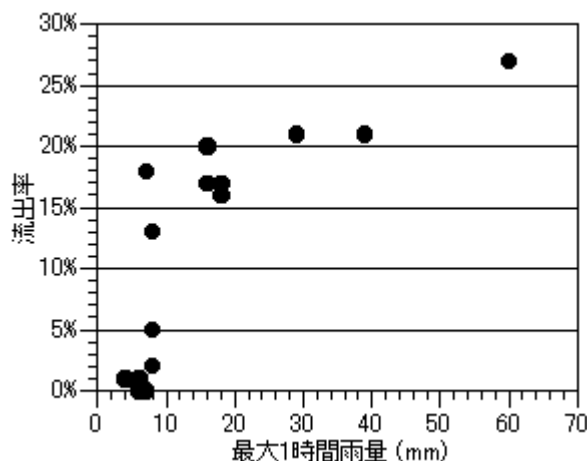


図 2.1.3.6 雨の強さと表面流出率の関係

(4) 山腹の侵食状況の推移

図 2.1.3.7¹⁶⁾は、空撮写真の判読によって新燃岳山体のリル・ガリーの発達状況を示したものである。軽石・火山灰が降下した火口の東側および南東側の斜面では新たなガリーが発達している。特に火山灰が降下した火口の東側においてリルやガリーの発達が著しい。火山灰の堆積、浸透能の低下、表面流の発生、リル・ガリー侵食の増大という一連の現象が明瞭に現れている。

図 2.1.3.8¹⁶⁾は、図 2.1.3.7¹⁶⁾からガリー延長およびリル発生区域の面積を計測し、日雨量とともに時系列に示したものである。5月 31 日~6月 29 日(期間総雨量 1707mm)にはガリー延長およびリル発生区域の面積が急増しているが、6月 29 日~9月 23 日(期間総雨量 1960mm)には両者ともあまり増加していない。(2)項で述べた浸透能の回復とガリー延長およびリル発生区域の面積の推移は調和的である。

(5) 土砂移動現象の推移

2011 年には土砂災害警戒情報が都城市で 3 回、高原町で 2 回発表されたが、霧島火山体およびその周辺域において集落まで達するような土石流は発生しなかった。

図 2.1.3.9¹⁶⁾は、観測点において土砂移動が確認された地点を赤丸印で、土砂移動がみられなかった地点を緑丸印で示し、また土砂移動の痕跡が確認された溪流を青線で示したものである。軽石・火山灰が降下した流域の上中流域ではある程度の土砂が移動したことがわかる。

図 2.1.3.10¹⁶⁾は、高千穂第 3 砂防堰堤、大幡第 4 号砂防堰堤、矢岳第 3 砂防堰堤、荒川内上流緊急ブロック堰堤における土砂の堆積状況と土砂量を示したものである。堆積した土砂の断面を観察すると、土砂流出の形態は土石流ではなく土砂流である。

浸透能が回復した斜面では、土石流発生の可能性は低いと考えられる。しかし多量の軽石や火山灰が山腹に存在しているので、急斜面や急溪流では土砂流の形態で土砂が流出することは今後も考えられる。

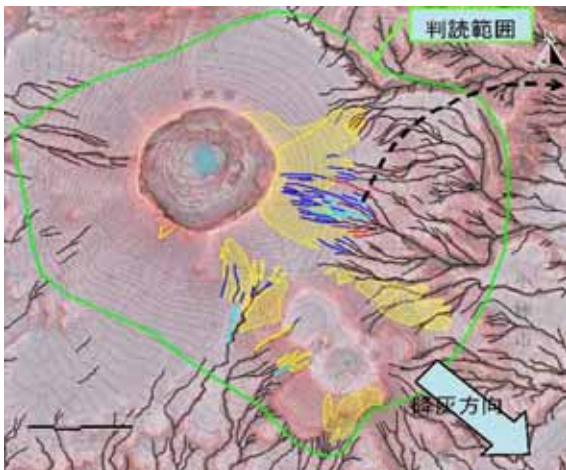


図 2.1.3.7 山腹のリル・ガリーの状況

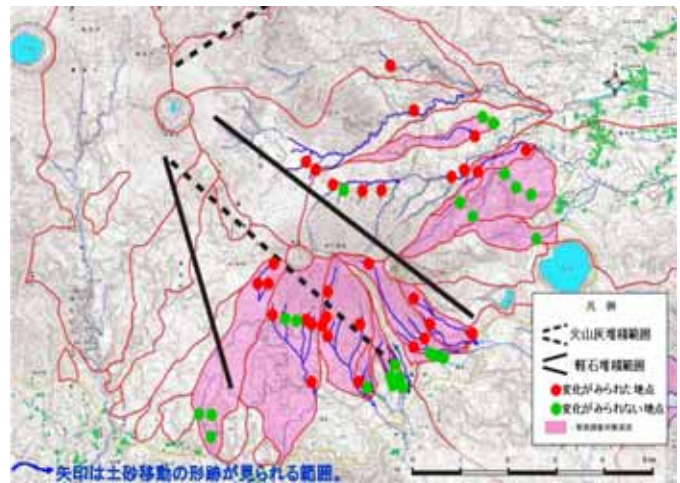


図 2.1.3.9 土砂移動の状況

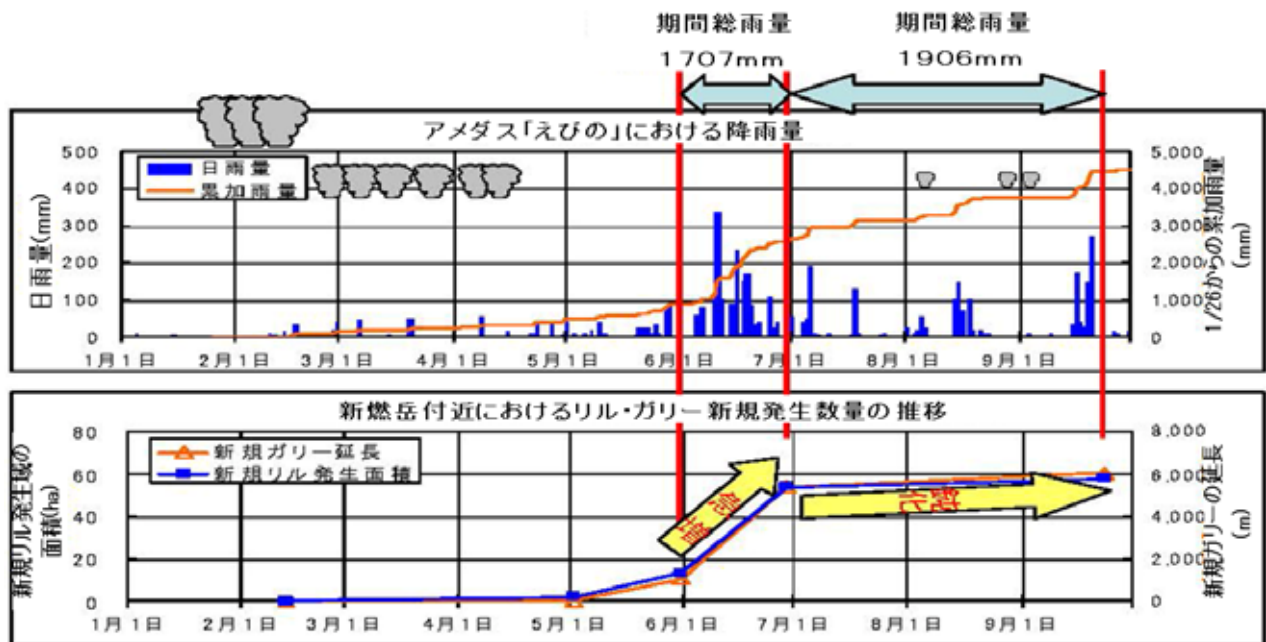


図 2.1.3.8 山腹の侵食状況の推移



図 2.1.3.10 砂防堰堤の堆砂状況

2.1.4. まとめ

新燃岳の噴火は、約 300 年振りの本格的なマグマ噴火であったが、噴火時には登山規制がなされており、登山客への直接的な被害などは発生しなかった。直接的な人的被害は、空振によって破損した窓ガラスで 1 名が軽傷を負ったのみであった。

しかし、火砕物の降下による被害が風下に当たった宮崎県側の高原町や都城市、小林市で発生した。航空機の欠航や農業被害も発生した。

一方、新燃岳の東麓を中心に多量の火山灰等が堆積し、降雨による土石流が懸念される事態となった。梅雨期ならびに秋の台風期に、流域の中上流部では土砂移動が発生したものの、下流の集落まで達する土石流は発生しなかった。現時点では、斜面において浸透能の回復も認められている。

火山の写真 岩木山 春



2012 年 4 月 今井撮影

2.2. 工学的防災

本節では、噴火を受けてとられた工学的な防災対応について述べる。

2.2.1. 概要

大量の火山灰・軽石の降下堆積に伴い、新燃岳周辺の溪流では土石流の発生する危険性が高まった。そのため、土石流発生に備えたソフト・ハード両面からの緊急的な砂防対策が実施された。これは、噴火に直接起因し噴火と同時に発生する被害を一次被害とすると、噴火の影響の下、噴火後の降雨によって発生する二次被害に備えての防災対応である。

なお、今回の噴火による実際の被害発生状況としては、前節で述べられたように、一次被害として小さな噴石の落下や空振によるガラス等の破損の被害、降灰による農業関係被害などが発生した。しかしながら、二次被害に該当する土石流による被害は発生しなかった。

2.2.2. 一次災害に対する対応

一次被害としては、空振ならびに小さな噴石の落下による家屋のガラス等の破損、火山灰が堆積したことによる農作物埋没やビニールハウス施設の破損等の被害があった。そして、これらの多くは、1月26日の本格的噴火の開始からわずか数日の間に発生した。このように、原因が空振や降下火砕物など人為的に制御できない現象であることと、対応の準備ができる時間（本格的噴火の認知から被害発生までの時間）も無かったことから、一次被害に対しては、災害の未然防止の防災対策は行われなかった。

一方、復旧対策となる工学的対応として、道路に積った火山灰の除去作業が大規模に行われた。市街地が大量の降灰に見舞われた宮崎県都城市と高原町を中心とした地域では、幹線道路ならびに生活道路において、重機車両、ダンプトラック、路面清掃車、散水車等を使った降灰除去作業が行われた。

ちなみに、1月27日～5月26日の期間に、宮崎県の6市町と鹿児島県の1市に対して、国土交通省が支援要請に基づいて派遣した路面清掃車と散水車の台数は最大時で74台、支援延べ日数は2566台・日であった¹⁷⁾。

2.2.3. 二次災害に対する対応

(1) 緊急調査

噴火後直ちに、土石流の発生危険度を評価する調査が国土交通省九州地方整備局によって行われた。その内容は、改正された土砂災害防止法が2011年5月1日に施行される前に、そこに定められている緊急調査を試行的に実施したもので、次のようなものである。

大量の降灰が生じた1月26日と27日の噴火後、1月28日と29日に新燃岳から南東側の広い範囲にお

いて降灰量の分布が地上調査された。その結果から、降灰区域に存在する土石流危険溪流のなかで、流域面積の5割以上に厚さ1cm以上の火山灰が堆積し、かつ被害想定家屋が10戸以上ある35溪流が抽出された。次に、抽出された溪流を対象に土石流の氾濫シミュレーション計算が行われた。そして2月4日に、これらの調査結果と、三宅島噴火(2000年)での土石流発生実績に基づき時間雨量4mm以上の避難雨量基準が、関係する宮崎県、都城市、高原町に対して発表された。

このほか、新燃岳の東側地域および高千穂峰の山腹全域は国有林であることから、火口周囲4kmの立ち入り規制区域の外側にある国有林において、林野庁九州森林管理局は独自に降灰量調査を行った。

(2) ソフト対策

上記の国土交通省による2月4日の土石流危険予測の発表に基づき、土石流に対する緊急的な防災対策が開始された。ここでは、そのうちのソフト対策について述べる。

抽出された35溪流が所在する都城市と高原町は2月9日・10日に、国土交通省が発表した避難雨量基準にほぼ沿った基準で、避難勧告および避難準備情報の発表基準を定めた。そして、2月中旬の数回の雨において、都城市と高原町は各々の対象地域に避難勧告あるいは避難準備情報を発表し、住民の避難が行われた。なお、これらの雨で土石流は発生しなかった。

以降、国土交通省が高千穂峰東～南斜面の14溪流、宮崎県が丘陵部の21溪流をそれぞれ分担して、避難雨量基準を上回る雨が観測される度に、土石流の発生確認調査が行われた。そして、土石流が発生しなかったことを確認しながら、随時、国土交通省は避難雨量基準を緩和の方向へ見直していった。 2.2.3.1¹⁸⁾にその経過を示す。これに合わせて、都城市と高原町が出す避難の基準も見直されていった。

また、この間、土石流の発生場（土石流危険溪流の流域斜面）の条件に変化が生じたかを把握する目的で、侵食状況や水文環境の変化がモニタリング調査された。国土交通省は担当する14溪流を対象に、上流域での侵食発生状況を地上ならびにヘリコプターから頻繁に調査した。宮崎県は担当する21溪流を対象に、火山灰の堆積状況と浸透能に関する現地調査を3月と9月に実施した。

また、土石流の発生を監視する各種機器が、2月から梅雨入りする6月までの期間に緊急に設置された。国土交通省は14溪流において土石流発生検知のワイヤーセンサー、および溪流監視カメラを設置した( 2.2.3.2¹⁸⁾)。これらは、以前から直轄砂防事業を実施中の高原町内の高千穂川、矢岳川、大幡川等に既設の監視カメラ群、土石流センサー群と合わせて、土石流の監視に用いられ、土石流センサーの作動情報および溪流監視カメラの映像は、宮崎県、都

城市、高原町にリアルタイムで情報提供されるシステムとされた。なお、林野庁も既設の治山堰堤3カ所にワイヤーセンサーを設置した。

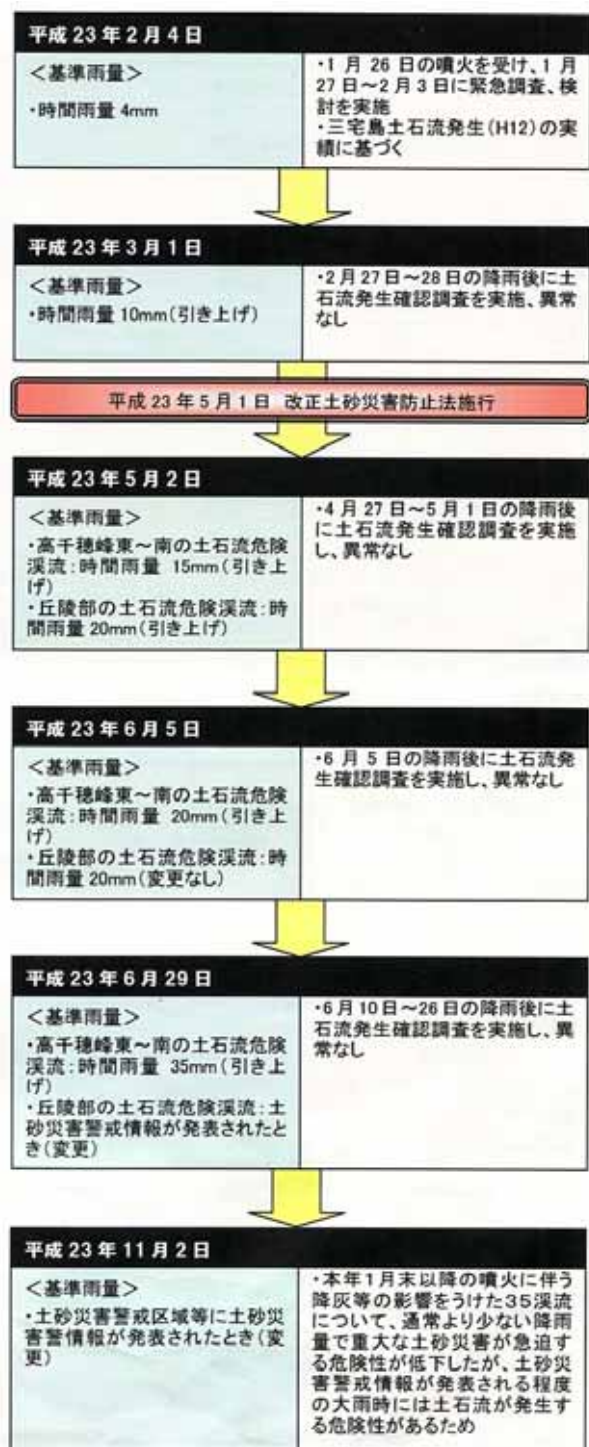


図 2.2.3.1 九州地方整備局が発表した警戒避難のための雨量基準の見直し経過

そのほかに、気象庁は噴火開始直後から、災害時支援資料として毎日 2 回、新燃岳周辺における上空の風と雨の予報を、現在まで継続して情報提供している。



図 2.2.3.2 国土交通省が設置した溪流監視カメラと土石流ワイヤーセンサーの位置

(3) ハード対策

国土交通省、宮崎県、鹿児島県がそれぞれ行った緊急ハード対策の実施位置と内容を図 2.2.3.3 に示す。国土交通省は宮崎県内の国道 223 号線より新燃岳側の地域を担当した。ここには、高千穂峰東～南斜面の 14 溪流と直轄砂防区域の高千穂川、矢岳川、大幡川が含まれる。宮崎県は国道 223 号線より南東側の地域を担当した。ここには、丘陵部の 21 溪流と高千穂峰南斜面の溪流群から流れる荒川内川、荒襲川、庄内川、そして新燃岳東方の高崎川、湯之元川が含まれる。鹿児島県は、新燃岳から南に流れる霧島川と支流の神宮川を担当した。なお、霧島川流域には今回の噴火で降灰は少なかった。

対策の内容をみると、高原町の範囲では直轄砂防区域に多くの既設砂防堰堤があったことから、これらの除石が多く行われた。そのうちのいくつかは 2 月に作業着手され、今回最も早く実行されたハード対策となった。また、除石実施の堰堤の中には、6 月と 9 月に土砂流出によって堆砂が生じ、再除石、再々除石を実施したものもあった(前節 2.1.3(5)を参照)。

都城市の範囲において、高千穂峰南斜面の溪流群とその下流河川では、既設砂防堰堤が少数であり、また堰堤も小さいものが多かった。そのため、除石に加えて、コンクリートブロック積みや大型土のう積みによる仮設の堰堤工、遊砂地工、導流堤工が採用された。

丘陵部の 21 溪流については従来から砂防施設が未整備であったが、これらのうち対策の優先度が相対的に高い 4 溪流について、谷出口に大型土のう積みによる仮設導流堤が作られた。

さらに、いくつかの河川区間において、河道掘削による堆積土砂の除去が河川工事として行われた。

鹿児島県内では、既設砂防堰堤の除石と河道掘削が行われた。

このほか、図に示されていないが、林野庁が国有林内において既設治山堰堤の排土、およびコンクリート治山堰堤の新設工事を実施した。

以上の緊急ハード対策の大部分は、梅雨入り前に完成することを目標に迅速に実施され、多くが6月上旬に完了した。



図 2.2.3.3 国土交通省、宮崎県、鹿児島県が実施した緊急ハード対策の実施位置と内容

2.2.4. まとめ

新燃岳の噴火を受けて実施された工学的な防災対策は、降灰域で雨によって発生する土石流が対象であった。霧島山が含まれる宮崎県南部においては、冬と春はともに雨が少ない。今回の噴火・降灰は1年のうち最も雨の少ない1月から2月に発生し、その後、5月中旬までは、平年でも降水量が少ないが、さらに2011年には雨不足が心配されるほどの少雨であった。

こうした、噴火が雨の多い季節に発生するかどうかの問題は、土石流の発生に直接係わるとともに、防災対策の進め方にも影響を与える。今回の噴火における経験は、緊急の防災対策を、降灰の発生から嚴重警戒が必要な雨を迎えるまでの約4カ月間に実施したケースであった、という面での認識も重要と思われる。

火山の写真 富士山 初冬



2010年12月 今井撮影

2.3. 社会学的防災

2.3.1. 概要

2011年1月26日から本格的な噴火が始まった新燃岳は、大量の火山灰や噴石等を噴出し、爆発的な噴火を繰り返した。31日に高原町は火砕流発生を警戒して、住民に最初の避難勧告を発令した。

その後、爆発的な噴火の頻度は低下してくるが、今度は土石流への警戒が強まり、とくに都城市では、降雨時において避難勧告の発令や、その解除などの対応が繰り返された。

この噴火では、霧島山火山防災連絡会の「コアメンバー会議」が開催され、各機関の情報共有を図るとともに、政府支援チームも加わり、避難計画や土石流対策、降灰対策等の検討が行われた。

2.3.2. 避難・情報伝達

(1) 1月30日の避難(高原町)³⁾

1) 自主避難者の受け入れ

1月26日から27日にかけて断続的に噴火が発生し、地鳴り、空振、降灰も多く、火柱を直接見ている人もおり、27日の早朝には、自ら「避難したい」という住民が出てきた。

町は、中心部にある高原町総合保健福祉センター「ほほえみ館」を避難所として開設し、9世帯14人を受け入れた。山麓部の地区公民館も検討されたが、トイレ、厨房、暖房設備等が完備されており、保健師等のスタッフも近くにいることから町中心部の「ほほえみ館」となり、その後も避難所として活用されている。

2) 避難勧告の発令

1月30日19時55分、宮崎県から火砕流の危険性について連絡を受けた高原町は、防災マップをもとに避難対象区域の設定に取りかかった。この避難対象区域の設定は、約300年前の火砕流の到達範囲を踏まえつつ、「どのような行政区単位で設定すべきか」「行政区範囲を少し広げると、極端に対象人口が増えてしまう」「どこまで安全側にとるか」など職員間で暗中模索のなか検討が行われた。

11時には、副町長をはじめ幹部職員が、避難対象区域(南狭野区、北狭野区、花堂区)の区長・班長(地域住民の代表者)のところに赴き状況を説明し、互いに避難した方がよいとの意向が一致したことで、11時50分避難勧告を発令した。

午前1時30分には、全員避難が確認されており、避難勧告発令から避難完了までは2時間弱での対応であった。

表 2.3.1.1 新燃岳噴火における火山活動と防災対応・避難状況^{1), 2)}

月	主な火山活動・事象	主な防災対応
1月	19日 噴火開始 26日 本格的なマグマ噴火開始 28日 溶岩ドームが出現 30日 溶岩ドームが直径500m程度に成長	26日 高原町が災害対策本部設置 27日 自主避難 [高原] 28日 小中学校6校、県立高等学校1校が臨時休校 [高原] 都城市が災害対策本部設置 宮崎県が災害対策本部設置 30日 避難勧告発令 [高原]
2月	1日 爆発的噴火が発生 噴石が約3.2kmに飛散 2日 噴火警戒レベル2→3 (切替え) 規制区域を4kmに拡大 溶岩ドームは直径600m程度に拡大 ～その後も爆発的噴火を繰り返す～	7日 政府支援チーム派遣 災害ボランティアセンターが開設 [高原] 10日 宮崎県は避難雨量基準を時間雨量4mmを発表 1人暮らし高齢者らに避難を呼びかけ [都城西岳地区] 自主避難 [都城] 14日 土石流避難基準に関する国、県、市町による調整会議 17日 土石流による初の避難勧告発令 [都城] 22日 第1回霧島山火山防災連絡会コアメンバー会議開催 28日 災害救助法を適用
3月	1日 爆発的噴火が発生 13日 中規模噴火	10日 第5回霧島山火山防災連絡会コアメンバー会議: 都城市・高原町から「霧島山(新燃岳)の噴火活動が活発化した場合の避難計画(素案)」提示 22日 規制区域を3km以内に縮小
4月	3日 噴火が発生 18日 噴火が発生(高原町に直径1~2cmの噴石)	27日 土石流による避難勧告発令 [都城]
5月		2日 国土交通省: 避難雨量基準を地区によって1時間雨量15mmないし20mmに見直す発表
6月	16日 ごく小規模な噴火が発生 29日 ごく小規模な噴火が発生	6日 国土交通省: 避難雨量基準の引き上げ 都城市と高原町は「1時間20mm」に避難勧告発令基準を変更 16日 土石流による避難勧告発令 [都城] 18日 土石流による避難勧告発令 [都城] 20日 土石流による避難勧告発令 [都城]

今回の避難勧告発令は、噴火警戒レベル 3（入山規制）の段階ではあったが、町も切迫性を感じ、また住民からの要望もあり、避難の措置がとられた³⁾。

3) 避難に関する情報伝達

噴火当時は、防災行政無線（同報無線系）は整備されておらず、町職員や消防団の巡回、広報車による情報伝達体制であった。避難勧告など確実に住民に伝達すべき情報については、町から区長へ、さらに班長に伝達され、班長が各世帯を廻るという体制であった。

現在は、避難対象地域の各世帯に個別受信機が配備されている。

4) 避難先

町は、6か所の避難所を指定したが、結果的に「ほほえみ館」一か所で受入れ可能となった(図 2.3.2.1)。避難対象地域の住民は、約 1,100 人であるが、親戚・知人宅、中にはアパートを自ら借りた人もおり、「ほほえみ館」に約 600 人が受け入れられた。当時、町には具体的な避難経路や誘導方法、避難手段等を定めた計画はなく、避難者のほとんどは、個々に家用車を使って避難してきた。

町では、避難勧告発令後、避難所運営やマスコミ対応等が激化した。そのような中、雲仙・普賢岳噴火を経験した島原市職員が降灰袋を持って訪れ、避難所運営を中心に防災対応についての助言を行った。早い段階から被災経験のある同じ自治体職員からの助言は適格でたいへん役立ったということである。

なお、火砕流が予想される地域の家畜については、小林市にある小林地域家畜市場に全部避難させた。



図 2.3.2.1 避難所の様子
(高原町総合保健福祉センター「ほほえみ館」2011.1.31)



図 2.3.2.2 高原町ボランティアセンター。
降灰処理などで誰がどこのお宅に行くか、計画されていた。
(同センター「ほほえみ館」敷地内、2011.2.11)

(2) 土石流による避難⁴⁾

1) 「降灰による土石流防災区域図」の作成

2 月に入ると土石流に関する報道が多くなり、その発生について住民不安が広がってきた。

2 月 10 日、県は「降灰による土石流防災区域図」(図 2.3.2.3)を発表した。その策定には政府支援チームの砂防専門家の協力があった。当初、関係市町からは「土石流の影響範囲が大きすぎるため公表しないでくれ」という強い意見もあったが、政府支援チームのメンバーも加わり、土石流防災区域図公表の必要性を関係市町に説明していった。



図 2.3.2.3 降灰による土石流防災区域図(宮崎県)

2) 繰り返し避難

都城市では、2 月 17 日に最初の避難勧告を発令してから、9 月までに計 7 回避難勧告を発令している。ほとんどの場合、同日もしくは翌日に解除されているが⁵⁾、地元の公民館長(地域の代表者で避難を誘導する立場にある)の話では、「住民にとって 1 度の避難行動でも相当労力がかかるもの。それが繰り返し発生するので、疲労感が相当あった。」とのことであった。

都城市での避難対象者数は、約 1,150 世帯 2,500 人であるが(避難対象地域のとり方で若干変化する)、2 月 17 日最初の避難勧告発令時、実際に市指定の避難所に避難した数は、94 世帯 145 名で、その後の避難でも避難者数は 1 割にも満たない状況であった。西岳地区自治公民館連絡協議会へのグループインタビューの結果⁶⁾から、その要因と考えられる主なものを列挙すると、

- ・ (不安はあったが) 噴火に比べて土石流に対する住民の認知度が低い。
- ・ 実際には親戚・知人宅に避難している人も多い。
- ・ 自分は高台にいるから大丈夫と思っている人が多い。
- ・ 家を出て避難する方が危険だと判断されている。
 - ・ 避難場所が上流(山側)にある。
 - ・ 避難ルートが河川沿いにある。

30日には、宮崎県から警戒レベルが4に上がる可能性有りとの連絡を受け、火口10km圏内を対象に避難準備情報発表の準備に入るが、31日午前4時の段階で、警戒レベルは上がることなく、非常配備体制のランクも下げた。3月28日には、災害対策本部体制から災害警戒本部に移行した（土石流による避難体制時には、再度、災害対策本部体制に戻されている）⁵⁾。

3) 霧島火山防災連絡会コアメンバー会議と政府支援チームの派遣

住民の避難計画策定など早急に講ずるべき対策について関係市町の取組をサポートするため、関係県・市町・国の出先機関及び火山専門家等から構成された「コアメンバー会議」を設置（政府支援チーム、国土交通省宮崎河川国道事務所、宮崎県、鹿児島県）し、噴火活動がより活発化した際の避難計画、土石流対策、降灰対策計画等について検討を実施した。第1回の会議は2月22日に都城市で開催されている。

政府支援チームは、内閣府、消防庁、農林水産省、国土交通省、気象庁の職員をメンバーとして、2月7日に派遣された。3月には政府支援チームにより「霧島山（新燃岳）の噴火活動が活発化した場合の避難計画策定のガイドライン」がコアメンバー会議に提示され、このガイドラインをもとに都城市や高原町では、避難に関する具体的なマニュアルや計画の策定が進められている（図 2.3.4.3）⁷⁾。なお、各機関の連絡や情報共有を迅速かつ円滑に行うために、噴火後テレビ会議システムが導入されている（図 2.3.4.4）⁵⁾。



図 2.3.4.3 高原町避難計画（素案）。避難対象地域から避難所までの経路やかかる時間が示されている。（2011. 3）⁷⁾



図 2.3.4.4 テレビ会議システム。噴火後設置されたもので国の出先機関や県、市町が結ばれている。（都城市）

2.3.5. まとめ

火山災害の場合、その現象は複雑で状況も常に変化するため、市町村にとって避難の判断や実施は最も難しい防災対応になる。今回の噴火では都城市や高原町で実際に住民の避難が行われた。とりわけ火砕流を警戒して避難措置がとられた高原町では、実際に状況を目の当たりにしての迅速な対応ではあったが、避難対象区域の設定で苦労されていたのも事実である。また、宮崎県では土石流に対する避難雨量基準の設定などで砂防専門家の助言や協力がたいへん役立ったと言われている。本噴火時には、コアメンバー会議の設置や政府支援チームの派遣が行われたが、地元自治体が気象台や砂防部局、火山や砂防の専門家等と一体となって情報共有し協議できる体制、いつでも技術的な助言が得られるような体制が、特に火山災害では不可欠だと考える。

また、今回の土石流による避難では、実際に避難した人はかなり少なかった。住民組織リーダーへのグループインタビューでも土石流への認知度の低さも指摘されていたが、一方で「避難する方が危険だと判断されている」との指摘も注目される。つまり、避難計画が噴火を対象としたもので、土石流を対象にした計画になっていないのではと考える。今後、継続した住民に対する啓発活動も必要であるが、土石流を想定した安全な避難ルートや避難先の特定、避難誘導方法等を具体的に定めた計画の策定が望まれるところである。

=====

参考文献 2.1, 2.2

- 1) 気象庁、日本活火山総覧（第3版）、p524-542、2005.
- 2) 福井敬一、坂井孝行、鳥巢啓多、小枝智幸、高木朗充、地殻変動源推定への火口地形の影響-霧島山新燃岳山頂部におけるGPS観測を事例に。日本火山学会2008年秋季大会予稿集、B22、2008.
- 3) 圧力源の位置、特に深さについては様々なモデルが提唱されており、そのため、推定膨張量も幅がある。例えば、国土地理院、気象庁、防災科学技術研究所、第118回火山噴火予知連絡会資料。
- 4) 下司信夫、斎藤元治、東宮昭彦、宮城磯治、古川竜太、

- 中野俊, 星住英夫, 宝田晋治, 霧島火山新燃岳 2011 年 1 月噴火を駆動したマグマ, 地球惑星科学連合大会, SVC050-04, 2011.
- 5) 産業技術総合研究所, 火山噴火予知連絡会拡大幹事会資料, 2011.
- 6) 産業技術総合研究所, 第 120 回火山噴火予知連絡会資料, 2011.
- 7) 中田節也, 霧島山(新燃岳)総合観測班, 霧島山(新燃岳)の 2011 年噴火の概要と噴火シナリオ, 地球惑星科学連合大会, SVC050-01, 2011.
- 8) 安藤忍, 桜井利幸, 藤原善明, 福井敬一, 「だいち」が捉えた 2011 霧島新燃岳の噴火経過, 地球惑星科学連合大会, SVC070-P29, 2011.
- 9) 東京大学地震研究所, 鹿児島大学, 北海道大学, 国際航業, 新燃岳 1 月 31 日火口内溶岩の体積, 第 118 回火山噴火予知連絡会資料, 2011.
- 10) Shimada, Verification processor for SAR calibration and interferometry, Adv. Space Res., 23, 8, 1477-1486, 1999.
- 11) 国土地理院, 霧島山周辺の地殻変動, 平成 23 年 12 月 8 日報道発表資料, 2011.
- 12) 清水収・地頭蘭隆・下川悦郎・山越隆雄・木佐洋志・瀧口茂隆・杉山光徳: 霧島山新燃岳の 2011 年 1 月噴火による降灰とその後の土砂移動, 砂防学会誌, Vol.64, No.3, 46-56, 2011.
- 13) 下川悦郎・地頭蘭隆: 桜島における表面侵食による土砂生産, 砂防学会誌, Vol.39, No.6, 11-17, 1987
- 14) 地頭蘭隆・下川悦郎・寺本行芳・永田治: 雲仙普賢岳周辺斜面における火山灰の分布と浸透能, 砂防学会誌, Vol.49, No.3, 33-36, 1996
- 15) 地頭蘭隆・下川悦郎: 火山灰に覆われた桜島山腹斜面における表面流出, 砂防学会誌, Vol.42, No.3, 18-23, 1989
- 16) 国土交通省九州地方整備局: 新燃岳周辺の土石流の発生条件に関する現状と今後の対応について, 1-30, 2011
- 17) 国土交通省九州地方整備局: 新燃岳噴火による降灰除去作業に係る車両の応援派遣, 同整備局ホームページ [http://www.qsr.mlit.go.jp/s_top/shinmoe/top\(kai\).htm](http://www.qsr.mlit.go.jp/s_top/shinmoe/top(kai).htm).
- 18) 国土交通省宮崎河川国道事務所・宮崎県・鹿児島県: 平成 23 年度第 2 回霧島火山緊急減災砂防計画検討分科会, 討議資料, 2011
- =====
- =====
- 参考文献 2.3
- 1) 宮崎地方気象台発表資料
- 2) 高原町, 宮崎県, 消防庁, 国土交通省発表資料
- 3) 高原町総務課ヒアリング調査結果, 2012.1.11
- 4) 宮崎県総務部危機管理局危機管理課, 宮崎県県土整備部砂防課ヒアリング調査結果, 2012.1.11
- 5) 都城市総務部危機管理課ヒアリング調査結果, 2012.1.10
- 6) 西岳地区自治公民館連絡協議会グループインタビュー調査結果, 2012.1.10
- 7) 霧島火山防災連絡会コアメンバー会議資料
- =====

火山の写真 桜島



2009 年 9 月 稲垣撮影

2.4. 復旧

2.4.1. 概要

2011 年 1 月 26 日から始まった新燃岳の噴火は、大量の火山灰や噴石等を噴出し、その後も、断続的な噴火を繰り返し、道路の通行等に影響を与えたほか、農作物等にも大きな被害を生じさせた。

2.4.2. 復旧

(1) 道路交通

大量の降灰による影響や噴石の可能性があるため、噴火に伴い、2011 年 1 月 26 日から宮崎県、鹿児島県内の国道、県道等において通行規制が実施された

(3 月下旬にはほとんどの通行止めの解除)。また、JR 九州吉都線でも降灰による運転見合わせ(2 月 2 日に運転再開)、宮崎空港では、1 月 28 日火山灰除去のため一時滑走路等を全面閉鎖した。2 月 5 日の宮崎県高原町における路面の降灰状況を図 2.4.2.1 に示す。道路等の降灰除去に関して、宮崎県では、県建設業協会との防災協定に基づく路面清掃業務の委託等により、通行規制(図 2.4.2.2)を行っている路線や幹線道路、市街地部の道路から優先的に降灰除去清掃作業を行っている¹⁾。

また、国土交通省九州地方整備局は、宮崎県、鹿児島県から要請を受け、国土交通省の北海道開発局及び全国の各整備局が保有する車両(散水車、路面清掃車、歩道清掃車等)を集結させ、宮崎県(都城市、日南市、高原町、串間市、小林市、三股町)、鹿児島県(霧島市)に噴火の翌日から応援派遣を行っている²⁾(図 2.4.2.3)。宮崎県では、県が窓口となって調整し、関係市町へ派遣する体制がとられている¹⁾。ただし、市町村道の路線数が多いため、幹線道路の降灰除去を優先的に実施しており、交通量が少ない生活道路までは、対応が困難な状況であった。

そのほか、鹿児島市は派遣支援を申し出、道路清掃車や散水車などとともに、市内の建設業でつくる「道路降灰除去協会」作業員ら約 40 人を宮崎県都城市と日南市に派遣している³⁾。



図 2.4.2.1 路面降灰状況
路面に堆積した灰が舞い上がり、
視界が悪くなっている。(高原町内、2011.2.5)

また、都城市では、西岳や山田地区の降灰厚が 2cm 以上の路線については、タイヤショベル等により集積し、ダンプトラックにて運搬している⁴⁾。



図 2.4.2.2 道路通行止め規制
(都城市夏尾町、2011.2.5)



図 2.4.2.3 国土交通省の災害復旧車両
(高原町、2011.2.5)

(2) 農業施設

降灰により、農地をはじめ、農道・水路等の農業用施設が埋没し、営農に支障を来した。ビニールハウスは、灰の重みや空振によりビニール等資材が破損、光線透過率も低下し、ハウス内作物の生育への影響が懸念されている。また、牛舎や倉庫が噴石や灰の重みにより破損・倒壊する被害も発生している(図 2.4.2.4)。



図 2.4.2.4 ビニールハウスに積もった火山灰
(高原町内、2011.1.31)

農地・農業用施設の降灰被害（図 2.4.2.5）からの復旧に関して、宮崎県では、県単独事業を拡充して降灰除去対策を新設し、集落の農業者をはじめとする地域住民が、農村地域内の農道や用排水路等に堆積した降灰の除去等を共同で行う活動に対する必要な資材、機械のリース料等の補助を行っている¹⁾。

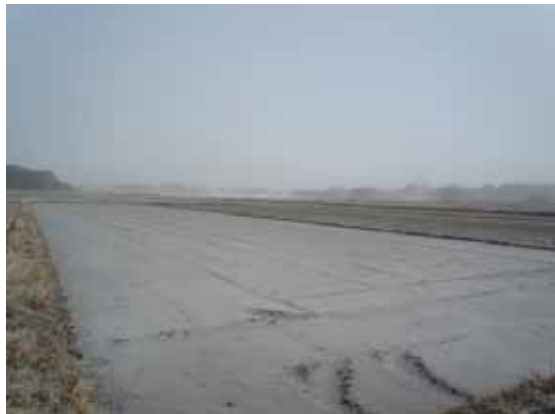


図 2.4.2.5 農地に積もった火山灰
（高原町内、2011.1.31）

（３）商工業への影響

都城市では、2011年2月に市内の事業者を対象に商工業影響調査⁵⁾が実施された。来客数、売上が減少と回答したのは約50%であった。噴火の前に、地元百貨店の閉鎖や鳥インフルエンザの問題が生じていたが、新燃岳噴火をその要因に挙げている割合は約6割で最も多かった。

聞き取り調査の結果からは、

- ・地元百貨店の閉鎖とのダブルパンチでの影響が大きい。
- ・各事業所は除灰作業を最優先で行っている状況。客足も3～5割減少しており、売上高も減少傾向にある。
- ・食料品を取り扱う商店の中には、野菜の入荷減少に伴う高値のため、店頭で野菜が並べられない店も出てきている。こうした状況が続くことで、客足減と仕入れコスト高騰の二重苦に苦しむ商店が増えている。

また、別に実施された観光関係者への聞き取り⁶⁾では、降灰などの具体的被害は少ないものの、風評被害等による来客減少、キャンセル増加などの影響を受けている事業所が多い、とされている。

（４）教育施設

宮崎県高原町では、噴火や自主避難の対応などにより、1月28日に、町内の町立小中学校6校（小学校4校・中学校2校）、県立高等学校1校が臨時休校となった。その後31日には、ほとんどの学校で通常授業が再開しているが、避難区域周辺の学校では、2月14日ようやく自校での授業再開となった（その間は他の学校での授業）⁷⁾。

宮崎県は、新燃岳火口から概ね15km以内にある県立学校における空振・噴石対策として、新燃岳に向いている教室等の窓ガラス（強化ガラスを除く。）に応急措置として、飛散防止のためのテープを貼る、必要に応じて屋外活動や登下校等でヘルメットの着用などの指導し、降灰対策では、屋上、雨樋、プールの降灰除去を通知している¹⁾。

（５）市民による降灰除去

宮崎県高原町や都城市などでは、1月26日の噴火から連日、大量の降灰があり、住民は灰の除去作業に追われた。家屋の屋根や庭などに多量の降灰が堆積し、パウダー状の灰の清掃は難しく、住民にとって大きな負担となっていた。また、除去作業中の屋根、はしご等からの落下による負傷事故も起こっていた。

宅地における降灰は、市町において家庭ゴミと同様の方法で、支援された市町の指定ゴミ袋や半透明のレジ袋など（図 2.4.2.6）で指定場所において収集し、処分地に持ち込んでいる。直接、個人が処分地に持ち込む場合もあった。

2月に入って、社会福祉協議会が中心となりボランティアの受付体制を整え（図 2.4.2.7）、降灰除去作業等に派遣を行ったが、住民にとって優先度の高い屋根の上での作業（図 2.4.2.8）は禁止されており、道路や庭先などでの作業が中心であった⁸⁾。



図 2.4.2.6 長崎県島原市より支援された降灰袋
（高原町内、2011.2.13）



図 2.4.2.7 町民やボランティアによる清掃活動
（高原町内、2011.2.13）



図 2.4.2.8 屋根の上での降灰除去作業
(都城市山田町，2011.2.5)

2.4.3. まとめ

火山災害は，被害や影響が広域化と活動・被害の長期化という2つの要素を持つ。すなわち，面的な被害と時間的な被害である。新燃岳の噴火では，特に，降灰がそのような状況を地域に与えた。

これに対する具体的な降灰対策も道路や農地，宅地における除去作業から，学校等の施設に対する対

策まで多岐に及ぶ。したがって，対応の緊急性や復旧の優先度等を考慮し，そのための対策のあり方を検討しておく必要がある。

=====

参考文献

- 1) 霧島山（新燃岳）噴火による被災及び対応状況 平成23年3月18日現在，宮崎県
- 2) 国土交通省九州地方整備局 新燃岳噴火による降灰除去作業に係る車両の応援派遣
- 3) 市政広報写真フラッシュ 平成23年1月31日 鹿児島市広報課発行
- 4) 降灰除去作業の現状と課題 都城市
- 5) 商工業影響調査 都城市，2012.2
- 6) 新燃岳の影響に関する電話聞き取り調査 都城市2012.2
- 7) 高原町災害対策本部資料
- 8) 西岳地区自治公民館連絡協議会グループインタビュー調査結果，2012.1.10

=====

火山の写真 開聞岳 池田湖 / 日本最南端の駅



2001年5月 稲垣撮影



2009年8月 今井撮影

3. 既往火山噴火被害（現象）

3.1. 雲仙普賢岳

3.1.1. 概要

（1）有史の噴火災害

雲仙火山は、島原半島の主部を占める活火山で、多くの溶岩ドーム群からなる複成複式火山である。有史以降、1663年、1792年、1990～1995年の3回の噴火があるが、いずれも主峰の普賢岳からの噴火であった。1663年の噴火では、普賢岳山頂付近の九十九島火口から噴火を開始し、北東山腹から溶岩を流出（古焼溶岩：噴出量約500万 m^3 ）した。その翌年には東斜面に土石流が発生して30余人が死亡した。1792年の噴火では、地獄跡火口から噴火後、北東山腹から溶岩を流出（新焼溶岩：噴出量約2,000万 m^3 ）した。噴火停止ほぼ1か月後に発生した地震により、東麓の眉山が大崩壊し、0.34 km^2 の岩屑が有明海になだれ込んだ。そのため、最大波高10mの大津波が発生し、死者1万5,000人に達する日本最大の火山災害となった。対岸の熊本県（当時の肥後国）でも被害甚大で、「島原大変肥後迷惑」として伝承されている。

（2）平成噴火の推移

1990～1995年の噴火は、約1年間の前駆的な地震活動の後に1990年11月17日、雲仙火山の主峰である普賢岳の地獄跡火口と九十九島火口で噴火（水蒸気爆発）が始まった。これは、1792（寛政4）年の噴火以来、実に198年ぶりの噴火となった（**図 3.1.1.1**）。その後、マグマ水蒸気爆発を経て1991年5月20日に地獄跡火口から溶岩を噴出開始し、溶岩ドームが成長を始め直径約60mの巨大な溶岩ドームが出現したが、翌日には二つに裂けた（**図 3.1.1.2**）。

5月24日には溶岩ドームが火口から溢れ、溶岩塊の崩落によって普賢岳東斜面に火砕流が発生した。以後、溶岩ドームの成長に伴い、火砕流が頻発するようになった。火砕流は計約6,000回発生したが、そのうち数回は流下距離が4kmを越えた。溶岩噴出量は、最盛期には1日に30～40万 m^3 に達したが、僅かながら噴出口を変え、複数の溶岩体（ローブ）を形成した（**図 3.1.1.3**）。



図 3.1.1.1 雲仙火山の主峰普賢岳の噴火
(1990年11月17日撮影)



図 3.1.1.2 巨大な溶岩ドームの形成と崩壊
(1991年5月21日、太田一也撮影)

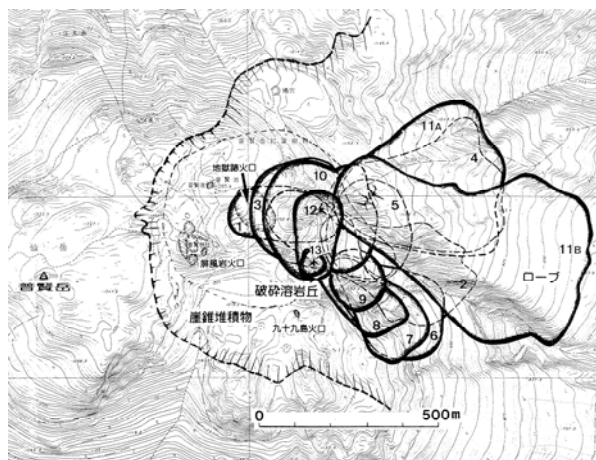


図 3.1.1.3 ローブ復元累積図

注) 1. 国土地理院1/5,000火山基本図使用。
2. 数字はローブ番号で、それぞれの最大成長時の輪郭を示す。現在は、あるものは埋没し、あるものは局部～全部崩落によって、ほとんど原形を留めていない。(太田一也、1996)



図 3.1.1.4 成長中の溶岩ドーム

(1992年11月27日、太田一也撮影)

注) 左から第8、第6、第4ローブ。中央右半に破碎溶岩丘が見られる。

1992年末には溶岩の噴出は一時ほとんど停止したが（**図 3.1.1.4**），1993年2月には復活し、以後増減を繰り返しながらローブや破碎溶岩丘を形成して、最終的には一つの巨大な溶岩ドームを形成した。

1995 年 2 月に噴火は終息したが、溶岩総噴出量は 2 億 m^3 で、そのうち約半分が溶岩ドームとして留まり、残りは成長過程で崩落し、火砕流堆積物となった。

3.1.2. 一次災害

(1) 火砕流

1991 年 6 月 3 日には火砕流が火口東方の水無川沿いに約 4.3km 流下し、島原市北上木場町で死者・行方不明者 43 人、建物約 170 棟の被害を出した（**図 3.2.1.1**）。



図3.2.1.1 1991年6月3日の火砕流
多くの死者を出した北上木場農業研修所跡
(1991 年 11 月 6 日 杉本伸一撮
影)

その後、6 月 8 日には 6 月 3 日を上回る大火砕流が発生し、水無川沿いに約 5.5km 流下したが、警戒区域の設定により火砕流の範囲は無人状態であったため、人的な被害は生じていない。

1991 年 9 月 15 日の火砕流では、大野木場小学校が焼失した。度重なる災害による警戒区域設定の長期化は、住民生活のあらゆる方面に深刻な影響を与えた。



図3.1.2.1 被災前の定点
駆け下る火砕流を真正面から捉えられる絶好の
撮影ポイント（テレビ長崎 撮影）

1992 年には火砕流は南東方向へ多く流下し、しだいに赤松谷を埋めていった。被災前の定点を**図 3.1.2.1**、現在（2006 年）の定点を**図 3.1.2.2**にそれぞれ示す。

また、1992 年 9 月 27 日に発生した火砕流が家に迫る状況を**図 3.1.2.3**に示す。



図3.1.2.2 現在の定点（2006年10月26日撮影）



図3.1.2.3 民家に迫る火砕流
(1992年9月27日 杉本伸一撮影)

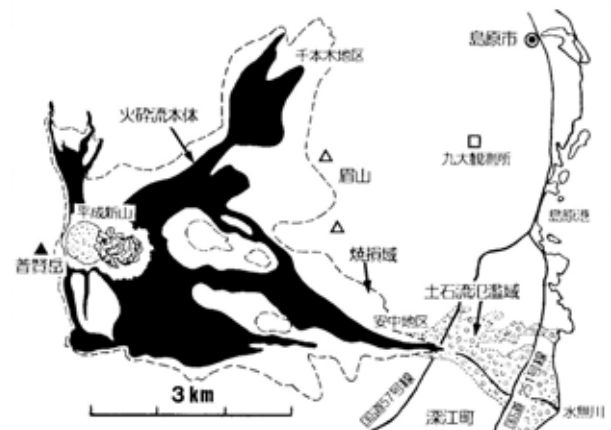


図3.1.2.4 全期間の火砕流流下範囲

(2) 1993 年に入ると、火砕流の流下方向は北東斜面のおしが谷や中尾川方面が多くなった。そして 1993 年 6 月 23 日の中尾川方向の火砕流では、島原市千本木地区の多数の家屋が焼失したほか、警戒区域内の自宅を確認に行った市内の男性が全身やけどで死亡した。

溶岩ドームの巨大化で、1994 年には北方向の湯江川や三会川方面に初めて火砕流が流下した。1995 年 2 月には溶岩噴出が停止し、同年 3 月 30 日には九州

大学太田教授より「普賢岳の噴火活動はほぼ停止」と表明があり、5月25日には火山噴火予知連絡会より「マグマの供給と噴火活動はほぼ停止状態にある」という統一見解が発表され、最数的に1996年5月1日を最後に火砕流の発生は止んだ。

しかし、溶岩ドームは依然として不安定な状態で残っており、今後も地震や大雨等による崩落の危険があることから、警戒区域については、範囲を縮小しつつも2011年現在でも設定が続けられている。図3.1.2.4に全期間の火砕流流下範囲を示す。

3.1.3. 二次災害

1991年5月15日未明に水無川において最初の土石流が発生し、島原市、深江町の117世帯461人が避難した。同年6月30日には、集中豪雨により普賢岳を水源とする水無川、赤松谷川、湯江川、土黒川で土石流が発生した。6月30日の日降水量は島原市で226mmに達し、特に17～18時に45mm、18～19時には78mmの強い雨が降った。このため、18時過ぎに中尾川上流で土石流が発生した。水無川における土石流の発生時刻は不明であるが、土石流の先端は火口から約7km下流の有明海に達し、安徳地区を中心に甚大な被害を及ぼした。この土石流による建物被害は148棟にも上った。

1992年3月1、15日には水無川で土石流が発生し、道路や島原鉄道が一時寸断された。同年8月8、12、15日には茶屋の松橋付近から溢れた土石流が流域の30haにわたり、氾濫、国道251号や島原鉄道が埋没したほか、家屋や農地等に大きな被害をもたらした流域の家屋355棟が全半壊した。

1993年4月28日04時頃から降り始めた雨は、雲仙岳測候所で29日10時30までに総雨量238mmに達し、このため水無川で数回の土石流が発生、338棟の家屋が全半壊した（図3.1.3.1）。また、この日初めて中尾川においても土石流の発生が認められ、南千本木町で家屋被害が発生した。



図 3.1.3.1 土石流により押し流された自動車
(1993年4月29日撮影)

また、同年5月2日に水無川、中尾川で数回の土

石流が発生し被害が拡大した。また土石流発生の度に島原市は一時孤立状態になった（）。



図 3.1.3.2 土石流による水無川の被害状況
(1993年5月2日)



図 3.1.3.3 1993年7月4日中尾川で発生した土石流
(1993年5月2日 杉本伸一撮影)

6月13～15日、6月18～19日にも水無川、中尾川で数回の土石流が発生した（図3.1.3.4）。



図 3.1.3.4 土石流による安中地区の被害状況
(1993年6月20日撮影)

土石流は、1991年5月15日に水無川で発生して以来、現在に至るまで続いている。

3.1.4. まとめ

雲仙普賢岳の噴火災害を特徴づける現象は、何といっても溶岩ドーム崩落型火砕流と土石流である。とくに、火砕流はわが国における近年の噴火災害で数多くの映像記録が得られたこともあり、火山学的にも運動メカニズムや被害特性に関する多くの知見が得られた。

噴火によって山麓斜面に堆積した火山灰などの火山砕屑物が、その後の降雨によって土石流化するこ

とは有珠山 1977～78 噴火でも知られていたが、雲仙普賢岳では、火砕流堆積物が厚く覆った水無川や中尾川で頻発したことも、モンスーン地帯における火山災害を考える上で多くの経験を残した。

また、噴火の長期化によって島原市を始めとする地域に社会的・経済的影響が深刻となり、被災者支援などの課題が顕在化した。火山国であるわが国の噴火災害対策の議論を進展させた意義も大きい

火山の写真 新燃岳(霧島火山)



2011 年 2 月 アジア航測撮影

3.2. 有珠山

3.2.1. 概要

有珠山の1977年の活動は、外輪山内側で発生した。噴火前兆の群発地震は、約30時間と過去の噴火よりも短かった。1977年8月6日から有感群発地震が発生し、最初の噴火は、8月7日午前9時12分に山頂カルデラ、小有珠斜面からのプリニー式の軽石噴火で始まった（第1火口形成）（図3.2.1.1）。北海道大学地球物理学科が直ちに観測陣として現地向かい、四十三山（明治新山）の麓に地震計を設置して地震観測を開始した。その夜から、大きな軽石噴火などが続き、避難を余儀なくされた。

第1期の軽石噴火が1週間続いた後、第2期の散発的な小規模水蒸気爆発の段階へ移行した。そのまま終息するかに見えたが、約1年後にマグマ水蒸気～マグマ爆発期が再開、山頂部に銀沼火口が形成された¹⁾。また、マグマの貫入により、有珠山山頂部の地形は大きく変化し、潜在溶岩ドームである有珠新山が誕生した。



図 3.2.2.1 有珠山 1977 年噴火の噴煙柱
提供：国際航業株式会社

3.2.2. 一次災害

（1）1977～1978 年の活動

1977年の山頂の大変動の影響は北～東山麓にも（図3.2.2.1）および、建物や道路・水道などのライフラインが地殻変動により破壊された（図3.2.2.2）。



図 3.2.2.1 過去4回の噴火の地殻変動範囲
出典：有珠山地域防災ガイドブック²⁾



図 3.2.2.2 1977-78 年噴火で生じた地殻変動
出典：有珠山地域防災ガイドブック²⁾

（2）2000 年の活動

2000年には有珠山の西山麓で噴火が発生した。噴火前兆の群発地震は、約3日間と前回の噴火に比べて長かった。有珠山山頂の北西側の金比羅山や西山西方でマグマ水蒸気爆発～水蒸気爆発が発生し、多数の火口が形成された³⁾。

国道230号下にマグマが貫入し、潜在溶岩ドームが形成された。周辺の道路や建物などはマグマの貫入に伴う地殻変動の影響で破壊された（図3.2.2.3）。この地殻変動の影響は1977-78年噴火よりも広範囲におよび（図3.2.2.3）、道央自動車道やJR室蘭本線への影響も生じた⁴⁾。また、有珠山の2000年噴火では、火口から直接流出する熱泥流が発生し、橋梁の流出や建物への被害が生じた（図3.2.2.4）。



図 3.2.2.3 有珠山 2000 年噴火で生じた地殻変動
提供：国際航業株式会社



図 3.2.2.4 有珠山 2000 年噴火で発生した熱泥流
出典：有珠山地域防災ガイドブック²⁾

3.2.3. 二次災害

(1) 1977～1978 年の活動

第 2 期の水蒸気爆発によってもたらされた降下火山灰は細粒であった。降雨とともに泥雨として降った場合や降灰後の雨などで水分を含んだ場合、樹木や作物に容易に付着する性質があり、農業や林業に大きな被害を生じた。また、乾燥するとモルタル固化し、浸透能を低下させ、土石流を発生させやすくする性質があった⁵⁾。

1978 年 10 月 24 日未明に局地的な豪雨があり、有珠山の周辺で多数の土石流が発生した(図 3.2.3.1)。この土石流に巻き込まれ、虻田町の洞爺湖温泉で 3 名の犠牲者がでていた。この図には、第 1 期の降下軽石の等層厚線が破線で、第 2 期の降灰の等層厚線が点線で示されている。土石流の発生域と、第 2 期の降灰分布域との対応がよいことがわかる。

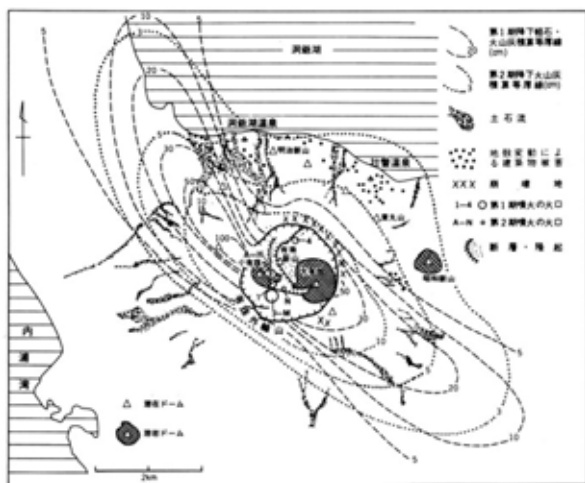


図 3.2.3.1 有珠山 1977-78 年噴火に伴った、降灰と土石流、地殻変動災害発生域⁵⁾

(2) 2000 年の活動

2000 年の噴火では、火口周辺に細粒火山灰が比較的厚く堆積したにもかかわらず、降雨による二次的な土石流や泥流は発生しなかった。2000 年 3 月 31 日にはじまった噴火は、30%ほど本質物質を含む⁶⁾、マグマ水蒸気爆発であった。噴煙は、高度 3500m に達し、上空の風により、降下火山灰は火口周辺から、北東方向に堆積した(図 3.2.3.2)。



図 3.2.3.2 有珠山 2000 年 3 月 31 日噴火⁷⁾

噴出量は 2.2×10^8 kg であった⁶⁾。この噴火中には、ごく小規模ながら低温の火砕サージも観測された。この降灰は表面に細粒火山灰が付着した砂質のものであった。この初期の降灰について、金毘羅山付近で試料を採取し、 1.49×10^{-2} (cm/sec) という浸透能が報告されている⁸⁾。この値は通常の降雨で表面流が発生しないレベルで、土石流が発生しなかったことと、調和的である。

一方、2000 年噴火で形成された多数の小火口からは、断続的に茶色の気泡を多く含んだケーキのような粘土質塊が多数吹き飛ばされた。この堆積物の浸透能は、火口から直接溢流した泥流と同様の、小さい値を示した。しかし、粘土サイズで密度が大きく、きわめて粘着質であり、移動しにくいものであった。これらの原因で二次泥流災害を生じなかったものと思われる。

3.2.4. まとめ

最近の有珠山の噴火は、山腹での潜在円頂丘の形成と、それに伴う地殻変動やマグマ水蒸気爆発や水蒸気爆発で特徴づけられる。山頂での噴火を伴うこともある。堆積した火山灰の厚さや粒径によっては、地表面の浸透能を著しく低下させ、大雨の際に二次的な泥流や土石流を生じることがある。また、降雨によらずに、火口から直接熱泥流が溢れ出す活動も 1910 年と 2000 年に発生している。火山活動や地殻変動による地形の変化は、泥流や土石流の発生時に流下するための沢が存在しないという状況を生じさせることがある。

参考文献

- 1) 岡田 弘, 有珠火山, 下鶴大輔・荒牧重雄・井田喜明編, 火山の事典, p.551-554, 1995.
- 2) 伊達市・虻田町・壮瞥町・豊浦町・洞爺村, 有珠山地域防災ガイドブック, p.27, 2003.
- 3) 北海道新聞社編, 2000 年有珠山噴火, 北海道新聞社 p.287, 2002.
- 4) 廣瀬亘・田近淳, 有珠山 2000 年噴火における西麓の地表変形, 火山, 47, p.571-586, 2002.
- 5) 曾屋龍典・勝井義雄・新井田清信・堺幾久子・東宮昭彦, 1:25,000 有珠火山地質図, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2007.
- 6) 遠藤邦彦・大野希一・国方まり・諸星真帆・鈴木正章・西村裕一・長井大輔・千葉達朗・陶野郁雄, 有珠山 2000 年噴火におけるマグマ水蒸気爆発, 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, 36, p.65-73, 2001
- 7) アジア航測株式会社, 2000 年 3 月 31 日噴火の噴煙, 有珠山 2000 年噴火のページ, 2000, <http://www.ajiko.co.jp/bousai/usu/usu2.htm>
- 8) 寺嶋智己・白井知樹・鈴木 寛・田中永晴・中井裕一郎, 有珠山 2000 年噴火噴出物の透水性について(速報), 森林総合研究所北海道支所研究レポート, 54, 2000, <http://www.ffpri-hkd.affrc.go.jp/koho/rp/rp54/report54.htm>

3.3. 三宅島

3.3.1. 概要

三宅島火山は、東京の南 200km に位置する活火山で、1085 年以来多数の噴火記録が残されているが、山腹割れ目噴火が多く、最近では 20 年おきに活動する傾向があると指摘された¹⁾。2000 年の噴火は、岩脈貫入、海底噴火、カルデラ、火山灰や低温火砕流、火山ガスの放出と、有史では前例のない種類の活動であった。

三宅島は直径約 8km のほぼ円形の島で、中央部の雄山の周りに直径約 2km の八丁平カルデラと直径約 4km の桑木平カルデラが 2 重に取り囲む。三宅島火山では、山頂噴火と山腹割れ目噴火が繰り返されてきたため、放射状に配列する火口列やそこから流下する溶岩地形が明瞭である。また、海岸近くでは、大路池や新瀦池など、マグマ水蒸気爆発によるマール地形が見られる (図 3.3.1.1)。

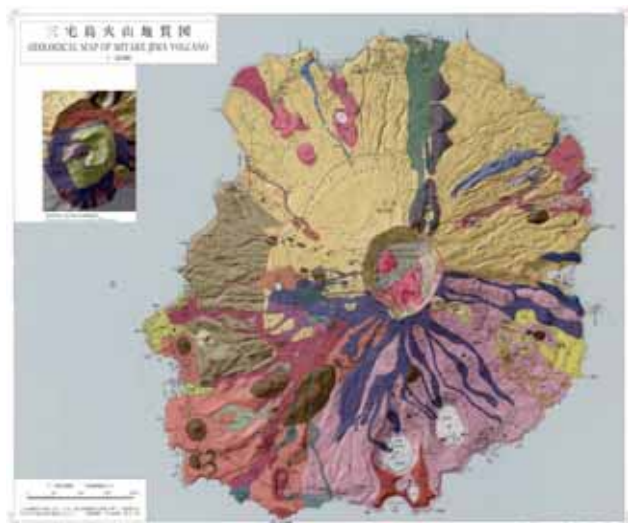


図 3.3.1.1 三宅島の火山地質図²⁾
(2000 年噴火後、産総研による)

3.3.2. 一次被害

(1) 1983 年噴火

1983 年 10 月 3 日、14 時頃から群発地震が発生し、15 時 15 分に、二男山付近 (七島展望台付近) で割れ目噴火が始まった。割れ目は徐々に拡大し、17 時過ぎには、約 3km の溶岩噴泉となった。20 時以降は少数の火口からストロンボリ式噴火を行った。噴出したマグマは、東側にスパッター丘を作るとともに、大半は西側に溶岩となって流下した。溶岩流のうち最大のものは、西海岸の阿古に流入し 340 戸を埋没させた。

一方、割れ目火口の南方延長は、17 時頃になって、標高 100m の新瀦池付近に達し、激しいマグマ水蒸気噴火が起こった。新鼻海岸にタフリングが形成されるとともに、新瀦池は、すぐそばにできた火口からの噴出物で完全に埋め立てられた。灰色の噴煙は数千 m に達し、噴出物の大部分が降下火砕物として

強い西風に流され、坪田方面の住宅、農地、山林に降り積もって被害を与えた。最終的に、割れ目は延長 4.5km、火口は 90 個以上に達した (図 3.3.2.1)。

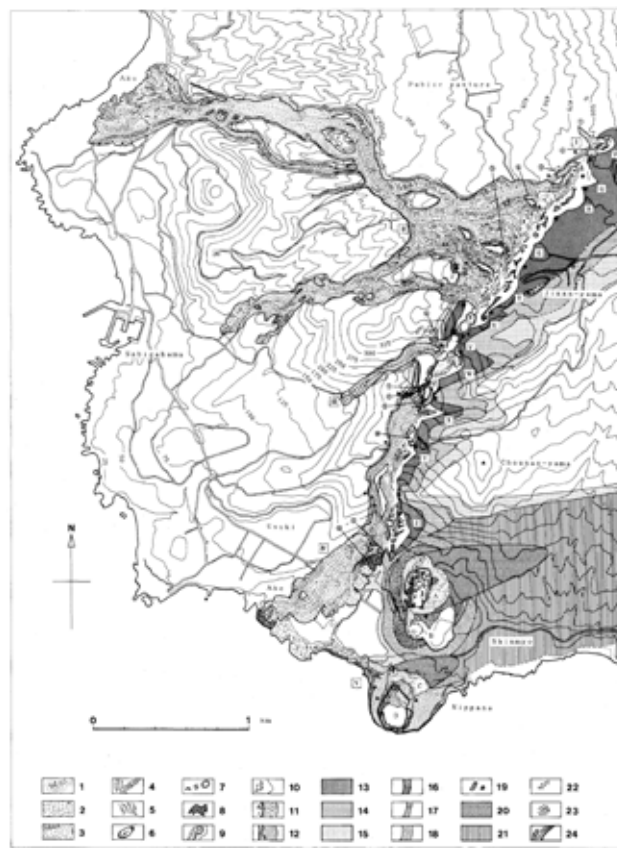


図 3.3.2.1 三宅島 1983 年噴火の地形分類図³⁾

(2) 2000 年噴火の経緯

2000 年 6 月 26 日 18 時 30 分頃から、群発地震と山体膨張が観測された。地震発生から 1 時間で噴火した例もあるため、緊急火山情報が発表され、災害対策本部が設置された⁴⁾。ところが、割れ目噴火は発生せず、翌日朝に三宅島西方の海底で小噴火があった。地震の活動中心は三宅島から北西 30km にある神津島近海に向かって移動していった。三宅島からマグマが移動し、噴火は終息に向かうかと思われた。ところが、7 月 8 日 16 時過ぎ、山頂付近で小規模な噴火発生し、翌朝、山頂に直径 1 km の陥没が形成されているのが確認された⁵⁾ (図 3.3.2.2)。



図 3.3.2.2 三宅島山頂雄山の陥没⁶⁾

陥没部分は日々拡大し、8 月末には八丁平カルデラにほぼ匹敵する、直径 1.6km、深さ 450m に達した。また、7 月 14～15 日には、規模の大きな水蒸気爆発が発生し、三宅島の北東側の 1/4 が、火山豆石を含む細粒な火山灰で覆われた。都道沿いで 10cm、火口縁で 1m 程度の厚さであった。火山灰には硫黄分が多く含まれていたために石膏分が生じ、モルタルのように固まって斜面を広く覆った(図 3.3.2.3)。

また、杉の植林地では、杉葉付着した火山灰の重さで、枝が落ちる被害が続出し、杉の幹だけが残る状況となった。地表面を火山灰が覆った流域では、7 月 26 日の降雨で、二次災害である土石流が発生した。



図 3.3.2.3 7 月 14-15 日噴火の火山灰
(雨にぬれる前、7 月 22 日千葉達朗撮影)

また、杉の植林地では、杉葉付着した火山灰の重さで、枝が落ちる被害が続出し、杉の幹だけが残る状況となった。地表面を火山灰が覆った流域では、7 月 26 日の降雨で、二次災害である土石流が発生した。

8 月 10 日の噴火は、比較的小規模であった。天候も晴天であり、泥流の発生は予測していなかった。しかし、上空に寒気が流れ込んでいたために、大気が不安定で、噴煙は白い積乱雲状に発達し、火山灰を含んだ泥雨となって降下した(図 3.3.2.4)。泥雨の多かった、三宅島東部では泥流が発生し、道路に被害を生じた。



図 3.3.2.4 8 月 10 日噴火と泥雨の状況
アジア航測撮影、アジア航測ホームページより⁶⁾

8 月 18 日 14 時に、最も激しいマグマ水蒸気噴火が発生した。噴煙は 15,000m にまで上昇した。無風だったこともあり、火山灰は、島内全域に堆積し、中腹の村営牧場地区では、火山岩塊や火山弾が多数落下し、牛が 15 頭亡くなる被害を生じた(図 3.3.2.5)。



図 3.3.2.5 8 月 18 日噴火による噴煙
坪田より肉倉真撮影⁶⁾

8 月 29 日早朝に、時速 10km 以下と低温火砕流が発生して北麓、南西中腹に流下した(図 3.3.2.6)。これは、噴煙の温度が低いために浮力が不足して、噴煙柱崩壊が発生してカルデラ内に落下、その後跳ね返るように溢れ出して、カルデラ外をゆっくりと流れたものである。いわゆる普通の火砕流に比べて、低温・低速(時速 10 km 程度)であるため、火砕流と呼ぶかどうかという議論もあったが、その後の現地調査で火砕流の産状が報告されている。



図 3.3.1.6 8 月 29 日の低温火砕流
三宅高校より千葉撮影⁷⁾

この低温火砕流は、北側で海に到達した。温度は三宅島測候所の観測 30 度程度を記録している。火山灰は水分に飽和しており、付着性がきわめて高く、停電なども発生した。この火砕流の発生は、9 月 1 日からの全島避難のきっかけともなった。

(3) 2000 年噴火の噴出量

2000 年噴出物の見かけ体積の総量はおおよそ 0.01km^3 (図 3.3.2.7) と、1940 年, 62 年, 83 年に匹敵する噴出量であったが, その過半は既存の溶岩, 変質した溶岩の碎屑物であって, 本質物の割合は最も高い 8 月 18 日噴出物で 40%程度である⁹⁾. 一方, 陥没した体積は噴出物の 50 倍以上に相当する 0.6km^3 であった¹⁰⁾.

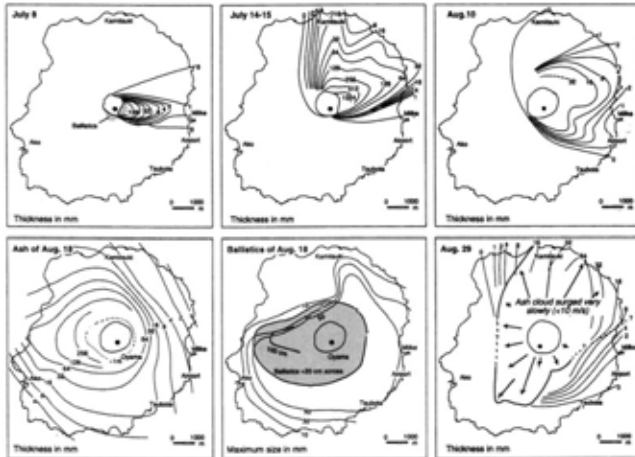


図 3.3.1.7 三宅島 2000 年噴火の等層厚線図⁸⁾

(4) 火山ガスの放出

2000 年 8 月下旬からは, 火口から二酸化硫黄などの火山ガスの放出が顕著となった. そのため, 島民の帰島は 2005 年まで延期せざるを得なかった. 2000 年から最近までの, 火山ガスの推移を示す (図 3.3.2.8).

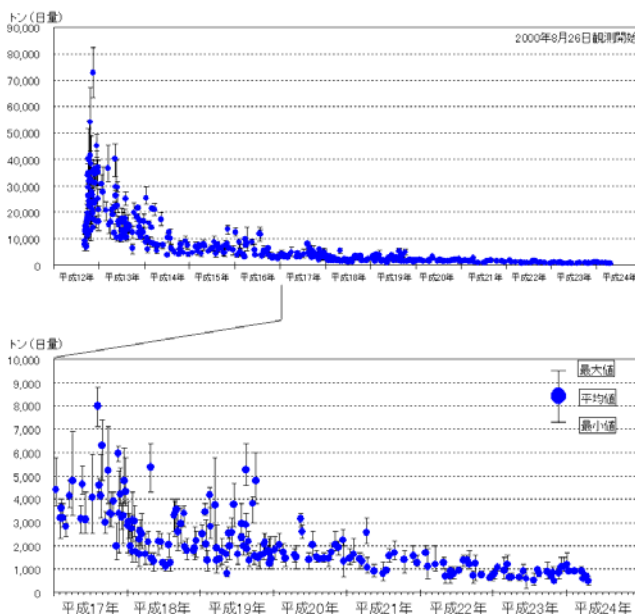


図 3.3.2.8 三宅島の火山ガス放出量の推移¹¹⁾

(4)火山ガスの放出

2000 年 8 月下旬からは, 火口から二酸化硫黄などの火山ガスの放出量が顕著となった. 9 月~12 月の

平均では 4.2 万 t/日となっており, このような高い値は世界でも例を見ない. この火山ガスの放出は, 2005 年の帰島まで継続したが, 現在でも完全に収まっていない.

=====

参考文献

- 1) 宮崎務, 歴史時代における三宅島噴火の特徴. 火山, 29, p.1-15, 1984
- 2) 気象庁, 昭和 58 年 (1983 年) 三宅島噴火調査報告, 験震時報, 49, p.1-472, 1984
- 3) 津久井雅志・川辺禎久・新堀賢志, 三宅島火山地質図, 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 2005, <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db099/volcmap/12/index.html>
- 4) 遠藤邦彦・田場穰・千葉 達朗・宮地直道・隅田まり・早川栄一, 1983 年 10 月三宅島噴火の経緯と噴出物—火山灰層序学的検討を中心に—, 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, 19, p.9-43, 1984
- 5) 大野希一・中田節也・笹井洋一・長井雅史・森博一, 三宅島 2000 年噴火の山頂地形とその噴出物, 東京大学地震研究所ホームページ, <http://www.geo.chs.nihon-u.ac.jp/quart/Miyake/0714/0714.html>
- 6) アジア航測, 三宅島 2000 年噴火のページ, <http://www.ajiko.co.jp/bousai/miyake/miyake.htm>
- 7) 千葉達朗, 2000 年三宅島噴火の 8 月 29 日 5 時 50 分に発生した火砕流, 火山工学入門, 表紙写真解説, p.1-1, 2009
- 8) 中田節也・長井雅史・安田 敦・嶋野岳人・下司信夫・大野希一・秋政貴子・金子隆之・藤井敏嗣, 三宅島 2000 年噴火の経緯—山頂陥没口と噴出物の特徴—, 地学雑誌, 110, p.168-180, 2001
- 9) 宇都浩三・風早康平・斎藤元治・伊藤順一・高田 亮・川辺禎久・星住英夫・山元孝広・宮城磯治・東宮昭彦・佐藤久夫・濱崎聡志・篠原宏志, 三宅島火山 2000 年噴火のマグマ上昇モデル—8 月 18 日噴出物および高濃度 SO_2 火山ガスからの考察—, 地学雑誌, 110, p. 257-270, 2001
- 10) 高田亮, 玄武岩質火山成長に伴うカルデラ形成—重力崩壊モデル—, 地学雑誌, 110, p. 245-256, 2001
- 11) 気象庁, 三宅島火山ガス (二酸化硫黄) 放出量 http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/320_Miyakejima/320_So2emission.htm
- 12) 津久井雅志・新堀賢志・川辺禎久・鈴木裕一, 三宅島火山の形成史, 地学雑誌, 110, p. 156-167, 2001

=====

3.3.3. 二次災害

2000 年噴火による火山噴火二次災害の特徴は、火山灰による植林、農作物、構造物への被害の後の、降水による道路・ライフラインへの泥流・土石流による被害である。また、長期的には火山ガスの噴出は山頂付近の森林被害を大きくしただけでなく、復旧工事の障害となった。さらに、火山ガスは住民の長期島外避難を余儀なくし、社会的に大きな問題となっている。二次災害の主なものは以下のとおりである。

- ① 火山灰の流出に伴う構造物、農作物、森林、海洋生物への被害
- ② 火山泥流・土石流による構造物、道路、ライフラインへの被害
- ③ 火山ガスによる二次災害対策の遅れ

図 3.3.3.1 は雄山山頂付近の火山噴火とそれに引き続く火山ガスの噴出による森林被害状況である。立ち枯れの樹木や倒木が多く、溪流沿いにはガリーやリルが認められる。流木混じりの泥流が頻繁に発生していることを示している。図 3.3.3.2 は、溪流の上～中流部にある環状林道の泥流による路盤流失被害である。溪流には流木が多く、流木混じりの泥流のすごさと侵食力の大きさが示されている。それとは対照的に、図 3.3.3.3 には泥流末端部のシトリ神社の土砂埋積被害を示している。神社自体に破損は少なく、周辺の樹木も立木のまま埋積している。これは、傾斜の緩くなる泥流末端部付近では流速が衰え、流体中の土砂も巨礫は含まず、スコリアや砂サイズのものが多くなるため衝撃力が小さくなるからである。

図 3.3.3.4 は、復旧工事により施工された砂防ダムに流れ込む溪流のガリーや新しい砂状の堆積物の状況である。新設された砂防ダムにより、今後とも流出土砂が捕捉されていくことを示している。また、周辺植生についてもスギ植林を中心に立ち枯れの被害が多い。図 3.3.3.5 に、火山噴火に伴う泥流により被災した家屋を示す。



図 3.3.3.1 山頂付近の噴火や火山ガスによる森林被害



図 3.3.3.2 環状林道の泥流による路盤流失被害

二次災害への対策としては、応急対応と恒久的な対策を行う復旧対策がある。図 3.3.3.6 は、土のうによる流路工は応急対応の例であり、この上流で現在施工中の砂防ダムが完成すると大型土のうは取り除かれ、元の道路として復旧される。図 3.3.3.7 に示すのは、2003 年 3 月には完成していた復旧対策の砂防ダムの状況であり、空スペースの大きい規模の大きな砂防ダムである。対策としては、噴火対策、泥流対策、土石流災害対策、火山ガス対策がある。これらの対策は既存技術や新技術、IT 技術を利用して、住宅・農地、河川海岸、森林、ライフライン、港湾・空港を整備している。



図 3.3.3.3 泥流末端部の椎取神社の土砂埋積被害



図 3.3.3.4 泥流による溪流のガリーとスギ植生の被害



図 3.3.3.5 火山噴火に伴う泥流により被災した家屋



図 3.3.3.6 土のうによる流路工の応急対応



図 3.3.3.7 砂防事業の復旧対策の砂防ダム

3.3.4. まとめ

三宅島は近年では 1940, 1962, 1983 年の概ね 20 年おきに噴火を繰り返してきた。有史以後は、山頂から北一東南東、西一南南西の方向の山腹の割れ目火口から噴火するが、時に山頂噴火を伴う。噴火期間は比較的短く、噴火パターンは、群発地震を前兆とし、数時間から数日程度の割れ目噴火から山頂噴火に至ることが知られている。

2000 年の噴火は、6 月 26 日の群発地震から始まった。緊急火山情報が発表され、噴火前に災害対策本部が組織された。この噴火では、山腹割れ目噴火

は発生せず、翌 6 月 27 日 9:00 に三宅島西方約 1km で小規模な海底噴火が発生した。その後、マグマは島外に移動し、西海岸で地割れを生じた。

更に、神津島での群発地震を発生させ、三宅島の噴火は終息したかに思えた。ところが、7 月 8 日 18:43 三宅島雄山で水蒸気爆発が発生、少量の火山灰を噴出した。翌朝、山頂部に直径 1km 弱の陥没が生成されているのが確認された(図 3.3.3.8)。地下のマグマだまりからマグマが島外に流出、空洞が陥没して生じた。

更に 7 月 14-15 日にマグマ水蒸気爆発が発生し、大量の細粒火山灰が島内の北東側に堆積した。

その後 7 月 36 日に少量の降雨で泥流が発生したことにより、対策を講じることとなった。8 月 18 日には最大の噴火が発生、噴煙は 14,000m に達し、島内の各所に火山灰が降り積もった。その後、10 日の大気不安定による降雨、12 日の台風通過、18 日の大噴火に繋がり、8 月 29 日には火砕流(低温)が発生して海岸部に到達した(図 3.3.1.6)。

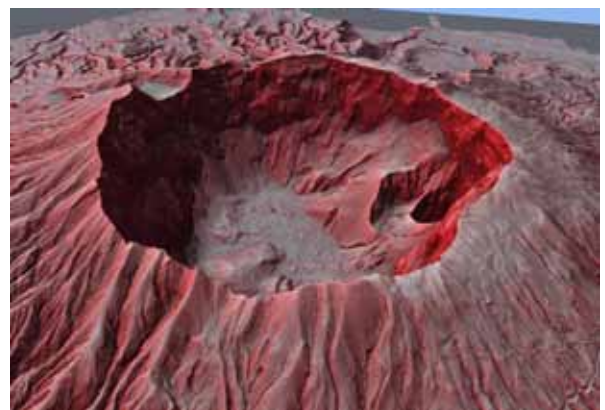


図 3.3.3.8 三宅島山頂雄山の陥没³⁾
(赤色立体図 アジア航測解析)

その後、8 月中旬には陥没火口内の噴火口から二酸化硫黄が大量に放出された。9 月 12 月の平均では 4.2 万 t/日となっており、世界でも例を見ない。この火山ガスの放出は今も収まっていない。

このため、2000 年 9 月 1 日に全島避難が決定され、島民に避難指示が発令された。2005 年 2 月の避難指示解除まで、実に 5 年にわたる避難となった。この間には高濃度の火山ガスが噴出する中、泥流・土石流対策、インフラ復旧等が続けられた。避難解除後も島内では火山ガス高濃度地区への居住禁止や安全確保対策が進められている。

三宅島の 2000 年噴火は、三宅島中央部にカルデラ形成を伴うものであった。地下数キロのマグマだまりの蓋が開いたような状況となり、高濃度の火山ガスが長期間にわたり、放出された。同様の現象は約 2500 年前の八丁平カルデラ形成時にもおこったと考えられており、カルデラ内を溶岩が満たして越流するのに 2000 年を要した⁵⁾。

これまでの、火山災害予測は最近数百年程度の傾向をもとに推定を行うことも多かった。低頻度かつ規模の大きな火山災害を、どのような予測をし、どのような対策をとればいいのか、難しい課題を突き付けられたといえよう。

=====

参考文献

- 1) 三宅村:三宅島噴火の記録 2008 年 2 月
<http://www.miyakemura.com/kiroku/index.html>

- 2) 内閣府:三宅島噴火災害教訓情報資料集
<http://www.bousai.go.jp/mfs/index.htm>
3) アジア航測:三宅島 2000 年噴火のページ
<http://www.ajiko.co.jp/bousai/miyake/miyake.htm>
4) 気象庁 火山のページ 三宅島
http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/320_Miyakejima/320_index.html
5) 津久井雅志・新堀賢志・川辺禎久・鈴木裕一, 三宅島火山の形成史, 地学雑誌, 110, p. 156-167, 2001
- =====

火山の写真 三宅島



2002 年 12 月 稲垣撮影

3.4. 伊豆大島

3.4.1. 概要

伊豆大島は、相模湾上にある火山島で、中央部に直径 2.5km の北東に開いたカルデラがあり、その中心に三原山がある。過去 500 年の活動は三原山に限られていた。1950-51 年の噴火では、三原山の火口から溶岩流があふれ出したが、カルデラ内にとどまった。集落は、島の外周道路沿いに点在し、北に岡田港、西に元町港がある。ここでは、1986 年噴火を整理する。

(1) 前兆現象

1986 年 7 月に火山性微動が観測され徐々に連続的となった。また、11 月 12 日に竪坑状火孔壁から噴気が出始めた¹⁾。

(2) A 火口の活動

11 月 15 日 17 時 25 分頃、三原山にある直径 300m の中央縦穴火口南壁（のちの A 火口）で噴火が始まった。高さ 200-300m の連続的溶岩噴泉の活動が続き、噴煙は高さ 3,000m に達した。A 火口のマグマは徐々に、粘性が上昇、間欠的に花火のような爆発をするストロンボリ式噴火となった。溶岩は約 360 万 m³/日の噴出率で竪坑状火孔を埋めため²⁾、19 日 10 時頃には展望台付近の火口縁を越え、溶岩流となってカルデラ床まで流れ下った(LA 溶岩流、**図 4.3.1.1**)。19 日 23 時頃から噴火・微動活動が衰え、その後散発的に爆発が起こる活動が続いた

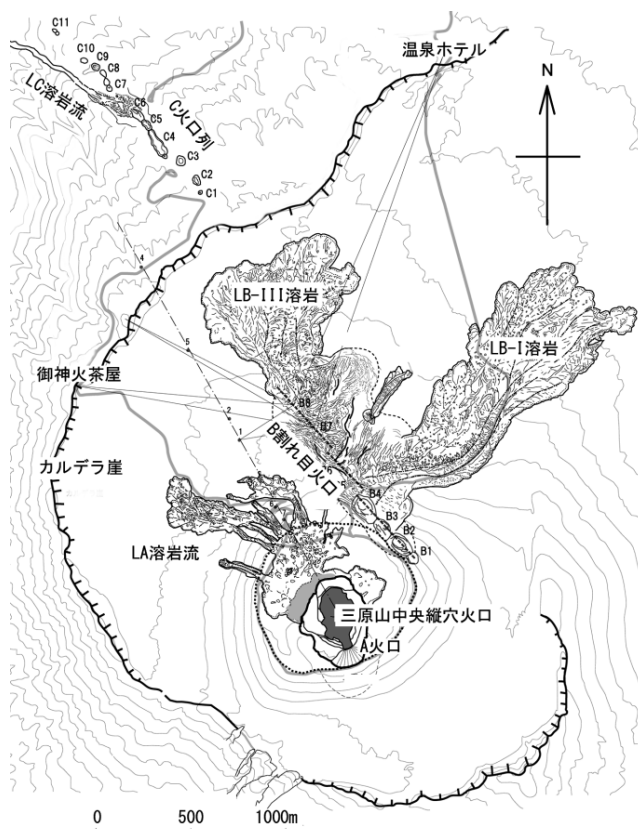


図 3.4.1.1 伊豆大島 1986 年噴火の火口と溶岩流³⁾

(3) BC 火口の活動

11 月 21 日午前中から爆発が強くなり、黒煙を伴うものも起こるようになった。14 時頃からカルデラ北部で地震が群発するようになり、カルデラ縁付近では有感となった。三原山北西のカルデラ内で、溶岩流の調査中の日大調査団の至近距離で、突然北西—南東方向の割れ目噴火が始まった (**図 3.4.1.2**)。割れ目噴火の発生は想定外であった⁴⁾。



図 3.4.1.2 突然の割れ目噴火の開始 (B8, B7 火口)
(1986 年 11 月 21 日 16:15 宮地直道撮影)

16 時 44 分には A 火口も活動を再開した。B 火口列は大規模な溶岩噴泉活動を続け、溶岩噴泉の到達高度は 1,600m に達した⁵⁾、降下堆積したスパッターは火砕性溶岩 (LB-I, LB-III 溶岩) となって北方と北東方に溶岩が流出した。風によって東に流された、スコリア・火山灰が島の東部に堆積した²⁾。

17 時 45 分に B 火口列の延長線上、カルデラ外の北西斜面で新たな割れ目噴火が始まり (C 火口列、**図 3.4.1.1**)、18 時頃には溶岩が流下し始めた。溶岩流は谷沿いに元町に向かって流れ下り、元町火葬場から 70m の地点まで達した (LC 溶岩流)。合同対策本部は 21 日夜、全島民に対して島外避難命令を出し全員離島となった。

(4) 11 月 21 日以降の活動

21 日夜半から 22 日未明にかけて A 火口、C 火口列での噴火はおさまり、剣ヶ峰付近の B2 火口の細粒火山灰を放出する噴火が 23 日午前中まで続いた。

23 日午後、B 火口列の火砕丘の北東肩の一部を持ち上げるようにして LB-II 溶岩流の流出があり、長さ約 300m に達した⁴⁾。これは、噴火初期に噴出した SiO₂ 成分に富んだスパッター等が、上部を覆った SiO₂ により乏しい噴出物の熱で再溶融して噴出した、二次溶岩流であった。

12 月 17 日午前から火山性微動が観測され、18 日 17 時 23 分に A 火口で噴火が始まった。噴火は火山弾を放出する花火型の噴火で、19 時 30 分頃まで続いた後鎮静化した。火口から 1 km の範囲に火山弾が降下した。

(5) 噴出量

11月15日から19日までの噴出物量は約2,930万トン、11月21日の噴出物量は約2,900万トンである⁶⁾。特に、B火口の噴火では、火口列の近くには、粗粒な火山弾・スパッターが集積して、最大層厚約50mのスコリア丘を形成した。同時にやや細粒なTB2スコリアは、島の東半部を広く覆った(図 3.4.1.3)。

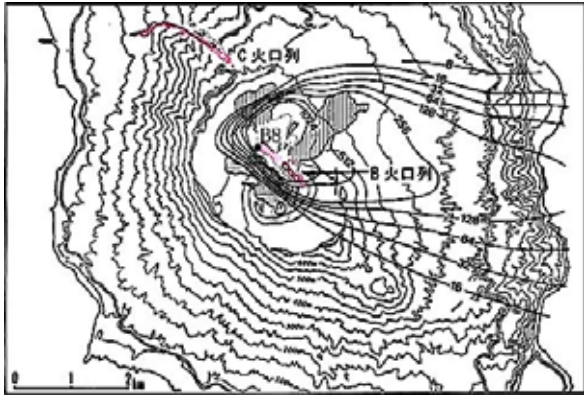


図 3.4.1.3 TB2 降下スコリアの分布²⁾
(単位 mm)

(6) 岩石

11月15日から始まった、三原山山頂A火口の噴出物は $\text{SiO}_2=52.5\text{--}53.2\text{wt}\%$ 程度の斜長石斑晶がやや目立つ輝石玄武岩であった。これは1950-51年噴火の噴出物と類似していた。一方、割れ目火口(B, C火口列)からの噴出物は $\text{SiO}_2=54.5\text{--}67\%$ の無斑晶質安山岩からデイサイトと広い組成範囲を示し、A火口噴出物とは明確に異なる組成で、マグマ溜りが独立していたことを示すと考えられている⁷⁾。

(7) 1987年の活動

1987年7月頃から山頂部での地震が増加、元の竪坑状火口縁に沿った環状噴気が活発になった。11月16日10時47分に大音響とともに爆発し、三原山周辺に竪坑状火口を満たしていた溶岩の破片を飛び散らせ、竪坑状火口は約30m陥没した。18日にも噴火し、陥没により直径350-400m、深さ約150mの竪坑状火口が再現した。

この噴火は、中央竪穴火口に形成された溶岩湖の崩壊であった。溶岩湖は、表面と壁の近くだけが固化して、内部は未固結だったのだ。表面の、水蒸気爆発をきっかけに、地下数キロのマグマだまりに、段階的に逆流し、戻ったと考えられている⁸⁾。

3.4.2. 一次被害

1986年伊豆大島噴火による、一次被害は以下のとおりである。

(1) カルデラ外での割れ目火口の生成

御神火茶屋へ続く有料道路を横断するように火口列が生じたために、御神火茶屋へ自動車で行くことが不可能になった。温泉ホテル側の道路は通行可

能だったので、温泉ホテルと御神火茶屋をつなぐようなカルデラ崖ぞいの道路を拡張した。

(2) 溶岩流の流下

LA 溶岩流によって、三原山の縁にあった火口茶屋(木造)が炎上し埋没した。隣接する神社は残ったが、わずかに高い位置にあったのと、鉄筋コンクリート製であったためであった。また、御神火茶屋と三原山を結ぶ、有料歩道と登山道が埋没した。この道路の復旧は、溶岩流を掘削する必要があると、10年を要した。C火口列の噴火により、長沢にはLC溶岩流が流れ込み、元町の東まで埋め立てられた。途中の林道が、溶岩流により侵食・埋積された。

(3) 降下スコリアの堆積

東側の周遊道路上では、最大層厚20cmほどの降下スコリアが堆積し、スリップのために車が通行できない状態となった。また、三原山周辺の裏砂漠を覆ったスコリアは、噛み合いがよく風による砂の移動を妨げるものであった。スコリアの堆積後、三原山全体に植生が繁茂、砂漠のような独特の景観は失われつつある。(図 3.4.2.1)。



図 3.4.2.1 御神火茶屋からみた三原山の景観の変化
(撮影は上から、千葉2006、千葉1996、渡辺1951)

(4) 地割れや断層による道路の寸断

B火口噴火の開始の直前、カルデラ内で、火口列と平行な地割れを確認した。割れ目噴火の開始は、地割れの調査中のことであった。

また、B火口列の噴火開始後、御神火茶屋の北東側の自動車道路で、30cmの断層が確認されている。

これは、カルデラ外で17時47分に生じたC火口群の火口列の方向に平行しており、噴火の前兆を示すものと考えられている。また、島の全域にわたって多数の地割れや亀裂が発見された⁹⁾。多くは割れ目火口と同様北西-南東方向の亀裂だった。特に、波浮港の北側の奥山付近では、道路を横断する段差のために通行不能となった。これらは、岩脈の貫入によるものと考えられている。

(5) LC 溶岩による埋め立て

C6 火口から流出した LC 溶岩流は、長沢に流れ込み、元町の東にある火葬場から 70m の地点まで到達した。途中にある林道も寸断された¹⁰⁾。

(6) 火山灰による航空機の被害

11 月 21 日の B 火口の噴火は、噴煙の到達高度が 16,000m まで達し、かなり東方まで火山灰の影響が及んだ (図 3.4.2.2)。この灰雲に 4 機のジェット旅客機が遭遇(表 3.4.2.1)、そのうちの 3 機が被害を受けた¹¹⁾。



図 3.4.2.2 伊豆大島 1986 年 11 月 21 日の火山灰¹¹⁾

表 3.4.2.1 火山灰による航空機被害¹¹⁾
伊豆大島 1986 年 11 月 21 日噴火

VA Encounter at Izu-Oshima Eruption on 21st Nov. 1986				
	B747	DC8	DC10	B747
Location	60nm South of Narita	40nm East of Oshima	60nm East of Oshima	?
Altitude(ft)	20000-30000 ↑	30000-26000 ↓	20000-23000 ↑	17000-10000 ↓
Static Discharge	On Windshield	None	On Windshield	?
Odour	Odour like Burning Wood	Unusual Odour	None	?
Damage or Debris	None	Ash debris of small particle like fog patches	Erosion on W/S. Stab. Found VA in pitot tube	Fine Scratches on Windshield

3.4.3. 二次被害

1986 年伊豆大島噴火では、山頂噴火や山麓の割れ目噴火に伴う溶岩流やスコリアの噴火が主たる現象であった。このため、山腹で表面流出を発生させやすい火山灰の堆積は小さく、島民の避難したことによる有形・無形の損害は聞いているが、一次災害の後に発生することが多い土石流などの二次災害はほとんど見受けられなかった。溶岩や降下スコリアは透水性が高く、降雨が地盤に浸透しやすいことが原因である。

3.4.4. まとめ

(1) 想定外の噴火

伊豆大島 1986 年噴火は、開始直後、「御神火の再来」と大歓迎された。ギリ貧であった観光客が増えると考えられたのである。ところが、11 月 21 日の割れ目噴火の発生は、全くの想定外で、少なからぬ混乱をもたらした。割れ目噴火の火口列が北に伸びていたこともあり、まず、北側の岡田地区に避難指示が出され、元町に避難した。ところが、そのタイミングで、カルデラ外での C 火口群の噴火が始まり、元町からは赤々と噴き出す溶岩噴泉が見え、谷底を溶岩が元町に迫ってくるという状況となった。そこで、元町は危険であるという認識が生まれ、さらに南の波浮港方面への避難方針が示された。しかし、その後、波浮港の先で、都道に地割れが生じていることが確認され、島の南東側での水蒸気爆発の危険性が指摘された。また、波浮港は大型船の入港ができないということもあり、波浮港にあふれた 4000 人の島民を元町港に戻すことになった。このころには、C 火口群の噴火は、小康状態となっていたのである。しかし、この短時間の避難指示の変更は現場の混乱を招き、たくさんのバスが元町と波浮の間を無駄に往復する混乱を生じた。

(2) 全島避難

全島民を収容する避難スペースは元町ではなく、全島民を島外に避難させざるを得ないことは明らかであった。この後、朝までの間に元町港を中心とする港から、全島民約 11,000 人の島外避難が極めて整然と行われた。

これは、東京大学伊豆大島火山観測所が観測を続けており、その情報が当日来島していた火山研究者を通じて、行政当局防災機関に直ちに伝えるとともに、適切な助言を与えることができたこと。あらかじめ、海上自衛隊、海上保安庁、東海汽船に協力の要請を行い、それらの船艇が総力を挙げたこと、当日がべたなぎで天候に恵まれたことも大きな要因の 1 つである¹²⁾。

(3) 現状の課題

2012 年現在、東海汽船の大型船は減船が続ки、定員は 1986 年当時の半分にも満たない。島内のバスの台数も半減している。近い将来、同じような噴火が発生し場合に、1986 年のように島外に迅速に避難することは困難であり、島内での避難計画が立案されている¹³⁾。東京大学伊豆大島火山観測所も無人化され、気象庁の伊豆大島測候所も廃止されている。これらの点も、火山防災上の懸案事項として指摘されている。

===== 参考文献

1) 阪口圭一・奥村晃史・曾屋龍典・小野晃司、伊豆大島火山 1986 年の噴火-地質と噴火の歴史-、1:25,000、特殊地質図、地質調査所、26、1987

2) 遠藤邦彦・千葉達朗・谷口英嗣・隅田まり・太刀川茂樹・

- 宮原智哉・宇野リベカ・宮地直道, テフロクロノロジーの手法に基づく 1986~1987 年伊豆大島噴火の経緯と噴出物の特徴, 火山, 33, 伊豆大島特集号, p.32-51, 1988
- 3) 千葉達朗, 伊豆大島 1986 年噴火の経緯と溶岩流, 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要 (応用地学), 23, p.49-66, 1988
- 4) 千葉達朗, 伊豆大島 1986 年噴火 LB 溶岩--火砕成溶岩の形成プロセス--, 月刊地球, 28, 4, p.265-275, 2006
- 5) 阿部勝征・高橋正義, 伊豆大島カルデラ床での割れ目噴火(1986 年 11 月 21 日)の推移--写真解析による調査--, 東京大学地震研究所彙報, 62, 2, p.149-162, 1987
- 6) 長岡正利, 伊豆大島噴火による地形変化, 国土地理院時報, 66, p.23-33, 1987
- 7) 藤井敏嗣・荒牧重雄・金子隆之・小沢一仁・川辺禎久・福岡孝昭, 伊豆大島火山 1986 年噴火噴出物の岩石学的特徴, 火山, 33, 伊豆大島噴火特集号, p.234-254, 1988
- 8) 井田喜明・山岡耕春・渡辺秀文, マグマ後退期の火山活動の発生機構--1986 年 12 月以後の伊豆大島火山噴火の解釈--, 東京大学地震研究所彙報, 63, 2, p.183-200, 1988
- 9) 遠藤秀典・釜井俊孝・角井朝昭, 伊豆大島火山 1986 年の活動に伴って島内の広範囲に形成された地表割れ目, 地質調査所月報, 38, 11, p.649-658, 1987
- 10) 国立防災科学技術センター, 昭和 61 年(1986 年)伊豆大島噴火災害調査報告書, p.1-67, 1987.
http://dil.bosai.go.jp/publication/nied_natural_disaster/pdf/28/28.pdf
- 11) Onodera saburo, Prevention of volcanic ash encounters in the proximity area between active volcanoes and heavy traffic routes, Proceedings of the 2nd International Conference on Volcanic Ash and Aviation Safety, Session 5, 21-25, 2004
- 12) 火山情報等に対応した火山防災対策検討会, 噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針-別冊参考資料集, 内閣府, 2008
<http://www.bousai.go.jp/kazan/kentakai/index.html>
- 13) 笹井洋一(2006), 東京都伊豆大島の避難計画, 国際シンポジウム「火山防災と広域避難」--イタリア・ベスビオ火山 60 万人の避難計画--報告書, p.54-59, 山梨県環境科学研究所, 2006
- =====

火山の写真 Merapi



2011 年 9 月 安養寺撮影

3.5. セントヘレンズ

3.5.1. 概要

1980年5月18日にアメリカ合衆国ワシントン州にあるセントヘレンズ火山が1842年の噴火から138年を経て大規模な噴火を起こした。以下、Foxworthy¹⁾による報告をもとに記述する。

1980年3月20日に地震活動が観測されて以来、徐々に活動が増加してきた。3月27日には山頂火口から火山灰噴火が始まった。その後山頂付近の氷冠に形成された亀裂が拡大し、合衆国地質調査所USGSは山体崩壊を伴う大規模噴火を想定し、周辺からの避難を呼びかけた。

5月18日8時32分(USA太平洋夏時間)、山体直下1.6kmで地震マグニチュード5.1の地震が発生し、それとともに山頂部が北側に大崩壊して、噴煙柱が24,000mまで上昇した。崩壊土砂は2.79km³と見積もられ、崩土は北側山麓部の約60km²を平均45mの厚さで覆った。

山体崩壊とほぼ同時に細粒子を含むブラスト(爆風)が480km/hr以上の速度で約840km²の範囲に広がった(図3.5.1.1)。ブラスト堆積物は山麓部で1m、縁辺部で2cm堆積し、温度は350℃程度と推定されている。山体崩壊後、図3.5.1.2に示す馬蹄形カルデラが形成された。

火砕流も発生し、土砂量1.2億m³、速度80～130km/hr、温度700℃以上と見積もられている。

さらに融けた氷河と雪と土砂が混ざって泥流となり、トゥートル川を流下し、コロンビア川支川のカウリッツ川を経て、コロンビア川まで流入した。

成層圏に噴き上げられた火山灰と細粒軽石は、偏西風に乗って3日間でアメリカ大陸を横断し、15日間で地球を一周した。降灰面積は約57,000km²に及び、降灰堆積深は風下16km付近で30cm、480km離れた地域でも1.3cm程度あり、火山灰量は1.1km³と推定されている(図3.5.1.3)。



図3.5.1.1 1980年5月18日の噴煙柱



図3.5.1.2 山体崩壊で形成された馬蹄形カルデラ

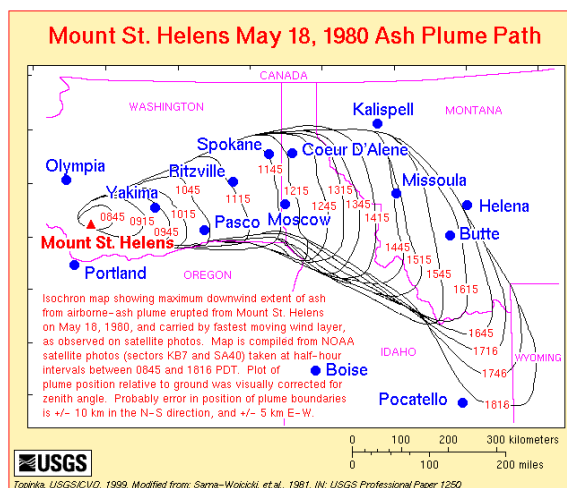


図3.5.1.3 火山灰の拡散

3.5.2. 一次災害

(1) 降灰被害²⁾

噴火数時間後には州道が総延長2,900kmにわたり閉鎖され、州間ハイウェイ90は1週間閉鎖された。数1000キロの郡道、市道などは短いもので数時間、永い場合は数週間通行止めが続いた。地域内の航空路は噴煙の影響を受け、空港は滑走路に積もった火山灰により影響を受けた。空港閉鎖は3～7日間、欠航は計1,030便に及んだ。鉄道は道路や航空路よりは影響が少なかったが、計器トラブルが2日間ほどあった。鉄道路の除灰は道路や空港ほど深刻ではなかった。

(2) ブラスト被害²⁾

ブラストは、火口の北西から東北東の約120°に広がり、半径13kmの範囲では全植生とほとんどの土壌が失われた。さらに東北東18kmから北側と北西側22-24kmでは老齢木はなぎ倒され、植生の一部がブラストと降下碎屑物により埋没した。破壊されたエリアの周辺では、幅2-3kmの量による温度低下で植生が失われた。ブラスト範囲の土木施設被害は最小であった。

(3) 岩屑なだれ被害²⁾

移動土砂量は2.5km³。スピリット湖の湖岸線がノースフォーク・トゥートル川の下流側24kmに広がっ

た。スピリット湖の公共・私有建物と訪問者施設は消滅した。州道 504 号はセントヘレンズの森林限界からノースフォーク・トゥートル川の岩屑なだれ末端までの約 32km が永久に埋没した。州管理の 7 橋の内 2 橋はこの区間にあって失われた。さらに林野局と民間会社の林道と橋梁は何キロにもわたって破壊された。

(4) 泥流被害³⁾

トゥートル川 Toutle River の泥流は最初に岩屑なだれ堆積物の再移動によって形成された。川沿いの全壊家屋数は約 200 戸であった。土木施設被害は、州道 504 号は林業基地のベイカーキャンプからトゥートル町までの約半分が約 2m にわたり埋没した。何キロもの民間林道と森林鉄道、カウリッツ郡道も

数 km にわたって埋没した。破壊または大規模な被害を受けた道路延長は、以下のとおりであった。

- ・ワシントン州道：48km, 林野局管理道：38km,
- ・カウリッツ郡道：16km, 私有道：198km, 総計 300km (その他森林鉄道 27km)
- ・破壊または深刻な被害を受けた橋梁は 27 箇所以内
内訳は、州道 504 号 5 橋流出 (全数 7 橋), 林道橋 15 箇所・森林鉄道橋 5 箇所, カウリッツ郡道橋 2 箇所であった。
- ・カウリッツ川に流入した泥流は、河川沿いの地域で氾濫し、地域給水設備と下水処理設備の機能障害を生じた。
- ・南麓のルイス川に発生した泥流は、スイフト貯水池に流入したが、下流への被害はなかった。

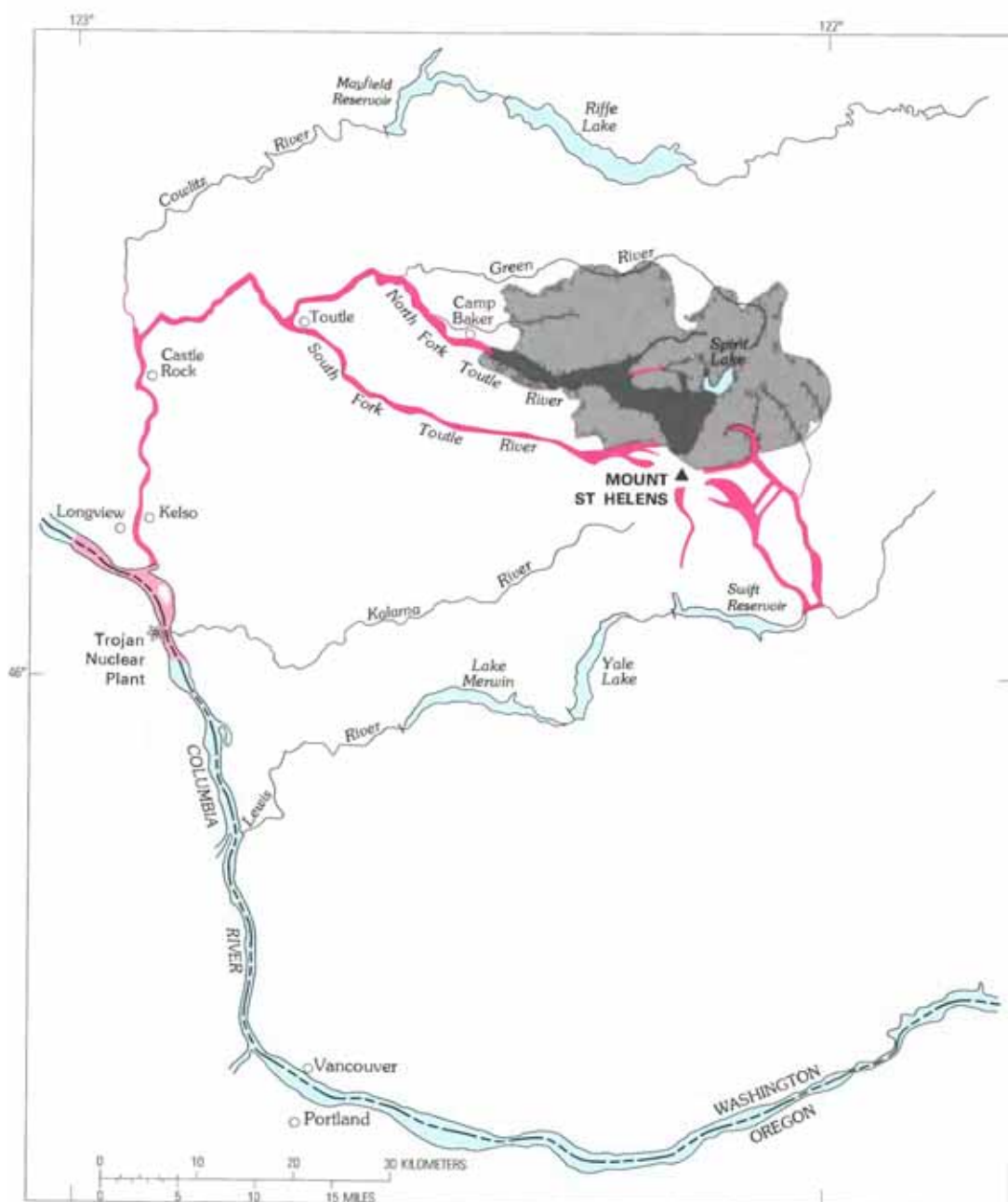


図 3.5.3.1 セントヘレンズ噴火の土砂移動範囲³⁾

3.5.3. 二次災害

(1) コロンビア川の河床上昇³⁾

カウリッツ川の泥流と洪水はコロンビア川に流入し、コロンビア川河口より 100～120km 区間に $34 \times 10^6 \text{m}^3$ の土砂が堆積した。カウリッツ川合流地点で最大 12m 河床上昇が生じ（図 3.5.3.2）、船舶の航行が不能となった。舟運の回復には夏の間まで要した。

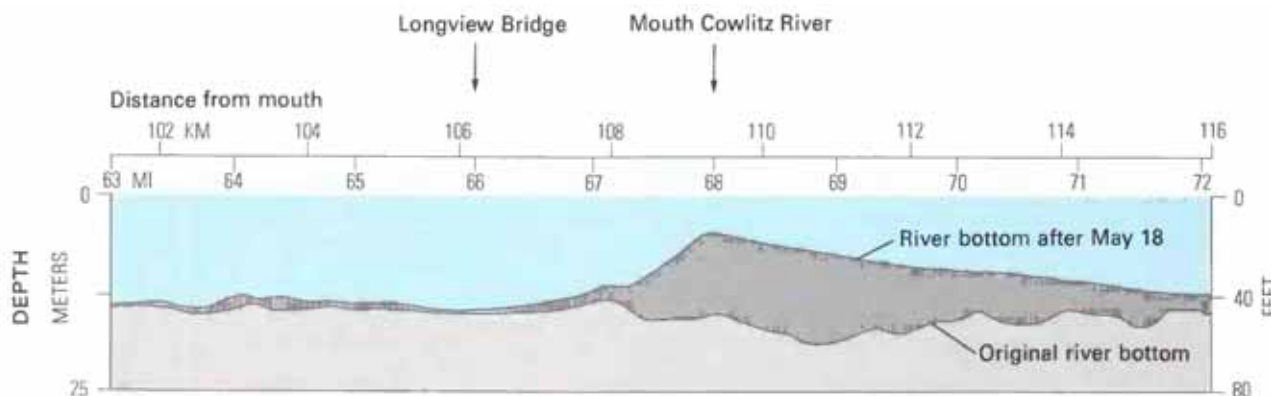


図 3.5.3.2 コロンビア川の河床上昇³⁾

(2) 噴火後の土砂流出⁴⁾

1980～81 年の冬期出水時には $17 \sim 28 \times 10^6 \text{m}^3$ の土砂流出があると推定された⁵⁾（米国太平洋岸は冬期に大雨や豪雪を伴う嵐に襲われやすい）。実際には推定を下回ったが、その後 20 年間以上にわたって土砂流出が継続した。

3.5.4. まとめ

セントヘレンズの噴火は、20 世紀最大級の噴火で、とくに山体崩壊と岩屑なだれが人類の眼で初めて観察されたことが火山学的にも意義が深い。また、破局的噴火の約 2 ヶ月前から前兆現象が検知され、火山監視体制が強化されて、噴火に至るまでの詳細なデータが得られたことも、その後の火山噴火予測に多大な影響を与えた。

噴火によって発生した現象は、ハザード評価で想定されていた現象とほぼ一致し、ハザードマップの有効性も検証された。

破壊が人口密度の低い地域に集中したため、人的被害は少なかったが、広域の降灰や、泥流が社会に与えた影響は少なからず大きなものであった。直接被害額は、当初 25 億ドルと見積もられていたが、その後 8 億 6 千万ドルに修正された。その内、森林被害が半数の 4 億 5 千万ドルを占め、被害樹木の除去などに 2 億 7 千万ドル、橋梁や道路など公共資産被害が 8 千 5 百万ドル、農業被害が 3 千 9 百万ドルと見積もられている⁶⁾。間接被害額を見積もった資料がないので不明であるが、総被害額は 50 億ドル以上になると考えられる。

参考文献

- 1) Foxworthy, B.L., Hill, M.: Volcanic Eruptions of 1980 at Mount St. Helens the first 100 days, Geological Survey Professional Paper 1249, 1981
- 2) Shuster, R.L.: Effects of the Eruptions on Civil Works and Operations in the Pacific Northwest, The Eruptions of Mount St. Helens, Washington (edited by Lipma, P.W. and Mullineaux D.R.), Geological Survey Professional Paper 1250, p701-718, 1981
- 3) Lombard, R.E., Miles, M.B., Nelson, L.M., Kresh, D.L., Carpenter, P.J.: The Impact of Mudflows of May 18 on the Lower Toutle and Cowlitz Rivers, The Eruptions of Mount St. Helens, Washington (edited by Lipma, P.W. and Mullineaux D.R.), Geological Survey Professional Paper 1250, p693-699, 1981
- 4) Pierson, T.C.: Flow Behavior of Two Major Lahars Triggered by the May 18, 1980 Eruption of Mount St. Helens, Washington, Proceedings of the Symposium on Erosion Control in Volcanic Areas, Technical Memorandum of PWRI, No. 1908, p99-129, 1983
- 5) Dunne, T. and Leopold, L.B.: Flood and Sedimentation Hazard in Toutle and Cowlitz River System as a Result of the Mount St. Helens eruption, Federal Emergency Management Agency, Region X, 1981
- 6) Sorensen, J/ H.: Emergency response to Mount St. Helens' eruption: March 20 to April 10, 1980, Natural Hazard Research, Working Paper #43, University of Colorado, 1980

3.6. エイヤフィヤトラヨークトル

3.6.1. 概要

アイスランド国のエイヤフィヤトラヨークトル(Eyjafjallajökull)は、首都レイキャビクから東方約125kmに位置する(図 3.6.1.1¹⁾)。エイヤフィヤトラヨークトルは標高 1666m で、南麓斜面は農地として利用されている。

エイヤフィヤトラヨークトルは、2010 年 3 月 20 日から噴火を開始し、4 月の噴火では火山灰がヨーロッパ北部にまで到達し、ヨーロッパ各地で空港閉鎖や欠航が生じた。

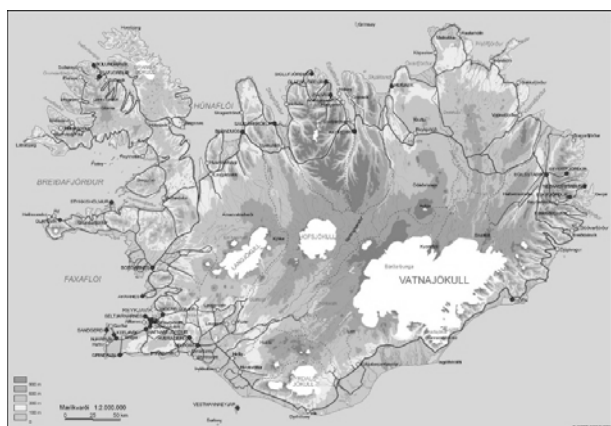


図 3.6.1.1 位置図

出典：Landmælingar Íslands ホームページ

3.6.2. 一次災害

(1) 火山活動の推移

エイヤフィヤトラヨークトルの活動は山麓での割れ目噴火から山頂での爆発的噴火へ移行した。それぞれの推移について、Gudmundsson et al.(2010)²⁾より要約して示す。

1) 割れ目噴火の推移

エイヤフィヤトラヨークトルでは、群発地震と地殻変動が1994年、1999年、2009-2010年に確認されており、これらは地下4~6kmにシルとしてマグマが貫入したイベントと解釈されていた。2010年噴火前の地殻変動は以前のイベントと同様であったが、火山性地震の発生頻度はかなり高かった。マグマが地表面へ貫入・上昇し始めたことを反映し、火山性地震の震源は時間とともに次第により浅くなった。火山性地震の活動域は火山の東側に移動し、3月20日の23時30分(UTC)、割れ目噴火を開始した。この噴火は溶岩を流出する穏やかな噴火(図 3.6.2.1³⁾)で4月12日に終了し、大きな被害は発生しなかった。

2) 山頂噴火の推移

4月13日の23時30分(UTC)に山頂カルデラ直下で火山性地震が確認され、数時間継続した。噴火の開始を示唆する低周波地震は4月14日の01時15分(UTC)に発生した。噴煙柱は4月14日早朝に確認され、06時50分に氷河の融解に伴う洪水の発生が火山北側で確認された。噴火してから3日間は噴煙

や雲に覆われたため、航空機 SAR を用いた状況把握を行った。航空機 SAR により、山頂カルデラの氷河に複数の孔が形成されたことと、北側へ洪水が流下していることが確認された。

4月14日の噴煙は高さ約10kmに達し、火山灰の放出は3日間継続した(図 3.6.2.2)。火山灰は南東側に分布し、ヨーロッパの大部分にまで到達したが、噴火の5日目までには噴火の勢力はおさまった。4月21日から5月2日に火口から北側へ溶岩が流出し、ギーガユークルト(Gígjökull)氷河を流下し、通過域の氷河を融かした。火山活動は5月に入っても継続し、火山灰がしばしばヨーロッパまで到達した。この噴火で火山南方の農場には火山灰が堆積して損害を与えたものの、死者は報告されていない。

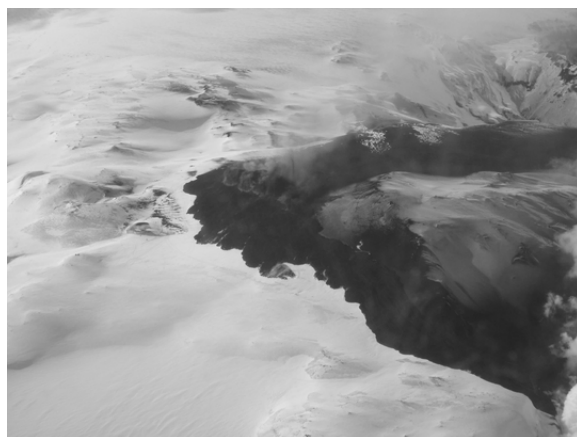


図 3.6.2.1 割れ目噴火の写真(3月24日)

出典：アイスランド気象庁ホームページ



図 3.6.2.2 山頂噴火の写真(4月17日)

出典：アイスランド気象庁ホームページ

(2) 航空機に対する情報提供

2010年4月14日から始まった噴火は、ヨーロッパの大部分における空域閉鎖の原因となり、北西ヨーロッパに航空混乱をもたらした。は ENVISAT で撮影された衛星画像である。この噴火でヨーロッパ約30ヶ国の空港が一時閉鎖し、1週間に航空機10万便が運休した⁴⁾。火山灰が航空機へ与える影響として、エンジン停止および各種機器機能麻痺、操縦室風防ガラスおよび着陸橙前方ガラスの損傷、速度計などの誤表示などがある⁵⁾。

航空機に対する火山灰情報は、航空路火山灰情報センター(VAAC)から提供される。VAAC は世界 9 箇所に設置されている (図 3.6.2.4⁶⁾)。ヨーロッパはロンドン VAAC とトゥールーズ VAAC の責任領域にまたがっているが、エイヤフィヤトラヨークトルの噴火ではロンドン VAAC が情報提供を行った。

ヨーロッパに火山灰が到達してから数日間は飛行禁止の措置が取られたが、試験飛行の実施などを行い航空路火山灰の濃度に応じて飛行の禁止基準を緩和し、3つの飛行区域に区分した(表 3.6.2.1⁴⁾)。「事前許可が必要」の区域は、許可を得るために地上型 LiDAR による計測を行う必要がある。

火山灰の分布範囲は火山活動や風向きにより変化するものの、人工衛星によるモニタリング、航空機による観測、地上型 LiDAR、数値シミュレーション⁷⁾などを用いて、科学的な(定量的な)結果に基づき意思決定を行っている。



図 3.6.2.3 4月19日の衛星画像(ENVISAT)

出典：欧州宇宙機関(ESA)ホームページ

http://www.esa.int/esaCP/SEMM16XN58G_index_1.html

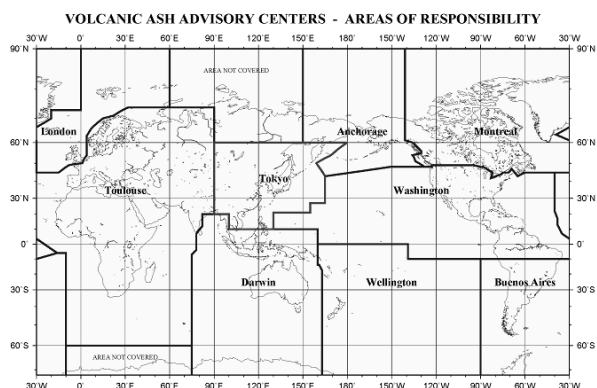


図 3.6.2.4 各航空路火山灰情報センターの責任領域

出典：東京航空路火山灰情報センターホームページ

表 3.6.2.1 火山灰濃度に応じた飛行区域区分

火山灰濃度	飛行区域
4 mg/m ³ 以上	全面飛行禁止
0.2~4 mg/m ³	事前許可が必要 条件遵守で飛行可能(飛行時間の制限)
0.2 mg/m ³ 以下	通常飛行可能

(3) アイスランド国家警察庁国内保安・緊急対策部からの情報提供

エイヤフィヤトラヨークトルの噴火に関して、アイスランド国家警察庁国内保安・緊急対策部からさまざまな情報提供がなされた⁸⁾。また、これらの情報はアイスランド日本国大使館から日本語に翻訳された情報が提供された⁹⁾。在アイスランド日本国大使館から発信される情報は、アイスランド国家警察庁国内保安・緊急対策部の情報がほとんどであったが、国際空港が閉鎖された4月22日はアイスランド観光局およびアイスランド貿易協議会からの情報も発信した。発表内容は、4月中は火山活動や空港閉鎖状況などがA4用紙1枚程度にまとめられていた。4月30日から、火山活動、出水、航空、道路、農家、清掃作業、大気粒子観測などの項目に分けられ、各項目に簡潔なコメントが記述されるように変化した。項目ごとに記述された情報の方がわかりやすく、良い工夫であると思われる。

発表される情報で注目すべき項目は「大気粒子観測」である。ある地点の大気中火山灰濃度が記述され、影響の有無が書かれている。例えば、5月17日12:30の発表では、「5月15日(土)、ミールダルのピーク町にて観測された大気中の粒子濃度は高い数値を示した。12:00, 13:00, 15:00の観測値及び24時間平均値は健康被害水準を越えた(50 µg/m³)。」と記述されている。

3.6.3. 二次災害

4月14日06時50分に、氷河の融解に伴う洪水(ヨークルフロイプ: Jökulhlau)の発生が、エイヤフィヤトラヨークトルの北側で確認された(図 3.6.3.1¹⁰⁾)。住民は噴火前から設置されていた自動電話警報システムの情報で避難を開始し、800人が夜明け前に避難を完了した。情報配信は地元の警察署長によって行われた。避難した住民の大部分は翌日には帰宅することができた²⁾。警報システムはアイスランド気象庁により運用されており、水位計を用いて急激な水位変化をモニタリングしている¹⁰⁾。

アイスランド気象庁のホームページ¹⁰⁾によると、4月14日~15日に発生したヨークルフロイプは、エイヤフィヤトラヨークトルの北側に流下した後、西側に流路を変えて海まで到達し、約35km流下した(図 3.6.3.2¹⁰⁾)。南側でもヨークルフロイプが発生したが、約5km流下したのみで、海までは到達しなかった、と報告されている。

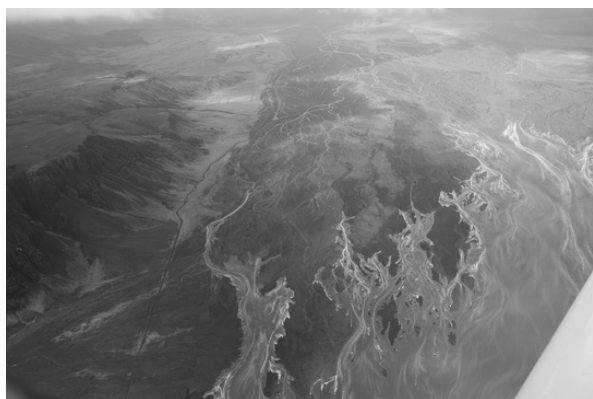


図 3.6.3.1 ヨーケルフロイプ
写真(4月14日). 矢印の方向に時速 5km で流下.
出典：アイスランド気象庁ホームページ¹⁰⁾

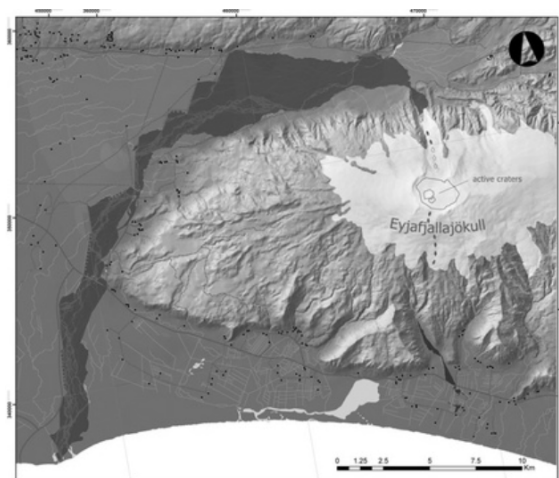


図 3.6.3.2 ヨーケルフロイプの分布図
4月14～15日に発生した。濃灰色部が到達範囲
出典：アイスランド気象庁ホームページ

3.6.4. まとめ

エイヤフィヤトラヨークトルの噴火は、遠方の火山の噴火で大きな影響を受けるという特異な事例に思われる。しかしながら、わが国でも北朝鮮と中国国境にある白頭山が約 1000 年前に噴火した際の火山灰が北海道から東北にかけて分布しており¹¹⁾、決して想定外の事象ではない。

日本近郊で大規模な噴火が発生すると、航空路線に影響を与える可能性が高く、2011 年に発生した東日本大震災やタイの洪水で生じたようにサプライチェーンへの影響もあると考えられる。これらの影響を減ずるためには、エイヤフィヤトラヨークトルで実施されたようなモニタリングと解析に基づく科学的な意思決定が重要であり、火山工学分野で平常時から取り組むべき課題であると考えられる。

参考文献

- 1) <http://www.lmi.is/pages/kort/okeypis-kort/okeypis-kort/page/2/>
- 2) Gudmundsson, M. T., R. Pedersen, K. Vogfjord, B. Thorbjarnardottir, S. Jakobsdottir, and M. J. Roberts: Eruptions of Eyjafjallajökull Volcano, Iceland, *Eos Trans. AGU*, **91(21)**, 190, 2010, doi:10.1029/2010EO210002.
- 3) <http://www.vedur.is/skjalftar-og-eldgos/frodleikur/greinar/nr/1856>
- 4) 安田成夫・梶谷義雄・多々納裕・小野寺三朗：アイスランドにおける火山噴火と航空関連の大混乱，京都大学防災研究所年報，第 54 号 A，p59-65，2011
- 5) 小野寺三朗：航空機災害，火山の事典（下鶴大輔，荒牧重雄，井田喜明編），朝倉書店，p382-392，1995
- 6) http://ds.data.jma.go.jp/svd/vaac/data/Inquiry/vaac_operationj.html
- 7) Dacre, H. F., Grant, A. L. M., Hogan, R. J., Belcher, S. E., Thomson, D. J., Devenish, B., Marengo, F., Hort, M. C., Haywood, J. M., Ansmann, A., Mattis, I. and Clarisse, L.: Evaluating the structure and magnitude of the ash plume during the initial phase of the 2010 Eyjafjallajökull eruption using lidar observations and NAME simulations, *J. Geophys. Res.*, **116**, D00U03, 2011, doi:10.1029/2011JD015608.
- 8) http://www.almannavarnir.is/display.asp?cat_id=413
- 9) <http://www.is.emb-japan.go.jp/>
- 10) <http://en.vedur.is/hydrology/articles/nr/2097>
- 11) 町田 洋・新井房夫・森脇 広：日本海を渡ってきたテフラ，*科学*，**51**，562-569，1981.

3.7. メラピ

3.7.1. 概要

(1) 有史後の噴火現象（2006 年以前）

Merapi 火山は歴史時代に入ってから数多くの噴火を繰り返しており（表 3.7.1.1），それに伴う河川の氾濫等も起こり，サンスクリットや古いジャワの物語を刻んだ石碑には，1006 年の大洪水による被害が記されている．また，記録に残っている大規模な噴火には 1672 年の熱雲と火山泥流による死者 3,000 名などがある．1800 年以降の Merapi 火山の活動は，概ね 3～6 年，大規模噴火は 9～16 年（平均 12.5 年）に繰り返し発生している．1871 年 4 月の噴火では死者 1,400 名，1930 年 12 月死者 1,369 名，1994 年 11 月死者 69 名が犠牲になっており，火砕流や噴出物の堆積，豪雨に起因する土石流で多大な被害を与えている．

表 3.7.1.1 Merapi 火山の主な噴火，災害の歴史

年月	被害状況	被害要因
1006 年	不明	洪水
1672 年	死者 3,000 名	噴火・火砕流・土石流
1871 年	死者 1,400 名	噴火
1904 年 1 月	死者 16 名	噴火
1920 年 10 月	死者 35 名	噴火
1930 年 12 月	死者 1,369 名，家屋損壊 1109 戸，牛 2,140 頭	噴火
1954 年 1 月	死者 64 名，家屋損壊 144 戸，牛 59 頭	噴火
1961 年 5 月	死者 6 名，家屋損壊 104 戸，牛 19 頭	噴火
1969 年 1 月	死者 6 名，家屋損壊 322 戸，農地 245ha 他	噴火・土石流
1976 年 11 月	死者 27 名，家屋損壊 385 戸，橋梁 2 橋	土石流
1994 年 11 月	死者 63 名，森林焼失 700ha 他	噴火

出典：「日本・インドネシア砂防技術協力 30 年のあゆみ」（社）全国治水砂防協会より編集

3.7.2. 一次災害

2010 年 10 月 26 日に始まった噴火活動（表 3.7.2.1）は，百年に一度と言われる大噴火となった（図 3.7.2.1）．従来の溶岩ドーム崩壊により火砕流を発生させる Merapi 型と言われる噴火形態に加え，噴煙柱の崩壊により火砕流を発生させるスフリエール型を伴う大噴火であった．

この噴火で噴出した火砕流堆積物，火山灰等の噴出物は 1.4 億 m³（Bandan Nasional Penanggulangan Bencana 国家災害対策庁発表 2011.4.29）と推計され，噴火直後の雨季の降雨に伴って，大規模な土石流を各地で発生させた．

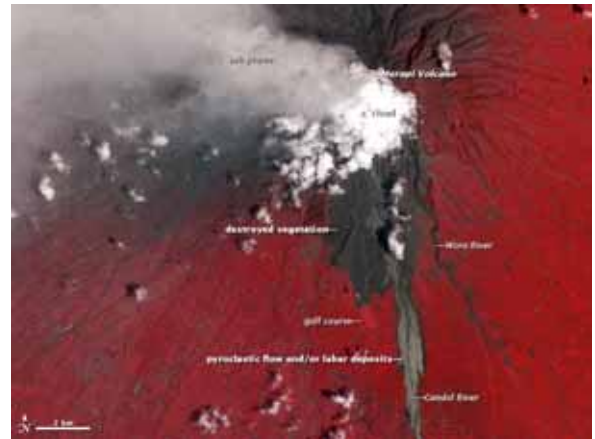


図 3.7.2.1 2010 年噴火時衛星写真
出典：NASA 2010 年 11 月 15 日

表 3.7.2.1. Merapi 火山の 2010 年噴火活動履歴

年月日	活動の概要
2010 年 10 月 25 日	火山性地震が多発．火山危険度の最高レベルである「AWAS」に引き上げられる．
10 月 26 日	最初の火砕流が発生し，Gendol 川方向へ流下．避難区域が 10km に設定されていたが，26 名が火砕流により死亡．
11 月 3 日～11 月 9 日	断続的に爆発的噴火及び溶岩流出を伴う火砕流が発生．11 月 5 日に発生した火砕流は，Gendol 川において山頂より約 14km まで到達．多くの死者が出た．また，豪雨に伴う土石流も各河川で確認される．
11 月 10 日～11 月 27 日	火砕流は 1 日に 1～2 回に発生が低下．火山性地震などの活動は依然高い状態が継続．豪雨による土石流も各地で頻発した．
11 月 28 日～12 月 2 日	火砕流の発生頻度は数日に 1 回程度に減少．火山性地震などは継続して発生した．各地で土石流発生が報告され，その到達距離は山頂から 20km 以上．
～12 月 3 日	危険度レベルが最高レベルから 1 段階低い「SIAGA」に引き下げられ，危険区域も山頂より一律 2.5km まで縮小された．依然として土石流が各地で頻発．



図 3.7.2.1 Merapi 火山の噴火（2010 年 11 月 15 日）
出典：Sabo Technical Center

最大噴火とされる 11 月 5 日に発生した火砕流は、Gendol 川を山頂から 14km 下流まで到達した。数度にわたり流下した火砕流は大量の土砂を堆積させ、谷地形を埋めるだけでなく、河川断面を越流して氾濫している。また、山頂から上流域にかけた全域にわたって、噴出した火山灰、火砕流堆積部が不安定な状態で堆積した（**図 3.7.2.2**）。



図 3.7.2.2 Gendol 川に堆積した火砕流堆積物
（出典 BNPB HP 2010.11.16 掲載を転載編集）

山頂から 30Km 以上離れた Yogyakarta 市内や Merapi 火山南西に位置する世界遺産となっている Borobudur でも数 cm の火山灰の堆積を観測した。畜産物、交通機関への影響・被害範囲は非常に大きいものであった。

また、土石流・洪水の氾濫被害は、噴火直後から発生した。その発生頻度は高く、橋梁、灌漑用施設、道路構造物など公共施設も各地で被災し、家屋、耕地にも多くの被害が発生した（**表 3.7.2.2**）。

表 3.7.2.2 土石流による被害状況

項目	被災数	
死亡者	4	名
負傷者	168	名
避難者	4,605	名
被災家屋	721	棟
被災道路	20	区間
被災灌漑施設	32	箇所
被災橋梁	14	橋梁
被災砂防施設	77	基

一方、砂防施設は Merapi エリアに約 250 基整備されていた。噴火直後にはその効果を発揮していたものの、想定以上の土石流が頻発し、洗掘、堆積を繰り返す大きな河床変動、コンクリートの著しい摩耗等から、約 80 基の砂防施設の機能が大きく損なわれた（**図 3.7.2.3**）。



図 3.7.2.3 損傷した砂防堰堤（Apu 川 AP-D3）

参考文献

- 1) （社）全国治水砂防協会 日本・インドネシア砂防技術協力 30 年史編纂会 「日本・インドネシア砂防技術協力 30 年のあゆみ」 p 158-180.
- 12) BNPB ホームページ 「Press Release ANCAMAN LAHAR DINGIN MERAPI TERUS BERLANGSUNG」
<http://www.bakornaspb.go.id>
・ December 16, 2010
・ April 29, 2011.
- 13) BPPTK （ Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian: 火山技術開発研究所, Laporan Aktivitas G.Meapi, October 21, 2011 ~ December 21, 2011
(<http://www.merapi.bgl.esdm.go.id>)

3.7.3. 二次災害

（１）チ川の河床及び流路変動

プチ川には、2010 年 10 月以降のメラピ火山の噴火活動によって生産された土砂が流れ込み、河床上昇、流路拡幅、砂防ダム下流域の河床低下、土砂の氾濫による地盤高の上昇などが発生した。

図 3.7.3.1 に示すように、プチ川とプロゴ川の合流点では、プチ川の川幅が数倍に広がり、多くの農地が流失した。また、**図 3.7.3.2** に示すように、マゲランとジョグジャカルタを結ぶ国道とプチ川が交差する地点において、多くの土砂がプリ川左岸域に氾濫し、多くの家屋が土砂に埋まった。



図 3.7.3.1 プチ川の河岸浸食



図 3.7.3.2 プチ川の土砂の氾濫

(2) チョデ川の河床上昇

ジョグジャカルタを流れるチョデ川にも多くの土砂が流れ込み、河床が上昇した。噴火後3ヶ月経過した時点で噴火前の河床よりも約2m上昇しており、5ヶ月ごとには、さらに河床が10cm程度上昇していた。このような河床上昇により、河川が氾濫し易くなっており、わずかな降雨で河川水が氾濫するようになった地域もある。堆積している土砂の粒径は、図 3.7.3.3 に示すように、約1mmであった。



図 3.7.3.3 チョデ川の河床材料

火山の写真 桜島



2012年2月 稲垣撮影

3.8. ピナツボ

3.8.1. 概要

フィリピン国ルソン島西部ピナツボ火山は、1991年6月に噴火活動を開始した。6月15日に発生した噴火は21世紀最大級の噴火とされ、その噴煙柱は成層圏にまで達したとされる¹⁾。ピナツボ火山は、安山岩―デイサイト質の岩石からなる複合火山であり、幾度もの噴火を繰り返し、その度に大量の火山灰を噴出させるとともに、火砕流を流下・堆積させている。噴火の度に発生した大規模な火砕流は谷地形を埋積し、平坦な火砕流堆積物面が形成されるが、その後火山活動が休止して上流からの土砂流出が減少すると、再び下刻を始め広大な段丘面を形成している。

3.8.2. 一次災害

6月12日に一連の爆発的噴火が始まり、爆発的噴火の初期には火砕流が何度か発生し、北、北東、西の山麓約6kmの地点まで到達した。6月15日午前5時55分に発生した爆発では22kmの高さまで噴煙柱があがり、火砕流が10km流下した。15日13時42分に最大噴火が発生し、噴煙柱が40kmに達して火砕流が18km流下した。

火砕流堆積物の総量は48～71億 m^3 と推定されており²⁾、噴火直後には摂氏700度となり、堆積深は100mを越えるものであったため、山腹の樹木や生物を全滅させた。一方、火砕流によりいくつかの集落は完全に埋没したものの、噴火活動の観測により噴火が予測され、住民の多くが避難したため、死傷者は確認されていない。図3.8.2.1³⁾にピナツボ火山の火砕流堆積を示す。

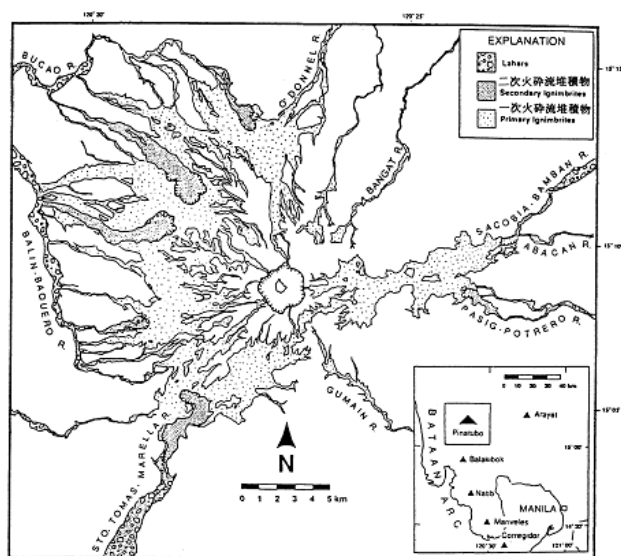


図 3.8.2.1 ピナツボ火山の火砕流堆積域

3.8.3. 二次災害

大量の火砕流堆積物が山腹に堆積しており、噴火後数年を経ても300度程度の高温のままであり、降雨や地下水と接触することで水蒸気爆発を発生させた。大規模な水蒸気爆発の場合には二次火砕流や高温の泥流(ホットラハール)が発生した(図3.8.3.1)。また、降雨に伴って、ラハールが多数の河川で頻繁に発生し、下流の被害が拡大した。火砕流堆積物を発生源とした泥流は、1991年から1993年にかけて降雨の度に扇頂部から扇中央部で堆積し、堆積深は最大15m以上に及んだ。1995年以降は火砕流堆積物の固結が進み、扇頂部から扇中央部にかけて泥流堆積物の二次侵食が顕著となった。高濃度の浮遊砂として下流へ流下し、河床上昇・河道閉塞により河道の通水能力を減少させ、下流域の洪水被害を増大させた。

一方、ピナツボ火山噴火時に形成された火口湖においては水位上昇が顕著であり、噴火直後の火口底の標高は845mであったのに対し、2000年11月の観測では湖水の水位が950m付近になり、100m程度の水位上昇が認められ、約2億 m^3 の水がカルデラ内に溜まっていると考えられた。水位上昇に伴う湖水溢水やカルデラ壁における大規模な崩壊や地すべりの発生により大量の土砂が湖水に流入した場合の段波による越水に伴う洪水流や火砕流堆積物を取り込んだ大規模なラハールの危険性が指摘された⁴⁾。



図 3.8.3.1 ラハールの流下状況

3.8.4. まとめ

1991年のピナツボ火山噴火は世界的にも今世紀最大の噴火とされ、死者、建物被害、避難住民が多数となる大災害となった。一方で、噴火のピークの予測がなされたことで周辺住民が避難でき、多くの人命が救われた。その後、自国による災害復旧工事及び我が国をはじめとする諸外国の支援により砂防施設が整備され、ハード対策ならびにソフト対策が現在でも進行している。

=====

参考文献

- 1) Pinatubo Volcano Observatory Team: Lessons from a Major Eruption : Mt. Pinatubo, Philippines. ,EOS, 72, no.49, p.552-555, 1991
- 2) Pierson, T. C., Janda, R. J., Umval, J. V. and Daag, A. S.: Immediate and long-term hazards from lahars and excess sedimentation in rivers draining Mt. Pinatubo, Philippines. ,U.S.G.S. Water-Resouces Investigation Report, 1992
- 3) Torres, R., Self, S., Martinez, M.: Secondary pyroclastic flows from the 15 June 1991 ignimbrite of Mount Pinatubo. (DRAFT), PHIVOLCS
- 4) 広瀬典昭, 井上公夫, 井上美公, 大畑英夫, ピナツボ火山噴火後 10 年間の地形変化と土砂災害, こうえいフォーラム, 第 11 号, p 1-13, 2003.

=====

火山の写真 大山



2002 年 6 月 稲垣撮影

4. 既往火山噴火の工学的防災

4.1. 雲仙普賢岳

4.1.1. 概要

雲仙普賢岳噴火により水無川と中尾川流域を中心として火砕流、土石流による災害を防止・軽減するために取られた対応策を整理した。

4.1.2. 一次災害に対する対応

雲仙普賢岳噴火で特徴的なのは溶岩ドーム崩壊型火砕流であるが、この現象を直接制御して被害軽減を図る工学的対応方法は確立していない。

本項では、砂防工事の安全対策を中心に火砕流対応策をとりまとめた。

(1) 警戒区域内の応急対策

1993年の梅雨期は平年に比べて雨量が多かったため、土石流が頻発した。水無川下流一帯は土石流による土砂で埋め尽くされ、壊滅的な被害を受けた。県が建設した遊砂地も流出した土砂で埋め尽くされた。それまで砂防計画に反対であった地域住民も一転して賛成に転じ、一刻も早い応急対策の実施が求められた。応急対策としては遊砂地の除石、容量増大や仮設導流堤の建設が計画された。しかし、これらの工事は火砕流が到達する可能性のある危険な警戒区域内で実施する必要があった。

火砕流の温度は数百度以上もあり、工事を実施する作業員にとって大変危険である。また、溶岩ドームの先端から水平距離で約5.5km下流の国道57号まで約5分で到達していることから、平均すると速度は約18m/s(時速約65km/時)という高速である。一方、土石流を補促するのにもっとも有効な位置にある遊砂地は国道57号付近に位置しているため、火砕流は作業地点に約5分以内に到達してしまう。有人作業による工事を実施する場合に、作業の安全体制の構築が最重要課題となった。

このため、施工の安全体制を構築した。これは、作業地点近傍に避難専用の車と運転手を配置し、火砕流が工事地点に達するまでの間に、あらかじめ決めておいた避難ルートに沿って安全なところまで避難するというものである。なお、この体制は自衛隊が24時間体制で火砕流の発生を監視し、発生があった場合には、無線放送により周知するという体制に支えられたものであった。この施工安全体制のもとで、1994年4月から仮設導流堤工事が始まった。

さらに、避難時に予期せぬトラブルがあった場合を想定し、火砕流(熱風)に対して安全が確保できるシェルターを避難ルート沿いに50~100m間隔で設置した(図4.1.2.1)。しかしながら、火砕流の到達時間が数分と大変短いことから、このような施工安全体制をもってしても、有人による応急対策は限界があった。



図4.1.2.1 避難用シェルター
(1994年5月12日 松井宗広撮影)

(2) 無人化施工

1993年7月、当時の建設省は新しい制度を活用して、除石工事を無人で施工する技術を民間各社から公募した。公募条件を満たしたもののうち、すぐに実施可能な技術について現地試験施工を行った。技術の内容はいずれもブルドーザによる押土・集土、バックホウによる掘削・積み込み、ダンプトラックによる土砂運搬という一連の除石工事をすべて無線により遠隔操作するものである。現地試験施工の結果、①当初の想定より、はるかにスムーズな施工が行えたこと、②オペレータが操作に慣れるのは1週間程度で十分であること、③オペレータが機械を操作する場合、画像は数多くあっても、各局面においては1~2画面を見て操作することなどが判明した。

試験施工を経て、1994~1995年にかけて無人化施工による除石工事が本格的に実施された(図4.1.2.2, 図4.1.2.3)。これらの工事を実施していく過程で、種々の課題も改良された。その後、1995年9月に着工した土石流対策の要となる砂防堰堤の建設にも、世界で初めてこの無人化施工技術が活用された(図4.1.2.4)。



図4.1.2.2 無人化施工による警戒区域内での除石
(1994年4月11日 松井宗広撮影)



図4.1.2.3 無人化施工の遠隔操作作業状況
(1994年4月11日 松井宗廣撮影)



図 4.1.2.4 土砂型枠を用いた本体部の建設
(出典：雲仙復興工事事務所事業概要)

雲仙で開発された無人化施工技術は、その後、2000 年有珠山噴火災害や三宅島噴火災害などの火山砂防対策にも生かされており、また、近年では火山砂防対策のみならず、一般の多くの危険な災害現場等においても本格的に活用されており、まさに雲仙地域で培っている種々の無人化施工技術は現在も各分野の技術展開の基礎を担っているといえる。

4.1.3. 二次災害に対する対応

土石流対策を実施した砂防事業について述べる。

(1) 長崎県による砂防事業

① 災害関連緊急砂防事業などによる対策の実施

建設省の直轄事業による対策の実施が開始されるまでの間、長崎県は砂防事業や災害復旧事業により雲仙普賢岳周辺の河川における土砂災害対策を鋭意実施した。

水無川では、既設砂防堰堤の除石を繰り返し行ったほか、1993 年 2 月 25 日には梅雨期に備えて 3 号遊砂地を完成させ、1・2 号と合わせて合計 63 万 m^3 の容量を確保した。

深江川（図 4.1.3.1）については、支川の中の間川で火砕流の流下が想定されたため、熱風止めの防護柵を 400m に渡って設置した。この火砕流の熱風に対して建設された防護柵は世界でも類例を見ない。この他、災害関連緊急砂防堰堤 4 基を 1994 年 3 月までに完成させた。また、支川の内野川についても、火山砂防事業による砂防堰堤 2 基を完成させた。中尾川については、1993 年 6 月 23 日に大火砕流が発生し警戒区域が上折橋町まで拡大されたことから災

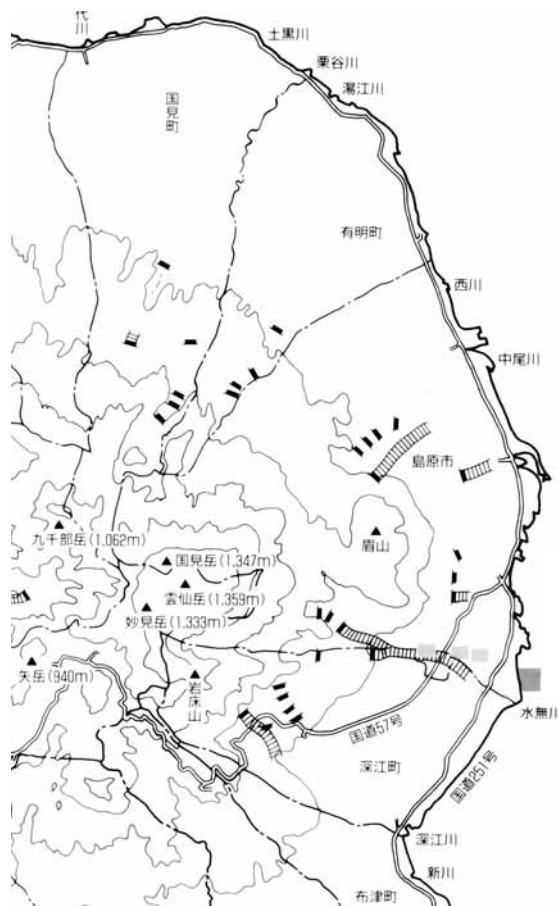


図 4.1.3.1 河川位置図

(出典：雲仙・普賢岳噴火と火山砂防対策砂防事業¹⁾)

害関連緊急砂防事業が採択された。事業内容は上折橋緊急堤防、砂防堰堤 3 基、遊砂地 1 基、締め切り堤（緊急嵩上げ）などであった。

また、湯江川については、1991 年度災害関連緊急砂防事業により 4 号砂防堰堤が建設された。その後、火山活動がさらに活発化し、1994 年 2 月頃から湯江川源流部に火砕流が流下を始めたことから、1994 年度に同事業により既設 4 号砂防堰堤の嵩上げ 2m が実施された。このほか、土黒川においても災害関連緊急砂防事業による対策が実施された。

② 砂防事業の基本構想

長崎県は 1992 年 2 月 22 日に抜本的な土石流対策として水無川における砂防施設の基本構想を発表した。この基本構想は「雲仙普賢岳火山砂防検討委員会」によって検討されたもので、発表直後から島原振興局、島原市役所、深江町役場において一般に公開された。その後いく度かの地元説明会を経て、緊急対策としての遊砂地建設が長崎県により進められる一方、基本構想について、住民の理解を得るため公開水理模型実験が実施された。実験は 1993 年 1 月 26 日に、地元住民の代表者をはじめ、マスコミ関係者など多数の関係者の見守る中で実施され、基本構想における砂防施設の効果が確認された。逆ハの字の導流堤の効果や砂防事業の効果に疑問を持っていた人々も、この水理実験を見て砂防事業に対する

理解を深めた。

基本構想に示されている考え方は、

- 1) 想定規模の土砂移動現象に対し、水無川と赤松谷川合流点から上流に砂防堰堤を配置し、長期的に地域の安全を確保する。
- 2) 想定規模を超える土砂移動現象等からの被害範囲、程度を軽減、砂防堰堤完成までの土砂移動現象から地域の安全を図るため、中下流部に導流堤等の施設を計画する。
- 3) 噴火中、並びに沈静化直後の降雨による土石流災害から被害を防止・軽減するため、緊急遊砂地の整備を行う。

の3項目であり、計画対象の降雨としては、大雨による土石流に関して、1982年7月の長崎市における日雨量約530ミリ程度の雨、時間雨量は1957年7月の諫早市における時間雨量約140ミリ程度の雨に対応できるよう、砂防施設数と規模が計画された。

具体的な計画内容は、水無川と赤松谷川の合流地点直下流に基幹となる水無川1号砂防堰堤、上流部に27基の砂防堰堤群の建設、また、1991年6月30日に有明海まで直進した土石流の流下方向における導流堤の建設である。

この基本構想発表の後も火山活動は活発で火砕流および土石流が頻発した。1992年3月25日には第7溶岩ドームが普賢岳の南東方向に出現し、火砕流が赤松谷川方向に頻発するようになった。そのため、赤松谷川本川の荒廃が急速に進み、新たな土砂流出の危険性が高まった。

これを受けて、同年2月22日に公表された水無川砂防基本構想が見直されることになった。基本的な考え方は当初計画と同様であるが、新たな火砕流

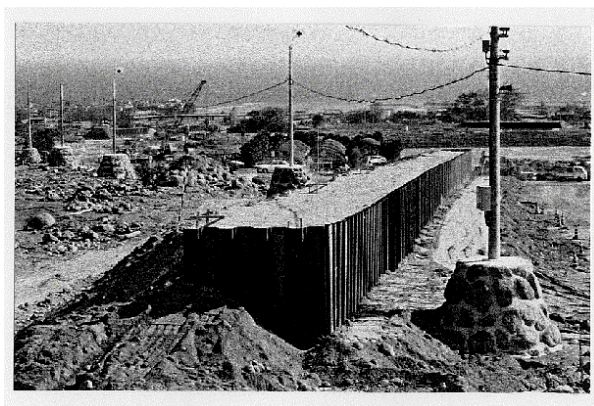


図 4.1.3.3 仮設導流堤の構造

堆積物からの土砂生産源に赤松谷川流域が追加され、この結果、計画砂防堰堤が40基に増やされて、水無川流域からの流出土砂を処理する計画とされた。

見直された砂防計画は、同年10月13日に「水無川砂防計画の基本構想の変更」として長崎県により公表された(図4.1.3.2)。

(2) 建設省(国土交通省)による砂防事業

以上のように土砂災害対策は噴火開始直後から1993年3月まで、長崎県により実施された。県により実施された対策は、水無川における河道内の堆積土砂排除や遊砂地建設等であった。これらの対策は土石流による被害の軽減に役立った。しかしながら、火砕流が頻発したため、不安定土砂が増加し続け、土石流被害も拡大していった。このため、県は国による対策の実施を要望し、これを受けて国は、1993年4月、島原市に雲仙復興工事事務所を新設し、直轄火山砂防事業により土砂災害対策を実施した。

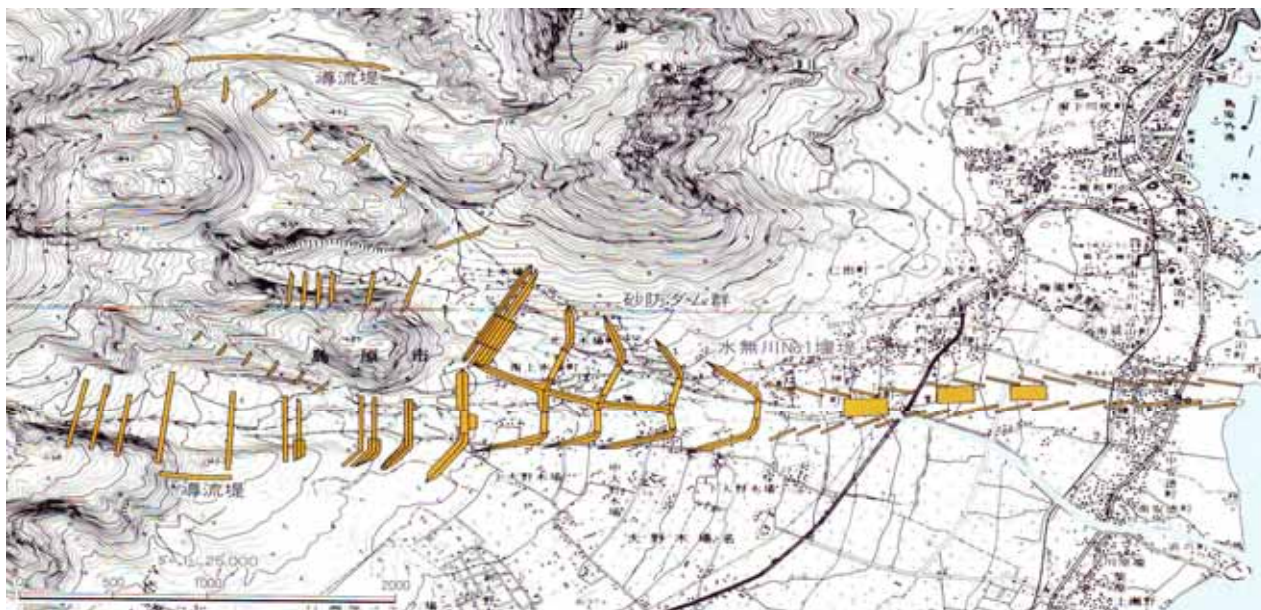


図 4.1.3.2 水無川の砂防施設の基本構想
(出典：雲仙・普賢岳噴火と火山砂防対策砂防事業¹⁾)

①水無川における砂防施設の整備

1)水無川導流堤

水無川導流堤は1991年6月30日に初めて海岸域まで到達した土石流の流下氾らん範囲を考慮して計画された。導流堤計画法線は下流部から国道251号、島原鉄道、広域農道、国道57号の主要交通網だけでなく、市道、農道などの生活道路が横過している。導流堤建設の実施には用地確保とともにこれらの交通施設の管理者との調整が必要であった。

水無川導流堤は、上流の砂防堰堤群が完成するまでの期間に流出してくる土石流を安全に海域へ導くこと、上流施設が完成後は想定以上の土石流などに対する補完施設として機能することを期待して計画された。水無川砂防堰堤の着手目途がたたない状況で、1993年4月28日の土石流の主流は、水無川改修河道の流れ、島原鉄道橋上流から氾濫した。本来、河道内において流出土砂を捕捉貯留する機能は見込まれていないので、緊急遊砂地に土砂を導くことが土砂災害の再発を防止軽減する方法と判断された。

緊急遊砂地は掘り込みのピット方式で仮設されていたが、周辺には未被災家屋が存在していた。また4月28日土石流が計画規模に近い土砂量であったことから、建設済みの緊急遊砂地では容量不足との心配もあった。そのため、導流堤建設を急ぎ、遊砂地容量を超えた土砂も導流堤内に収めて、被害の軽減を図ることが求められた。

しかし、導流堤建設予定地の用地取得には時間を要していたため、工事を長崎県から引継いだ雲仙復興工事事務所では、左右岸の導流堤計画法線の内側に仮設導流堤(図4.1.3.3)を建設することによって、緊急的な対応を図ることとした(図4.1.3.4)。緊急導流堤は鋼矢板で川表側を保護し、背面に盛土を施した簡単な構造であり、1993年8月5日に着工し、約1年後の1994年7月30日に一連の緊急導流堤が概ね完成した。

当初計画の導流堤は、1994年1月より用地取得の完了した国道251号下流から建設に着手され、2001年3月に完成した。

2)水無川1号砂防堰堤

水無川流域(図4.1.3.5, 表4.1.3.1)は、平成の噴火による影響をもっとも強く受けた。水無川の上流、赤松谷川、おしが谷、中尾川の上流と湯江川上流には、火砕流堆積物が約1億7千万 m^3 堆積しており、水無川の支溪である赤松谷川では元の溪床から最大で約120mの堆積が生じるなど、各支溪の地形が大きく変貌している。



図4.1.3.5 水無川1号砂防堰堤

表4.1.3.1 水無川導流堤の諸元

総延長(両側)	基数	工事費
約5.2km	30基	約49億円

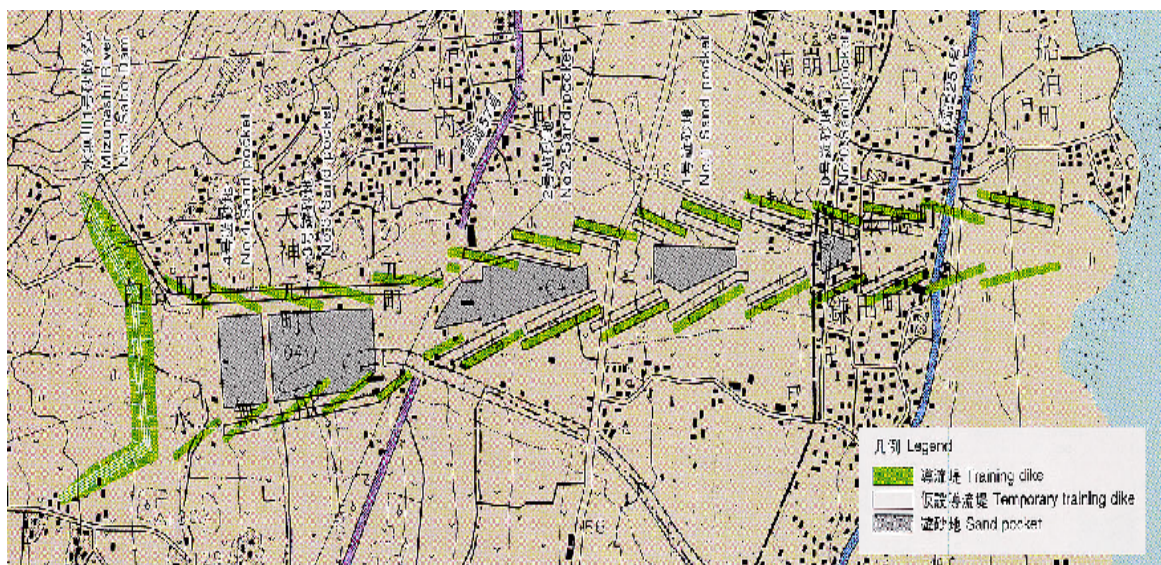


図4.1.3.4 緊急導流堤配置平面図

水無川1号砂防堰堤は、この不安定な火砕流堆積物を発生源とする土石流流出土砂を処理するための砂防基本計画の基幹となる重要な砂防施設である。そのため早期の工事着手が望まれていたが、火砕流が施工予定地点にまで到達するような状況が続き、1995年9月30日の着工まで計画策定から3年半の年月を要した。

1995年5月には火山噴火予知連絡会のコメントにより火山活動はほぼ停止状態であったが、溶岩ドームは依然高温であり、その崩落の危険性がまったく去ったわけではないと判断され、わが国最初の無人化施工による砂防堰堤建設が実施された。

砂防堰堤本体部は超固練りコンクリートを用いたRCC（Roller Compacted Concrete）工法が、両袖部は現地発生材料にセメントを混合したCSG（Cemented Sand and Gravel）工法が採用された。

本体部の基礎部は無人化で掘削し、本体部はプラント混合生コンクリートを無人走行ダンプトラックで搬入・積み下ろし、無人ブルドーザで敷き均してから無人振動ローラーで転圧をかける作業を繰り返して立ち上げられた。型枠も無人ブルドーザで施工可能な土砂型枠を採用し、端部の転圧不良を想定して1mの控えを考慮するなど、細部にわたる工夫がなされた。

水無川1号砂防堰堤（表4.1.3.2）は水無川流域の土砂処理のかなめとなる基幹施設であり、下流地域に大きな安心感を与えている。しかし、堤長870m、堤高14.9mの巨大なコンクリート構造物が景観に与える影響が懸念された。これを緩和するため、両岸袖部に土砂を盛ってダム前面の傾斜を緩くし、樹木を植える修景盛土を施した。

これら施設は、完成後2年を経て徐々に周囲の景観になじんできている。なお、堤長870mは、現在、日本で最長の砂防堰堤である。

表4.1.3.2 水無川1号砂防堰堤の諸元

ダム高	堤長	計画貯砂量	工事費
14.9m	870m	約100万m ³	約55億円

② 中尾川砂防計画と砂防施設の整備

雲仙・普賢岳の噴火活動は直轄化後も活発に続き、1993年5月21日18時23分、普賢岳山頂の溶岩ドーム北西部分が崩壊し、千本木地区方向に火砕流が発生した。さらに同年5月23日から24日にかけてドームの崩落が続き、火砕流は千本木地区全域を埋没・焼失させた。この結果、中尾川流域においても水無川と同様に火砕流堆積部が土石流の原因となって、下流市街地を襲うことが懸念された。実際、1993年7月4～5日には水無川と中尾川の両河川で土石流

が発生したため、国道251号は島原市の南北で通行止めとなり、市庁舎のある島原市中心部が孤立状態となった。

このような状況の変化に応じて、1993年度中で中尾川砂防基本計画が検討された。

なお、河口より500mの区間については、長崎県の事業区域であった。

1) 中尾川砂防計画

中尾川砂防計画は、水無川砂防計画と同様な基本方針に基づいて策定された。

（計画の内容）

- i) 千本木台地においては、土石流により流出する土砂を確実に捕捉することを目的とした砂防堰堤を11基計画する。高さは15m程度。
- ii) 千本木台地の出口から六ッ木橋の区間においては土石流を捕捉する、砂防堰堤の設置および、既設砂防施設を嵩上げする。
- iii) 六ッ木橋～河原橋の区間において土石流を捕捉するための、遊砂地機能を有する導流工を計画する。
- iv) 河原橋から下流において土石流を安全に堆積させつつ流下させるため、河道を拡幅するとともに、導流工を計画する。

（砂防計画の基本構想）

中尾川においては、土石流の発生状況から気象庁雲仙岳測候所の24時間雨量に基づく計画が立てられた。24時間で590ミリの大雨の時に、火砕流堆積物や火山灰に覆われた斜面から発生する土石流を捕捉するため、千本木台地などの砂防堰堤群と六ッ木橋下流の導流工からなる基本構想が、1993年12月20日に発表された（図4.1.3.5）。

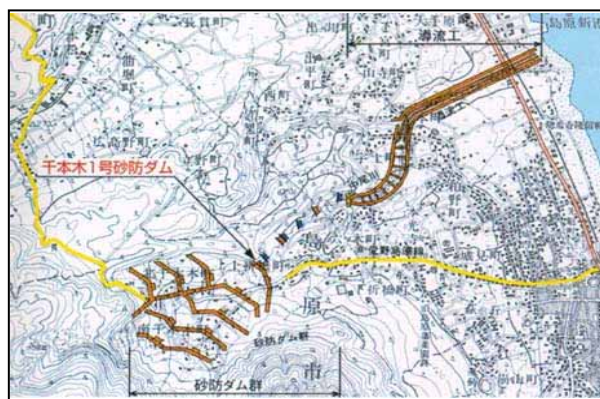


図4.1.3.5 中尾川砂防計画の基本構想（1993年）

2) 千本木1号砂防堰堤

中尾川の砂防計画の基本構想は地形的な特性を活かし、千本木台地を広く使って流出土砂を分散・堆積させる方針で策定された。同時に、下流の市街地内を流れる河川を拡幅して、十分な断面を確保することによって土石流の被害を軽減する導流工が計画された。

このような土砂処理計画の基幹となるのが、千本木台地の下流端に建設された千本木1号砂防堰堤である。千本木台地は垂木台地北側の断層崖と眉山、七面山の急崖に囲まれ、その出口に中尾川の谷地形が形成されている。砂防堰堤はこの台地から土砂や水があふれるのを防ぎ、谷筋に導く右岸側の長い袖部と、土砂の流出を抑える本体部から作られている。砂防堰堤の貯砂容量は約 37 万 m³である。袖部は延長 312.8mと長大であるため、コスト縮減と現地発生材の有効利用が考慮されて CSG 工法で施工された。



図 4.1.3.6 千本木1号砂防堰堤

中尾川においても水無川の砂防堰堤と同様に修景のための盛土が実施され、千本木1号砂防堰堤は右岸側の袖部前面に施工されている（図 4.1.3.6、表 4.1.3.3）。千本木1号砂防堰堤の着工は1997年11月であり、2000年3月に竣工した。

表 4.1.3.3 千本木1号砂防堰堤の諸元

ダム高	堤長	計画貯砂量	工事費
14.5m	476.3m	約 37 万 m ³	約 12 億円

③ 湯江川砂防計画と砂防施設の整備

1993 年末頃から雲仙・普賢岳の噴火活動も徐々に沈静化の傾向を見せ始めた。しかし、マグマ供給量が減ったものの溶岩ドームの形成は止まらず、1994 年 2 月 6 日には普賢岳の北方向に初めて溶岩ドームが崩落し、火砕流となって湯江川上流域を襲った。そのため、最上流部の森林が焼失し、火砕流堆積物に覆われた。火砕流の危険は去らず、下流に拡大した場合は、礫石原方向へ流れて集落へ被害を与えることも考えられ、さらに、火砕流堆積物が降雨によって浸食され、土石流となって下流の有明町まで達することが想定された。

このような状況に対応するため、1993 年度末から 1994 度にかけて、湯江川砂防計画が検討され、1994 年 12 月 26 日には、湯江川の砂防・治山施設配置基本構想が発表された。

湯江川計画の特徴は、雲仙・普賢岳において初めて砂防部局と治山部局が調整して、合同で砂防・治山計画を検討したことにある。そのため、上流に施工される治山施設群と、下流に計画された砂防施設が相俟って効果を発揮するような計画とされた（図 4.1.3.7）。

直轄砂防事業では、県道愛野島原線の直下流部に、基幹となる湯江川砂防堰堤（高さ 13m、長さ 228m、計画貯砂量約 16 万 m³）を計画し、下流地域の保全を図ることとしている。



図 4.1.3.7 湯江川砂防堰堤（2011.3）

4.1.4. まとめ

雲仙普賢岳における火山砂防事業は、大規模な土砂災害を未然に防ぐことはできなかったが、その後の火山砂防事業の展開に課題を残した。もっとも重要な課題は、噴火が発生してからでは事業展開が後手にまわることで、その対応策として国土交通省は「火山噴火緊急減災対策砂防計画」を進めることとした。

砂防施設の整備は被災した地元の復興対策にも大きな影響を与えた。とくに、水無川三角地帯（水無川本川と導流堤に囲まれた地域）は 1993 年の土石流災害によって壊滅的被害を受け、地域復興の進め方が議論された。その結果、水無川砂防工事に伴って発生する掘削残土を三角地帯に盛土して、土石流氾らんに対して安全な土地を創出し、そこに新たな居住区域を再生することが決められた。

公共事業である砂防事業と地域復興事業が連携した方策が成功した例として評価されよう。

4.1.5. 概要-2

雲仙普賢岳(標高 1,359m)では 1990 年 11 月 17 日の噴火開始後、噴火活動は一旦衰退したものの 1991 年 2 月 12 日から多量の火山灰の噴出をともなう噴火活動が始まった。これにより火口周辺に火山灰が堆積したため、降雨による土石流の発生が懸念され、実際に 1991 年 5 月 15 日には水無川で土石流が発生し、以後も主に土石流を対象とした二次災害の対策が開始された。

一方で、1991 年 5 月 20 日には地獄跡火口の中に溶岩ドームが確認され、さらに溶岩ドームは成長・分割し、5 月 24 日には溶岩塊が崩落して火砕流が発生し始め、以後、火砕流も頻発した。とくに 1996 年 6 月 3 日に発生した火砕流は、火口から約 4.3km 下流の水無川と赤松谷川の合流点付近まで到達し、死者・行方不明者 43 人、負傷者 9 人という人的被害ともなう大災害となった。火砕流については、高温・高速の土砂移動現象のため、抜本的な対策は困難であるが、後述の熱風部を減勢するための火砕流抑制工が試みられている。

また、火砕流、土石流が頻発するなか、土砂災害の危険区域内での対策工事には、二次災害の危険性があるため、無人化施工技術が大きく進歩した。

そこで、一次災害として火砕流、二次被害として土石流と無人化施工を取り上げ、それぞれの工学的な防災対応について整理した。

4.1.6. 一次被害に対する対応-2

雲仙普賢岳で発生した火砕流は、溶岩ドームが崩落した溶岩塊が斜面を流下して発生しており、流下時の観察や映像から、流れの先端部が最も速度が速く、上層にそれに追従するような形で刻々と断面を増していく雲のような部分が見られる。このような特徴から、火砕流の内部構造は、**図 4.1.6.1** に示すような流動の底面付近には比較的粒径の大きく流速の速い部分と上部のそれに引きずられるように運動している雲のような部分からなっていると考えられる¹⁾。

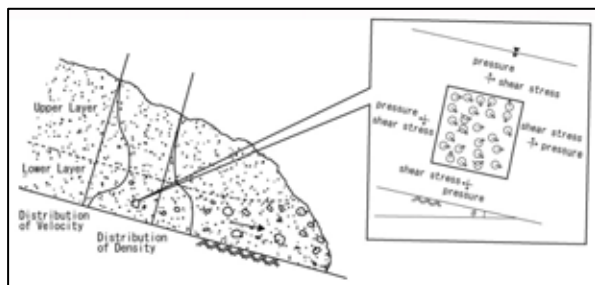


図 4.1.6.1 火砕流の流動モデル

このことから、火砕流は、流れの底部での粗い粒子からなる重力流動層(以下、本体部と呼ぶ)の部分と、その上部の微細粒子と高温の気体との固・気混相流(以下、熱風部と呼ぶ)の部分から構成されている。熱

風部に含まれる微細粒子は、本体部の表面とその上部の気体との間のせん断により生じた気体の乱れや、火山ガスや蒸発水による圧力勾配により浮遊させられており、熱風部の運動は、本体部の流動に支配される¹⁾。

このように、火砕流の本体部と熱風部は、その運動メカニズムが異なるので、対策工の考え方も分けて考える必要がある。

雲仙普賢岳では、噴火活動中に火砕流本体部を対象とした対策は実施されていない。しかし、1993 年 6 月 23,24 日に中尾川流域で発生した火砕流は、下流域の扇状地に施工されていた治山ダムによってその一部が捕捉され、治山ダムは特に大きな損傷を受けなかった²⁾。治山堰堤は、本来、火砕流対策を目的とした施設ではなく、また、火砕流の規模にもよるが、未満砂の治山堰堤や砂防堰堤が火砕流下層部の捕捉に一定の効果が期待できることを示す事例といえる。

熱風部については、本体部から分離して独自で運動しているときは、熱風部の流れの境界層(速度勾配が大きいため)、大きなせん断力が作用している部分を突起物で減勢すればよく、例えば、飛行機のジェットの減勢に使用されているブラストフェンスのようなフェンス工の構造が考えられる³⁾。



図 4.1.6.2 雲仙普賢岳に施工された火砕流熱風部対策用のフェンス工(矢印)

雲仙普賢岳では、**図 4.1.6.2**³⁾に水無川支川の赤松谷にフェンス工が設置された。フェンス工は鋼製で、高さ 10m、溪流横断用は長さ 38m、溪流沿いの側面用は 76m である⁴⁾。

このフェンス工については、火砕流が施工地まで流下することはなかったので、施設効果は検証されていないが、このような施設により、火砕流熱風部の流れの乱れを低減し、浮遊粒子を捕捉、沈降・堆積させることが期待できると考えられる。

4.1.7. 二次災害に対する対応-2

(1) 土石流の緊急対策⁵⁾

長崎県は、1991年2月の火山灰の噴出をともなう噴火活動の始まりにより、砂防工学、河川工学、火山学などの学識経験者からなる「雲仙岳緊急火山対策検討委員会」を設置して、その提言の一環として、1991年4月までに水無川流域の既設砂防堰堤2基の除石作業を行った。

その後の1991年5月15日に水無川で流出土砂約7万 m^3 と推定される土石流が発生し、そのうち約2万 m^3 が砂防堰堤に捕捉されたと推定されている⁶⁾。この土石流による氾濫被害はなく、砂防堰堤の除石と下流の流路工や河川工事による河道断面の確保が効果を発揮したと評価される。

その後も土石流が頻発するなか、1992年2月に長崎は1991年6月30日に発生した土石流の流下方向に沿って、警戒区域外の国道57号と島原鉄道の間1号及び2号遊砂地(計12万 m^3)を建設することを計画し、1992年3月に着工、同年5月に完成した。さらに、既設砂防堰堤の除石を継続するとともに、1993年2月には梅雨期に備えて3号遊砂地(17万 m^3)を完成させた。

水無川流域以外では、溶岩ドームの成長に伴う火砕流の流下方向の変化に応じて、深江川、中尾川、湯江川において、砂防堰堤、遊砂地、既設砂防堰堤の嵩上等の対策が実施された。

1993年4月には、当時の建設省九州地方建設局により雲仙復興工事事務所が開設され、水無川、中尾川、湯江川の砂防事業が直轄事業により実施されることとなった。そして、1993年5月に応急対策として3号遊砂地に隣接する形で4号遊砂地の新設、水無川への矢板設置、3号遊砂地から左岸側への土石流氾濫を防ぐための仮設導流堤及び1号遊砂地下流兩岸の仮設導流堤設置などの方針が決まったが、用地の確保のための地元合意に時間を要したため、仮設導流堤の工事に着手できたのは1993年8月であった。その後は用地の協力が得られた箇所から逐次施工され、ほぼ1年後の1994年7月に完成した。また、この間も遊砂地の除石工事が繰り返し行われた。

(2) 土石流対策の基本構想

火砕流や土石流の流下状況に応じた緊急対策と併せて1992年2月に長崎県は「雲仙普賢岳火山砂防検討委員会」による検討をもとに抜本的な土石流対策として砂防施設の基本構想を発表した。

この計画の対象降雨は、1982年7月の長崎市における日雨量約530mm程度とし、水無川と赤松谷川の

合流地点直下流に基幹となる水無川1号砂防堰堤をはじめ、上流部に27基の砂防えん堤群を配置するとともに、緊急対策で施工した1号～3号遊砂地沿いに導流堤が計画された⁷⁾。

この基本構想発表の後も火砕流及び土石流が頻発した。1992年3月には、火砕流が赤松谷川方向に頻発するようになり、赤松谷川本川での土砂流出の危険性が高まったため、赤松谷川流域に計画砂防堰堤13基が追加された(図⁷⁾)。



図 4.1.7.1 水無川砂防事業計画の基本構想

(3) 土石流対策の基本構想の見直し⁸⁾

1995年の噴火活動の終息後、雲仙普賢岳周辺の流域の状況は、当初の土石流対策の基本構想が策定された1992年当時と比べて、土石流が発生する限界時間雨量が上昇し、発生回数や流出土砂量が減少するなど変化した(図 4.1.7.2)。そこで、雲仙復興事務所は火山砂防計画を2001年に見直した。

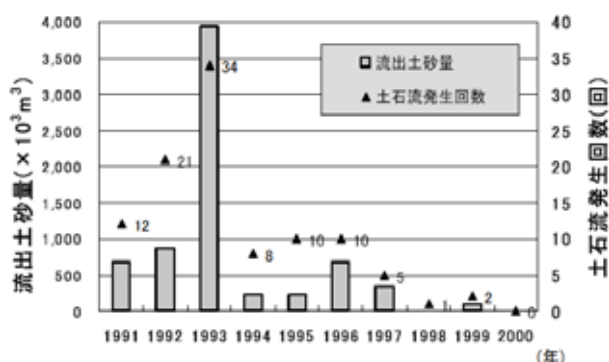


図 4.1.7.2 土石流発生回数と流出土砂量

当初の基本構想においては、噴火活動の影響が大きいことから、噴火沈静化後の10年間に連続して発生する土石流の総流出土砂量と、豪雨により発生する大規模な土石流の流出土砂量に加えて、土石流の流下に伴う流木量の総量を計画対象土砂量としていた。

計画の見直しでは、豪雨時にはいまだ土石流が連続して発生している状況を踏まえるとともに、1993年の土砂流出実績が考慮された。そして、梅雨や台風に伴う豪雨により連続して発生する土石

流を想定し、出水期間（4～10月）において雨量の多い5か年を対象に、土石流発生限界時間雨量を30mm/hr以上とした場合に流出する土砂量を算定し、その平均値が計画の流出土砂量としている。

計画施設は、水無川では、砂防堰堤10基、帯工6基、導流堤3基、背割堤1基の合計20基（図4.1.7.3、中尾川では砂防堰堤10基、帯工6基、導流堤3基、背割堤1基の合計20基、湯江川では砂防堰堤1基となっている。

2010年現在で、水無川では砂防堰堤6基、床固工4基、導流堤3基、背割堤1基が完成している。

表 4.1.7.1 雲仙火山砂防基本計画

流域名	土砂量の算定 点 (計画基準点)	流域 面積 (km ²)	基本構想	新火山砂防 計画
水無川	水無川1号砂防 堰堤地点	11.7	1,800万m ³	240万m ³
中尾川	六ツ木橋地点	8.8	1,100万m ³	150万m ³
湯江川	県道湯江川橋 地点	5.1	66万m ³	34万m ³

対象とする土石流の1993年基本構想と2001年見直し計画との流出土砂量の対比



図 4.1.7.3 水無川の施設完成時のイメージパース
2001年に見直しされた雲仙・普賢岳火山砂防基本計画
(上段現況は2001年時)

(4) 無人化施工

1993年当時、土石流対策に有効とされた3号遊砂地の除石や仮設導流堤といった主な土石流対策施設は警戒区域内に位置しており、有人作業による工事には、作業員の安全確保が最重要の課題とされた。

これら有人作業の安全対策は、工事地点の近くに避難専用の車と運転手を配置し、火砕流が工事地点に達するまでの間に、あらかじめ決めておいた避難ルートに沿って安全な所まで避難するという単純なものであり、火砕流に対して安全な地点に設けた監視所に2人の監視員が常駐し、溶岩ドーム及び火砕

流を目視とCCDカメラにより監視することに加えて、自衛隊による火砕流発生の通報を受け、サイレン、フラッシュライト、携帯無線により、即時に作業員に知らせて避難させる体制とされた。さらに、避難時に予期せぬトラブルがあった場合でも火砕流（熱風）に対して、安全が確保できるシェルターが避難ルート沿いに50～100m間隔で設置された⁹⁾。

こうした安全対策を前提として、警戒区域内においても本格工事が可能となり、雲仙復興工事事務所は1993年4月から仮設導流堤工事を、同年6月からは除石作業を有人で開始し、仮設導流堤は1995年に完成した⁵⁾。

このように警戒区域内の有人での作業が鋭意進められたが、火砕流の危険か

ら工事が実施できる範囲は限定された。そこで、1993年7月建設省(当時)は、土石流対策工事の早期実施のため、除石工事の無人化施工に関して、民間各社からの技術提案の公募（表4.1.7.2）を行い、公募内容を満たしたもののうち、早期に実施可能な技術について、現地試験施工が行われた¹⁰⁾。

表 4.1.7.2 雲仙普賢岳における無人化技術公募施工条件

	技術の内容	技術水準
1	不均一な土砂の状態であつ、 岩の破碎を伴う掘削と運搬	直径2～3m程度の礫の 破碎が可能であること
2	現地の温度、湿度条件に対応 可能	外圍条件として一時的に は温度100℃、湿度100% 程度の状況でも運行可能
3	施工機械を遠隔操作すること が可能	100m以上の遠隔操作が 可能なこと

現地試験施工による無人化施工の技術内容は、ブルドーザによる押土・集土作業、バックホウによる掘削・積み込み作業、ダンプトラックによる土砂運搬を、すべて無線により遠隔操縦し除石工事を行うものであった。

試験施工を経て、1994年6～8月に水無川3号遊砂地で約3万4千m³の緊急除石が実施され、1994年10月～1995年3月には約20万m³の除石工事が実施され無人化施工が本格化した⁵⁾。

これらの無人化施工の開発により、火砕流の到達する危険のある警戒区域内の除石工事が、安全に実施できるようになった。その後、1995年9月に着工した土石流対策の要となる水無川1号砂防えん堤の建設にも、この無人化施工技術が適用された¹⁰⁾。

これらの技術や施工機械は、後述の2000年の有珠山噴火災害、2002年の三宅島噴火災害等の火山砂防対策において、有人では危険な作業環境下における有効な工事実施手段となっている。

4.1.8. まとめ-2

雲仙普賢岳では、火砕流に対する工学的対応として、火砕流の熱風部の対策として火砕流抑制工の設置が試みられたが、その効果については未検証である。

土石流については噴火活動の推移に対応した砂防堰堤の除石、遊砂地及び仮設導流堤の建設などの緊急対策が実施されたが、火砕流が流下する危険がある区域で工事が求められた。工事の安全確保のため、無人化施工技術が確立された災害でもあった。

参考文献

- 1) 宮本邦明, 鈴木宏, 山下伸太郎, 火砕流の流動モデルと流下・堆積範囲の予測に関する研究, 水工学論文集, 第36巻, p.211-216, 1992
- 2) 石川芳治・山田孝: 構造物に作用する火砕流流体力, 土木技術資料 37-1, 46~51, 1995
- 3) 山田孝: 火砕流熱風部の流れ構造と対策工の可能性について, 研究北海道河川財団研究紀要(XVIII), p.10-1~10-14, 2007
- 4) (社)砂防学会: 火砕流・土石流の実態と対策, 鹿島出版界, 1993
- 5) 内閣府中央防災会議: 1990-1995 雲仙普賢岳噴火報告書, 2008
- 6) 長崎県災害対策本部: 雲仙・普賢岳噴火災害の記録, 1993
- 7) 建設省雲仙復興工事事務所, 雲仙・普賢岳噴火と火山噴火対策砂防事業, 1993
- 8) 国土交通省九州地方整備局雲仙復興工事事務所: 土石流から安全で住み良いふるさとを創るためにー雲仙・普賢岳砂防基本計画ー, 2001
- 9) 松井宗廣: 火山噴火対策ーその経験からー, 『河川』, 60巻, 第5号, pp.18-24, 2004
- 10) 松井宗廣: 無人化施工による砂防ダム建設, ー雲仙・普賢岳噴火災害対策ー, 『土木技術』, 第51, 巻11号, pp.31-39, 2004

火山の写真 有珠山



2000年4月 産業技術総合研究所 東宮撮影

4.2. 有珠山

4.2.1. 概要

有珠山においては、近年、1977～1978 年、2000 年に地殻変動とともに大量の噴石、降灰を伴う噴火が発生している。これらの噴火では、地殻変動による道路、鉄道や建物等に被害や降灰による生活環境や交通への影響とともに降雨による泥流(土石流)が発生している。ここでは、2000 年噴火を取り上げ、一次災害として地殻変動にともなう道路交通網の対応を、二次災害としては降灰後の降雨による泥流を取り上げて、それぞれの工学的対応について整理した。

4.2.2. 一次災害に対する対応

2000 年の有珠山噴火にともなう地殻変動により、3 月 31 日には、洞爺湖から虻田町に抜ける一般国道 230 号沿いに亀裂が確認された。翌 3 月 31 日には有珠山の西山山麓で噴火が始まり、その後、4 月 1 日には有珠山北西側にある金比羅山の西側山麓に新たな火口群を形成して噴火が始まった。また、西山西麓には地殻変動による断層群が出現し、4 月 5 日は段差約 10m の陥没地形の形成が確認された¹⁾。

洞爺湖と国道 37 号線を結ぶ主要路線であった国道 230 号線は、金比羅山の火口群や西山西麓の地殻変動域に近接していたために完全に寸断された。

この対策として北海道開発局(当時)は、4 月 26 日に迂回路となっていた道道豊浦洞爺湖線及び道道富浦京極線の一部(L=15.276km)を国道 230 号線に編入し、6 月 7 日より曲線部の改良、交差点の改良、舗装の強化、ロードヒーティング等の道路改良工事に着手した¹⁾。

4.2.3. 二次災害に対する対応

(1) 応急対策

建設省(当時)、林野庁、北海道により泥流に対する緊急対策を検討するため 2000 年 4 月から「有珠山土砂災害対策検討委員会」を開催して、火山灰が大量に堆積した虻田町の板谷川や洞爺湖側の西山川での砂防施設計画等が検討された。これを受けて、避難指示区域内における緊急施工を実施するため、雲仙・普賢岳の噴火による砂防対策工事のために開発された安全な地域からの遠隔操作による無人化施工機械による施工が行われた¹⁾。

板谷川では、泥流による流出土砂を捕捉するため、上流域部において無人化施工による遊砂地の掘削(総土砂量 65,000m³)4 月 29 日から着手した。下流部については、既設遊砂地の容量確保のための除石工事(13,000m³)と土砂氾濫防止のための大型土のうの設置(730m)が有人により行われた¹⁾。

西山川では、泥流により流路に堆積した土砂を除石するために、5 月 22 日より無人化施工のための調

査工事が始められた。6 月 9 日から無人化施工によって、泥流で流出した橋梁の撤去する工事が開始され 7 月 2 日に完了した。引き続き、7 月 10 日より西山川の流路内の堆積土砂の掘削(図 4.2.3.1)と搬出(図 4.2.3.2)が開始された¹⁾。



図 4.2.3.1 無人化施工状況
機械による西山川の堆積土砂の掘削作業



図 4.2.3.2 無人化施工状況
機械による西山川の堆積土砂の搬出作業

(2) 恒久対策

北海道は噴火後の対応として、噴火により上流域に堆積した火山灰の二次移動による泥流対策のため、板谷川、西山川での砂防施設が計画・整備された。また、今回の噴火で直接被害は受けなかったが、山麓崩壊等による泥流被害の危険性の高い区域にある小有珠川、小有珠右の川でも併せて砂防施設が整備された。とくに、洞爺温泉街を流下する西山川と小有珠川では、それぞれ 120×10m²と 80×10m²の広大な遊砂地とともに導流堤、流路が計画され²⁾、2008 年に完成した(図 4.2.3.3³⁾)。

遊砂地、導流堤、流路の配置計画にあたっては、数値シミュレーションを用いて施設効果を評価した上で遊砂地内に土砂が効率的に堆積するように詳細な各施設の配置を決定している。



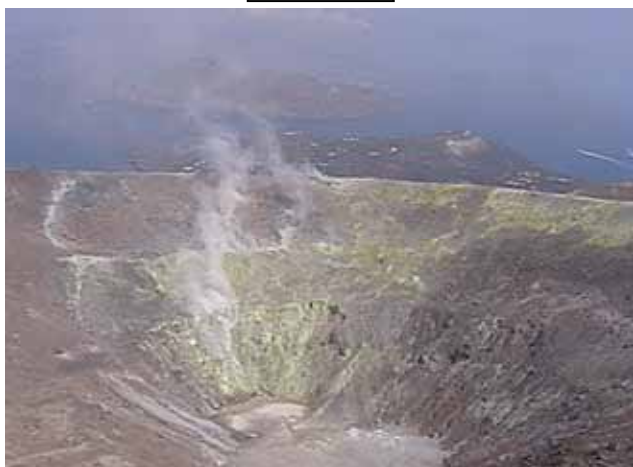
■ 4.2.3.3 完成した有珠山砂防施設と洞爺湖温泉街

参考文献

- 1) 北海道開発局:平成 12 年(2000 年)有珠山噴火災害
告,2001
- 2) 北海道 [http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/ssg/
usuzan.htm](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/ssg/usuzan.htm)
- 3) 国土交通省: <http://www.mlit.go.jp/hkb/sabou>

火山の写真 *Vulcano と Etna*

Vulcano



Etna



2000 年 9 月 安養寺撮影

4.3. 三宅島

4.3.1. 概要

2000年7月8日の最初の噴火から9月までの度重なる噴火により大量の火山灰が斜面上に堆積した。また、8月29日には火砕流が発生した。火山灰等の堆積により浸透能が減少し、その後の降雨により泥流・土石流が頻発した。

泥流・土石流の発生により都道、村道、林道に大きな被害が及ぶとともに、下流の家屋の破壊、耕地の埋没等大きな被害が発生した。

4.3.2. 一次災害に対する対応

8月18日に発生した最大規模の噴火では直径1mを越える噴石が落下した。噴火による噴石から歩行者や車両運転手等を守るための対策として、都道沿いの危険箇所にボックスカルバートを利用した噴石シェルターが設置された（図4.3.2.1¹⁾）。



図4.3.2.1 噴石避難シェルター写真

8月29日に発生した火砕流は時速10km、30°程度の低温・低速火砕流であったが、噴火活動が顕著であるうちは火砕流への対策が必要であるとし、工事関係者等やむを得ず島内に残り作業を行う人々に対して緊急避難場所を確保した。比較的堅牢な施設26箇所について山側の窓を金属板で防ぎ、火砕流避難施設として指定した。さらに、歩行者および車両運転手に対して、都道沿い26箇所に火砕流シェルターが設置された（図4.3.2.2¹⁾）。

4.3.3. 二次災害に対する対応

泥流・土石流の流出に対する応急対策として、東京都は①監視（ワイヤーセンサー）、②防御・流向制御（土のう、ブロック、ふとんかご）、③侵食防止（横断水路）、④流木対策、⑤機能回復（除石）を実施した。

泥流防御・流向制御の対策としては、大型土のうによる仮設導流堤（図4.3.3.1）の設置やコンクリートブロックによる流路嵩上げ（図4.3.3.2）が実施された¹⁴⁾。



図4.3.2.2 火砕流シェルター写真



図4.3.3.1 大型土のうによる導流堤（釜方沢）



図4.3.3.2 流路嵩上げ状況（道の沢）

土砂流出による被害拡大防止を目的として、今後災害が発生する可能性が高い溪流から砂防施設の整備が実施された。緊急的な対策が必要な流域（溪流）227 溪流のうち、谷出口で土砂流出の痕跡が認められる溪流、流域内に火山灰・不安定土砂の堆積が認められる溪流が抽出され、さらに想定氾濫区域内に人家や重要施設が分布する溪流、避難路の確保が必要な溪流、ライフラインの災害防止が必要な溪流が抽出され、緊急的な対策が実施された。三宅島では現在でも砂防堰堤等の整備が進められているが、以下に特徴的な工事事例を整理した。

(1) 現地発生材を用いた砂防工事（砂防 CSG 工法）

三宅島の南東に位置する釜方沢では、現地に堤体材料として利用可能な土砂が多量に堆積しており、地形的に大きな堤体断面とすることができるといった理由から砂防ソイルセメント工法（CSG 工法）が採用された。CSG 工法は現地に堆積した火山灰や土砂等の現地発生土砂とセメントを混合し、ブルドーザーで敷均し、振動ローラーで締め固めて構造物を構築する工法であり、現地発生土砂を建設材料として活用できるため掘削残土の処分費や材料費等のコスト縮減が可能となった（図 4.3.3.4、図 4.3.3.5）¹⁾。



図 4.3.3.3 土石流堆積工（上方より撮影）



図 4.3.3.4 土石流堆積工（右岸上流より撮影）

(2) 無人化施工による砂防工事

三宅島の東側に位置する三池沢は島内で最も火山ガスの濃度が高い地域であり、作業員の健康への負担を軽減するために無人化施工が実施された。当地域は火山ガスの滞留が顕著であったため、ガス発生時の重機操作は脱硫装置を備えたクリーンルーム内においてラジコン装置によって行われた。安全な区域で製作された床固ブロックを無人区間まで有人運転で運搬し、乗り換え場から無人のクローラダンプをラジコン操作し、施工ヤードまで運搬する。把持装置（回転クランプ）を装着した無人バックホウにより荷下ろし及びブロックの設置を行った（図 4.3.3.5¹⁾）。



図 4.3.3.5 バックホウによるブロック設置状況

=====

参考文献

1) 東京都建設局，東京都三宅支庁，平成 12 年三宅島火山災害への取り組み―道路・海岸・砂防事業―，平成 18 年 3 月

=====

火山の写真 マヨン



1968 年 Kurt Fredrickson, USGS 撮影

4.4. 伊豆大島

4.4.1. 概要

伊豆大島三原山は、溶岩流及び降下火砕物を伴う噴火を度々引き起こしている。ここでは、1986年の噴火による工学的対策を事例として取り上げた。

1986年噴火による溶岩流の分布を図4.4.1.1に示す¹⁾。溶岩の流出は、11月15日に三原山山頂火口の南壁からの溶岩噴泉で始まり、11月19日には火口内を埋めた溶岩がカルデラ内へ流下を始めた(LA溶岩)。その後、11月21日に山頂火口北東部に北西から南東に連なる火口列が生じ、LB溶岩が流出した。さらに、外輪山外側の北西山麓斜面でも北西から南東に連なる火口列が生じて溶岩が流出し、溶岩流は長沢沿いを流下して元町市街地の近くまで達したため、溶岩流を放水により冷却する試が行われおり、これを一次災害の対応として取り上げた。

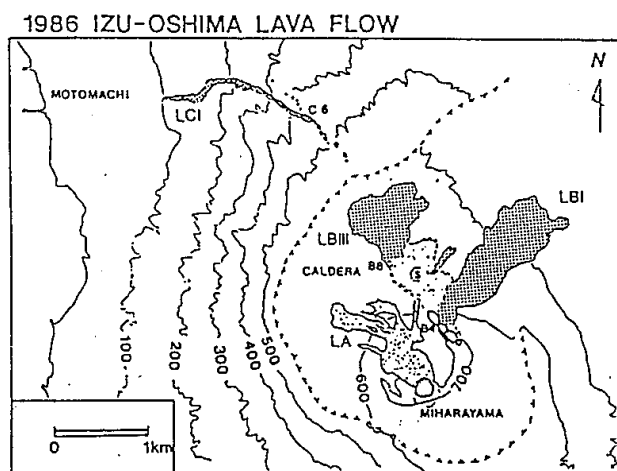


図 4.4.1.1 1986年伊豆大島噴火における溶岩流分布

なお、1986年の噴火では、多量の降下火砕物も噴出したが、保全対象物が少ないカルデラ内及び中央火口の西側方向が主な堆積分布域となっており、降下火砕物への一次災害の対策は実施されていない。

伊豆大島においては、噴火後の対応として、今後の噴火により想定される溶岩流及び降下火砕物を対象として、「総合溶岩流対策計画」が策定されている。これを二次災害の対策として取り上げた。

4.4.2. 一次災害に対する対応

1986年の噴火では、外輪山外側の火口列から流出したLC溶岩流が伊豆大島最大の元町市街地に迫ったため、東京消防庁伊豆大島災害現地支援隊による溶岩冷却活動が行われた²⁾。

冷却活動は、放水により溶岩流表面を冷却して、溶岩流の流下速度の低減及び停止を図ることを目的として実施された。

(1) 冷却活動の経緯

冷却に用いる水は、溶岩流先端から約70m下方に位置する大島町火葬場の広場に10t簡易型組立水

槽6基を設置し、コンクリート・ミキサー車5台により元町埠頭から海水をピストン輸送している。放水はポンプ車2台により、図4.4.2.1に示す配置で実施された²⁾。

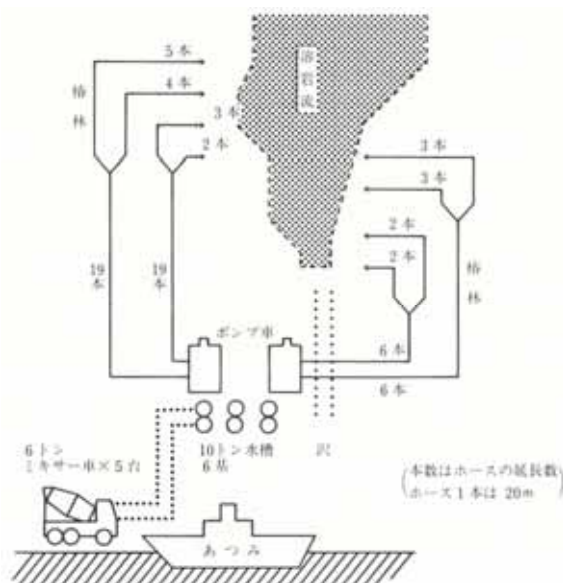


図 4.4.2.1 冷却活動での放水体制

放水は11月24日13時から開始され、当初2時間は放水した水が溶岩流表面で瞬時に蒸発するような状況であったが、放水開始後4時間半程度で水が温水となって溶岩流下部から流下するようになるまで溶岩流の表面温度が低下している。17時までの放水時間は2時間18分、放水量は500m³であった。

翌11月25日も7時より放水が開始され、より効率的な場所への放水を行うため、13時以降は溶岩流先端と併せて上流約100～130mの地点の溶岩流の赤熱部への放水が行われた。

また、15時以降には、コンクリート・ミキサー車による給水方法に加え、ポンプ車4台と可搬ポンプにより、水平距離1,100m、高低差約100mの地点まで海水を直接供給する体制が構築された。11月26日も6時より、溶岩流先端から上流200m区間の溶岩流表面への放水が行われたが、12時には元町への溶岩流の到達を阻止するとい目的が達せられたとして冷却活動を終了した。3日間の放水量は約2,000m³であった。

(2) 放水の効果

溶岩流への放水による冷却効果を把握するため、図4.4.2.2に示すLC溶岩流の先端付近の各地点で溶岩温度の計測が実施されている²⁾。

溶岩流にはビンガム流体モデルが適用可能で、流下速度や流動深といった流動特性は降伏せん断応力、粘性係数によって支配され、これらは溶岩温度の関数で表される。つまり、温度の低下により粘性係数と降伏せん断応力は増大し、溶岩流の流下速度が低減することになる。

溶岩流にはビンガム流体モデルが適用可能で、流下速度や流動深といった流動特性は降伏せん断応力、粘性係数によって支配され、これらは溶岩温度の関数で表される。つまり、温度の低下により粘性係数と降伏せん断応力は増大し、溶岩流の流下速度が低減することになる。



図 4.4.2.2 LC 溶岩流の溶岩温度測定箇所²⁾

表 4.4.2.1 放水前と放水 40 分後の溶岩流温度の比較
(東京都総務局災害対策部(1988)より抜粋して作成)

地点	表面温度(°C)		内部温度 (°C)	
	放水前	放水後	放水前	放水後
A	155	—	250(30)	—
B	22	—	178(50)	—
C	63	—	56(50)	—
D	42	23	86(50)	44(40)
E	22	22	129(30)	49(30)
F	27	—	348(20)	—
G	58	—	225(50)	—
H	139	28	317(50)	30(50)
I	66	31	155(20)	88(20)

表 4.4.2.1 に示す放水前後で溶岩温度を比較すると、とくに高温部では明らかに溶岩温度が低下している。また、表 4.4.2.2 のように放水時には溶岩流の速度低下が認められる²⁾。溶岩流の流下速度が低下した時点で放水を開始していることもあるが、流下速度の低減には一定の効果があったものと考えられる。

表 4.4.2.2 溶岩流の流下速度の推移
(東京都総務局災害対策部(1988)を修正・加筆)

1986 年	流下速度
11 月 23 日	1m/h 以上
11 月 23 日 19 時	0.23m/h
11 月 24 日 8 時	0.05m/h (13 時より放水実施)
11 月 24 日 17 時	0.1m/h
11 月 25 日 6 時	

4.4.3. 二次被害に対する対応

三原山の噴火に伴う溶岩流や降灰後の豪雨による土石流の対策として、1986 年度に「総合溶岩流対策事業」年に基本計画が策定された一環として溶岩導流堤、堆積工、砂防堰堤、溪流保全工を整備する^{3),4)}。

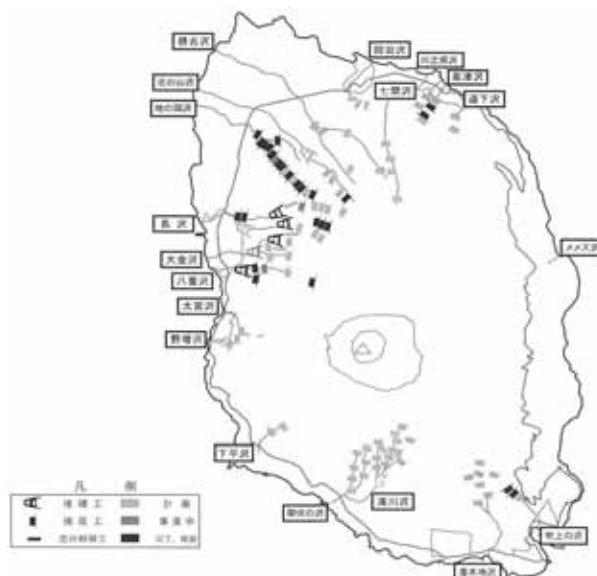


図 4.4.2.3 伊豆大島総合溶岩流対策計画概要

対象とする噴火規模は伊豆大島での過去の噴火実績から 135 年±50 年確率の大規模噴火を想定しており、噴出溶岩流 1 億 m³、降下火砕物 1 億 m³を計画規模としている。

一方、降下火砕物の二次移動によって発生する土石流については 100 年超過確率日雨量 470mm、時間最大雨量 116mm としている。

三原山の山頂噴火による溶岩流については、流出した溶岩流がカルデラを満たし、外輪山西側の鞍部から溢流することを想定している。そして、溶岩流により被災する可能性が高い大宮沢では野増集落を

保全するため、約 1km の導流堤の整備が進められている。導流堤は、野増集落の外縁に設置されており、溶岩流を迂回させて安全に海まで道流させる計画である。

また、伊豆大島では噴火後の対応として、溶岩流及び豪雨時に山麓に堆積した降下火砕物が二次移動して発生する土石流対策のため、19 渓流において砂防堰堤、堆積工、溪流保全工の施設整備が進められている^{3),4)}。

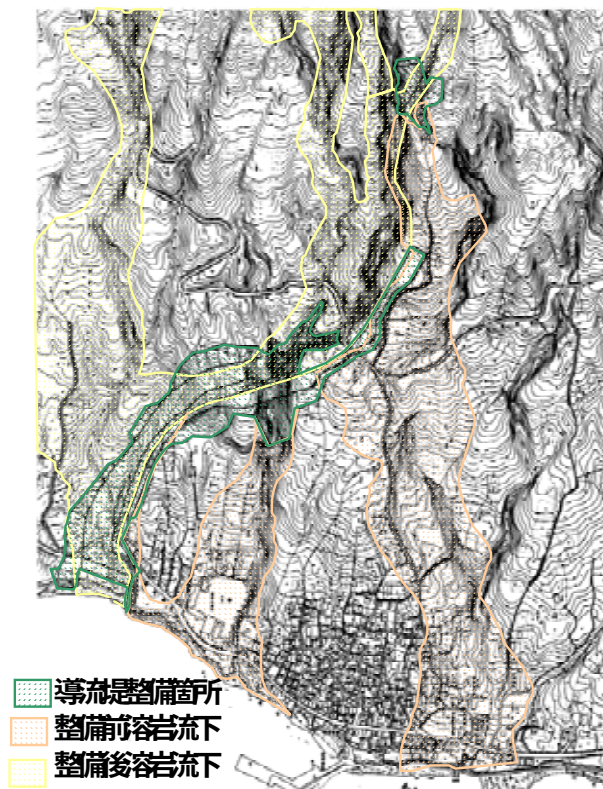


図 4.4.3.2 溶岩流流下予想と溶岩導流堤設置箇所

4.4.4. まとめ

1986 年の伊豆大島三原山の噴火では、放水による溶岩流の冷却活動が行われ、溶岩流の流下速度の低下に一定の効果が認められる。他の火山での適用については放水に必要となる大量の水の確保が前提となる。

溶岩流対策としての導流堤については、伊豆大島の玄武岩溶岩のように流動性が高く流動深も 10m 以下程度の溶岩流では効果が期待できる。しかし、例えば桜島のように安山岩質溶岩の場合は、溶岩の粘性が高く流動深も数 10m と高くなるため、導流堤などによる抜本的な対策はより困難になる。

参考文献

- 1) 長岡 正利:1986 年伊豆大島噴火による地形変化と噴出物量の計測,火山,第 2 集,伊豆大島噴火特集号, 64-76,1988
- 2) 東京都総務局災害対策部:昭和 61 年(1986 年)伊豆大島噴火災害活動誌,p386-393,1988
- 3) 安食昭夫:伊豆大島・総合溶岩流対策事業の現状について,治水と砂防,Vol.39,No.5, 123-126,2006
- 4) 東京都大島支庁:伊豆大島総合溶岩流対策事業,2007

4.5. セントヘレンズ

4.5.1. 概要

1980年5月18日の噴火に伴って発生した降灰、泥流と洪水に対する主として土木工学的な対応について概説する。一次災害として降灰と泥流、二次災害としておもに河川における土砂侵食・移動・堆積による影響軽減のためにとられた方策を取り上げた。

とくに大規模な山体崩壊、ブラスト、火山泥流などが発生して荒廃が進んだ北側斜面を流域に持つトゥートル川においては、不安定に堆積した土砂の二次移動による災害が懸念された。

4.5.2. 一次災害に対する対応

(1) 降灰への対応¹⁾

ワシントン州東部の州道が2900kmにわたって閉鎖された。また州間高速道90号も1週間閉鎖された。

これら主要道の交通を再開するため、ワシントン州道路部は道路除灰量が54万トンに昇ると見積もり、作業は1980年10月まで続いた。

東部ワシントン州では灌漑水路延長2250kmに堆積した火山灰35万 m^3 の除灰を実施した。同地域では郡が対応した除灰が問題となった。一例としてモーゼス・レークでは平均降灰深は6cmで、処分場での実績で23万 m^3 の除灰を実施した。東部ワシントン州のヤキマ空港では2万トン、グラント郡空港では45,000 m^3 、スポケン国際空港では65,000 m^3 の除灰を実施した。

州道よりも郡管理などの地方道では除灰費用が地方財政を相当圧迫し、社会的問題となった。

(2) 泥流への対応¹⁾

噴火が切迫するにつれて、氷河の融解による泥流の発生が想定された。山の南麓のルイス川にはスウィフト貯水池があり、泥流が貯水池に流入すると段波が溢流して下流に被害が予想されるため、貯水池水位を下げた。結果的には流入した泥流量が少なかったため、堪水末端に土砂が堆積した程度で被害は生じなかった。

(3) その他災害への対応

岩屑なだれ、ブラスト、火砕流に対する工学的対応は実施されていない。

4.5.3. 二次災害に対する対応

噴火後直ちに陸軍工兵隊(USACE)、ワシントン州政府、ワシントン州カウリッツ郡政府などによって、二次災害としての火山泥流、洪水災害を防止・軽減するための緊急対策が迅速に行われ、その後は将来の噴火に伴う火山泥流などによる災害を防止するための全米でも類のない恒久対策が実施された。

(1) 湖水決壊への対応¹⁾

山体崩壊土砂はスピリット湖(図4.5.3.1²⁾)に流入し、水位をせき上げた。その結果、湖水が越流し

て決壊し、下流へ段波が流出するおそれがあった。米陸軍工兵隊は流路掘削を実施して、水位を下げた。

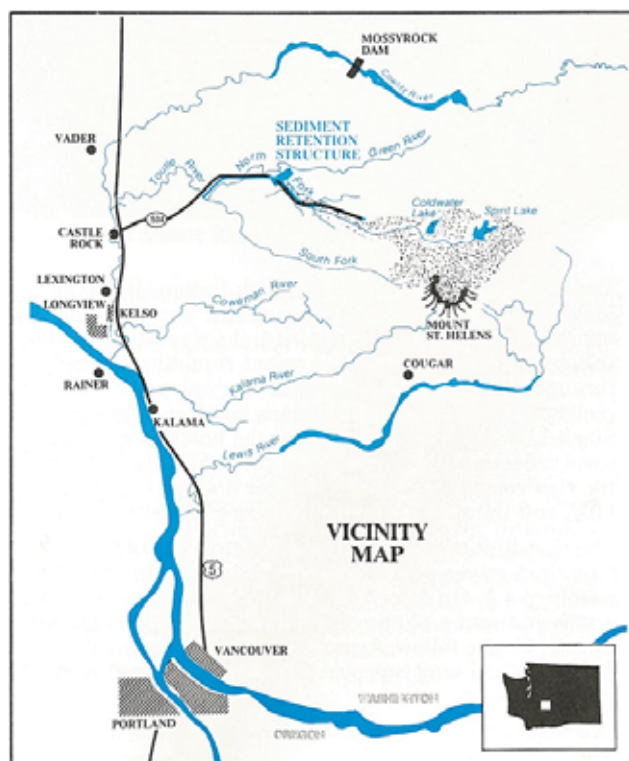


図 4.5.3.1 セントヘレンズ山の位置図

(2) 二次泥流、洪水への対応^{3)~10)}

1980年5月18日の噴火により土砂流出により、下流域には以下の問題が発生した。

- ・ 山体崩壊による岩屑流堆積物(30億 m^3 、堆積深10~60m程度)がスピリット湖の出口を塞いだため、水位が約60m上昇し、その決壊が大規模な洪水災害を引き起こす危険性が危惧された。また、この岩屑流堆積物によってコールドウォータ湖、キャッスル湖もせき止められ、これらの決壊の危険性も指摘された。
- ・ 大規模な火山泥流が、トゥートル川、カウリッツ川を流下し、大量の土砂・流木が河道を閉塞した。そのため、雨期におけるカウリッツ川沿いでの洪水災害、ハイウェイ、鉄道への多大な影響が危惧された。
- ・ 大量の土砂がコロンビア川に流入し、その水深が12mから5mに減少したため、船舶の航行への多大な影響が危惧された。

このような問題を解決するために、恒久対策がなされるまでの間、岩屑なだれ堆積物によって閉塞されたスピリット湖、コールドウォータ湖及びキャッスル湖の決壊を防止すること、火山泥流ならびに洪水が下流集落に与える影響を最小限に低減することを目的に実施された応急対策の時系列を表4.5.3.1にまとめた。

以下に各対策施設の概要を述べる。

表 4.5.3.1 二次泥流に対する応急対策

年 月	対 策 内 容
1980/5/18～ 23	・カウリッツ川での洪水災害を軽減するため、既設の堤防を土盛りによる嵩上げ ・道路に堆積した土砂の除去 ・キャッスル・ロックとロングビュー間に堆積した土砂の除去(図 4.5.3.2 ²⁾)
噴火直後～ 1980/11	・3 基の土砂採掘船でカウリッツ川とコロンビア川の合流点付近に堆積した土砂を浚渫した ・11 月には土砂掘削作業(除石総量は 2,000 万 m ³)が終了、船舶の周航上の問題がほぼ解決された。
1980 冬～	・ノースフォーク・トゥートル川に、冬の雨期に上流から流送されてくる土砂を一時的に貯留してカウリッツ川に流入する土砂を軽減させるための応急的な高さの低い土盛りの応急土砂捕捉ダム工を 2 基施工した。合わせてダム堆砂域での除石を行った。 ・トゥートル川流域に堆積した土砂を掘削し、下流のカウリッツ川の堤防を嵩上げた。 ・ノースフォーク・トゥートル川での岩屑流堆積物によって堰き止められたコールドウォータ湖、キャッスル湖での決壊を防止するため、堰き止め箇所の恒久的な排水のための流路を施工した。
1981/5	・トゥートル川上流域に堆積した土砂の掘削が終了した。
1982/5	・スピリット湖の水位が 60m 上昇して決壊の危険が認められたため、当時のレーガン大統領は USACE に長期的な視点に基づいたスピリット湖決壊防止計画、カウリッツ川での洪水対策及びコロンビア川での周航路維持計画を立案するように指示した。
1982/8/19	スピリット湖決壊の危険に対して大統領の非常事態宣言がなされ、連邦危機管理局(FEMA)が対応を開始した。
1982/11/5	・FEMA は USACE に、冬の雨期の間に対応できる救急的な防災対策を依頼した。USACE は、緊急対策として台船に設置されたポンプをスピリット湖に設置して直径 1.5m、全長約 1km のパイプと連結して排水を開始した(図 4.5.3.3)。
1982/11	・USACE により、洪水対策及び周航路維持計画が作成された。
1983/3	・トゥートル川下流での土砂掘削が始まる。
1984/2	・USACE は、スピリット湖決壊防止のための恒久対策として、水位を安全レベルに保持するため、ハリーズリッジからサウス・コールドウォータ川に通じる全長 2.5km の排水トンネル工を提案した。
1984/7	・排水トンネル工の工事が始まる(平均掘削長は約 20m/日)
1984/12	・USACE によって土砂掘削、カウリッツ川沿いのケルソ町での堤防改良、SRS 建設についてのフィジビリティスタディと環境影響評価に関する報告書が作成された。
1985/3	・スピリット湖の排水トンネル工事が終了した。
1985/4	・スピリット湖でのポンプによる排水作業を終了した。
1985/4	・排水トンネル工によるスピリット湖からの排水が開始され、数ヶ月間に、湖の水位は約 6m 低下した。
1985/8/15	・SRS 建設に対する補正予算の執行がレーガン大統領によって認められた。
1985/9	・スピリット湖の水位が計画水位まで低下した。

1985/11	・ノースフォーク・トゥートル川上流の約 30 億 m ³ におよぶ岩屑なだれ堆積物からの土砂流出対策として、USACE の提案した対策案 ①ノースフォーク・トゥートル川とグリーン川の合流点直上流における SRS の建設 ②Kelso 市内カウリッツ川沿いでの堤防改良工事 ③下流域での土砂掘削の追加工事が認められた。 なお、②と③は噴火直後からの継続工事である。
1986/4/26	・SRS 建設に対する地元合意がなされた。
1986/12	・SRS の建設が始まる。
1987/11	・SRS が土砂を貯留し始める。
1989/12	・SRS が竣工。



図 4.5.3.2 カウリッツ川での堆積土砂の除去作業の状況



図 4.5.3.3 スピリット湖でのポンプ排水状況

①緊急ダム工

緊急ダム工は、セントヘレンズ火山の山体崩壊によりトゥートル川上流に堆積した岩屑流堆積物の侵食土砂が下流流のカウリッツ川に流入して河積を減少させることをできるだけ避けるために、USACE により 1980 年 11 月にノースフォーク・トゥートル川、サウスフォーク・トゥートル川に施工された土盛り応急ダムである。ダム建設では、周辺に堆積した土砂を掘削して、それを盛土して堤体としている。

ノースフォーク・トゥートル川に建設されたダム(図 4.5.3.4²⁾)は、有効高 11.4m、堤長 1830m、貯砂量は 460 万 m³ である。天端には、蛇籠で保護された

放水路が2基設置された。貯砂量は460万 m^3 、実績では約90万 m^3 で、1981年までの除石量は約720万 m^3 である。

1980年12月25日の出水によって1基の放水路が破壊されたため、USACEはコンクリートで放水路を補強するとともに堤体を1.5m嵩上げした。しかし、1981年3月には、比較的規模の大きな火山泥流により、越流が生じ破壊された。さらに、1982年3月19日には、噴火にともなう融雪によって大規模な火山泥流(1,000万 m^3 、流下距離35km)が発生して越流によって破壊された。

サウスフォーク・トゥートル川に建設された緊急ダム工は、ノースフォーク・トゥートル川のものと比較して規模は小さく有効高6m、堤長120m、貯砂量は38万 m^3 である。1981年までに約150万 m^3 の除石が行われた。1981年9月までは機能していたが、1982年には魚類の産卵遡上のために撤去された。

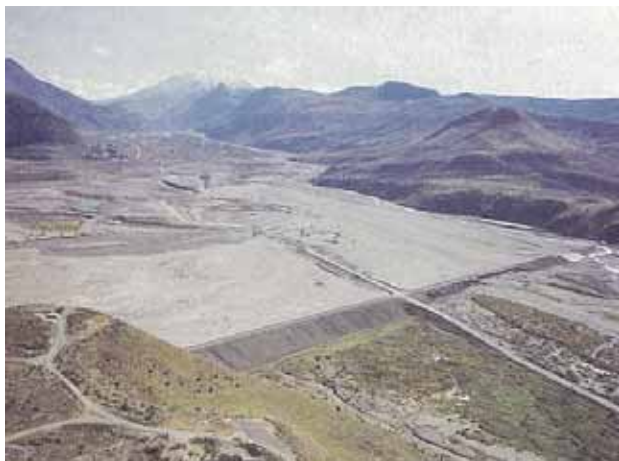


図 4.5.3.4 ノースフォーク・トゥートル川に施工された緊急ダム工

②排水トンネル

スピリット湖決壊防止のための恒久対策として、水位を安全レベルに保持するため、USACEによりハリズリッジからサウス・コールドウォーター川に通じる全長2.5kmの排水トンネル工が建設された。排水トンネルの勾配は1.063%で、排水能力は13.5 m^3/s である。1984年7月に建設が開始され1985年3月に完成した。掘削にはTBM(112-ton)が用いられ1日当たりの掘削長は約20mであった。

排水トンネルの取水口と排水トンネルは高さ約12mの垂直シャフトにより連結されており、将来、現在の湖水よりも水位を下げる必要が生じた場合に、取水口のみを改良すればよいように工夫されている(図 4.5.3.5⁴⁾)。

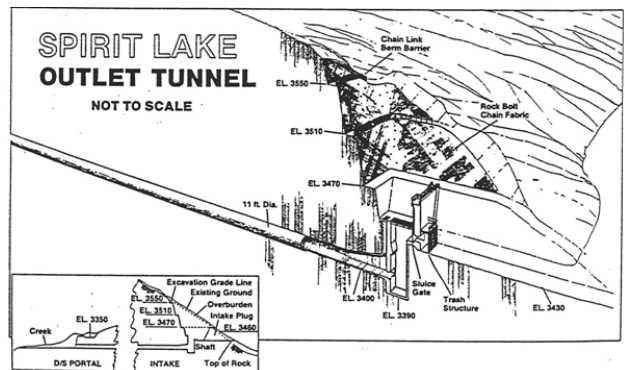


図 4.5.3.5 スピリット湖の排水トンネルの概要

③沈砂地 (SRS)

ノースフォーク・トゥートル川上流に堆積している約30億 m^3 の岩屑流堆積物の侵食により下流に運搬される土砂を貯留するためのUSACEにより計画・建設された堤高56m、有効高38m、堤長550mのロックフィルダムである(図 4.5.3.6²⁾)。建設地点はセントヘレンズ山から約36km下流地点のノースフォーク・トゥートル川で、ダム地点上流の流域面積は370 km^2 である。

貯砂地の面積13 km^2 で貯砂容量は1億9700万 m^3 となっている。堤体には直径91.4cmの暗渠が横5列、縦6列、合計30本千鳥状に配置されており、通水能力の合計は180.5 m^3/s で、通常の流水はここから排出される。これとは別に、将来の噴火によって発生するものが想定される火山泥流の流下に備え、別途、通水能力6460 m^3/s の放水路が設置されている。ダムの満砂想定年は50年である。



図 4.5.3.6 沈砂地(SRS)の全景

(3) 河床上昇への対応¹⁾

コロンビア川に堆積した $34 \times 10^6 \text{m}^3$ の土砂は、6月1日までに陸軍工兵隊が3機のホッパー浚渫船を投入して $11.5 \times 10^6 \text{m}^3$ を浚渫し、さらに民間のパイプ浚渫機6機を契約して、船舶が航行できるように幅180m、深さ12mの水路を確保した。浚渫土砂はコロンビア川沿いの浅い区間や低河岸に処理された。

4.5.4. まとめ

直接的な火山現象に対する対応は不可能であったが、降灰影響地域の除灰を中心とした対応は早かった。しかし、除灰量が膨大であったため、土木施設の機能回復だけでも数週間から数ヶ月を要した。

泥流対策では砂防的工法が検討されたが、対象土砂量が 10^7m^3 オーダーと莫大であるため、土砂流出のタイミングと施設完成までの所用期間とのずれがあったようである。

河川に流入した土砂の影響は深刻で、舟運確保のための浚渫は迅速に行われたものの、土砂処分に苦労したことが伺われる。

参考文献

- 1) Shuster, R.L.: Effects of the Eruptions on Civil Works and Operations in the Pacific Northwest, The Eruptions of Mount St. Helens, Washington (edited by Lipma, P.W. and Mullineaux D.R.), Geological Survey Professional Paper 1250, p701-718, 1981
- 2) US Army Corps of Engineers: Mount St. Helens Recovery
- 3) Stockton, S.L. : Engineering Response to Flood Hazards Created by the Eruption of Mount St. Helens : Proceedings of the Symposium on Erosion Control in Volcanic Areas, Technical Memorandum of PWRI, No. 1908, p249-271,

1983

- 4) US Army Corps of Engineers: Mount St. Helens, Washington Feasibility Report & Environmental Impact Statement, Volume 1-Main Report, 1984
- 5) US Army Corps of Engineers: Mount St. Helens, Washington Feasibility Report & Environmental Impact Statement, Volume 2-Appendixes, 1984
- 6) US Army Corps of Engineers, The Hydrologic Engineering Center: Toutle River mudflow Investigation, Prepared for Portland District, US Army Corps of Engineering Special Projects Report No.85-3,1985
- 7) US Army Corps of Engineers: Mount St. Helens, Washington Toutle, Cowlitz and Columbia Rivers, SRS and Staged SRS Hydrology and Meteorology Design Memorandum No.2, 1986
- 8) US Army Corps of Engineers: Mount St. Helens, Washington Toutle, Cowlitz and Columbia Rivers, SRS and Staged SRS Hydrology and Meteorology Design Memorandum No.3, 1986
- 9) US Army Corps of Engineers: Mount St. Helens Recovery, The First Decade, Nomination for American Society of Civil Engineers 1990 Outstanding Civil Engineering Achievement Award, 1990
- 10) US Army Corps of Engineers: Mount St. Helens, Washington, Toutle River North Fork Toutle River, Cowlitz River Basin Water Year 1993 Hydrologic Summary, 1993

火山の写真 樽前山(ドーム)-風不死岳



2006 年 11 月 今井撮影

4.6. メラピ

4.6.1. 概要

Merapi 火山における砂防事業は 1969 年噴火によって多大な被害が発生したのを契機に、当時の公共事業動力省 (DPUTL) 水資源総局河川局にプロジェクト事務所を設置し、主に火山噴出物処理として砂防工事をスタートさせた (図 4.6.1.1)。当時のインドネシアの砂防技術は、オランダ統治時代にオランダ技術者から受け継いだものであったが、遊砂池が主なものであり、溪流工等の技術を持たなかった。インドネシア政府幹部は日本の砂防工事視察の機会を得て、砂防技術の高さに着目し、日本の砂防技術導入に本格的に取り組むこととなった。インドネシア政府による技術者派遣要請を受け、1970 年より、故横田専門家が技術指導を行ったことが、我が国の技術援助の始まりであった。

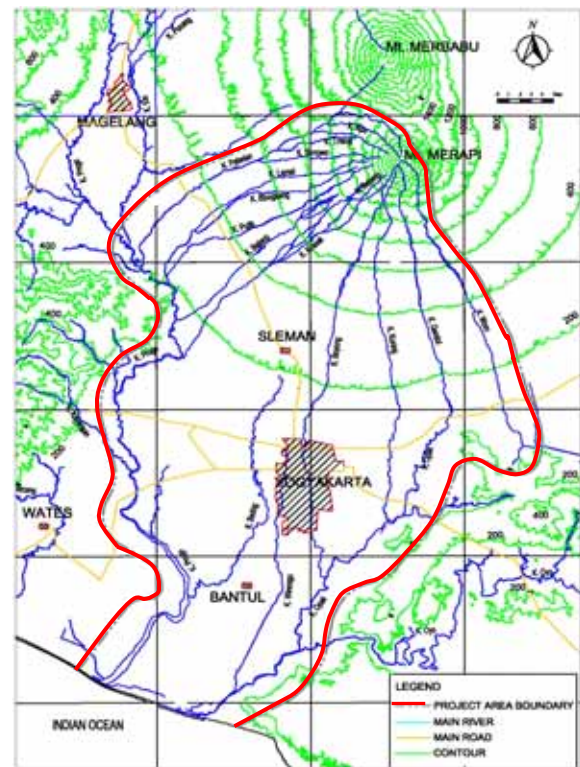


図 4.6.1.1. Merapi 火山 砂防事業対象地区

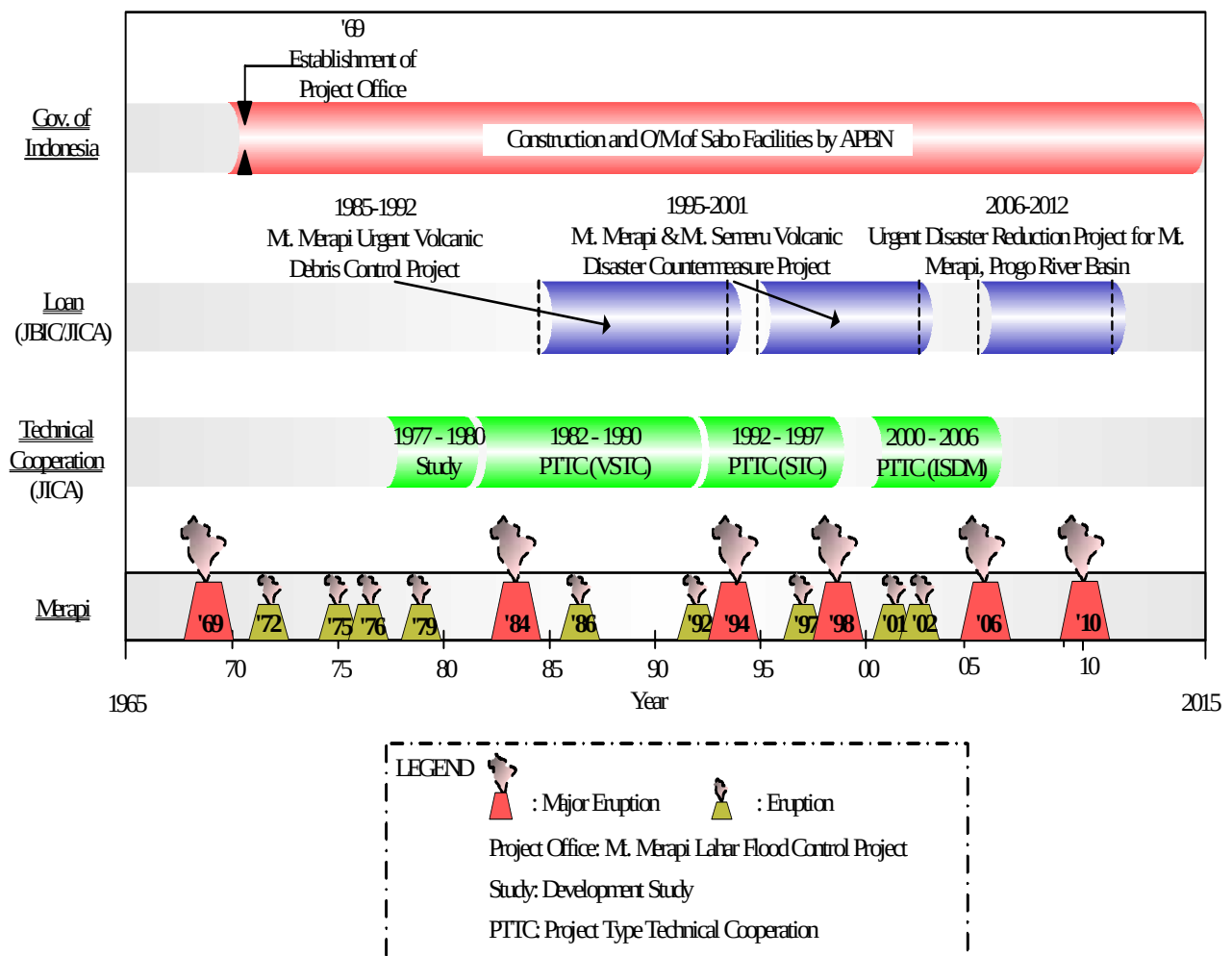


図 4.6.2.1 Merapi 火山の噴火活動と対策事業

4.6.2. 一次災害に対する対応

(1) Merapi 火山砂防工事事務所の設立と砂防専門家による技術指導 (1969～1977)

インドネシア政府は、1969 年より公共事業動力省 (DPUTL) 水資源総局河川局に Merapi 火山の他 2 カ所に火山プロジェクト事務所を設置し、主に火山噴出物処理として砂防工事を進めた。Merapi 火山砂防工事事務所では 1961 年、1969 年の噴火によって堆積した火山噴出土砂に起因する土砂災害に対し、砂防施設整備を進め、土砂災害対策を行ってきた (図 4.6.2.1)。

事務所が管轄するのは、主要河川とされる Woro 川、Gendol 川、Kuning 川、Boyong 川、Krasak 川、Batang 川、Putih 川、Burongkeng 川、Pabelan 川などで、1970 年より日本の砂防専門家の派遣が実施され、専門家指導のもと河川上流域における砂防施設の計画、建設がなされた。主に Batang 川、Kurasak 川の溪間対策を中心であったが、Woro 川など東側河川に対する遊砂池の維持、流路工整備も実施された。

(2) Merapi 火山防災基本計画策定調査(1976～1980)

Merapi 火山 Progo 川流域に対し、火山防災基本計画作成作業を JICA 開発調査案件として、当時の建設省砂防部の技術協力を得て実施された。Merapi 火山腹に堆積した噴出堆積物が雨季の豪雨によって流下し、多大な被害を与えているのに対し、Progo 川流域全体の 2,300km²を対象とした、総合的な防災計画の策定である。砂防施設計画、警戒避難体制の確立を目指した。



図 4.6.2.2 Merapi 火山緊急防災事業 (Phase I 対象地区)

ハード整備として、床固め工、砂防堰堤、導流工、遊砂池や橋梁付け替えなどが計画され、ソフト対策として警戒避難に資する広報活動、避難連絡組織の改善などが実施されている。

(3) Merapi 火山緊急防災事業(Phase I) (1985～1992)

1984 年 6 月、15 年ぶりの大規模噴火により、6.5 百万 m³の火山噴火物が、Bebeng 川、Batang 川、Putih 川、Burongkeng 川等の上流域に堆積した。この噴火の堆積土砂により引き起こされる土砂災害を未然に防止することを目的に、1980 年に策定された砂防基本計画に基づいて Merapi 火山南西斜面の 4 河川に砂防施設が整備された。導流堤防 12.3km、砂防堰堤 12 基、床固工 8 基護岸工 0.6km により、不安定となった河川流路の固定を目指し、流出土砂の抑制を図るものであった (図 4.6.2.2, 表 4.6.2.1)。

表 4.6.2.1 Phase I 整備施設

施設	数量
砂防堰堤	12 基
床固工	8 基
流路工	1.2 km
導流堤	12.3 km
護岸工	0.6 km

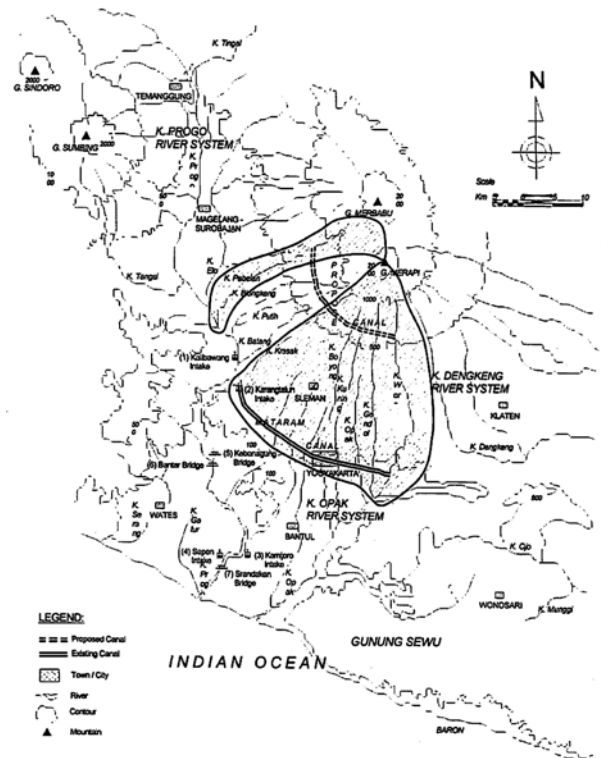


図 4.6.2.3 Merapi・Semeru 火山防災事業 (Phase II 対象地区)

(4) Merapi・Semeru 火山防災事業(Phase II) (1995～2001)

1992 年および 1994 年の火山噴火は、10 百万 m³もの火山堆積物を噴出すると共に、噴火に伴う火砕流は比較的緊急度が低いとされた南斜面へ流下した。

これらの噴火に伴う土石流災害を防止するため、ジョグジャカルタ市に流下する Boyong 川を中心に、砂防施設が整備された。この事業では、1980 年の火山防災基本計画（以下、マスタープランという）に対し、火山噴火の頻度増加、地形変化、社会条件の変化などを考慮して、基本計画の見直しを実施した（以下、レビューマスタープランという）。

その一方で、砂防施設の建設だけではなく、河川環境の激変を避けられる透過型ダムを導入、砂防ダムの多目的利用、土石流監視システムの強化、河床変動シミュレーションに基づく防災基本計画の見直し等、総合的な防災事業が実施された。

表 4.6.2.2 Phase II 整備施設

施設	数量
砂防堰堤	14 基
床固工	40 基
床止工・堰	30 基
導流堤	4.1 km
流路工	4.1 km
避難道路	22.5 km
雨量計	2 箇所
水位計	8 箇所
ワイヤーセンサー	6 箇所
振動計	6 箇所



図 4.6.2.4 Phase II 砂防堰堤及び導流堤 (Blongkeng 川 BL-D1) (2000 年 6 月撮影)

（５）Progo 川流域 Merapi 火山緊急防災事業 (PhaseIII) (2006～2011)

これまでの事業を通じ、地域の安全性は飛躍的に高まったが、1990 年代から建設骨材用の砂利として、河川にある火砕流堆積物の無差別な採取が行われるようになった結果、地域環境や砂防施設に悪影響が出るようになった。さらには、Merapi 火山の下流部の Progo 川下流域では河床が低下し、国道橋や鉄道橋に倒壊の恐れが生じた。そこで、「防災を通じた地域の持続的な発展」を目的とし、以下のコンポーネ

ントからなる事業を実施している。

- 1) 土砂災害に対するソフト・ハード対策
- 2) 砂利採掘管理
- 3) 砂防施設の多目的利用、灌漑堰の修復等による地域開発
- 4) Progo 川下流の河床安定化



図 4.6.2.5 PhaseIII 整備施設 (Apu 川 AP-RD1a)

一方、本事業開始前の 2006 年 5 月に襲った大規模地震は、中部ジャワ及びジョグジャカルタを含む 2 州において、死者 6,000 人、家屋倒壊 414,000 棟他、道路、灌漑設備などのインフラに、多大な被害を与えた。これを踏まえ、本事業では急遽、緊急地震対策として、河川施設 24 カ所、灌漑施設 17 カ所の補修工事を実施した。また、2006 年 6 月に中規模の噴火が発生し、火砕流は Gendol 川及び Opak 川に流下したため、各河川に透過型堰堤を設置する緊急噴火対策も追加実施された。

表 4.6.2.3 Phase III Gendol 川・Opak 川整備施設

河川名	施設名	堰堤高さ (m)
Opak	OP-D1	10.00
	OP-D2	8.00
	OP-D3	10.00
Gendol	GE-D4	13.00
	GE-D3	14.50
	GE-C13	14.50

さらに本事業の終盤となった 2010 年 10 月に大噴火が発生した。このため、噴火直後より土石流、河床変動及び砂防施設状況のモニタリングを実施し、警戒避難情報の基礎情報として関係機関へ提供する体制をとった。

また、噴火活動及び頻発する土石流により倒壊、破損した砂防施設の補修工事の計画、設計を行った。その中から、補修優先度の高い施設を選定し、従来行ってきた施設整備工事に加えて、現在補修工事を継続中である。

（６）2010 年噴火後の砂防施設の状況と対応

PhaseIII 事業終盤となった 2010 年 10 月に発生した大噴火は、雨期に伴う豪雨によって、土石流を頻

発させた。整備されてきた砂防施設により、多くの土石流を捕捉し、その効果を発揮した。また、PhaseIII事業より本格的に導入された透過型堰堤（コンクリートスリット）も閉塞し、土砂を補足している。

しかし、頻発する土石流により著しい河床変動やコンクリートの摩耗が発生する等、砂防施設としての機能を大きく損なう損傷を与えた。損傷の特徴は大別すると以下のように分類される。

1) 施設下流の河床変動による損壊

施設下流において局所的な河床洗掘が発生し、その洗掘深さは10m以上となる場合もあり、副堰堤、水叩きなどの前庭保護工基礎が洗掘され、堰堤本体が損壊した。

2) 著しい摩耗による損壊

頻発する土石流の流下によって、堰堤天端のカバーコンクリートの摩耗が著しく、内部材料の流失につながり、施設の損壊が発生させた。摩耗の速度も非常に早く、特に内部材料が練石積みの構造となっている施設については、損傷が著しく拡大した。

3) 袖部における土石流による損壊

土石流の発生頻度が非常に高く、堰堤の土砂補足機能が回復する前に新たな土石流が流下するため、土石流の偏流が発生し、主堰堤の袖を土石流が越流、下流施設を土石流が破壊する状況となった。

4.6.3. 二次災害に対する対応

河床及び流路変動に対する対策に関して、プチ川とプロゴ川の合流点における川幅の拡幅の原因は、

上流域における土砂の氾濫によって土砂濃度が低下した水が、短時間に流れたためと考えられる。3.7.3で記述したマゲランとジョグジャカルタを結ぶ国道とプチ川が交差する地点における土砂の堆積は、プチ川とプロゴ川の合流点の約5km上流域であり、その間も多くの土砂が氾濫している。そのため、土砂の氾濫の抑制機能も含めた対策としては、一時的に遊水池としても機能するサンドポケットを上流域に設置する等の手段は有効と考えられる。

図4.6.3.1は、4,000,000m³の貯砂量を持つサンドポケットをプチ川上流域に設置した場合のプチ川からの土砂流出失量を一次元河床変動解析で計算したものである。なお、河床材料は混合粒径で扱われている。Case 1はサンドポケット無し、Case 2はサンドポケットを設置しポケット内が空の時、Case 3はポケットが満砂の時である。図より、サンドポケットを設置すると、ポケットに土砂が堆積するため、サンドポケット下流域で河床低下及び河床材料の粗粒化が発生し、プチ川の流出土砂量が非常に小さくなることが分かる。また、サンドポケットに堆積した土砂は、政府が管理しやすいため、違法な砂利採取による河床低下等を防ぐことも期待される。

なお、河岸浸食に対しては、護岸などの直接的な河岸浸食対策も考えられるが、プチ川とプロゴ川の合流点では、農地以外には守るべき対象がないため、経済的な側面対策を考えると、護岸整備はあまり有効な手段とは思われない。

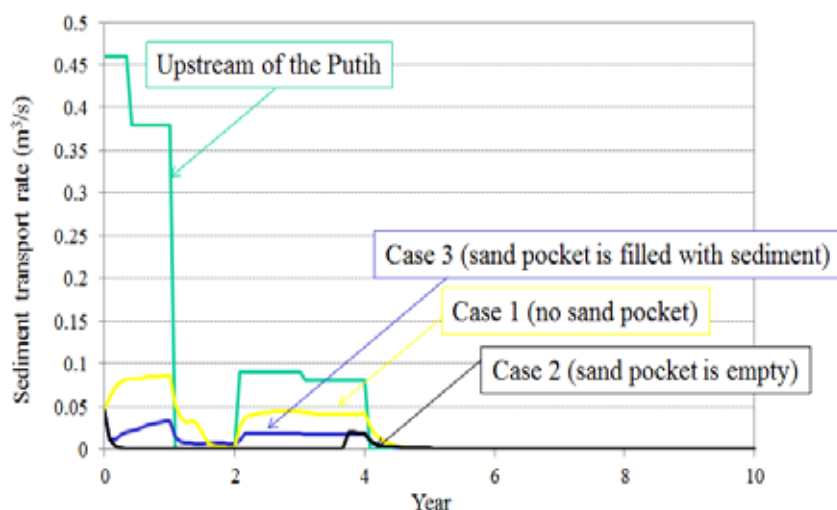


図 4.6.3.1 サンドポケットの設置がプチ川からの土砂流失量に与える影響

4.7. ピナツボ

4.7.1. 概要

フィリピン国ルソン島西部ピナツボ火山は、1991年6月に噴火活動を開始した。6月15日に発生した噴火は21世紀最大級の噴火とされ、その噴煙柱は成層圏にまで達したとされる¹⁾。ピナツボ火山は、安山岩-デイサイト質の岩石からなる複合火山であり、幾度もの噴火を繰り返し、その度に大量の火山灰を噴出させるとともに、火砕流を流下・堆積させている。噴火の度に発生した大規模な火砕流は谷地形を埋積し、平坦な火砕流堆積物面が形成されるが、その後火山活動が休止して上流からの土砂流出が減少すると、再び下刻を始め広大な段丘面を形成している。

4.7.2. 二次災害に対する対応

ピナツボ火山における二次災害に対する対応として、泥流防御施設の建設がフィリピン国の公共事業道路省(DPWH)によって実施された。主に泥流氾濫を防止するための堤防が建設された。パシグ・ポトレロ流域における一線堤(Primary Dike)の延長、二線堤(Secondary Dike)、三線堤(Tertiary Dike)、貯砂面積45km²、高さ約12mのメガダイク(Mega Dike)が自国資金により建設された(図4.7.2.1)。



図4.7.2.1 メガダイクの状況

他国からの援助として、1991年～1992年に米国陸軍工兵隊(United States Army Corps of Engineers)によりピナツボ周辺の主要8河川について概略的な施設計画(堤防、浚渫、貯砂ダム等)が検討され、1994年にRecovery Action Planが作成された。その後、我が国の援助により、「ピナツボ火山東部河川流域洪水及び泥流制御計画調査」、「ピナツボ火山西部河川流域及び泥流制御計画調査」が実施された。そのうち、サコピア-バンバン川河川改修、マスカップ砂防ダム(図4.7.2.2)、パシグ-ポトレロ川河川改修、メガダイク補修工事等が実施された。現在は第3期(PhaseIII)をむかえ、パシグ-ポトレロ川下流域

の支流や同支流に合流するポーラック-グマイン川においてハード対策やソフト対策(流域・土地管理計画、災害防止・避難計画の策定等)が実施されている。



図4.7.2.2 マスカップ砂防ダム

=====

参考文献

- 1) Pinatubo Volcano Observatory Team: Lessons from a Major Eruption : Mt. Pinatubo, Philippines. ,EOS, 72, no.49, p.552-555, 1991

=====

5. 既往火山噴火の社会学的防災

5.1. 雲仙普賢岳

5.1.1. 概要

災害は1990年11月17日の噴火で始まり、翌1991年5月15日には堆積していた火山噴出物が土石流となって山麓の集落を襲い始めた。住民にとってこれが最初の避難であった。さらに9日後の5

月24日に最初の火砕流が確認されたが、ほとんどの人は火砕流に対して警戒するということにはなかった。そして6月3日、大火砕流が発生し、消防団やマスコミ関係者43人が犠牲となる大惨事となった。島原市は、6月7日に火砕流に備え、市街地を含む広い範囲を「警戒区域」に設定し立ち入りを禁止を実施した。人家の密集する市街地での警戒区域設定は、当時全国的にも例のないものであった。

表 5.1.1.1 雲仙普賢岳噴火災害における火山活動と防災対応^{1), 2), 3)}

年月日	主な火山活動の状況	避難状況など	その他の対応など
1991年 5月15日	(01:48) 水無川で初めて土石流発生 (17:10) 臨時火山情報第21号 「普賢岳の地震・微動の増加及び土石流の発生」	(02:30以降) 島原市と深江町で土石流に対する避難勧告 (9:00) 島原市避難勧告解除 (9:10) 深江町避難勧告解除	
5月17日	臨時火山情報第23号 「マグマが浅いところまで上昇。溶岩流出等に対する警戒が必要」		
5月20日	溶岩ドーム出現 (20:10) 臨時火山情報第25号 「地獄跡火口に溶岩塊確認」		
5月24日	火砕流初めて発生 (09:25) 臨時火山情報第33号「溶岩の崩落。溶岩流出への警戒が必要」		
5月25日	(17:10) 臨時火山情報第34号 「24日08時08分の現象は火砕流」		
5月26日	(11時頃より) 火砕流頻発。島原市内に大量の降灰 (11:30) 負傷者1名(初めての人的被害:土砂排除作業員) (12:45) 臨時火山情報第35号「火砕流は人家付近まで接近」 (13:30) 火山活動情報第1号「頻繁に火砕流が発生、火砕流のその先端は人家の近くまで達している模様。火砕流に厳重に警戒」 (16:00) 火山噴火予知連絡会会長コメント「火砕流・土石流の発生には厳重な警戒を」	(13:05) 島原市で火砕流の危険に対する初めての避難勧告実施 (17:30) 深江町でも避難勧告実施	※「火砕流」新聞に初めて載る ※交通規制、避難所移転
5月27日		(06:10) 深江町避難勧告解除 (07:00) 島原市避難勧告一部解除 (午前・午後) 島原市は避難勧告地域を巡回し立入者に退去要請。(その後も継続して実施)	
5月29日	(19:40) 火山活動情報第2号 「やや規模の大きな火砕流発生、火砕流の先端は民家から400～500mまで達しているとのこと。今後も火砕流、土石流に厳重に警戒」 火砕流で山火事発生		※「災害救助法」適用 ※島原市災害対策本部は報道機関に対し退去依頼
5月30日	地獄跡火口から火柱		※島原市災害対策本部は再度報道機関に対し退去要請
5月31日	地獄跡火口拡大 (17:30) 火山噴火予知連絡会統一見解「今後も溶岩噴出、火砕流、土石流に厳重に警戒が必要」		
6月1日	土石流の危険なくなる。火砕流やや減少	(07:00) 島原市避難勧告一部解除	
6月3日	(16:08) 規模の大きな火砕流。死者40名、行方不明者3名、負傷者9名、建物被害179棟 (16:20) 火山活動情報第3号「火砕流連続。火砕流、土石流に厳重に警戒」 (17:10) 火山活動情報第4号「16時30分上木場地区の民家付近の数ヶ所で火砕流による火災が発生。筒野バス停より下流まで火砕流が到達」 (18:00) 臨時火山情報第47号「大きな火砕流、負傷者の確認」	(16:13) 島原市避難勧告域拡大 (16:16) 深江町避難勧告実施	※自衛隊災害派遣 ※国道57号などをはじめ、島原市内全域交通規制
6月6日			※自衛隊:ヘリ、装甲車で偵察・搜索
6月7日		(12:00) 島原市で警戒区域を設定	※警戒区域「立入禁止」看板設置
6月8日	(16:00頃) 火砕流頻発 (19:51) 大規模火砕流発生 (20:05) 火山活動情報第7号「火砕流と思われる震動波形を連続して記録。厳重に警戒」	(18:00) 深江町で警戒区域を設定 (20:30) 島原市で警戒区域追加設定	
6月9日		(18:00) 深江町で警戒区域追加設定	

5.1.2. 避難・情報伝達

(1) 土石流による避難²⁾

1991年2月頃から火山活動が活発化し、降灰に続き、大雨による泥流、土石流の発生が心配されていた。4月に初めて土石流跡が確認されて以来、自治体は警戒を強めていた。5月15日前日からの降雨により、水無川ワイヤーセンサーが切断され、上流の住民に初めて避難勧告を発令した。その後も降雨のたびに土石流が発生したため、避難勧告が出ては解除という状態が繰り返された。

(2) 避難に関する情報伝達体制⁵⁾

住民に避難を伝える手段として、深江町には既に防災行政無線が整備されていたが、島原市では広報車と消防車のみであり、現場に駆けつけるのに時間がかかるため、島原市は、24時間体制で警戒にあたることやサイレンの設置などを決めた。サイレンについては、当面設置されるまでは、人海戦術で対応に当たるといこととし、消防署員、消防団員、島原市職員などが住民の避難誘導などにあたった。

(3) 避難勧告区域の拡大

土石流発生に伴う避難が繰り返されていた頃、5月20日に初めて溶岩ドームが出現、火山活動が新たな展開を見せ始めた。24日に初めて火砕流が発生、26日には水無川の既設砂防堰堤の除石作業ができるかどうかを確認に行った現場作業員が負傷した。しかし、火傷を負う程度であったため、火砕流に遭っても、濡れタオルを用意しておけば大丈夫だと、そのくらいの認識しかもたれなかった⁵⁾。

土石流の危険がなくなったということで、5月26日から出ていた避難勧告が上木場地区を除いて6月1日にはいったん解除された(図5.1.2.2⁴⁾)。

一方、報道機関は、火砕流が最もよく見え、迫力のある火砕流の映像を撮影するための場所、北上木場地区のいわゆる「定点」と呼ばれた場所で、毎日のように取材を続けていた(図5.1.2.1)。この「定点」を含む地域一帯は、すでに避難勧告地域に指定され住民は全員避難していた。



図 5.1.2.1 定点でのマスコミの取材状況

無人となった地域の留守宅で一部の報道機関により電気や電話が無断使用されたため、消防団は土石流の警戒に加え、この事件再発防止のため、「定点」近くの北上木場農業研修所に警戒本部を設けた。島原市災害対策本部は、29日に報道機関に対して区域外への退去を要請していた。こうした状況下で、6月3日16時08分大規模火砕流が発生し、「定点」近くにいた報道関係者及び報道関係者の警戒にあたった警察・消防関係者など43人が被災した。大規模火砕流の発生後、避難勧告区域が拡大していった(図5.1.2.3⁴⁾)。



図 5.1.2.2 大火砕流発生前(1991.6.1)の避難勧告区域



図 5.1.2.3 大火砕流発生後(1991.6.3)の避難勧告区域

5.1.3. 警戒区域の設定

6月3日、大火砕流発生後に現地に入った長崎県知事や警察署長から島原市長に対して、多くの死傷者が発生していた状況の中で、避難勧告地域を警戒区域に強化するようにとの要望があった。

市長は、市民生活や経済的な問題への影響があまりにも大きいと難色を示していたが、その後、知事のねばり強い説得や「住民の損失は国と県が協力して支援する」との約束を受け²⁾、6月7日に住宅密集地としては全国初の警戒区域の設定を実施した。国道57号線から上を全て設定した(図5.1.3.1⁴⁾)。

6月8日、3日に発生した火砕流よりさらに大規模な火砕流が発生し、国道57号線あたりまで来たが、まさにぎりぎりのところで、大きな災害を免れた。

警戒区域の設定については、県、市、町をはじめ、消防本部、警察署、陸上自衛隊、雲仙測候所、長崎海上保安部、九大観測所、建設省長崎工事事務所が一堂に会し、火山活動の状況や防災工事の進捗、住

民の動向等を踏まえ、基本的な方針を決定し、それをもって市、町は災害対策本部で協議決定した。その後の期間延長や解除などの検討もこの体制で行われた²⁾。



図 5.1.3.1 警戒区域および避難勧告区域
大火砕流発生後（1991.6.7）

5.1.4. 監視体制の整備

（１）応急的な監視体制の構築

長崎県は、1991年3月11日に雲仙普賢岳周辺の火山灰による土石流災害を防止するため砂防工学、河川工学、火山学などの学識経験者からなる「雲仙岳緊急火山対策検討委員会」を設置して、火山灰を発生源とする泥流や眉山の山体崩壊に関する対策の検討を始めた。同委員会は同年3月28日長崎県に対し以下の提言を行った。

- i) 水無川・赤松谷川に土石流発生感知のためのワイヤーセンサー設置、および、年度内における既設砂防堰堤の土砂排除
- ii) 1991年度以降における土石流監視施設の増設
- iii) 災害予測図の作成と観測機器の充実

この提言を受けた長崎県は、1991年3月29日に赤松谷川及び水無川の両河川上流にワイヤーセンサーを1基ずつ設置するとともに、4月18日までに既設の砂防堰堤2基の除石作業を完了した。委員会で指摘されたとおり、山腹一帯に降り積もった火山灰は、わずかな降雨でも周囲の土砂を巻き込みながら流下し始め、4月15日には水無川支流の赤松谷川上流で小規模な土石流の発生が初めて確認された。さらに、5月19日午後には発生した土石流は水無川上流の2橋が流失するなどの被害が生じた。この土石流は重さ数十トンもの巨石とともに被災した橋桁を巻き込みながら濁流となって流下し、その後も土石流が発生する度に避難者が増加していった。

これらの土石流は、それまで眉山崩壊対策を主な対象としてきた防災対策が土石流災害を想定した対策へと変更される契機となった。

（２）火砕流、土石流発生と監視体制整備

1991年5月20日には地獄跡火口の中に溶岩ドームが確認された。また、溶岩ドームは成長・分割し24日には溶岩塊が崩落して火砕流が発生し始めた。

気象庁雲仙岳測候所は25日に臨時火山情報によ

り、これが火砕流であることを明らかにした。翌26日には現場作業員2人のうち1人が火砕流の熱風により負傷し、県による土石流対策としての既設砂防堰堤の除石作業や新設の災害関連緊急砂防堰堤の建設作業は中止に追い込まれた。

その後も火砕流は多発していたが6月3日の16時08分に発生した火砕流は火口から約4.3km下流の水無川と赤松谷川の合流点付近まで到達した（図5.1.4.1⁶⁾）。この火砕流が死者・行方不明者43名、負傷者9名を生じさせるという大惨事をひきおこした。このような状況の中、早急な監視体制整備の一環として、溶岩ドームおよび火砕流を監視するために岩床山と仁田峠にそれぞれ監視カメラが設置された。また、水無川の土石流発生感知のため、自衛隊の協力を得てヘリコプターから投下型土石流探知センサー3基が投下された。さらに降灰の影響で土石流の発生するおそれのある湯江川と中尾川にワイヤーセンサーが設置される等、火砕流・土石流の監視体制が整備された。

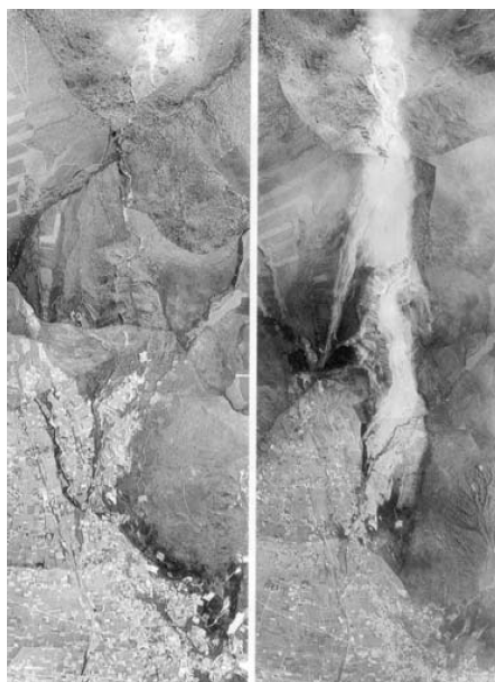


図 5.1.4.1 6月3日発生の火砕流状況
左：1991年5月16日 右：1991年6月3日

5.1.5. 長期の避難生活

1991年5月29日から11月27日（島原市は9月28日まで、深江町が11月27日まで）にかけて、災害救助法に基づく避難所が設置された。特に6月3日の大火砕流が発生してから、住民は長期の避難生活を送ることになった。当初、住民は数日間程度の避難だと思われ、ほとんど荷物は持たずに避難していた。その後、警戒区域が設定され立入が禁止されると、家財道具、家畜、収穫間近の作物など住民にとっては気がかりな問題が生じ、行政に詰め寄る人

もいたが、行政側も見通しが分からずお手上げの状態であった。

島原市では、学校の体育館に畳を敷き、毛布や洗面道具などとりあえず日常生活に必要なものは用意し、住民の方でも町内会単位でまとまるなど長期の避難生活に備えた。ただし、体育館などは過密で、場所取りをめぐるトラブルが起きるなど、避難生活では、様々な課題が出ていた。お風呂も、行政機関が入浴券を発行し地元のホテルや旅館のお風呂をあっせんするなど対応したが、噴石の危険がありそこまで行けないなどの問題もあった。その後、簡易シャワーをつけるなど対処された。

夏場になると窓を開けたいが、降灰がひどく締め切ったままの状態では生活をしなけりならなかった。地震災害と違い、水や電気は使えたが、火山災害特有のこうした課題があった³⁾。

避難生活を開始してから半年後、共同生活による肉体的・精神的疲労をやわらげ、プライバシーを確保することを目的として、6月19日から11月28日にかけて163日間、旅館、ホテルを避難所として県が借り上げた。これは、体育館の居住場所はそのままにして、何人かずつ交代しながらこれらの施設で過ごしてもらおうというものだった³⁾。また、6月24日から7月27日にかけて客船「ゆうとぴあ」を借り上げ、島原市の避難者用の避難所として利用するというわが国で初の試みも実施された³⁾。

さらに、噴火災害により、本来の生活拠点での収入の途が断たれ、十分な生活や事業の再建活動を開始できない者に対し、自助努力による生活の自立支援を図るという目的で、長崎県は、食事の現物供与もしくは一人一日1,000円を供与するという食事供与事業を行った²⁾。これはその後の有珠山噴火災害においても参考とされ、類似の支援事業が実施されている。

また、土石流によって、避難が繰り返されたが、土石流発生の際に家財道具を抱えて避難するわけにいかず、民間の倉庫や仮設住宅が家財道具の置き場として活用された。

5.1.6. まとめ

火砕流の発生で死者が多数発生した。当時、専門家が指摘していた火砕流についての情報や知識が、十分に周知されていない段階での発生だった。行政側も火砕流の発生が始まった当初は、土石流への警戒が中心で、火砕流に対する警戒の意識が薄かったといえる。そのため、法的強制力のない「避難勧告」で対処されてきたことも避難が徹底できなかった要因につながっていると考えられる。(死傷者発生以後は強制力をもつ「警戒区域」が設定され、外側に「避難勧告区域」が設けられた)

一方、土石流による繰返し避難や避難生活の長期

化に向けては、様々な工夫が見られた。家財道具の置き場の確保、指定の避難所だけでなく、旅館・ホテル、客船が活用された。さらに食事供与事業が実施された。避難所生活では、災害救助法により炊き出し等の食事の供与が受けられるが、仮設住宅での生活に移るとその支援が途絶えるという問題が出てきた。それを解消するためのひとつの方策として本事業が実施された。

参考文献

- 1) 災害時火山現象調査報告 平成3年(1991年)雲仙岳噴火、福岡管区気象台、雲仙岳測候所
- 2) 雲仙・普賢岳噴火災害誌、長崎県
- 3) 「雲仙・普賢岳」噴火災害を体験して、NPO 島原普賢会
- 4) 広報しまばら(雲仙・普賢岳噴火災害特集号)、長崎県島原市
- 5) 「雲仙普賢岳の噴火災害と教訓」(火山防災講演会資料)杉本伸一、2010
- 6) 雲仙・普賢岳噴火と火山砂防対策砂防事業

5.2. 有珠山

5.2.1. 概要

有珠山では、2000年3月27日から火山性地震が頻発。3月31日13時7分頃、23年ぶりに噴火した。その前兆現象をとらえて事前に1万人を超える住民避難が実施され、人的被害もゼロであった。ただ、生活圏に近い山麓噴火により、多数の住民が避難し長期にわたる避難生活を余儀なくされた。避難行動も、市町村界をこえる広域的なものになった。

この時、気象庁は初めて緊急火山情報を噴火開始前に発表した。また、国は関係各省庁の職員を現地に派遣し、現地に有珠山現地連絡調整会議を設置して噴火に備えた。

避難生活の長期化にあたっては、「カテゴリー区分」という概念を導入し、立ち入りを可能とする監視等の体制を整えることで、一時帰宅を実施した。

5.2.2. 避難・情報伝達

(1) 要援護者等の早期避難^{2) 3)}

2000年3月28日2時50分に、臨時火山情報第1号「火山性地震増加、有感地震」が発表された。

この臨時火山情報を受けて、壮瞥町、伊達市、旧虻田町（現洞爺湖町、以下当時の名称「虻田町」を使用）では災害対策本部を設置し、各市町とも住民に注意を呼びかけるなど警戒体制を強化した。

虻田町では、社会福祉施設が入所者（110名）を豊浦町の施設に避難させ（前日27日から避難準備を開始）、病院でも、入院患者を町外の施設に避難させた。観光協会も宿泊者数と宿泊予約者数を随時確認し、町に報告するなどの対応を行い、29日の段階で、全予約の取り消しと全ての観光客の避難を完了させた。伊達市では特別養護老人ホームの入所者の避難が28日に実施され、壮瞥町でも独居老人を避難させるなどの対応を行っている。

表 5.2.1.1 2000年有珠山噴火災害における火山活動と防災対応^{1), 2), 3)}

年月日	主な火山活動・火山情報	主な防災対応
2000年		
3月27日	火山性地震が増え始める	
3月28日	(0:50)火山観測情報第1号 「火山性地震増加」 (2:50)臨時火山情報第1号 「火山性地震増加、有感地震が発生」 (11:10)臨時火山情報第2号「有感地震」 (11:55)臨時火山情報第3号 火山噴火予知連絡会拡大幹事会の見解として「山麓で有感となる地震。有珠山の最近4000年の活動では、地震活動が活発化した後、1日ないし数日の間に噴火した例が多い。今後噴火が発生する可能性、火山活動に警戒」	災害対策本部設置: (8:30)壮瞥町 (9:30)伊達市・虻田町 社会福祉施設入居者の避難など 各地で自主避難の呼びかけなど
3月29日	(07:30)臨時火山情報第6号「今回最大の有感地震」 (11:10)緊急火山情報第1号 火山噴火予知連絡会拡大幹事会の見解として「有珠山の地震活動が、急速に活発化。地震は引き続き北西山腹を中心に発生。今後、数日以内に噴火が発生する可能性が高くなっており、火山活動に対する警戒を強める必要がある」 (18:15)道防災会議地震火山対策部会：「噴火は一両日の可能性、遅くとも1週間以内」	(10:30)北海道庁：有珠山火山活動北海道災害対策本部設置 (11:10)災害対策関係省庁連絡会議開催 (11:30)有珠山関係省庁局長級会議開催 (13:00)壮瞥町：壮瞥温泉地区・洞爺湖温泉地区・昭和新山地区に避難勧告 (13:30)伊達市：有珠地区・長和地区に避難勧告 (15:00)虻田町：洞爺湖温泉地区、泉地区、入江地区に避難勧告 (18:30)伊達市・壮瞥町：避難勧告対象地区に避難指示、虻田町：洞爺湖温泉地区に避難指示 (20:30)虻田町：泉地区の全域、入江地区の一部に避難指示
3月30日	(13:20)緊急火山情報第2号「有珠山で地殻変動確認。断層や地割れ群」	(9:30)虻田町：月浦地区全域に新たに避難指示 (14:30)虻田町：入江地区の一部と高砂地区の全域に避難指示
3月31日	(13:10)★有珠山西側山ろくから噴火 (13:16)緊急火山情報第4号「有珠山が噴火しました」	(14:00)政府：有珠山噴火非常災害対策本部設置 (15:30)花和地区、清水地区の両地区を除く全町の住民に豊浦町等へ避難指示
4月1日	(12:05)緊急火山情報第5号「有珠山北西側にある金毘羅山の西側山腹から、新たな噴火活動が始まった模様」	
4月3日		虻田町役場と噴火災害対策本部の機能が全面的に豊浦町社会館に移転

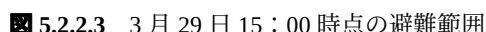
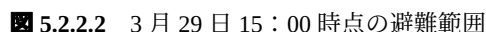
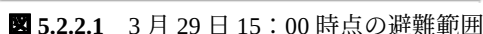
3月29日11時10分には「今後、数日以内に噴火が発生する可能性が高い」という緊急火山情報第1号が発表された。当時、噴火前に緊急火山情報を発表したのは初めてであった。この情報を受け、壮瞥町(13時10分)、伊達市(13時30分)、旧虻田町(15時00分)は、それぞれ避難勧告を発令した。その後、北海道大学岡田教授や気象台、市町との協議により、同時に避難勧告を避難指示に変更するという意思統一を図り、18時30分に避難対象地域の拡大とともに、避難勧告がより拘束力の強い避難指示に切り替えられた¹⁾。

31 日には虻田町の清水・花和地区を除く全域が避難指示区域として設定された。

■ 5.2.2.1～■ 5.2.2.3 ^{3) 4)} のとおりである.

(3) 広域避難の実施¹⁾

は、北海道警察、消防が中心となって行われた。虻田町では、町が地元の民間バス会社に依頼してバス7台を手配したほか、自衛隊の大型バス、マイクロバスなども支援にあたった。実際の避難には、自家用車も多く利用されたため、虻田町から豊浦町へ向かう国道は一時渋滞した。



- JR の列車による一括大量輸送
- 自衛隊の大型ヘリコプター（チヌーク）による虻田小学校からの直接輸送
- 海上保安庁の巡視艇を沖合に配置し、海岸線からヘリによるピストン輸送

— 81 —

臨時特急列車の運転を急きょ長万部駅で打ち切り、そのまま避難列車として洞爺駅へ向かわせた。線路状態の確認ができないため時速 45km で徐行、洞爺駅で 6 名、さらに途中の豊浦駅で 127 名を乗せて無事に長万部駅に戻った。

自衛隊の大型ヘリコプターは、避難者のいる虻田高校から豊浦高校まで、住民 22 名を乗せて飛んだ。また、海上保安庁では巡視艇 10 隻を虻田漁港に派遣、待機したが利用者はいなかった。

JR の列車運行は、自然災害時の避難手段としては初めての試みだった。また、結果的に船舶の利用はなかったが、このように二重・三重にも避難手段を確保しておくことで、不測の事態に備えることができた。

他の多くの自治体と同様、虻田町の地域防災計画には町域を超えてのいわゆる広域避難は想定されていなかった。虻田町役場では、急きょ隣接する豊浦町に対して避難者の受入を依頼した。また、北海道庁では、胆振支庁内の他町村はもちろんのこと、渡島・後志支庁まで手を広げて避難先の確保にあたった。

家族や近所の人とバラバラになったり、一部の避難所に避難者が集中したりするという混乱はあったものの、噴火から約 7 時間後の 18 時頃までには、虻田町の避難対象者 9,935 人のほとんどが、無事避難を完了した（図 5.2.2.4）。



図 5.2.2.4 避難勧告・指示で無人の街（虻田町，2000.4.1）

5.2.3. 災害対策本部等の体制

（１）「有珠山現地対策本部合同会議」の設置

有珠山では、3 月 31 日の噴火に先立って火山性地震などの噴火の前兆現象が観測されたため、地元の道・市町をはじめとする防災関係機関は噴火前から防災対応を開始し、住民避難を誘導するなどの対応がとられた。国もまた、前兆現象の進展および地元の対応状況にあわせて噴火前から初動対応を開始、関係各省庁の職員を現地に派遣して、伊達市役所内に、関係者間で現地情報を共有し対策を推進する「有珠山現地連絡調整会議」を設置し、噴火に備えた体制の整備を図った。

3 月 31 日 13 時 07 分、有珠山の西側山麓で噴火が始まった。このため、有珠山非常災害対策本部および同現地対策本部が設置された（有珠山現地連絡

調整会議を切替）。同日夜からは、国の現地対策本部と地元自治体（北海道・伊達市・壮瞥町・虻田町）による「有珠山現地対策本部合同会議」が開催され、避難者の広域搬送、緊急避難に取り残された残留者の救出などの対応が開始された。国の現地対策本部はかなりのスペースを占めているが、自衛隊指揮所もあり、人数が多くすし詰め状態だった（図 5.6.3.1）。

政府現地対策本部と同じフロアにある市議会の議場は、記者会見場となっていた。記者発表の際には、マスコミだけでなく、関係機関職員も傍聴に来て、情報収集に努めていた（図 5.6.3.2）。



図 5.2.3.1 国の現地対策本部の状況（伊達市 2000.4.1）



図 5.2.3.2 議場での記者会見の様子（伊達市 2000.4.1）

（２）虻田町の災害対策本部の移転

町庁舎周辺に避難指示が出されてからも町長をはじめ、町幹部 10 数名のみが庁舎に残って業務を継続している状況が続いていた。



図 5.2.3.3 虻田町災害対策本部
（豊浦町社会館，豊浦町 2000.4.1）

4月3日には、虻田町役場を閉鎖し、役場と災害対策本部の機能が全面的に隣町の豊浦町にある社会館に移転した(図 5.2.3.3)。また同日、西胆振消防組合消防本部、消防署も旧虻田町清水の集会所に移転した。

5.2.4. 長期避難と一時帰宅

ほぼ全町にわたり避難となった虻田町は、隣の豊浦町(図 5.2.4.1)や支庁を異にする長万部町への受入れを行うことで初期を乗り切り、さらに4月からは、洞爺村、伊達市・室蘭市、登別市も受入れ、壮瞥市も一部地区の避難指示解除を受け、避難所を開設し虻田町民を受入れた²⁾⁶⁾。

3月29日の事前避難開始後、7月31日町外の全避難所を閉鎖するまで、虻田町を含め避難所は8市町村、54か所に上った。

実際には、半数以上の避難者が親戚や知人宅を頼って町外に避難していた。ところが、噴火後一週間を経過した頃から、増加の傾向を示し、5月3日にピークとなった。これは、親戚や知人を頼って避難したものの、長期化の見通しで、「いつまでも世話になれない」という気持ちやアパートや借家に入ったが、無収入状態で家賃や生活費の負担が大きかったこと、さらには、遠隔地にいると噴火の見通しや行政からの情報などが入手できないということなどが要因となり、避難所に戻ってきたのではないかとされている。図 5.6.4.2 に、伊達市にある避難所の状況を示す。避難者のプライバシー確保のための仕切りが設けられている。

避難生活が続く中、避難者からは自宅の確認や貴重品持出などのため避難指示区域への一時的な立ち入りを求める要望が強くなった。そのほか、養殖ホタテ管理や農作業のための立ち入りを求める声も多くあげられた。これを受け、市町は4月8日から、避難指示の対象区域への一時帰宅や作業のための立ち入りを実施した。



図 5.2.4.1 豊浦町の避難所の状況
(豊浦町 2000.3.31)

4月9日に開催された有珠山現地対策本部合同会議では「短時間帰宅等の要望への基本的対応方針」が決定された。ここで設定された3つの危険度区分

が、以後、「カテゴリー」と呼ばれた区分である。このうちカテゴリー1と呼ばれる「危険度が高いと判断される地域」は、全面的に立入禁止となった。残るカテゴリー2, 3については、時間を限った立ち入りが実施可能となった。

災害対策基本法に基づく避難指示の出されている地域に対し、このように一時立ち入りの体制が整備され、実行に移されたのは、過去に例がなかった。



図 5.2.4.2 伊達市の避難所の状況

4月9日に開催された有珠山現地対策本部合同会議では「短時間帰宅等の要望への基本的対応方針」が決定された。ここで設定された3つの危険度区分が、以後、「カテゴリー」と呼ばれた区分である。このうちカテゴリー1と呼ばれる「危険度が高いと判断される地域」は、全面的に立入禁止となった。残るカテゴリー2, 3については、時間を限った立ち入りが実施可能となった。

災害対策基本法に基づく避難指示の出されている地域に対し、このように一時立ち入りの体制が整備され、実行に移されたのは、過去に例がなかった。

5.2.5. まとめ

2000年有珠山噴火災害では、今後の火山防災対策を構築する上で重要な多くの教訓を残してくれた。以下に列挙すると、

- ・ 噴火前避難の判断と実施
- ・ ホームドクターの存在
- ・ 市町を超える“広域避難”の実施
- ・ 多数の避難者の輸送
- ・ 市町、道、国等の機関の連携体制
- ・ 長期避難生活と一時帰宅の実施

などである。

「有珠山現地連絡調整会議」が本格的に機能するのは、2000年3月30日からであったため、噴火前避難の判断は自治体中心で行われたが、そこにはホームドクターといわれる学識者が非常に重要な役割を果たしたことは明らかだった。

火山は多くの場合、複数の自治体にまたがっており、被害や影響も広域に広がる可能性がある。その場合の避難は今回のように広域的な対応になる可能性がある。事前の避難計画の策定においても、一市

町村の地域防災計画ではなく、火山防災協議会等での検討や計画の立案が望まれる。

また、広域避難の際の受入先や輸送手段の確保では、都道府県や国等の役割が不可欠である。今回の有珠山現地対策本部合同会議は、そうした活動調整の場として機能したといえる。

=====

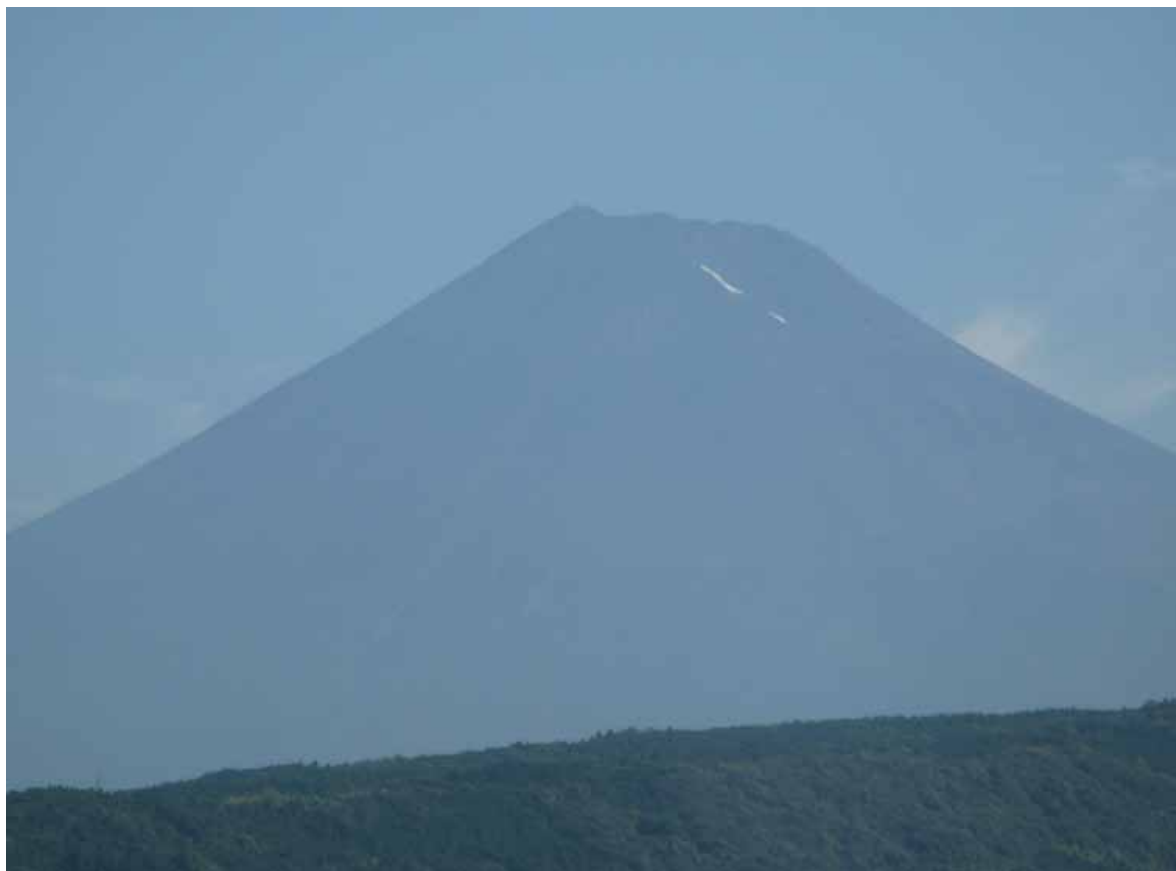
参考文献

- 1) 平成 12 年度（2000 年）有珠山噴火非常災害対策本部・現地対策本部対策活動の記録，内閣府政策統括官（防災担当）2001

- 2) 2000 年有珠山噴火その記録と教訓，北海道虻田町，2003 年
- 3) 平成 12 年有珠山噴火災害報告，北海道開発局室蘭開発建設部，2000
- 4) 噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針－別冊参考資料集－，火山情報等に対応した火山防災対策検討会，2008
- 5) 2000 年有珠山噴火における災害情報の伝達と住民の対応，東京大学社会情報研究所，2002
- 6) 災害調査報告[1]，平成 12 年（2000 年）有珠山噴火，社会安全研究所

=====

火山の写真 富士山 夏



2011 年 7 月 22 日 今井撮影

5.3. 三宅島

5.3.1. 概要

有珠山噴火の余韻が残っている 2000 年 6 月、三宅島の群発地震発生を受けて、気象庁は 6 月 26 日午後 7 時 33 分「三宅島噴火に関する緊急火山情報」を発令した。ただちに、三宅島の坪田、三池、阿古、伊ノ谷地区の住民が北の大久保地区に避難した。しかし、雄山の噴火活動は、警戒された山腹割れ目噴火が発生しなかったが、翌日の 6 月 27 日午前 9 時頃、三宅島の西方海域で海底噴火が発生した。これらの活動を契機に三宅島の火山活動は、7 月 8 日午後 6 時 43 分三宅島は雄山山頂で水蒸気爆発が発生し、火山灰が東の海上をただよった。この時、雄山山頂は直径約 1km のカルデラが形成された。その後、7 月 14、15 日にはさらに規模の大きな水蒸気爆発が相次ぎ、大量の火山灰を島内の北東側を中心に降らしながら山頂のカルデラは拡大を続けた。

8 月 10 日の早朝、噴煙の高さ 3000m の大きな噴火が起こり、台風の通過などとともに島内での泥流被害を大きくしていた。8 月 18 日にも成層圏に達する大噴火が発生し、大量の火山灰が島内に降下した。さらに、8 月 29 日の噴火では噴煙柱崩壊の温度の低い火砕流が発生するに至り、防災関係者を除く、全島民の島外避難が決定された（図 5.3.1.1）。

全島避難は 9 月 2 日から 3 日間で実施され、住民は公営住宅を始めとして島外の避難先で生活を開始した。この時期、多くの住民が 3 ヶ月程度で島に戻れると思っていたが、身体に影響のある火山ガス（二酸化硫黄）が放出を続けたため、全島民が島外での

長期の避難生活を強いられることとなった。

全島民避難後は、防災関係者による復旧作業が続けられたが、雄山から噴出される火山ガスは大量で、そのイオウ臭は遠く離れた日本国内のいろいろなところで観測される程であった。このため、復旧作業は大幅に難航した。このように、三宅島の 2000 年の噴火では、最近の数回の噴火事例とは違ってカルデラが発生される大規模な山頂噴火となった（図 5.3.1.2）。したがって、作成されていたハザートマップに基づくシナリオを超える災害が発生し、火山噴火予知や火山防災の面で大きな課題を残すことになった。

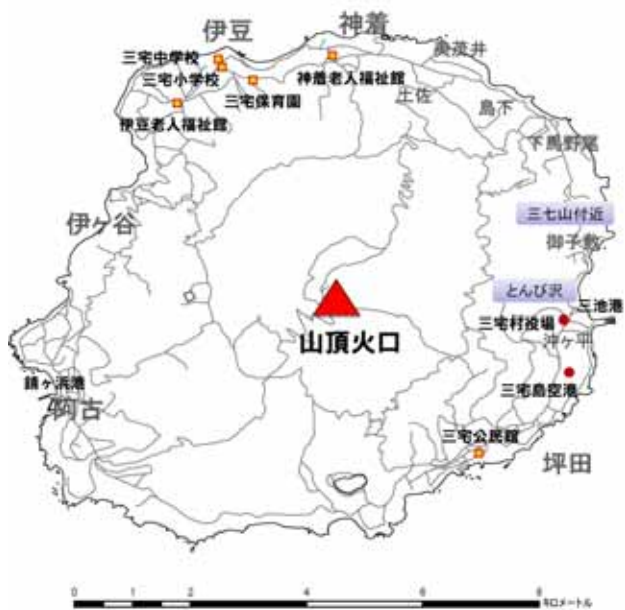


図 5.3.1.1 各地区と主な避難施設等

表 5.3.1.1 2000 年三宅島噴火災害における火山活動と島外避難^{1), 2), 3)}

月/日	火山活動等	三宅村関係の動き	関係機関の動き
2000年 6月	26日 緊急火山情報第1号「噴火の恐れ、厳重警戒」 29日 臨時火山情報第8号 火山噴火予知連絡会（伊豆部会） 「噴火の可能性はほとんどなくなった」	26日 災害対策本部設置 阿古・坪田・三池・沖ヶ平地区避難勧告 27日 伊ノ谷地区に避難勧告 29日 避難勧告解除 30日 災害対策本部廃止	26日 三宅村に災害救助法適用 27日 東京都災害対策本部・現地災害対策本部設置 東京都・陸上自衛隊に災害派遣要請 29日 現地対策本部廃止 30日 東京都災害対策本部廃止
7月	8日 雄山頂で小規模噴火、火山灰噴出、山頂の陥没開始 14日 雄山山頂で噴火、島の北東部・神着地区に大規模な降灰 15日 山頂で噴火、大規模な降灰 26日 とんび沢、三七山泥流発生	8日 災害対策本部設置 9日 本部廃止 14日 災害対策本部設置 自主避難、自宅待機の呼びかけ 外出自粛広報 神着地区の一部（下馬野尾、島下）に避難勧告 （→17日解除） 15日 都道交通規制 26日 沖ヶ平の一部、島下、三池地区に避難勧告 27日 沖ヶ平全域に避難勧告 28日 坪田地区御子敷以外の避難勧告解除	
8月	10日 小規模噴火、大量の火山灰 14日 小規模噴火 火山観測情報第165号「小規模噴火、噴煙の高さ1200m. 坪田地区で降灰確認」 18日 規模の大きな噴火、島内全域に噴石や火山灰降下 臨時火山情報第14号「噴火、噴煙高度5000m以上」 29日 規模の大きな噴火、低温の火砕流が北東側と南西側に流下 臨時火山情報第17号「噴火、噴煙の高さ5000m以上」	2日 御子敷地区避難勧告解除 10日 御子敷、三池、沖ヶ平、土佐、島下地区に自主避難 呼びかけ、神着に避難勧告 都道の通行止め看板の設置 14日 避難勧告解除 18日 各地区で自主避難、避難勧告（19日～21日 解除） 24日 児童生徒の島外避難決定 在宅高齢者島外避難（8/29、30、9/1） 29日 在宅高齢者東京消防庁へにて島外避難 小中高生ら東海汽船「すれちあ丸」で島外避難 30日 泥流発生のおそれのため、避難勧告及び避難指示	11日 日赤東京支部から救護物資到着各避難所へ搬送 21日 降灰除去等に陸上自衛隊災害派遣 23日 東京都「高齢者等の都立施設への受け入れ」発表 29日 東京都災害対策本部・現地災害対策本部設置 国 非常災害対策本部設置 東京都海上自衛隊に災害派遣要請
9月		1日 全島避難を決定 災害時要援護者、児童生徒の島外避難がほぼ完了 2日 村民の島外避難を指示、第1陣が島外避難 3日 避難島民が国立代々木オリンピックセンターに入所 4日 一般島民島外避難完了	4日 東京都現地災害対策本部 ホテルシップ「かたれあ丸」によるライフライン維持 活動等の災害対応開始

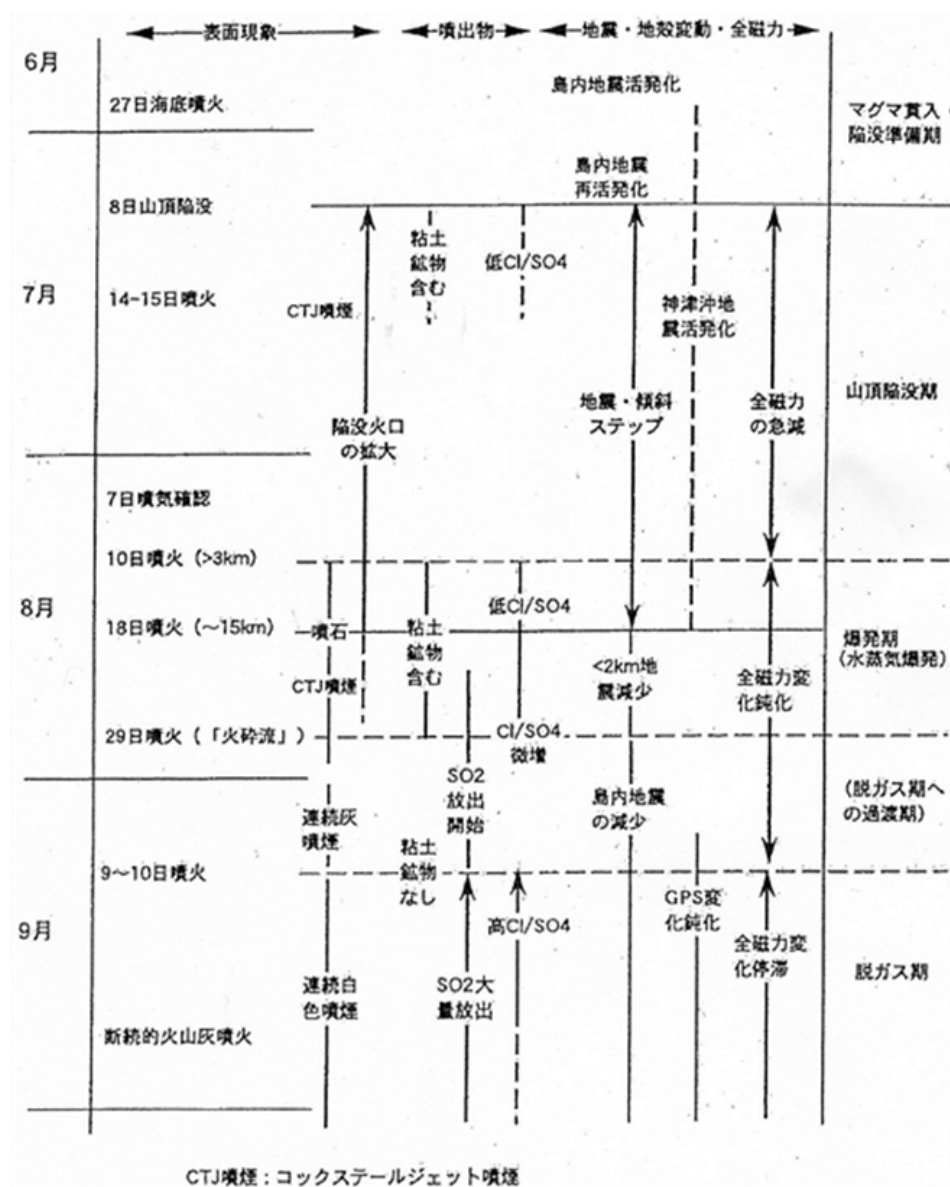


図 5.3.1.2 三宅島 2000 年噴火の推移(東大地震研究所による)

5.3.2. 避難・情報伝達

島内避難から島外避難に至る過程や避難実施状況について示す。

(1) 島内避難

1) 火山情報による避難^{1) 2)}

2000 年 6 月 26 日 19 時 33 分に、気象庁は「緊急火山情報第 1 号」で、「噴火の恐れあり、嚴重に注意」という噴火の危険性を警告した。これにより、村は 20 時 45 分に災害対策本部を設置、21 時 10 分に阿古、坪田、三池地区に防災行政無線により避難勧告を出した。

住民への非常時の情報伝達は、主として防災行政無線によっている。各地区に置かれた固定系子局を通じて、各戸に設置された受信機によって受信される³⁾。

避難勧告に際して災害対策本部は、避難所開設を行い受け入れ体制を整えた。避難の際には、寝たき

り老人の優先避難が実施された。このほか、避難のための村営バスや漁船を阿古湾に待機させ、御蔵島行きの定期船の運航の準備を行った。

さらに、海上自衛隊の船 2 隻が島の沖合に派遣されるなど、すでにこの段階で、全島民が島外避難できるような体制が整えられた。

避難勧告の対象となった地域のほとんどの人が三宅小・中学校や神着老人福祉館などに避難した。村は避難する島民のために村営バスを用意したが、マイカーで避難した人も多かった。島民の中には島内の親戚宅に避難する人もおり、翌日には 382 人が自主的に島外に避難した。28 日、気象庁は臨時火山情報第 8 号で「噴火の可能性はほとんどなくなった」という内容の火山噴火予知連絡会のコメントを発表した。この発表を受け、村は、6 月 29 日に避難勧告を全面解除し、避難所が閉鎖され、30 日には災害対策本部も廃止された。

2) 噴火・泥流による避難^{1) 2)}

7月に入り地震活動が活発化し、連日のように地震が発生した。8日には雄山山頂で小規模噴火が観測され、三池地区から神着地区にかけて降灰が確認された。14日と15日には、再び山頂噴火が観測され島の北部・神着地区は大量の降灰に見舞われた。14日には、神着地区の一部に避難勧告を出し、神着・伊豆老人福祉館を避難所として指定した。これが噴火による最初の避難勧告であった。その間、都道の通行止めを実施し、各地区には自主避難、自宅待機を呼びかけた。

7月26日に、日降水量52mmの強い雨があった。この大雨で、とんび沢、三七山で泥流が発生し、沖ヶ平の一部、島下、三池地区に避難勧告が出された。泥流の影響で、都道-三池循環線の通行止めのほか、沖ヶ平、三池地区では、停電や断水が生じた。

8月10日6時30分、雄山が再び噴火、大量の降灰が島民を悩ませた。村は御子敷、三池、沖ヶ平、島下、土佐地区に自主避難を呼びかけ、神着間川橋から坪田三宅島空港入り口までに避難勧告を出した。

18日17時2分には、噴煙が5,000mまであがるという大きな噴火があり、島内全域が噴石と大量の降灰に見舞われた。村は、坪田地区、神着地区、伊ヶ谷地区に避難勧告、伊豆地区と阿古地区に自主避難を呼びかけた。島民の間には、これまでに体験したことのない大規模な山頂噴火があったことから、以前にも増して危機感を抱くようになった。この日を境に子供達が夏休みだったこともあって島外に避難する人が増え出した。

(2) 島外避難へ^{1) 2)}

1) 島外避難の判断

8月29日、再度大規模な噴火が起き、さらに低温の火砕流も確認された。国と都の災害対策本部が再度設置された。翌30日には泥流発生危険があるため島内全域に避難勧告や指示が出された。同日、都は島外避難者のために都営住宅の提供を決定した。

31日、気象庁から発表された火山噴火予知連絡会のコメント「18日や29日の規模を上回る噴火や火砕流の発生の可能性」を受け、村は、9月1日に全島避難を決定し、翌2日7時に、防災行政無線によって、避難指示を発令した。

2001年3月に、東京大学で実施されたアンケート調査⁴⁾によると、8月18日の噴火に対して、すでに88%の島民が「不安を感じた」と答えている。29日の噴火を契機に多くの島民が一刻も早く島から避難することを考え始め、同アンケートによると9月2日に避難指示が出る前に自主的に島を離れた人は46%に達していた。ただし、このとき74%の島民が3ヶ月以内には再び島に帰れると思っていた、と回答している。

2) 要援護者等の早期避難

在宅高齢者や児童等については、段階的な早期避難を実施し、9月の全島避難に先立ち、8月下旬から島外避難が行われた。在宅高齢者に対しても基本的には、防災行政無線での情報伝達になるが、各コミュニティにおける在宅高齢者に対する親密な人間関係を基盤とした生活関係の中で、非常時にあっても近隣住民がきめの細かな気配りをしており、必要な情報が伝わらないということはなかったといわれている³⁾。

在宅高齢者や児童等の島外避難に向け、村は事前に東京都へ受け入れの要請し、東京都（都高齢者施策推進室・都教育委員会）は、三宅村の要請に応じ、受け入れ先を確保した。

3) 島外避難の実施

島外避難は2日から4日までの間に東海汽船の定期便「すとれちあ丸」で行われた。村が用意した村営バスが各地区をまわり、住民を港まで移送した。避難港は、三池港と錆ヶ浜港が使われた。9月4日には防災及びライフライン関係者を除いて避難が完了した。

①避難準備

- 避難者の氏名、年齢、性別、現住所、避難先等の避難者リストを避難用バスの乗車時に記入し作成。
- 避難者リストを3部作成し、東海汽船(株)三宅島支店、随伴する村役場職員、三宅村災害対策本部に渡す。
- 避難用バス10台を配車し、各停留所で避難者を乗車させて出帆港へ輸送。
- 避難用バスの配車時間、その他の注意事項を防災行政無線で周知。
- 避難者には、目印になるリボンを目立つところに付けて乗船してもらう。
- ペットは、各日9時30分までに港に連れて行き担当者に預ける。

②避難場所の割振り

- 高齢者、要援護者等を優先して割振りを行う。
- 三宅村災害対策本部は、避難者リストを調整し、行き先別リストを作成して、FAX等により都職員に渡す。
- 避難施設に到着後、都職員から行き先別リストを施設管理者に渡す。

③避難者漏れ等の確認

- 漁船で避難した者は、漁協のリストにより確認。
- 自主避難から一時帰島者のリストを島嶼町村会の協力を得て作成し各家の調査の際の参考資料として活用。
- 警察、消防、村役場により、9月2日及び3日の晩に各家の調査を実施し、残留者リストを作成する。各家の調査の際、既に島外に避難して留守の家に目印をつける。
- 警察、消防、村役場が9月4日の朝から残留者の個別訪問を実施。
- 島外避難を拒む者がいた場合は、警察官の協力により島外に避難させる。
- 残留公共機関等は、9月4日15時の在島者を確定し在島者リストを作成して三宅村災害対策本部に報告する。

図 5.3.1.3 島外避難計画²⁾

(5) 島外避難先^{1) 2)}

東京に着いた島民は、一時避難所となった国立代々木オリンピックセンターに入所し、そこで空き家となっていた公営住宅を提供され順次入居した。避難先からみると島民は、大別して公営住宅と縁故宅、社宅、医療・福祉施設、秋川高校の寮の5つの住居形態に分かれて避難生活を開始することになった。

なお、東京都は、都内外の自治体にも支援を要請し、公営住宅等の施設を確保しており、その結果村民の避難先は、北は北海道から南は沖縄まで広範囲にわたっていた。

避難直後、村は島民の避難先の把握に苦慮した。公営住宅の島民の把握は容易であったが、自分で自分で避難先を決めた人の所在の把握は困難を極めた。そこで村は、報道機関に協力を求め、避難先が決まったら村に連絡するように呼びかけた。それが功を奏し、全島避難から約2か月後の10月末の時点で島民の95%の避難先が把握できた。



図 5.3.1.4 三宅島ふれあい集会。
分散避難した島民が集まり、親睦、情報交換等を
目的に合計9回開催された。(2003.5.18 第6回ふ
れあい集会 東京都港区芝浦小学校)

5.3.3. 現地対策本部体制等

(1) 三宅島現地災害対策本部²⁾

2000年6月27日、東京都は災害対策本部を設置するとともに、三宅支庁内に現地災害対策本部を設置した。6月30日に東京都災害対策本部が廃止されるまで、地方隊として、三宅村災害対策本部及び各機関と協力して対策にあたった。

8月29日の噴火により、都は再度、災害対策本部及び副知事を本部長とする現地災害対策本部を設置した。9月1日には、三宅島現地災害対策本部会議が三宅支庁で開催され、都、三宅村、国の各省庁、ライフライン関係機関、運輸・交通機関などが集まり、全島避難の手順などが検討されている。

(2) 三宅村現地対策本部²⁾

2000年6月26日の気象庁緊急火山情報を受け、三宅村災害対策本部が設置された。6月30日には、火山噴火予知連絡会の火山活動低下とのコメントを受け、いったん災害対策本部を廃止されたが、7月14日雄山山頂からの噴火が発生し、気象庁臨時火山情報が発表されたため、村は同日、再び三宅村災害対策本部を設置した。

9月2日の避難指示発令による住民の島外避難は4日までに終了したが、三宅村は村役場の組織が東京に移転したことに伴い、三宅村現地災害対策本部を設置した。9月4日から10月6日まではホテルシップ「かとれあ丸」内に置き、交代で要員を配置した。

10月7日から翌2001年6月までは、神津島の村営ロッジに本部を移し、国、東京都とともに現地での対策を行った。現地本部要員として交代で5~6人の職員が滞在していた。

5.3.4. まとめ

6月26日の最初の島内避難から9月2日の島外避難までの間、火山情報や噴火現象、泥流などの要因により住民の避難が繰り返されている。猛暑の中で断水なども重なり、島民の疲弊も大きかったといわれている。また、この噴火は、前例のない山頂噴火で、噴石や降灰、「低温火砕流」の発生、繰り返される泥流により島民の生活を不安に陥れていた。繰り返される避難行動と住民自身が火山活動に対して危機感をもった状況も続き、村が決定した「全島避難」は住民に抵抗なく受け入れられた。

一方、規模の大きな噴火が発生したり、火山噴火予知連絡会の見解が発表されるごとに、東京都や三宅村、国の各省庁等の機関が現地災害対策本部等に集まり、必要な対策についての検討を行っていた。このような共同検討体制により、予測されない事態に遭遇しても、被害を最小限に留め、全島避難等の対応も円滑に行われたといえる。また、今回の島外避難においては、高齢者等の優先避難も段階的に実施されたが、事前に受入先の確保を行うなど、いわゆる災害時要援護者の噴火時等の避難のあり方を示したものと言える。

=====

参考文献

- 1) 三宅島噴火災害の記録、東京都三宅村、2008
- 2) 平成12年(2000年)三宅島噴火災害誌、東京都、2007
- 3) 自然災害に対する地方自治体及び住民の対応—三宅島噴火災害を中心として—国立国会図書館調査及び立法考査局、2002
- 4) 2000年三宅島噴火における災害情報の伝達と住民の対応、東京大学社会情報研究所、2002

=====

5.4. 伊豆大島

5.4.1. 概要

1986 年 8 月頃から火山性微動が続き、11 月 15 日 17 時 25 分には噴火した。その後、11 月 21 日には、北西側に向かって数箇所へ噴火口が出現し割れ目噴火が発生した。噴火の割れ目は拡大するとともにカルデラ内には溶岩流が出現し、島の東側にある泉津・岡田方面に流出し、その後元町方向に流れていった。

21 日の噴火直後、大島町は三原山山頂周辺の観光客などに対する避難指示が出すとともに海上自衛隊・海上保安庁・東海汽船に対し船艇の出動待機要請を行った。カルデラ内の溶岩流が泉津・岡田方面に流出し始めたため、それらの地区に対し島内避難指示が出された。

最初の避難指示が発令されたのは、11 月 21 日 17 時 57 分。最終的に、住民の島外避難が完了したのは、翌日の早朝であった。12 時間という短時間に約 1 万人の全島避難が完了したことになる（表 5.4.1.1）。

表 5.4.1.1 噴火の経緯と対応
(1986 年 11 月 21 日～22 日)¹⁾

時間	主な噴火の経緯・対応
16:15	割れ目噴火開始
16:30	火山活動情報第 2 号「三原山のカルデラに割れ目」
17:00	東京都を通じて海上自衛隊、海上保安庁、東海汽船に船艇の出動待機要請
17:22	町役場に合同対策本部設置
17:46	外輪山外側で噴火
18:00	外輪山から溶岩流出
18:05	火山活動情報第 4 号「元町に溶岩流流れる恐れ」
18:30	溶岩、元町方向に流れ出す
18:46	元町に避難命令、海上自衛隊、海上保安庁などに船艇の出動要請
19:02	島外避難の第 1 陣元町出港
20:08	溶岩流の状況を受け、対策本部が元町港から波浮港へ避難者の移動を決定
22:15	波浮近くの道路に亀裂があることを確認
22:22	波浮港からは脱出困難（波が高い、大型船接岸不可能）を再度避難者を元町へ
22:50	全島民島外避難指示
2:00	噴火ほぼ収まる
5:55	住民避難完了

5.4.2. 避難・情報伝達

伊豆大島の各地区は、火口からの距離や火山活動の見え方、予想される溶岩流の流下方向、そして、道路事情や避難港との位置関係など、それぞれに特性があり、そのため避難のタイミングや避難行動のとり方などで違いがあった。図 5.4.2.1 に島外避難の状況を示す。

(1) 各地区の避難活動^{1) 2)}

1) 岡田、泉津地区

17 時 57 分頃に同報無線から岡田地区、泉津地区に避難指示が発令された。両地区については外輪山が低く、溶岩が北東方向に流出する可能性が大きく、地震による落石や路面崩壊等により孤立する恐れがあるとして、最初に避難指示が発令された。

当初、岡田地区に対しては、元町方面（元町小学校）への避難が指示されていたが、「元町の方が危険」という警察情報によって、住民は岡田港に待機する

ことになった。岡田港には、隣の泉津地区や北の山地区からも避難者が来ており、ほとんどが自家用車で来ていたため車両混雑もひどくなっていた。

20 時 20 分に、かとれあ丸が岡田港に接岸。消防団員、警察官等が避難者を誘導し、21 時 37 分、伊東港に向け出航した。

泉津地区の避難先は、公民館であったが、噴火の状況が地区から見えないこともあり、当初、避難者数は地区の半数程度であった。消防自動車やハンドマイクによる避難誘導や広報、主な施設への電話による避難指示などもあり、19 時には、ほとんどの住民が公民館への避難を完了した。

道路事情によりバス等による岡田港への避難者の搬送は難しく、公民館の避難者は泉津港からの避難となった。ただし、泉津港は小さく巡視船などは接岸できないため、沖合まで漁船により輸送する方法（はしけ）がとられた。

2) 元町、北の山地区

伊豆大島の中心部で、最も人口の多い地区（当時、両地区で約 4,900 人）であるが、溶岩流の流下方向にあり、一時南部の波浮港への避難が指示されたが、再度元町に引き返すなど、住民の避難行動において混乱が見られた。

11 月 21 日 18 時 05 分、火山活動情報第 4 号「元町に溶岩流流れる恐れ」が発表され、18 時 46 分、元町地区に避難命令が出された。20 時 00 分頃、溶岩流が元町地区市街地まであと 2km に迫ったため、20 時 08 分、合同対策本部は、最初元町港に避難していた住民を波浮港から避難させることに決定した。一方、波浮港では集まった住民が多く、船をまわっていたものの、大型船が接岸できず、加えて波が高いため舳を利用した避難が不可能であった。

22 時 15 分頃、筆島上部の裏循環道路に亀裂が入っていることが確認された。合同対策本部は、波浮港へ避難した元町地区住民を再び元町港へ戻すことにした。この段階で、もはや島内には安全な場所はないとの判断で、22 時 50 分、全島に「島外避難指示」が発令された。

元町地区住民を再び元町港へ戻す指示を受けた現場の警察官は、住民を元町地区に移動させるため住民を波浮港近くの大島南高校に移した。ところが現場に居合わせた町役場職員や消防団員は、対策本部の決定変更が伝わっておらず、住民を再び波浮港に向かわせた。現場では「元町に戻れ」という指示と「波浮へ行け」という指示が競合し、多くの住民が右往左往させられた（結果住民は元町港に戻る）。

混乱を引き起こした原因として警察と町役場の情報伝達のスピードの違いがあった。警察は合同対策本部の決定事項を警察無線で即時に聴取でき、現場への情報伝達も極めて早かった。一方、現場の町職員や消防団員には移動系無線もあったが、無線中継局が少なく難聴地域が多いこと、使用方法を熟知し

ていない職員が少なくなかったことなどから、結局、一般加入電話によって伝達せざるを得なかった。

3) 野増・間伏地区

野増・間伏地区は、火口から最も近い距離に位置している地区であり、21日の午前中から噴石が飛来するなど、警戒態勢下にあった。住民への避難の呼びかけや老人の避難誘導なども早い段階から行われ、19時03分に正式な避難指示が出される以前の18時頃には、多くに住民が避難していた。野増地区の住民は野増小学校へ、間伏地区には、間伏文化会館への避難指示が同報無線で伝えられていた。その後、野増・間伏地区住民はバスで島南部の勤労福祉会館へ向かうことになり、老人、子供を中心に、波浮港からはしけで巡視船により元町港へ向かった。一部住民は、波高によりはしけからの乗船が困難となり、元町へ移動することになった。

4) 差木地、波浮地区

差木地地区からは噴火活動が望見でき、地震活動も元町地区などと比べて弱かった。

21時30分頃には、波浮港は、波浮地区住民だけでなく、元町、北の山、野増、差木地の人達でごったがえし、約4,000人が待機していた。

22時30分頃には、元町地区住民は再度元町港に戻るようになった。また、波浮港では、自衛艦、巡視船が住民の収容活動に入ったのは0時30分過ぎであったが、自衛艦は吃水線が高く、漁船からの乗船に困難を来したため、内火艇2隻を出した「はつゆき」を除き、「さわゆき」「しらゆき」は元町に回航され、巡視船「つくば」「おきつ」などがはしけによる避難住民収容に対応した。



図 5.4.2.1 島外避難の状況³⁾

しかし、それも波が荒く極めて危険なため、最後には10隻の船はそれぞれ住民を乗せて元町に向かった。

5.4.3. 合同対策本部と火山専門家との連携

(1) 「四者懇談会」²⁾

大島町には、昭和58年の三宅島噴火災害の教訓を受けて、各防災機関相互の連携を図るため、「四者懇談会(町長、支庁長、警察署長、測候所長)」が設置されており、各種防災対策の実施や情報連絡等で定期的な会合が開かれていた。11月15日17時25分の山頂噴火に伴い、町は「大島町三原山噴火対策本部」を設置、警察署においても「三原山噴火現場警備本部」を設置した。大島支庁も非常配備体制をとるなど体制を整えていた。

(2) 合同対策本部^{1) 2)}

11月16日には、「四者懇談会」を発展的に改組し「四者合同対策本部」を設置し、11月21日の噴火時には、大島町と大島支庁が「合同対策本部」を設置し、住民の避難等に対処することになった。

また、噴火発生時には、東京大学地震研究所のスタッフをはじめ、多数の学識者、研究者が火山の観測・調査等で来島していた。こうした火山専門家が身近に存在し、火山噴火の危険性、溶岩流流下方向などのアドバイスが対策本部等に行われたことが、迅速な避難指示等の決定に繋がったといわれている。

5.4.4. 島外避難の受入れ

東京都災害対策本部では、大島からの避難者の受入れのため、千代田、中央、港、江東の4区に対し避難施設の準備を依頼し、21日23時15分には各区で開設された。その後、新宿、文京、品川、江戸川、北、大田の6区に対しても依頼を行い、最多時には、40か所を超えた。最終的には、統廃合が実施され港区スポーツセンターをはじめとする10区26か所の避難施設が運営された。³⁾

一方、静岡県に避難した島民は、伊豆半島の東伊豆町、熱海市、伊東市、下田市の各避難施設で受入れを行ったが、22日9時30分第2回の東京都災害対策本部会議で、「全員東京都内の避難施設に収容する」と決定されたため、23、24日の両日、バス30台で1,476名を都内の各施設へ移送収容した。³⁾

5.4.5. 島民の帰島

(1) 活動要員の帰島³⁾

11月29日の東京都災害対策本部会議は、大島町の生活関連機能の回復・確保のために必要な活動要員(消防団員、大島支庁・町職員、医療・電力・電話等)を帰島させることを決定し、12月1日には、消防団員をはじめとする要員が大島に帰島し、一般島民の全面帰島に備え、活動を開始した。

消防団員は在島していた団員と合流し、各地にわ

かれて、島民の一時帰島時の安全確保のため警戒態勢を確保し、支庁・町職員は行政事務の処理、町役場の再開準備、また、東京電力職員、NTT 職員等は電気、電話等の施設の点検等に当たった。

(2) 島民の帰島（一時帰島、全面帰島）³⁾

要員の帰島とあわせて、東京都災害対策本部は、島民の一時帰島を12月3日から4日間の4回に分けて実施することを決定。一時帰島は日帰り措置で、地区別に1世帯1名（原則として世帯主、介護を要する者は除く。）を選び1回数百～千名の単位で東海汽船の「さるびあ丸」により実施した。

一時帰島者には、火気類の使用禁止や水道水を飲まないこと、持ち帰り荷物の個数制限、ペット類は持ち帰らないこと、帰るときは隣近所で声をかけ合うことなどが留意事項として示された。

12月8日、大島町及び町議会は、島民の強い希望と現在の三原山の状況から「1日も早い全面帰島」をとの要望書を政府、東京都に提出し、東京都災害対策本部は、同日午後、本部会議を開催して今後の対応を協議し、早急に島内の道路等の復旧整備作業を行い、島民の早期全面帰島をめざす考えを示した。

一方、火山噴火予知連絡会伊豆大島部会も「一連の火山活動は、一応休止に向かいつつあるものと考えられる。」との見解を発表し、これを受けた東京都災害対策本部は、伊豆大島島民の全面帰島を、19日夜から22日までの4日間で実施することを決定した。これに合わせ、消防団を核にした地域別避難計画を作り、万一に備えるほか、危険地域及び避難手段であるバス等に防災無線等を設置し、緊急時の避難誘導態勢を整備した。

22日16時15分大島元町港に「かめりあ丸」で着いた下地地区の839名を最後に一部の残留者を除き1万余島民の全面帰島が終了した。

表 5.4.5.2 全面帰島計画³⁾

実施日	区分	関係者	人員
12月15日	住民の受け入れ要員第1陣	消防団員及び農畜産業等関係者 食料店、ガソリンスタンド、金融機関	481
12月16日	住民の受け入れ要員第2陣	旅館、民宿、薬局関係者	399
12月19日	全面帰島第1陣	元町地区(避難所入所者)	1,612
12月20日	全面帰島第2陣	元町地区(自主避難者) 泉津、岡田地区(全員)	920 1,275
12月21日	全面帰島第3陣	北の山地区(全員) 野増、波浮港地区(全員)	930 1,298
12月22日	全面帰島第4陣	差木地、下地地区(全員)	1,743

5.4.6. まとめ

この時の噴火では、一部現場での情報の錯綜により、避難者が混乱する事態はあったものの、結果的に一人のけが人もなく無事短時間の間に避難できた。その理由として、文献 1) 2) の記録誌をもとに、以下に整理する。

- 天候が非常によかったこと。穏やかな天候で、い

づれの港も活用できた。

- 合同対策本部体制で、島の首脳が一堂に会して対応できたこと。町長・支庁長をはじめ、警察署長、測候所長、消防団長、東海汽船支店長が加わり、また火山専門家も来島しており、身近に助言を受けることができた。
- 消防団の活躍があったこと。消防団の懸命な避難誘導に、住民もよく従い、パニックが起これなかった。自主防災組織は当時結成されていなかったが、元々コミュニティ意識が強固で住民も落ち着きとまとまりのある行動をとることができた。
- 電気、電話が最後まで使えたこと。東京電力やNTT職員の努力により最後まで停電もなく町の中が明るかった。また電話も最後まで使え、各方面との連絡がスムーズにできた。
- 交通機関の対応も大きかった。町は、万一の場合に備え、東海汽船にバスの出動願いを要請しており、その結果、島内における住民の移動では、バスが有効に機能した。また、東京都を通じて海上自衛隊、海上保安庁、東海汽船に対して船艇の出動待機要請を行い、島外避難の準備を進めていたことも全島民の島外避難が極めて短時間に、また円滑に行われたことにつながっているといえる。

参考文献

- 1) 昭和 61 年伊豆大島噴火災害活動誌、東京都
- 2) 離島における火山噴火災害対策に関する調査研究報告書、自治省消防庁、1988
- 3) 昭和 61 年伊豆大島噴火災害支援活動、東京消防庁編

5.5. セントヘレンズ

5.5.1. 概要

合衆国地質調査所(USGS)は1978年に、溶岩流、溶岩ドーム、降灰、火山ガス、火砕流、泥流、洪水を想定した概要を公表した。さらに1979年には降灰影響区域と火砕流・泥流影響区域を図示した。また、今後100年間と20世紀中に起こりうる噴火確率も示された。

1980年3月20日に最初の火山直下を震源とする地震活動が観測され、活動が徐々に活発化するにつれて、広報活動も展開し始めた。USGSと林野局は致命的な被害が想定される国立公園や国有林内の立ち入り禁止措置を進めた。5月18日の破局的噴火までに様々な事前措置が執られ、一部の残留者(USGSの観測員や避難拒否者など)を除いて避難がほぼ完了していたため、合衆国史上最大規模の噴火にもかかわらず、犠牲者は57名に留まった。

本節では噴火に至るまでの約2ヶ月間の対応を概述する。

5.5.2. 避難・情報伝達

USGS¹⁾は3月の地震活動の活発化以来、噴火監視体制を強化するとともに、州政府や関係市等へハザード評価書のコピーを送付して、セントヘレンズ火山周辺地域の防災体制強化を喚起した。また、周辺地域を管轄する林野局ギフォード・ピンチョン国有林事務所に対策本部を設け、USGS職員も常駐して主要な情報センターとした。火山活動に関する情報はここで一元的に管理された。

初動時の情報伝達システムは明瞭になっていなかったが、1週間の経験によって構成が明確にされた。**図5.5.2.1²⁾**では、災害監視と全体の情報管理をUSGSと林野局が責任をもち、関係機関からの情報入手と発信を取り仕切るシステムとなっているが、実際の流れはかなり複雑である。このように、一元化されたことで情報の流れの混乱がかなり防がれたと考えられる。

5月18日午前8時32分に本格的噴火が始まり、火山噴火直後のニュースメディアへの情報提供は1日に3回のペースで実施された。

避難区域も早期に設定された。3月25日に林野局は森林限界以上の山体全体をレッドゾーンとして立ち入り禁止区域とした。4月3日にはワシントン州政府は立ち入り規制に州兵を充てることとし、規制を強化した。周辺道路は林道が錯綜しており、狩猟者等が規制を回避する道を通して立ち入りしていたからである。

災害を軽視していたのは住民だけでなく、木材業者も同様であった。避難拒否で有名になったハリー・トルーマンは、そのような人々の象徴であった。

木材業者は噴火の影響による樹木の損傷を懸念し

て、樹木伐採に当たっており、多くの作業員がブルーゾーンに立ち入っていた。仮に破局的噴火が日曜ではなく週日に起こっていたら、数百人から数万人規模の犠牲者が出たであろうと推定されている¹⁾。

5.5.3. 地域の取り組み

地域の取り組みについては不明である。

5.5.4. 行政の役割

前述のように火山活動の監視と情報に責任を負っていたのはUSGSである。また、セントヘレンズ火山周辺の国有林を管理する林野局がこれをサポートした。

図5.5.2.2²⁾は、危機管理対応機関の構成を示したものである²⁾。インターネットが存在していなかった当時、電話とファクシミリが主たる情報伝達メディアであり、アマチュア無線を危機管理部局の管理に置いたことが注目される。また、セントヘレンズ周辺の河川の水力発電事業者が危機管理機関として位置づけられている。これは、泥流が貯水池に流入した場合の貯水池管理や河川からの取水を念頭においたものと推察される。

合衆国の行政組織は連邦政府と州政府に大きく分けられ、地方の問題に対して実行責任をもっているのは州政府である。セントヘレンズ噴火危機という初めての大規模火山災害に直面して、火山の科学的判断を連邦政府組織である地質調査所が担い、これを同じ林野局が共同体制を組むという形で、ワシントン州政府を支援したといえる。

5.5.5. まとめ

セントヘレンズの噴火は、有史に合衆国本土で発生した20世紀最大級の噴火であったが、人的被害が数10人と少ないのが特徴である。これは、破局的噴火の約2ヶ月前から前兆現象が検知され、火山監視体制が強化されて、想定された現象に対する立入禁止や避難措置などが比較的功を奏した結果である。

セントヘレンズ噴火に対する社会的対応として情報、避難、行政の役割については、現在の社会情勢とは異なる状況下での30年前の実態であり、単純な比較はできないが、情報伝達の一元化を早期に確立したことは参考になると考えられる。

=====
参考文献

- 1) Saarinen. T.F. : Warning and response to the Mount St. Helens eruption, State University of New York Press, 1985
- 2) Sorensen. J/ H. : Emergency response to Mount St. Helens' eruption: March 20 to April 10, 1980, Natural Hazard Research, Working Paper #43, University of Colorado, 1980.

=====

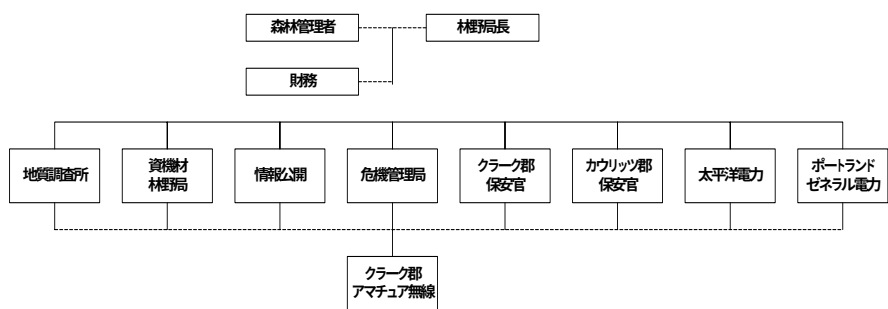


図 5.5.2.1 危機管理対応機関内の構成図

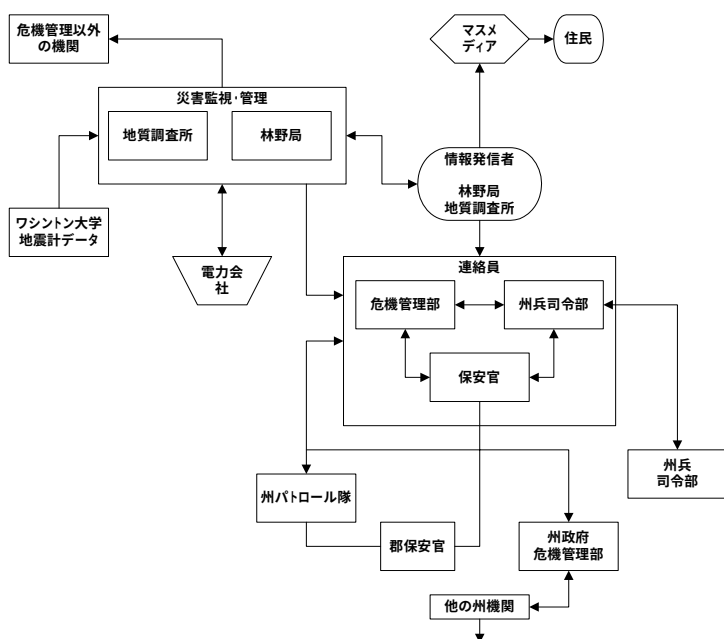


図 5.5.2.2 対応機関内の情報ネットワーク図

火山の写真 阿蘇 火口



2005年9月 稲垣撮影

5.6. メラピ

5.6.1. 概要

噴火直後から発生した土石流は、主要な河川のほぼ全域で発生した。それまでの事業において整備されてきた砂防施設は、噴火直後の土石流を補足し、その効果を十分に発揮した。噴火活動中は中上流域には立ち入りが不可能であったため、下流域における施設上流の除石を実施、土砂捕捉効果の向上を図った。

しかし、噴火直後からの土石流により、火山噴出物が河川を流下し堆積したため、河床上昇により、氾濫被害が各所で生じた。特に Putih 川では国道と交差している箇所において、土石流の氾濫によって 14 回にわたり通行止めとなる事態となった（図 5.6.1.1）。



図 5.6.1.1 国道における土石流氾濫 (Putih 川)
出典：BNPB HP April 29, 2011

5.6.2. 避難・情報伝達

住民の防災意識の向上を目的とした避難訓練・防災イベント並びに砂利採掘管理に係るパイロットプロジェクトのソフトコンポーネントは、避難所建設とともに、ガジャマダ大学(UGM)と京都大学防災研究所(岡田研究室)が共同研究契約を締結し、コンサルタントと一体となって実施した。

しかし、2010 年大噴火は、想定規模を遙かに上回る噴火であり、噴出した火山灰等の噴出物は従来設置されてきた雨量計等の観測設備の大半を機能停止させた。また、観測史上最大となる火砕流は、Gendol 川を中心に流下し、多くの死者を出した。このような状況を受け、2010 年 11 月 14 日、国家災害対策庁(BNBP)は避難区域を最大 20km まで拡大、避難民は 40 万人に迫る数となった。

建設された避難シェルターは、噴火活動中の地域住民の避難所として活用され、約 1,000 人の避難民を収容したが、予想以上の大噴火に伴い避難区域が拡大したため、シェルター設置箇所も避難区域内に入り、閉鎖となった。

避難区域内の住民は、重要な資産である家畜や田畑の維持のため、一時帰村する人も見られ、その際に被災することもあり、避難区域拡大後も噴火による死傷者が発生していた。



図 5.6.2.1 避難所施設 (Kepharjo Village)
(2010 年 10 月 29 日撮影)



図 5.6.2.2 Merapi 火山の噴火による警戒避難範囲
出典：BNPB November 14, 2010

5.6.3. 地域の取り組み

火砕流、土石流の氾濫によって、住居や生活の場を失った地域住民の多くは、仮設住宅へ移住した。災害復旧費として確保されたインドネシア政府の財源に加え、インドネシア国内外からの寄付やボランティアの活動によって建設されたものである。仮設住宅の資材は、竹とトタン屋根と基礎に使われる一部のコンクリートのみであったが、建設は非常に迅速に行われ、被災した地域住民の安全を確保した。

5.6.4. 行政・NPO の役割

(1) 2006 年までの防災状況

1976 年から 1979 年にかけて実施された砂防基本計画作成作業では、当時の建設省砂防部による技術協力の下、火山活動の予知と警戒・避難のための措置、土石流から身を守るための体制を整備することを計画した。作業管理委員会を設置し、立ち入り禁止区域内の住民移転、噴火による荒廃地、住民移転跡地への植林の実施、また、計画的避難のための組織を結成し、危険性を周知するための広報活動や情報を速やかに伝達するための連絡体制の改善、避難時に必要な道路計画などを盛り込んだものとした。

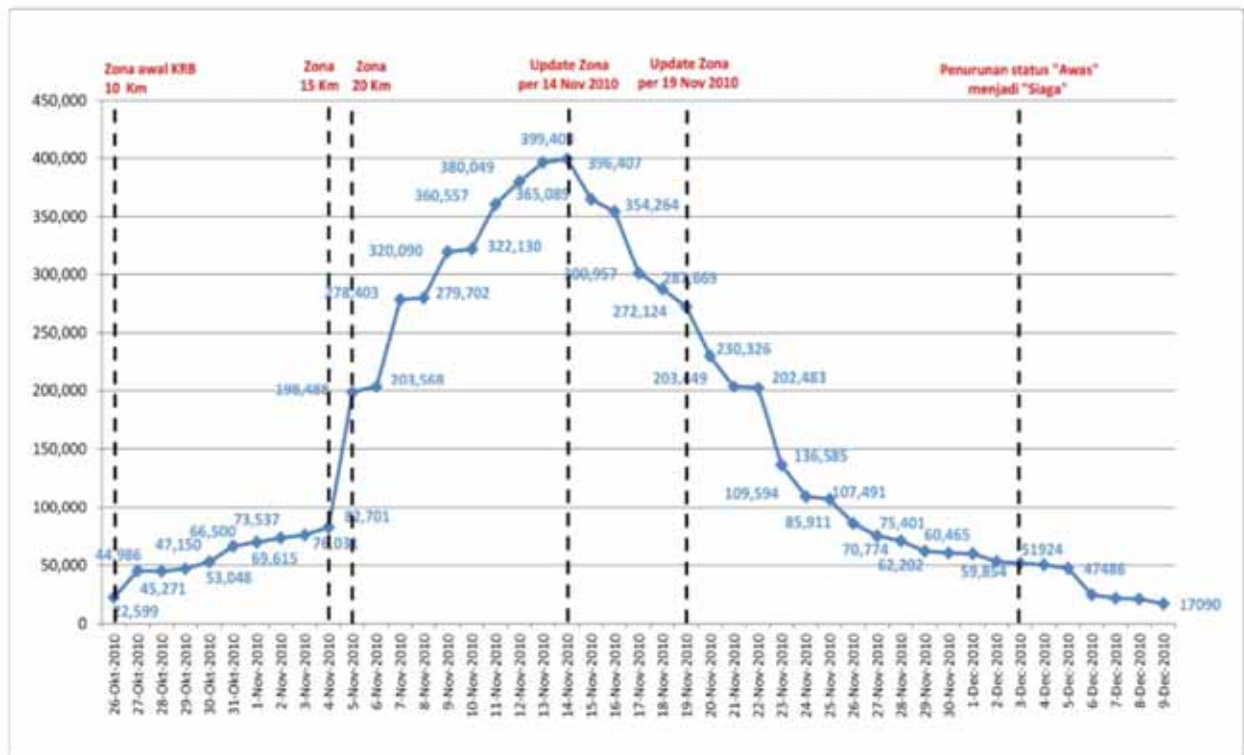


図 5.6.2.3 噴火による避難民数の推移
出典：BNPB December 9, 2010



図 5.6.3.1 仮設住宅（Gendol 川 周辺）
（2012 年 2 月撮影）

これにより、地域住民の生活域である中流域（標高約 1,000m）まで避難道路の整備が進み、地域住民の村単位での避難体制が整備されていった。

警戒避難の基礎的な情報収集システムとなる雨量計、土石流センサー等の施設は、経年による老朽化や維持管理が行き届かないものもあり、2012 年現在、十分に機能していない状況にある。しかし、従来からの避難手段の周知の効果もあり、地域住民独自の火の見櫓の建設、避難所兼用の集会所なども建設されている。

2001 年 4 月～2006 年 3 月まで実施されたインドネシア国火山地域総合防災プロジェクトは Merapi 火山地域の村落において、行政と地域住民が連携し、

土砂災害による被害軽減を図るための事業を計画できるよう、住民参加型の防災人材育成を目的として実施された。その中で、ISDM（総合土砂災害対策）プロジェクト実施計画書、警戒避難基準マニュアル、ハザード警戒システムシマニュアル、土砂災害ハザードマップの作成等に着手した。技術移転のための研修コースを設置するなど、ISDM モデルの基礎をつくることとなり、その後の Progo 川流域 Merapi 火山緊急防災事業（PhaseIII）に引き継がれることとなった。

（2）公共事業省の防災体制

PU（公共事業省 Departemen Pekerjaan Umum）は、河川から 300m 範囲は、土石流、洪水氾濫の危険性があると判断し、関係地方政府に情報を伝達するとともに、河道内に堆積した土砂の除石を行い、河道確保に務めた。火砕流堆積物が膨大に堆積し、河道を埋めた Gendol 川では、洪水流の流下する河道を確保する目的で掘削を継続的に実施した。この作業と呼応するように、掘削で発生した残土を砂利採掘業者が搬出を始めたため、結果、火砕流堆積物の除去が促進した形となった。他河川においても土石流による被災箇所、補修工事に伴い発生する土石流堆積物残土を砂利採掘業者が搬出するなど、河道の安全度向上に貢献した。

=====

参考文献
1)（社）全国治水砂防協会 日本・インドネシア砂防技術

協力 30 年史編集会 「日本・インドネシア砂防技術協力 30 年のあゆみ」 p158-180.

2) BNPB ホームページ 「Press Release ANCAMAN LAHAR DINGIN MERAPI TERUS BERLANGSUNG」
http://www.bakornaspb.go.id

・ December 16,2010

・ April 29,2011.

3) BPPTK (Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian: 火山技術開発研究所, Laporan Aktivitas G.Meapi, October 21,2011~December 21,2011

(http://www.merapi.bgl.esdm.go.id)

=====

5.6.5. 火山災害に対する住民意識

ここでは、メラピ火山流域において、住民の火山災害に対する意識調査を行った結果に基づいて説明する。

さて、メラピ火山流域では、メラピ火山の噴火による土砂の流出に起因した多くの災害が発生している。火山噴火による土砂生産の特徴として、土砂生産量の時間的な変化が非常に大きいことが挙げられる。つまり、噴火直後の土砂生産量が異常に多く、河道内の流砂量や土砂量も非常に多い。しかし、噴火が収束した後は、土砂がほとんど生産されないため、河道内の流砂量や土砂量は急激に小さくなる。

このような流出土砂量の時間的な変化は、上流域で非常に大きく、下流域では時間的な変化が緩和されている。また、上流域で発生した土砂が下流域に伝播するには、ある一定の時間がかかるため、上流域と下流域では火山噴火による災害への意識が大きく異なることが考えられる。

アンケート調査地点は、図 5.6.5.1 に示ように、上流域 (U1) としてゲンドル川の上流域、中流域 (M1) としてオパック川の中流域、下流域としてプロゴ川の下流域 (L1) とオパック川の下流域 (L2) で実施した。また、地元自治体に対してもアンケートを行った。

(2) アンケート調査結果

図 5.6.5.2 に、噴火発生後の避難行動及び意識のアンケート調査結果を示す。アンケートでは、災害発生後にすぐに逃げるかどうか、災害が落ち着いたら元の居住地に戻るかどうか、さらに、居住地を変更したいと思っているかどうかについて質問している。図より、災害発生後にすぐに逃げるかどうかについては、上流域で Yes の回答が 70%を越え、噴火発生後にすぐに住民は避難する意識を持っていることが分かる。一方、中・下流域では、噴火発生後に災害が発生するまでに時間的な余裕があるためか、すぐに避難市内ことが分かる。また、興味深い点として、居住地を変更したいかどうかの問いに対して、上流域で Yes の回答が非常に少ないことが分かる。

これは、後述するように、土砂を資源の一つ（収入源の一つ）と考えているためと思われる。



図 5.6.5.1 アンケート調査地域

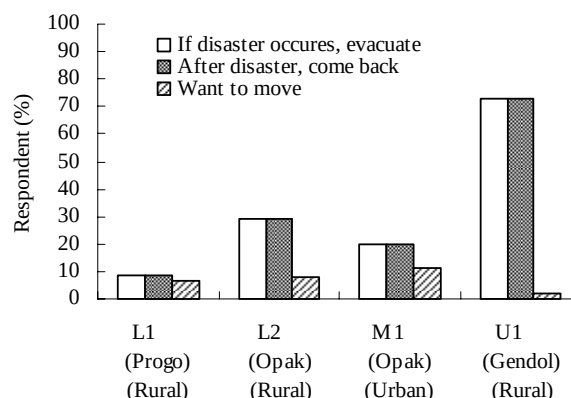


図 5.6.5.2 噴火発生後の避難行動及び意識

地域の取り組みとして非常に重要なことの一つは、防災教育は防災に対する啓蒙活動の推進である。

図 5.6.5.3 に、火山噴火に対する住民のイメージを示す。図より、下流域では火山噴火を土砂資源の供給と考えるよりも災害と考える意識が強く、上流域ではその逆で火山噴火を災害と考えるよりも土砂資源の供給と考える割合が高いことが分かる。

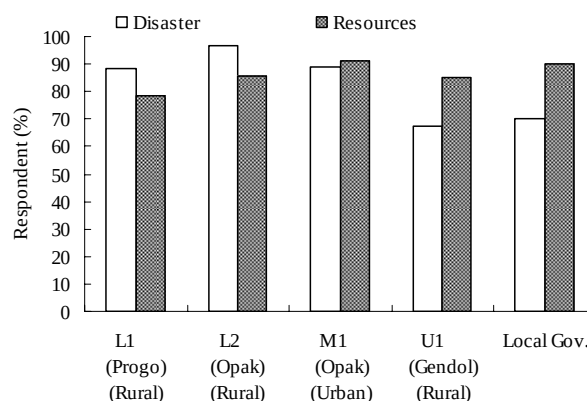


図 5.6.5.3 火山噴火に対するイメージ

これは、上流域で、砂利採取が家計を支える重要な収入源となっているためである。そのため、図 5.6.5.2 から読み取れるように、上流域では災害が発生するが居住地の変更は収入が減ることとなるため、居住地の変更を考える人が上流域に少なくなる。また、下流域では災害そのものを体験した人は少ないが、火山噴火を災害ととらえる割合が高いのは、多くの住民が災害教育やニュース等で災害の状態を良く認識しているためと考えられる

(3) 行政関連の対応

行政としては、砂防ダムの建設などの火砕流や土石流を直接防ぐ河川構造物の建設が重要であることは言うまでもないが、それに加えて、

生産された土砂のマネジメントが重要となる。3.7 節で述べたように、土砂の下流への流出は土砂の氾濫や水の氾濫を発生させる。これらの対策としては、効果的・効率的な砂利採取が考えられる。つまり、噴火発生時に下流への急激な土砂供給を抑制し、緩やかに下流に土砂を供給するシステムを考える必要がある。4.6 節で紹介しているサンドポケットは一つの有効な手段である。

生産された土砂のマネジメントが重要となる。3.7 節で述べたように、土砂の下流への流出は土砂の氾濫や水の氾濫を発生させる。これらの対策としては、効果的・効率的な砂利採取が考えられる。つまり、噴火発生時に下流への急激な土砂供給を抑制し、

緩やかに下流に土砂を供給するシステムを考える必要がある。4.6 節で紹介しているサンドポケットは一つの有効な手段である。つまり、噴火発生時に土砂をポケット内に堆積させ、平水時に土砂を下流に少しずつ供給することが可能となる。また、ポケットに堆積した土砂は、砂利採取用の土砂としては最適であり、住民に安定した収入源を提供することが可能である。また、違法砂利採取を抑制することが可能となり、過度な砂利採取による河床低下に起因した橋梁の倒壊や河岸浸食などの発生を防ぐことが可能となる。

(4) 調査のまとめ

メラピ火山流域の住民へのアンケート調査の結果を用いて、考察を行った。その結果、メラピ火山流域の住民は、火山噴火を「災害」とだけ捉えているのではなく、「資源」としての意識も強いことが分かった。つまり、噴火によって生産された土砂は、住民にとっては砂利採取を通して収入の一部となるため、必要不可欠な存在となっているのである。そのため、行政としての災害対策の対応を考える場合は、土砂の資源としての役割を踏まえる必要がある。また、被災経験の少ない下流域の住民においても、メラピ火山に対する災害の意識が強いことが分かった。これは、多くの住民が災害教育やニュース等で災害の状態を良く認識しているためと考えられる。

火山の写真 鳥海山 (北東側斜面)



2012 年 4 月 今井撮影

6. 既往火山噴火の復旧・復興

6.1. 雲仙普賢岳

6.1.1. 概要

(1) 復興振興計画と都市施設の復旧

被災者が長期避難している段階で復興を前面に出すことについては困難を伴うが、被災自治体から長崎県及び国に被災者対策を要望する場合、今後の復興の方針を示す復興計画がないと説得力がない。このため住民に一番近い立場にある島原市や深江町が復興計画を作成することになった。

今回の雲仙普賢岳の平成噴火災害の教訓と課題をもとにして復興の基本方針は、生活再建、防災都市づくり及び地域の活性化の3本柱に設定された。島原市の復興計画の策定は、国や長崎県の既定の復興事業計画を地元の自治体として相互調整するとともに、生活再建、防災都市づくり、地域の活性化などの観点から体系的に調整し空白領域を補完し、地域にとって整合性のとれた復興をめざすものであった。これによって、土地利用計画の作成、都市計画の見直し、新集落の形成などによる面的整備、防災施設内の有効利用、防災施設周辺の観光施設整備、避難計画及び自主防災組織の育成などをきめ細かく行うことが可能となった。

島原市の復興計画は、地元の意向を市民のみならず、国及び長崎県に伝える重要なものであり、関係機関の協力もあって比較的スムーズに策定された。また、完成度も比較的高いものであった。しかしながら、この中の安中三角地帯の全面嵩上げ、宅地造成などの大プロジェクトなどは、地域と行政が一体となった推進並びに国及び長崎県との連携が不可欠であった。

噴火が終息した1995年、島原半島全体の活性化をめざした動きが見られ始めた。雲仙岳災害対策基金は、1,000億円の増額及び5年間の延長が決定され、本復興対策が可能になった。

雲仙普賢岳の平成噴火による火山災害は、被災地の島原市・深江町のみならず、島原半島全体に大きな影響を及ぼした。特に、人口減や宿泊観光客数減が目立った。このため長崎県は、1996年度を本格的な復興元年ととらえ、地元市町、住民、長崎県及び国の出先機関が一体となって、島原半島全体の再生と活性化をめざした「島原地域再生行動計画（がまだす計画）」を策定した。「がまだす」とは、島原地方の方言で「がんばる」という意味である。雲仙の復興計画から、土石流で埋没した安中三角地帯の嵩上げによる住宅・農地の再建、湧水池われん川の復元、植樹による緑の回復などの砂防指定地の利活用、火砕流による旧深江町立大野木場小学校被災校舎の現地保存、災害遺構の保存・活用などを柱とする火山観光が実現した（図6.1.1.1）。



図 6.1.1.1 火砕流で焼失した深江町立大野木場小学校
1991年9月15日に発生した火砕流で焼失
(1991年11月杉本伸一撮影)
注) この校舎は火砕流災害遺構として保存された。

この噴火災害の復興で大きな特長となったのは、安中三角地帯の嵩上げ事業である（図6.1.1.2）。この地区の面積は、約93.4haで、324世帯、1,183人が生活をしていて、安中三角地帯は、1992年8月、1993年4月から7月にかけて断続的に発生した土石流により被災、地域内の70%の家屋が埋没した。もはや個人レベルでの復旧は難しい状態にあった。被災住民は、土地が狭い島原市ではまとまった代替地を探すことは困難だが、安中のふるさとで自宅や農地を再建すれば用地の確保は不要で、生活再建を行いやすいと考えた。しかも、地域住民間のコミュニティも維持できるというメリットがある。被害の拡大に直面した住民の間には、このままでは安中地区が消滅するとの認識から、地区全体の嵩上げの機運が盛り上がった。その結果、安中地区に住み続けるには、全面嵩上げが不可欠との結論を出した。

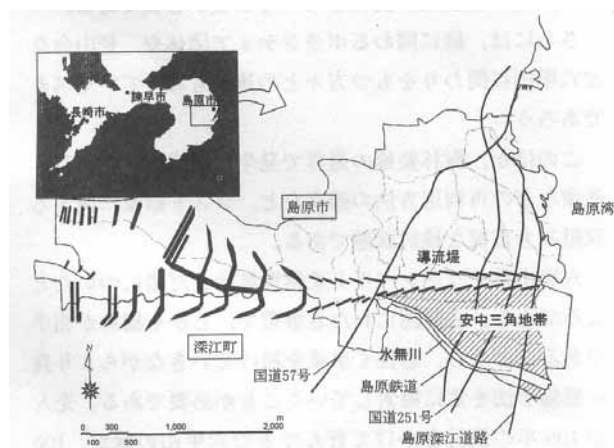


図 6.1.1.2 島原市安中三角地帯の位置

嵩上げ事業には、安中三角地帯の残存家屋の除去や土砂流出防止用の各種構造物や、雨水排水の水路などの設置が必要である。これらの工事には、90億7千万円の事業費を必要とした。この事業費を捻出するために、建設省と長崎県の協力によって安中三

角地帯を土捨て場とみなす土捨て事業の導入が、1994年4月に決定された。具体的には、導流堤や水無川に堆積した土石流に伴う土砂及び防災工事による残土を安中三角地帯に持ち込み、これに対して土砂持込料を徴収し、これを嵩上げ事業の財源に充当した事業である(図6.1.1.3)。平均の嵩上げ高は約6m(最高で約8m,最低で約3m)、嵩上げに必要な土砂量は約326万 m^3 であった。

この事業は、住民の発意から始まったこと、並びに安中三角地帯を民地のまま土捨て場にする事で嵩上げ材料を確保すること、島原市が土捨て料を徴収すること、事業費を捻出したことが大きな特長である。

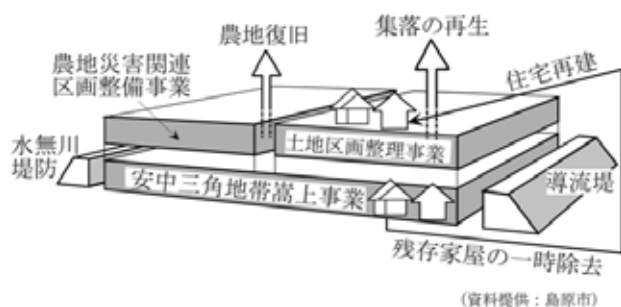


図 6.1.1.3 安中三角地帯の復興概念図

嵩上げの土砂の供給については、1991年から1994年の実績をもとに年間80万 m^3 を見込み、4年半で土砂を確保できる見通しをつけた。これをもとに島原市は、嵩上げに要する期間を最大5年と計画を立てた。住民から嵩上げのアイデアが出始めたのが1992年であるから、結局、事業が完了するまでの期間は約8年を要したことになる。

安中三角地帯の住宅の再建状況は、2005年12月末時点で、完成済みが128棟、施工中が2棟であり、合計130棟の住宅が完成する予定である。安中三角地帯の世帯数は245であるから、現状では約53%の世帯が当地域で再建したことになる。

雲仙普賢岳の平成の火山災害で火山灰、火砕流、土石流などによる市街地への影響が大きいことが改めて示された。島原市の都市施設とライフラインが今回の火山災害を教訓に導入した対策を見ると、ブロック化、ネットワーク化及び多ルート化による孤立防止策のほか、土石流対策として鉄塔基部のコンクリートブロックによる補強、通信ケーブルの地中化、火砕流の影響を受けない位置への送電鉄塔の移設、高鉄塔化などの工夫がなされた。

6.1.2. 復興振興計画と都市施設の復旧

島原市の復興計画の作成は、被災者や地域の意見を入れながら、基本方針、基本構想、基本計画の順に段階的に行われた。地元の合意形成を行う一方、国や長崎県と調整を行って実行可能案を作成する手

法が採用された。さらに、災害の長期化に伴う防災計画及び復興計画の見直しが行われ、長期化を前提とした防災都市づくりや生活再建の計画が策定された。このように、この計画は十分な基礎調査に基づく基本方針を、地元の合意形成、防災・復興関連機関との連携・調整などを経て、具体的にまとめたものである。短期間の計画策定であったが、その内容は地元の意向を国・長崎県に伝える完成度の高いものとなっていたと評価できる(図6.1.2.1)。市や町のレベルの復興計画策定は、技術力、財源、事業主体などに限界があるが、地元の意思を伝えるために復興計画の策定は不可欠であると判断される。



図 6.1.2.1 雲仙岳災害記念館
(2002年6月)(雲仙岳災害記念館提供)

この災害では、多くの家屋や農地が度重なる土石流により埋没し、膨大な面積の土地が喪失した。その被害の程度は、個人の努力では復旧が不可能なほど甚大であった。このため被災者にとって住宅再建は、極めて難しい状況であった(図6.1.2.2)。土地が喪失する被害は噴火災害固有の大きな特徴といえる。したがって、今後は、土地の喪失を前提にした、被災者への生活再建支援のあり方の検討が必要である。



図 6.1.2.2 住民説明会
(1993年3月10日)(杉本伸一撮影)

また、この災害で実施された安中三角地帯の嵩上げ事業は、成功裡に終わったものの、降雨時の流出

土砂に依存しなければならないという非常にリスクの高い事業であった。土地を再生させるという復興は、安中三角地帯嵩上げ事業（図6.1.2.3）を手本に、1993年7月北海道南西沖地震の被災地奥尻町などでも実施されており、今後必要とされる事業手法と

考えられる。このため、これからは安全のために土地を嵩上げする際の、公的な事業手法の検討が必要と思われる。



図 6.1.2.3 復興後の安中三角地帯

(手前は安徳海岸埋立地，水無川と導流堤との間が三角地帯，写真提供：雲仙復興事務所，2009 年)

6.2. 有珠山

6.2.1. 概要

有珠山は 1977-78 年噴火の後、山体から発する溪流に砂防施設が整備され、次期噴火に伴う二次泥流（土石流）対策が準備された。2000 年噴火では主として山体の北東山麓に噴火の影響が集中したが、西山川に整備されていた砂防えん堤と流路工が一定の機能を果たし、被害軽減に寄与した。

有珠山では 20～30 年間隔で噴火が発生しており、2000 年噴火後の復旧・復興も将来起こりうる噴火に対して地域の安全を図るとともに、静穏期の住民生活を発展させることの両軸で議論された。その結果、エコミュージアム構想が打ち出され、最終的には世界ジオパーク認定によって、活火山地域における火山との共生に対する一つの姿勢が示された。

本節では洞爺湖温泉街を中心に復旧と復興の概要を述べる。

6.2.2. 復旧

有珠山北麓の洞爺湖温泉街は 1910 年、1977 年の噴火による影響を受けた地区である。前述のように 2000 年噴火では金比羅山に形成された火口群から噴出した熱泥流によって、温泉街の西側が壊滅的被害を被った。この地区の復旧は熱泥流堆積物の除去から始まった。噴火中には流路工内の堆積物を無人化施工技术によって掘削した。

また、温泉街の家屋や住宅地に堆積した火山灰は避難区域解除によって住民が帰宅した地区から、順次住民の手によって除去された。

1977 年噴火後に整備されていた砂防えん堤と流路工は、火口原となった一部を除き、新たな防災空間として再編し、遊砂地が建設された。1977 年以降の変遷を図 6.2.2.1 に示す¹⁾。

6.2.3. 復興

2000 年噴火を経て次期噴火を見据えたとき、地元では新たな安全対策に向けて議論^{2), 3)}が始まった。

潜在的危険区域から民間住宅などを超長期的に移転促進させようという考え方（C ゾーン計画）が一時検討されたが、住民の合意が得られず、また国からの資金援助の目途もないことから実現性は低いと判断された。安全地域への移転が困難であるため、被災した施設を再開して観光復興の道を探ることになった。復興支援の中で、入り込み客の減少化が止まらない温泉観光地の課題が論じられた。有珠山麓でなければ見ることができない、火口を巡る遊歩道や、熱泥流で流された国道の橋や埋まったアパートなどを、「自然まるごと博物館」として保存し活用し、修学旅行や火山観光で利用しようという試みである。

噴火後の 2002 年に、火山との共生の歴史を次世代へ伝承し、火山を資源として活用するため、地域を



図 6.2.2.1 洞爺湖温泉街の防災空間の変遷

丸ごと博物館とする「エコミュージアム構想」が策定された。その後構想に沿って、災害の爪跡等を学習施設として活用する整備が自治体等で行われた。

そのような状況の中、2007 年以降わが国ではユネスコが支援する「ジオパーク(地質遺産)」を推進する機運が高まった。

エコミュージアムは、ジオパークと理念、目的が共通していることから、エコミュージアム推進協議会（有珠山周辺伊達市、豊浦町、壮瞥町及び洞爺湖町と関係機関）は、2007 年 11 月より世界ジオパーク認定へ向け取組むことを決定した。

ジオパークは地質学的な理由だけでなく、考古学、生態学的であるか、文化的な価値、科学的な重要なサイトを含む領域とユネスコで定義されている。

2009年7月、世界ジオパークネットワーク（Global Geological Network, GGN）の現地審査が行われ、翌8月に中国で開催されたGGN事務局会議で糸魚川（新潟）・島原半島（長崎）とともに、国内第一号で加盟が認定された。

テーマは「変動する大地」で、「行動はローカルに目は世界に。持続可能な未来と豊かな自然を理解し共生すること」を基本コンセプトとしている。

○ 情報提供施設、博物館：そうべつ情報館、洞爺湖ビジターセンター、三松正夫記念館、道の駅伊達歴史の杜黎明館 ほか（図 6.2.3.1）

○ ジオサイト：昭和新山、縄文遺跡公園等、9のカテゴリーに35サイト（図 6.2.3.2）、

6.2.4. まとめ

有珠山では活火山を観光資源としてとらえ、地域復興の柱として「変動する大地」をテーマとするジオパークを推進した。ジオパークは、減災（人づくり）と地域の活性化という両面の効果が期待される。

火山活動の静穏期に実行する地域振興策の成否は時期噴火で確認されるであろう。それを成功に導くために、地域住民の防災意識の向上とともに、防災教育と環境教育を併せた教育活動も継続している。

次の噴火を安全に迎え、更なる未来をめざす上で、ジオパークの活動も大きな役割を担うと考えられる。



図 6.2.3.1 2002年のエコミュージアム構想に基づいて整備された施設（有珠山周辺のサイト）



町営温泉「やすらぎの家」



桜ヶ丘団地



K-B火口

図 6.2.3.2 砂防事業の連携で整備された「金比羅山麓災害遺構と散策路」 火山を学ぶ代表的なサイト

参考文献

- 1) 吉井厚志：火山防災対策と地域の発展，北海道の火山から学ぶ火山との共生（利活用と防災－土木の役割），土木学会平成 22 年度全国大会，研究討論会 研-19 資料，2011.
- 2) 岡田 弘：北海道の活火山の噴火と災害から学ぶ，北海道の火山から学ぶ火山との共生（利活用と防災－土木の役割），土木学会平成 22 年度全国大会，研究討論会 研-19 資料，2011.
- 3) 田鍋敏也：活火山山麓に生きる－洞爺湖有珠山ジオパークによる減災と地域振興，北海道の火山から学ぶ火山との共生（利活用と防災－土木の役割），土木学会平成 22 年度全国大会，研究討論会 研-19 資料，2011.

6.2.5. 概要-2

2000 年 3 月の噴火は，市街地にごく近い位置に火口群が形成され，多くの住民が長期間の避難を余儀なくされ，市民生活や観光業等に大きな打撃を与えた。

一方，北海道や周辺自治体の復興施策の中には，災害に強い地域づくりとともに，火山との共生や噴火により打撃を受けた観光業の回復策として，エコミュージアム構想の推進なども位置づけられた。

6.2.6. 復旧・復興-2

（１）生活再建

1）居住意向

火口群に近く，熱泥水流下による被害のあった洞爺湖温泉街を対象に，2000 年 7 月に実施されたアンケート調査¹⁾では，地域の移転に関する意向把握も行われた。

「今後も噴火前に住んでいた場所で暮らしたいか」との問いに対して，「条件が整えば移転したい」（40.0%），「すでに移転を考えている」（11.0%），「すでに移転した」（3.1%）という移転の方向を検討している人が全体で過半数を占めていた。特に，「すでに移転を考えている，すでに移転した」と回答した理由では，「自宅のある場所は危険だから」（43.1%）が最も多く，「今の場所では仕事がないから」という理由も 19.4%の人があげており，移転の方向を推進する第二の理由として雇用の場が無いことが考えられる。

2）被災者生活再建支援法を適用

噴火で自宅に戻れず，避難生活を続けている旧虻田町の住民に対し，長期避難生活を理由に，被災者生活再建支援法が適用された。阪神・淡路大震災をきっかけに制定された同法の適用対象は，本来「住宅の全・半壊世帯」であったが，長期避難が対象に

なったのは，この制度が始まって以来，初めてのことであった。

また，深刻化する雇用不安の中で，道は「有珠山噴火災害に係る緊急地域特別対策推進事業」を実施した。これは，市町村が行う事業として道が緊急に実施する必要性を認めた事業で，旧虻田町では，ホタテ耳吊り作業業務や洞爺湖温泉街並みクリーンアップ事業などが実施され，被災者の生活を支えた²⁾。

表 6.2.6.1 区域設定と土地利用¹⁾
(2000 年有珠山噴火災害復興計画基本方針 2001 年 3 月策定当時の計画)

区分	今回の噴火等に対して防災対策を講じる区域			将来の噴火等に対して防災対策を講じる区域
	Aゾーン	Xゾーン	Bゾーン	Cゾーン
区域の設定	今回の噴火の火口及び火口に近接する区域で、噴石及び泥流による直接的な被害が著しい区域	今回の噴火で直接被害は受けなかったが、山麓崩壊等による泥流被害の危険性の高い区域	Aゾーンに隣接する区域で今回の噴火により噴石が及んだ区域	ゾーニングの範囲のうちA、B、Xゾーンを除く区域
区域設定の必要性と対策の概要	現在の噴火活動で噴石が飛ぶ危険性がある区域又は、泥流等による危険性が大きい区域であることから、全ての建築物を禁止する区域とし、緊急に建築物を安全な地域に移転させ、砂防施設等を整備する。	泥流など甚大な被害をもたらすおそれのある区域であることから、全ての建築物を禁止する区域とし、短期的に建築物を安全な地域に移転させ、砂防施設等を整備する。	市街地の安全性を高め、快適な市街地環境を整備するため、全ての建築物を禁止する区域とし、短～中期的に建築物を安全な地域に移転させ、市街地と防災施設との緩衝地帯として整備を図る。	将来の噴火に備え、被害をできるだけ少なくするため、短～中期的に、病院、学校、社会福祉施設などの施設の移転を進める区域とし、住宅については、安全な地域への移転を視野に入れ、そのあり方を検討する。 住宅の移転にあたってはその支援策を検討する。
土地利用	防災施設用地 緑地(空間の利用) 災害遺構保存地 自然公園	防災施設等用地	防災のための緩衝地帯 (広場、公園など)	商工業、農業、サービス業などの事業用施設及び役場支所など特定の公的施設など

(2) 復興計画と土地利用ゾーニング³⁾

「2000 年有珠山噴火災害復興計画基本方針」(2001 年 3 月, 北海道) (表 6.2.6.1) として掲げられた主要施策のうちの 1 つに「防災マップによる土地利用」があった。噴火による被害の回復と土石流や泥流による二次災害の防止を図り, 将来の噴火による被害をできるだけ少なくするとともに, 効果的・効率的に諸施策を推進するため, 有珠山周辺地域における防災マップに基づく危険度に応じた土地利用区分を定めたものである。

(3) 泥流対策⁴⁾

1) 土砂災害対策専門家チーム

2000 年 4 月 2 日, 建設省(当時), 北海道開発庁, 北海道は, 火山泥流, 土石流の監視・観測体制を強化し, 土砂災害の発生危険度を把握するとともに, 対策に必要な基礎調査および関係機関への情報提供を行うことを目的に, 「有珠山土砂災害対策専門家チーム」を派遣した。

北海道開発局の前進基地を拠点とした専門家チームは, 次々と土砂災害対応に関する調査結果等について現地対策本部へ情報提供を行うとともに, ホームページによる一般への情報提供も行った。

また, 4 月 11 日, 同じく建設省(当時), 北海道開発庁, 北海道は, 今後の土砂災害対策などについて検討するため, 学識経験者や関係機関をメンバーとする「有珠山土砂災害対策検討委員会」を設置した。委員会は, 緊急的に実施すべき対策とその技術的検討, 降灰分布や地殻変動の状況を踏まえた砂防・治山計画の見直し, 警戒避難基準雨量の見直しなどについて検討を重ね, 必要に応じて合同会議や関係者打合せなどへ情報提供を行った。

2) 無人化施工

3 月 31 日の噴火直後の段階で, 建設省(当時)は, 緊急土砂排除等への備えとして, 無人施工機械(機種, 能力, 保管場所)のリストアップを開始し, 雲仙・普賢岳にあったものも含め, バックホウ 4 台, ブルドーザ 2 台など計 11 台の無人化施工機械の現地搬送が開始された。

雲仙・普賢岳で使用されていた遠隔操作システムは中継方式だった。しかし, 建物や樹木で電波や視界が遮られる有珠山周辺では, この方法では多数の中継車が必要になるなどの課題が生じたため, 移動式遠隔操作室から直接操作する新しい方式が採用された。「有珠山方式」と呼ばれるこの遠隔操作方法を用いた無人化施工は, 走行試験等を経て, 5 月 1 日から遊砂地の造成などの工事を開始した。

(4) 観光業の再建

1) 観光業に及ぼした影響

噴火前の旧虻田町洞爺湖温泉地区の観光客入込み数は, 360 万人前後で推移していたが, 噴火による打撃を受けた 2000 年は, 130 万人弱にまで落ち込んだ(図 6.2.6.1)。

洞爺湖温泉地区は避難指示の対象地域に含まれたため, 地区内で営業しているホテル・旅館や飲食店・土産物店などすべての事業者が, 2000 年 7 月に営業を再開するまで, 4 ヶ月近い休業を強いられた。

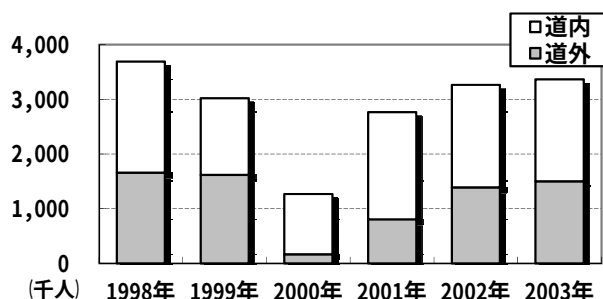


図 6.2.6.1 洞爺湖温泉地区の観光客入込状況⁵⁾

旧虻田町洞爺湖温泉地区を対象に行われた住民アンケート調査³⁾では, 噴火後の仕事の状況については, 「あまり変化はない」との回答は 22.4%であったのに対し, 一度は仕事を辞めた人は合計で 31.8%にのぼっている。また, 仕事を辞めていないが営業できない人も 13.9%を占めていた。このように, 有珠山の噴火は, 人々の仕事の面に大きな影響を及ぼしていた。

2) 観光再建への取り組み

旧虻田町では, 前回の 1977 年の噴火でも観光客の落ち込みが大きかった経験から, 2000 年噴火では, 復旧活動が進むと同時に, 観光キャラバン隊を組むなど, とくに修学旅行, 道外からの観光客をターゲットに観光誘致活動を実施していった。

一方で, 噴火災害により, 有珠山, 洞爺湖, 虻田など名前がマスコミを通じて注目された事実から, テレビ等マスコミを活用し観光 PR を積極的に実施した。また, 全国の虻田出身者にも協力してもらい, 観光親善大使委嘱事業も行っている。

2000 年の噴火では, 避難が長期化し観光業者も全く動けなかったため, まず町が主導で観光 PR などを実施していった。それまで道内では, 立ち後れていた海外への旅客誘致(主に台湾など)にも力を入れている。

また, 壮瞥町では, 2000 年 8 月 11 日, 有珠山噴火非常災害現地対策本部の閉鎖にあたって観光安全宣言を出し, 誘致を図っている。

(5) ジオパークの取り組み⁶⁾

北海道庁や周辺自治体の災害復興計画における施策の中には, 火山との共生と噴火により半減した観光客を回復させる対策として, エコミュージアム構想の推進が位置づけられた。

エコミュージアム構想に基づき, 自治体, 国, 北海道等が連携し施設整備を進める中で, 2006 年以降, 国内ではユネスコが支援する「ジオパーク(地質公園)」を推進する機運が高まった。

ジオパークは地球の活動を理解する貴重な地質資源の存在と、教育と普及、ジオツーリズム等による持続可能な地域社会の形成を基本理念に掲げている。エコミュージアムとジオパークは、その理念が共通していることから、推進母体である協議会では、2007年11月より世界ジオパークの認定を得るため取り組むことを決定した。

世界ジオパークネットワーク（Global Geological Network, GGN）への申請に基づき、2009年7月、現地審査が行われ、翌8月に開催されたGGN事務局会議で「洞爺湖有珠山ジオパーク」（図6.2.6.2、図6.2.6.3）は、糸魚川（新潟）・島原半島（長崎）とともに国内第一号の認定を受けた。



図 6.2.6.2 西山火口群散策路



図 6.2.6.3 洞爺湖ビジターセンター

ージアムが推進され、これは現在の「洞爺湖有珠山ジオパーク」へと継承されていった。

=====

参考文献

- 1) 有珠山 2000 年噴火避難者の生活再建に関する意識調査報告書、平成 12 年 8 月（社）砂防学会。
- 2) 2000 年有珠山噴火その記録と教訓、北海道虻田町、2000 年。
- 3) 2000 年有珠山噴火災害・復興記録 平成 15 年 3 月 北海道。
- 4) 平成 12 年度（2000 年）有珠山噴火非常災害対策本部・現地対策本部対策活動の記録、内閣府政策統括官（防災担当）2001。
- 5) 北海道観光入込客調査報告書。
- 6) 火山防災講演会資料「ジオパークの推進と地域の活性化」田鍋敏也。

=====

6.2.7. まとめ-2

噴火現象による直接の被害より、避難指示区域の設定やそれに伴う長期避難生活が、市民生活や経済活動に大きな影響を与えた。被災者生活再建支援法などもこの状況を踏まえて適用された。

特に主要産業である観光業に大きな打撃を与えたが、その後の道や市町による積極的な観光客の誘致活動により、3 年後には、観光客数もほぼ噴火前の水準に戻っていた。特に火山と共生する地域づくりと経済の活性化につなげる復興策として、エコミュ

6.3. 三宅島

6.3.1. 概要

災害復旧としては、災害をとりあえず少なくする応急対応と恒久的な対策を行う復旧対策がある。土のうによる流路工は応急対応の例であり、この上流で現在施工中の砂防ダムが完成すると大型土のうは取り除かれ、元の道路として復旧される。図 6.3.1.1 に三宅島での火山災害の復旧事業の概要を示す。対策として、噴火対策、泥流対策、土砂災害対策、火山ガス対策がある。これらの対策は既存技術や新技術、IT/ICT 技術を利用して、住宅・農地、河川海岸、森林、ライフライン、港湾・空港を整備し、その安全性の向上を目指している。

三宅島での火山災害は、避難生活が 4 年 5 か月に及んだことから、多くの住民が生活苦に悩まされた。全島避難から 3 か月後の 2000 年 12 月には、「被災者生活再建支援法」に基づく生活再建支援金の支給が開始され、2003 年 1 月末までに 1,484 世帯が受給した。また東京都はこの制度の対象とならない世帯に独自に支援金を支給し、2002 年 7 月末現在で 136 世帯に適用した。このため、支援法関連では、合計 1,620 世帯で、全世帯の 93%が適用を受けた。

一方、全島避難から 1 年後の 2001 年 10 月に三宅村が実施したアンケート調査によると、約 3 割の世帯が、生計が「苦しい」あるいは「非常に苦しい」と回答している。これを住民で構成された島民連絡会が 2003 年 8 月に実施したアンケート調査で見ると、

「1 年前と比べた生計の状態」についての質問に対し約 7 割の世帯が「少し苦しくなった」、「かなり苦しくなった」と答えている。

生活困窮度の実態は、東京都が避難から約 2 年後の 2002 年 6 月に実施した調査でも顕在化し、338 世帯が生活保護基準以下の収入しかないことが明らかになった。これは全世帯 1,741 世帯（2003 年 4 月）の約 2 割を占め、生活保護事業の対象世帯が大幅に増えることとなった。災害前に生活保護を受けていた世帯は、17 世帯（20 人）であったが、2004 年 6 月現在の受給者は 100 世帯（139 人）にまで増加し、受給者数で約 7 倍に達した。これら一連の調査からは、避難生活の長期化に伴い次第に生計が悪化し、避難指示解除後の生活再建能力が徐々に衰退していることが明らかになった。

2003 年 1 月に前例のない措置として 6,000 万円の基金を設け、生活保護基準相当額の収入を補償する「災害保護特別事業」を創設し、2 月 17 日から受付を開始した。ピーク時にこの制度を活用した世帯は 48 世帯で、平均の支給額は 58,000 円である。この制度と生活保護を受けている人の合計は 148 世帯で、この値は生活が困窮していると判断された世帯（338 世帯）の 4 割強であり、生活がかなり苦しくても半数以上の世帯が支援を拒んでいたことが分かる。

2002 年 8 月 14 日、東京都の災害対策本部は厚生労働省の通知に基づき生活福祉金（離職者支援資金）の特例貸し付けを発表した。制度の特例措置は現行の制度を相当緩和したものである。

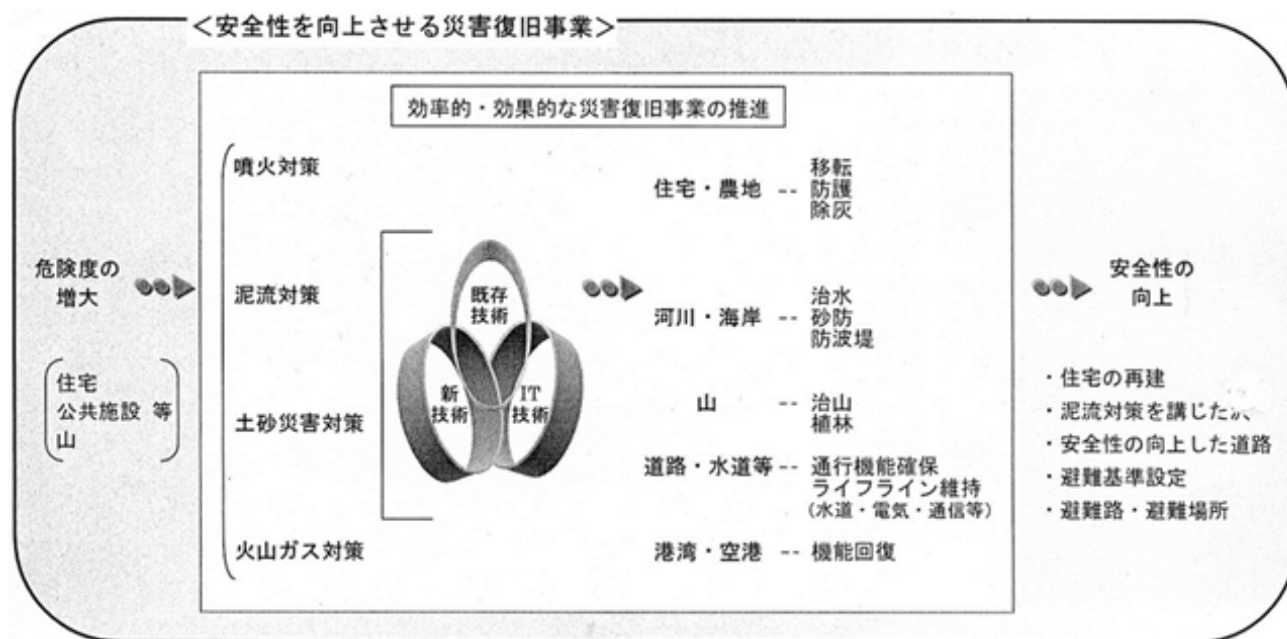


図 6.3.1.1 三宅島での火山災害の復旧事業の概要

6.3.2. 復旧・復興

(1) 一時帰宅・滞在型一時帰宅¹⁾

2000年の噴火による全島避難から避難指示解除までが4年5か月、そして帰島後も火山ガスなどの影響が続く中で復興が始まった。

全島避難から約1年後の2001年9月18日、一時帰宅が地区別に始まった(図 6.3.2.1)。村がチャーターした船で島に早朝到着した島民は、自宅の被害の確認、置いてきた荷物の搬出、家の中の片付けなどに追われた。自宅で作業できる時間は、およそ3〜4時間しかなかったため、島民からは、時間が短すぎて十分なことができない、との声が相次いだ。

島民の滞在型一時帰宅を実現するため、国は島民の安全確保を目的とした三宅村によるクリーンハウスの整備を支援した。2005年3月には、島北部の伊豆地区に脱硫化装置を備え、火山弾にも耐えられる構造のクリーンハウスが建設され(図 6.3.2.2)、3泊4日の滞在型一時帰宅が始まった。



図 6.3.2.1 一時帰島。(2003.5.22 三池港)



図 6.3.2.2 伊豆避難施設
(クリーンハウス) (2005.5.23 撮影)

(2) 帰島

1) 帰島計画の策定²⁾

三宅村は、2002年11月に「三宅島全島民帰島プロセス検討会」を立ち上げ、公式に帰島計画策定に着手した。

「帰島計画」は、島内での生活が再開されるまでの主な対応として、「第一次帰島準備期」、「第二次帰島準備期」、「本格帰島期」、「生活再開期」の4段階を想定し帰島を進めることとされた。

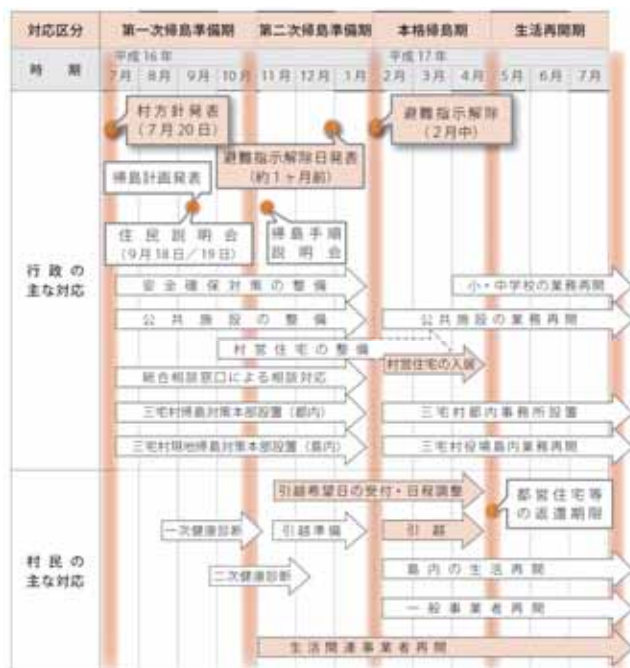


図 6.3.2.3 帰島までのスケジュール²⁾

2) 帰島に向けた準備^{1) 3)}

①引越しプロジェクトの結成

4年5か月に及ぶ長期避難生活によって、島民の生活拠点も内地の避難先になっていた。帰島は、まさに内地から三宅島への引越しであった。そのため、2005年2月から始まる帰島に併せて引越しが集中することが見込まれ、村は島民向けに、都営住宅等からの退去手順などを含むきめ細かな引越しな引越しマニュアルを作成・配布するとともに、村と引越し業者、輸送業者などで構成された「引越しプロジェクト」を立ち上げた。

②災害廃棄物処理

長期避難に伴い、損傷を受けた家屋等のガレキや自動車、家電製品など大量の廃棄物が発生した。

これらの処分については、国の災害廃棄物処理事業として処理費用の半額が補助されることとなった。なお、災害で発生した廃自動車の処理費を国が負担するのはこれまでに例がなかったが、特例的に補助対象となった。

③村営住宅の建設・整備

2004年度から、村は帰島する島民の受入れのために、村営住宅の建設・整備を実施した。2004年3月に村は、村営住宅入居希望調査を実施し、その結果をもとに、既存住宅の補修・再建150戸、新規建設60戸の合計210戸を供給することとなった。



図 6.3.2.4 噴火や火山ガスの影響で損傷した家屋
(2004.12.6 撮影)



図 6.3.2.5 集積した災害廃棄物
(2005.4.30 撮影)



図 6.3.2.6 建設中の村営住宅
(2004.12.6 撮影)

3) 帰島の実施

火山学・地質学の専門家、弁護士、医師等で構成された「三宅村安全確保対策専門家会議」の見解等を踏まえ、2004年7月に村は、「帰島に関する基本方針」を発表した。この帰島方針を受け、帰島計画の発表、住民説明会の開催等が進められ、2005年2月1日から帰島が始まった。帰島は3月中旬から4月上旬がピークとなった。

半年後の8月には、帰島人数の割合は約7割になっていたが、若年層の割合が少なくなっており、人口割合で42.6%と超高齢化が進んだ。若い世代の帰島割合が少ない背景には、子どもの教育の継続、健康への不安などがあり、都内に家族を残し、片親だけが単身赴任のような形で帰島している例が多かった。

(3) 火山ガスへの対応

1) 火山ガス高濃度地区

2004年7月の帰島方針発表後、村による高濃度地区の線引き、規制内容、規制方法などの検討が進められた。

2005年1月に「三宅村火山ガスに対する安全確保に関する条例」が制定され、火山ガス高濃度地区(制定時は、坪田地区、阿古地区の2か所)が指定され図 6.3.2.7 のような看板が立てられた。



図 6.3.2.7 高濃度地区の立入禁止看板

2) 条例によってとられた主な対策

①火山ガス警報システム

島内の都道周辺に二酸化硫黄の固定観測点を設け、常時、24時間体制で火山ガス濃度を監視・観測し、火山ガス濃度に基づく注意報・警報の発令・解除は防災行政無線を使って住民などに伝えられる(図 6.3.2.8)。



図 6.3.2.8 パトランプ付き屋外子局設置
屋外拡声器とともに火山ガスの発生や濃度を周知する多色のパトランプ

②ガスマスクの携帯

村は安全確保対策の一環として、ガスマスクの常時携帯を呼びかけている。住民以外にも観光客や高濃度地区内での作業関係者などに対しても、ガスマスクの携帯義務があるため、三宅島観光協会や東海汽船などでも常時携帯を呼びかけ、ガスマスクの販売・貸与などを行っている。

③脱硫装置の設置

小学校、保育園など村の施設では、火山ガスに対する安全対策が徹底され、使用する校舎等にはそれぞれ脱硫装置が設置された（図 6.3.2.9）。



図 6.3.2.9 脱硫装置
(三宅村役場、2003 年 5 月 23 日撮影)

(4) 観光の再生²⁾

村の基幹産業である観光の再生に向け、村や各種団体は、さまざまな取組を行っている。

1) 新しい物産の開発

「三宅島産業再生研究会」は雄山から噴出した火山灰を釉薬として活用し、「御焼焼き(みやけやき)」という陶器を製作、また同様に火山灰を活用した「江戸三宅硝子」を商品化した。

2) 焼酎の製造

三宅島独自の焼酎を商品化しようと、鹿児島県指宿市からサツマイモの苗を提供してもらい、島で栽培した芋が 2005 年 12 月に収穫された。このサツマイモは再度鹿児島県に送られ、酒造業者によって商品化され、帰島から 1 年後の 2006 年 2 月には芋焼酎「喜島(きとう)三宅」が誕生した。

(5) 観光客誘致に向けて²⁾

1) 温泉源の掘削

2000 年の噴火では、温泉源が被災したことから、村は帰島後に新たな温泉源を求めて掘削工事を実施し、2006 年 11 月に掘削に成功した。村は、新しい温泉源を活用して災害前からあった温泉施設や休憩所を復活させた。

2) 空き校舎の活用

帰島後は子どもたちが激減したことから、4 つの学校が廃校となった。これに対し都内の学校法人から空き校舎をスポーツ実習の合宿所として使用させ

てほしいという希望があり、村は島の活性化につながるという考えから坪田中学校を無料で貸し出すことを決めた。年間 1,000 人以上の学生が島に来ることが見込まれている。

3) 「モーターサイクルフェスティバル」の開催

村は 2007 年 11 月に復興事業の一環として島を一周するツーリングラリーや閉鎖されている三宅島の空港を利用し直線コースでタイムを競うドラックレースや人工的に作られた障害物を乗り越える競技などを実施することにした。このようなイベントの開催によって多くの参加者が島を訪れることが期待されている。

6.3.3. まとめ

噴火現象の中でも、火山ガスの影響は、村の復興に大きな影響を与えているといえる。帰島人口の中でも若年層の減少、それによる各種産業の売上への影響や後継者の不足。特に基幹産業である観光業の活性化にも大きな障害となっている。

火山ガスの噴出は、今後も継続することが予想され、むしろ「火山ガスとの共生」という中での島の復興や観光の再生が求められている。

参考文献

- 1) 三宅島噴火災害の記録、東京都三宅村、2008
- 2) 三宅島噴火災害三宅村帰島計画。平成 16 年 9 月 東京都三宅村
- 3) 平成 12 年(2000 年)三宅島噴火災害誌、東京都、2007

6.4. 伊豆大島

6.4.1. 概要

1986 年噴火では 11 月 21～22 日に全島民が東京へ避難し、一か月で帰島となったが、島民の生活や大島町の地域経済には大きな影響を与えた。

噴火活動が小康状態になった 12 月には一時帰島が計 4 回実施された。結局 12 月 19～22 日の間に避難住民が全員帰島することになった。

とりわけ、観光客の激減など基幹産業である観光面への影響は大きかったといえるが、一方で、噴火によって出現した火口列や溶岩流などを観光資源として活用するなどの取組みや伊豆大島は、“活火山三原山の活動を通して自然と大地との関わりを学ぶことのできる場所”として、ジオパークの活動等が積極的に展開されている。

ここでは帰島後の復旧・復興状況について概要を概述する。

6.4.2. 復旧

(1) 公共土木施設の復旧

公共土木施設の復旧は、三原山観光のアクセス道路である都道や登山道の再開に向けた整備、住民生活の安定化のためのインフラ施設の改善などが実施された。約 1 ヶ月におよんだ住民避難に対する補償として、義援金を基金に配分した。

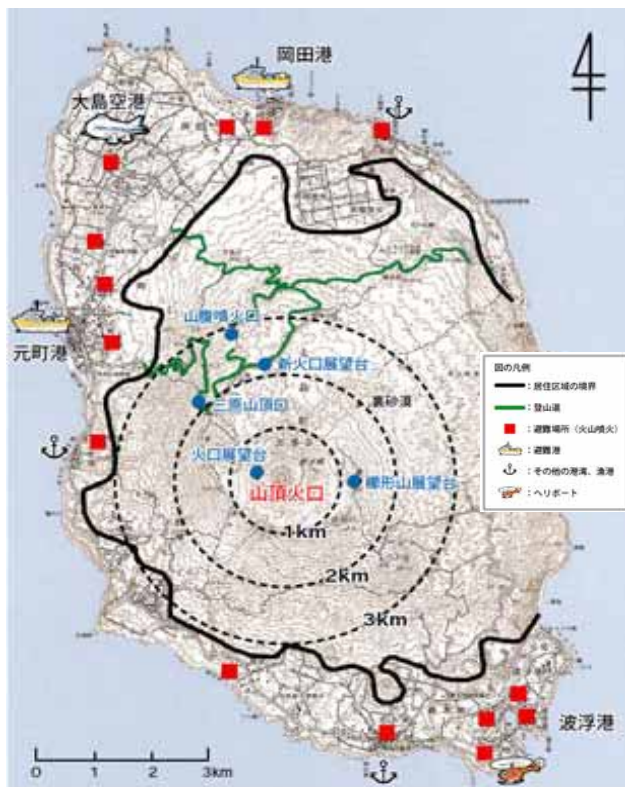


図 6.4.2.1 整備された一次避難場所と島外避難施設

また、島内を 3 地区に区分して、地区単位で避難対応策が検討され、第一次避難場所として 14 箇所の施設が指定された。さらに岡田、元町、波浮の 3 港と大島空港、波浮ヘリポートの整備が進められた(図 6.4.2.1)。

(2) 帰島後の島民生活への影響

帰島からほぼ 1 年経過した 1988 年 2 月に、東京大学で実施された住民アンケート調査¹⁾から噴火が与えた生活への影響を示す。

帰島後の 1 年間の収入の実態については、約半数(50.6%)が「変わらない」と回答しているが、37.4%の島民が「収入が減った」としている。収入減を回答している割合を職業別にみると、漁業従事者が約 8 割に及び、次いで農業、旅館・民宿経営者が約 6 割と続いている。この収入減の原因についての調査結果では、噴火の影響だと答えている人がほとんどであったが、中でも「噴火の影響がおおいにある」としている割合が多い職業は、商業、サービス業、旅館・民宿経営者で 7 割以上を占めている。

6.4.3. 復興

噴火の翌 1987 年 5 月には東京都により、伊豆大島噴火復興計画が決定され、1990 年度までに総額 207 億円を投じた復旧事業が進められることとなった。

関連する対応状況を表 6.4.3.1 にまとめた。

表 6.4.3.1 伊豆大島 1986 年噴火後の復興対応

年月	内 容
1986/12/22	全島民帰島終了
1987/1	町議会に「噴火災害復興特別委員会」設置 活動火山対策措置法による緊急整備区域に指定 東京都噴火災害対策本部解散 噴火義援金の配分を 1 世帯、1 人当たりそれぞれ 2 万 5 千円に、残金は基金積立と決定(配布基準設定委員会)。 大島町噴火災害対策本部解散
1987/3	三原山への新都道開通 割れ目噴火で寸断の登山道路を町が買収
1987/5	東京都が伊豆大島噴火復興計画(565 年度までに総額 207 億円)を決定
1987/11	21 日を防災の日と定め、全島挙げての防災訓練実施 旧登山道路割れ目火口跡の立入禁止帰省を解除 岡田トンネル着工
1988/4	大島空港ターミナルビル完成
1989/4	岡田トンネル(481m)貫通式
1989/6	元村三原山線道路、着工以来 33 年目で完成(噴火復興事業)
1989/11	三原山立入規制を一部解除
1990/7	伊豆大島火山博物館落成(噴火復興事業)
1991/3	総額 310 億円の噴火復興(振興)事業の期間終了

東京都大島町小史¹⁾より抜粋作成

6.4.4. まとめ

伊豆大島は、2010年9月に日本ジオパークとして認定され、玄武岩マグマの火山と豊かな自然をテーマに、東京から一番近いことを目玉としている。このようなながれがわが国の活火山における火山との共生方法として定着しつつある。

参考文献

1) 大島町公式サイト：

<http://www.town.oshima.tokyo.jp/history/s60.html>

2) 内閣府防災担当：火山防災エキスパート派遣に係る参考資料【伊豆大島】

<http://www.bousai.go.jp/6kazan/expert/pdf/101220siryo.pdf>

6.4.5. 概要-2

1986年の噴火による全島民の島外避難も一か月で帰島となったが、島民の生活や大島町の地域経済には大きな影響を与えた。

とりわけ、観光客の激減など基幹産業である観光面への影響は大きかったといえるが、一方で、噴火によって出現した火口列や溶岩流などを観光資源として活用するなどの取り組みや伊豆大島は、“活火山三原山の活動を通して自然と大地との関わりを学ぶことのできる場所”として、ジオパークの活動等が積極的に展開されている。表

6.4.6. 復旧・復興-2

(1) 帰島後の島民生活への影響

帰島からほぼ1年経過した1988年2月に、東京大学で実施された住民アンケート調査¹⁾から噴火が与えた生活への影響を示す。

帰島後の1年間での収入の実態については、約半数(50.6%)が「変わらない」と回答しているが、37.4%の島民が「収入が減った」としている。収入減を回答している割合を職業別にみると、漁業従事者が約8割に及び、次いで農業、旅館・民宿経営者が約6割と続いている。この収入減の原因についての調査結果では、噴火の影響だと答えている人がほとんどであったが、中でも「噴火の影響がおおいにある」としている割合が多い職業は、商業、サービス業、旅館・民宿経営者で7割以上を占めている。

(2) 噴火後の施設整備や防災対策評価

1986年11月の噴火以後、再噴火に備えて、国、東京都、大島町などが取り組んだ事業や対策の概要を示したものが表6.4.2.1である。

東京大学で実施された住民アンケート調査¹⁾では、これらの事業や対策に対する住民の評価についても調査されており、その結果概要を示す。

最も高い評価を受けているのは、同報無線や戸別受信機の設置・東海汽船バスへの無線機設置など「情報伝達体制の整備」であり、「十分だと思う」「まあ十分だと思う」を合わせると、81.8%の人たちが評価している。次いで評価が高かったのは「防災市民組織の結成」であり(63.6%)、以下高い順から、都道・町道など「避難道路の整備」(52.7%)、避難所・避難道路・港などへの「夜間照明の設置」(44.5%)、「災害備蓄倉庫の建設」(43.3%)、元町港・岡田港・波浮港など「港湾の整備」(35.4%)、「退避壕の設置」(27.4%)と続いていた。

道路施設や港湾、空港施設の充実、住民の避難行動や島外避難の実施に対して当然プラスであるが、一方で、大型船舶の減少(高速船は一定の波高を超えると運行が困難で、出入港も限定される)、島内バス及び運転手の減少は、非常時における迅速な住民の避難や島外への輸送という点では課題となり、代替手段の確保など、課題解決に向けた検討が必要である。

復旧・復興に関する情報を噴火当時と現在との状況変化として、表6.4.6.2に示す。

表 6.4.6.1 噴火以降取組まれた主な事業・対策¹⁾

住民・観光客への通報体制の整備
・同報無線の増設・町内全世帯への戸別受信機の配備
・東海汽船バスへの無線機の搭載
・旅館・消防団・公共施設への緊急放送受信機の配備
防災関係機関等の情報連絡体制の強化
住民・観光客の避難誘導体制の整備
・「避難の心得」や「防災手帳」の作成
・避難所・避難道路・避難港への夜間照明の整備
・消防団の通信機器の整備
・防災市民組織の結成
避難施設緊急整備計画事業
・都道・町道の整備(都道3路線、町道3路線を整備)
・港湾の整備(元町港・岡田港の岸壁を延長して避難広場を設置し・波浮港に4,000tのバース新設)
・退避壕の整備
・ヘリコプター発着場の設置
・学校・公民館の不燃堅牢化
災害備蓄倉庫・消防施設等の整備

表 6.4.6.2 噴火当時と現在との状況変化²⁾

	1986年噴火当時と現在との差異	状況の変化
交通の便	大型船の減少・高速船の就航	大量救援船舶の減少
島内バス	50台から32台に減少・運転手41人に14人に減少	島内バスの輸送力の減少
道路施設	岡田トンネル完成(1989.4)	岡田港への避難移動時間短縮
	元町ー三原山線道路完成(1989.6)	避難ルートの複数路線確保
	岡田ー泉津間トンネル・橋梁完成(2004.4)	岡田ー泉津の避難時間短縮
港湾施設	波浮港離岸桟橋完成(1992.3)	船の接岸機能の向上
	あんこ灯台完成(1992.3)	接岸桟橋の延長
水道施設	北の山脱塩浄水場完成(1990.8)	浄水機能の確保
	南部脱塩浄水場完成(1994.4)	
空港	東消夜間ヘリ開始(2001.1)	夜間ヘリ発着可
	大島空港1800m完成(2002.10)	中型ジェット機発着可
医療	島内3診療所を廃止→大島医療センターオープン(2004.4)	島内医療の質の向上

(3) 観光の再建

1) 観光客の集客³⁾

1986年12月22日の帰島後、年末・年始を迎えることになったが、予約客の全面キャンセルにもかかわらず、前年比の8割の来島者があり、島内観光関係者もほっとしていたが、年始を過ぎると来島者が激減し、それに伴い物産も販売不振に陥り、商工業者の経営は、不安定な状況となった。

観光業の復興では、例年1月31日から始まる「伊豆大島椿まつり」への期待が大きく、都の協力のもと予定通り開催された。また、同年7月～8月にかけては、大島町と大島町商工会が、商工夏まつりを開催、物産の展示や各種イベント等を行い、島内の商工業者の活性化と観光客誘致等を図った。翌1988年には、都内各地において、大島物産展を開催することにより、広く都民に対し、特産品のPRをするとともに、商工業者の活性化と観光客誘致を図った。

2) 伊豆大島ジオパーク (図 6.4.6.1)

噴火以降、島では噴火や全島避難というマイナスイメージをプラスイメージにすべく、市街地に迫った溶岩流や側噴火口付近を整備して、火口列付近を通る遊歩道なども整備し (図 6.4.6.2)、観光資源として活用する試みが行われていた。

一方、同じく噴火災害を経験した有珠山や雲仙岳では、自然の景観や噴火遺構を生かした「エコミュージアム構想」「フィールドミュージアム」などの取組が行われ、2009年には、洞爺湖有珠山、島原半島が「ジオパーク」の認定を受けることにつながっていった。

こうした各地での取組みもあり、2010年2月1日には、大島町・大島支庁・大島観光協会を中心に官民合同で「伊豆大島ジオパーク構想推進委員会」が設置された。2010年8月に実施された現地審査においては、火山だけでなく植物や動物、また歴史や文化などを伝える地元ガイドも評価され、9月14日、日本ジオパーク委員会より「正式認定」の通知を得た。

これにより、これまで遠隔地に多かった先進11地域のジオパークに比べ、首都圏に最も近い「ジオパーク」が誕生したことになった。

6.4.7. まとめ-2

1986年の噴火時には、約1万人の全島避難が短時間で完了されたが、一部現場では、避難指示等を伝える情報や住民の避難行動などで混乱があった。噴火後の施設整備や防災対策に関する住民の評価でも、情報伝達体制の整備や防災市民組織の結成、避難道路の整備などが高評価されているが、これは当時の教訓と、特に、防災市民組織に関しては、住民の円滑な避難には、班(町内会)単位での避難や要援護者への援助などが必要だと考えられているためだと

考える。

1986年当時と比べて、高齢化率も増加し、災害時要援護者の人数も増えている。避難道路や避難港の整備は図られているが、避難場所もしくは避難港まで、いかに迅速に避難者を搬送するか、その手段の確保や体制のとり方が課題になってくると考える。



図 6.4.6.1 ジオサイトを紹介した現地パネル



図 6.4.6.2 火口列付近を通る遊歩道

参考文献

- 1) 噴火と防災—伊豆大島噴火後の防災対策と住民心理—平成元年3月. 東京大学大学院情報学環 「災害と情報」研究会
- 2) 平成18年度 東京都・大島町合同総合防災訓練実施報告, 東京都, 大島町
- 3) 昭和61年伊豆大島噴火災害活動誌, 東京都

6.5. セントヘレンズ

6.5.1. 概要

セントヘレンズ噴火後の周辺地域の復旧・復興の基本は、1982年8月にレーガン大統領とアメリカ議会が、山体崩壊やブラストによる被災地域の約445km²をセントヘレンズ山国立火山モニュメントとしたことである。1980年噴火による被災地の大部分は、自然の復旧に委ねることで放置された。

本節では、この火山モニュメントを中心に1980年噴火後の復興について概説する。

6.5.2. 復旧・復興

セントヘレンズ国立火山モニュメントは、調査研究、レクリエーション、教育を目的として設立された。連邦政府林野局が管理し、広大な地域には2箇所のビジターセンター、学習センター、複数ルートのハイキングコース、登山路、観測所、キャンプ場などが整備されている（図 6.5.2.1）。

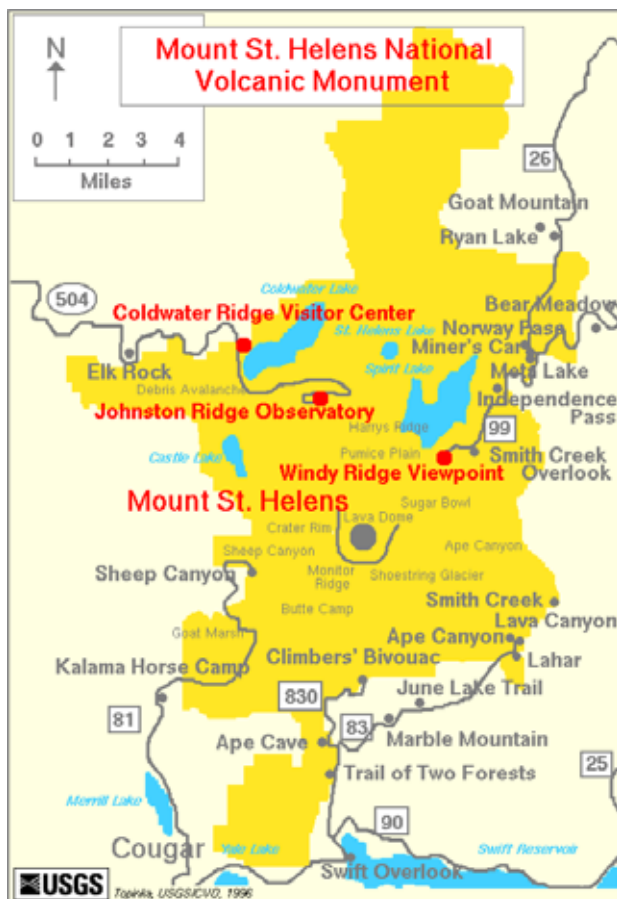


図 6.5.2.1 セントヘレンズ国立火山モニュメント

(1) ビジターセンター

火山から48km西方のシルバー湖にあるビジターセンターでは、地域の歴史や文化、自然史火山地質と噴火状況、とくに噴火後の植生回復や野生動物の復帰などが展示されている。1987年に開設され1989年末までに150万人以上の訪問者があり、その後も

順調に訪問者が増えている。

(2) 森林教育センター

1980年噴火のブラスト影響区域に位置しており、民間林業会社とワシントン州運輸部、ロッキー・エルク財団が共同で運営している。とくに公園と森林に焦点を充てられ、地質、自然、森林回復と再生、森林資源保護などが展示されている。

(3) ジョンストン尾根観測所

1980年5月18日の破局的噴火の観測中に殉職したD. ジョンストンを記念して、当時彼が観測拠点を置いていた尾根上に位置している。ここでは火山に焦点を充てた展示が行われ、セントヘレンズの噴火史や火山監視状況などとともに、溶岩ドーム、軽石原、山体崩壊堆積物などの火山地形を観察できる。

(4) その他

セントヘレンズの北東に位置するベア・メドウは、1980年噴火の連続写真が撮影された地点周辺に整備されている。

ウィンディ尾根は、一般客が立入できる中でもっとも火山に近づく地点で、火口から6.4kmまで近づく。ここでは山体崩壊土砂で地形が変わったスピリット湖を眺望でき、さらに森林の回復や野生動物の復帰の様子も観察できる。

6.5.3. まとめ

セントヘレンズ火山周辺地域は噴火前から自然ゆたかで、狩猟や内水面漁業、林業生産を主体とした地域であった。大規模噴火によって大きく変貌した地域の復興を火山モニュメントとして残す決定が噴火2年後になされたことは評価される。噴火後30年以上を経て、火山教育や自然回復過程の観察が継続されている。

わが国でも有珠山と雲仙普賢岳が世界ジオパークとして整備が進められているが、火山噴火を伝承するためにも参考となるであろう。

参考文献

本節の記述は以下のURLを参考にした。

<http://www.fs.usda.gov/mountsthelens>

6.6. メラピ

6.6.1. 復旧・復興

(1) 公共施設、砂防施設の復旧と改善

2010 年の大噴火は有史に残るものである。噴火に伴う火山灰、火砕流の噴出は、多大な死者と資産への被害を発生させた。また、従来の砂防基本計画で想定されていた、対象土砂量を遙かに上回る不安定な土砂が上流域に堆積し、噴火直後の豪雨とともに発生した土石流は、砂防施設のみならず、橋梁、灌漑施設などの公共施設、家屋、耕地に大きな被害を残した。

被災した公共施設の内、地域生活、経済の主要施設である国道の防災は最重要課題であった。インドネシア政府では、最も土石流による被害が大きかった Putih 川と国道の交差部に、安全に土石流を流下させる目的の放水路（付け替え流路工）を計画し、既に国道が渡河する橋梁（**図 6.6.1.1**）については 2011 年 11 月から 4 ヶ月という短期間で完工させた。



図 6.6.1.1 Putih 川 国道橋梁（施工中）（2011 年 1 月）

火山砂防対策としては、早急な砂防施設の復旧と、今回の噴火を踏まえた施設整備が必要であることは明らかである。現在、インドネシア政府では、3 カ年にわたる砂防施設の復旧工事を計画しており、2014 年での復旧完了を目指している。また、砂防施設の被災原因を明確にし、その後の施設への復旧、改善に生かすことも重要であり、新たな砂防基本計画を立案し、施設の再配置を行っていくことが望まれる。

しかし、今回の噴火で発生した膨大な不安定土砂をハード整備のみですべて整備することは困難な状況であり、基本計画では従来の警戒避難等のソフト整備を強化し、被害軽減を図る必要がある。ハード、ソフト整備には地域住民の合意形成と協力が不可欠であることは言うまでもない。

(2) 住民の日常生活、経済活動の復旧

火山活動、土砂災害で被災した地域住民は、2012 年 2 月の時点においても、仮設住宅での居住を強いられている。現在、インドネシア政府では、Merapi

火山上流域を危険地区に指定し、住民の移住を進めており、特に火砕流が多く流下した Gendol 川及び Opak 川の上流域に居住していた住民は、下流域への移住を迫られている。インドネシア政府は代替地を提供し、世界銀行などの支援により、新たな家屋の建設を進めている。しかし、住民は移住先での生活不安などを抱え、連日、移住に対する村内協議が行われている状況である。



図 6.6.1.1 建設が進む移住先の家屋群(2012 年 2 月)

6.6.2. まとめ

2010 年の大噴火から、1 年が経過した現在、未だ Merapi 火山上流域には不安定な土砂が堆積しており、今後も噴火直後と同等の土石流被害が発生する危険性が高い。被災を受けた地域住民は住み慣れた居住地を追われ、日常生活に戻れない状況が続いている。まさに 2010 年 Merapi 火山噴火の災害は続いているといえる。この災害を契機に、緊急対策及び中長期の災害対策を検討し、より地域安全度の向上を目指していくことが必要である。

参考文献

- 1) BNPB ホームページ 「Press Release ANCAMAN LAHAR DINGIN MERAPI TERUS BERLANGSUNG」
<http://www.bakornaspb.go.id>, December 16, 2010, April 29, 2011.
- 2) BPPTK (Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian: 火山技術開発研究所, Laporan Aktivitas G.Meapi, October 21, 2011 ~ December 21, 2011
(<http://www.mearpi.bgl.esdm.go.id>)

7. 全体まとめと今後の課題

第7章では、突発的な火山噴火の現象とその被害、そして社会資本に与える影響やその対策について、全体的なまとめと今後の課題について記述する。

まず、2011年1月に噴火を始めた新燃岳噴火についてまとめる。次に、国内外の既往火山噴火を総括する。最後に、それらの成果を踏まえて今後の課題について述べることにする。

7.1. 新燃岳噴火

2011年1月19日未明、新燃岳山頂で噴火が始まり、26日には約300年振りの本格的なマグマ噴火に移行し、準プリニー式噴火→火口底への溶岩出現→ブルカノ式爆発的噴火活動に至った。山麓では、準プリニー式噴火に伴う多量の降下火砕物や爆発に伴う空振による被害が発生した。

7.1.1. 現象と被害

新燃岳は、1990年の小規模な水蒸気爆発以来、比較的静穏な状態で経過してきたが、2005年～2007年にかけて、気象庁が定期的に実施していたGPS繰り返し観測で、新燃岳の直下ごく浅部が膨張する地殻変動が観測され、2008年8月22日に小規模な水蒸気爆発が発生、麓の小林市などで降灰があった。水蒸気爆発は2010年3～7月にも7回発生した。

2010年3～7月の噴火後も、新燃岳直下を震源とする火山性地震がやや多い状態が続き、気象庁は、噴火警戒レベルを2（火口周辺規制）とし、周辺自治体は新燃岳の登山を規制する措置を継続した。

2011年1月からの一連の噴火活動は、1月19日未明の小規模な噴火から始まった。当時は悪天のために噴煙高度は不明であるが、火山灰は南東方向に流れ、海まで達した。この噴火で放出された火山灰中には新鮮なガラス（マグマ物質）が発見され、マグマ水蒸気爆発であったことが明らかになった。1月26日早朝から始まった噴火は、当初噴煙高200m程度で推移したが、15時30分頃から急激に噴煙の勢いが強まり、微動や空振の振幅が大きくなるとともに噴煙を火口上3000m程度まで吹き上げた。風下では後述するように多量の火山灰や軽石が降下し、準プリニー式噴火の様相を呈した。この準プリニー式噴火に伴う微動、空振は、多量の火山灰や軽石を放出し、折からの北西風に乗って、大量の火山灰や軽石が南東側の宮崎県南部に降下した。この間のプリニー式噴火に伴う火山灰等の放出量は、2400万トンと推定されている。

準プリニー式噴火のステージを経た後、1月28日、東京大学地震研究所の上空からの観測によって火口底に溶岩が出現しているのが発見された。溶岩は一時麓のカメラからもその頂部が見えるまでに成長したが、2月初めには成長をほぼ停止した。最終的な溶岩の体積は1400万 m^3 と推定される。

最初の爆発的噴火は1月27日15時41分に発生、その後、3月1日までに13回発生した。そのうち、2月1日7時54分の爆発は、爆発力の最も大きなもので、湯之野観測点で460Paの空振が観測され、後述のとおり空振によって麓の地域で窓ガラスが割れる等の被害が発生した。そして、直径70cmの噴石（弾道岩塊）が火口から3.2km付近に落下しているのが確認された。4月以降も時々噴火が発生したが、徐々に噴火の頻度や規模は低下した。9月7日の噴火を最後に噴火は発生していない。

今回の被害は大きく分けて、降下火砕物（小さな噴石を含む）と空振によるものに大別される。

人的被害としては、直接的な被害は、2月1日の爆発的噴火の空振によって割れた窓ガラスで1名が軽傷を負ったのみである。ただし、住居の屋根に降り積もった火山灰を除去する作業中に転落等によって41名が負傷している。

物的被害は、1月26～27日の準プリニー式噴火の際に風によって流された小さな噴石によって、都城市や高原町で、自動車のガラス、太陽光パネルなどが破損する被害が計32件あった。また、2月14日の噴火では風下になった小林市で自動車のガラス、太陽光パネルなどが破損する被害が696件発生している。2月1日の爆発空振では、霧島市を中心に窓ガラス等の被害が217件発生した。このほか、大量の降灰等による農業被害は、収穫不可能となった野菜などの農作物や噴石による農業施設の破損、農地埋没により、約12億円に達した。

また、多量の火山灰によって、航空機関にも影響があり、1月28日には宮崎空港が3時間半にわたり閉鎖するなど、活発な噴火活動を続けた1月下旬から2月初旬にかけて多数の航空機の欠航があった。一方、新燃岳の東麓を中心に多量の火山灰等が堆積し、降雨による土石流が懸念される事態となった。梅雨期ならびに秋の台風期に、流域の中上流部では土砂移動が発生したものの、下流の集落まで達する土石流は発生しなかった。現時点では、斜面において浸透能の回復も認められている。

7.1.2. 工学的防災

大量の火山灰・軽石の降下堆積に伴い、新燃岳周辺の溪流では土石流の発生する危険性が高まった。そのため、土石流発生に備えたソフト・ハード両面からの緊急的な砂防対策が実施された。これは、噴火に直接起因し噴火と同時に発生する被害を一次被害とすると、噴火の影響の下、噴火後の降雨によって発生する二次被害に備えての防災対応である。

空振や降下火砕物など人為的に制御できない現象である。一次被害に対しては、災害の未然防止の防災対策は行われなかった。

一方、復旧対策となる工学的対応として、道路に積った火山灰の除去作業が大規模に行われた。市街

地が大量の降灰に見舞われた宮崎県都城市と高原町を中心とした地域では、幹線道路ならびに生活道路において、重機車両、ダンプトラック、路面清掃車、散水車等を使った降灰除去作業が行われた。ちなみに、1月27日～5月26日の期間に、宮崎県の6市町と鹿児島県の1市に対して、国土交通省が支援要請に基づいて派遣した路面清掃車と散水車の台数は最大時で74台、支援延べ日数は2566台・日であった。

次に、土石流に対する緊急的な防災対策が開始された。都城市と高原町は2月9日・10日に、国土交通省が発表した避難雨量基準にほぼ沿った基準で、避難勧告および避難準備情報の発表基準を定めた。そして、2月中旬の数回の雨において、都城市と高原町は各々の対象地域に避難勧告あるいは避難準備情報を発表し、住民の避難が行われた。なお、これらの雨で土石流は発生しなかった。また、土石流の発生を監視する各種機器が、2月から梅雨入りする6月までの期間に緊急に設置された。国土交通省は14渓流において土石流発生検知のワイヤーセンサー、および溪流監視カメラを設置した（図7.1.2.1）。

国土交通省、宮崎県、鹿児島県がそれぞれ行った緊急ハード対策の実施位置と内容を図7.1.2.2に示す。国土交通省は宮崎県内の国道223号線より新燃岳側の地域を担当した。ここには、高千穂峰東～南斜面の14渓流と直轄砂防区域の高千穂川、矢岳川、大幡川が含まれる。宮崎県は国道223号線より南東側の地域を担当した。ここには、丘陵部の21渓流と高千穂峰南斜面の溪流群から流れる荒川内川、荒襲川、庄内川、そして新燃岳東方の高崎川、湯之元川が含まれる。鹿児島県は、新燃岳から南に流れる霧島川と支流の神宮川を担当した。



図7.1.2.1 溪流異常と土石流監視
国土交通省が設置した溪流監視カメラと土石流ワイヤーセンサーの位置



図7.1.2.2 緊急ハード対策の実施位置と内容
国土交通省、宮崎県、鹿児島県が実施

7.1.3. 社会学的防災

2011年1月26日から本格的な噴火が始まった新燃岳は、大量の火山灰や噴石等を噴出し、爆発的な噴火を繰り返した。1月31日に高原町は火砕流発生を警戒して、住民に最初の避難勧告を発令した。

その後、爆発的な噴火の頻度は低下してくるが、今度は土石流への警戒が強まり、とくに都城市では、降雨時において避難勧告の発令や、その解除などの対応が繰り返された（表7.1.3.1）。

この噴火では、霧島山火山防災連絡会の「コアメンバー会議」が開催され、各機関の情報共有を図るとともに、政府支援チームも加わり、避難計画や土石流対策、降灰対策等の検討が行われた。

火山災害の場合、その現象は複雑で状況も常に変化するため、市町村にとって避難の判断や実施は最も難しい防災対応になる。今回の噴火では都城市や高原町で実際に住民の避難が行われた。とりわけ火砕流を警戒して避難措置がとられた高原町では、実際の状況を目の当たりにしての迅速な対応ではあったが、避難対象区域の設定で苦労されていたのも事実である。また、宮崎県では土石流に対する避難雨量基準の設定などで砂防専門家の助言や協力がたいへん役立ったと言われている。

表 7.1.3.1 新燃岳噴火における火山活動と防災対応・避難状況

月	主な火山活動・事象	主な防災対応
1月	19日 噴火開始 26日 本格的なマグマ噴火開始 28日 溶岩ドームが出現 30日 溶岩ドームが直径500m程度に成長	26日 高原町が災害対策本部設置 27日 自主避難〔高原〕 28日 小中学校6校、県立高等学校1校が臨時休校〔高原〕 都城市が災害対策本部設置 宮崎県が災害対策本部設置 30日 避難勧告発令〔高原〕
2月	1日 爆発的噴火が発生 噴石が約3.2kmに飛散 2日 噴火警戒レベル2→3（切替え） 規制区域を4kmに拡大 溶岩ドームは直径600m程度に拡大 ～その後も爆発的噴火を繰り返す～	7日 政府支援チーム派遣 災害ボランティアセンターが開設〔高原〕 10日 宮崎県は避難雨量基準を時間雨量4mmを発表 1人暮らし高齢者らに避難を呼びかけ〔都城西岳地区〕 自主避難〔都城〕 14日 土石流避難基準に関する国、県、市町による調整会議 17日 土石流による初の避難勧告発令〔都城〕 22日 第1回霧島火山防災連絡会コアメンバー会議開催 28日 災害救助法を適用
3月	1日 爆発的噴火が発生 13日 中規模噴火	10日 第5回霧島火山防災連絡会コアメンバー会議・都城市・高原町から「霧島山（新燃岳）の噴火活動が活発化した場合の避難計画（素案）」提示 22日 規制区域を3km以内に縮小
4月	3日 噴火が発生 18日 噴火が発生（高原町に直径1～2cmの噴石）	27日 土石流による避難勧告発令〔都城〕
5月		2日 国土交通省：避難雨量基準を地区によって1時間雨量15mmないし20mmに見直すを発表
6月	16日 ごく小規模な噴火が発生 29日 ごく小規模な噴火が発生	6日 国土交通省：避難雨量基準の引き上げ 都城市と高原町は「1時間20ミリ」に避難勧告発令基準を変更 16日 土石流による避難勧告発令〔都城〕 18日 土石流による避難勧告発令〔都城〕 20日 土石流による避難勧告発令〔都城〕

7.2. 既往火山噴火

既往火山噴火の事例について、概要、一次災害、二次災害に分けてまとめる。対象となる火山は、雲仙普賢岳、有珠山、三宅島、伊豆大島、セントヘレンズ、エイヤフィヤトラトクルト、メラピ、ピナツボ火山である。

7.2.1. 概要

（1）雲仙普賢岳

雲仙火山は、島原半島の主部を占める活火山で、多くの溶岩ドーム群からなる複成複式火山である。有史以降、1663年、1792年、1990～1995年の3回の噴火があるが、いずれも主峰の普賢岳からの噴火であった。1663年の噴火では、普賢岳山頂付近の九十九島火口から噴火を開始し、北東山腹から溶岩を流出（古焼溶岩：噴出量約500万 m^3 ）した。その翌年には東斜面に土石流が発生して30余人が死亡した。1792年の噴火では、地獄跡火口から噴火後、北東山腹から溶岩を流出（新焼溶岩：噴出量約2,000万 m^3 ）した。噴火停止ほぼ1か月後に発生した地震により、東麓の眉山が大崩壊し、0.34 km^2 の岩屑が有明海になだれ込んだ。そのため、最大波高10mの大津波が発生し、死者1万5,000人に達する日本最大の火山災害となった。対岸の熊本県（当時の肥後国）でも被害

甚大で、「島原大変肥後迷惑」として伝承されている。

1990～1995年の噴火は、約1年間の前駆的な地震活動の後に1990年11月17日、雲仙火山の主峰である普賢岳の地獄跡火口と九十九島火口で噴火（水蒸気爆発）が始まった。これは、1792（寛政4）年の噴火以来、実に198年ぶりの噴火となった。その後、マグマ水蒸気爆発を経て1991年5月20日に地獄跡火口から溶岩を噴出開始し、溶岩ドームが成長を始め直径約60mの巨大な溶岩ドームが出現したが、翌日には二つに裂けた。5月24日には溶岩ドームが火口から溢れ、溶岩塊の崩落によって普賢岳東斜面に火砕流が発生した。以後、溶岩ドームの成長に伴い、火砕流が頻発するようになった。火砕流は計約6,000回発生したが、そのうち数回は流下距離が4kmを越えた。溶岩噴出量は、最盛期には1日に30～40万 m^3 に達したが、僅かながら噴出口を変え、複数の溶岩体（ロープ）を形成した。

（2）有珠山

有珠山の1977年の活動は、外輪山内側で発生した。噴火前兆の群発地震は、約30時間と過去の噴火よりも短かった。1977年8月6日から有感群発地震が発生し、最初の噴火は、8月7日午前9時12分に山頂カルデラ、小有珠斜面からのプリニー式の軽石噴火で始まった（第1火口形成）。北海道大学地球物

理学科が直ちに観測陣として現地に向かい、四十三山（明治新山）の麓に地震計を設置して地震観測を開始した。その夜から、大きな軽石噴火などが続き、非難を余儀なくされた。

軽石噴火が1週間続いた後、散発的な小規模水蒸気爆発から約1年後のマグマ水蒸気～マグマ爆発期と推移し、銀沼火口が形成された。山頂では、マグマの貫入により、潜在溶岩ドームである有珠新山が誕生した。2000年には有珠山の西山麓で噴火が発生した。噴火前兆の群発地震は、約3日間と前回の噴火に比べて長かった。有珠山山頂の北西側の金比羅山や西山西方でマグマ水蒸気爆発～水蒸気爆発が発生し、多数の火口が形成された。

（3）三宅島

三宅島は近年では1940、1962、1983年の概ね20年おきに噴火を繰り返してきた。有史以後は、山頂から北～東南東、西～南南西の方向の山腹の割れ目火口から噴火するが、時に山頂噴火を伴う。噴火期間は比較的短く、噴火パターンは、群発地震を前兆とし、数時間から数日程度の割れ目噴火から山頂噴火に至ることが知られている。

2000年の噴火は、6月26日の群発地震から始まった。緊急火山情報が発表され、噴火前に災害対策本部が組織された。この噴火では、山腹割れ目噴火は発生せず、翌6月27日9:00に三宅島西方約1kmで小規模な海底噴火が発生した。その後、マグマは島外に移動し、西海岸で地割れを生じた。

更に、神津島での群発地震を発生させ、三宅島の噴火は終息したかに思えた。ところが、7月8日18:43三宅島雄山で水蒸気爆発が発生、少量の火山灰を噴出した。翌朝、山頂部に直径1km弱の陥没が生成されているのが確認された。地下のマグマだまりからマグマが島外に流出、空洞が陥没して生じた。

（4）伊豆大島

伊豆大島は、相模湾上にある火山島で、中央部に三原山あり、それをかこむように東に開いたカルデラ崖がある。近年の噴火はすべて三原山を火口としたものであり、溶岩流はカルデラ崖を越えることはなかった。集落は、島の外周道路沿いに点在し、北に岡田港、西に元町港がある。1986年7月に火山性微動が観測され徐々に連続的となった。また、11月12日に竪坑状火孔壁から噴気が出始めた。11月15日17時25分頃、竪坑状火孔南壁で噴火が始まった。高さ200-300mの連続的溶岩噴泉の活動が続き、噴煙は高さ3,000mに達した。火口のマグマは徐々に、粘性が上昇、間欠的に花火のような爆発をするストロンボリ式噴火となった。溶岩は約360万m³/日の噴出率で竪坑状火孔を埋めたと²⁾、19日10時頃には展望台付近の火口縁を越え、溶岩流となってカルデラ床まで流れ下った。19日23時頃から噴火・微動活動が衰え、その後散発的に爆発が起こる活動が続いた。11月21日午前中から爆発が強くなり、黒

煙や光環現象を伴うものも起こるようになった。14時頃からカルデラ北部で地震が群発するようになり、カルデラ縁付近では有感となった。三原山北西のカルデラ内で、溶岩流の調査中の日大調査団の至近距離で、突然北西～南東方向の割れ目噴火が始まった。

（5）セントヘレンズ

1980年5月18日にアメリカ合衆国ワシントン州にあるセントヘレンズ火山が1842年の噴火から138年を経て大規模な噴火を起こした。1980年3月20日に地震活動が観測されて以来、徐々に活動が増加してきた。3月27日には山頂火口から火山灰噴火が始まった。その後山頂付近の氷冠に形成された亀裂が拡大し、合衆国地質調査所USGSは山体崩壊を伴う大規模噴火を想定し、周辺からの避難を呼びかけた。5月18日8時32分（USA太平洋夏時間）、山体直下1.6kmで地震マグニチュード5.1の地震が発生し、それとともに山頂部が北側に大崩壊して、噴煙柱が24,000mまで上昇した。崩壊土砂は2.79km³と見積もられ、崩土は北側山麓部の約60km²を平均45mの厚さで覆った。山体崩壊とほぼ同時に細粒子を含むブラスト（爆風）が480km/hr以上の速度で約840km²の範囲に広がり、ブラスト堆積物は山麓部で1m、縁辺部で2cm堆積し、温度は350℃程度と推定されている。山体崩壊後、馬蹄形カルデラが形成された。

火砕流も発生し、土砂量1.2億m³、速度80～130km/hr、温度700℃以上と見積もられている。

さらに、融けた氷河と雪と土砂が混ざって泥流となり、トゥートル川を流下し、コロンビア川支川のカウリッツ川を経て、コロンビア川まで流入した。成層圏に噴き上げられた火山灰と細粒軽石は、偏西風に乗って3日間でアメリカ大陸を横断し、15日間で地球を一周した。降灰面積は約57,000km²に及び、降灰堆積深は風下16km付近で30cm、480km離れた地域でも1.3cm程度あり、火山灰量は1.1km³と推定されている。

（6）エイヤフィヤトラヨークトル

アイスランドのエイヤフィヤトラヨークトル（Eyjafjallajökull）は、首都レイキャビクから東方約125kmに位置する。エイヤフィヤトラヨークトルは標高1666mで、南麓斜面は農地として利用されている。エイヤフィヤトラヨークトルは、2010年3月20日から噴火を開始し、4月の噴火では火山灰がヨーロッパ北部にまで到達し、ヨーロッパ各地で空港閉鎖や欠航が生じた。

（7）メラピ

インドネシアのメラピ（Merapi）火山は歴史時代に入ってから数多くの噴火を繰り返しており、それに伴う河川の氾濫等も起こり、サンスクリットや古いジャワの物語を刻んだ石碑には、1006年の大洪水による被害が記されている。また、記録に残っている大規模な噴火には1672年の熱雲と火山泥流に

よる死者 3,000 名などがある。1800 年以降のメラピ火山の活動は、概ね 3～6 年、大規模噴火は 9～16 年（平均 12.5 年）に繰り返し発生している。1871 年 4 月の噴火では死者 1,400 名、1930 年 12 月死者 1,369 名、1994 年 11 月死者 69 名が犠牲になっており、火砕流や噴出物の堆積、豪雨に起因する土石流で多大な被害を与えている。2010 年 10 月の噴火では、火砕流や火山灰、土石流が発生し、死者 6000 人、被災家屋、414,000 棟を記録した。

(8) ピナツポ

フィリピンの国ルソン島西部ピナツポ火山は、1991 年 6 月に噴火活動を開始した。6 月 15 日に発生した噴火は 21 世紀最大級の噴火とされ、その噴煙柱は成層圏にまで達したとされる。ピナツポ火山は、安山岩－デイサイト質の岩石からなる複合火山であり、幾度もの噴火を繰り返し、その度に大量の火山灰を噴出させるとともに、火砕流を流下・堆積させている。噴火の度に発生した大規模な火砕流は谷地形を埋積し、平坦な火砕流堆積物面が形成されるが、その後火山活動が休止して上流からの土砂流出が減少すると、再び下刻を始め広大な段丘面を形成している。

7.2.2. 一次災害

(1) 雲仙普賢岳

1991 年 6 月 3 日には火砕流が火口東方の水無川沿いに約 4.3km 流下し、島原市北上木場町で死者・行方不明者 43 人、建物約 170 棟の被害を出した。その後、6 月 8 日には 6 月 3 日を上回る大火砕流が発生し、水無川沿いに約 5.5km 流下したが、警戒区域の設定により火砕流の範囲は無人状態であったため、人的な被害は生じていない。

1991 年 9 月 15 日の火砕流では、大野木場小学校が焼失した。度重なる災害による警戒区域設定の長期化は、住民生活のあらゆる方面に深刻な影響を与えた。

(2) 有珠山

1977 年の山頂の大変動の影響は北～東山麓にもおよび、建物や道路・水道などのライフラインが地殻変動により破壊された。2000 年には、国道 230 号下にマグマが貫入し、潜在溶岩ドームが形成された。周辺の道路や建物などはマグマの貫入に伴う地殻変動の影響で破壊された。この地殻変動の影響は 1977-78 年噴火よりも広範囲におよび、道央自動車道や J R 室蘭本線への影響も生じた。また、有珠山の 2000 年噴火では、火口から直接流出する熱泥流が発生し、橋梁の流出や建物への被害が生じた。

(3) 三宅島

7 月 14-15 日にマグマ水蒸気爆発が発生し、大量の細粒火山灰が島内の北東側に堆積した。その後 7 月 36 日に少量の降雨で泥流が発生したことにより、対策を講じることとなった。8 月 18 日には

最大の噴火が発生、噴煙は 14,000m に達し、島内の各所に火山灰が降り積もった。その後、10 日の大気不安定による降雨、12 日の台風通過、18 日の大噴火に繋がり、8 月 29 日には火砕流(低温)が発生して海岸部に到達した。

(4) 伊豆大島

1986 年伊豆大島噴火における一次被害は、溶岩流によるもので、三原山の縁にあった火口茶屋（木造）が炎上し埋没した。隣接する神社は難を逃れたが、その理由は、わずかに高い位置にあったことと、鉄筋コンクリート製であったことであった。また、御神火茶屋と三原山とを結ぶ有料歩道と登山道が埋没した。この道路の復旧は、溶岩流を掘削する必要があり、10 年を要した。さらに、御神火茶屋へ続く有料道路を横断するように火口列が生じたため、御神火茶屋へ自動車で行くことが不可能になった。

東側の周遊道路上では、最大層厚 20 cm ほどの降下スコリア（テフラ）が堆積し、スリップのために車が通行できない状態となった。三原山周辺の裏砂漠を覆ったスコリアは、噛み合いがよく風による砂の移動を妨げるものであった。スコリアの堆積後、三原山全体に植生が繁茂、砂漠のような独特の景観は失われつつある。島の全域にわたって多数の地割れや亀裂が発見されたが、その多くは割れ目火口と同様北西－南東方向の亀裂だった。特に、波浮港の北側の奥山付近では、道路を横断し段差を形成したために通行不能となった。このように、伊豆大島の一次被害の特徴は、主として溶岩流と降下スコリアの被害であった。

また、噴火による噴煙の到達高度は 16,000m まで達し、かなり東方まで火山灰の影響が及んだ。この灰雲に 4 機のジェット旅客機が遭遇し、そのうちの 3 機が被害を受けた。

(5) セントヘレンズ

降灰被害としては、噴火数時間後には州道が総延長 2,900km にわたり閉鎖され、州間ハイウェイ 90 は 1 週間閉鎖された。数 1000 キロの郡道、市道などは短いもので数時間、永い場合は数週間通行止めが続いた。地域内の航空路は噴煙の影響を受け、空港は滑走路に積もった火山灰により影響を受けた。空港閉鎖は 3～7 日間、欠航は計 1,030 便に及んだ。鉄道は道路や航空路よりは影響が少なかったが、計器トラブルが 2 日間ほどあった。鉄道路の除灰は道路や空港ほど深刻ではなかった。

ブラストは、火口の北西から東北東の約 120° に広がり、半径 13km の範囲では全植生とほとんどの土壌が失われた。さらに東北東 18km から北側と北西側 22-24km では老齢木はなぎ倒され、植生の一部がブラストと降下碎屑物により埋没した。破壊されたエリアの周辺では、幅 2-3km の量による温度低下で植生が失われた。ブラスト範囲の土木施設被害は最小であった。

岩屑なだれ被害として、移動土砂量は 2.5km^3 。スピリット湖の湖岸線がノースフォーク・トゥートル川の下流側 24km に広がった。スピリット湖の公共・私有建物と訪問者施設は消滅した。州道 504 号はセントヘレンズの森林限界からノースフォーク・トゥートル川の岩屑なだれ末端までの約 32km が永久に埋没した。州管理の 7 橋の内 2 橋はこの区間にあって失われた。さらに林野局と民間会社の林道と橋梁は何キロにもわたって破壊された。

トゥートル川の泥流は最初に岩屑なだれ堆積物の再移動によって形成された。川沿いの全壊家屋数は約 200 戸であった。土木施設被害は、州道 504 号は林業基地のバイカーキャンプからトゥートル町までの約半分が約 2m にわたり埋没した。何キロもの民間林道と森林鉄道、カウリッツ郡道も数 km にわたって埋没した。

(6) エイヤフィヤトラヨークトル

火山活動の推移は、エイヤフィヤトラヨークトルの活動は山麓での割れ目噴火から山頂での爆発的噴火へ移行した。

割れ目噴火の推移は、エイヤフィヤトラヨークトルでは、群発地震と地殻変動が 1994 年、1999 年、2009-2010 年に確認されており、これらは地下 4~6km にシルとしてマグマが貫入したイベントと解釈されていた。2010 年噴火前の地殻変動は以前のイベントと同様であったが、火山性地震の発生頻度はかなり高かった。マグマが地表面へ貫入・上昇し始めたことを反映し、火山性地震の震源は時間とともに次第により浅くなった。火山性地震の活動域は火山の東側に移動し、3 月 20 日の 23 時 30 分(UTC)、割れ目噴火を開始した。この噴火は溶岩を流出する穏やかな噴火で、4 月 12 日に終了し、大きな被害は発生しなかった。

山頂噴火の推移は、4 月 13 日の 23 時 30 分(UTC)に山頂カルデラ直下で火山性地震が確認され、数時間継続した。噴火の開始を示唆する低周波地震は 4 月 14 日の 01 時 15 分(UTC)に発生した。噴煙柱は 4 月 14 日早朝に確認され、06 時 50 分に氷河の融解に伴う洪水の発生が火山北側で確認された。噴火してから 3 日間は噴煙や雲に覆われたため、航空機 SAR を用いた状況把握を行った。航空機 SAR により、山頂カルデラの氷河に複数の孔が形成されたことと、北側へ洪水が流下していることが確認された。4 月 14 日の噴煙は高さ約 10km に達し、火山灰の放出は 3 日間継続した。火山灰は南東側に分布し、ヨーロッパの大部分にまで到達したが、噴火の 5 日目までには噴火の勢力はおさまった。4 月 21 日から 5 月 2 日に火口から北側へ溶岩が流出し、ギーガユークルト(Gígjökull)氷河を流下し、通過域の氷河を融かした。火山活動は 5 月に入っても継続し、火山灰がしばしばヨーロッパ大陸まで到達した。

この噴火で火山南方の農場には火山灰が堆積し

て損害を与えたものの、死者は報告されていない。2010 年 4 月 14 日から始まった噴火は、ヨーロッパの大部分における空域閉鎖の原因となり、北西ヨーロッパに航空混乱をもたらした。この噴火でヨーロッパ約 30 ヶ国の空港が一時閉鎖し、1 週間に航空機 10 万便が運休した。火山灰が航空機へ与える影響として、エンジン停止および各種機器機能麻痺、操縦室風防ガラスおよび着陸灯前方ガラスの損傷、速度計などの誤表示などがある。

ヨーロッパ大陸に火山灰が到達してから数日間には飛行禁止の措置が取られたが、試験飛行の実施などを行い航空路火山灰の濃度に応じて飛行の禁止基準を緩和し、3 つの飛行区域に区分した。「事前許可が必要」の区域は、許可を得るために地上型 LiDAR による計測を行う必要がある。火山灰の分布範囲は火山活動や風向きにより変化するものの、人工衛星によるモニタリング、航空機による観測、地上型 LiDAR、数値シミュレーションなどを用いて、科学的な(定量的な)結果に基づき意思決定を行っている。

(7) メラピ

2010 年 10 月 26 日に始まった噴火活動は、百年に一度と言われる大噴火となった、従来の溶岩ドーム崩壊により火砕流を発生させる Merapi 型と言われる噴火形態に加え、噴煙柱の崩壊により火砕流を発生させるスフリエール型を伴う大噴火であった。

この噴火で噴出した火砕流堆積物、火山灰等の噴出物は 1.4億 m^3 と推計され、噴火直後の雨季の降雨に伴って、大規模な土石流を各地で発生させた。最大噴火とされる 11 月 5 日に発生した火砕流は、Gendol 川を山頂から 14km 下流まで到達した。数度にわたり流下した火砕流は大量の土砂を堆積させ、谷地形を埋めるだけでなく、河川断面を越流して氾濫している。また、山頂から上流域にかけた全域にわたって、噴出した火山灰、火砕流堆積部が不安定な状態で堆積した。

一方、砂防施設は Merapi エリアに約 250 基整備されていた。噴火直後にはその効果を発揮していたものの、想定以上の土石流が頻発し、洗掘、堆積を繰り返す大きな河床変動、コンクリートの著しい摩耗等から、約 80 基の砂防施設の機能が大きく損なわれた。

(8) ピナツボ

6 月 12 日に一連の爆発的噴火が始まり、爆発的噴火の初期には火砕流が何度か発生し、北、北東、西の山麓約 6km の地点まで到達した。6 月 15 日午前 5 時 55 分に発生した爆発では 22km の高さまで噴煙柱があがり、火砕流が 10km 流下した。15 日 13 時 42 分に最大噴火が発生し、噴煙柱が 40km に達して火砕流が 18km 流下した。

火砕流堆積物の総量は 48~71 億 m^3 と推定されており、噴火直後には摂氏 700 度となり、堆積深は 100m を越えるものであったため、山腹の樹木や生

物を全滅させた。一方、火砕流によりいくつかの集落は完全に埋没したものの、噴火活動の観測により噴火が予測され、住民の多くが避難したため、死傷者は確認されていない。

7.2.3. 二次災害

(1) 雲仙普賢岳

1991年5月15日未明に水無川において最初の土石流が発生し、島原市、深江町の117世帯461人が避難した。同年6月30日には、集中豪雨により普賢岳を水源とする水無川、赤松谷川、湯江川、土黒川で土石流が発生した。6月30日の日降水量は島原市で226mmに達し、特に17～18時に45mm、18～19時には78mmの強い雨が降った。このため、18時過ぎに中尾川上流で土石流が発生した。水無川における土石流の発生時刻は不明であるが、土石流の先端は火口から約7km下流の有明海に達し、安徳地区を中心に甚大な被害を及ぼした。この土石流による建物被害は148棟にも上った。

1992年3月1、15日には水無川で土石流が発生し、道路や島原鉄道が一時寸断された。同年8月8、12、15日には茶屋の松橋付近から溢れた土石流が流域の30haにわたり、氾濫、国道251号や島原鉄道が埋没したほか、家屋や農地等に大きな被害をもたらした。流域の家屋355棟が全半壊した。

1993年4月28日04時頃から降り始めた雨は、雲仙岳測候所で29日10時30までに総雨量238mmに達し、このため水無川で数回の土石流が発生、338棟の家屋が全半壊した。また、この日初めて中尾川においても土石流の発生が認められ、南千本木町で家屋被害が発生した。

(2) 有珠山

1978年の噴火の二次災害としては、気爆発によってもたらされた降下火山灰は細粒であった。このため、その後の降雨によって、農業や林業に大きな被害を生じた。また、乾燥するとモルタル固化し、浸透能を低下させ、土石流を発生させやすくする性質があった。したがって、1978年10月24日未明に局地的な豪雨があり、有珠山の周辺で多数の土石流が発生した。この土石流に巻き込まれ、虻田町の洞爺湖温泉で3名の犠牲者がでている。

しかし、2000年の噴火では、火口周辺に細粒火山灰が比較的厚く堆積したにもかかわらず、降雨による二次的な土石流や泥流は発生しなかった。これは、2000年3月31日にはじまった噴火の降灰が砂質なものであり、その透水係数が 1.49×10^{-2} (cm/sec) という値が報告されている。この値は通常の降雨で表面流が発生しないレベルで、土石流が発生しなかったことと、調和的である。

(3) 三宅島

8月中旬には陥没火口内の噴火口から二酸化硫黄が大量に放出された。9月12月の平均では4.2万

t/日となっており、世界でも例を見ない。この火山ガスの放出は今も収まっていない。このため、2000年9月1日に全島避難が決定され、島民に避難指示が発令された。2005年2月の避難指示解除まで、実に5年にわたる避難となった。この間には高濃度の火山ガスが噴出する中、泥流・土石流対策、インフラ復旧等が続けられた。避難解除後も島内では火山ガス高濃度地区への居住禁止や安全確保対策が進められている。

(4) 伊豆大島

1986年伊豆大島噴火では、山頂噴火や山麓の割れ目噴火に伴う溶岩流やスコリアの噴火が主たる現象であった。このため、山腹で表面流出を発生させやすい火山灰の堆積は小さく、一次災害の後に発生することが多い土石流などの二次災害はほとんど見受けられなかった。溶岩や降下スコリアは透水性が高く、降雨が地盤に浸透しやすいことが原因である。

(5) セントヘレンズ

コロンビア川の河床上昇として、カウリッツ川の泥流と洪水はコロンビア川に流入し、コロンビア川河口より100～120km区間に $34 \times 10^6 \text{m}^3$ の土砂が堆積した。カウリッツ川合流地点で最大12m河床上昇が生じ、船舶の航行が不能となった。舟運の回復には夏の間まで要した。

1980～81年の冬期出水時には $17 \sim 28 \times 10^6 \text{m}^3$ の土砂流出があると推定された。実際には推定を下回ったが、その後20年間以上にわたって土砂流出が継続した。

(6) エイヤフィヤトラヨークトル

4月14日06時50分に氷河の融解に伴う洪水の発生が、エイヤフィヤトラヨークトルの北側で確認された。住民は噴火前から設置されていた自動電話警報システムの情報で避難を開始し、800人が夜明け前に避難を完了した。情報配信は地元の警察署長によって行われた。避難した住民の大部分は翌日には帰宅することができた。警報システムはアイスランド気象庁により運用されており、水位計を用いて急激な水位変化をモニタリングしている。

アイスランド気象庁のホームページによると、4月14日～15日に発生した洪水は、エイヤフィヤトラヨークトルの北側に流下した後、西側に流路を変えて海まで到達し、約35km流下した。南側でも洪水が発生したが、約5km流下したのみで、海までは到達しなかった。

(7) メラピ

プチ川の河床及び流路変動として、プチ川には2010年10月以降のメラピ火山の噴火活動によって生産された土砂が流れ込み、河床上昇、流路拡幅、砂防ダム下流域の河床低下、土砂の氾濫による地盤高の上昇などが発生した。

プチ川とプロゴ川の合流点では、プチ川の川幅が数倍に広がり、多くの農地が流失した。また、マゲ

ランとジョグジャカルタを結ぶ国道とプチ川が交差する地点において、多くの土砂がプリ川左岸域に氾濫し、多くの家屋が土砂に埋まった。

(8) ピナツポ

大量の火砕流堆積物が山腹に堆積しており、噴火後数年を経ても 300 度程度の高温のままであり、降雨や地下水と接触することで水蒸気爆発を発生させた。大規模な水蒸気爆発の場合には二次火砕流や高温の泥流(ホットラハール)が発生した。

また、降雨に伴って、泥流(ラハール)が多数の河川で頻繁に発生し、下流の被害が拡大した。火砕流堆積物を発生源とした泥流は、1991 年から 1993 年にかけて降雨の度に扇頂部から扇央部で堆積し、堆積深は最大 15m 以上に及んだ。1995 年以降は火砕流堆積物の固結が進み、扇頂部から扇央部にかけた泥流堆積物の二次侵食が顕著となった。高濃度の浮遊砂として下流へ流下し、河床上昇・河道閉塞により河道の通水能力を減少させ、下流域の洪水被害を増大させた。

一方、ピナツポ火山噴火時に形成された火口湖において水位上昇が顕著であり、噴火直後の火口底の標高は 845m であったのに対し、2000 年 11 月の観測では湖水の水位が 950m 付近になり、100m 程度の水位上昇が認められ、約 2 億 m^3 の水がカルデラ内に溜まっていると考えられた。水位上昇に伴う湖水溢水やカルデラ壁における大規模な崩壊や地すべりの発生により大量の土砂が湖水に流入した場合の段波による越水に伴う洪水流や火砕流堆積物を取り込んだ大規模な泥流・土石流の危険性が指摘されている。

7.2.4. 工学的防災

(1) 雲仙普賢岳

雲仙普賢岳(標高 1,359m)では 1990 年 11 月 17 日の噴火開始後、噴火活動は一旦衰退したものの 1991 年 2 月 12 日から多量の火山灰の噴出をともなう噴火活動が始まった。これにより火口周辺に火山灰が堆積したため、降雨による土石流の発生が懸念され、実際に 1991 年 5 月 15 日には水無川で土石流が発生し、以後も主に土石流を対象とした二次災害の対策が開始された。

一方で、1991 年 5 月 20 日には地獄跡火口の中に溶岩ドームが確認され、さらに溶岩ドームは成長・分割し、5 月 24 日には溶岩塊が崩落して火砕流が発生し始め、以後、火砕流も頻発した。とくに 1996 年 6 月 3 日に発生した火砕流は、火口から約 4.3km 下流の水無川と赤松谷川の合流点付近まで到達し、死者・行方不明者 43 人、負傷者 9 人という人的被害ともなう大災害となった。火砕流については、高温・高速の土砂移動現象のため、抜本的な対策は困難であるが、後述の熱風部を減勢するための火砕流抑制工が試みられている。

また、火砕流、土石流が頻発するなか、土砂災害

の危険区域内での対策工事には、二次災害の危険性があるため、無人化施工技術が大きく進歩した。

(2) 有珠山

2000 年の有珠山噴火にともなう地殻変動により、3 月 31 日には、洞爺湖から虻田町に抜ける一般国道 230 号沿いに亀裂が確認された。翌 3 月 31 日には有珠山の西山山麓で噴火が始まり、その後、4 月 1 日には有珠山北西側にある金比羅山の西側山麓に新たな火口群を形成して噴火が始まった。また、西山西麓には地殻変動による断層群が出現し、4 月 5 日は段差約 10m の陥没地形の形成が確認された。

洞爺湖と国道 37 号線を結ぶ主要路線であった国道 230 号線は、金比羅山の火口群や西山西麓の地殻変動域に近接していたために完全に寸断された。

この対策として北海道開発局(当時)は、4 月 26 日に迂回路となっていた道道豊浦洞爺湖線及び道道富浦京極線の一部(L=15.276km)を国道 230 号線に編入し、6 月 7 日より曲線部の改良、交差点の改良、舗装の強化、ロードヒーティング等の道路改良工事に着手した。北海道は噴火後の対応として、噴火により上流域に堆積した火山灰の二次移動による泥流対策のため、板谷川、西山川での砂防施設が計画・整備された。また、今回の噴火で直接被害は受けなかったが、山麓崩壊等による泥流被害の危険性の高い区域にある小有珠川、小有珠右の川でも併せて砂防施設が整備された。とくに、洞爺温泉街を流下する西山川と小有珠川では、それぞれ $120 \times 10\text{m}^2$ と $80 \times 10\text{m}^2$ の広大な遊砂地とともに導流堤、流路が計画され¹²⁾、2008 年に完成した。

遊砂地、導流堤、流路の配置計画にあたっては、数値シミュレーションを用いて施設効果を評価した上で遊砂地内に土砂が効率的に堆積するように詳細な各施設の配置を決定している。

(3) 三宅島

2000 年 7 月 8 日の最初の噴火から 9 月までの度重なる噴火により大量の火山灰が斜面上に堆積した。また、8 月 29 日には火砕流が発生した。火山灰等の堆積により浸透能が減少し、その後の降雨により泥流・土石流が頻発した。泥流・土石流の発生により都道、村道、林道に大きな被害が及ぶとともに、下流の家屋の破壊、耕地の埋没等大きな被害が発生した。

(4) 伊豆大島

伊豆大島三原山は、溶岩流及び降下火砕物を伴う噴火を度々引き起こしている。ここでは、1986 年の噴火による工学的対策を事例として取り上げる。

溶岩の流出は、11 月 15 に三原山山頂火口の南壁からの溶岩噴泉で始まり、11 月 19 には火口内を埋めた溶岩がカルデラ内へ流下を始めた(LA 溶岩)。その後、11 月 21 日に山頂火口北東部に北西から南東に連なる火口列が生じ、LB 溶岩が流出した。さらに、外輪山外側の北西山麓斜面でも北西から南東に

連なる火口列が生じて溶岩が流出し、溶岩流は長沢沿いを流下して元町市街地の近くまで達したため、溶岩流を放水により冷却する試みが行われた。

なお、1986年の噴火では、多量の降下火砕物も噴出したが、保全対象物が少ないカルデラ内及び中央火口の西側方向が主な堆積分布域となっており、降下火砕物への一次災害の対策は実施されていない。伊豆大島においては、噴火後の対応として、今後の噴火により想定される溶岩流及び降下火砕物を対象として、「総合溶岩流対策計画」が策定されている。

(5) セントヘレンズ

1980年5月18日の噴火に伴って発生した降灰、泥流と洪水に対する主として土木工学的な対応については、一次災害として降灰と泥流、二次災害としておもに河川における土砂侵食・移動・堆積による影響軽減のためにとられた方策が実施された。

(6) エイヤフィヤトラヨークトル

火山周辺に人家や重要な施設はなく、工学的な防災対策はほとんど実施されていないが、災害についての情報伝達や避難誘導や空港閉鎖などのソフト防災が主としてとられた。

(7) メラピ

メラピ火山における砂防事業は1969年噴火によって多大な被害が発生したのを契機に、当時の公共事業動力省(DPUTL)水資源総局河川局にプロジェクト事務所を設置し、主に火山噴出物処理として砂防工事をスタートさせた。当時のインドネシアの砂防技術は、オランダ統治時代にオランダ技術者から受け継いだものであったが、遊砂池が主なものであり、溪流工等の技術を持たなかった。インドネシア政府幹部は日本の砂防工事視察の機会を得て、砂防技術の高さに着目し、日本の砂防技術導入に本格的に取り組むこととなった。インドネシア政府による技術者派遣要請を受け、1970年より、故横田専門家が技術指導を行ったことが、我が国の技術援助の始まりであった。

(8) ピナツポ

フィリピン国ルソン島西部ピナツポ火山は、1991年6月に噴火活動を開始した。6月15日に発生した噴火は21世紀最大級の噴火とされ、その噴煙柱は成層圏にまで達したとされる。ピナツポ火山は、安山岩ーデイサイト質の岩石からなる複合火山であり、幾度もの噴火を繰り返し、その度に大量の火山灰を噴出させるとともに、火砕流を流下・堆積させている。噴火の度に発生した大規模な火砕流は谷地形を埋積し、平坦な火砕流堆積物面が形成されるが、その後火山活動が休止して上流からの土砂流出が減少すると再び下刻を始め広大な段丘面を形成している。

7.2.5. 社会学的防災

(1) 雲仙普賢岳

災害は1990年11月17日の噴火で始まり、翌

1991年5月15日には堆積していた火山噴出物が土石流となって山麓の集落を襲い始めた。住民にとってこれが最初の避難であった。さらに9日後の5月24日に最初の火砕流が確認されたが、ほとんどの人は火砕流に対して警戒するということにはなかった。そして6月3日、大火砕流が発生し、消防団やマスコミ関係者43人が犠牲となる大惨事となった。島原市は、6月7日に火砕流に備え、市街地を含む広い範囲を「警戒区域」に設定し立ち入りを禁止を実施した。人家の密集する市街地での警戒区域設定は、当時全国的にも例のないものであった。

(2) 有珠山

有珠山では、2000年3月27日から火山性地震が頻発。3月31日13時7分頃、23年ぶりに噴火した。その前兆現象をとらえて事前に1万人を超える住民避難が実施され、人的被害もゼロであった。ただ、生活圏に近い山麓噴火により、多数の住民が避難し長期にわたる避難生活を余儀なくされた。避難行動も、市町村界をこえる広域的なものになった。

この時、気象庁は初めて緊急火山情報を噴火開始前に発表した。また、国は関係各省庁の職員を現地に派遣し、現地に有珠山現地連絡調整会議を設置して噴火に備えた。避難生活の長期化にあたっては、「カテゴリー区分」という概念を導入し、立ち入りを可能とする監視等の体制を整えることで、一時帰宅を実施した。

(3) 三宅島

有珠山噴火の余韻の残っている2000年6月、三宅島の群発地震発生を受けて気象庁は6月26日午後7時33分「三宅島噴火に関する緊急火山情報」を発令した。すぐに三宅島の坪田、三池、阿古、伊ノ谷地区の住民が北の大久保地区に避難した。

8月10日の早朝、噴煙の高さ3000mの大きな噴火が起り、台風の通過などとともに島内での泥流被害を大きくしていた。8月18日にも成層圏に達する大噴火が発生し、大量の火山灰が島内に降下した。さらに、8月29日の噴火では噴煙柱崩壊型の温度の低い火砕流が発生するに至り、防災関係者を除く、全島民の島外避難が決定された。

(4) 伊豆大島

1986年8月頃から火山性微動が続き、11月15日17時25分には噴火した。その後、11月21日には、北西側に向かって数箇所に噴火口が出現し割れ目噴火が発生した。噴火の割れ目は拡大するとともにカルデラ内には溶岩流が出現し、島の東側にある泉津・岡田方面に流出し、その後元町方向に流れていった。11月21日の噴火直後、大島町は三原山山頂周辺の観光客などに対する避難指示が出すとともに海上自衛隊・海上保安庁・東海汽船に対し船艇の出動待機要請を行った。カルデラ内の溶岩流が泉津・岡田方面に流出し始めたため、それらの地区に対し島内避難指示が出された。最初の避難指示が発

令されたのは、11月21日17時57分。最終的に、住民の島外避難が完了したのは、翌日の早朝であった。12時間という短時間に約1万人の全島避難が完了したことになる。

(5) セントヘレンズ

アメリカ合衆国地質調査所(USGS)は1978年に、溶岩流、溶岩ドーム、降灰、火山ガス、火砕流、泥流、洪水を想定した概要を公表した。さらに1979年には降灰影響区域と火砕流・泥流影響区域を図示した。また、今後100年間と20世紀中に起こりうる噴火確率も示された。

1980年3月20日に最初の火山直下を震源とする地震活動が観測され、活動が徐々に活発化するにつれて、広報活動も展開し始めた。USGSと林野局は致命的な被害が想定される国立公園や国有林内の立ち入り禁止措置を進めた。5月18日の破局的噴火までに様々な事前措置が執られ、一部の残留者(USGSの観測員や避難拒否者など)を除いて避難がほぼ完了していたため、合衆国史上最大規模の噴火にもかかわらず、犠牲者は57名に留まった。

(6) エイヤフィヤトラヨークトル

航空機に対する火山灰情報は、航空路火山灰情報センター(VAAC)から提供される。VAACは世界9箇所に設置されている。ヨーロッパはロンドンVAACとトゥールーズVAACの責任領域にまたがっているが、エイヤフィヤトラヨークトルの噴火ではロンドンVAACが情報提供を行った。

アイスランド国家警察庁国内保安・緊急対策部からの情報提供として、エイヤフィヤトラヨークトルの噴火に関して、アイスランド国家警察庁国内保安・緊急対策部からさまざまな情報提供がなされた。また、これらの情報は在アイスランド日本国大使館から日本語に翻訳された情報が提供された。在アイスランド日本国大使館から発信される情報は、アイスランド国家警察庁国内保安・緊急対策部の情報がほとんどであったが、国際空港が閉鎖された4月22日はアイスランド観光局およびアイスランド貿易協議会からの情報も発信した。

発表内容は、4月中は火山活動や空港閉鎖状況などがA4用紙1枚程度にまとめられていた。4月30日から、火山活動、出水、航空、道路、農家、清掃作業、大気粒子観測などの項目に分けられ、各項目に簡潔なコメントが記述されるように変化した。項目ごとに記述された情報の方がわかりやすく、良い工夫であると思われる。

発表される情報で注目すべき項目は「大気粒子観測」である。ある地点の大気中火山灰濃度が記述され、影響の有無が書かれている。例えば、5月17日12:30の発表では、「5月15日(土)、ミールダルのビーク町にて観測された大気中の粒子濃度は高い数値を示した。12:00, 13:00, 15:00の観測値及び24時間平均値は健康被害水準を越えた(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。 」

と記述されている。

(7) メラピ

噴火直後から発生した土石流は、主要な河川のほぼ全域で発生した。それまでの事業において整備されてきた砂防施設は、噴火直後の土石流を補足し、その効果を十分に発揮した。噴火活動中は中上流域には立ち入りが不可能であったため、下流域における施設上流の除石を実施、土砂捕捉効果の向上を図った。しかし、噴火直後からの土石流により、火山噴出物が河川を流下し堆積したため、河床上昇により、氾濫被害が各所で生じた。特にPutih川では国道と交差している箇所において、土石流の氾濫によって14回にわたり通行止めとなる事態となった。

(8) ピナツボ

ピナツボ火山では、現在パッシングーポトレロ川下流域の支流や同支流に合流するポーラックグマイン川においてソフト対策(流域・土地管理計画、災害防止・避難計画の策定等)が実施されている。

7.2.6. 復旧・復興

(1) 雲仙普賢岳

被災者が長期避難している段階で復興を前面に出すことについては困難を伴うが、被災自治体から長崎県及び国に被災者対策を要望する場合、今後の復興の方針を示す復興計画がないと説得力がない。このため住民に一番近い立場にある島原市や深江町が復興計画を作成することになった。

今回の雲仙普賢岳の平成噴火災害の教訓と課題をもとにして復興の基本方針は、生活再建、防災都市づくり及び地域の活性化の3本柱に設定された。島原市の復興計画の策定は、国や長崎県の既定の復興事業計画を地元の自治体として相互調整するとともに、生活再建、防災都市づくり、地域の活性化などの観点から体系的に調整し空白領域を補完し、地域にとって整合性のとれた復興をめざすものであった。これによって、土地利用計画の作成、都市計画の見直し、新集落の形成などによる面的整備、防災施設内の有効利用、防災施設周辺の観光施設整備、避難計画及び自主防災組織の育成などをきめ細かく行うことが可能となった。

島原市の復興計画は、地元の意向を市民のみならず、国及び長崎県に伝える重要なものであり、関係機関の協力もあって比較的スムーズに策定された。また、完成度も比較的高いものであった。しかしながら、この中の安中三角地帯の全面嵩上げ、宅地造成などの大プロジェクトなどは、地域と行政が一体となった推進並びに国及び長崎県との連携が不可欠であった。

噴火が終息した1995年、島原半島全体の活性化をめざした動きが見られ始めた。雲仙岳災害対策基金は、1,000億円の増額及び5年間の延長が決定され、本復興対策が可能になった。

雲仙普賢岳の平成噴火による火山災害は、被災地の島原市・深江町のみならず、島原半島全体に大きな影響を及ぼした。特に、人口減や宿泊観光客数減が目立った。このため長崎県は、1996年度を本格的な復興元年ととらえ、地元市町、住民、長崎県及び国の出先機関が一体となって、島原半島全体の再生と活性化をめざした「島原地域再生行動計画（がまだす計画）」を策定した。「がまだす」とは、島原地方の方言で「がんばる」という意味である。雲仙の復興計画から、土石流で埋没した安中三角地帯の嵩上げによる住宅・農地の再建、湧水池われん川の復元、植樹による緑の回復などの砂防指定地の利活用、火砕流による旧深江町立大野木場小学校被災校舎の現地保存、災害遺構の保存・活用などを柱とする火山観光が実現した。

（２）有珠山

有珠山は1977-78年噴火の後、山体から発する渓流に砂防施設が整備され、次期噴火に伴う二次泥流（土石流）対策が準備された。2000年噴火では主として山体の北東山麓に噴火の影響が集中したが、西山川に整備されていた砂防えん堤と流路工が一定の機能を果たし、被害軽減に寄与した。

有珠山では20～30年間隔で噴火が発生しており、2000年噴火後の復旧・復興も将来起こりうる噴火に対して地域の安全を図るとともに、静穏期の住民生活を発展させることの両軸で議論された。その結果、エコミュージアム構想が打ち出され、最終的には世界ジオパーク認定によって、活火山地域における火山との共生に対する一つの姿勢が示された。つまり、有珠山では活火山を観光資源としてとらえ、地域復興の柱として「変動する大地」をテーマとするジオパークを推進した。ジオパークは、減災（人づくり）と地域の活性化という両面の効果が期待される。

火山活動の静穏期に実行する地域振興策の成否は時期噴火で確認されるであろう。それを成功に導くために、地域住民の防災意識の向上とともに、防災教育と環境教育を併せた教育活動も継続している。次の噴火を安全に迎え、更なる未来をめざす上で、ジオパークの活動も大きな役割を担うと考えられる。

（３）三宅島

災害復旧としては、災害をとりあえず少なくする応急対応と恒久的な対策を行う復旧対策がある。土のうによる流路工は応急対応の例であり、この上流で現在施工中の砂防ダムが完成すると大型土のうは取り除かれ、元の道路として復旧される。復旧事業の対策としては、噴火対策、泥流対策、土砂災害対策、火山ガス対策がある。これらの対策は既存技術や新技術、IT技術を利用して、住宅・農地、河川海岸、森林、ライフライン、港湾・空港を整備し、その安全性の向上を目指している。

この災害は、避難生活が4年5か月に及んだことから、多くの住民が生活苦に悩まされた。全島避難

から3か月後の2000年12月には、「被災者生活再建支援法」に基づく生活再建支援金の支給が開始され、2003年1月末までに1,484世帯が受給した。また東京都はこの制度の対象とならない世帯に独自に支援金を支給し、2002年7月末現在で136世帯に適用した。このため支援法関連では合計で1,620世帯で、全世帯の93%が適用を受けた。

（４）伊豆大島

公共土木施設の復旧は、三原山観光のアクセス道路である都道や登山道の再開に向けた整備、住民生活の安定化のためのインフラ施設の改善などが実施された。約1ヵ月におよんだ住民避難に対する補償として、義援金を基金に配分した。

また、島内を3地区に区分して、地区単位で避難対応策が検討され、第一次避難場所として14箇所の施設が指定された。さらに岡田、元町、波浮の3港と大島空港、波浮ヘリポートの整備が進められた。噴火の翌1987年5月には東京都により、伊豆大島噴火復興計画が決定され、1990年度までに総額207億円を投じた復旧事業が進められることとなった。

（５）セントヘレンズ

セントヘレンズ噴火後の周辺地域の復旧・復興の基本は、1982年8月にレーガン大統領とアメリカ議会が、山体崩壊やブラストによる被災地域の約445km²をセントヘレンズ山国立火山モニュメントとしたことである。1980年噴火による被災地の大部分は、自然の復旧に委ねることで放置された。

（６）エイヤフィヤトラヨークトル

火山周辺での被害は少なく、特に復旧・復興の計画はない。

（７）メラピ

2010年の大噴火から、1年が経過した現在、未だメラピ火山上流域には不安定な土砂が堆積しており、今後も噴火直後と同等の土石流被害が発生する危険性が高い。被災を受けた地域住民は住み慣れた居住地を追われ、日常生活に戻れない状況が続いている。まさに2010年メラピ火山噴火の災害は続いているといえる。この災害を契機に、緊急対策及び中長期の災害対策を検討し、より地域安全度の向上を目指していくことが必要である。

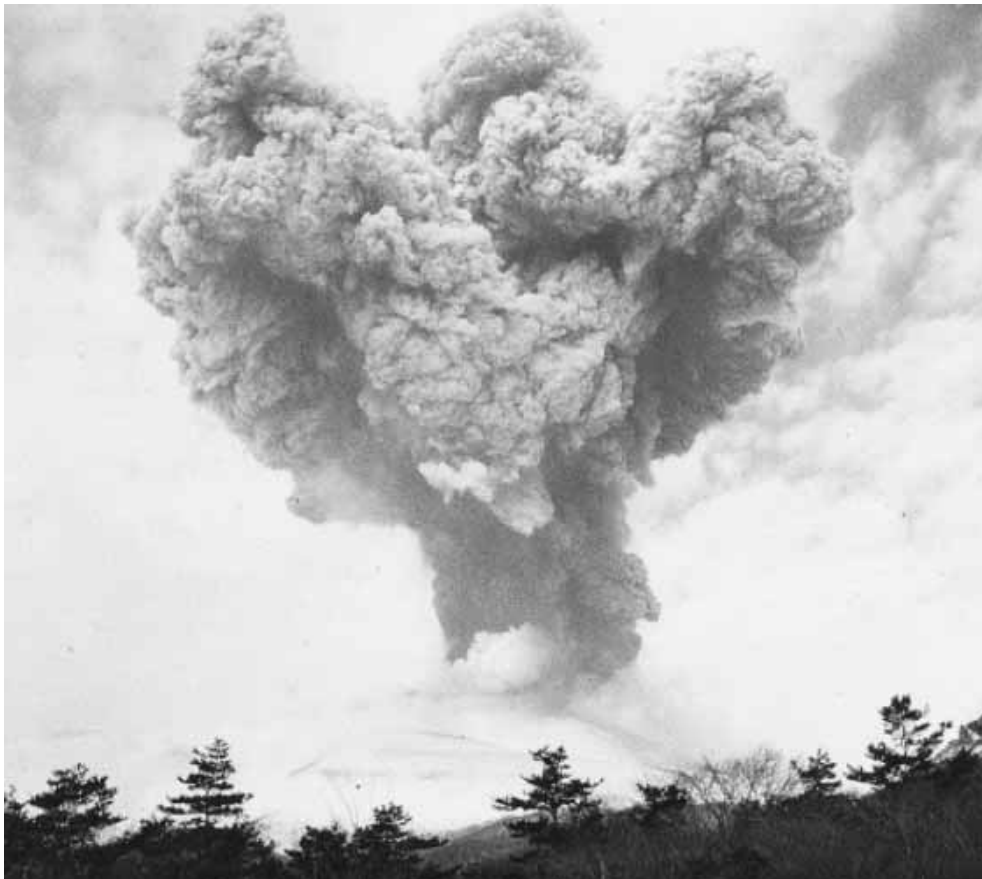
（８）ピナツボ

ピナツボ火山における二次災害や復旧・復興に対する対応として、泥流防御施設の建設がフィリピン国の公共事業道路省(DPWH)によって実施された。主に泥流氾濫を防止するための堤防が建設された。パング・ポトレロ流域における一線堤の延長、二線堤、三線堤、貯砂面積45km²、高さ約12mのメガダイク(Mega Dike)が自国資金により建設された。

他国からの援助として、1991年～1992年に米国陸軍工兵隊(United States Army Corps of Engineers)によりピナツボ周辺の主要8河川について概略的な施設計画(堤防、浚渫、貯砂ダム等)が検討され、1994

年に Recovery Action Plan が作成された。その後、我が国の援助により、「ピナツボ火山東部河川流域洪水及び泥流制御計画調査」、「ピナツボ火山西部河川流域及び泥流制御計画調査」が実施された。そのうち、サコビア-バンバン川河川改修、マスカップ砂防ダム、パッシング-ポトレロ川河川改修、メガダイク補修工事等が実施された。現在は第3期(PhaseIII)をむかえ、パッシング-ポトレロ川下流域の支流や同支流に合流するポーラック-グマイン川においてハード対策やソフト対策（流域・土地管理計画、災害防止・避難計画の策定等）が実施されている。

火山の写真 浅間山 1973



1973 年 3 月 行田撮影（東京大学地震研究所浅間火山観測所）

7.3. 今後の課題

今後の課題について、今回噴火をした新燃岳噴火と既往の火山噴火について述べる。火山噴火はそれぞれの火山で、噴火様式が多様であるので、その災害の特徴や防災・減災のやり方も個性が出てくる。しかし、火山という大きなカテゴリーでは地下からマグマなどの熱源が噴出する事象及び防災で共通項も多い。ここでは、それらの共通項も踏まえて今後の課題を表 7.3.1 とともに以下にまとめた。

7.3.1. 新燃岳噴火

新燃岳噴火は、一次災害として降灰中心の災害であった。高齢者中心の山間地での除灰作業の支援の課題。噴火継続中の降雨による二次災害ではわずかに土石流が発生した程度であった。降下火山灰の粒度や、性状を勘案して住民避難の降雨基準を考える必要がある。火山地下でのマグマの活動はまだ続いており、火山噴火の収束宣言をする段階ではない。

7.3.2. 既往火山噴火

(1) 雲仙普賢岳

火砕流の発生で死者が多数発生した。当時、専門家が指摘していた火砕流についての情報や知識が、十分に周知されていない段階での発生だった。行政側も火砕流の発生が始まった当初は、土石流への警戒が中心で、火砕流に対する警戒の意識が薄かったといえる。そのため、法的強制力のない「避難勧告」で対処されてきたことも避難が徹底できなかった要因につながっていると考えられる。(死傷者発生以後は強制力をもつ「警戒区域」が設定され、外側に「避難勧告区域」が設けられた。

一方、土石流による繰返し避難や避難生活の長期化に向けては、様々な工夫が見られた。家財道具の置き場の確保、指定の避難所だけでなく、旅館・ホテル、客船が活用された。さらに食事供与事業が実施された。避難所生活では、災害救助法により炊き出し等の食事の供与が受けられるが、仮設住宅での生活に移るとその支援が途絶えるという問題が出てきた。それを解消するためのひとつの方策として本事業が実施された。これは、今後の課題である。

(2) 有珠山

2000 年有珠山噴火災害では、今後の火山防災対策を構築する上で重要な多くの教訓を残してくれた。以下に列举すると、

- 噴火前避難の判断と実施
- ホームドクターの存在
- 市町を超える“広域避難”の実施
- 多数の避難者の輸送
- 市町、道、国等の機関の連携体制
- 長期避難生活と一時帰宅の実施

などである。

「有珠山現地連絡調整会議」が本格的に機能する

のは、2000 年 3 月 30 日からであったため、噴火前避難の判断は自治体中心で行われたが、そこにはホームドクターといわれる学識者が非常に重要な役割を果たしたことは明らかだった。

火山は多くの場合、複数の自治体にまたがっており、被害や影響も広域に広がる可能性がある。その場合の避難は今回のように広域的な対応になる可能性がある。事前の避難計画の策定においても、一市町村の地域防災計画ではなく、火山防災協議会等での検討や計画の立案が望まれる。

また、広域避難の際の受入先や輸送手段の確保では、都道府県や国等の役割が不可欠である。今回の有珠山現地対策本部合同会議は、そうした活動調整の場として機能したといえる。

(3) 三宅島

様々な様式の火山噴火を続けた三宅島は、全島民避難後は、防災関係者による復旧作業が続けられたが、雄山から噴出される火山ガスは大量で、そのイオウ臭は遠く離れた日本国内のいろいろなところで観測される程であった。このため、復旧作業は大幅に難航した。このように、三宅島の 2000 年の噴火では、最近の数回の噴火事例とは違ってカルデラを発生される大規模な山頂噴火となった。したがって、作成されていたハザードマップに基づくシナリオを超える災害が発生し、火山噴火予知や火山防災の面で大きな課題を残すことになった。

(4) 伊豆大島

伊豆大島の噴火では、一部現場での情報の錯綜により、避難者が混乱する事態はあったものの、結果的に一人のけが人もなく無事短時間の間に避難できた。その理由として、以下のことがあげられる。

- 天候が非常によかったこと。穏やかな天候で、いずれの港も活用できた。
- 合同対策本部体制で、島の首脳が一堂に会して対応できたこと。町長・支庁長をはじめ、警察署長、測候所長、消防団長、東海汽船支店長が加わり、また火山専門家も来島しており、身近に助言を受けることができた。
- 消防団の活躍があったこと。消防団の懸命な避難誘導に、住民もよく従い、パニックが起こらなかった。自主防災組織は当時結成されていなかったが、元々コミュニティ意識が強固で住民も落ち着きとまとまりのある行動をとることができた。
- 電気、電話が最後まで使えたこと。東京電力や NTT 職員の努力により最後まで停電もなく町の中が明るかった。また電話も最後まで使え、各方面との連絡がスムーズにできた。
- 交通機関の対応も大きかった。町は、万一の場合に備え、東海汽船にバスの出動願いを要請しており、その結果、島内における住民の移動では、バスが有効に機能した。また、東京都を通じて海上自衛隊、海上保安庁、東海汽船に対して船艇の出

動待機要請を行い、島外避難の準備を進めていたことも全島民の島外避難が極めて短時間に、また円滑に行われたことにつながっているといえる。

これらの教訓は、今後の課題を洗い出すよい材料となる。

(5) セントヘレンズ

セントヘレンズの噴火は、20世紀最大級の噴火で、特に、山体崩壊と岩屑なだれが人類の眼で初めて観察されたことが火山学的にも意義が深い。また、破局的噴火の約2ヶ月前から前兆現象が検知され、火山監視体制が強化されて、噴火に至るまでの詳細なデータが得られたことも、その後の火山噴火予測に多大な影響を与えた。噴火によって発生した現象は、ハザード評価で想定されていた現象とほぼ一致し、ハザードマップの有効性も検証された。

実際、破壊が人口密度の低い地域に集中したため、人的被害は少なかったが、広域の降灰や、泥流が社会に与えた影響は少なからず大きなものであった。いずれにしても、火山噴火の前兆現象を的確にとらえて、ハザード評価を行った課題を示した事例である。

(6) エイヤフィヤトラヨークトル

エイヤフィヤトラヨークトルの噴火は、遠方の火山の噴火で大きな影響を受けるという特異な事例に思われる。しかしながら、わが国でも北朝鮮と中国国境にある白頭山が約1000年前に噴火した際の火山灰が北海道から東北にかけて分布しており、決して想定外の事象ではない。

日本近郊で大規模な噴火が発生すると、航空路線に影響を与える可能性が高く、2011年に発生した東日本大震災やタイの洪水で生じたようにサプライチェーンへの影響もあると考えられる。これらの影響を減ずるためには、エイヤフィヤトラヨークトルで実施されたようなモニタリングと解析に基づく科学的な意思決定が重要であり、火山工学分野で平常時から取り組むべき課題であるとする。

(7) メラピ

メラピ火山流域の住民へのアンケート調査の結果、メラピ火山流域の住民は、火山噴火を「災害」とだけとらえているのではなく、「資源」としての意識も強いことが分かった。つまり、噴火によって生産された土砂は、住民にとっては砂利採取を通して収入の一部となるため、必要不可欠な存在となっているのである。そのため、行政としての災害対策の対応を考える場合は、土砂の資源としての役割を踏まえる必要がある。また、被災経験の少ない下流域の住民においても、メラピ火山に対する災害の意識が強いことが分かった。これは、多くの住民が災害教育やニュース等で災害の状態を良く認識しているためと考えられる。

(8) ピナツボ

1991年のピナツボ火山噴火は世界的にも今世紀

最大の噴火とされ、死者、建物被害、避難住民が多数となる大災害となった。一方で、噴火のピークの予測がなされたことで周辺住民が避難でき、多くの人命が救われた。その後、自国による災害復旧工事及び我が国をはじめとする諸外国の支援により砂防施設が整備され、ハード対策ならびにソフト対策が現在でも進行しているが、解決すべき今後の課題も多い。

表 7.3.1 突発的な火山噴火に対する降灰や土石流が社会資本に与える影響と対策のとりまとめ

火山名 評価項目		新燃岳 2011～	雲仙普賢岳 1990～1995	有珠山 2000	三宅島 2000～2005	伊豆大島 1986	セントヘレンズ 1980～86	エヤフィヤトヨークトル 2010	メラピ 2010	ピナツポ 1991～93
噴火 現象	噴火様式	準プリニー式	溶岩ドーム	マグマ水蒸気噴火	ブルカノ式	ハワイ式	山体崩壊・プリニー式	マグマ水蒸気噴火	溶岩ドーム	プリニー式
	規模(噴出量)	5～7×10 ⁷ m ³	2.5×10 ⁸ m ³	9×10 ⁴ m ³	1.1×10 ⁷ m ³	3.9×10 ⁷ m ³	3×10 ⁹ m ³	1.5×10 ⁸ m ³	1.3×10 ⁸ m ³	1.1×10 ¹⁰ m ³
	災害要因	降灰	火砕流, 土石流	降灰, 熱泥流	降灰, 火砕流, 火山ガス	溶岩流	山体崩壊, プラス ト, 降灰, 泥流	降灰, 洪水	火砕流, 土石流	火砕流, 土石流
	継続期間	約 1 年	約 5 年	4 ヶ月	約 6 年	約 1 ヶ月	6 年	3 ヶ月	3 ヶ月	2 年
社会 条件	土地利用	森林, 農地	農地, 市街地	温泉街, 住宅地	森林, 集落	森林, 集落	森林, 国立公園	水河, 農地	農地, 市街地	農地, 市街地
	社会資本	高速道路, 空港	国道, 鉄道	高速道路, 鉄道	都道	都道	高速道路, 貯水池		道路	道路, 基地
	人口分布	山麓部中程度	山麓部稠密	山麓部稠密	島民約 4 千人	島民約 1 万人	粗	火山周辺なし	山麓部稠密	山麓部稠密
	ハザードマップ ^a	整備済み	噴火中に公表	整備済み	整備済み	未整備	公表済み	不明	公表済み	公表済み
災害	1 次災害	降灰による農地, 道路 被害	降灰, 火砕流による被害	降灰, 熱泥流による被害	降灰, 火山ガス被害	溶岩流被害	プラスト, 泥流, 火砕流被害	降灰による航空路障害	火砕流被害	火砕流被害
	2 次災害	—	土石流被害	—	二次泥流被害	—	土石流, 河床上昇・洪水被害	洪水	土石流被害	土石流被害
工学的 防災	1 次災害対応	除灰	除灰—	—	—	溶岩注水	除灰	—	除灰	除灰
	2 次災害対応	土石流対策	土石流対策	二次泥流対策	二次泥流対策	—	土石流・洪水対策	—	土石流対策	土石流対策
	対策の特徴	土石流対策を実施したが非発生	度重なる土石流に対策が追いつかなかった	噴火前に整備されていた砂防施設が効果発揮	火山ガスへの安全対策を実施して砂防施設建設	噴火後, 溶岩導流堤が整備された。	土砂流出抑制ダムと河道浚渫の併用	工学的対策は実施されていない	砂防えん堤の被災と河道掘削	メガダイクと大規模遊砂地の施工
社会的 防災	避難・情報伝達	降灰後の土石流に対する住民避難	警戒区域設定	噴火予知と直前避難, カテゴリーによる段階的解除	全島避難と避難の長期化	全島避難	前兆現象の検知と事前避難の成功	洪水からの避難 航空路火山灰情報	火砕流避難住民 40 万人	火砕流からの避難, PHIVOLC による情報発信
	監視体制整備	火山と土石流監視	火砕流監視, 土石流警戒避難基準雨量	ヘリからの泥流監視	火山ガス監視	溶岩流監視	山体崩壊の監視	—	火砕流監視	PHIVOLCS の監視体制強化
	行政の取組み	コアメンバー会議	基金による被災者支援	政府現地対策本部を中心とした対応	避難者対応の課題	合同対策本部	国家的対応	—	火山地域総合防災プロジェクト	
	対応の特徴	関係各機関による情報共有の試み	噴火災害の住民支援を飢饉によって実行	広域避難範囲を段階的に縮小	長期島外避難住民への対応	短時間での島外避難	USGS と林野局が中心となり対応	ヨーロッパ国際航路への影響	国家的対応と住民生活の齟齬	各国からの支援による防災
復旧 復興	復旧	砂防施設整備による安全空間の創設	砂防施設整備による復興支援	遊砂地の拡張による防災空間創設	インフラ復旧と砂防施設整備による安全確保	溶岩流対策と一次避難施設の再整備	河川沿岸の災害復旧	—	主要道路周辺のみ早期復旧	土石流発生長期化による復旧の遅れ
	復興	—	水無川三角地帯嵩上げと土地造成	エコミュージアム構想とジオパーク	災害保護特別事業による生活支援	島外避難計画の策定, 港湾整備	国立火山モニュメントとして保存	—	危険地からの移転が進まない	米軍基地移転と山麓部の再整備
	復旧復興の特徴	降灰除去と土石流対策の推進	火山との共生	火山との共生	長期避難生活からの復興の困難性	島外避難を前提とした復旧	公園利用と自然回復	—	長期的な復興展望が立てられない	海外からの支援による復興
噴火の影響と 対応のまとめ		噴火活動は沈静化しておらず, 再噴火の可能性があるので, とくに降灰後の土石流対策が進捗	噴火中への影響は深刻であったが, 火山との共生を軸に復興を進めている。	活火山隣接地域の防災。20～30 年間隔の噴火活動に対する備えを準備。	火山ガスによる長期にわたる避難生活と帰島後の生活再建の困難性	全島避難による一時的災害回避が実行されたが, 避難時間に余裕がなかった。	大規模噴火に対して国家レベルで対応。事前避難による最小限の犠牲者	火山から遠く離れたヨーロッパ各国の航空路障害が経済にも大きな影響を与えた。	数年おきに繰り返す火砕流対策と土石流への地域安全確保	大規模噴火による長期的な影響と地域復興の困難性。
課 題		降灰後の土石流発生予測と避難実施に課題が残った。	噴火災害の空洞化と地域振興策が進まない。	活火山山麓の防災と静穏期の地域振興のバランス	地域コミュニティの維持, 地域振興が進まない。	島外避難による住民生活の確保に課題が残った	大規模噴火への総合的な対策実施の困難性。	降灰に対する遠隔地航空路確保対策	砂防施設の維持管理と住民生活の安定化	噴火後の土砂災害対策と地域復興に課題

注) 噴火規模は産総研, Smithsonian による。社会条件は噴火当時の状況

おわりに

本報告書は 2011 年度土木学会重点研究課題(研究助成金)に基づく研究成果を取りまとめたものである。研究対象とした新燃岳、雲仙普賢岳、有珠山、伊豆大島、三宅島、セントヘレンズ山(アメリカ)、エイヤフィヤトラヨークトル(アイスランド)、メラピ(インドネシア)、ピナツボ(フィリピン)の噴火災害と防災に関する資料を収集し、工学的視点と社会学的視点の二軸で火山噴火による影響と対応を比較分析した。

対象とした噴火災害の中には 30 年前の事例も含まれており、資料の収集が充分でなかった面もあり、網羅されていない項目もある。

しかしながら、総体的に近年の噴火災害による影響と対応について同じ視点でとりまとめることができた。本研究のような比較研究は事例がなく、火山の恵みと災いを工学的・社会的に把握して活火山との共生にむすびつけるための方向性を示すことができたと思う。

今後の研究発展の資料となれば幸いである。

謝辞

最後にお世話になった下記の方々に感謝申し上げます。

(順不同・敬称略)

土木学会地盤工学委員会、高橋和雄(長崎大学名誉教授)、国土交通省宮崎河川事務所、国土交通省雲仙復興事務所、宮崎県、都城市、高原町、鹿児島県、霧島市

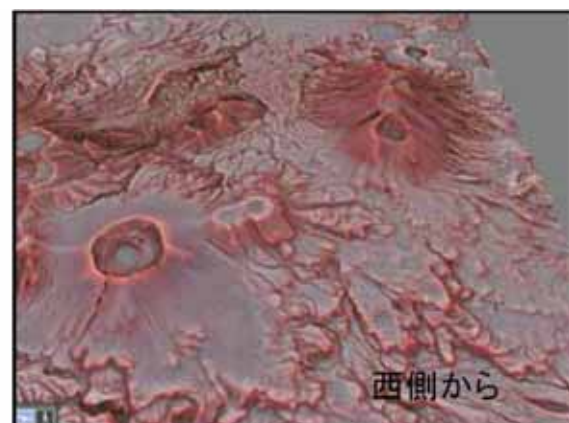
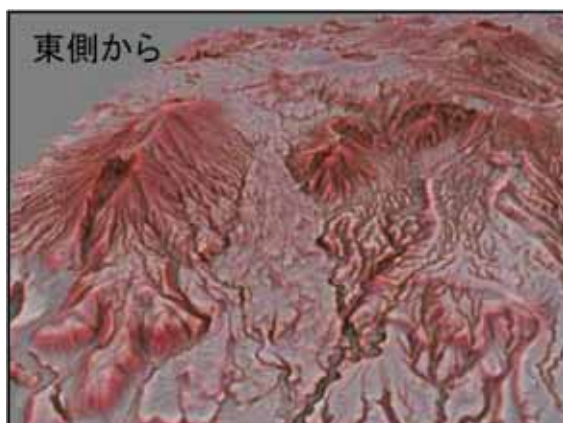
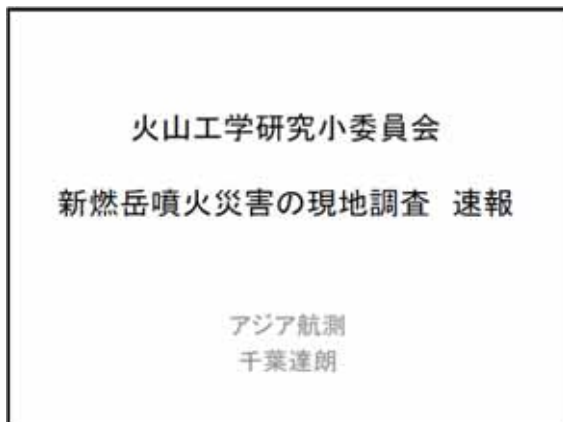
第Ⅶ期 火山工学研究小委員会名簿

委員職名	氏名	勤務先名称	勤務先所属部署
小委員長	安養寺信夫	(財)砂防・地すべり技術センター	総合防災部 部長
副委員長	今井 博	大成建設(株)技術センター	土木技術研究所地盤・岩盤研究室 地盤力学チーム
委員	片田 敏孝	群馬大学	工学部建設工学科 教授
委員	菊本 統	名古屋工業大学大学院	社会工学専攻 助教
委員	菊池 英明	八千代エンジニアリング(株)	九州支店 河川・水工部
委員	後藤 聡	山梨大学	大学院医学工学総合研究部 准教授
委員	佐々木 寿	国際航業(株)	第二技術部 総合防災グループ
委員	関谷 直哉	東洋大学	社会学部メディアコミュニケーション学科 准教授
委員	清水 収	宮崎大学	農学部森林緑地環境科学科 准教授
委員	竹林 洋史	京都大学	防災研究所流域災害研究センター流砂災害研究領域 准教授
委員	田方 智	日本工営(株)	流域・防災事業部 河川砂防部
委員	田中 淳	東京大学大学院	情報学環 総合防災情報研究センター 教授
委員	田村 圭司	国土交通省九州地方整備局	雲仙復興事務所 所長
委員	石塚 忠範	独立行政法人土木研究所	土砂管理研究グループ 上席研究員
委員	千葉 達朗	アジア航測(株)	総合研究所 技師長
委員	地頭菌 隆	鹿児島大学	農学部生物環境学科 准教授
委員	中川 一	京都大学	防災研究所流域災害研究センター 教授
委員	西 琢郎	清水建設(株)技術研究所	社会基盤技術センター地下技術グループ 主任研究員
委員	福井 敏夫	(株)社会安全研究所	応急計画研究部 部長
委員	目黒 公郎	東京大学生産技術研究所	都市基盤整備安全工学国際研究センター (ICUS) 准教授
委員	山里 平	気象庁地震火山部	火山部火山課長
委員	山下伸太郎	(株)地圏総合コンサルタント	砂防・防災部 部長
委員	山田 孝	三重大学	生物資源学部 准教授
委員	山中 稔	香川大学	工学部安全システム建設工学科准教授
幹事	稲垣 秀輝	(株)環境地質	代表取締役 社長
幹事	藤岡 晃	(株)フジタ	建設本部 土木エンジニアリングセンター 技術企画部長兼マッドキーププロジェクト室長
顧問	北村 良介	鹿児島大学大学院	理工学研究科 海洋土木工学専攻 教授
顧問	高橋 和雄	長崎大学	工学部社会開発工学科 教授
顧問	陶野 郁雄		

巻末資料

新燃岳の火山活動調査の速報

(1) 火山工学研究小委員会 新燃岳噴火災害の現地調査速報



砂防ダム完成後、まだ一度も水通し
部を超えていないとのこと

・ 2011/1/26-27降下火山灰がそのまま残存している



2cm大の軽石を含む火山灰
細粒物も多い。細粒火山灰は
軽石の堆積後に降下したが、
降雨で洗い落とされて、最下部
に移動している。

直径30cm程度の水抜き孔から土砂
が流出している



噴火後は一方的な浸食傾向にある



今回の噴火後の堆積物は、テラスの
上にわずかにあるものだけか？



部分拡大、上方細粒化を示すので、ある時期
、濁り水存在しことが分かる



Loc2:宮崎大学清水先生の実験地



(1) 火山灰を残した方



(2) 火山灰を除去した方



水中で前置層として堆積したと思われる円摩軽石、急斜面に注目



除石部には水がたまっていた



Loc7:御池小学校
降下軽石は除去されていた。残る部分も暗い色に変色



Loc7b:御池小教員住宅付近



樹幹流の影響 細粒火山灰が見える



Loc8:荒川内川砂防堰堤
軽石が堆積している



堆積物に流木は含まれていない
枝や枯れ葉は確認できる



Loc9:荒襲川遊砂池



土砂流出は
認められない

Loc.10
高千穂河原

現在、自由に車で行ける範囲で
最も降下火山灰の厚い地点
駐車場の降下軽石はきれいに除
去されていた

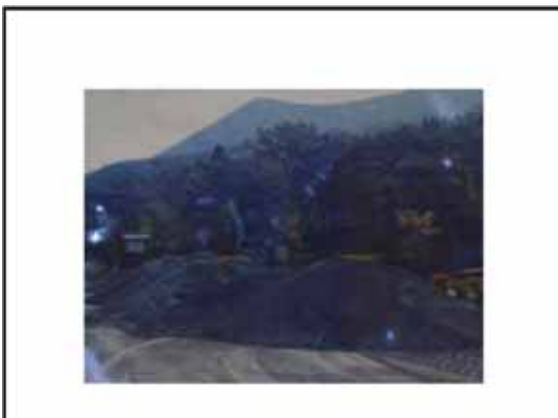


御鉢山頂付近の火山灰移動状況

- (1) 白色軽石の上に黒色火山灰が堆積(移動なし)
- (2) 黒色火山灰が見えず、白色軽石が見える
- (3) 火山灰が残っていない(移動)



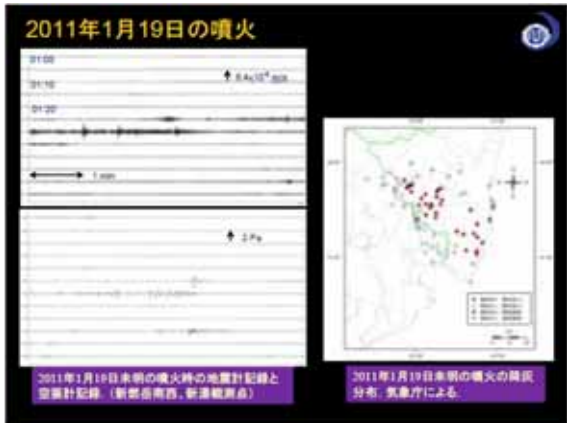
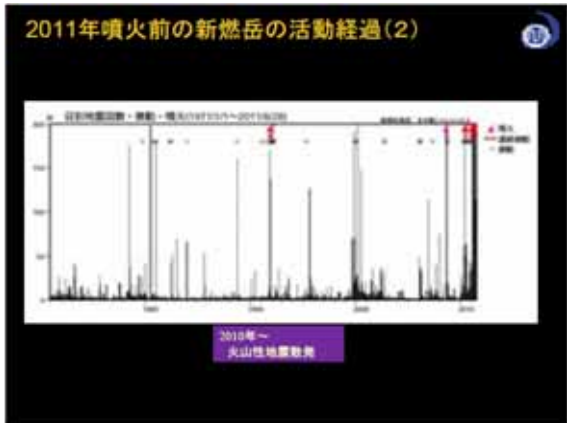
山頂付近の部分拡大

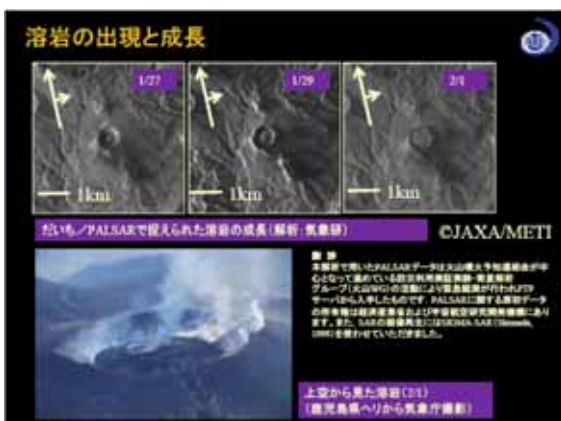
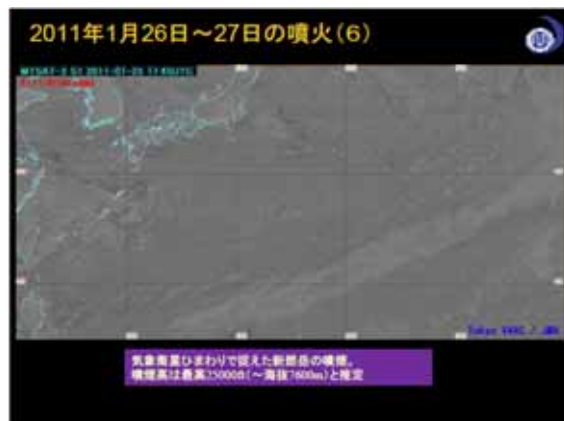
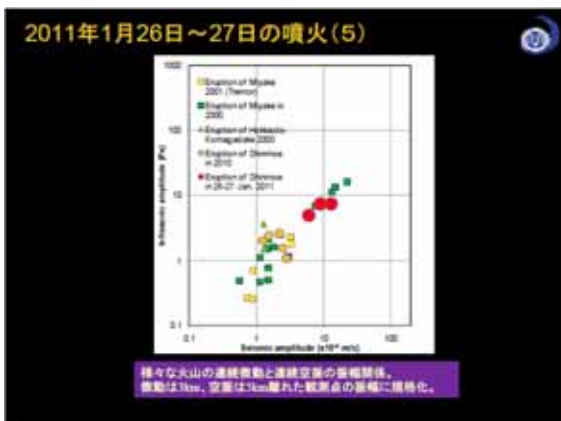
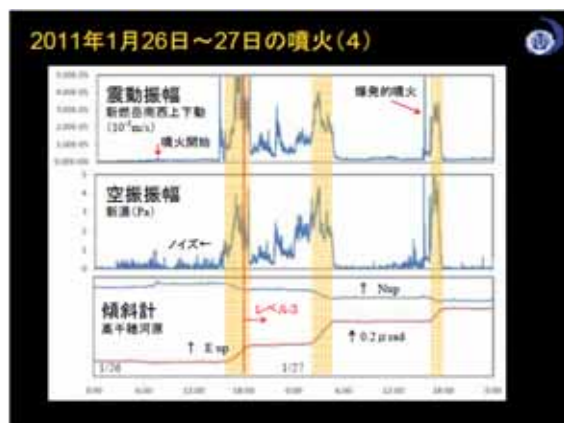
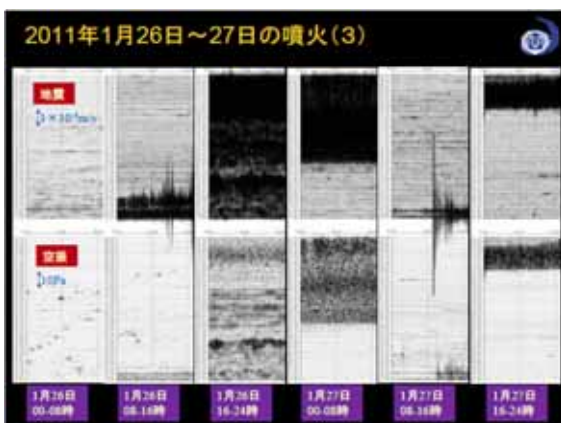


まとめ

- ・ 主要な溪流では土石流は発生していない
- ・ 水量は多いようだが、サラサラしているようだ
流木や巨礫はどこにもない
- ・ 砂防堰堤の水抜き穴をとって土砂が通過している

(2) 火山工学研究小委員会 新燃岳の火山活動





爆発的噴火

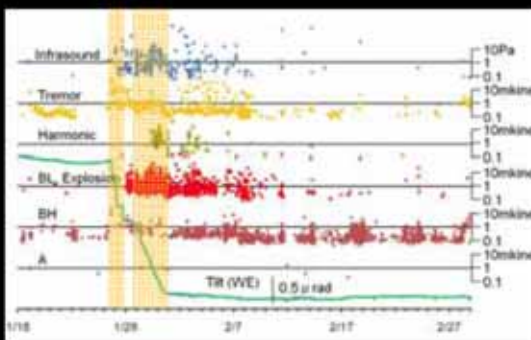
Time	噴煙高(m)	音響(Pa)	噴石・れき
1/27 15:41	>2500	39.7	7km(4~6cm)
1/28 12:47	>1000	81.8	
1/30 13:57	不明	21.7	
2/1 07:54	2000	458.4	3.2km(70cm)
2/1 23:19	>2000	185.5	
2/2 05:25	>2000	299.6	
2/2 10:47	>500	86.5	
2/2 15:53	3000	72.4	1.0km(目視)
2/3 08:09	1500	26.0	
2/11 11:36	2500	244.3	
2/14 05:07	不明	332.1	16km(1.5cm)
2/18 18:16	3000	31.4	1.0km(目視)
3/1 19:23	不明	69.6	



警戒レベルの切り替え(3km→4km)



溶岩出現→爆発的噴火の活動経過



1月26日以降の噴火対応の課題

- 1月26~27日の準プリニー式噴火段階
 - 噴火規模の把握(リアルタイムでの活動評価)
 - 噴火警戒レベルの引き上げタイミング
 - 爆発的噴火を想定したレベル判定基準(準プリニー式噴火は未想定)
 - 多量の火山灰・火山れき降下、噴動、火柱に対しての情報提供不足
 - 事前に準プリニー式噴火をどの程度具体的に想定しておくか
 - リアルタイムでの活動(噴火)評価手法、情報提供の重要性
 - 地元情報をいかにくみ取るか
- 1月30日深夜のレベル切り替え(レベル3)
 - 事前に想定していた規制区域との齟齬
 - 官報掲載に不信感と混乱、「溶岩ドーム→火砕流」の耳打ち情報から避難勧告へ
 - 自治体との意思疎通、情報共有の重要性
- 2月以降
 - 地方気象台が直接出向き説明(信頼関係の構築)
 - 火山活動の評価に加え、地元の意向を重視しつつ警戒範囲を見直し

各機関の噴火対応

- 火山噴火予知連絡会
- 2/9 火山噴火予知連絡会拡大幹事会
 - 「当分爆発継続、観測体制の強化必要」
 - 富士山(新燃岳)総合観測班設置(2/9に現地事務所開設)
 - 2/15 第118回火山噴火予知連絡会(定例)
 - 「多量の火山灰を放出噴火の可能性低くなった」
 - 3/22 第119回火山噴火予知連絡会(臨時)
 - 「噴火活動は最盛期に比べ低下して推移」
 - 噴火警戒レベル3(警戒3km)に切り替え(警戒)
- 各機関の観測強化
- 地殻変動(GPS、傾斜、水準、SAR)、重力、地震(広帯域、アレー)、空想カメラ(高感度、熱赤外)、火山ガス(SO₂、火山灰付着成分)、
 - 傾斜(サンプリング、自動計測)、レーザー測量、上空観測 などなど
 - 科学研究費補助金(特別研究促進費)
 - 科学技術振興費緊急研究 などなど

現在の観測体制



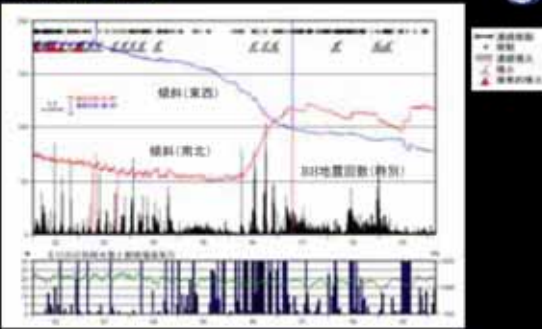
各機関の噴火対応

- 国の対応
- 関係閣僚会議(2/1、4) 警戒体制の確立、避難体制、情報共有、自治体との連携
 - 官報情報連絡室設置(1/31)
 - 関係省庁連絡会議(1/28~)
 - 活動火山対策特別措置法に基づく避難施設緊急整備地域等の指定(2/25)
- 富士山(新燃岳)噴火に関する政府支援チーム(2/7~3/31)
- (内閣府、消防庁、国土交通省、農水省、気象庁)
- 目的:官報、鹿児島関係の避難計画等作成の支援
- 鹿児島火山防災連絡会「コアメンバー会議」の開催(2/22~)
- 「噴火活動が活発化した場合の避難計画策定のガイドライン」
 - 「噴火時に噴石等から身を守るために」
 - 「噴火の降灰による土砂災害に関する避難計画策定に即しての具体的な考え方」を3/10にとりまとめ

噴火シナリオの再構築

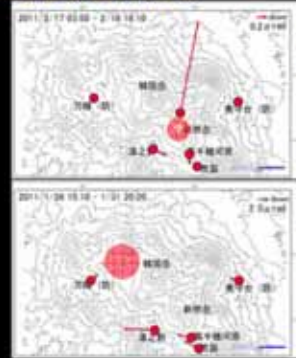


2月以降の活動



新燃岳の2月以降の傾斜変化(萬千種河原)、地震回数等の推移(福岡管区気象台による)。

噴火に先駆する傾斜変化

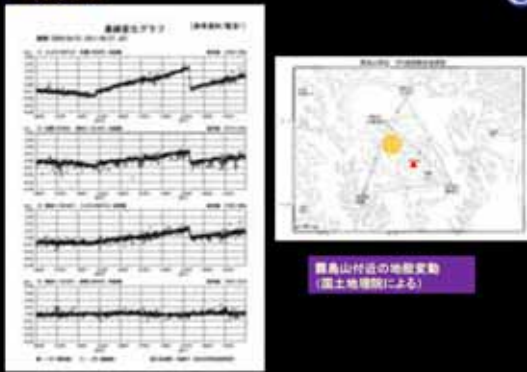


2月以降の噴火に先駆した傾斜変化

1月26～31日の噴火に伴う傾斜変化(国土地理院によって検定された圧力源も示す)

気象庁及び防災科学技術研究所の傾斜計データによる

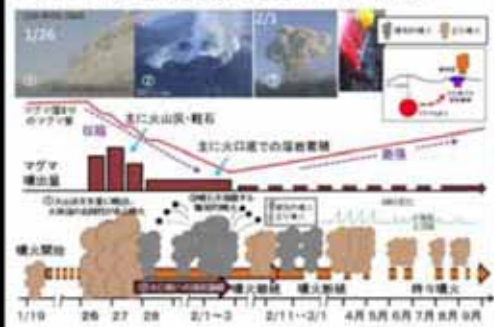
地殻変動



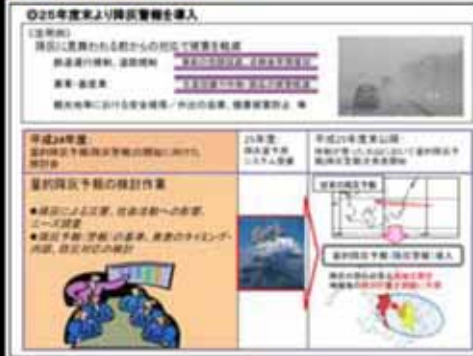
新燃岳付近の地殻変動(国土地理院による)

まとめ

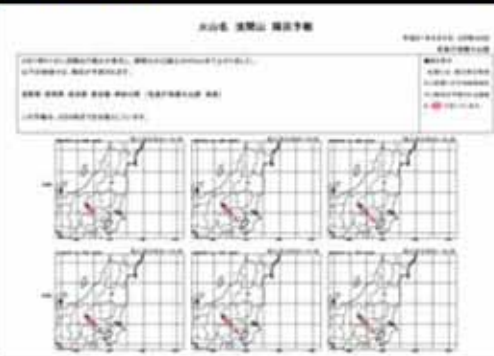
2011年新燃岳噴火活動経過(1月19日～10月5日)



降灰予報の高度化に向けて

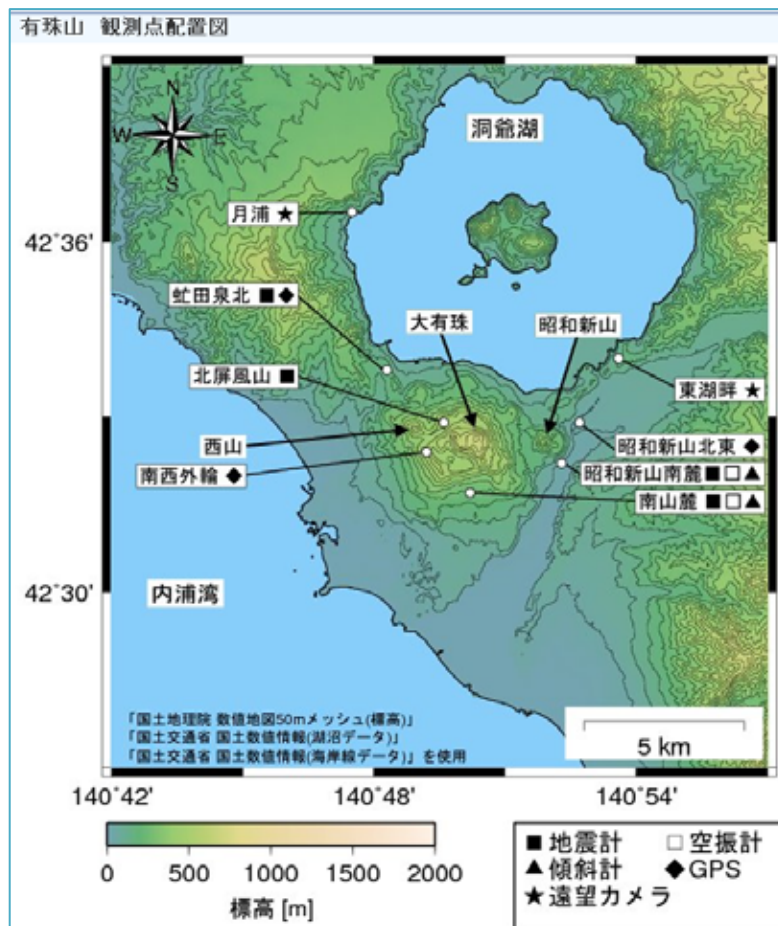


現在の降灰予報

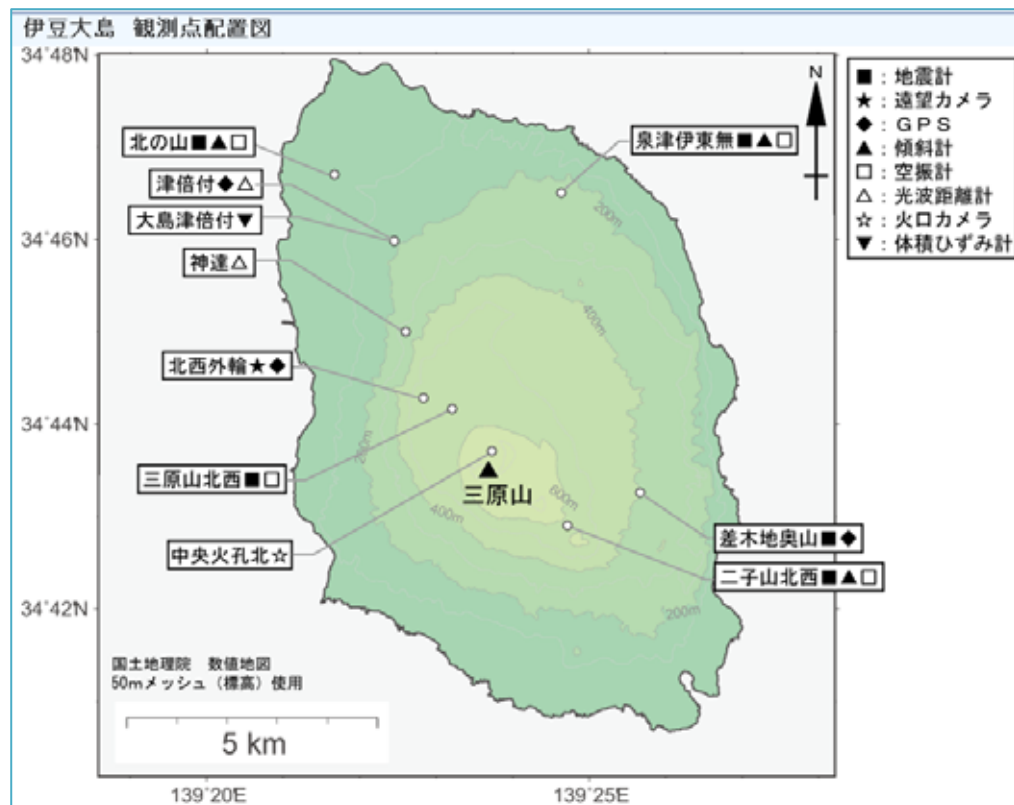


気象庁 火山観測概要（気象庁 HP より）

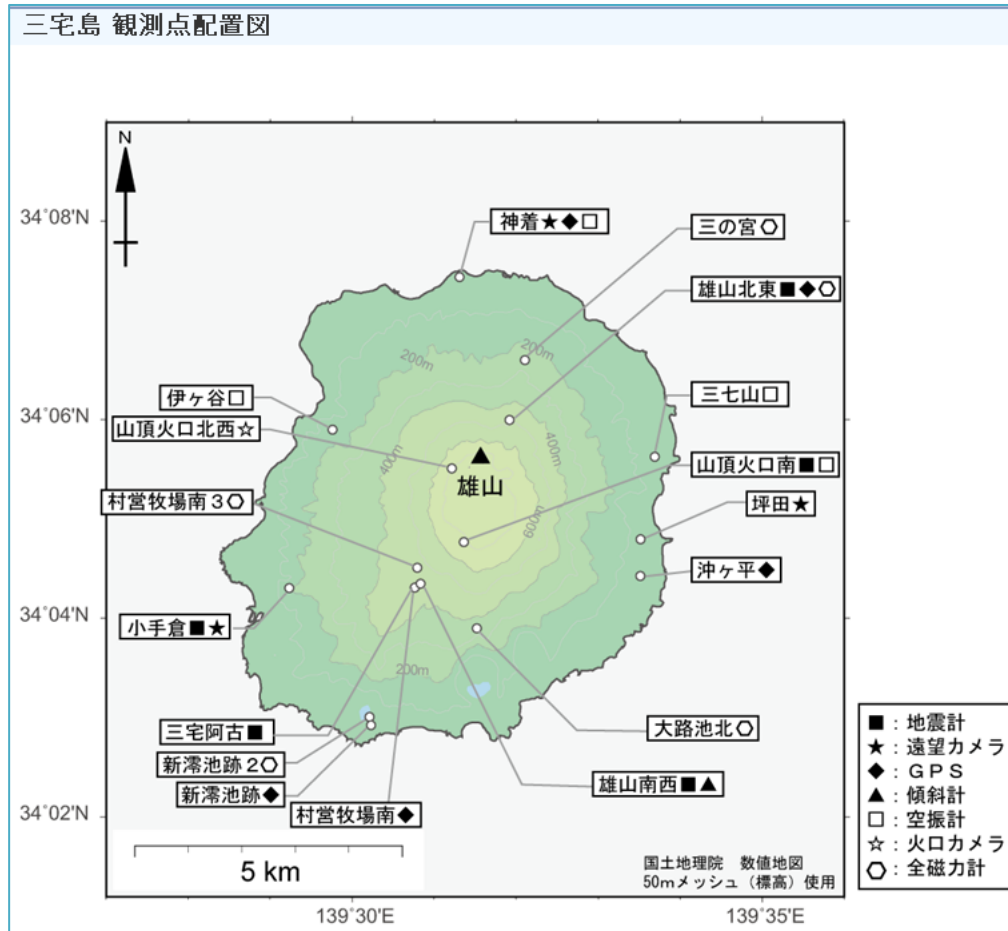
（１）有珠山



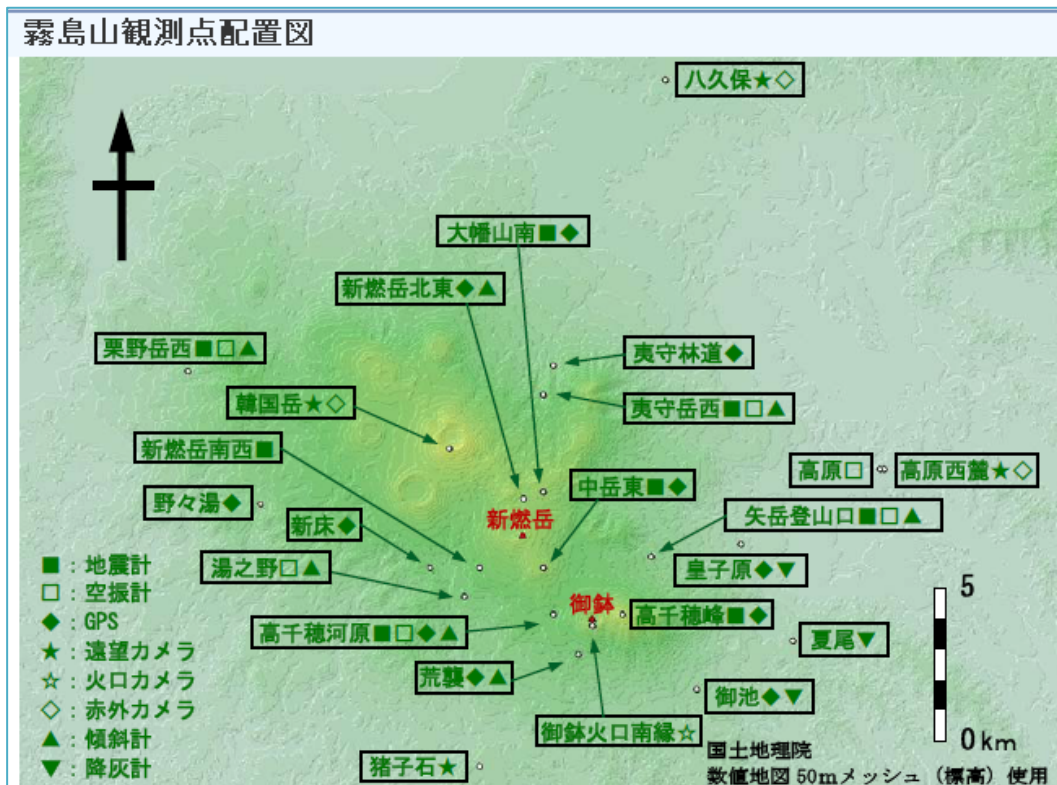
（２）伊豆大島



(3) 三宅島



(4) 霧島山



土木学会 平成 23 (2011) 年度重点研究課題 報告書

2012 年 3 月 31 日発行

課題名 : 突発的な火山噴火に対する降灰や土石流が社会資本に与える影響と対策に関する調査研究

編集・発行 : (公社)土木学会 地盤工学委員会 火山工学研究小委員会

代表者 : 安養寺信夫 (一般財団法人) 砂防・地すべり技術センター

東京都千代田区九段南 4-8-21 山脇ビル 電話: 03-5276-3273 F A X : 03-5276-3393