

令和元年度 測量の日記念講演会

解ってきた桜島大噴火後の 大隅半島の惨状

令和元年6月3日

三田和朗 技術士 応用理学 総合技術監理
鹿児島大学地震火山地域防災センター

大規模噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取り組み専門部会
交通への影響ワーキンググループ主査

噴煙の風下側が大被害



2011年 チリ プジェウエ・コンドル・カウジェ火山

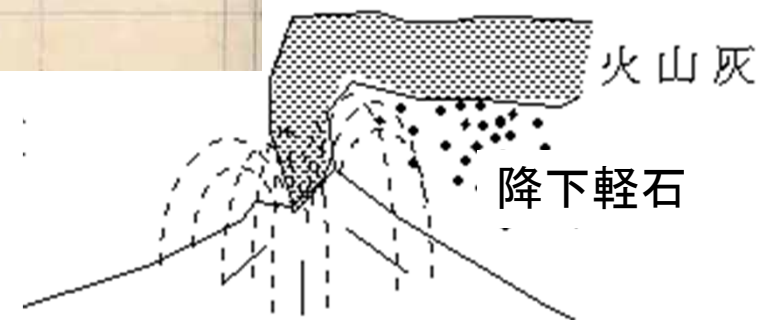
2011年 噴煙の高さ10km

参考 桜島大正噴火の噴煙の高さ 18km

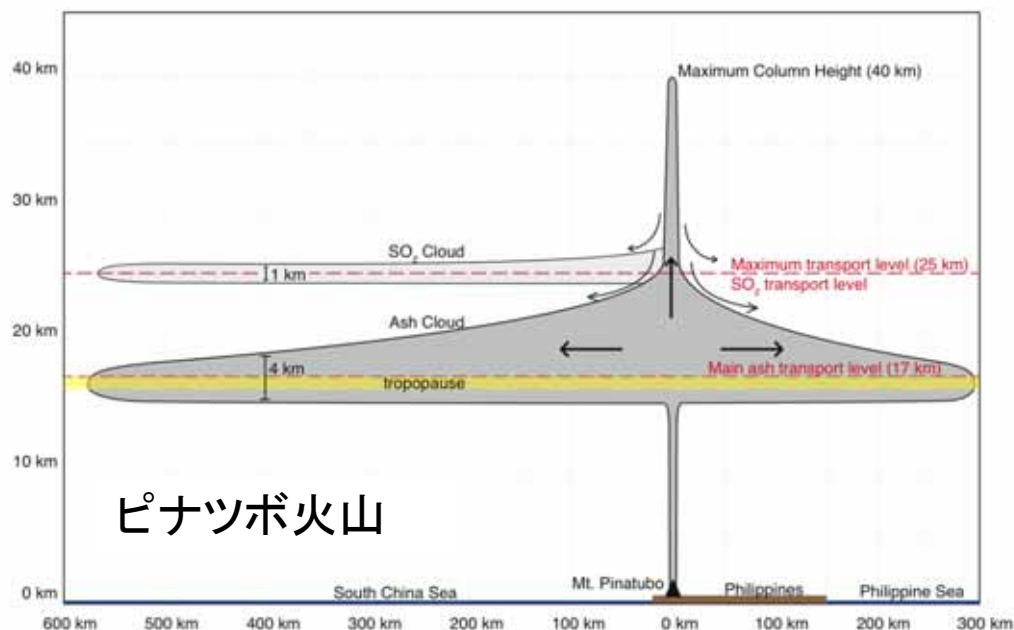
(井口教授の推定 8000mは低すぎる)

火山から100km離れた湖の湖に打ち寄せられた軽石

噴煙の傘に多量の軽石や火山灰が含まれる



桜島大正噴火の火山灰飛来範囲



ピナツボ火山



リダウト火山 アラスカ 1990年噴火の写真
2009年には、火山灰の高さ15kmの噴火

郡役所の記録では、**肝属郡で22名の死者行方不明者が記録され、御下賜金（1回目）**がその家族などに給付されている。

郡別	市	種別	死	傷	行方不明
鹿兒島市	鹿兒島市	村外ニケ村除ク	一五	九	一
谷山村	谷山村	村	一	六	一
東櫻島村	東櫻島村	村	一	一	二
西櫻島村	西櫻島村	村	一	一	一
牛根村	牛根村	村	四	一	一
計			三五	一二	二三

県が記載した噴火と地震による
死者行方不明者数
出典：櫻島大正噴火誌 鹿兒島県 1927 年

死亡者及行方不明者(人名簿)	世帯主	非世帯主	別記	連記	肝属郡
牛根村	二人	世帯主ナシ	非世帯主二人	金四拾圓	一〇五
垂水村	三人	全全	二人	金六拾五圓	
新城村	四人	全全	二人	金九拾圓	
鹿屋町	三人	全全	三人	金六拾圓	
田代村	一人	全全	ナシ	金貳拾五圓	
佐多村	五人	全全	三人	金百拾五圓	
大根占村	四人	全全	二人	金九拾圓	
一、死者及行方不明者	二十二名	此金四拾八圓			

追加資料 正確なことは資料が残っておらず不明
この方々は、**東櫻島村で行方不明になった方々の親族の可能性が考えられる。**

櫻島爆發肝属郡被害始末誌p.106 出版鹿児島縣肝属郡役所
暴風雨被害に関する御下賜金(2回目) 6月3日～8月下旬分

東桜島村の死亡者 行方不明者	移住地	世帯主	非世帯主
	佐多村	3	2
	大根占村	2	2
	新城村	2	2
	鹿屋町		3
	垂水村		1
	田代村	1	
			合計 22名

肝属郡内の死亡者 行方不明者	村名	世帯主	非世帯主
	垂水村	1	1
	牛根村		2

肝属郡方面の避難者は多数の事でもあり、且つ同郡も降灰の惨害を受け且つは郡を同じうせざる故など種々の事情の下に充分の手当行き届かぬ村の救助を受けないものが多く、糊口（やっと食べていけるような貧しい生活を送るという意味）に窮するもの少なからず。

大正三年櫻島爆發遭難録p.13 鹿児島郡東桜島役場 1925年

住宅の倒壊埋没亡失と村外移住

村 名	住宅の倒壊埋没 及び亡失	村外移住 (降灰による耕作不能または 水害危険のため)
牛根村	652戸	114戸
百引村	27戸	275戸
高隅村	7戸	18戸
垂水村	16戸	—
計	702戸	407戸

肝付郡役所記録 (1914年11月15日報告)

肝属郡内の官有地移住と任意移住の戸数 桜島郷土誌

移住元の村名	官有地移住戸数	任意移住戸数	計(戸数)
牛根村	3	652	655
百引村	41	224	265
垂水村	63	0	63
市成村	12	18	30
西志布志村	1	0	1
高隅村	0	22	22
計	120	916	1036

西志布志は、桜島から30kmも離れているが、西志布志村の西部は20～40cmの堆積範囲である。この資料によると、肝属郡内で約6000～7000名の人々が移住したことになる。

飢えに泣くものその数を知らず

鹿児島県の肝属郡の噴火被害と対策をまとめた出版物(1915年頃)
【肝付郡役所の記録(現代語訳) 第4章の「一般罹災者救助」p.103】

桜島の大噴火は、住民の家を奪い、耕地を奪い、避けるこ
とが出来ない災害をもたらしたのみならず、桜島の隣接地
である肝属郡の住民は同じく被害を被り、飢えに泣くものそ
の数を知らず、さらに六月と八月には暴風雨の被害が激甚
で、如何にして助かり得るのか、無残の極みである。...

なぜ大隅半島の対策が見逃されたのか

鹿児島市 1994年には初版の公開始まる 国土交通省大隅河川国道事務所2007年
桜島火山防災検討委員会火山防災啓発検討部会



桜島大噴火で予想される降灰地域
調査製作 砂防地すべり技術センター 2007年

県の噴火誌(1927年)は、桜島と鹿児島市の被害を中心に記載(大隅半島の記載は少ない)
県のハザードマップが無い！



8割がた大隅半島へ噴煙は流れる

(気象研究所2016年の解析結果)

表-2 桜島火山大噴火後の降灰(軽石)堆積方向

2016年 気象研究所の新堀氏の解析モデルを利用 毎日の数値は降灰方向 東を0度とし360度で記載。

月/日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
12	2015年																												10	10	352
1	11	4	6	9	19	26	11	12	3	11	20	5	9	7	4	354	22	3	341	347	5	3	8	8	0	1	8	19	22	19	10
2	7	5	350	4	16	12	16	253	248	256	4	9	16	10	3	1	1	11	35	33	3	11	8	8	7	10	16	21	0		
3	358	2	0	12	21	32	257	13	11	14	10	6	11	350	350	334	355	12	334	0	349	0	9	6	18	22	26	322	0	3	7
4	335	0	12	5	0	14	12	9	8	5	356	353	22	350	343	19	15	20	355	12	18	19	18	16	358	9	20	10	343	3	
5	344	12	18	354	23	10	359	14	10	30	0	14	327	343	29	31	11	5	18	346	350	90	137	13	350	347	351	348	2	352	354
6	354	339	348	13	15	34	0	39	15	14	13	13	10	9	16	19	21	29	8	14	343	9	350	11	14	340	9	15	32	14	
7	29	39	45	32	118	75	75	26	4	15	23	30	0	326	318	31	43	43	42	255	235	243	249	231	217	236	242	216	209	224	255
8	265	217	308	233	179	131	90	1	337	193	159	170	257	242	248	304	234	219	240	224	224	280	224	228	212	270	344	39	359	5	9
9	47	87	123	37	24	15	17	12	6	10	63	37	34	9	8	34	25	35	96	24	30	35	22	10	32	90	8	12	7	25	
10	92	69	43	76	30	0	18	17	9	0	359	357	2	2	347	1	359	351	349	345	345	346	352	353	0	357	357	359	8	360	16
11	11	10	5	3	346	318	352	358	4	24	11	3	359	1	354	356	358	4	0	10	13	4	14	356	1	15	21	3	4	12	
12	13	7	360	6	11	3	359	11	359	4	345	1	8	4	1	2	4	18	1	359	15	20	0	4	351	354	0	10			

表-2 2016 年の場合の降下軽石堆積方角

30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
209	28	6	7	2	3	2	15	11	2	7	74

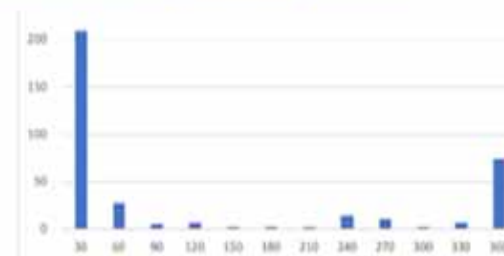


図-2 軽石堆積方向グラフ

ハザードマップとレポートのサイト



①HPに掲載済み

鹿児島大学地震火山地域
防災センターTOP画面

②ハザードマップ

③刊行物発表資料

「桜島大噴火時の交通
対策 暫定レポート
2018年5月版」

噴火直後の高隅村 奥の山肌が白い(軽石)



噴火後の被害は甚大で10年も継続

土石流対策が実施されないと交通復旧は困難

大噴火後に起きる土石流・洪水

牛根の山々に積もった白い軽石

この軽石が牛根村で1年間に6回土石流として流出(垂水村11回)

山麓の集落住民は、何回も繰り返す土石流で、悲惨を極めた。

大噴火後は、世界で最も土石流発生危険性が高い地域
30年以内に噴火ほぼ100% 大隅半島の被災確率8割

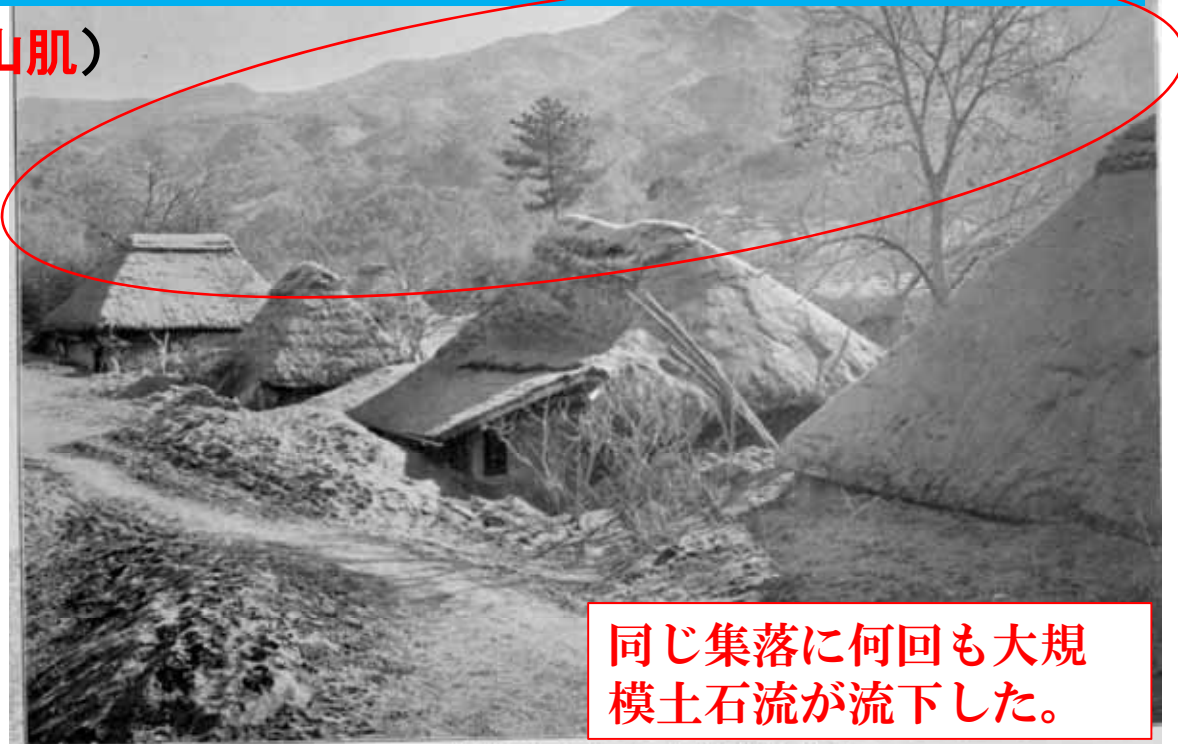
斜面に降り積もった軽石(白い山肌)

1年以内に土石流として流出

日雨量18.9mmでも流出



参考 軽石が降り積もった大噴火後の桜島走行可



同じ集落に何回も大規模土石流が流下した。

家民の村根牛るたれさ没裡に灰積 鹿児島県立博物館所蔵

住めなくなった牛根村

大小河川は灰・砂石のために埋まり、水の流れを見る川とてはなく、雨期に入ってから降灰隻の重量のために傾斜した牛根の山岳部は、何百箇所となく山崩れして、谷から川へ、川から海へ打ち出す間に、耕地と言わず宅地と言わず押し流し、その被害たるや筆舌につくし難く、数年間は安住の気持ちはなかった。桜島爆発によって、牛根村は、全地域のほとんどが再起不能の状態に立ち至った。

出典：垂水市史料集(八)牛根編 p79 垂水市教育委員会 1989

『牛根麓全滅す 洪水約四百戸を浸す』

肝属郡牛根村麓並びに邊田二部落が八日午前洪水の爲め再び悲惨なる被害を蒙りたる次第は別項記載の如くなるが取調べの爲め八日午後同地に赴き九日午前帰来したる上床保安課長の談に依れば**今回の洪水は八日朝大雨の爲め麓、二川の谷川氾濫し多量の軽石を流下したる爲付近民家にして床上又は床下を埋められたるもの居宅百七棟厩舎七十八棟流出居宅二倒壊居宅一棟に達し**幸い人畜には死傷なかりしもこの**洪水のため麓約二百戸邊田約二百戸は殆ど全滅の致命傷を与えられ**桜島爆発避難後僅かに住家を掘りたて帰家したるものも最早家財道具悉く雨水に浸潤し且つ**今後の雨毎に軽石を流下する事は疑わなければ将来はここでも復活の見込みなかるべし**と去れば前記**約四百の住民は、取り合えず全村境部落に避難する事に決したり**と云う天災の止むを得ざる次第とは云へ這般の遭難誠に同情に堪えざるなり。

（一部漢字と文字を現代語に変更した）

住民は移住先でも困難を極めた。

二川だけで床上床下浸水107棟 → 二川の住宅地域はほぼ浸水したことになるのでは

2月8日の日降雨量32.9mm（垂水で観測）

多発する土石流・洪水の被害

垂水村の土石流発生例(8月までの記録)

発生日 (1924 年)	被害				降雨強度 (mm)	出典
	死者・行方不明	全半壊流出家屋	床上浸水	橋梁流出	日雨量	
2 月 8 日	0	3	5	1	32.9 (垂水)	下川 1991
2 月 15 日	1	1	60	-	18.9 (鹿児島市)	垂水村郷土誌
2 月 25 日	0	2	105(浸水)	1	-	下川 1991
3 月 1 日	0	0	0	(道龍川埋没)	-	下川 1991
3 月 6 日	0	30	116	10	42.4 (垂水)	垂水村郷土誌
3 月 8・9 日	(少し大雨がある毎に洪水を起こし、砂石を押し流し来たり。)				-	下川 1991
8 月 22～26 日	0	1	51	-	13～109※	垂水村郷土誌

垂水村より惨状が厳しい牛根村では暮らすことが困難になったと推定される。

大噴火後の土石流の性質

垂水村市木の降下火砕物量からみた流出量の推定 25万m³程度？

1914年3月6日には、日雨量42.4mmの降雨

この時の市木の被害は、「住家流出15棟、厩舎流出12棟、住家半潰9棟、溺死1名、馬溺死1頭、床下浸水家屋40棟、床上浸水家屋39棟、床下浸水厩舎76棟、床上浸水厩舎12棟、田地浸水50町歩」とされている

(下川1991 原著:鹿児島高等農林調査報告書)

◆流出土石流量 ・ 平均水深0.5mとした場合 $0.5\text{m} \times 495,000\text{m}^2 = 24.8\text{万 m}^3$

◆24.8万m³は、市木の上流に堆積した降下火砕物157万m³の6分の1程度に相当



100年超過雨量の10分の1程度の降雨でも、大規模な土石流発生。しかも、それが繰り返す。

$$9917.36\text{m}^2 \text{ (1町歩の面積)} \times 50 \text{ (町歩)} = 495,868\text{m}^2$$

参考 (※牛根村では1年に6回の土石流発生)

空中写真 二川付近

2018年の Google Earth

1948年 大噴火34年後

川沿いに建物
が増える
危険

70年前は、
川沿いに家は無い。



土石流・洪水が起きやすい地形

漏斗の出口に街がある



土石流対策試案例 牛根麓 宮崎川

桜島のプリニー式噴火後の砂防対策として、現在の砂防基準が適正か検討する必要がある。



必要な事業
幅100m程度の流路工整備
橋梁の付け替え
道路の嵩上げ
宅地の嵩上げ

流路工で速やかに
流下させる。

改修が必要 計画流量で著しく変化
集水域3.4km² 1回の流出量 28.3万m³
(堆積厚さ0.5m 1年間の6分の1の場合)
ピーク流量 2,800m³/s

土石流対策試案例 シラス台地

各建設地点の設計を完了し、地権者の承諾も必要である。間に合うか？

● 山岳部直下の砂防堰堤は不要
(民家が無い地域が多い)

土石流分散堆積地
大噴火直前に建設
数年後撤去

数年の仮設構造物 堰堤は「シラス+ソイルセメント」など

砂防堰堤

堆砂池の掘り込み



郡始末誌による堤防と道路の被害

日	郡内の堤防決壊		道 路		橋梁 流出 数
	箇所数	延長(間)	流出及び埋 没箇所数	被災延長 (間)	
6月2～3日	0	0	0	13	0
8月24～25日	44	973	16	643	8
9月30日	20	75	24	141	10
合 計	64	1048	40	797	18
		(1,886m)		(1,435m)	

郡全体の災害を反映してはいない。県管理と村管理？

垂水村のみの記録

肝付郡全体の6～9月の始末誌より遥かに甚大

2月15日の災害分

◆堤防決壊

市来20町 中俣60町

合計80町=8,720m

◆道路被災

市来25町 中俣0町

合計25町=2,725m

(1町=109.09m)

垂水村のみで、1回の災害で、今日の豪雨でも考えられない規模の大被害が発生した。

[illegible]

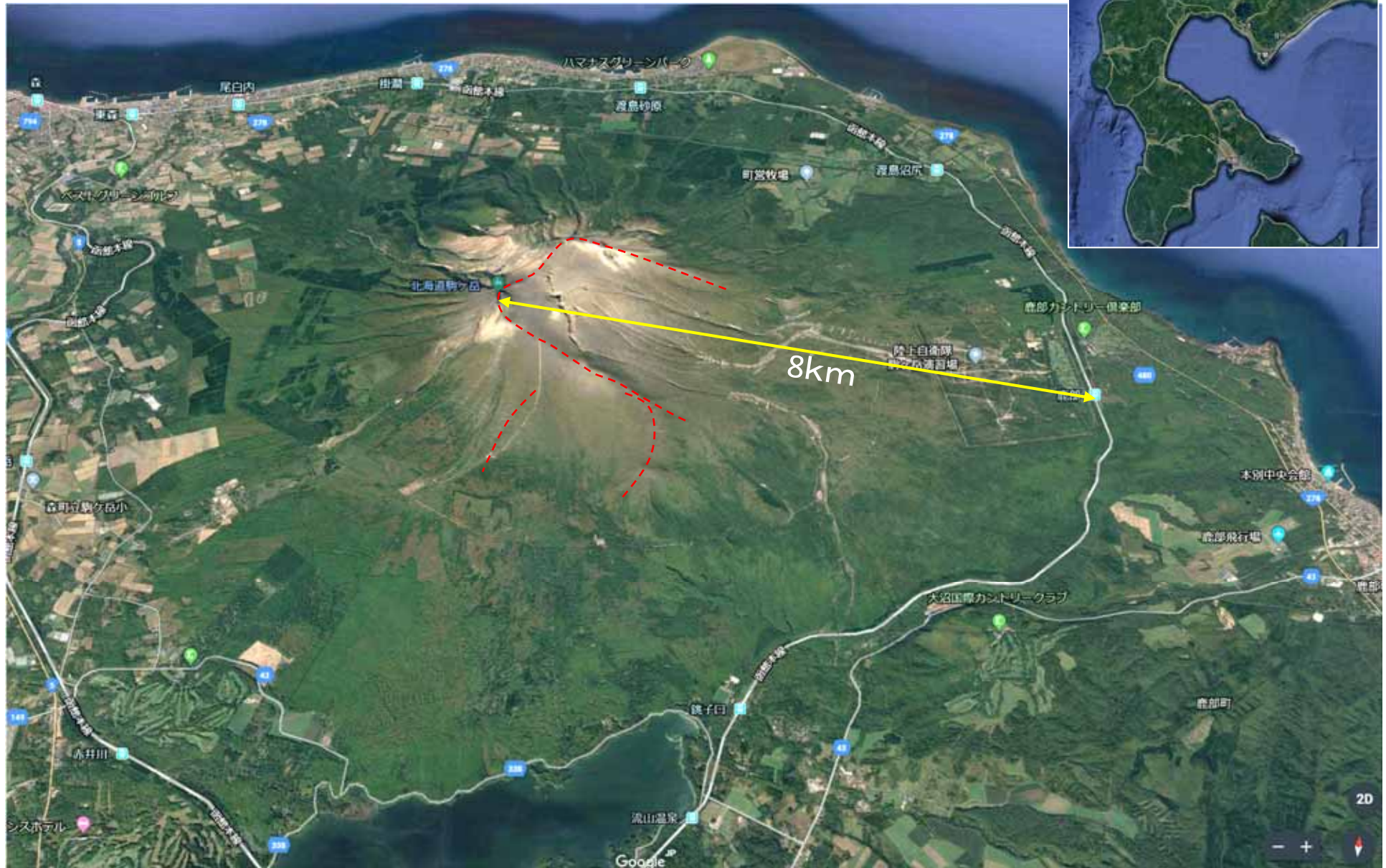
17世紀以降の火山噴火 国内の火山砂防は怎么样了

噴出物の量			
10億m ² 以上		3～10億m ²	1～3億m ²
17世紀以降3億m ² 以上の噴出物を2回以上出した4火山			
17世紀	北海道駒ヶ岳(1640) 有珠山(1663) 樽前山(1667)	北海道駒ヶ岳(1694)	
18世紀	樽前山(1739) 桜島(1779-82)	富士山(1707) 伊豆大島(1777-79) 浅間山(1783) 雲仙岳(1792)	有珠山(1769)
19世紀	磐梯山(1888)	有珠山(1822) 有珠山(1853) 北海道駒ヶ岳(1856)	諏訪之瀬島(1813)
20世紀	桜島(1914)	北海道駒ヶ岳(1929)	薩摩硫黄島(1934-35) 有珠山(1943-45) 桜島(1946) 有珠山(1977-78) 雲仙岳(1990-95)
21世紀	?	?	?

国内主要火山の対策 桜島(大隅半島)整備計画無し

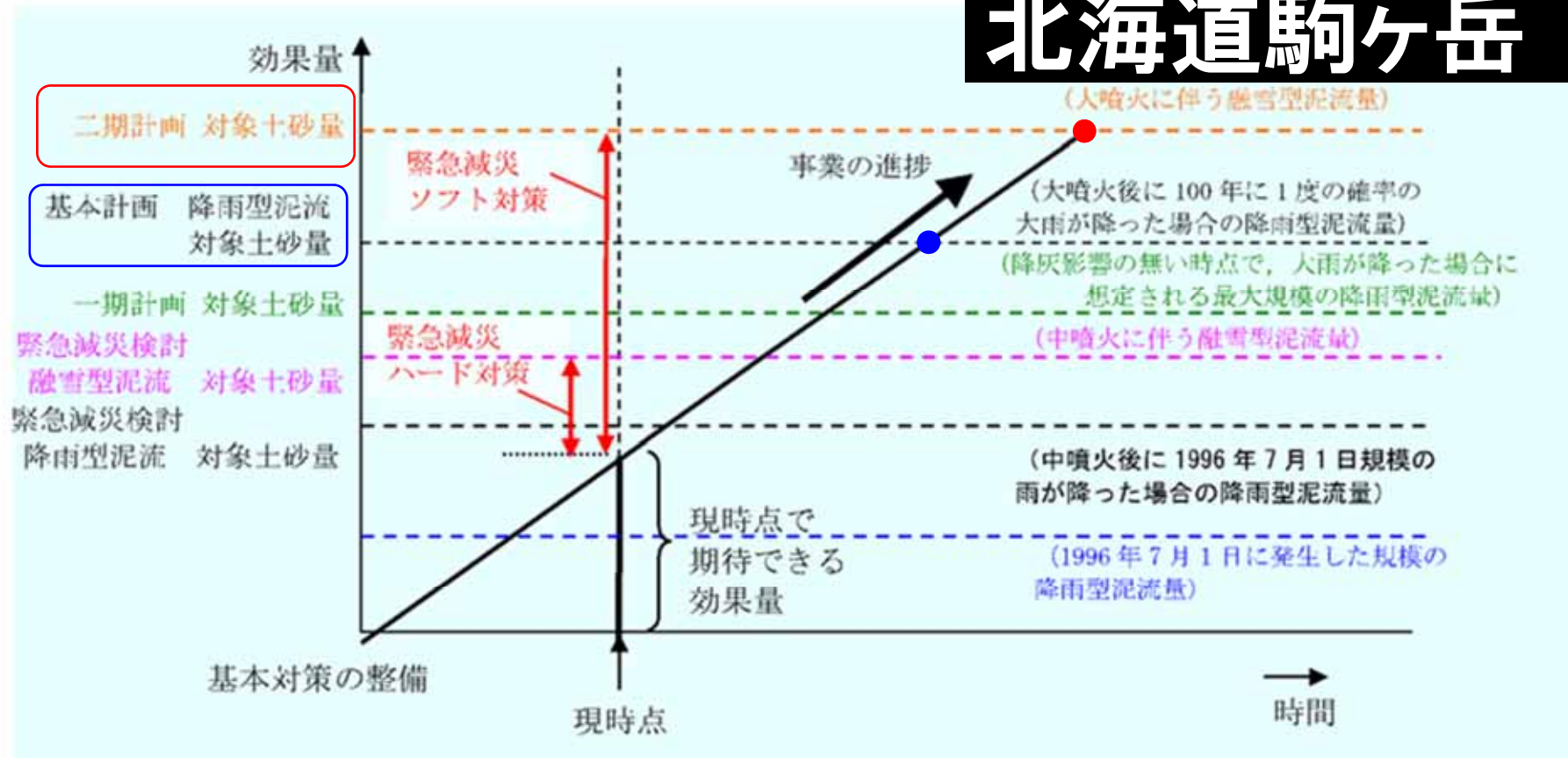
火山	想定規模	現在の整備状況 (ハード対策)	将来整備計画(構想)
桜島(大隅半島)	計画無し	非火山地域と同じ指針で整備中	緊急減災で対応(多量の降下火砕物への対応は現状では困難)
樽前山	過去200年間の最大規模噴火規模噴火で積雪2年確率整備対象土砂量3214万 m^3	融雪型泥流 整備率8% 降雨型泥流 整備率81%	中期目標達成後 融雪型 整備率48% 降雨型 整備率100%
北海道駒ヶ岳	大噴火後に100年に1度の確率の大雨が降った場合の降雨型泥流量	保全対象: 人家884戸、整備率70%(h24年度)	大噴火に対する融雪型泥流に対応
有珠山	[1977年噴火で発生した二次泥流規模に対応済みの状態で2000年噴火を迎え、2000年噴火で発生した二次泥流に施設対応終了(2007年)]	2000年噴火規模の20年確率雨量で発生する二次泥流に対するハードとソフト整備は完成	2000年噴火より大規模な噴火に対応できるハード整備構想
十勝岳	過去最大級の泥流災害を想定する。 富良野川で1330万 m^3/s ※1 美瑛川で610万 m^3/s	富良野川で426万 m^3/s (H22) 美瑛川で610万 m^3/s (H21)	過去最大級の泥流災害に対応できるハード整備(基本計画)

北海道駒ヶ岳



1640年の山頂崩壊で岩屑なだれで津波発生 沿岸で約700名が溺死

北海道駒ヶ岳



●二期計画として、1942年噴火規模(中規模噴火)を想定している。この規模の噴火では、**高温の火砕流・火災サージが発生し、軽石・火山灰の降下で、積雪期には43.3cm(2年超過確率程度)の雪が一気に解け、融雪型泥流が起きることを想定し、ハード対策及び緊急減災対策方針が決められている。**

大規模噴火の歴史 1640年 VEI 5 1694年 VEI 4 1856年 VEI 4 1929年 VEI 4 (死者2名)

●桜島の場合は、雪が無いので、**基本計画レベル(大噴火後に100年に1度の大雨)**で十分な効果あり

有珠山

◆Aゾーン 噴火及び泥流による直接的な被害が著しい区域で、**全ての建築物を禁止**する。

◆Xゾーン 泥流被害の危険性の高い区域で、全ての**建築物を禁止**し、短期的に建築物を移転する。

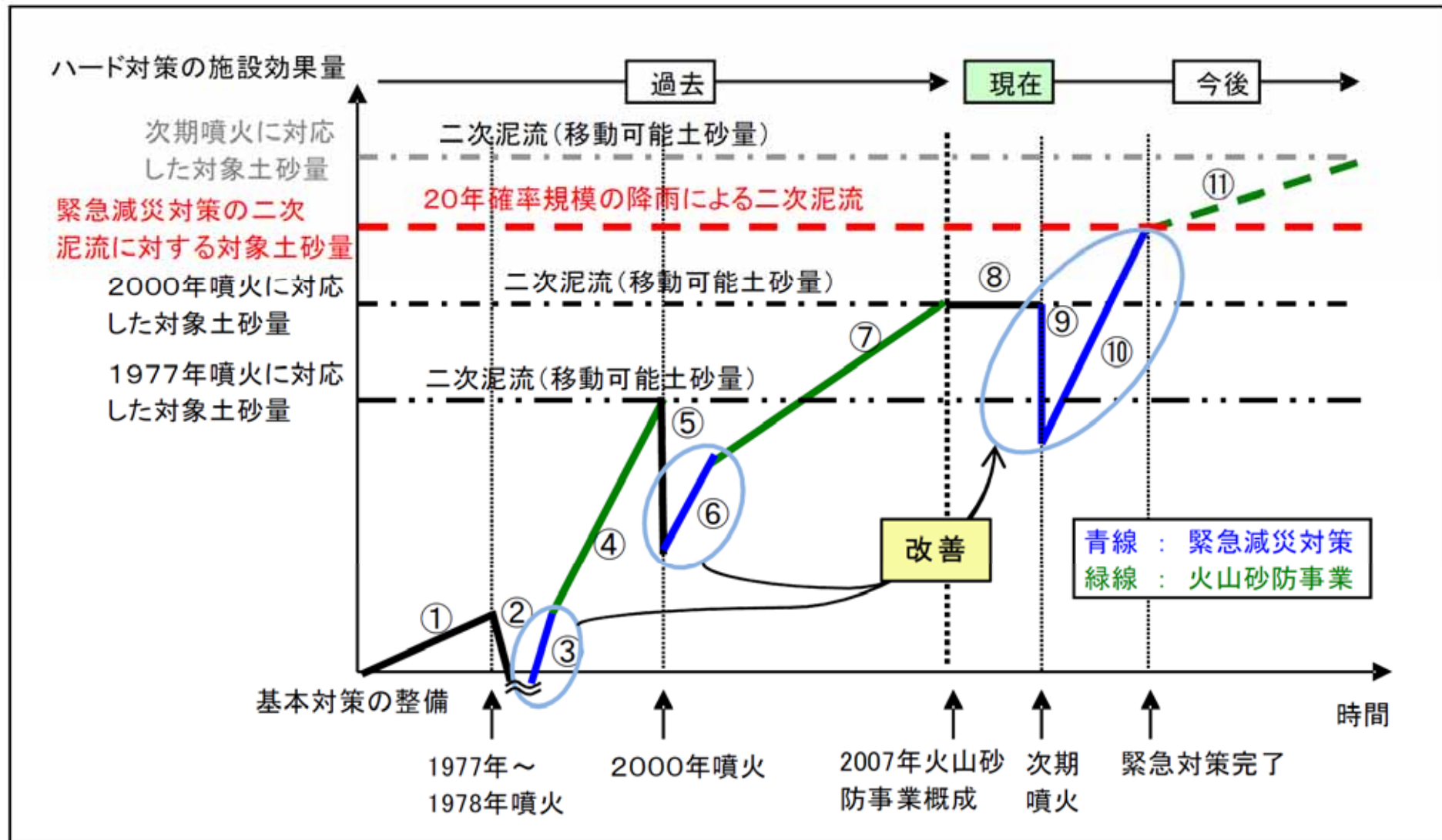
◆Bゾーン **防災のための緩衝地帯**
洞爺湖ビジターセンター・火山博物館・公園などで緩衝地帯とする。

◆Cゾーン (公共施設の移転を進め、住宅については、**安全な地域への移転の支援を検討する**。)その後Cゾーンは**廃止された**。



噴火 2000年 1977年 1943年 1910年

有珠山のハード計画



樽前山



樽前山火山砂防基本計画(素案)

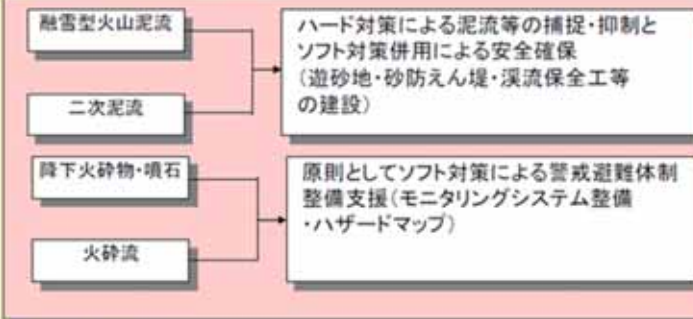
計画の対象とする現象

火山活動に伴って発生する降下軽石、火砕流、融雪型火山泥流および火砕流の堆積後や降灰環境下において降雨に起因して発生する二次泥流

計画規模

過去の大規模噴火と同規模とする。融雪型火山泥流は、火砕流が2年超過確率積雪量を融解して発生することを想定する。二次泥流は100年超過確率雨量に対応する流出土砂量を想定する。

現象毎の対策基本方針 1739年のVEI 5の噴火

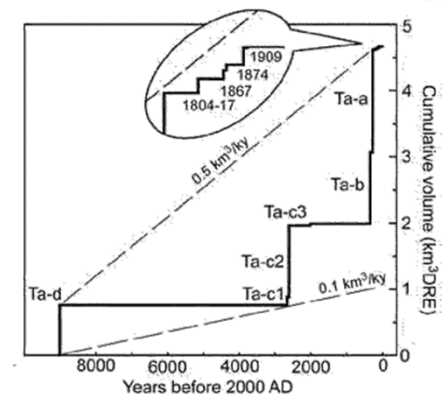


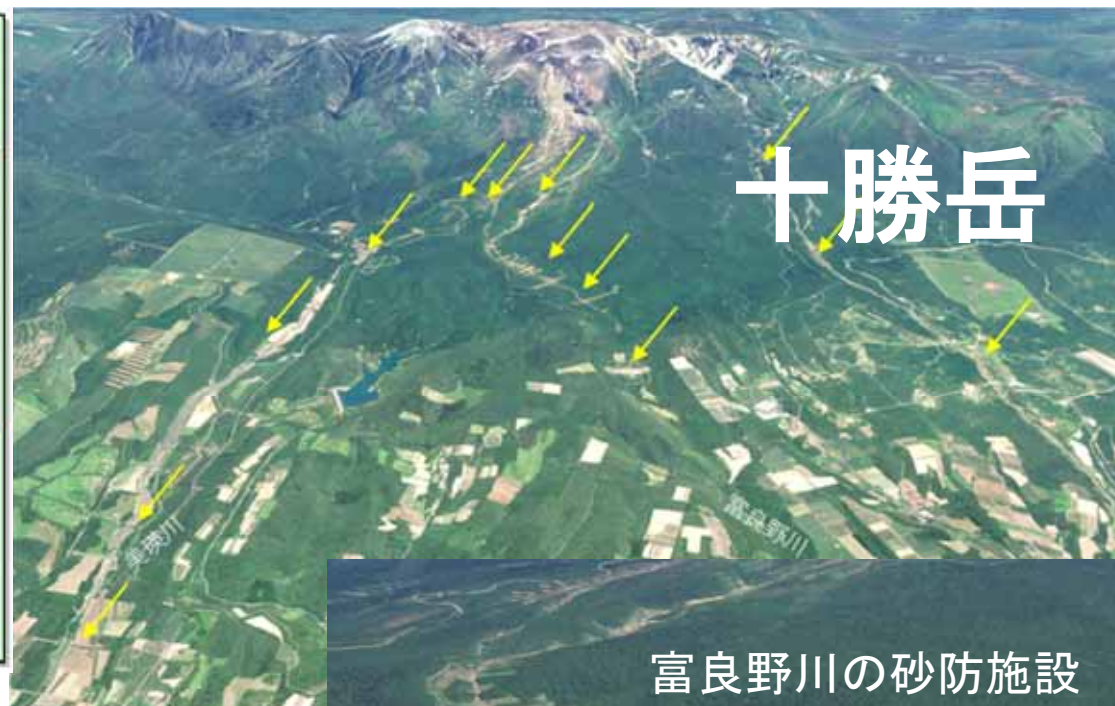
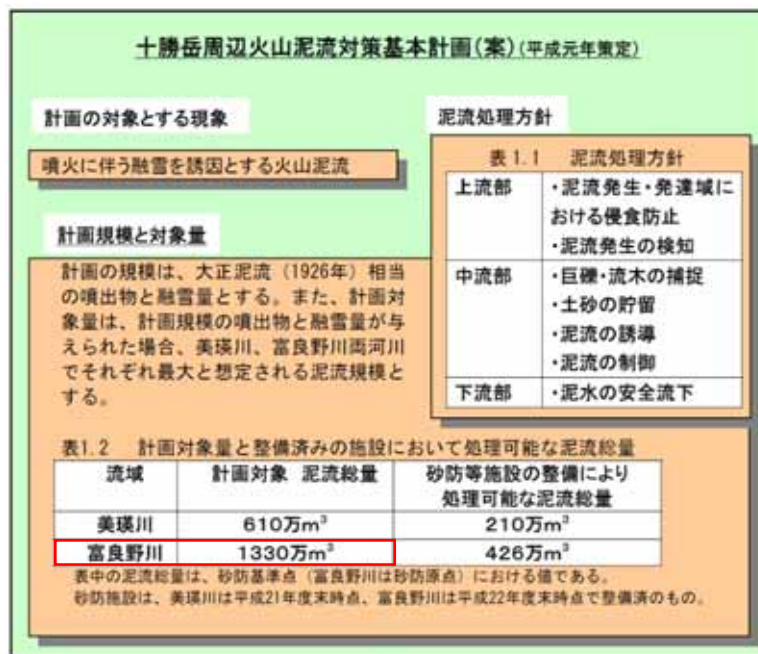
土砂処理方針

上流域	バッファーゾーン、当面施設整備を行わない
中流域	泥流の誘導・土砂の捕捉・巨礫・流木の捕捉
下流域	流水の安定流下

流域毎に流域特性、社会状況とを勘案して策定する

今後噴火する可能性が高いと考えられている樽前山の中規模噴火は、総噴出物量で桜島大正噴火の4%程度である。ただし、樽前山は、1667年と1739年に、最近5000年間では国内最大級のVEI5の噴火履歴が2回ある危険な火山でもあるが、樽前山の現状は活動期後半と考えるのが妥当であるとの意見もある。中川(2007)は、樽前山で噴出物の大半を占めてきた低温マグマが、19世紀の噴火からは成層マグマ溜り内でほぼ消費され尽した状態にあるため、「短～中期的には水蒸気噴火が散発する可能性は高い」が、「中～長期的には表面活動レベルは更に低下し活動静穏期に入る」と述べている。





十勝岳

富良野川の砂防施設

表一〇 十勝岳の泥流ランク一覧

美瑛川 ※砂防基準点より上流で処理可能な泥流量 210万 m^3 (平成21年度末時点)					
火砕流の規模(到達範囲)	観測点での積雪深	積雪水量	泥流総量	泥流ランク	現況施設で処理可能※
a 白金温泉付近まで到達する火砕流	110cm	228万 m^3	610万 m^3	A	溢流・氾濫する
	50cm	77万 m^3	430万 m^3	B	溢流・氾濫する
b 望岳台～横断道路付近まで到達する火砕流	110cm	105万 m^3	420万 m^3	B	溢流・氾濫する
	50cm	40万 m^3	240万 m^3	B	溢流・氾濫する
c 避難小屋付近まで到達する火砕流	110cm	39万 m^3	210万 m^3	C	処理可能
	50cm	17万 m^3	90万 m^3	C	処理可能

富良野川 ※砂防原点より上流で処理可能な泥流量 426万 m^3 (平成22年度末時点)					
火砕流の規模(到達範囲)	観測点での積雪深	積雪水量	泥流総量	泥流ランク	現況施設で処理可能※
a 白金温泉付近まで到達する火砕流	110cm	228万 m^3	1330万 m^3	A	溢流・氾濫する
	50cm	80万 m^3	540万 m^3	B	溢流・氾濫する
b 望岳台～横断道路付近まで到達する火砕流	110cm	140万 m^3	860万 m^3	B	溢流・氾濫する
	50cm	52万 m^3	390万 m^3	C	処理可能
c 避難小屋付近まで到達する火砕流	110cm	39万 m^3	210万 m^3	C	処理可能
	50cm	17万 m^3	90万 m^3	C	処理可能



泥流ピーク流量4200 m^3/s にも対応

北海道 十勝岳

1926年
中規模噴火 → 泥流
死者・行方不明144名

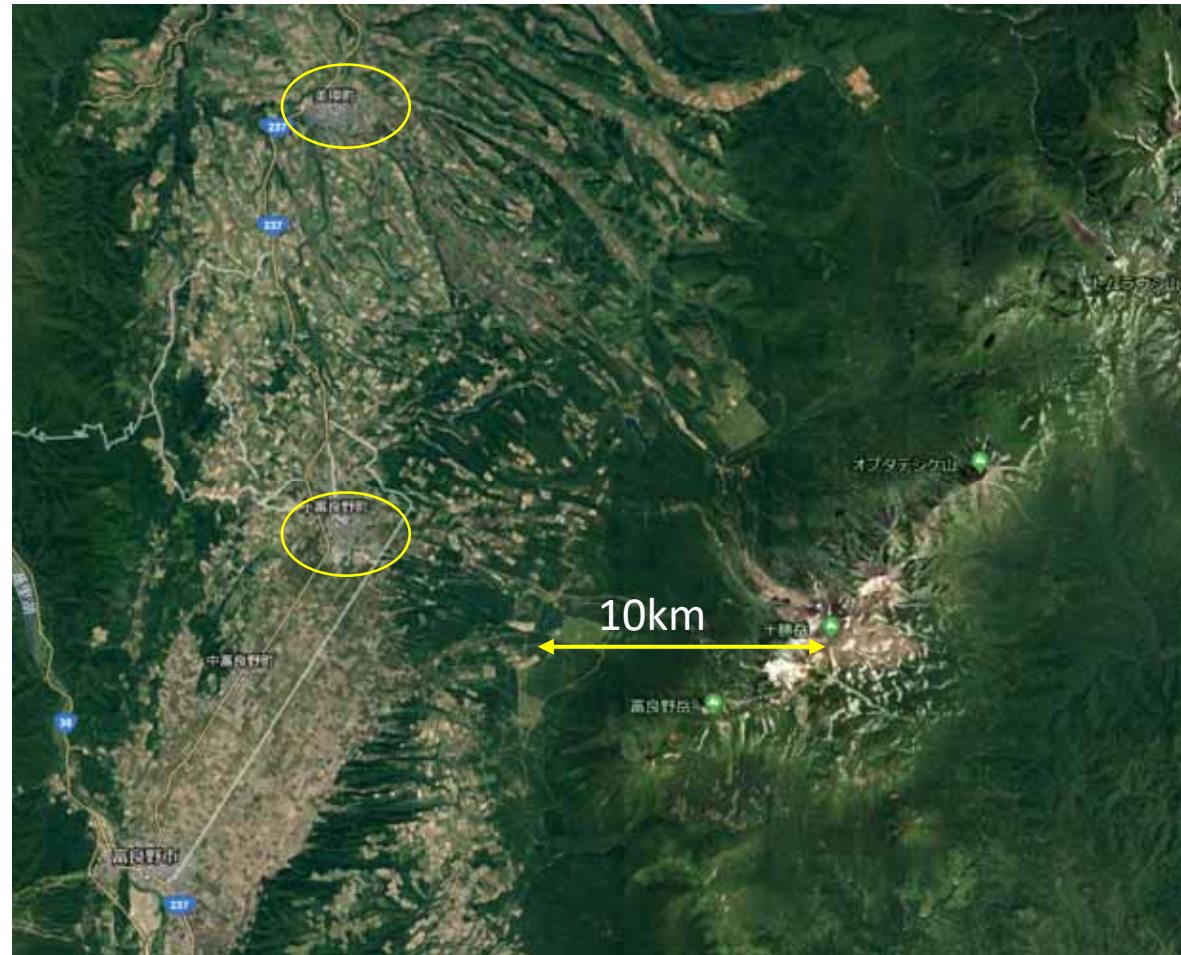


写真-1-1 1988年12月25日深夜に発生した火砕流(旭川地方気象台撮影)*1



写真-1-2 富良野川3号堰堤の嵩上げ工事状況(平成20年7月撮影)

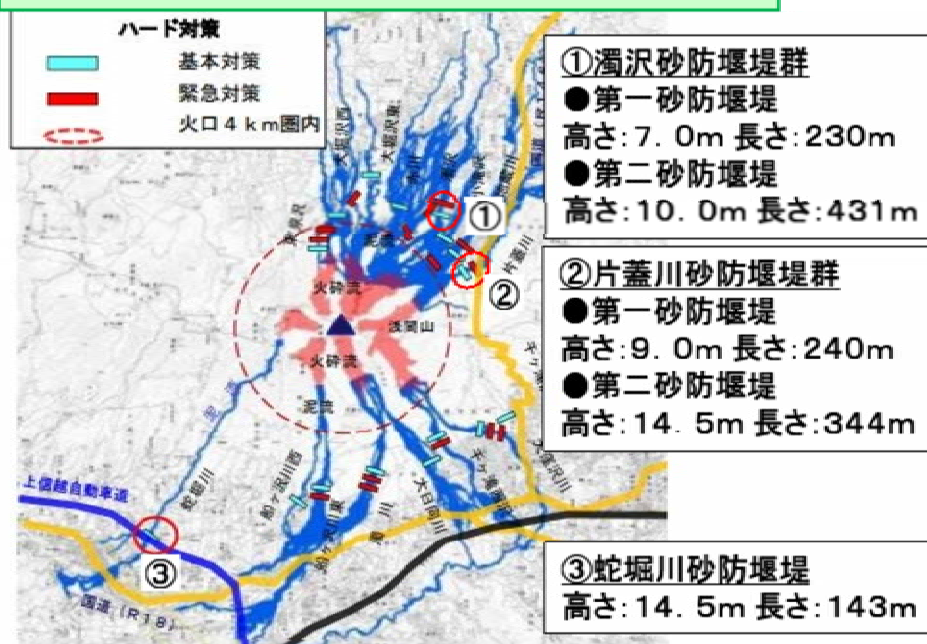
る検討を当センターが引き続き実施した。特に、富良野川3号砂防堰堤の嵩上げは、砂礫地盤におけるフローティング形式のハイダムであり、設計対象とする泥流ピーク流量が $4,200 \text{ m}^3/\text{s}$ と大規模な泥流流下が予想され、このような大規模泥流の流下・越流時の挙動は当時不明であった等、技術的に困難な課題が山積していた。当センターは、構造形式決定から水理模型実験等による堰堤細部検討など一連の高度な技術検討により多段落差方式の嵩上げ改良を提案し、技術的課題を解決した。

浅間山の融雪型火山泥流に対する基本対策施設の着工式について

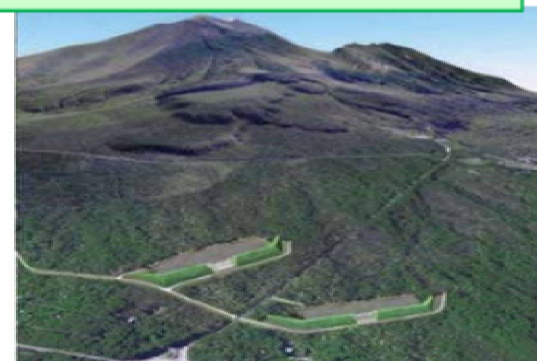
群馬県側と長野県側で、それぞれ浅間山で初となる火山噴火緊急減災対策施設の着工式を開催。(関東地方整備局 利根川水系砂防事務所)

開催日 平成29年5月21日(群馬県)、3月11日(長野県)
会場 群馬県長野原町、長野県小諸市
内容 現場見学会、事業説明、鍬入れ、パネル展示等

融雪型火山泥流の被害想定範囲と対策計画図



完成予想図(濁沢砂防堰堤群)



完成予想図(蛇堀川砂防堰堤)



今後の方向性: 火山噴火緊急減災対策砂防計画に基づき、引き続き火山砂防事業を推進していく。

日本の主要活火山の砂防対策整備状況

	砂防基本計画等で想定した噴火規模(想定土石流)他	現在の整備状況(ハード対策)	将来整備計画(構想)
桜島(大隅半島)	計画無し	非火山地域と同じ指針で100年超過確率雨量に対応する流出土砂量を想定し整備中。	緊急減災で対応(多量の降下火砕物への対応は現状では困難と考えられる。)
桜島(桜島島内)	昭和噴火規模を考慮した計画規模1/100の土石流にて引き続き検討中	引き続き検討中(2019年1月)	引き続き検討中(2019年1月)
樽前山	過去200年間の大規模噴火(1739年)と同規模(総噴出量10億m ³)の計画。融雪型火山泥流は、2年超過積雪量の時に火砕流が発生することを想定。整備対象土砂量3214万m ³ 二次泥流は、100年超過確率雨量整備対象土砂量297万m ³	融雪型火山泥流に対して273万m ³ 整備率8% 降雨型火山泥流に対して241万m ³ 整備率81%	中期目標達成後 融雪型火山泥流の土砂量1529万m ³ に対応整備率48% 降雨型火山泥流の土砂量297万m ³ に対応整備率100%
北海道駒ヶ岳	【治山事業】 100年確率雨量を上回る雨量による災害を防止または軽減 【砂防】 大噴火後に100年に1度の確率の大雨が降った場合の降雨型泥流量	【治山事業】 保全対象: 人家884戸、公共施設17箇所、道路33km、田畑492ha 整備率70%(平成24年度) 【砂防】 中噴火後に1996年7月1日規模の雨が降った場合の降雨型泥流に対応する施設整備中	【砂防】 大噴火に対する融雪型泥流に対応(二期計画の対象土砂量)
有珠山	〔1977年噴火で発生した二次泥流規模に対応済みの状態で2000年噴火を迎え、2000年噴火で発生した二次泥流に施設対応終了(2007年)〕	2000年噴火規模の20年確率雨量で発生する二次泥流に対するハードとソフト整備は完成	2000年噴火より大規模な噴火に対応できるハード整備構想
十勝岳	過去最大級の泥流災害を想定する。 富良野川で1330万m ³ /s ※1 美瑛川で610万m ³ /s	富良野川で426万m ³ /s(H22) 美瑛川で610万m ³ /s(H21)	過去最大級の泥流災害に対応できるハード整備(基本計画)



コンクリートブロック積み砂防堰堤
(鹿ノ瀬川、国土交通省中部地方整備局)



除石
(濁沢川、林野庁中部森林管理局)



除石
(湯川、長野県)



大型土のうによる護岸の嵩上げ
(鈴ヶ沢、長野県)

- 御嶽山の噴火後の対策
(2014噴火)
- 桜島では間に合わない！

図 3.2.1 噴火直後に実施された緊急ハード対策

砂が堆積した時に浄水場の取水口は機能する？



取水口に砂や軽石が堆積した時に取水できる？

甲突川水系全体が降灰に覆われる危険性もある。

(大隅半島側でも同じ課題あり)

ピナツボ火山の噴火4月2日～



泥流が流下

7月5日1991年



8月16日1991年

噴火後に河床が著しく上昇
橋の高さまで土砂堆積

想定される情報伝達の混乱

防災関係担当者(県・市職員・国・自衛隊・消防・警察・建設会社・病院・電力会社・ガス課会社など)が職場に行けない。

(緊急対策の遅れ、災害復旧計画の遅れ)

現状では、TV・携帯電話・地上回線も通じるのは初期のみ。(推定・・・MITA)



大正噴火後の河床上昇高さ

村名	川名	河床上嵩尺度
百引村	平房川	5尺
	中河内川	4尺
	堂籠川	4尺
	裏谷川	4尺
高隅村	高隅川	4尺
	完込川	2尺
	川原田川	2尺
西串良村	串良川	1.1～2尺
東串良村	串良川	1.2～5尺

肝付郡噴火始末誌(県の記録)

村名	川名	河床上嵩尺度
垂水村	本城川	6尺
	河崎川	3尺
	是井川	3尺
	浦谷川	3尺
	飛岡川	3尺
	鶴田川	3尺
牛根村	麓川	5～9尺
	佛石川	5～9尺
	松崎川	8～12尺
	口輪川	5～8尺
	大迫川	5～8尺
	邊田川	5～8尺
	中濱川	1.2～1.5尺
	二川川	2.5～5尺
	深港川	5～8尺
	境川	4～5尺

串良川流域河川改修箇所

河川改修箇所(赤色の部分)



国土交通省の大隅河川国道事務所
肝属川の本格的な治水事業は、大正3年の
桜島火山の大量の火山灰が大きな被害を
招いた大正6年6月洪水を契機として、大正7
年から同10年まで県事業として、掘削や築
堤が実施された。

昭和4年7月洪水を契機として、昭和12年か
ら直轄河川改修事業に着手し、俣瀬地点に
おける計画高水流量 $1,200 \text{ m}^3/\text{s}$ 。昭和13
年10月洪水計画高水流量を $1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ と
する計画に変更した。

(現在は基本高水のピーク流量 $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$)

桜島大噴火に備えて必要な施設

- ◆土石流対策 流路工 砂防ダム 土石流堆積地 他...
- ◆道路 大噴火後も早期に通行可能にする
道路啓開 道路復旧
- ◆河川 河床の制御 越流の防止
- ◆急傾斜地 ?

影響

- 農林水産業 (農業は壊滅 養殖は難しい 林業也大被害)
- 商工業
- 医療 緊急医療チームは現状では機能困難
- 情報 情報網寸断
- 電気 停電

雨水は浸透しない 表面流として流出



鹿児島大学地域防災センター 大正噴火アーカイブ



全国的な降雨型の砂防指針では対処困難

大正噴火後の降下物の変化

場所	軽石降下開始時刻	軽石の降下激甚	砂状に変化	降砂最盛期	灰状になる
高隅村	12日午前10時半頃	12日午後2時から	13日午前3時	16日最も盛ん	17日から
百引村	12日午前11時半頃	12日午後2時より	14日より灰砂状	15日まで	17日から
牛根村	12日午前10時より	12日午後2時ごろ最も盛ん	13日午前3時	砂状～灰状16日まで盛ん	
垂水村	12日午前10時より	(軽石降下無し)	13日午前3時	砂状～灰状16日まで盛ん	

火山灰が降る時は真っ暗で視距無し

〔櫻島爆發肝属郡被害始末誌 pp.160〕

降下火砕物が降る時の状態

◆ 5日程度？連続

安永噴火（1779 年10 月1日噴火）の際には、「七日までは冥々茫々として、空も大変っ暗かったけれども、その後はやや噴煙も鎮まって・・・」と書かれており、6 日間程度は空が大変暗かったとしている。その状況は、「10 月3 日と4 日には噴煙もやや薄らいで降灰の勢いも衰え、5 日には（噴火も）止みがちになったが、（それでも）噴煙でふさがれた空は乱れて、頭を差し出すことも出来なった。」（「桜島燃記」口語訳 瀬角訳）垂水の状況

◆**大正噴火**5日後の鹿児島市内の状況（内田他 1937）。

「この17 日は、午前四時三十分、未明の内から降灰が始まって、八時半頃には、それが非常に強くなり、九時過ぎには、殆ど闇夜の如く、全く咫尺を辨べんじないまでになった。その間に、流言飛語は飛ぶし、凄い憶説は流布されるし、市民の不安は絶頂に達した。」

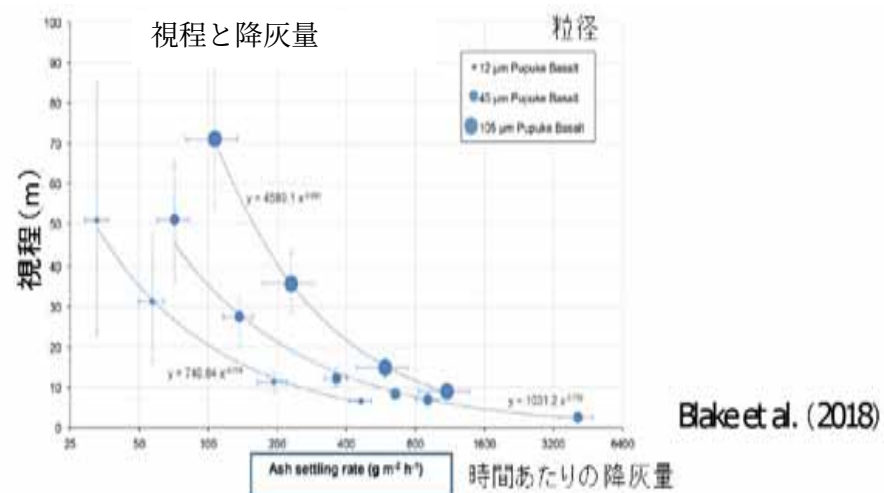
〔参考：咫尺（しせき）を辨じないまでになったの意味：わずかな距離も弁じることが出来なくなった。〕

降灰の厚さ	降灰中の状況	降灰の影響
5cm前後 10cm	● 5 道路の視界不良(カルブコ2015)	● 7.5 高速道路完全閉鎖5日間、市内の道路は速度制限(セントヘレンス[*]1980) ● 2 小学校通学路へ2cm以上の積灰で臨時休校(新燃岳2011)
1cm前後 2cm ～ 0.3cm	● 2 道路の視界不良(ハトソン1991) ● 1.8 道路が灰雨でぬかるみ走行中の車がハンドルをとられ衝突。多量の火山灰が雨で叩きつけられてフロントガラス破損(桜島1979) ● 1.3 最初の48時間はあらゆる種類の交通が麻痺。視界不良。自動車のエンジン故障。(セントヘレンス[*]1980) ● 0.6 視界不良(セントヘレンス[*]1980)	● 3 道路閉鎖(レベン外[*]ル2002) ● 1.3 市内交通規制5日間、速度制限。(セントヘレンス[*]1980) ● 0.7-0.8 火口から北西15-20km離れた九州自動車道は、降灰除去のため約1日通行止め(桜島1995) ● 0.6 高速道路の完全閉鎖2日間。(セントヘレンス[*]1980)
1mm前後 0.3cm ～ 0.05cm	● 0.1-0.2 約1-2mmの降灰。一時視界3mでノロノロ運転。対向車が巻き上げる火山灰に視界をさえぎられ4歳児をはね1ヶ月のけが(新潟焼山1974) ● 0.3 道路の視界不良(スーパー1992) ● 0.2 視界一時5m(雲仙岳1991) ● 0.2 路面表示見えなくなる(桜島2011、トンガリロ2012) ● 0.1 路面表示見えなくなる(ルアペ[*]1995-96) ● 0.1 道路の視界不良(新燃岳2011)	● 0.13 市内交通規制5日間。速度制限。定期便の運行見合せ(セントヘレンス[*]1980) ● 高速道路自動車速度規制(NEXCO鹿児島) ● 0.2 県道一時通行止(雲仙岳1991) ● 0.2 道路閉鎖(トンガリロ2012) ● 0.1 道路閉鎖(ルアペ[*]1995-96)

降灰量と視距

大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ 平成30年12月7日版

視距(視認距離)	車両走行の可能性
~30m	通行不能 <u>(~15m) 走行は極めて困難</u> (15~30m) 走行は困難で危険性が非常に高い
30~60m	走行速度10km/時 走行はかろうじて可能だが危険性が高い
60~125m	走行速度30km/時 減速、徐行による走行が可能
125m~	通常 of 走行が可能



10mも視距
が無い

1000g/m²の
火山灰量
気象庁
(2018)

総務省 大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ第二回資料
検討するのは、首都圏！

大規模噴火時の広域降灰対策に関する検討

※第1回ワーキンググループ資料からの加筆・変更箇所赤字・下線

大規模噴火時の降灰対策の課題

- 大規模噴火時に広域に堆積する降灰が、特に都市機能が集積した首都圏等において、インフラ施設、経済活動や社会生活にどのような影響を及ぼすのかが明らかにできていない。
- 主に遠隔地において、各主体が取るべき対応や、降灰除去機材の確保、除灰の優先順位、火山灰処分場の確保、関係機関の連携等の考え方が整理されていない。

富士山に関する背景

- 過去に首都圏等に大量の降灰をもたらした噴火として富士山に実績があり、過去の噴火についての研究が進んでいる。
- 平成16年の富士山ハザードマップ検討委員会の被害想定は、宝永噴火の降灰分布の実績から整理されており、風向・風速等によっては、同じ噴火規模であっても首都圏等にとっては、より過酷となるケースもありうる。

本ワーキンググループでは

大規模火山災害対策の一つとして、富士山をモデルケースに、
首都圏を中心とした大規模噴火時の広域降灰への応急対策を検討

※火山周辺地域における対策は各火山防災協議会において検討され、観測・予測技術や研究開発の推進は別途実施されていることを踏まえ、本ワーキンググループの検討は、主に遠隔地（火山現象の直接の影響により、避難を要しない地域）における降灰の応急対策を対象とする。

大噴火の火山灰 (細粒)こびりつく

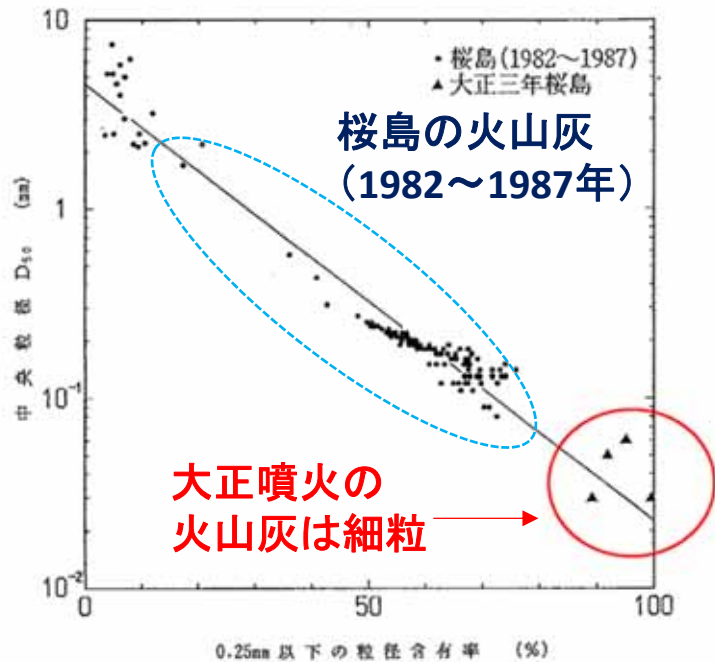
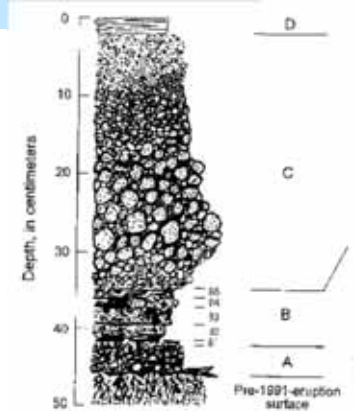


図-1 0.25mm以下の粒径含有率と中央粒径 D_{50} の関係



プリニー式噴火の降下火砕物
ピナツボ火山の堆積物のスケッチ
出典 FIRE and MUD 1996



林 杉根牛の害被の爲の灰降

大正噴火後 牛根の杉林



状惨の害被林松村小村分國東郡良始

東国分小村松山の被害
降灰のために折れた樹木の幹と巨枝

国分の竹林の被害



鹿児島大学地域防災センター 大正噴火アーカイブ

始良郡東國分村川岸竹林被害の光景

首都圏で進んでいる無停電化対策

※1 空気遮断器(ABB)及びガス絶縁開閉装置(GIS)



550kVガス絶縁開閉装置(GIS)

(出典)株式会社パワーステムズ HP

停電発生(富士山ハザードマップ検討委員会2004)
降雨時に1cm以上の降灰がる地域で停電
が起こり、その被害率は18%とした。



275kV空気遮断器(ABB)

(出典)第1回電気設備地震対策WG資料

必要な停電対策

首都圏対象:「降雨後に停電になる確率18%」は、桜島大噴火では参考にならない。

桜島広域火山防災マップ



砂防地すべりセンター 平成19年

変電所名	記事
南九州変電所	50万V
新鹿児島変電所	22万V
霧島変電所？	22万V
都城変電所？	22万V
送電網 九州中南部全域	全ての鉄塔 幹線優先 停電後の復旧プラン必要



大噴火中に起きたパニック

谷口留五郎知事が発した鹿児島県告諭第一号1914年1月14日

『無稽の浮説(デマ)を流布するものあり。爲に人心恟々大いに動揺するあり、…漫(みだり)に之が浮説に惑わさるが如きことなき様注意すべし』**デマに惑わされるな！**

実は、知事も津波の報を聞いて慌てて城山に避難した。桜島噴火記 柳川喜朗

12日午後6時29分の大烈震が起こってから後、…7万市民はあわてふためき伊敷あるいは、伊集院、市来、串木野方面へ次々と避難し始め国道には人馬があふれ、駅は空前の混乱をきたした。**混乱**のなかで「高潮は下町を浸し、県庁付近まで水浸しであった」との飛語が伝わったので、…。無我夢中となって伊敷方面へ逃げ出すなどその**混乱ぶりは想像以上のもの**となった。市民は、津波・火山ガスを恐れて避難し、鹿児島市に人は居なくなった。抜粋 桜島噴火誌(桜島噴火誌編さん委員会編 1988)



引用 橋村健一「桜島大噴火」

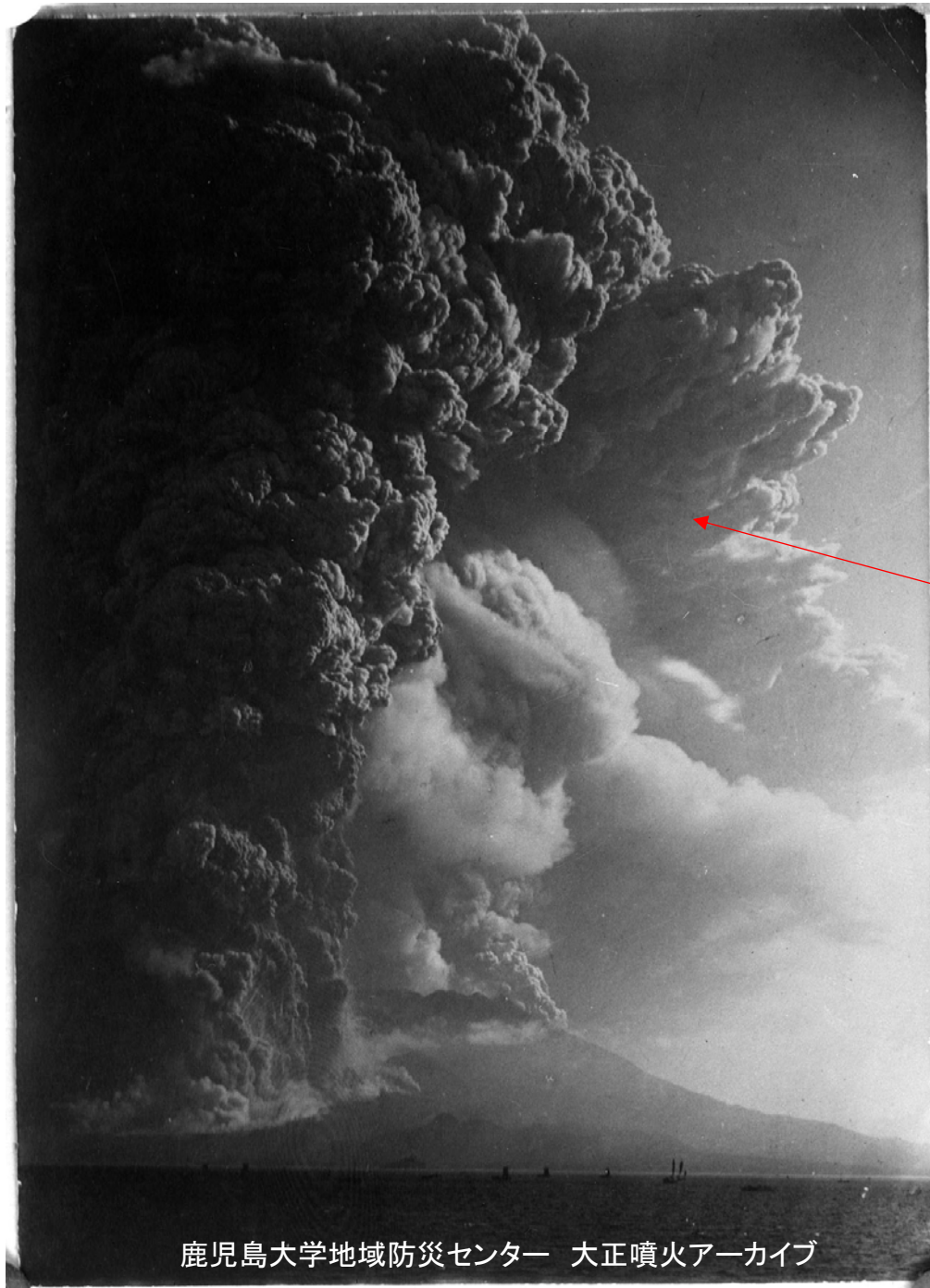


鹿児島市の範囲1920年

巨大噴煙

噴煙の傘は、偏西風に逆らって風上側にも伸びる。

写真では、激しく水平に広がっている。



恐怖が沸き上がる大噴火

大砲を100も1000も打ち鳴らしたような火山雷の轟音
→ 恐怖

恐怖を感じそうな方は、
数日以上前に避難を！



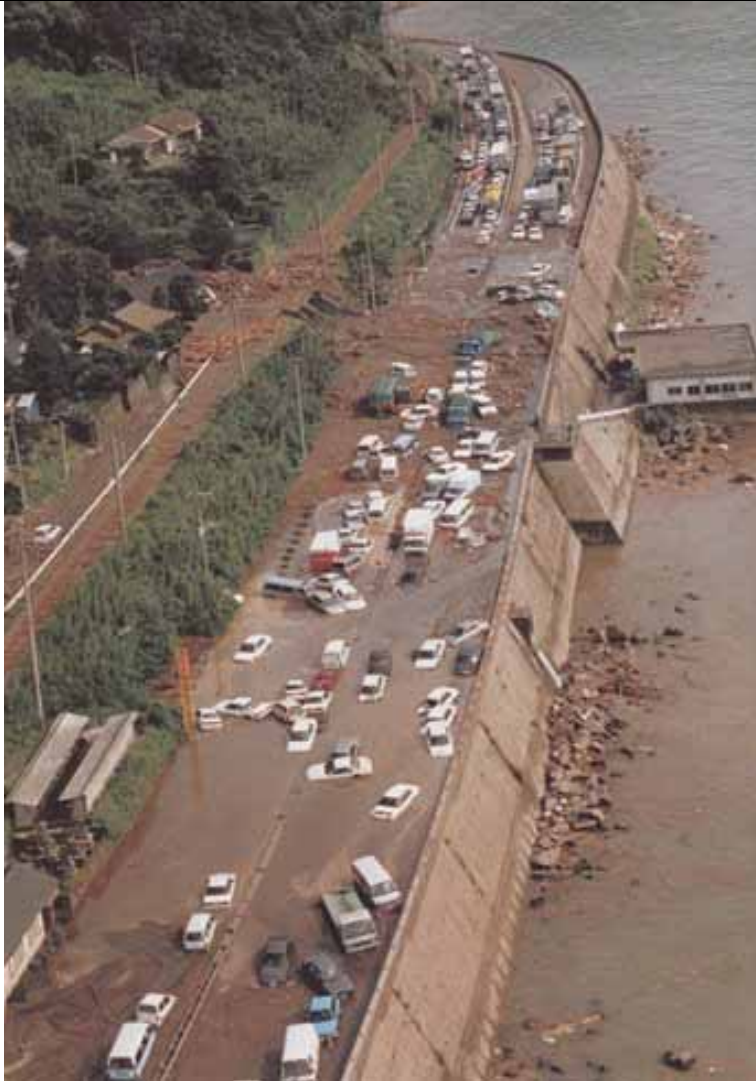
チリの火山噴火
長時間露出



情報が乱れ飛ぶ
国立大学のある火山専門家のブログ

路上の埋没車両は重大リスク

- ① 救援車両が通れない
- ② 車両撤去が雪より遥かに困難



放置車両が無ければスムーズな作業



ラバウル火山

降下火砕物から車を掘り起こすことは大変！

近い将来の道路啓開作業

火山噴火中で視距1mでも、作業可能

AI重機 + 3D路線情報 + GNSS + 5G



2019年5月 自動運転トラック、公道での試験運用始まる
スウェーデン



2017年11月 自動運転重機 元Googleのエンジニア



VRと5Gの利用
遠隔操作も可能
(東京からでも)



GNSSは、全球測位衛星システムの総称



2018年9月 AIによる2台の運搬車の作業実験 熊谷組

火山の場合は、エアフィルターの目詰まり 燃料供給なども重要

地震・津波災害との大きな違い

- ◆ 災害が継続する。1～数年
- ◆ 災害発生後の**救援・復旧が数日間以上困難**。
- ◆ 国内外の近代市街地での発生事例が無い。
（対策ノウハウが無い）
- ◆ 広域の**ライフラインが途絶**する可能性が高い。

（**電気**・水道・道路・情報）

地震津波災害では停電復旧を直ぐに始められるが、桜島大噴火では停電復旧開始も1週間以上経過しないと困難。

- ◆ 国は地震・津波災害については防災対策を検討しているが、50cm以上の降下火砕物が降り積もる災害についてはほとんど検討していない。
- ◆ 鹿児島県でも、対策はほとんど未検討の状態である。

まとめ

◆ 国は、南海トラフ型地震と首都直下型地震に対応中
鹿児島ことは、鹿児島の人を考え実施する！

◆ 平時の大噴火準備が重要（現在の準備）

◆ 大噴火は数カ月前には、兆候を把握できる。

兆候を把握した時に直ちに対策を実施出来るプランが必用（現在の準備）
①計画（砂防・河川・道路他） ②用地と権利者の合意

◆ 鹿児島市は鋭意検討中（可能性2割り程度）

桜島は、必ず大噴火する。（県全体の対応が必須）

◆ 大噴火に対応できる特例法が必用（岩松名誉教授の指摘）