

# 火山地域における減災対策事例集



平成 31 年 2 月  
(令和 3 年 3 月改訂)

国土交通省九州地方整備局  
九州技術事務所  
(九州防災・火山技術センター)



## まえがき

本施工事例集は火山噴火時の減災対策の実効性向上に資することを目的に作成しました。

本事例集で紹介する事例は、概ね過去 50 年以内の噴火活動により顕著な被害が生じた火山における対策又は対応事例です。

概ね 50 年以内としたのは既往資料や写真のみではなく、火山噴火当時に実際に減災対策にあたった技術者にその実際について直接聞き取った内容を反映させて取りまとめることが本事例集の実効性向上に不可欠と考えたからです。その結果、有珠山、草津白根山、御嶽山、浅間山、伊豆大島、三宅島、箱根山、雲仙岳、霧島山の 9 火山を対象として主な火山減災対策事例を取りまとめました。

日本は 111 もの活火山を有する世界でも有数の火山国です。火山噴火予知連絡会はこれら 111 の活火山のうち 50 の火山を特に火山防災のために監視・観測体制の充実が必要な火山として選定しており、気象庁はこれらの火山を常時観測火山として重点的に観測・監視しています。

本事例の検討対象火山 9 火山は全てこの 50 の火山に属しています。

本事例集の構成は、前半を「対策事例の概要」、後半を「対策事例の詳細」と大きく二つに分けています。前半の「対策事例の概要」では、今後火山噴火が発生した時に、現地状況に応じた対策を手早く参照できるよう、概要、背景、留意事項や写真を中心としています。

本事例集の活用にあたっては、i) 実際の火山噴火時にはその時点の最新の材料、機械、工法、情報等の各要素技術の活用、ii) 火山噴火時の火山現象と規模、現地条件等を総合的に勘案した対策検討などの点に留意頂きたいと思います。

単に本事例集の事例を真似るのではなく、各対策の背景や考え方を参考とした最新・最適な火山減災対策が検討、実施されることにより、火山噴火災害の防止・軽減に寄与できると考えます。

本事例集のとりまとめにあたっては実際に火山災害対策にあたられた関係機関の皆様から聞き取り調査のご協力を頂くとともに、多くの有用な示唆を頂きました。

これらの皆様に心より御礼申し上げます。

国土交通省 九州地方整備局 九州技術事務所



# 目次

1. 火山地域における減災対策事例集の基本事項 .....	1
1.1. 本事例集で取り扱う対象火山について .....	1
1.2. 本事例集で取り扱う火山の噴火と被害の概要 .....	2
1.3. 本事例集で取り扱う減災対策 .....	4
1.4. 火山噴火による災害原因となる現象について .....	5
2. 火山災害における減災対策の要点 .....	6
2.1. 基本姿勢・組織・心構え・リーダーシップについて .....	6
2.2. 調査・計画・設計・施工について .....	6
2.3. 緊急対応の時系列の事例について .....	9
3. 対策事例の分類 .....	13
4. 対策事例の概要 .....	14
4.1. 緊急除石工（霧島山 2011） .....	14
4.2. コンクリートブロックによる嵩上げ（霧島山 2011） .....	15
4.3. 緊急遊砂地（雲仙岳 1990） .....	16
4.4. コンクリートブロック積の砂防堰堤（浅間山 2015） .....	17
4.5. INSEM による砂防堰堤（雲仙岳 1990） .....	18
4.6. INSEM による砂防堰堤（三宅島 2000） .....	19
4.7. 沈砂池（有珠山 1977） .....	20
4.8. 遊砂地（霧島山 2011） .....	21
4.9. 二重鋼矢板の砂防堰堤（有珠山 1977） .....	22
4.10. 鋼製自在枠の砂防堰堤（有珠山 1977） .....	23
4.11. A 型スリット堰堤（有珠山 1977） .....	24
4.12. 門柱型鋼製スリット堰堤（有珠山 1977） .....	25
4.13. ドローンによる緊急調査（御嶽山 2014） .....	26
4.14. ドローンによる状況調査（箱根山 2015） .....	27
4.15. ドローンによる状況調査（草津白根山 2018） .....	28
4.16. 火山ガス対策（三宅島 2000） .....	29
4.17. 無人化施工（雲仙岳 1990） .....	30

4.18. 無人化施工（有珠山 2000） .....	31
4.19. 溶岩導流堤（伊豆大島 1986） .....	32
4.20. 溶岩冷却（三宅島 1983、伊豆大島 1986） .....	33
4.21. 熱風防護柵（雲仙岳 1990） .....	34

## 5. 対策事例の詳細



## 1. 火山地域における減災対策事例集の基本事項

### 1.1. 本事例集で取り扱う対象火山について

本事例集で対象とした火山は、次の条件(1)～(4)を満たすものとした。

- (1) 1975（昭和 50）年代以降に顕著な噴火活動が生じた火山
- (2) 噴火により人的・物的被害や長期間に及ぶ住民避難など社会的に大きい影響を生じさせた火山
- (3) 火山災害対策として集中的に砂防施設による減災対策を実施した火山
- (4) 砂防施設によらない減災対策または対応を実施した火山

以上の条件を満たす火山として、「有珠山」、「草津白根山」、「浅間山」、「御嶽山」、「箱根山」、「伊豆大島」、「三宅島」、「雲仙岳」、「霧島山」の全 9 の活火山を選定し、対策または対応事例をとりまとめた。

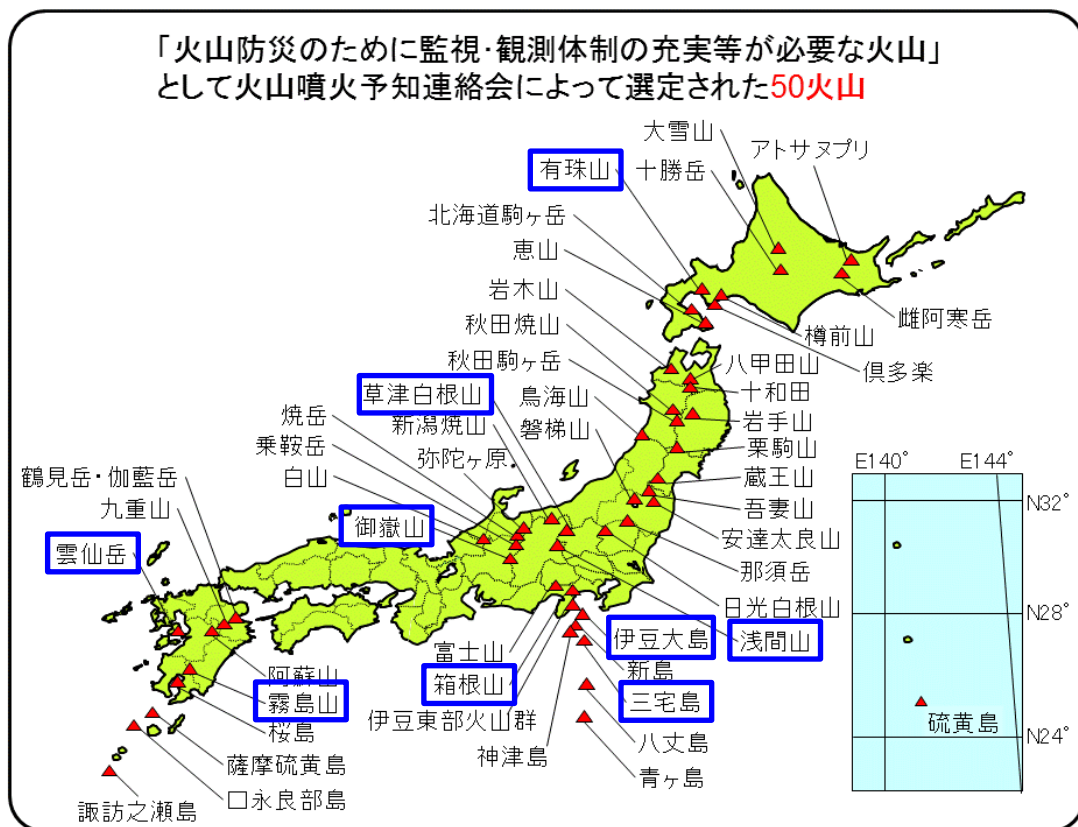


図 1-1 本事例集で対象とする火山（青枠で示す 9 火山）

【参照】気象庁ホームページ「活火山とは」

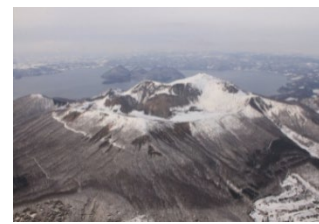
[http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan\\_toha/katsukazan\\_toha.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan_toha/katsukazan_toha.html)

## 1.2. 本事例集で取り扱う火山の噴火と被害の概要

本事例集で取り扱う火山噴火災害の火山ごとの特徴を以下に示す。

### ① 有珠山（1977年噴火、2000年噴火）

**火山の概要：**有珠山は洞爺カルデラの南壁上に生じた成層火山と溶岩ドーム群で、直径約 1.8km の外輪山を持つ玄武岩－玄武岩質安山岩の成層火山と、その側火山及び 3 個のデイサイト溶岩ドーム(小有珠、大有珠、昭和新山)と多数の潜在ドームから構成される。



**近年の噴火活動と被害状況：**1977（昭和 52）年 8 月 7 日にプリニー式噴火を開始し、1978（昭和 53）年 10 月 27 日まで噴火活動を繰り返し、道路や建物、上下水道に深刻な被害を生じた。1978（昭和 53）年 10 月 16 日と 24 日には降雨による二次泥流が発生し、死者 2 名、行方不明者 1 名の被害を生じた。2000（平成 12）年 3 月 31 日にマグマ水蒸気噴火が発生し、活動中に粘性の高いマグマが上昇して溶岩ドームや潜在ドームを形成した。噴火場所が北西山麓の一部居住地にかかっていたため、小規模噴火だったにも関わらず、道路や上下水道が寸断され、850 戸の家屋の被害を生じた。

### ② 草津白根山（2018年噴火）

**火山の概要：**草津白根山は第三紀火山岩からなる基盤山地上に非対称に成長した成層火山で、西端部に白根山・逢ノ峰・本白根山等の火砕丘群が南北に並び、それらから東・南方に数 km の範囲は安山岩溶岩流の斜面、さらに下方数 km の範囲はデイサイトの火砕流台地である。



**近年の噴火活動と被害状況：**2018（平成 30）年 1 月 23 日に本白根山の鏡池北火砕丘の火口北側及び鏡池で噴火が発生し、大きな噴石が 1 km を超えて飛散した。この噴火により、火口周辺警報が発表され、噴火警戒レベル 3（入山規制）に引き上げられた。

### ③ 浅間山（2014年噴火）

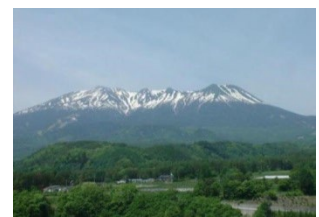
**火山の概要：**浅間山は代表的な安山岩の成層火山で、黒斑火山、仏岩火山が形成された後、約 1 万年前からは前掛火山が活動を開始し、山頂部の釜山は現在も活動中である。



**近年の噴火活動と被害状況：**2015（平成 27）年 6 月 11 日には、火山活動が高まったことから火口周辺警報が発表され、噴火警戒レベル 2（火口周辺規制）に引き上げられ、6 月 16 日にごく小規模な噴火が発生し、微量な降灰を生じた。

### ④ 御嶽山（2014年噴火）

**火山の概要：**御嶽山は乗鞍火山列の南端に位置する成層火山で、新期御嶽の初期にはカルデラが生じたが、引き続き活動によってカルデラや放射谷が埋積されて、ほぼ円錐状の現在の地形がつけられた。最新期の活動では、山頂部に南北方向に並ぶ数個の安山岩の小成層火山を生じた。



**近年の噴火活動と被害状況：**2014（平成 26）年 9 月 27 日に水蒸気噴火が発生し、火砕流堆積物が南西方向に 3km を越えて流下した。また、大きな噴石が火口列から 1km の範囲に飛散し、北東山麓を中心に降灰が確認された。この噴火により登山者らに死者 58 名、行方不明者 5 名の被害を生じた。

### ⑤ 箱根山（2015年噴火）

**火山の概要：**箱根山は東西約 8km、南北約 12km のカルデラ火山で、外輪山は玄武岩～安山岩の成層火山群からなる。前期中央火口丘は安山岩～デイサイトの溶岩および溶岩ドーム、後期中央火口丘は安山岩の成層火山および溶岩ドーム群からなる。



**近年の噴火活動と被害状況**：2015（平成 27）年 5 月初め頃から大涌谷温泉供給施設の噴気が増大し、6 月 29 日から 7 月 1 日にかけてごく小規模な噴火が断続的に発生した。これにより、火口周辺警報が発表され、噴火警戒レベル 3（入山規制）に引き上げられた。

### ⑥ 伊豆大島（1986 年噴火）

**火山の概要**：伊豆大島は北北西－南南東 15km、東北東－西南西 9km の火山島で、主に玄武岩の成層火山である。頂上部に直径 3～4.5km カルデラと中央火口丘三原山がある。



**近年の噴火活動と被害状況**：1986（昭和 61）年 11 月 15 日に南側火口壁より噴火が始まり、溶岩噴泉や溶岩流を生じた。19 日は溶岩が火口からあふれ、カルデラ床に流下した。21 日には、激しい地震活動とカルデラ床で割れ目噴火が開始した。外輪山斜面でも割れ目噴火が生じ、溶岩噴泉や溶岩流を生じた。これにより、全島民 1 万人が島外避難（約 1 ヶ月）となった。

### ⑦ 三宅島（1983 年噴火、2000 年噴火）

**火山の概要**：三宅島は直径 8km のほぼ円形の玄武岩～安山岩からなる成層火山で、中央部に直径約 3.5km のカルデラがあり、その内側には 2000 年噴火により生じたカルデラがある。山腹には割れ目噴火による側火口が多く、海岸近くにはマグマ水蒸気爆発による爆裂火口が多数ある。



**近年の噴火活動と被害状況**：1983（昭和 58）年 10 月 3 日に南西山麓で割れ目噴火が発生し、溶岩流は主に 3 方向に流れ、西方に流れたものは阿古地区の住家を埋没し、海岸近くで止まった。これにより住宅の埋没・焼失約 400 棟、山林耕地等に被害を生じたが、人的被害はなかった。

2000（平成 12）年 6 月に始まった噴火活動では、山頂噴火が発生するとともにカルデラを形成した。さらに高濃度の二酸化硫黄を含む火山ガスの大量放出が続き、全島民が島外での避難生活を余儀なくされた。2005（平成 17）年 2 月 1 日、4 年 5 ヶ月ぶりに避難指示が解除された。

### ⑧ 雲仙岳（1990 年噴火）

**火山の概要**：雲仙岳は裾野まで含めると南北 25km の安山岩、デイサイトからなる成層火山である。火山の西部は古期山体、中央部に東に開いた妙見カルデラがあり、その中に普賢岳等の最新期の溶岩ドーム群、さらに東には眉山溶岩ドームがある。



**近年の噴火活動と被害状況**：1990（平成 2）年 11 月 17 日に普賢岳山頂東側の地獄跡火口及び九十九島火口で水蒸気噴火が発生、1991（平成 3）年 5 月 20 日には地獄跡火口に溶岩ドームが出現し、次第に成長し、頻繁に火砕流が発生した。6 月 3 日の火砕流災害では、死者不明 43 人、建物 179 棟の被害を生じた。1991～95 年の溶岩噴出量 2 億 m<sup>3</sup>、火砕流回数約 9400 回であった。

### ⑨ 霧島山（2011 年噴火）

**火山の概要**：霧島山は宮崎・鹿児島県境に位置する玄武岩・安山岩からなる小型の成層火山・火砕丘等である。成層火山としては甑岳、新燃岳、中岳、大幡山、御鉢、高千穂峰など、火砕丘としては韓国岳、大浪池などがあり、山体の大きさに比べて大きな火口をもつ火山が多い。



**近年の噴火活動と被害状況**：2011（平成 23）年 1 月 19 日に小規模噴火したのち、1 月 26 日に準プリニー式噴火に移行し、多量の火山灰や軽石を放出した。1 月 27 日頃から火口内に溶岩が噴出、2 月上旬には直径約 600m に達した。この噴火により、火口周辺警報が発表され、噴火警戒レベル 3（入山規制）に引き上げられた。

【参照】気象庁ホームページ「全国の活火山の活動履歴等」

[https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/vol\\_know.html#taisei4](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/vol_know.html#taisei4)

### 1.3. 本事例集で取り扱う減災対策

本事例集で取り上げた対策は、対象の火山地域における減災対策・対応のうち、表 1-1 に示すものであり、これらは「砂防施設による減災対策工法」と「砂防施設によらない対策（※）」に分類される。なお、これらは、各火山地域で実施された減災対策の主なものを取り上げており、すべてではないことに留意されたい。また、対策当時における最新技術や特殊な技術の事例を含んでいるが、現時点で最新のものではないものがあることにも留意されたい。

表 1-1 本事例集で対象とする対策一覧

噴火年月	対象火山	災害現象	対策
1977（昭和 52）年 8月	有珠山	土石流	二重鋼矢板の砂防堰堤
			鋼製自在枠の砂防堰堤
			A型スリット堰堤
			門柱型鋼製スリット堰堤
			沈砂池
1983（昭和 58）年 10月	三宅島	溶岩流	溶岩冷却※2
1986（昭和 61）年 11月	伊豆大島	溶岩流	溶岩冷却※2
			溶岩導流堤
1990（平成 2）年 11月	雲仙岳	土石流	INSEMによる砂防堰堤
		火砕流	緊急遊砂地
		火砕流（警戒区域）	熱風防護柵
2000（平成 12）年 3月	有珠山	噴石・火砕流	無人化施工
2000（平成 12）年 7月	三宅島	土石流	INSEMによる砂防堰堤
		その他（火山ガス）	火山ガス対策※1
2011（平成 23）年 1月	霧島山	土石流	コンクリートブロックによる嵩上げ
			遊砂地
			緊急除石工※1
2014（平成 26）年 9月	御嶽山	その他（火山灰）	ドローンによる緊急調査※1
2015（平成 27）年 6月	浅間山	土石流	コンクリートブロック積砂防堰堤
2015（平成 27）年 6月	箱根山	その他（火山灰）	ドローンによる緊急調査※1
2018（平成 30）年 1月	草津白根山	その他（火山灰）	ドローンによる緊急調査※1

※1は、施設によらない対策を示す。※2は東京消防庁によるオペレーションであることを示す。

## 1.4. 火山噴火による災害原因となる現象について

火山噴火による災害原因となる現象を、表 1-2 に示す。

表 1-2 主な火山噴火による災害原因となる現象の概要

主な災害現象	火山災害の原因となる現象の概要
土石流 	<p>火山噴火により噴出された軽石や火山灰が堆積しているところでは、土石流や泥流が発生しやすく数ミリ程度の雨でも発生する。これらの土石流や泥流は、高速で斜面を流れ下り、下流に大きな被害をもたらす。雲仙岳では 1991（平成 3）年 5 月以降、大規模な土石流が頻発し、大きな被害をもたらした。</p>
融雪型火山泥流 	<p>積雪期の火山において、噴火に伴う火砕流等の熱によって融雪し土砂や岩石を巻き込みながら高速で流下する現象。流下速度は時速 60km を超えることもあり、広範囲の建物、道路、農耕地が破壊され埋没する等、大規模な災害を引き起こしやすい。1926（大正 15）年の十勝岳の噴火では 144 名が犠牲となり 372 の建物が被害を受けた。</p>
溶岩流 	<p>マグマが火口から噴出して、高温のまま地表を流れ下る現象。粘性の低い玄武岩質のものでも速度は 30km 前後であり、大きな人的被害を発生することは少ない。しかし山林、耕地、建物を延焼させ大きなダメージを与えることが多い。1983（昭和 58）年に三宅島で発生した溶岩流で 400 棟の家屋が焼失した。</p>
火砕流 	<p>高温の火山灰や岩塊、空気や水蒸気が一体となって急速に山体を流下する現象。溶岩ドームの崩壊などにより発生し、大規模な場合は地形の起伏にかかわらず広範囲に広がり、通過域を焼失、埋没させる。流下速度は時速数十 km から数百 km、温度は数百℃にも達する。雲仙普賢岳噴火では 1991（平成 3）年 6 月 3 日に発生した火砕流により、死者行方不明者 43 名、207 棟の建物が被害を受けた。</p>
火山灰 	<p>噴火により噴出した小さな固形物のうち直径 2mm 以下のものを火山灰といい、粒径が小さいほど火口から遠くまで風に流されて降下する。農作物被害、交通麻痺、家屋倒壊のほか、山麓斜面に堆積した火山噴出物は、その後の降雨によって土石流化する。</p>
火山ガス 	<p>火山地域ではマグマに溶けている水蒸気や二酸化炭素のほか、毒性のある二酸化硫黄、硫化水素などの様々な成分が、気体となって放出されるため有人での災害対策の障害となる。また、硫化水素は堤体の材料となる鋼材の腐食を進行する原因となる。</p> <p>三宅島の雄山 2000（平成 12）年噴火では日数万トンの火山ガスが排出し全島避難の原因となった。</p>

【参照】気象庁ホームページ「主な火山災害」に加筆

<http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/volsaigai/saigai.html>

## 2. 火山災害における減災対策の要点

火山災害の減災対策の計画、設計、施工における基本事項を下記に示す。

これら基本事項は「火山災害における減災対策」に限らず、どのような形態の災害対応であっても普遍的な内容であると考えられる。なお、これらの基本事項は火山災害の減災対策に直接携わった技術者からその経験を基に聞き取った内容を基礎としている。

### 2.1. 基本姿勢・組織・心構え・リーダーシップについて



#### 火山噴火災害に対する基本姿勢

- 火山噴火災害では想定外の現象が起き得る、現象の規模が変化し得るという基本姿勢に立つことが求められる。



#### 大災害に対応するためには組織と予算が重要

- 災害対応の組織として「新組織の設置」、「マネジメント力」が重要であり、これまでの火山災害対策の成功の大きな要因の一つとなっている。
- 火山噴火災害は、想定外の現象が生じるとともに、災害規模も変化するという前提に立つことが肝要で、現象・規模が変化しても十分に対応出来る予算を充てておく必要がある。予算不足が原因で対策実施困難または遅延となるような事態は絶対に避けなければならない。
- 十分な予算付けは対策実施主体（国、県等）の対策への取り組み姿勢の顕れであるとともに、被災者にとって早期復興に向けた希望（心理面での支え）ともなる側面も否めない。



#### 迅速な対策のためにはリーダーのスタンスが重要

- 災害対策にあたる組織のリーダーに求められることとして、実務にあたる技術者にのびのびと力を発揮させる業務環境を如何に整えることができるかが重要である。
- リーダーとして、チーム（現場）による現場判断に任せて、「何かあったときは自分（リーダー）が骨を拾う。＝責任を取る」という姿勢（現場の判断を尊重する姿勢）が必要である。
- 組織のリーダーは個々個別の対応について現場レベルで立ち入るのではなく、全体の方向性を高所から俯瞰するとともに長期的視野にたって対応方針を示し管理することが求められる。
- リーダーは聞き上手でなければならない。
- また、リーダーは部下、或いは地域住民等の外部に対して上から目線であってはいけない。相手の目線に立つとともに相手の気持ちを汲んで最善の方針を見出す必要がある。

### 2.2. 調査・計画・設計・施工について



#### 火山噴火の活動状況の迅速な把握が最優先（調査の基本姿勢）

- 警戒避難体制や応急対策等の検討のためには火山噴火活動状況の迅速な把握が最優先である。
- 最も必要となるのは画像（静止又は動画）である。そのための調査手段は、衛星による情報、飛行体（ヘリコプター、航空機、UAV等）による情報、監視カメラ等による情報等を用

いた地表面の変化状況の他、火山性地震の発生源やその位置的な変化、頻度、規模等の地盤内部の状況把握が必要である。火山性地震等については気象庁及び各大学による観測が行われているので、平時から有事に備えて「顔の見える関係」を構築しておくこと、情報共有を円滑に行えることが重要である。

- 火山噴火時の有人による調査実施においては「安全」が第一優先である。どの地点にどのようなリスクがどの程度の可能性を持って存在するのかという視点を常に持っておかねばならない。
- 1991（平成3）年6月3日死者行方不明43名を生じさせた雲仙普賢岳火山噴火災害の惨事の根本的要因は、災害対策基本法に基づく避難勧告区域に設定されていることを軽視、また火山学者の注意喚起があったにも拘わらずリスクを過少評価（というより、ほとんど無視）したことが招いた結果と言える。火山学者でもこのリスクを過小評価（またはほとんど無視）していた結果、事故に至った例がある。
- 設置されている観測機器では状況把握できないケースを想定する必要がある。平時から、常時観測点以外のどの地点に新たに観測点を設ける必要があるのかを検討しておく、アクセス手段、電源、情報伝送手段を検討しておくことが有効である。



#### 短時間の計画⇒実行が最優先（時間軸を意識）

- 火山噴火活動による災害現場での土砂移動、被害状況等は逐次変化する。リスクマネジメントの視点に立てば、被害は拡大していく可能性がある（危険側）ことを常に念頭におく必要がある。
- その場合、最優先させるべき基本姿勢は計画、設計、施工の各段階における迅速性（スピード）、対策のスピードが何より優先である。時間がかかればかかるほど被害が拡大することを念頭に対応にあたる必要がある。



#### 恒久対策にこだわらず段階的な対策を前提に早期着手が肝要

- 恒久対策の早急着手・早期完成が理想であるが、実際の現場では用地確保、資機材確保、火山活動による立ち入り禁止区域等が障害となって恒久対策の着手までに相当の期間を要することが過去の噴火災害対策でも示されている。この傾向は噴火規模、保全対象の規模が大きいほど顕著となる。
- 一方、対策実施の全ての条件が必ずしも揃わない不利な条件下にあっても、仮設的な構造物等によってでも対策を前進させることが災害の防止軽減につながる。たとえば仮設的な構造物等でも被災者や避難住民にとっては生活再建への希望の光となり得る。
- 従って、第1段階として早急な対応が可能な仮設構造物等による応急的あるいは緊急的な措置から始めて、段階的に施設構造・諸元の強化・増大を図り、最終的には恒久対策に着手するといった段階的な対策の実施が必要である。



### 発想の柔軟性が必要不可欠

- 火山噴火に伴う災害形態は多様であるとともに、自然条件、人家保全対象等の社会条件が異なるため被害の様態も異なる。その様な多様な諸条件に適合した対策の実施においては「過去に前例がない」、「技術基準にない」といった硬直的な姿勢では対策実施はもとより、計画、設計に時間を要することとなり、結果的に対策実施が遅きに失する可能性がある。基準・規則、前例、慣例等の既成概念にとらわれない柔軟な発想が必要不可欠である。



### 現地条件に適合した材料、構造、工法の選択が重要

- 火山噴火に伴う災害形態は多様であるとともに対策工実施地点ごとに地形・地質など現地条件がことなる。
- 現地条件（基礎の地耐力、火山活動に伴う地盤変動等）にあった構造・工法を選定することが重要である。
- また、「その時にあるもの、活用できるものを使う」という姿勢が必要である。

例えば

有珠山 1977（昭和 52）年噴火における鋼製自在枠砂防堰堤の中詰め栗石を近傍の沙流川から採取。雲仙普賢岳 1990（平成 2）年噴火における火砕流、土石流堆積物の活用、三宅島 2000（平成 12）年噴火における現地発生土砂を活用した砂防堰堤の構築など。

## 2.3. 緊急対応の時系列の事例について

2014（平成 26）年 9 月 27 日 11 時 52 分頃水蒸気噴火が発生。火口周辺にいた多くの登山者が、噴石や火砕流に巻き込まれ、死者・行方不明者 63 名、負傷者 69 名の被害が発生した。この災害の対応では下記に示す事項が特筆できる。

■ **国・県の連携**：大規模な災害対応では、国、都道府県の連携が重要となるが、本災害では、発災翌日に長野県庁に「非常災害現地本部」が設置され、国、県の連携体制が確保された。

■ **火山専門家の協力**：現地における捜索や救助活動の実施可否には、専門的知見に基づく判断が必要である。本災害では、火山専門家の現地対策本部等への参加や TV 会議により、その助言を得る体制が構築された。

■ **登山者等の救助・捜索活動**：御嶽山での救助活動は、標高の高い火山という特殊な環境と火山噴火による二次災害への危険性が高い中での活動となった。要救助者の情報の収集・共有体制、活動時の装備や活動基準など多くの教訓が得られた。

■ **観光施設の対策**：火山活動の低下にともない、山小屋や山麓の観光施設では、次の噴火に備えるとともに、利用者への安心を提供するため、様々な安全対策が進められている。そして、この災害からは火山防災情報の伝達体制の強化、退避壕等避難施設の整備、そして登山者・旅行者の避難体制や日頃の啓発などの取組の重要性が再認識された。

**国土交通省並びに関係各機関は連携して対策を行った。現場での対応は中部地方整備局多治見砂防国道事務所が主体となって緊急対応にあたった。その対応をまとめると**

1. ソフト対策は噴火（2014（平成 26）年 9 月 27 日（土）11：52 頃噴火発生）直後の 12：36 から開始。
2. 応急のソフト対策は 2014（平成 26）年 10 月 9 日のワイヤーセンサー設置完了を持って完了しており、2 週間足らずという短期間で終了。
3. 応急のハード対策としてコンクリートブロック堰堤が噴火の 6 日後に着手。
4. コンクリートブロック堰堤（応急のハード対策）は 1 ヶ月足らずで完成。

以上、水蒸気噴火後、後続する火山現象なかったことが幸いしたことがあるが、全体としてソフト・ハード対策が短期間で実施されたと言える。その要因としては

- ① 『関係機関との連携』が効率的に行われたこと
- ② 『関係機関の役割分担』が適切に行われ各機関が懸命の対応を執ったこと
- ③ 『関係者による報告・連絡・相談』が緊密に行われ、多治見砂防国道事務所が核となつて頻繁に関係機関に出向き「顔」の見える関係を構築したこと
- ④ 火山噴火緊急減災対策計画検討において緊急時のブロック砂防堰堤建設地点等について検討済であったこと

があげられる。

**次に、国土交通省並びに関係各機関の対応を時系列にまとめる。**

- ※以下、関係機関を下記のように呼ぶ。・中部地方整備局→「整備局」  
・多治見砂防国道事務所→「事務所」

年月日	関係各機関 (国交省本省を含む) の対応	整備局と事務所の対応	応急対策の時系列			
			ソフト 対策	ハード 対策		
<b>2014 (平成 26) 年</b>						
<b>9月27日(土)</b>						
11:52頃						
12:36	火口周辺情報(噴火警戒レベル 1→3:入山規制へ)	<b>整備局:</b> 警戒体制 <b>事務所:</b> 初動体制①整備局へ第一報、応援体制検討と招集 初動体制②土砂災害防止法に基づく対応開始				
13:15	岐阜県火山災害警戒本部設置					
14:10	長野県災害対策本部格上げ設置					
14:20	岐阜県側入山規制(下呂市、高山市)					
14:31	長野県知事:自衛隊に災害派遣要請					
14:45		<b>整備局:</b> 非常体制				
15:20		<b>整備局:</b> 防災ヘリ(まんなか号)での調査開始				
16:00	国交省:道路降灰除去を行う TEC-FORCE 班派遣					
16:40	関係省庁災害対策会議					
19:00	先遣チームを長野県庁に派遣					
19:28	関係省庁局長級会議 木曽町・王滝村に災害救助法適用 気象庁:機動調査隊を派遣					
<b>9月28日(日)</b>						
7:40	搜索のため入山開始 →ヘリで26人救助・心肺停止4人を搬送					
8:30		ヘリ調査(国総研、土研、本局)				
12:50	政府調査団 国交省:土砂災害専門家派遣	午前 UAVによる緊急調査準備開始				
17:00	政府非常災害対策本部設置	午後～夜にかけて同上飛行計画検討				
22:00	国交省:土砂災害防止法に基づく緊急調査に着手 気象庁:火山噴火予知連絡会拡大幹事会を開催	UAVにより5地区の降灰状況等の撮影開始 午後から撮影データの送信開始 全地区撮影完了				
<b>9月29日(月)</b>						
6:10	搜索のため入山開始→心肺停止4人搬送					
14:00	火山ガスのため搜索中止					
<b>9月30日</b>						

		監視体制構築のための合同現地調査（砂防調査・電通の整備局職員+関係業者で実施） 同日中に林野庁、長野県、木曾町、王滝村と連携内容の確認、対応方針決定		
<b>10月1日</b>				
		「御嶽山周辺地域における今後の降雨に対する土砂災害に関する注意事項」を長野県、岐阜県、木曾町、王滝村に情報提供		
<b>10月2日</b>				
		コンクリートブロック堰堤着手		<b>開始</b>
<b>10月3日</b>				
		「御嶽山周辺地域における降灰後の土石流に関するシミュレーション計算結果について」を長野県、木曾町、王滝村に情報提供 各溪流に少なくとも1台の監視カメラ設置完了		
<b>10月5日</b>				
	台風18号（濁沢で土石流発生）			
<b>10月6日</b>				
		国総研・土研・整備局：現地調査		
<b>10月7日</b>				
		ヘリ調査		
<b>10月9日</b>				
		ワイヤーセンサー設置完了、湯川カメラ等運用開始		<b>完了</b>
<b>10月13日</b>				
	台風19号（土石流発生なし）			
<b>10月14日</b>				
		地上調査		
<b>10月15日</b>				
		ヘリ調査 コンクリートブロック堰堤（噴火後の安全対策として一部無人化施工により実施）		
<b>10月17日</b>				
	御嶽山噴火非常災害現地対策本部解散	不明者の捜索打ち切り		
<b>13:30</b>		整備局：非常体制→警戒体制		
<b>10月30日</b>				
		コンクリートブロック堰堤工事完了 整備局：警戒体制→注意体制		<b>完了</b>

<b>11月下旬以降</b>			
	火山性微動：観測されず 火山性地震：1日あたり数回から十数回で推移		
<b>12月10日</b>			
		濁川（他3箇所）においてワイヤ ーセンサーの撤去完了	
<b>2015（平成27）年</b>			
<b>1月19日</b>			
	火口周辺情報更新：警戒が必要な範囲が火口から概ね4kmから3kmに縮小		
<b>1月29日</b>			
		<b>事務所</b> ：山体・降灰・積雪の状況を監視するために御嶽山監視カメラ2機を岐阜県側日和田、濁河（濁沢）に増設	
<b>3月</b>			
	火口周辺情報更新：警戒が必要な範囲が火口から概ね3kmから2kmに縮小		
<b>6月</b>			
	火口周辺情報更新：噴火警戒レベルがレベル3（入山規制）→2（火口周辺規制）に引き下げ。警戒は必要な範囲は火口中心に1km範囲内とされた。		
<b>6月29日</b>			
	2014（平成26）年9月27日御嶽山噴火後、翌28日から土砂災害防止法に基づく「緊急調査」実施したが、噴火警戒レベルの引き下げ、噴火活動の低下により重大な土砂災害が急迫している状況でないことから <b>2015（平成27）年6月29日をもって土砂災害防止法に基づく「緊急調査」を終了</b> 。同日、長野県知事に通知。		

下記資料に基づき作成した

「噴火等の具体的で実践的な避難計画策定の手引き」内閣府，P131-132

「2014年（平成26年）御嶽山噴火による災害」内閣府，P-1

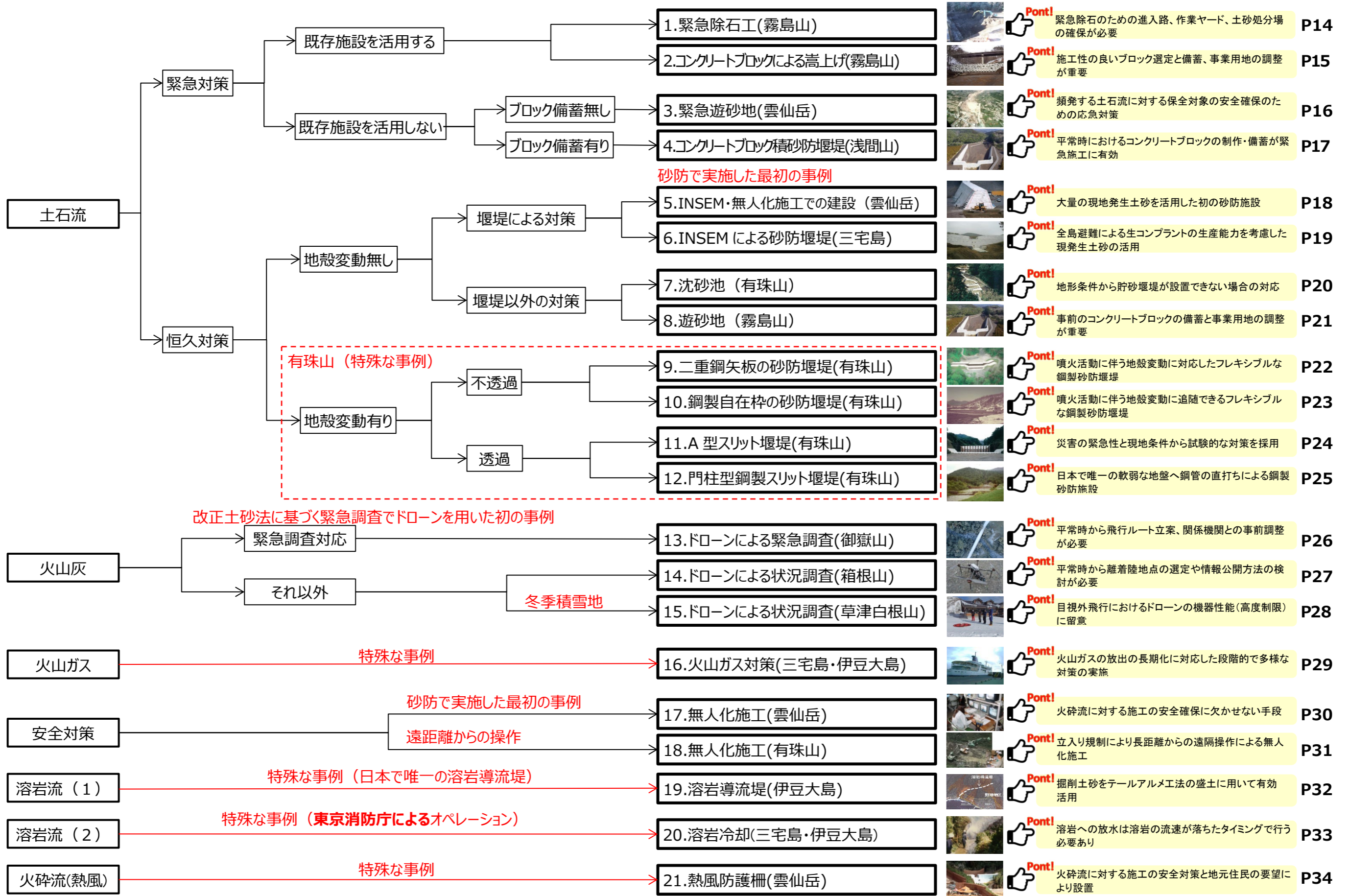
「御岳山の災害対応から学んだこと」榎野他，中部地方整備局管内技術発表会

「平成26年9月御嶽山噴火による土砂災害に対する二次災害防止の取組」林真一郎ら，砂防学会誌，Vol.67，No.6，p.86-91，2005

「御嶽山における土砂災害防止法に基づく緊急調査終了について」平成27年6月30日  
中部地方整備局記者発表資料

### 3. 対策事例の分類

各火山で実施された代表的な対策 20 事例を選定し、災害現象や適用される現場条件により下図のように分類した。20 事例の対策については 4 章に「対策事例の概要」を示す。



## 4. 対策事例の概要

### 4.1. 緊急除石工（霧島山 2011）

#### ① 緊急対策の概要（実施機関：九州地方整備局 宮崎河川国道事務所）

2011（平成 23）年 1 月の新燃岳噴火を受け、堰堤の貯砂容量の確保を目的に除石工事を同年 2 月 1 日から 3 箇所、2 月 10 日から 5 箇所で順次開始し、5 月 31 日までに緊急土石流対策工事を完了した。さらに、出水期の降雨で土砂が流下し、堰堤で捕捉したことから、再度の除石工事により対応を行った。除石量の合計は約 10 万 m<sup>3</sup>である。

#### ② 採用された背景

火山噴出物による土石流や氾濫に対応するため、既設砂防堰堤背面の土砂を掘削除去し、貯砂容量を確保した。対象堰堤は、進入路が確保できている堰堤を優先して選定した。

#### ③ 施工の留意点

**緊急除石の必須条件：**緊急除石は、進入路及び土砂処分場が確保されていることが必須の条件となる。進入路が確保できていない堰堤は借地や関係法令に基づく手続き等事前の準備、調整が必要である。

**無人化施工の作業効率：**無人化施工機械を利用しようとしたが、作業ヤードが狭く作業効率が極端に悪いため、火山監視員・避難壕の設置等、安全対策を行い、有人施工で実施した。



Pon!

緊急除石のための進入路、作業ヤード、土砂処分場の確保が必要



図 4-1 緊急除石の実施前後の状況

## 4.2. コンクリートブロックによる嵩上げ（霧島山 2011）

### ① 対策の概要（実施機関：九州地方整備局 宮崎河川国道事務所）

2011（平成 23）年 1 月の新燃岳噴火で堆積した火山噴出物による、土石流や氾濫に対応するため、コンクリートブロックを用いて、既設の<sup>あらかわうち</sup>荒川内 堰堤の暫定的な嵩上げを行った。

### ② 採用された背景

関係機関協議や用地取得に時間をかけず迅速に流出土砂を捕捉できる量を増やすため、砂防指定地内で工事用道路もすでに整備されている既設堰堤位置にて、コンクリートブロックを用いた嵩上げを行った。

### ③ 施工の留意点

**備蓄の必要性**：嵩上げに用いるブロック備蓄がなかったため、約 5,000 個のコンクリートブロックの製作に 5 カ月程度を要した。また、ブロックの製作ヤードの確保に難渋した。平常時に、コンクリートブロックを備蓄しておくことが短期間における実効性確保に重要である。

**事業用地の調整**：既設堰堤の嵩上げにより堆砂地が砂防指定地をはみ出る計画となるため、周辺用地の地権者との交渉に時間を要した箇所があった。

**施工性の良い材料**：コンクリートブロックはビーハイブ型を多く使用したが、形状が単純でかみ合わせがよいことから、施工性が良かった。施工性確保にはブロック型式の選定が重要である。



**施工性の良いブロック選定と備蓄、事業用地の調整が重要**



図 4-2 <sup>あらかわうち</sup>荒川内 川砂防堰堤（緊急対策時点）

### 4.3. 緊急遊砂地（雲仙岳 1990）

#### ① 対策の概要（実施機関：長崎県 島原振興局）

1992（平成4）年以降頻発する水無川の土石流発生に対し、恒久対策である砂防堰堤や導流工の建設が追付かない状況において、一時的に土石流を捕捉し保全対象の被害軽減を図るために応急対策として掘り込み型の1～3号遊砂地が施工された。

#### ② 採用された背景

噴火後の火山噴出物が大量に堆積するとともに頻発する土石流に対して、導流堤と砂防堰堤群による恒久対策の実現の見通しがたたない中で、保全対象の安全を少しでも確保するような応急的な対策が必要であった。

#### ③ 施工の留意点

**安全に導流する配置計画：**3号遊砂地の建設時点では遊砂地下流に水無川本川河道しかなかったため流下してくる土石流を安全に本川河道に導流できるような施設計画が必要とされた。流出土砂の捕捉効率をあげるとともに本川河道への導流を考慮して鋼製の横工が施工された。

**緊急遊砂地の用地確保：**遊砂地建設における用地確保が困難であった。

とくに、建設予定地は主に農地であったことから地主にとっては生産手段が奪われることとなり、抵抗があった。しかし、緊急に施工する必要があったため当初は借地とされた。



Pont!

頻発する土石流に対する保全対象の安全確保のための応急対策

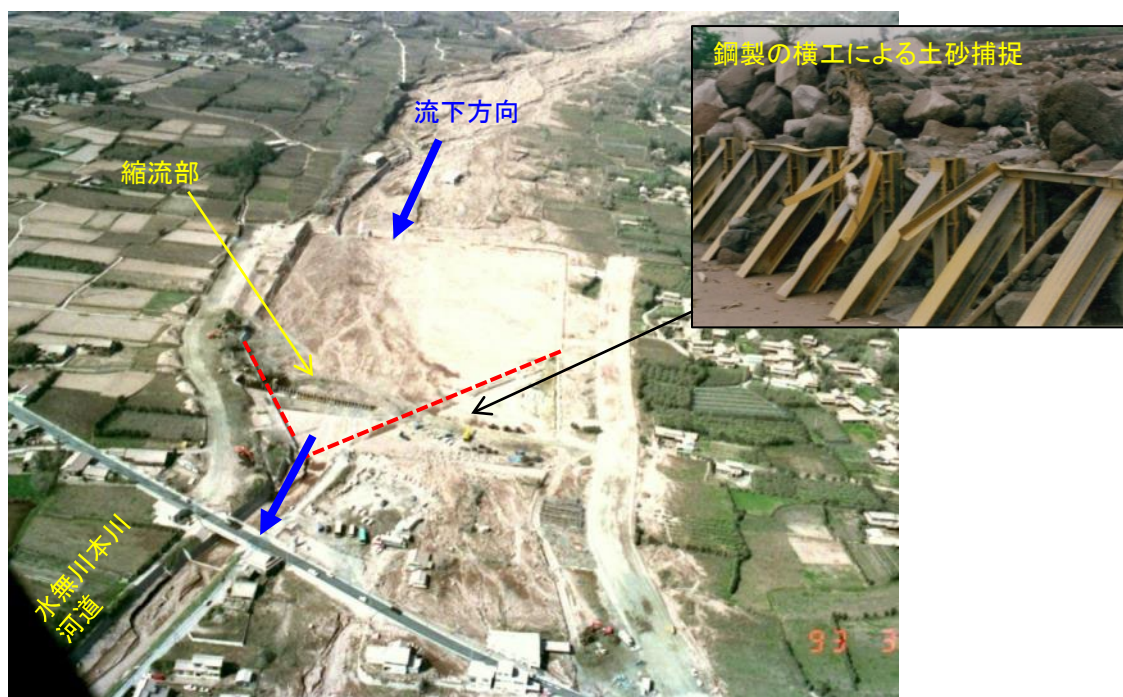


図 4-3 水無川 3号遊砂地

#### 4.4. コンクリートブロック積の砂防堰堤（浅間山 2015）

##### ① 対策の概要（実施機関：関東地方建設局 利根川水系砂防事務所）

2015（平成 27）年 6 月、浅間山で噴火警戒レベルが 2 に上げられ、小規模な噴火が発生し融雪型火山泥流の発生が懸念された。そこで、あらかじめ備蓄しておいたコンクリートブロックを活用し融雪型火山泥流からの被害を防止・軽減するため、暫定的（将来的には撤去し恒久対策工の施工を前提）にコンクリートブロック積の堰堤を建設した。

##### ② 採用された背景

火山活動度が上がったため、短期間で堰堤を構築する必要が生じた。そこで、平常時から制作・備蓄していたコンクリートブロックを用いれば早期着手、早期完成が可能であった。

##### ③ 施工の留意点

**備蓄の有効性：**平常時におけるコンクリートブロックの制作・備蓄が緊急施工に有効であった。

**ブロック製作・備蓄ヤードの確保：**十分に広いコンクリートブロック制作・備蓄ヤードの確保が重要である。当初は借地であったが、現在はヤードを買収し「砂防指定地」としている。

**事業用地の調整：**施工予定地の用地は未取得であるとともに、ごく小規模な噴火で、被害がでていなかったため、申請手続きでは平常時と同様の扱いとされたためかなりの時間を費やした。これら用地の調整等のため、着手までに 6 か月の期間を要した。

**基礎の必要性：**当初、基礎面は掘削面をロー転圧しにコンクリートブロックを設置したが、不等沈下により上部のコンクリートブロック設置が困難となった。これを踏まえて以降はコンクリートまたはソイルセメントによる基礎処理を行い、コンクリートブロックを設置した。



平常時におけるコンクリートブロックの制作・備蓄が緊急施工に有効

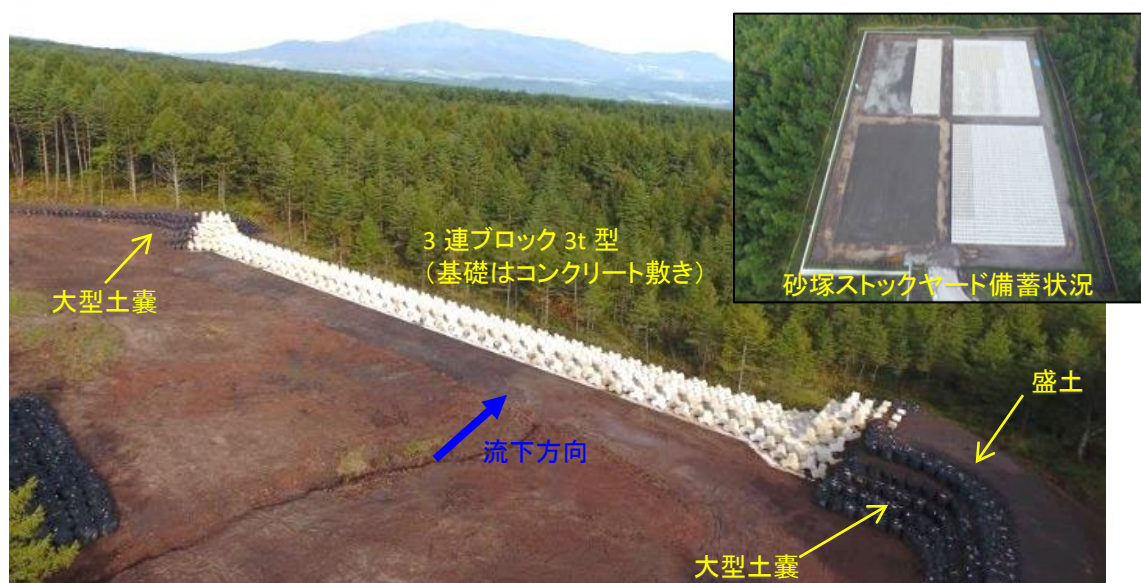


図 4-4 濁沢砂防堰堤（暫定施設）

## 4.5. INSEM による砂防堰堤（雲仙岳 1990）

### ① 対策の概要（実施機関：九州地方整備局 雲仙復興工事事務所）

雲仙岳では、1990（平成 2）年からの噴火により大量の火山噴出物が生産され、これが降雨のつど土石流となって流出、堆積した。この堆積物（現地発生土砂）を利活用し、セメント粉体と混合した材料を用いた砂防 CSG 工法（INSEM 工法）により水無川 1 号砂防堰堤の両袖部が施工された。これは砂防分野における現地発生土砂を用いた初の砂防施設の施工である。

### ② 採用された背景

大量の現地発生土砂が現地に存在したこと、通常のコンクリート工法より施工性が良く工期短縮が可能、経済性においても有利であったこと、水無川 1 号砂防堰堤は規模が大きいため施工ヤードの確保が容易、層状に打設していくため火砕流に対する避難の容易性等から砂防 CSG 工法（INSEM 工法）が採用され 1995（平成 7）年から施工が開始された。

### ③ 施工の留意点

**目標強度とセメント使用量：**室内試験により単位セメント量を設定したが、圧縮強度は当初計画の目標強度（ $3 \text{ N/mm}^2$ ）を大きく上回った。現地発生土砂の質が良好であったこと、安全サイドとするため室内試験よりさらに多いセメント量を添加したこと等が原因としてあげられる。

**新工法採用における課題：**現地発生土砂の活用にあたっては、計画段階で種々の懸念が指摘されたが、結果的には砂防分野における新工法の先駆けとなり、現在では広く砂防現場で活用されるようになった。新しい工法に取り組む姿勢の重要性が示された事例である。



大量に存在する現地発生土砂を活用した初の砂防施設



図 4-5 水無川 1 号砂防堰堤

## 4.6. INSEM による砂防堰堤（三宅島 2000）

### ① 対策の概要（実施機関：東京都建設局）

三宅島では、2000 年の噴火により大量の火山噴出物が生産され土石流となって流出・堆積した。堆積した現地発生土砂とセメント粉体を混合した INSEM 工法で砂防堰堤を施工した。「しらみ沢 14 災関砂防堰堤」はその代表的な砂防施設である。

### ② 採用された背景

三宅島は離島、かつ、全島避難下における生コンプラントの生産能力を考慮する必要があったこと、また、工期短縮、コスト縮減、建設残土処理の削減を図る必要があった。三宅島での INSEM 工法は 2001 年から開始されたが、1995 年からの雲仙岳における施工実績等を踏まえるとともに、その後作成された「砂防ソイルセメント活用ガイドライン」に基づいて施工された。

### ③ 施工の留意点

**INSEM 工法の課題：**INSEM 工法は加水量の他、セメント添加量、現地発生土砂の細粒分や有機物含有量のばらつき等によって発現強度は影響を受ける。当該現場では現地発生土砂に細粒分が特に多く、そのまま使用できなかったためスコリアを 30%程度混合して施工した。スコリア混合比については、スコリアを多く入れれば良いものではなく、スコリア 40%程度でピークとなり、それ以上では強度が下がった。

**INSEM 材料製造方法：**現地発生土砂を混練ピットにて、現地発生土砂とセメント、水をバックホウにて混合したが、1 日の材料製作量に限度があった。施工性確保のために多量の製造を必要とする場合には機械プラント混合による製作が望ましい。



Pont!

全島避難による生コンプラントの生産能力を考慮した現地発生土砂の活用



図 4-6 しらみ沢 14 災関砂防堰堤（INSEM 工法）

## 4.7. 沈砂池（有珠山 1977）

### ① 対策の概要（実施機関：北海道 室蘭土木現業所）

1977年の有珠山の噴火以降、昭和川では治山事業による床固工、谷止工が整備されてきたが、1982（昭和56）年8月豪雨で発生した泥流が道道洞爺公園線を流下した。これに対応するため、1983（昭和57）年度から砂防堰堤建設と昭和川に合流する流路工の工事に着手した。上流側の2号砂防堰堤上流は地形的な制約があり大型の貯砂堰堤を設置することができないため、下流の流路工内に沈砂池を設けることとした。

### ② 採用された背景

2号砂防堰堤上流は地形上の制約（谷幅が狭い）から大型の貯砂堰堤の建設が困難であった。上流の砂防堰堤で捕捉しきれない土砂の堆積空間の確保が必要なため、1号砂防堰堤下流の流路の拡幅及び掘り込みによる沈砂池を建設したものである。

### ③ 施工の留意点

**沈砂地の優位性：**地形条件から沈砂地としてのスペースが確保できる場合、大規模な堰堤を設置するよりも短期間で堆砂容量を確保できるため、有効な手段となる。

**用地、搬出路等の必要性：**用地確保に時間を要する場合は緊急対策として課題がある。また、沈砂地には土砂搬出のための搬出路と除石計画が必要である。



#### 地形条件から貯砂堰堤が設置できない場合の対応



図 4-7 昭和川流路工と沈砂池

## 4.8. 遊砂地（霧島山 2011）

### ① 対策の概要（実施機関：九州地方整備局 宮崎河川国道事務所）

2011（平成 23）年の噴火直後から降灰により危険性が高まった土石流に対し緊急対策工事を実施してきたが、2012（平成 24）年より恒久対策である砂防堰堤とともに遊砂地の施工に着手した。

### ② 採用された背景

既設砂防堰堤（県所管）より上流は治山施設が整備されており、溪床勾配が急で堰堤による土砂捕捉の効率が悪い。緊急対策としてコンクリートブロックで嵩上げた既設砂防堰堤の堆砂地を掘削して除石管理型の遊砂地を造成した。

### ③ 施工の留意点

**関係機関との平常時からの計画調整：**関係機関との計画、用地調整に時間を要したため施工着手まで時間がかかった。平常時から必要な資機材の準備とともに林野庁・環境省等の関係機関に平常時においてあらかじめ計画調整を図っておく必要がある。



**事前のコンクリートブロックの備蓄と事業用地の調整が重要。**



図 4-8 あらそだに 荒襲谷 遊砂地工

## 4.9. 二重鋼矢板の砂防堰堤（有珠山 1977）

### ① 対策の概要（実施機関：北海道 室蘭土木現業所）

1977（昭和 52）年 8 月 7 日に有珠山の大噴火が発生し、その後長期間にわたり山体の変容、地震、地殻変動、降雨後の土砂流出が続く中、早期の対策を図るため、当時の砂防事業では一般的ではなかった二重鋼矢板の砂防堰堤が施工された。

### ② 採用された背景

地盤が軟弱で地殻変動が続いていることから、コンクリートによる強固な構造物は設置できなかった。二重鋼矢板の鋼製構造物はコンクリート構造物に比べ、「工期が早い」、「地震による地殻変動に追随できる」、「基礎の変形に対しフレキシブルに対応が可能」という理由から採用された。

### ③ 施工の留意点

**矢板打ち込みの問題：**二重鋼矢板の問題点として、打ち込みに際して地盤に礫等があると貫入できない問題が発生した。そこで矢板をカットするなどして適宜対応した。

**資材メーカーとの協定：**製鉄メーカーと協定を結び迅速な資材確保を図った。災害対策であることから社会的重要性を考慮し製鉄メーカーは鋼材調達に積極的な協力体制をとり協力した。



噴火活動に伴う地殻変動に対応したフレキシブルな鋼製砂防堰堤



図 4-9 源太川 1 号砂防堰堤  
（手前：1982（昭和 57）-1983（昭和 58）年施工）と  
源太川 2 号砂防堰堤（奥：1983（昭和 58）-1984（昭和 59）年施工）

## 4.10. 鋼製自在枠の砂防堰堤（有珠山 1977）

### ① 緊急対策の概要（実施機関：北海道 室蘭土木現業所）

1977年8月7日に有珠山の大噴火が発生し、その後長期間にわたり山体の変容、地震、地殻変動、降雨後の土砂流出が続く中、当時の砂防事業では一般的ではなかった鋼製自在枠の砂防堰堤が施工された。

### ② 採用された背景

地盤が軟弱で地盤変動が続いていることから、従来の重力式のコンクリート砂防堰堤の構築は困難であるとされた。鋼製自在枠はコンクリート構造物に比べ、「工期が早い」、「地震による地殻変動に追随できる」、「基礎の変形にフレキシブルに対応可能」という理由から採用された。また、鋼製自在枠は有珠の治山現場で災害前から採用されていた。

### ③ 施工の留意点

**地盤変動への対応と段階施工**：変化する現場条件に柔軟に対応した設計・施工とされた。活発な地盤変動に対応するため鋼製自在枠のボルトを楕円形にしてあそびを作ることで一定の変形を許容できるよう工夫した。また、**地盤変動の終息後は、恒久対策としてコンクリート張り**にするという「段階施工」とした。



噴火活動に伴う地殻変動に追随できるフレキシブルな鋼製砂防堰堤



図 4-10 西山川 1 号砂防堰堤  
（手前：1978（昭和 53）-1980（昭和 55 年施工）と  
2 号砂防堰堤（奥：1977（昭和 52）-1979（昭和 54）年施工）

## 4.11. A型スリット堰堤（有珠山 1977）

### ① 緊急対策の概要（実施機関：北海道 室蘭土木現業所）

有珠山の噴火で堆積した大量の火山灰と共に径 2m 程度の巨礫が大規模な土石流として流出すると考えられ、下流への転石の流下を防止するために、鋼製スリット（A 型）砂防堰堤が施工された。鋼製スリット砂防堰堤について、当時は、松本砂防事務所管内の姫川流域金山沢における試験的な施工実績があるだけで災害対策の恒久対策としての実績はなかった。

### ② 採用された背景

災害対策の恒久対策としての実績はなかったにもかかわらず、先進的な事例として A 型鋼製スリット砂防堰堤について積極的に情報収集し、採用した。また、地殻変動に対処するため、袖部は鋼製自在枠を使用した。

### ③ 施工の留意点

**A型スリット配置方針の変更：**鋼材内部をコンクリート充填していない場合に、巨礫等で破断した事例があったため、採用にあたっては松本砂防事務所の事例より鋼材を厚くし、内部にコンクリートを充填した。当初は捕捉機能を確実にするためにスリットを千鳥状にダブル配列としていたが、その後、捕捉実績からシングル配列で施工した。

**施工計画の姿勢：**災害対応の緊急性（施工性）と現地条件を勘案して施工計画を行う必要がある。その結果として、当時としては砂防で一般的ではなかった構造物が施工された。



災害の緊急性と現地条件から試験的な対策を採用



図 4-11 小有珠右の川 2 号スリット堰堤  
(1982 (昭和 57) -1983 (昭和 58) 年施工)

## 4.12. 門柱型鋼製スリット堰堤（有珠山 1977）

### ① 対策の概要（実施機関：北海道 室蘭土木現業所）

有珠山の噴火で堆積した大量の火山灰と共に径 2m 程度の転石が大規模な土石流として流出すると考えられ、下流の鋼製の砂防堰堤や流路工の保全及び転石の流下を防止するために、鋼製スリット堰堤が計画された。門柱型鋼製スリット堰堤の計画地点は基礎が軟弱なため、鋼管を直接打ち込んで透過型砂防堰堤とした。このような鋼管の直打ちによる鋼製砂防施設は「大有珠川 1 号スリット堰堤」が日本における唯一のものである。

### ② 採用された背景

地盤が軟弱であることから、「鋼材を直接打った方が経済的ではないか」という考えから、工事費を比較検討した結果、実験的に採用された。鋼製スリット（A 型）砂防堰堤の採用理由と同様、いろいろやってみようという職場環境の中で発案され、実施された対策工事である。

### ③ 施工の留意点

**門柱型鋼製スリット堰堤の利点と課題：**基礎部にコンクリートを打設しないため安価であり、施工も早いという利点があった。当初は頭部を剛結することを考えていなかったが、後になって頭部を剛結することとされたため経済性が低下した。現場での頭部剛結の工事には苦労が伴った。必要条件として、基礎が軟弱で直接鋼管を打ち込めるという条件が必要である。



日本で唯一の軟弱な地盤へ鋼管の直打ちによる鋼製透過型砂防施設



図 4-12 大有珠川 1 号スリット堰堤  
(1979 (昭和 54) -1980 (昭和 55) 年施工)

### 4.13. ドローンによる緊急調査（御嶽山 2014）

#### ① 調査の概要（実施機関：中部地方整備局 多治見砂防国道事務所）

御嶽山では 2014（平成 26）年 9 月 27 日の突然の噴火に伴い、噴火警戒レベルが 3（入山規制）に引き上げられ、有人機や調査員が接近できない状況となったため、ドローンによる現地状況を調査した。調査は 9 月 29 日に 1 回実施し火山灰の流出有無を確認することができた。

#### ② 採用された背景

噴火当日および翌日のヘリによる遠方からの降灰状況調査結果により土砂災害防止法に基づく緊急調査を実施することが決定された。そこで調査手段としてドローンによる調査をおこなった。土砂災害防止法に基づく調査でドローンが用いられたのは本事例が初めてのものである。

#### ③ 調査の留意点

**飛行計画と関係機関連絡体制：**噴煙の向き等を考慮した飛行ルート決定、離発着場所選定に時間を要した。また救助活動を実施する自衛隊、消防、警察との連絡体制を確保する必要があった。



Pon!

平常時から飛行ルート立案、関係機関との事前調整が必要



図 4-13 白川・赤川の火山灰流出状況（2014（平成 26）年 9 月 29 日）

#### 4.14. ドローンによる状況調査（箱根山 2015）

##### ① 調査の概要（実施機関：関東地方整備局 富士川砂防事務所）

箱根山では 2015（平成 27）年 6 月 30 日の噴火に伴い、噴火警戒レベルが 3（入山規制）に引き上げられ、有人機や調査員が火口周辺に接近できない状況となった。そこで、立ち入り規制範囲内の降灰状況等の状況をドローンにより調査（上空からの映像を取得）した。調査は 7 月 2 日、8 月 9 日の 2 回実施した。

##### ② 採用された背景

天候不良により飛行できない有人ヘリに替わる上空からの調査手段としてドローンを採用した。

##### ③ 調査の留意点

**ドローン運航者の選定：**噴火後に協定業者になり得る業者の調査と選定を行ったが、数社ある協定業者のドローン機材の保有状況や運航体制（社内規定による飛行制限）が不明なため、選定が困難であった。

**平常時の準備：**緊急時の迅速な対応のために、平常時から離発着地点、飛行ルート、建物、道路、高圧線等の情報を把握しておく必要がある。

また、箱根は国内で屈指の観光地であり報道機関の関心が特に高く、風評被害に配慮した調査結果の流し方について事例検討（ロールプレイング）をしておく必要がある。



平常時から離着陸地点の選定や情報公開方法の検討が必要



図 4-14 2015（平成 27）年 8 月 9 日  
UAV によって撮影した大涌谷周辺の状況写真

## 4.15. ドローンによる状況調査（草津白根山 2018）

### ① 調査の概要（実施機関：関東地整備局 利根川水系砂防事務所）

草津白根山（本白根山）では2018（平成30）年1月23日の突然の噴火に伴い、レベル2（火口周辺規制）、レベル3（入山規制）へ引き上げられ、火口周辺2km内への立入りが禁止となった。そこで、災害協定業者の4日おきのローテーションにより、規制範囲外からドローンを飛行させることで火口周辺の土砂流出や降灰状況の調査を行った。

### ② 採用された背景

天候不良により飛行できない有人ヘリによる上空からの調査の代替手段としてドローンを採用。

### ③ 調査の留意点

**航空部局との調整：** 噴火口付近の撮影には2km離れた離発着場からドローンを500m上昇させるとともに自動航行による目視外飛行が必要であり航空法上の調整が必要であった。本件では航空法第132条の3の特例に基づく航空局への通知によって対応した。

**機体の高度制限への課題：** ドローンの機体に高度制限があったため、火口周囲の外輪山の低い箇所を事前飛行で確認し、進入ルートを計画して火口への接近も試みた際には機体に戻らなかった。なお、撮影できた山腹降灰状況等は翌日には事務所ホームページで公表された。



目視外飛行におけるドローンの機器性能（高度制限）に留意

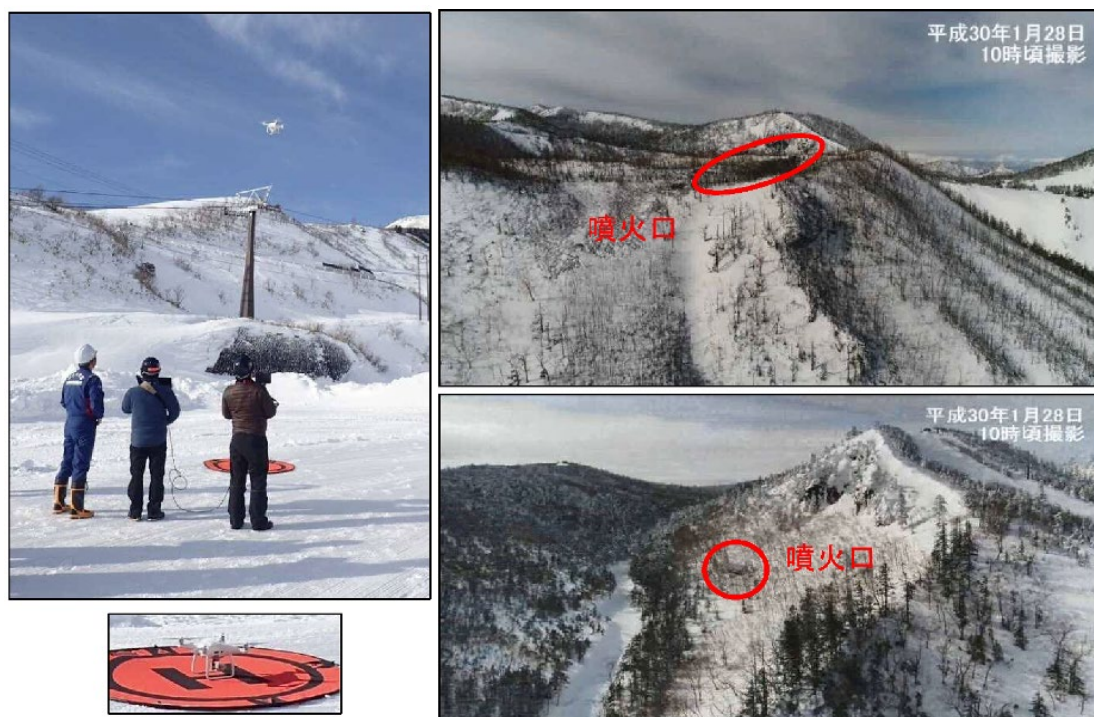


図 4-15 ドローン撮影の詳細

（左：ドローンの離発着風景 右：ドローンによる撮影画像：事務所 HP より）

## 4.16. 火山ガス対策（三宅島 2000）

### ① 緊急対策の概要（実施機関：東京都）

三宅島では、2000（平成 12）年 7 月 8 日の雄山の噴火に伴い、世界的にも類例がないほどの大量の火山ガスが放出され 9 月 2 日に全島避難指示に至った。東京都は 9 月 4 日には災害対策本部をチャーター船内に移転しホテルシップ方式で復旧作業にあたったが、10 月 7 日以降は神津島から小型船舶で三宅島に通う方式に切り替えた。本格的復旧には島内宿泊が必要なため翌年 5 月 4 日以降は、脱硫装置を設置した三宅支庁舎に宿泊しての災害対応を行った。

### ② 採用された背景




全島避難のなかにおいても災害復旧活動を継続させるため、ホテルシップや渡船方式が採用された。しかし、火山ガス放出の長期化に対して、復旧作業の効率化を図るため、脱硫装置を設置し、火山ガスからの安全を確保した三宅支庁舎への滞在に切り替えた。三宅支庁舎への設置以降順次、脱硫装置を島内に設置し復旧作業を本格化させた。脱硫装置は火山ガス濃度がある程度減少しないと導入できないため、火山ガス濃度のモニタリング観測も実施された。

### ③ 対策の留意点

**生活環境、長期滞在の課題等：**ホテルシップ、脱硫宿舎（クリーンハウス）ともに生活空間に限りがあるため、長期間の滞在は過度なストレスとなるばかりか、水不足や電力不足も課題であった。滞在者の絞り込みや交代制が必要であるとともに、滞在者のための生活・作業環境を整える後方支援が重要である。

**Pont!** 火山ガスの放出の長期化に対応した段階的で多様な対策の実施

表 4-1 三宅島の火山ガス対策の変遷

現地災害対策本部(以下、現対)の変遷		復旧活動の方式	
2000年 7月 8日	三宅島雄山噴火	 船内災害対策本部での業務風景	<b>ホテルシップ方式</b>
8月26日	火山ガス濃度観測開始(気象庁)		
8月29日	三宅支庁に現対を設置		
9月 2日	全島避難指示		
9月 4日	現対チャーター船に移転		
10月 7日	現対を神津島に移転	 漁船での渡船	<b>三宅島への渡船方式</b>
2001年 5月 4日	三宅島での試験滞在開始(防災期間職員のみ)	 三宅支庁舎屋上の脱硫装置	<b>脱硫宿舎(クリーンハウス)方式</b> 試験導入
7月 9日	本格的夜間滞在開始(工事関係者も含む)		<b>本格導入</b>
9月21日	現対を三宅支庁に再設置		

## 4.17. 無人化施工（雲仙岳 1990）

### ① 緊急対策の概要（実施機関：九州地方整備局 雲仙復興工事事務所）

雲仙普賢岳では、1990（平成 2）年に噴火が始まり、火砕流等が発生した。堆積した火山噴出物が土石流となって流下することが懸念されたこと、さらに火砕流が継続して発生すると想定されたことから、施工の安全を確保して対策工事を実施するため無人化施工が導入された。

1994（平成 6）年に砂防工事ではじめて無人化施工による除石工事が実施され、その後、砂防堰堤の無人化施工は 1995（平成 7）年から実施された。

### ② 採用された背景

火砕流に対する安全を確保しつつ砂防対策を実施する必要があった。そのため「直径 2～3m 程度の礫の破碎が可能であり、温度 100℃・湿度 100%程度の条件下でも無人化重機にて運転可能」という条件で、1993（平成 5）年に公募を募った上で、1994（平成 6）年に試験施工が実施された。

その後、同年から本施工を行った。

### ③ 施工の留意点

**電波障害への対応：**重機が極端に近い位置にあるときや、複数の重機を立ち上げるときに電波障害が生じることがあり、1 日中重機が全く動かせない状況も生じた。

**施工効率の悪さ：**施工効率は有人での施工と比較して低く、積算以上のコストがかかることもあるため、歩掛や積算の見直し等が必要であるとされた。

**オペレータの適性：**実機の熟練作業者が必ずしも無人化施工のオペレータに適しているとは限らない。むしろ順応性が高いことがより必要とされる。



火砕流に対する施工の安全確保に欠かせない手段



図 4-16 雲仙における無人化施工の概念図



図 4-17 無人化施工の操作室

## 4.18. 無人化施工（有珠山 2000）

### ① 緊急対策の概要（実施機関：北海道 室蘭土木現業所）

有珠山では 2000（平成 12）年 3 月に、約 22 年ぶりに噴火が発生した。堆積した火山噴出物が土石流となって流下することが懸念されたこと、砂防対策を実施したい箇所が避難指示区域であったことから、安全を確保して砂防対策を実施するため、砂防工事等の無人化施工が実施された。

市街地での長距離遠隔操作による無人化施工の初めての事例である。

### ② 採用された背景

土石流に対する安全を確保しつつ砂防対策を実施するため、雲仙での 1994（平成 6）年からの無人化施工実績を踏まえ、2000（平成 12）年から 2001（平成 13）年にかけて有珠の現場で無人化施工が実施された。

北海道内に無人化施工が可能な重機がなかったため、雲仙で使用していたものを各方面から輸送し調達した。

重機の移動範囲が常時 200m を超える施工環境下では中継方式の導入は困難であったため、長距離でも無線操作できる大出力の建設無線を使用する「新無線方式」を用いた。

### ③ 施工の留意点

**電波障害への対応：**重機が極端に近い位置にあるときや、複数の重機を立ち上げるときに電波障害が生じる場合があることが、1994 年からの雲仙での実績からわかっていたため、有珠では、電波の隣接チャンネルを同じ地区で使用しないように配慮すること、モータープールを移動操作室からある程度離すことにより解決した。同様に、雲仙にて生じていたバックホウの動作にタイムラグが生じる課題に対しては、有珠では作業内容や作業環境を変えることで対応した。

**施工機械の移送に関する課題：**重機の調達に際して、一般道路を工事用道路として使用するため、道路幅員や沿道の建築物等が障害になり、重機の大きさが制限された。



立ち入り規制による長距離からの遠隔操作による無人化施工



図 4-18 無人化施工機械（左）と無人化施工の作業状況（右）

## 4.19. 溶岩導流堤（伊豆大島 1986）

### ① 対策の概要（実施機関：東京都 三宅支庁）

伊豆大島の噴火に伴い溶岩流の流下が予想される大島の野増小学校、野増漁港等の公共施設を含む野増地区において、溶岩を海まで導流するための溶岩導流堤が1996（平成8）年～2011（平成23）年度にかけて事業費41億円により整備された。この溶岩導流堤は日本で唯一の施設である。

### ② 採用された背景

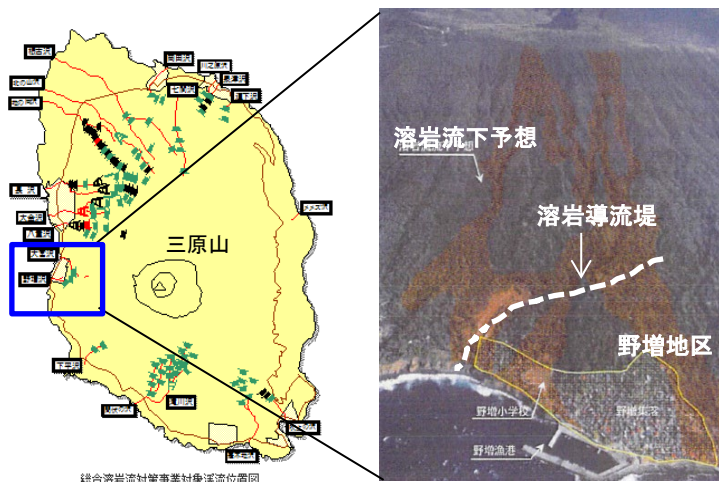
1986（昭和61）年11月、伊豆大島の噴火により、全島民が約一ヶ月に及ぶ島外避難を余儀なくされた。この噴火を契機に建設省（当時）は1989（平成元）年に「火山砂防事業」を新設、東京都はこれを受けて緊急性の高い伊豆大島の野増地区を含む主要地区で「総合溶岩流対策事業」による溶岩流対策を実施した。

### ③ 施工の留意点

導流路を掘削して生じた掘削土砂を盛土したテールアルメ工法を採用することにより、周辺を海に囲まれた地形急峻な火山島であるため「土捨て場」の確保が困難な現地条件を緩和するとともに現地発生土砂を有効活用した。これによりコスト縮減も図られた。



掘削土砂をテールアルメ工法の盛土に用いて有効活用



#### 【計画諸元】

- ・噴火規模 135±50 年確率
- ・山頂噴出溶岩量 1 億 m<sup>3</sup>

#### 【施設諸元】

- ・事業延長 1,400m  
(うち溶岩流導流堤 1,000m)
- ・最大高約 21m
- ・最大底幅約 60m
- ・導流堤天端幅 10m
- ・掘削約 46 万 m<sup>3</sup>
- ・盛土約 33 万 m<sup>3</sup>
- ・残土約 12 万 m<sup>3</sup>

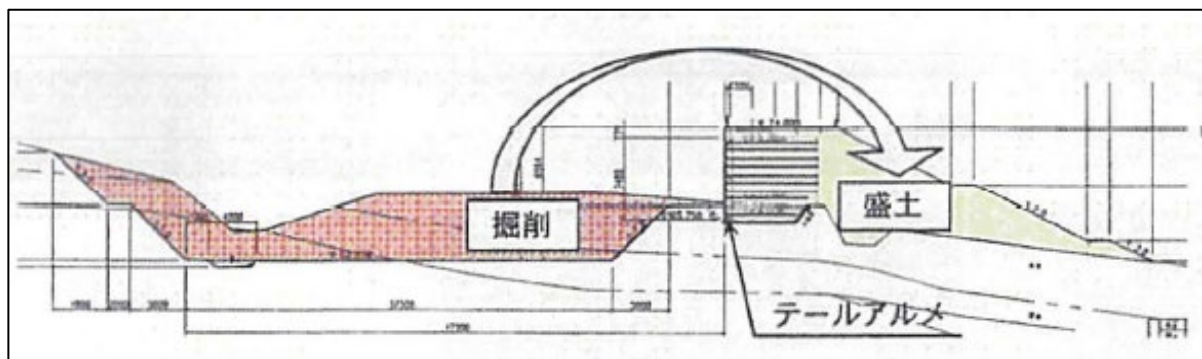


図 4-19 溶岩導流堤 標準断面図（野増地区）

## 4.20. 溶岩冷却（三宅島 1983、伊豆大島 1986）

### ① 対策の概要（実施機関：東京消防庁）

1983（昭和 58）年 10 月に三宅島ならびに 1986（昭和 61）年 11 月に伊豆大島にて、溶岩先端部に海水を大量に放水し冷却することで、溶岩流の流動を停止させる試みがなされた。溶岩への放水冷却の目的は溶岩の輻射熱による家屋の延焼防止、山林火災の未然防止であった。

### ② 採用された背景

①大量の水（海水）が近くにあること、②粘性の低い溶岩流であること、③噴火現象が終息期に近いこと、④溶岩の正面流速が毎時 1m 以下であることを満たすという理由で採用された。

採用の決定根拠として、海外（アイスランド：ヘイマエイ島）での前例が参考となった。3 年後の伊豆大島では、三宅島での対策実績が前例となってより効率よく実施された。

### ③ 対策の留意点

**放水タイミング**：放水には、溶岩の流速が落ちたタイミングで行う必要があり専門家（火山学者）の指導・助言体制が不可欠である。

**海水の送水方法**：海水の汲み上げ、送水手段（ホース延長）や長時間吸水によるポンプの故障などに留意が必要である。



溶岩への放水は溶岩の流速が落ちたタイミングで行う必要あり



図 4-20 溶岩冷却実施地区（1983（昭和 58）年三宅島）



図 4-21 三宅島での溶岩冷却状況（1983（昭和 58）年 10 月 4 日）



図 4-22 三宅島での海水吸水状況（1983（昭和 58）年 10 月 6～8 日）

## 4.21. 熱風防護柵（雲仙岳 1990）

### ① 対策の概要（実施機関：長崎県 島原振興局）

雲仙岳では 1990（平成 2）年の噴火以降、溶岩ドームの形成と不安定化により、1991（平成 3）年 5 月に初めての火砕流が発生した後、火砕流が断続的に発生した。長崎県は中の間川での砂防堰堤の有人工事の際、施工現場に迫るおそれがある火砕流に対し、現地の安全対策として、堰堤施工位置の上流に仮設構造物（第 1 フェンス）として熱風防護柵を約 40m の区間に設置した。

### ② 採用された背景

有人工事の安全対策として施工された。空港施設で用いられるジェット機の噴流から防護するためのプラストフェンスと同様のものを想定したが、調達に時間がかかる（オプション調達）ため鋼材による施工とした。

### ③ 施工の留意点

**熱風防護柵の効果：**実際に火砕流が到達しなかったため効果の検証ができてはいない。しかし、谷出口下流の勾配が緩い堆積区間で、流れの底部の本体部（粗い粒子からなる重力流動層）から熱風部（微細粒子と高温の気体との固気混相流）が分離して独自に運動している段階では、熱風部のエネルギーを減勢する効果が期待できるとされている。

**民生安定の効果：**中の間川の現場近傍には民家が存在し、万が一の場合における火砕流の熱風部の対策が要望されていた（第 2 フェンスを施工）。



火砕流に対する施工の安全対策と地元住民の要望により設置



図 4-23 熱風防護柵と砂防堰堤