

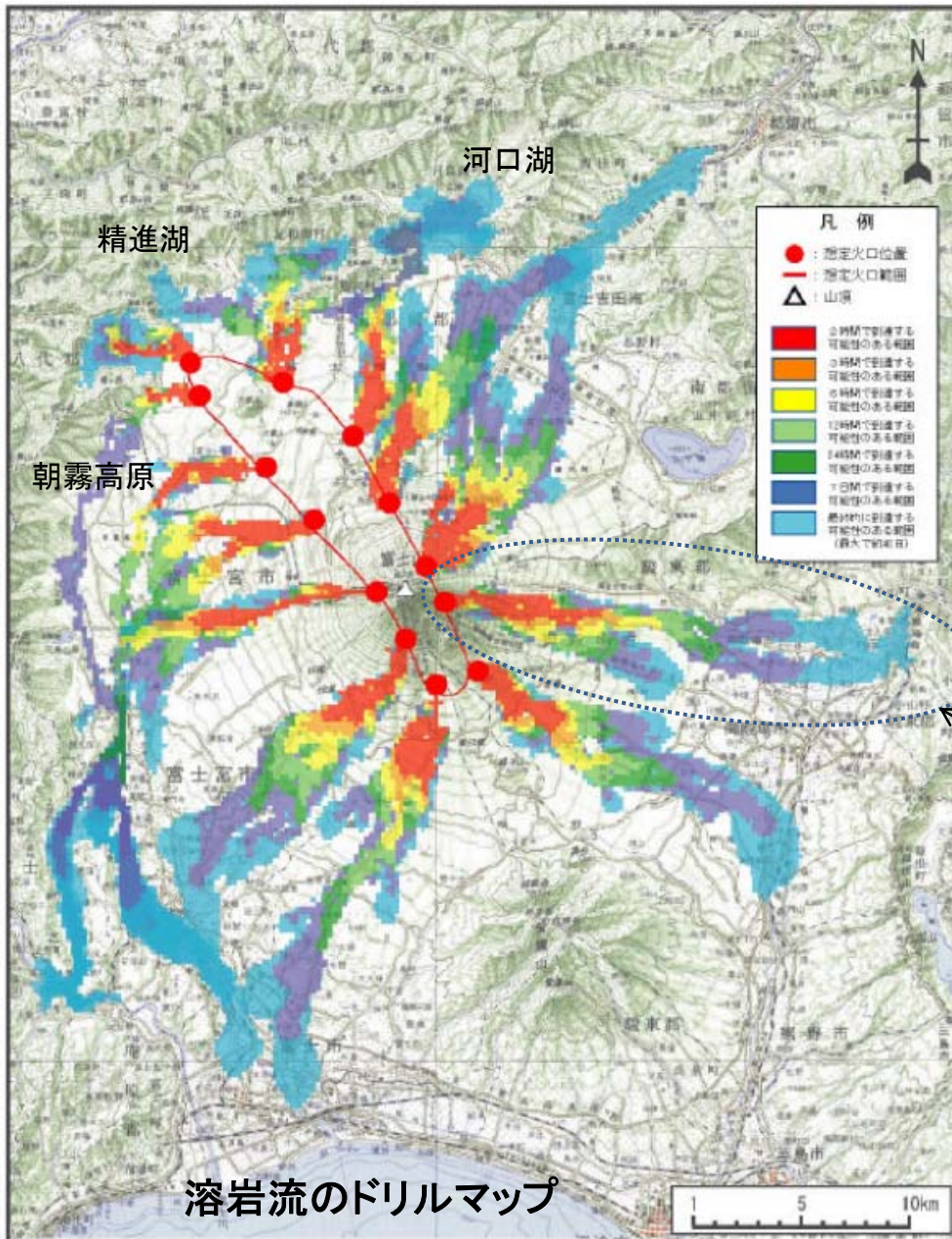
「広域的な火山防災対策に係る検討会」 (第3回)

【大規模な溶岩流、火砕流、融雪型泥流等への対策】

○本資料における火山活動のシナリオや被害想定は、大規模火山災害発生時における課題と対応策を検討するための参考とするため、既存の火山ハザードマップや過去の災害事例を参照しつつ、一定の被害の程度を想定したものである。

○本資料に記載の被害想定は、精緻な計算や調査に基づいたものではなく、将来、特定の火山で発生する被害を想定したものではないことに留意されたい。

想定する溶岩流



溶岩流による災害は、富士山ハザードマップ検討委員会報告書(平成16年6月)に示される溶岩流ドリルマップを参考した。シミュレーションは、溶岩流の総噴出量**7億 m^3** 、噴出率**200 m^3/s** とし、13の火口を対象に実施している。ただし、各方向への噴火現象は同時に発生するものではない。

溶岩流シナリオは、御殿場市に最も近い火口を対象(図参照)とし、スコリアの噴出後、溶岩の流出が始まり、**2日後に御殿場市に到達、3日後に裾野市に到達した後、2週間後に溶岩流出が止まるシナリオとした。**

シナリオの対象とした溶岩流

溶岩流の対策

溶岩流は、火砕流、岩屑流、泥石流等に比べて著しく流下速度が遅いため、人的被害をもたらすことは非常に少ない。しかし、1983年三宅島の溶岩流は集落まで到達し340棟の家屋を埋没させた。また、1986年伊豆大島の溶岩流は1万人程度の島民が全島避難した。いずれの溶岩流災害とも1人の犠牲者も出さなかったが、大きな経済的被害をもたらした。

上記より、溶岩流のハード対策は、事前対策と発生中対策が考えられる。

日本および海外(ハワイ、イタリア、アイスランド)の事例からハード対策工法を下表に示す。

ハード対策	方法	対策時期	メリット	デメリット
導流堤	土堤、矢板、大型コンクリートブロック等を用いて導流堤を設置し、保全地域に向かう溶岩流の流向を海、原野等に誘導し被害を軽減する。 地面を掘削し、導流溝を作る方法も有る。	事前	導流堤により溶岩流を保全地域から遠ざけることができる。	火口位置を予め特定できない火山では、導流堤の路線設定が困難。
		発生中	溶岩流の動きを見ながら柔軟に導流堤の線形を決定することができる。	材料・施工機械等の確保に時間がかかる場合、間に合わない。民間の用地に設置できない。流向を決定するための地権者等の調整に時間がかかる。
散水	溶岩流に海水等を散水し冷却することで固化させ、溶岩流の流れを止めたり、流向を変える。	事前	事前の対応は出来ない。	
		発生中	消防等のポンプ車などを使用することにより、コストが安い。	海等が遠い場合、水の確保が難しい。流速が早いうちは効果が薄い。
爆破	火薬を用いて溶岩流の流路を変える。(ハワイのマウナロア火山)	事前	事前の対応は出来ない。	
		発生中	対策に係る時間が短い。	住宅等が近い場合には、実施出来ないと考える。

【参考資料】溶岩流対策工法の事例

伊豆大島

1986年11月21日三原山の噴火により、溶岩流が元町地区に流出し、全島民が島外へ避難した。

元町地区の市街地に迫る溶岩流を食い止めるため、24日から海水放水を開始し、自然冷却との相乗効果により、26日に溶岩が停止した。 ※放水開始時点で流速はかなり衰えていた。

溶岩流対策工の整備(伊豆大島総合溶岩対策事業)

1986年の災害を踏まえ、大島島内4地区における溶岩流対策および19溪流における泥流対策施設の予防的な整備を実施する。
(全体計画:溶岩導流堤4箇所、堆積工7基、えん堤工80基、流路工約22km)



山頂火口からあふれ出る溶岩(昭和61年11月)



溶岩流先端における放水活動(集落から約200m)
(昭和61年11月)

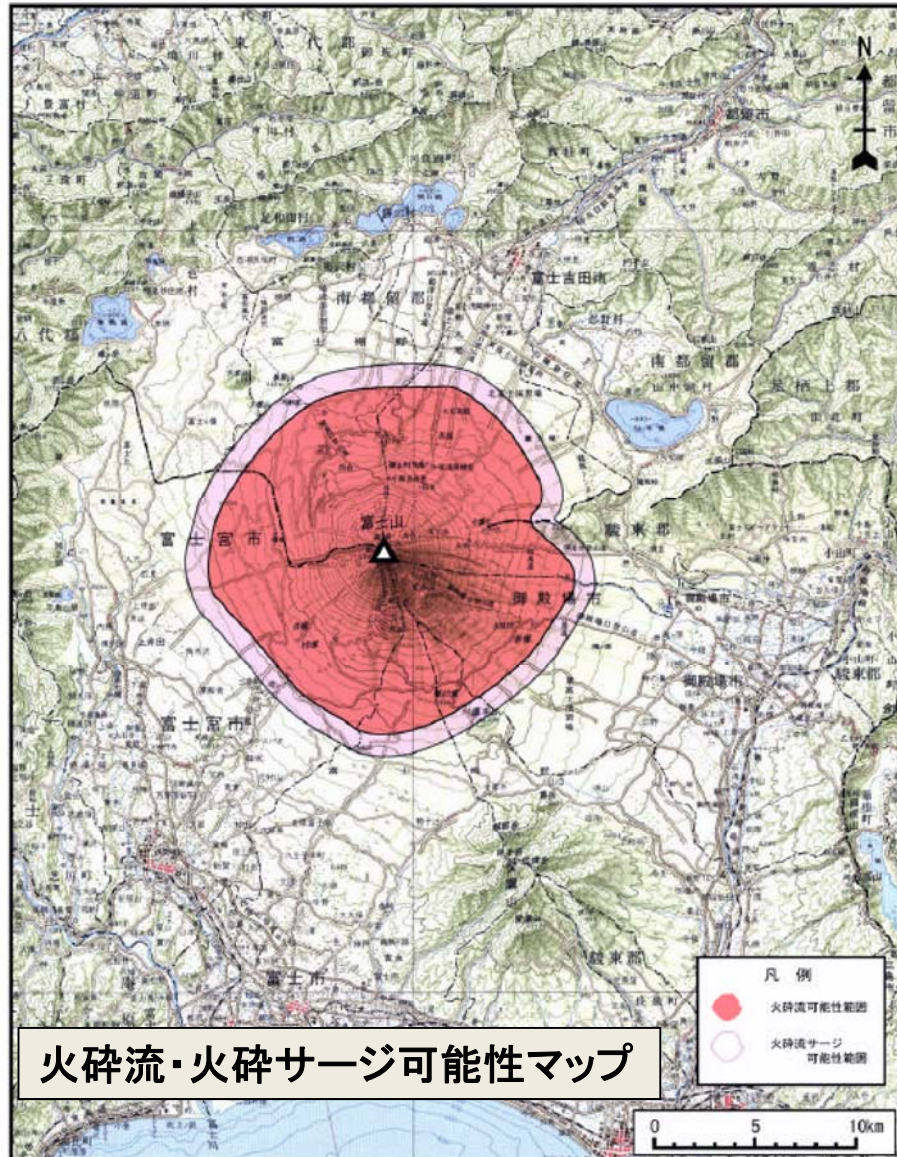


溶岩導流堤の整備状況



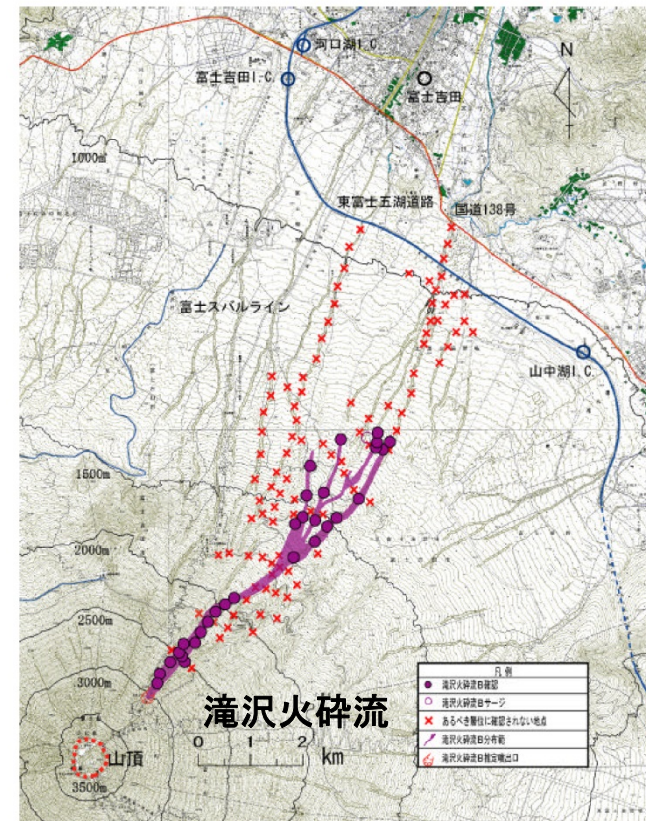
想定する火砕流(噴煙柱崩壊型)

想定する火砕流(噴煙柱崩壊型)は、富士山において想定している火砕流(火砕丘の崩壊型:噴火実績最大である滝沢火砕流と同量の**240万m³**)の可能性マップより、広範囲に到達することが予想される。



火砕流(噴煙柱崩壊型)シナリオは、富士山の火砕流・火砕サージ可能性マップより広範囲に火砕流が到達する場合を想定した。
噴火現象

- 前兆現象 : 火山性微動の増加等
- 噴火の発生 : 20,000mの噴煙柱
- 火砕流の発生 : 全方位への噴煙柱の崩壊
(避難対象者:10万人を仮に想定)



火砕流(溶岩ドーム型)

火砕流(溶岩ドーム型)は、**溶岩ドームの成長と火砕流の発生を、4年以上継続**させた雲仙普賢岳1990年ー1995年噴火を参考にして、火砕流の総噴出量**1億m³**、流走距離**約5km**とした。

火砕流(溶岩ドーム型)シナリオは、噴火口において新しい溶岩ドームが成長を始め、4日後に**溶岩塊が崩壊し火砕流を繰り返し発生**、**約1週間後に成長を加速していた溶岩ドーム底部が地すべりの的に大崩壊**し、最大規模の火砕流を発生させた。この火砕流発生から**約5年間にわたって溶岩ドームの成長と崩壊、火砕流の発生を繰り返す**。さらに火砕流に伴う降灰により、降雨時には泥流の継続的な発生を想定したシナリオとした。



雲仙普賢岳噴火の様子と火砕流到達範囲

災害教訓の伝承に関する専門調査会報告書平成19年3月1990-1995雲仙普賢岳噴火 内閣府(防災担当)より抜粋

2時間で10万人を避難させるために

想定される避難手段

- 鉄道(JR、私鉄)
- トラック(自家用、営業用)
- 自衛隊車両
- バス(公営、民営)
- 自転車
- 自家用車
- ヘリコプター(警察、民間)
- 徒歩

(例)バスによる避難(富士山の場合)

- 富士山周辺の市町村に営業所を置く、主要バス事業者のバス保有台数 …… **約500台** ※1
- 1回に乗車できる避難者数 : $500(\text{台}) \times 50(\text{人}) = 25,000(\text{人})$
(10万人を避難させるには**4往復**が必要)

- (1回目) ●乗車に要する時間 : 10分
- 移動に要する時間 : 30分 (移動距離 10km ÷ 時速20km)
- 下車に要する時間 : 10分
- 麓に戻る時間 : 30分
- (2回目) ●乗車に要する時間 : 10分
- 移動に要する時間 : 30分



利用可能なバスを全て利用しても、時間内に避難が可能なのは、約半分の約5万人。
⇒ **バス以外の避難手段が必要!**

※1 火山周辺地域におけるバスの保有状況 (主要バス事業者)

営業所所在	乗合タイプ	貸切タイプ
富士吉田市	35	10
富士河口湖町		34
三島市 (2社分)	69	37
御殿場市	30	9
富士宮市 (2社分)	34	14
富士市	65	27
沼津市	94	29
計	327	160

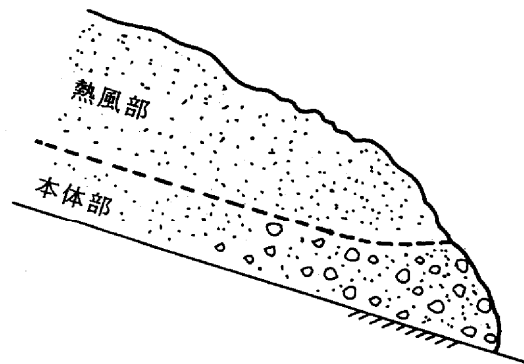
避難時の課題

- ・ 全てのバスを避難に利用できるとは限らない。
- ・ 道路交通規制が行われない場合、渋滞が発生し、移動に要する時間が大幅にかかる可能性あり。

火砕流の対策

火砕流は、その**発生が突発的で高温・高速で流下**するため、火山現象の中でもっとも危険な現象のひとつである。1902年の南米マルチニク島のプレー火山の火砕流では28,000名、1991年雲仙普賢岳で43名、1993年フィリピンのマヨン火山の火砕流で70名の犠牲者が出ている。

上記より、**火砕流のハード対策は発生後は不可能である**。よって、主な火砕流対策は、ハード対策(事前対策)と発生中の避難対策施設と考える。



火砕流の流動模式図

火砕流の流れの表面は、左図のようになっていると考えられ、フロント部の流れの厚さは小さく、フロント部よりわずかに後部において煙の上昇が著しく、上層の雲のような無数の渦ができていく部分は刻々とその断面を増やしていく特徴がある。

流れの低層付近(本体部)は、比較的層流に近い流況を示し、上部(熱風部)は、微細な粒子がまわりの気体を連行しながら膨張していく。

よって、ハード対策工は、下層の本体部と上層の熱風部の両方について対策する必要がある。

ハード対策としては、**雲仙普賢岳において、流路工または砂防ダムの上端部に柵工を設置した事例**がある。本対策は、火砕流の下層(本体部)の対策として流路工または砂防ダム、上層(熱風部)の対策として柵工を設置したものである。(次ページ参照)

○火砕流発生時の緊急避難施設

火砕流シェルター

雲仙普賢岳1994年噴火では、砂防工事等の安全対策として火砕流シェルター(右写真)が設置された。

設置後、設置地点まで火砕流が到達しなかったため、効果が検証できていない。



火砕流シェルター(雲仙普賢岳)

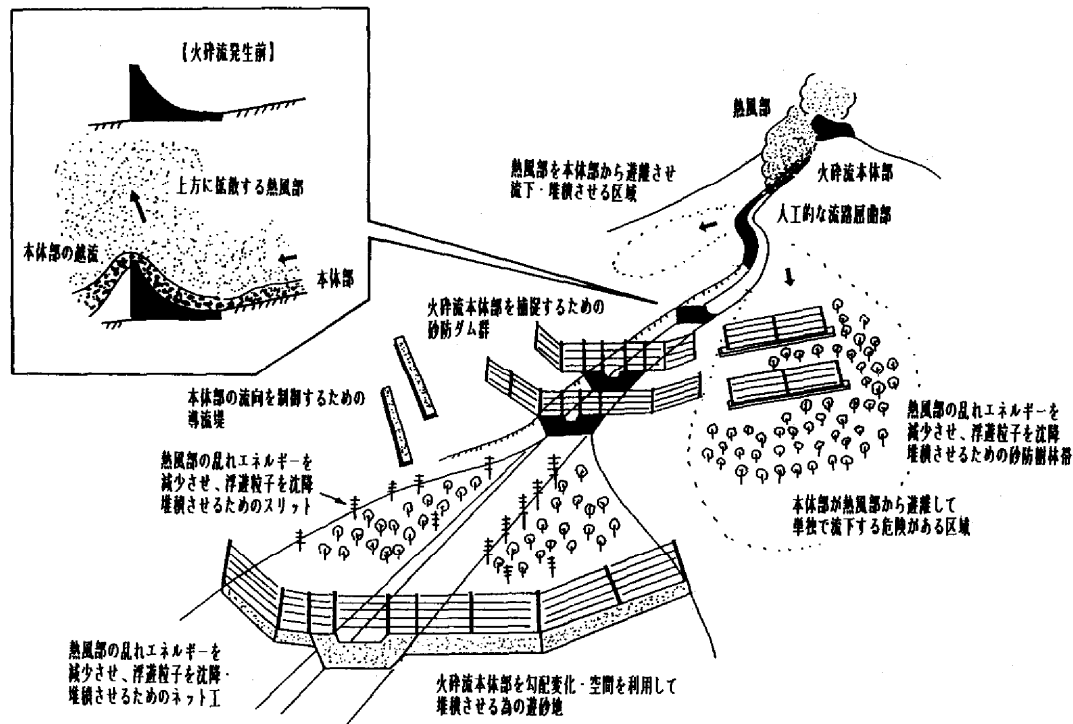
【参考資料】火砕流対策工法の事例(その1)

1) 火砕流本体部の対策工

火砕流本体部は、高温の粒状体の重力流動としての力学的特性をもっている。また、層流としての流動特性を示し、濃度も高く、勾配が小さくなると粒子間の準性的な塑性状態での応力が働き停止するようになる。したがって、溪床勾配を緩くする砂防ダム群、流路工などの流出抑制機能をもった施設が有効である。

2) 火砕流熱風部の対策工

火砕流熱風部は、溶岩塊からのガスの発砲や気体の乱れが粒子を浮遊させながら流下し、流路の屈曲部では、本体部から遊離してその強い慣性のために単独で流下する場合がある。したがって、本体部の対策工のみでは、熱風部がそれらの施設を容易に越流してしまうので有効ではない。熱風部の停止は浮遊している粒子が沈降することによって達成されるので、粒子を沈降させ、気体の乱れを抑えて、乱れエネルギーを散逸させることが重要となるため、規模の大きなネットやスリットを流下区間に設置することが有効である。



火砕流対策工の概念図



雲仙普賢岳に施工された火砕流熱風部対策用の柵工

出典:「火砕流の運動・堆積機構と災害防除に関する砂防学的研究」山田孝、北海道大学農学部演習林研究報告第52巻(1995)

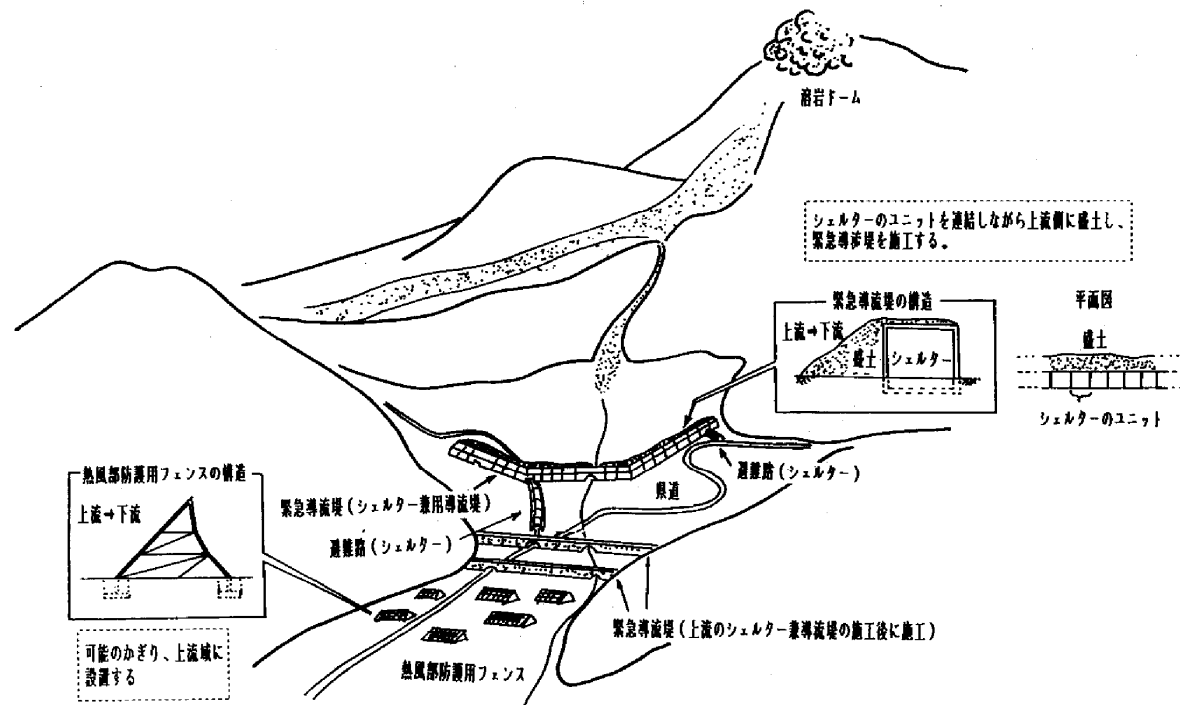
【参考資料】火砕流対策工法の事例(その2)

3) 噴火中の火砕流対策工

火山噴火中に火砕流の流下・堆積区域内の必要箇所に施工することは非常に危険が伴うため、**火山活動が開始する前や沈静化した後、あるいは砂防施設の無人化施工などの実用性が確認された後でなければ、このような対策工の実施は困難**である。ただし、火砕流による災害を防止・軽減するための暫定的なハード対策として、火砕流発生時の場合の対策工施工に係わる作業員の緊急避難体制を確立し、それに基づき下流域での対策工を行うことは可能である。

火砕流本体部を捕捉するための**緊急導流堤**、熱風部の乱れのスケールを低減させ、浮遊している微細粒子の沈降を促進させるための**フェンス工**からなる。緊急導流堤は、コンクリート製のシェルターのユニットを作業工程に合わせて連結し、対策工として必要な長さを施工する。シェルターの上流側には盛り土をして、火砕流本体部の衝撃力をできるだけ吸収し、シェルター本体に作用する応力を低減させる。

フェンス工は、飛行場などで用いられているプラストフェンスのような設置が簡易な構造として、できるだけ多くのフェンスを必要箇所(できるだけ上流部)に迅速に設置する。



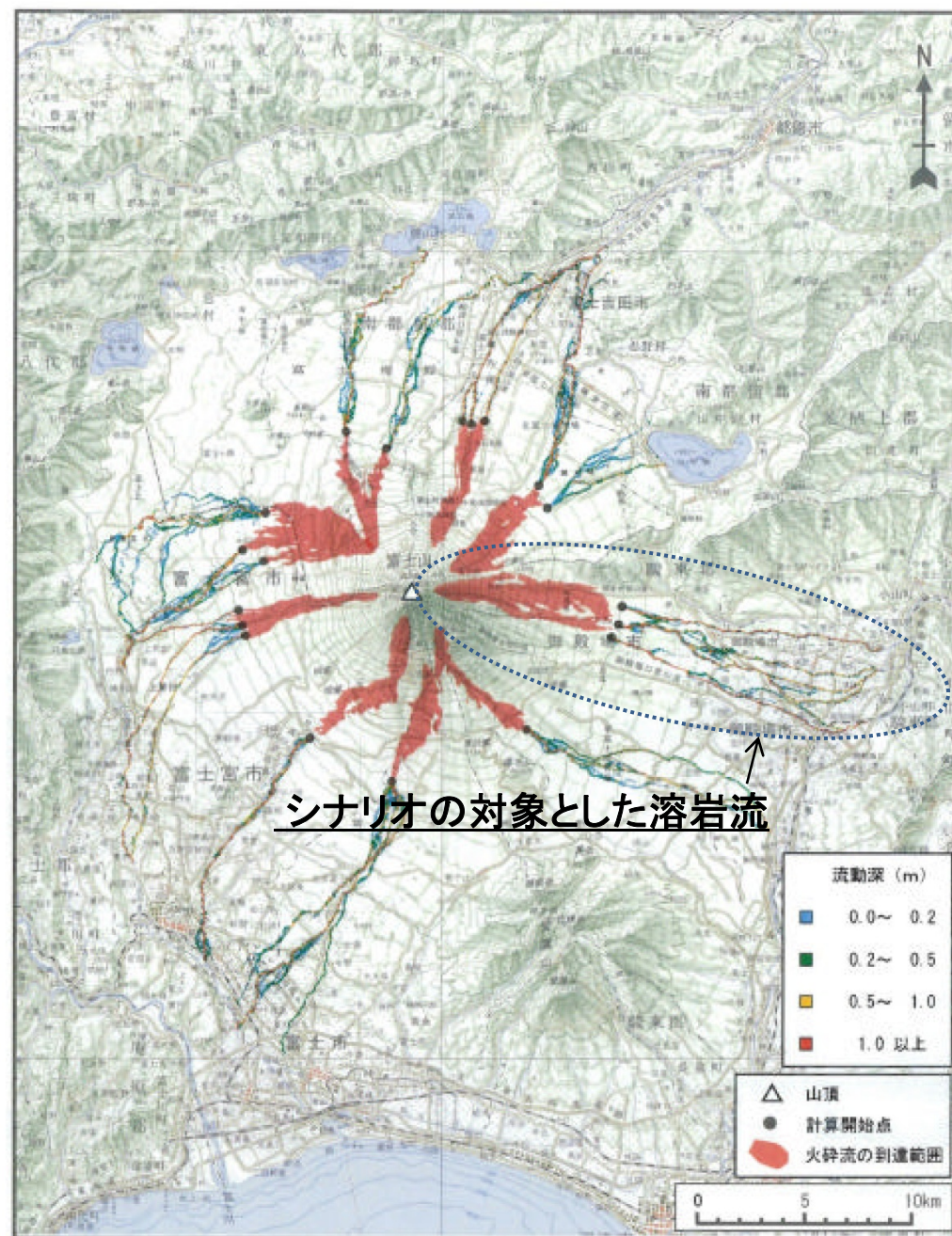
噴火中の火砕流対策工

想定する融雪型火山泥流

積雪期に火砕流が発生すると、火砕流本体部の高熱によって融雪型火山泥流が発生する。

火砕流到達範囲および融雪型火山泥流範囲は、富士山ハザードマップ検討委員会報告書(平成16年6月)に示される融雪型火山泥流ドリルマップを参考に、火砕流温度 500°C 、積雪深 50cm 、総泥流量 160万m^3 、ピーク流量 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ とした。

融雪型火山泥流シナリオは、積雪期(12月)に噴煙柱約 $10,000\text{m}$ 立ち上がる噴火が発生し、その3時間後、噴煙柱崩壊型の火砕流が東側山腹へ流下し、火砕流の熱で斜面積雪が融かされて融雪型火山泥流が発生するシナリオとした。



融雪型火山泥流ドリルマップ

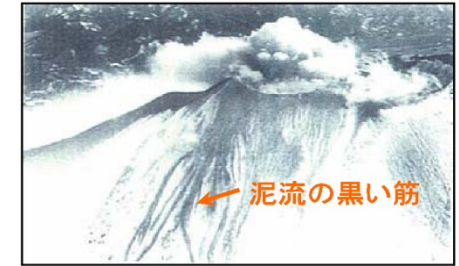
融雪型火山泥流対策工法の事例

浅間山における火山噴火緊急減災対策による融雪型火山泥流の対策例

浅間山の火砕流・融雪型火山泥流

天明3年(1783年)の大噴火等、過去に火砕流や火山泥流により甚大な被害が発生している。

また、**中規模噴火(2000年有珠山規模相当)が20年に一度程度の頻度で発生**しており、国内の火山の中でも極めて活発的である。



1973年2月の噴火による噴煙・火砕流の様子と発生した融雪型火山泥流

ソフト対策

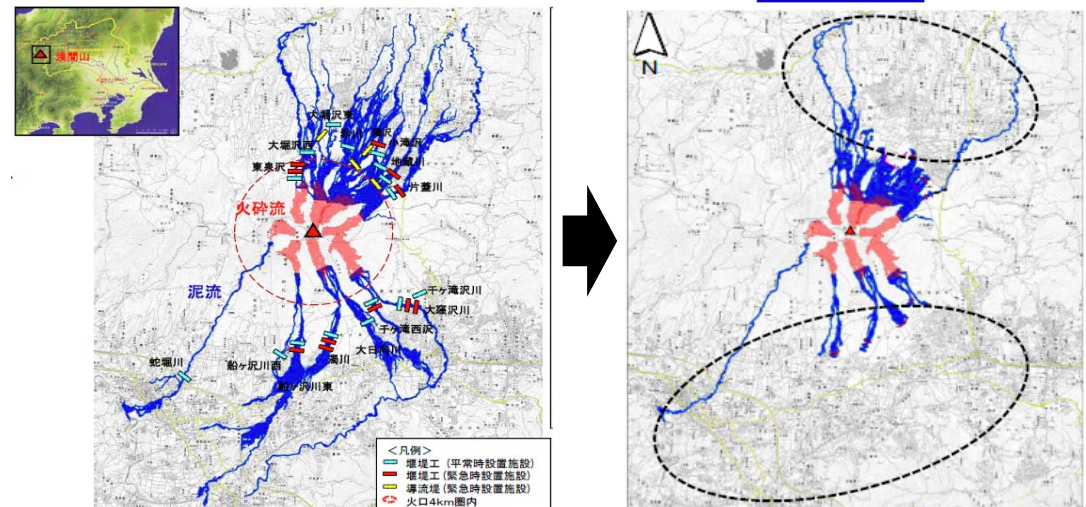
- ・監視・観測機器の設置
- ・融雪型火山泥流についての火山ハザードマップの作成
- ・火山防災協議会における浅間山ロールプレイング式防災訓練等



ハード対策

- ・砂防えん堤 : **27基**
 - ・導流堤 : **4基**
- (砂防えん堤16基事前に整備、残りは3カ月前に噴火の前兆現象を覚知できると仮定して緊急的に整備する計画)

事業期間 : 平成24年度～平成38年度(予定)



出典:平成24年度 浅間山直轄火山砂防事業 国土交通省より

【参考資料】火山噴火緊急減災対策砂防計画

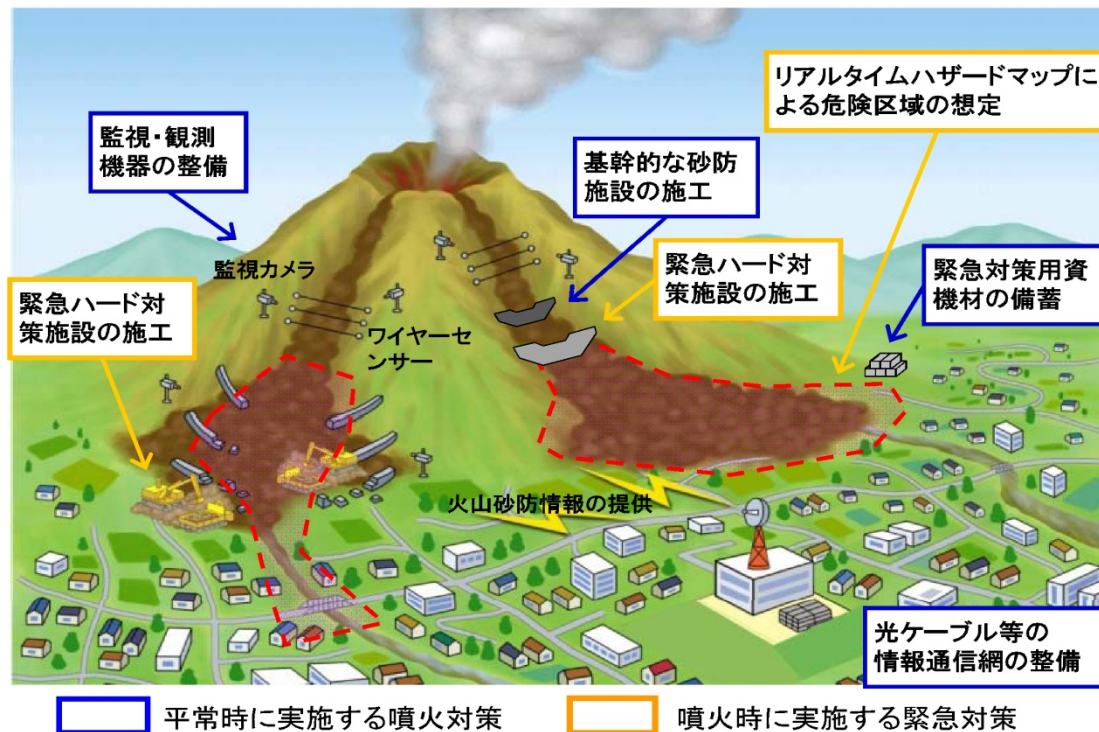
火山噴火緊急減災対策砂防計画とは、火山噴火時に発生が想定される溶岩流、火山泥流、土石流等の土砂災害による被害を軽減するため、地方整備局及び都道府県の砂防部局が策定するハード・ソフト対策からなる火山噴火時の緊急対応を定めた計画。

計画策定にあたっては、砂防部局が火山毎に設置する学識経験者、気象庁や自衛隊、消防、警察などの関係機関及び都道府県や市町村などにより構成される検討会等により検討する。

【対象火山】

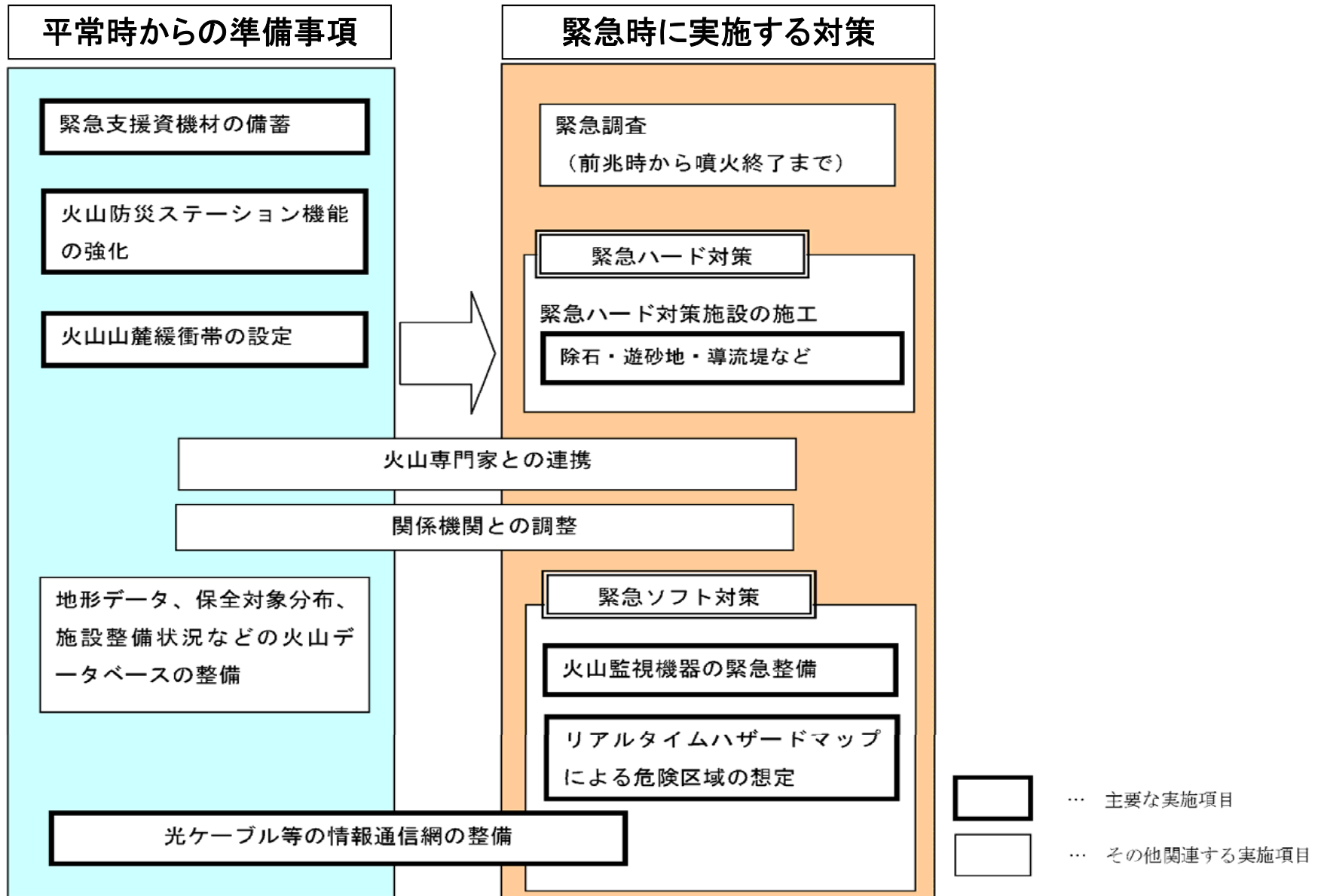
日本列島の活火山110火山のうち、火山活動による社会的影響が大きく、火山活動が活発で、ハードマップが作成されている以下の29火山を当面の対象とする。

雌阿寒岳(北海道)、十勝岳(北海道)、樺前山(北海道)、有珠山(北海道)、北海道駒ヶ岳(北海道)、岩木山(青森県)、秋田焼山(秋田県)、岩手山(岩手県)、秋田駒ヶ岳(岩手県・秋田県)、鳥海山(秋田県・山形県)、蔵王山(宮城県・山形県)、吾妻山(山形県・福島県)、安達太良山(福島県)、磐梯山(福島県)、那須岳(栃木県)、草津白根山(群馬県)、浅間山(群馬県・長野県)、新潟焼山(新潟県)、焼岳(長野県・岐阜県)、御嶽山(長野県・岐阜県)、富士山(山梨県・静岡県)、伊豆大島(東京都)、三宅島(東京都)、鶴見岳・伽藍岳(大分県)、九重山(大分県)、阿蘇山(熊本県)、雲仙岳(長崎県)、霧島山(宮崎県・鹿児島県)、桜島(鹿児島県)

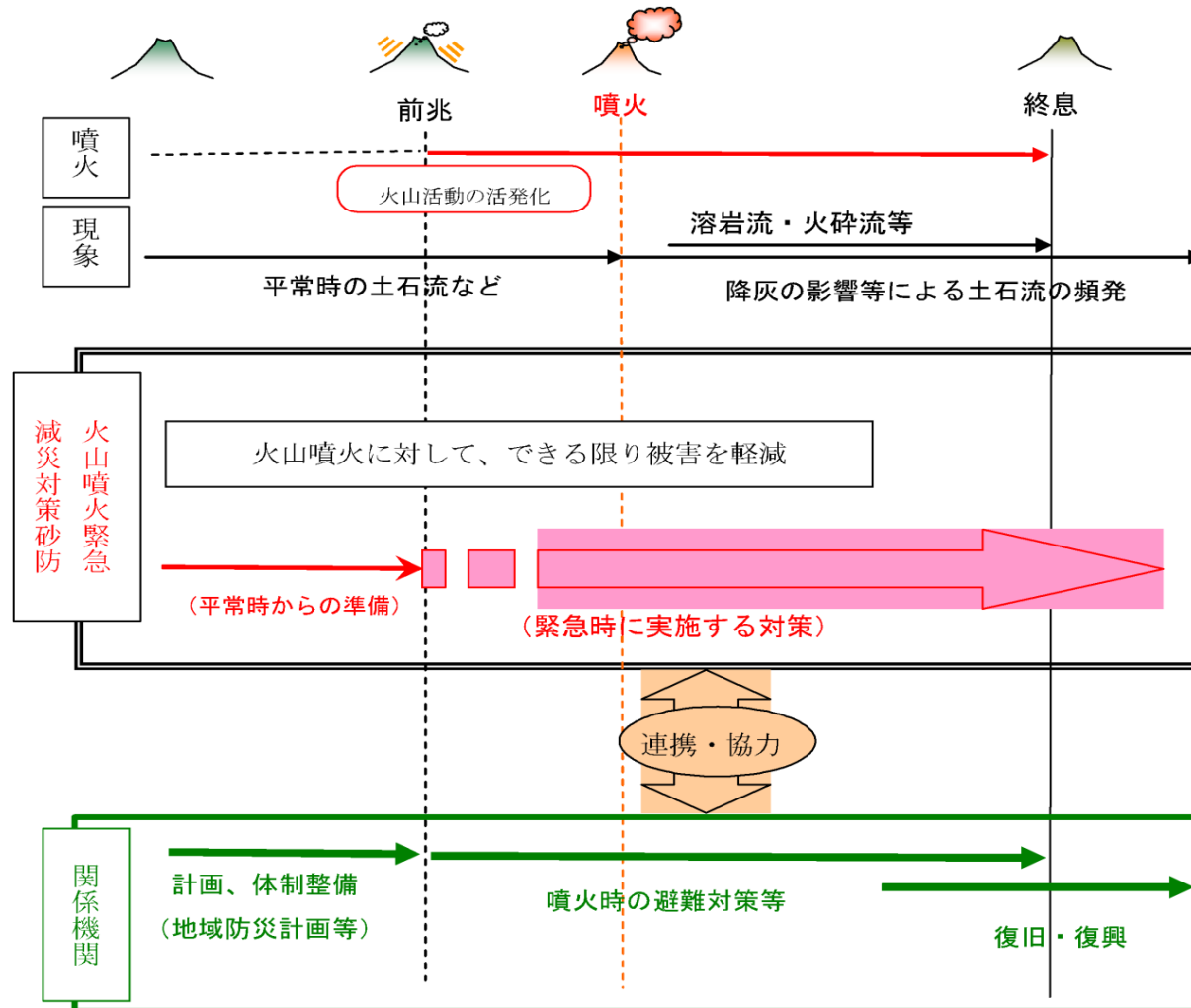


火山噴火緊急減災対策イメージ

火山噴火緊急減災対策砂防の内容



「緊急時に実施する対策」は、火山情報等を参考に火山噴火の前兆現象が発生した段階で着手する。この際、必要に応じて、市町村や関係機関等との連携を図る。また、火山噴火緊急減災対策砂防を終了する時期は、火山専門家などの火山活動の見込みに関する集約意見を参考にして、噴火による被害や土石流の集中的発生が減少したと判断された時点までとする。



火山噴火の推移と火山噴火緊急減災対策砂防の関連