

火山防災に係る研修会

2023/2/13

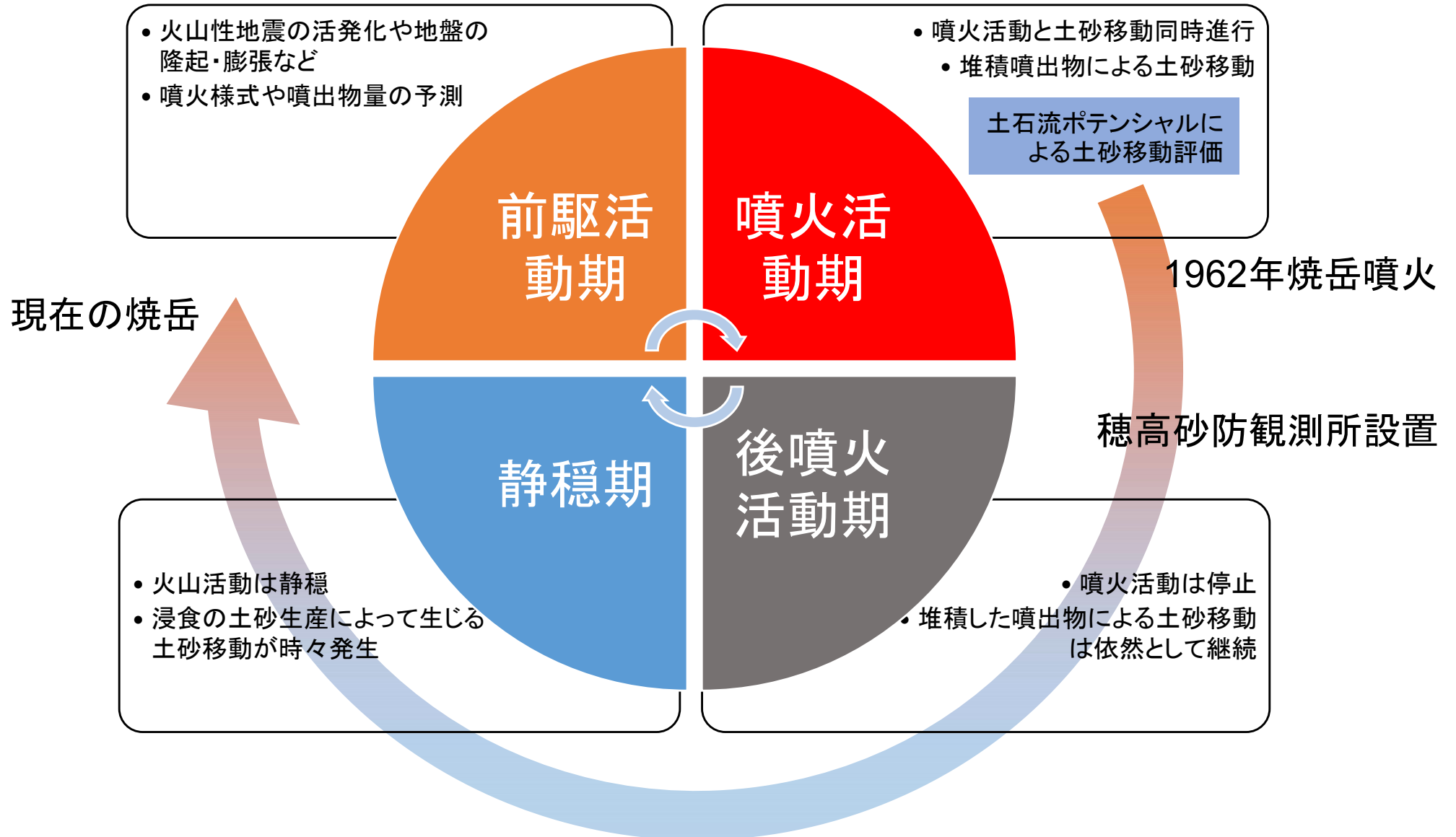
火山活動と 行政に求められる防災対応

京都大学防災研究所火山活動研究センター

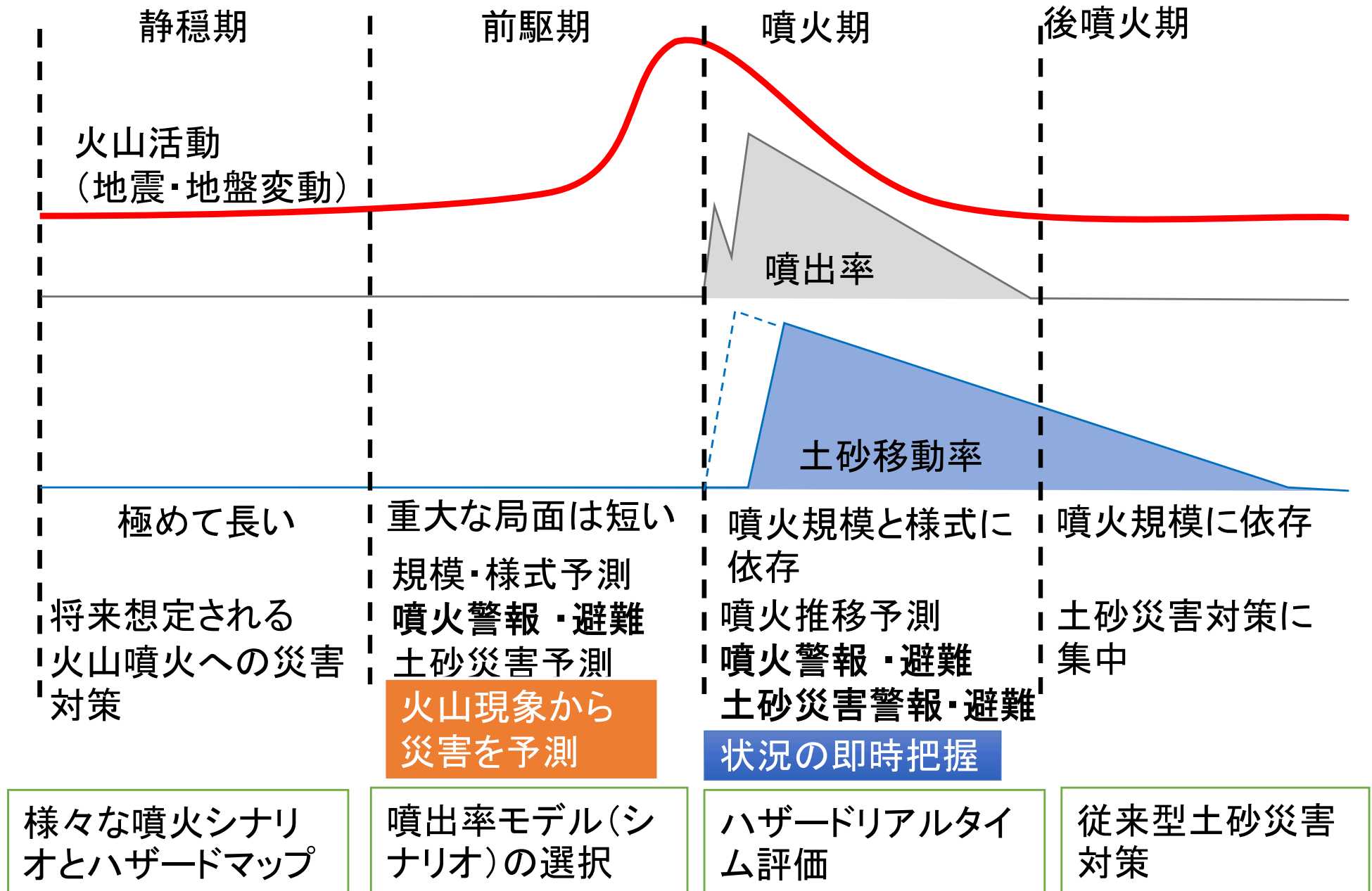
井口正人

火山活動と土砂移動サイクル

現在を含む桜島噴火(1955年～現在)
雲仙普賢岳噴火(1991年～1995年)



火山活動の推移と災害発生



活動火山対策特別措置法の改正(2015年)

- 明瞭な前兆がなく突如噴火する場合もあり、住民、登山者等様々な者に対する迅速な情報提供・避難等が必要(御嶽山噴火の教訓)
- 火山現象は多様で、かつ、火山ごとの個別性(地形や噴火履歴等)を考慮した対応が必要のため、火山ごとに、様々な主体が連携し、専門的知見を取り入れた対策の検討が必要

国による活動火山対策の推進に関する基本指針の策定(第2条)

○火山災害警戒地域における警戒避難体制の整備

火山災害警戒地域の指定(第3条)

警戒避難体制の整備を特に推進すべき地域を国が指定(常時観測火山周辺地域を想定)

火山防災協議会(第4条)

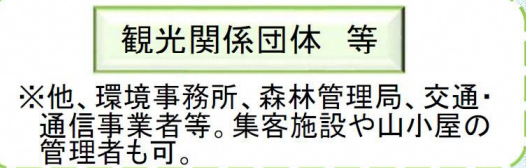
…関係者が一体となり、専門的知見も取り入れながら検討

- ・ 都道府県・市町村は、火山防災協議会を設置(義務)

必須構成員

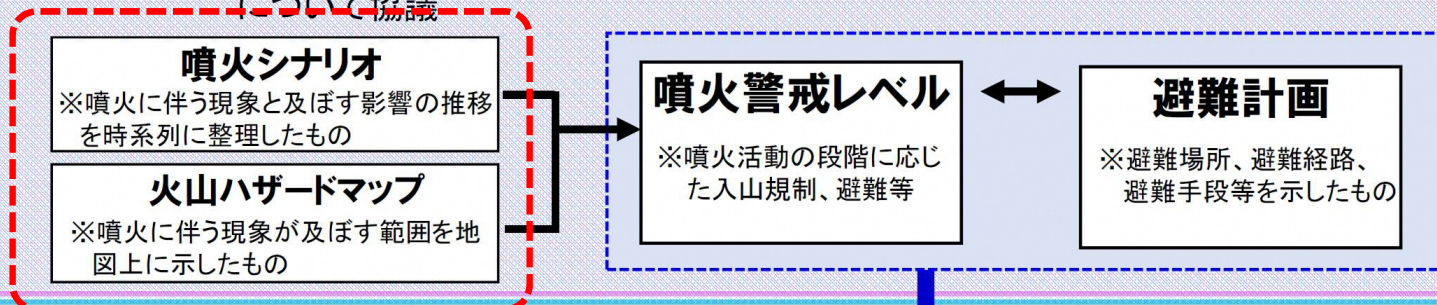


必要に応じて追加



協議事項

- ・ 噴火警戒レベルの設定、これに沿った避難体制の構築など、一連の警戒避難体制について協議



火山噴火はこの部分が特に怪しいことに留意

考慮すべきマグマの性質

粘性流体
高温(1000°C以上)
揮発性成分を含む

可動性が高い

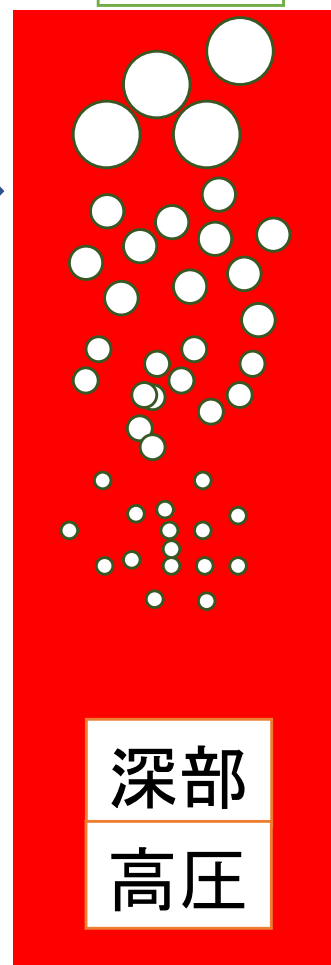


高圧下ではマグマには
火山ガスが溶けている

マグマの上昇

浅部

低圧

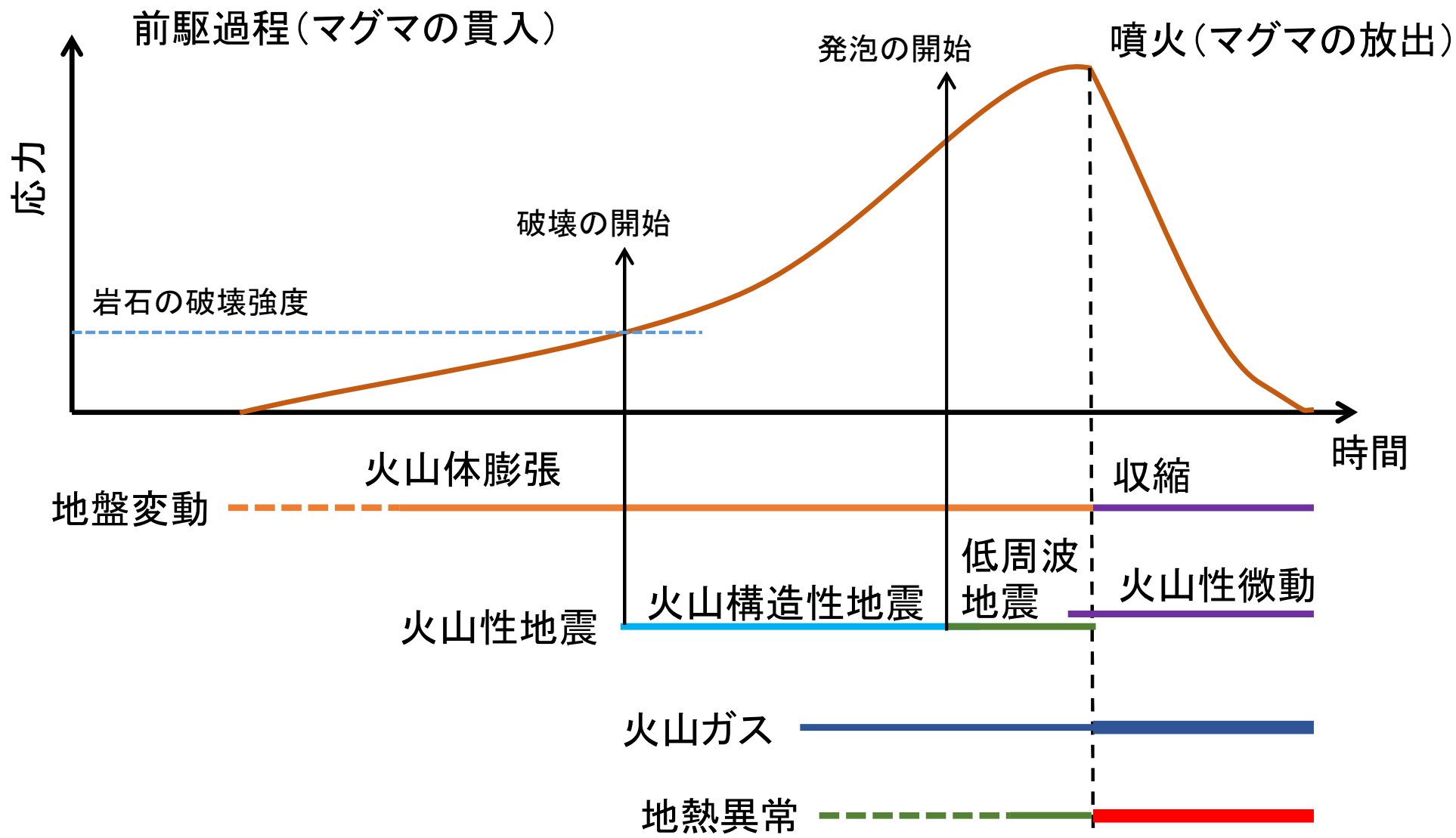


圧力低下により
発泡開始

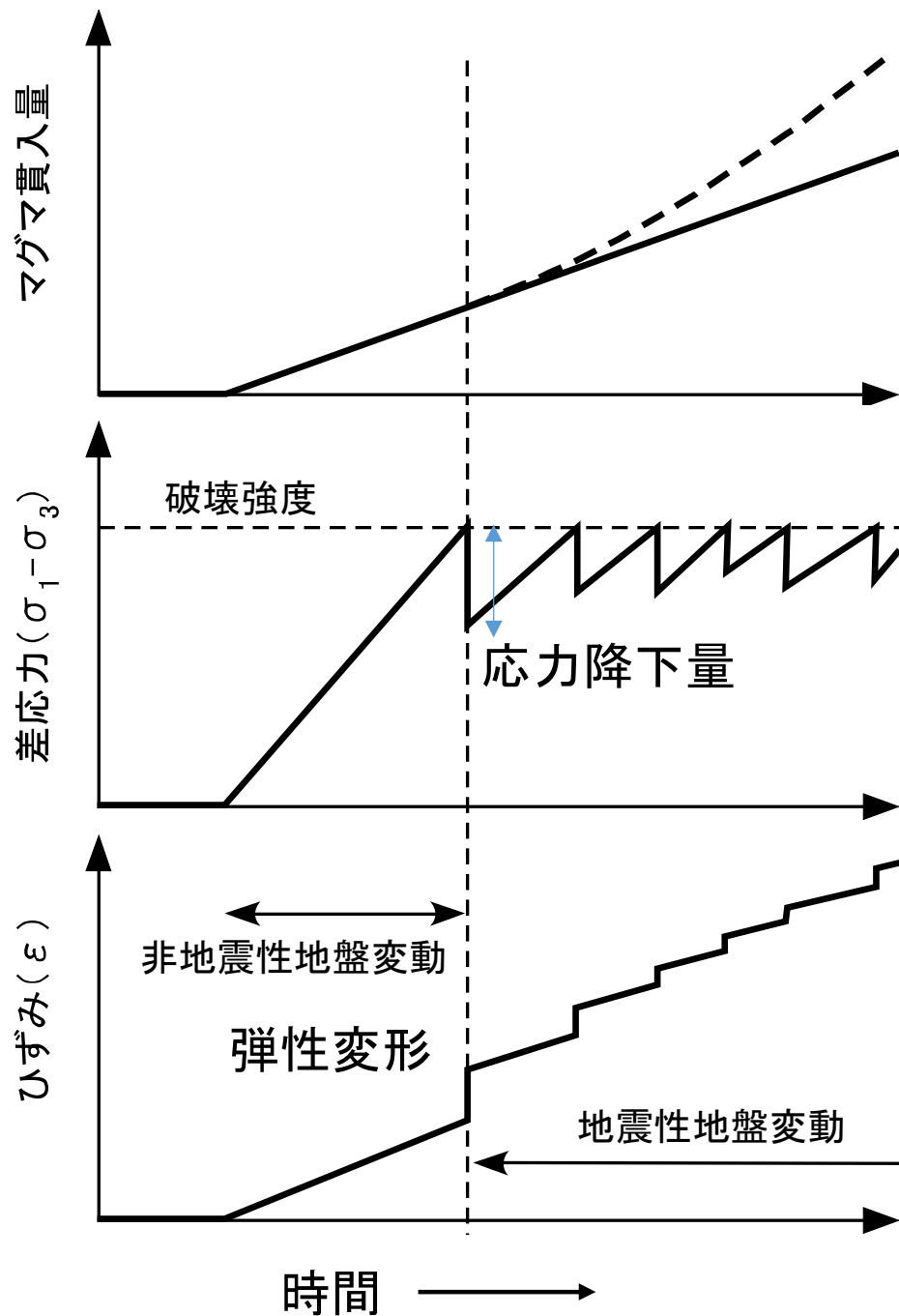
気体の溶解度は圧
力の低下とともに
減少

コーラの蓋を空けると似ている

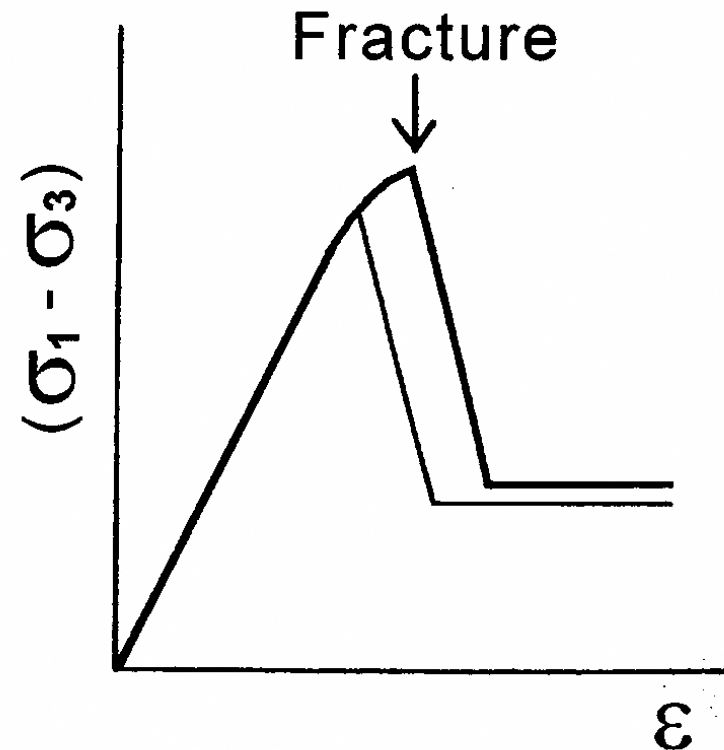
火山活動：マグマの貫入過程



非破壊性マグマ貫入から破壊性貫入へ

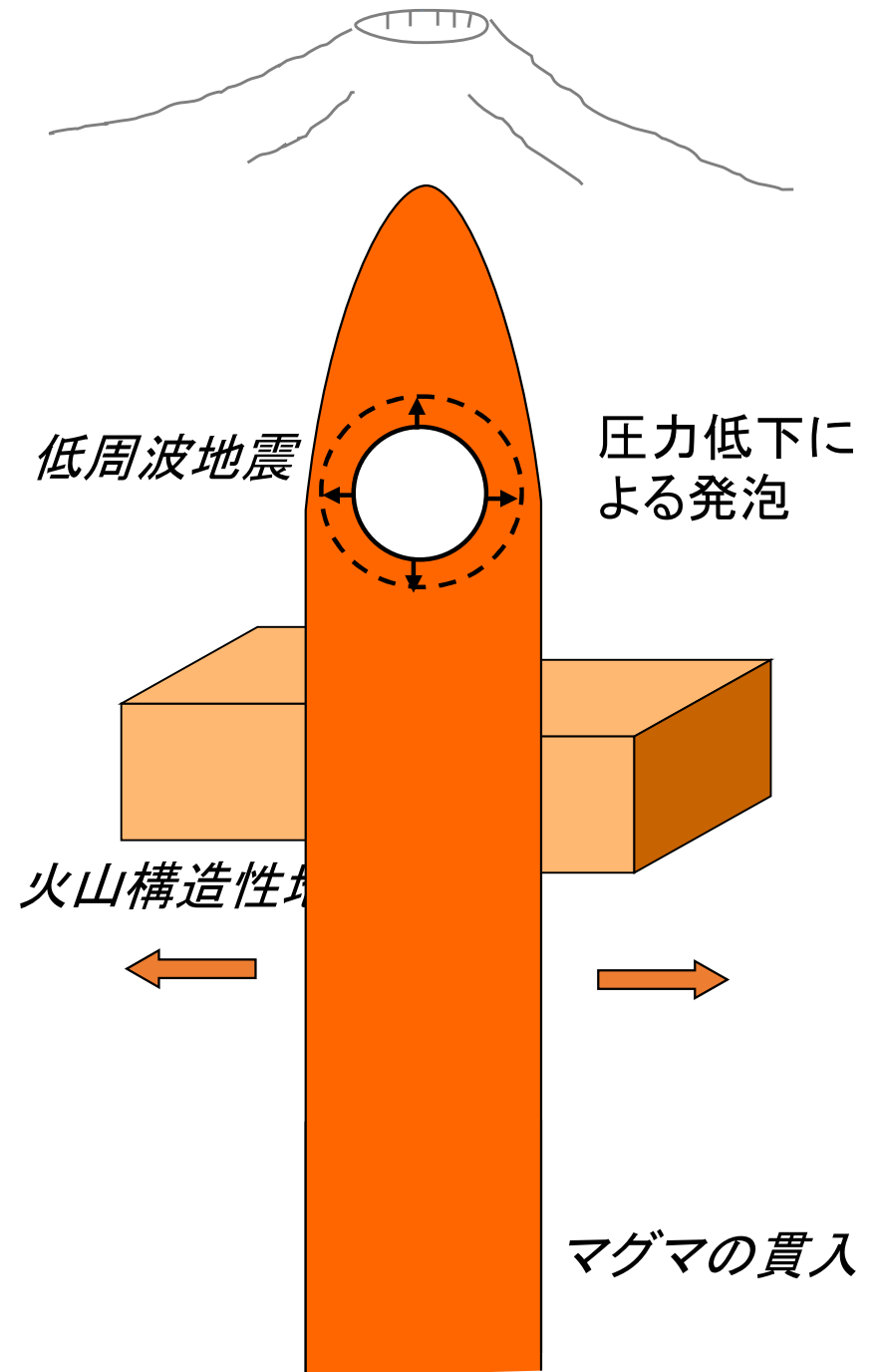
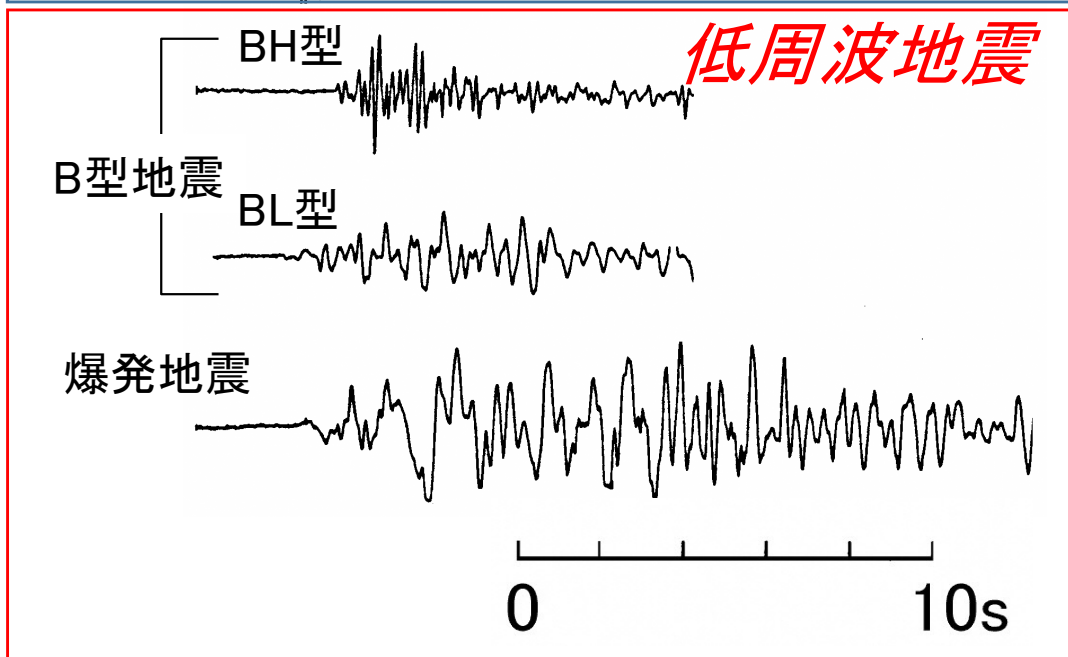
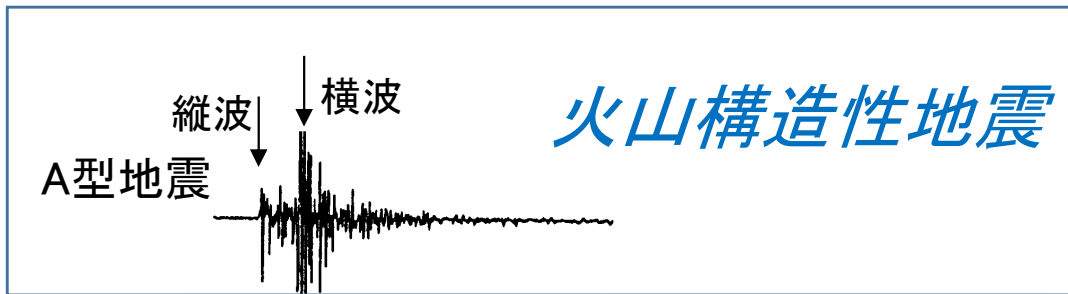


- 1) 弾性変形 (応力とひずみが線形関係) のプロセス・・・地震は発生しない
- 2) 差応力が破壊強度を超える→せん断破壊→応力低下、みかけのひずみ量増加
- 3) 応力の増加と破壊の繰り返し (地盤変動と連動した地震活動)



差応力とひずみの関係の概念図 (Mogi, 2007)

火山性地震とマグマ貫入・発泡



火山性地震は2種類ある
火山構造性地震・・・岩石の破壊
低周波地震・・・流体の動き(体積変化を伴う)

噴火警戒レベルと警戒を要する範囲との関係

「噴火警戒レベル」は警戒度の高さを表すわけではない。警戒を要する範囲の広さを示す。警戒範囲の広さは防災対応の複雑さを意味する。

「噴火警戒レベル」→「防災対応レベル」

噴火ハザード

- レベル判定に考慮されるハザード
 - 岩塊(弾道を描いて飛散する大きな噴石)
 - 火砕流
 - 溶岩流
- 判定に考慮されないハザード
 - 火山灰、レキ
 - 火山ガス
 - 津波
 - 土石流
 - 地震
 - 山体崩壊、地盤変動

警戒を要する範囲

- 警戒範囲1km→レベル2
- 警戒範囲2km→レベル3
- 警戒範囲2.5km→レベル3
- 警戒範囲3km→レベル5
- 警戒範囲3.5km→レベル5
- 警戒範囲5km→レベル5
- 警戒範囲7km→レベル5
- 警戒範囲10km→レベル5
- 警戒範囲20km→レベル5

非居住区域

居住区域

噴火後の噴火警戒レベル5では、警戒を要する範囲は噴火の影響範囲に依存して拡張されることに注意

噴火警戒レベルの判定基準

気象庁のホームページで公開

<https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/keikailevelkijunn.html>

基本的な考え方

噴火発生前の異常現象を検知した場合



事前対応
(登山規制、避難など)

火山性地震の規模と発生頻度、地盤変動、火山ガスの放出量など、異常現象の強度に応じて噴火警戒レベルが決められる。警戒を要する範囲は、事前に地元自治体等と協議(火山防災協議会で協議・決定)

噴火が発生した場合



事後災害対応
(登山規制、避難など)

噴火に伴う①大きな噴石、②火砕流、③溶岩流の到達範囲によって噴火警戒レベルと警戒を要する範囲を決定

桜島の噴火警戒レベル5の判定基準

https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/level_kijunn/506_level_kijunn.pdf

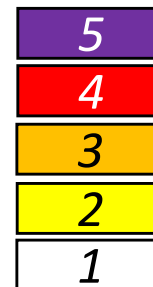
桜島の噴火警戒レベル判定基準

令和4年3月31日現在

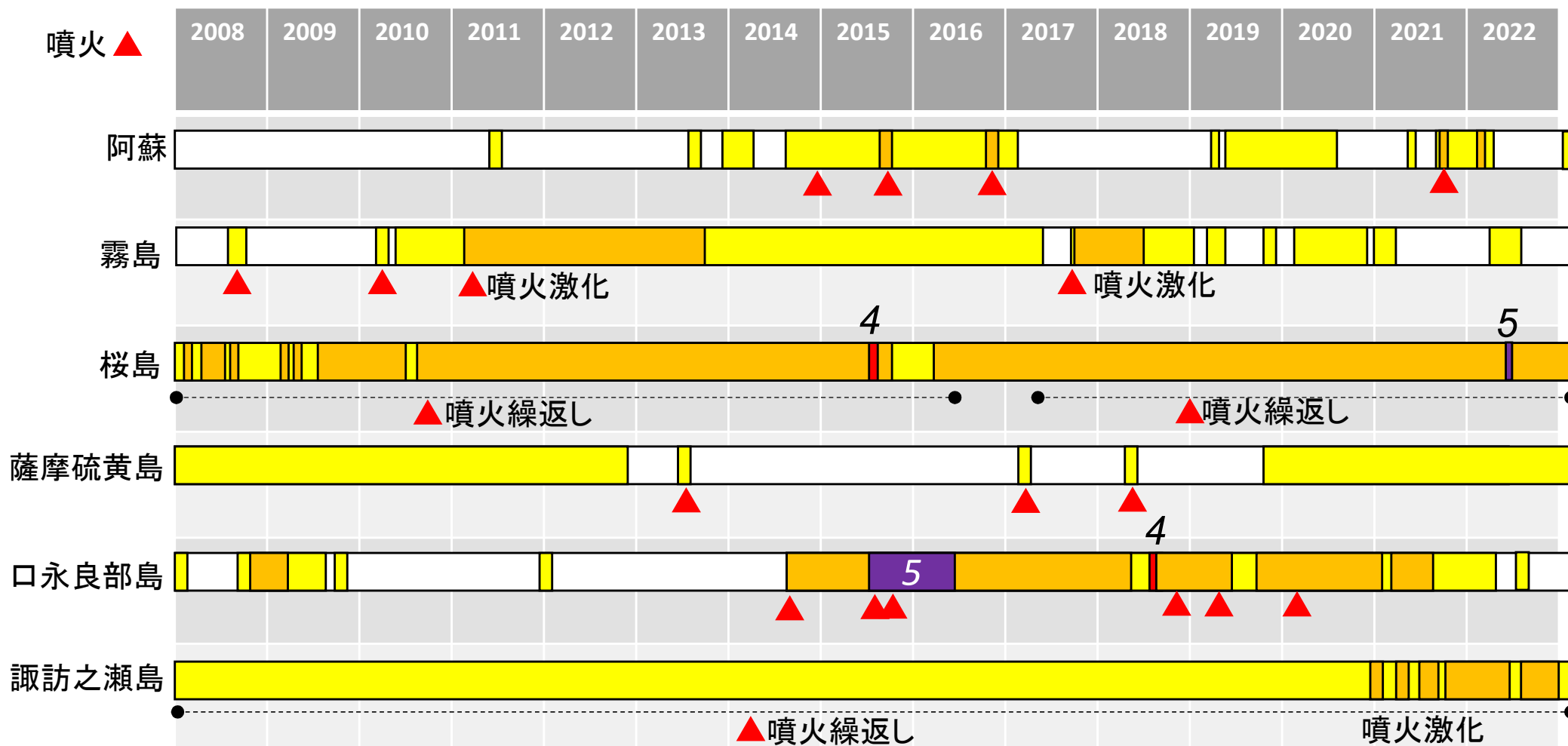
レベル	当該レベルへの引き上げの基準	当該レベルからの引き下げの基準
5	<p>【大規模噴火が切迫】</p> <ul style="list-style-type: none">山腹噴火が発生もしくは切迫 山腹からの噴火が開始するか、極めて顕著な山体膨張（島内の傾斜計のいずれかで 100 マイクロラジアンが観測され、大きな地震活動（マグニチュード5ならば1回、マグニチュード4ならば2回）が伴った場合は、大規模噴火発生の可能性が切迫していると考え、全島を警戒が必要な範囲とする火砕流が居住地近く（居住地まで数 100m）に到達溶岩流が居住地付近（居住地まで概ね 100m）に到達	<p>噴火が発生しなかった場合は、観測データにより活動低下が2週間以上続けて認められた場合。</p> <p>山腹噴火が発生した場合は、新たに形成された火口からの警戒が必要な範囲を定める必要がある。居住地域が溶岩流や火砕流に被災した場合は、当該現象が終息した後、関係機関等の対策を考慮しながら、必要に応じ、噴火警戒レベルの再設定を行う。</p>
	<p>【これまでみられたような噴火（ブルカノ式噴火）の激化】</p> <ul style="list-style-type: none">大きな噴石が火口から概ね 2.4km を超え 3 km 以内に飛散した場合、警戒が必要な範囲は概ね 3 km とする。火口から概ね 3 km を超え 3.5km 以内に飛散した場合、警戒が必要な範囲は概ね 3.5km とする火砕流が居住地近く（居住地まで数 100m）に到達	<p>大きな噴石や火砕流が当該距離に影響する噴火が3日間発生しない場合。</p>

噴火活動と噴火警戒レベルの推移 (九州地区)

噴火警戒レベル



九州には活動的な火山が多い。桜島、諏訪之瀬島は常にレベル2以上
レベル4, 5が発表された火山は口永良部島、桜島のみ

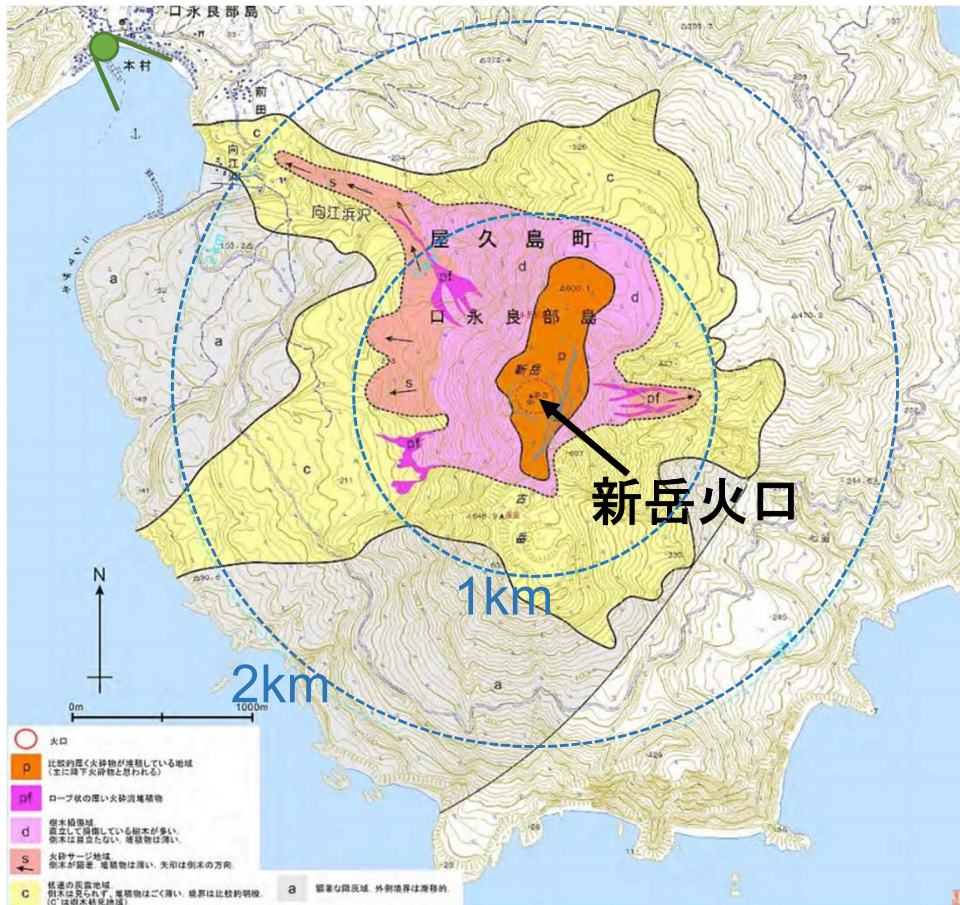


過去の噴火警戒レベル4, 5(特別警報)と防災対応事例

- ① 2015年5月29日 口永良部島噴火(レベル5)
 - 新岳噴火、火砕流発生、全島避難
 - 事前対応ができたが、事後対応になってしまった事例
- ② 2015年8月15日 桜島群発地震(レベル4)
 - 急速な山体膨張を伴う群発地震、3集落避難
 - 事前対応を実施した事例
- ③ 2018年8月15日 口永良部島地震(レベル4)
 - 比較的規模の大きい火山性地震発生、前田集落避難
 - 事前対応を実施した事例
- ④ 2022年7月24日 桜島爆発(レベル5)
 - 南岳爆発、火山岩塊が2.4kmを超えて飛散、2集落避難
 - 事後対応(事前対応は現在の技術では不可能)

①2015年5月29日口永良部島噴火

監視カメラ



産業技術総合研究所 (2015)

噴煙高度10km.火砕流は向江浜に到達
噴火開始後, 警戒レベル5に.



気象庁監視カメラ 8倍速で再生

全島避難そのもののオペレーションは成功した. 住民137名が全員無事避難(住民118名、観光客など19名)

2014年噴火時の反省(それまでの訓練は役に立たなかった)

住民は2014年噴火で避難の実戦を経験自ら避難計画を考えた.

2015年噴火発生前後の動き

前兆現象が最も顕著となったこの時点で対応すべきではなかったか



屋久島町営船フェリー「太陽」400トン



応急仮設住宅(屋久島)

2015年5月23日(土)

8:00 有感地震発生(震度3)

16:00 ・口永良部島火山防災連絡会(県・町・
専門家・気象台・自衛隊・海上保安庁)
・住民説明会(町・気象庁)

2015年5月29日(金)

9:59 **新岳噴火**

10:07 気象庁:**噴火警戒レベル3→5**

10:07 災害対策本部設置(県、町)

10:20 町、全島に対し避難指示発令

10:30 県の防災ヘリ出動

10:40 県が自衛隊に災害派遣要請

14:38 町営船が口永良部島本村港に入港

15:45 町営船が口永良部島本村港を出港

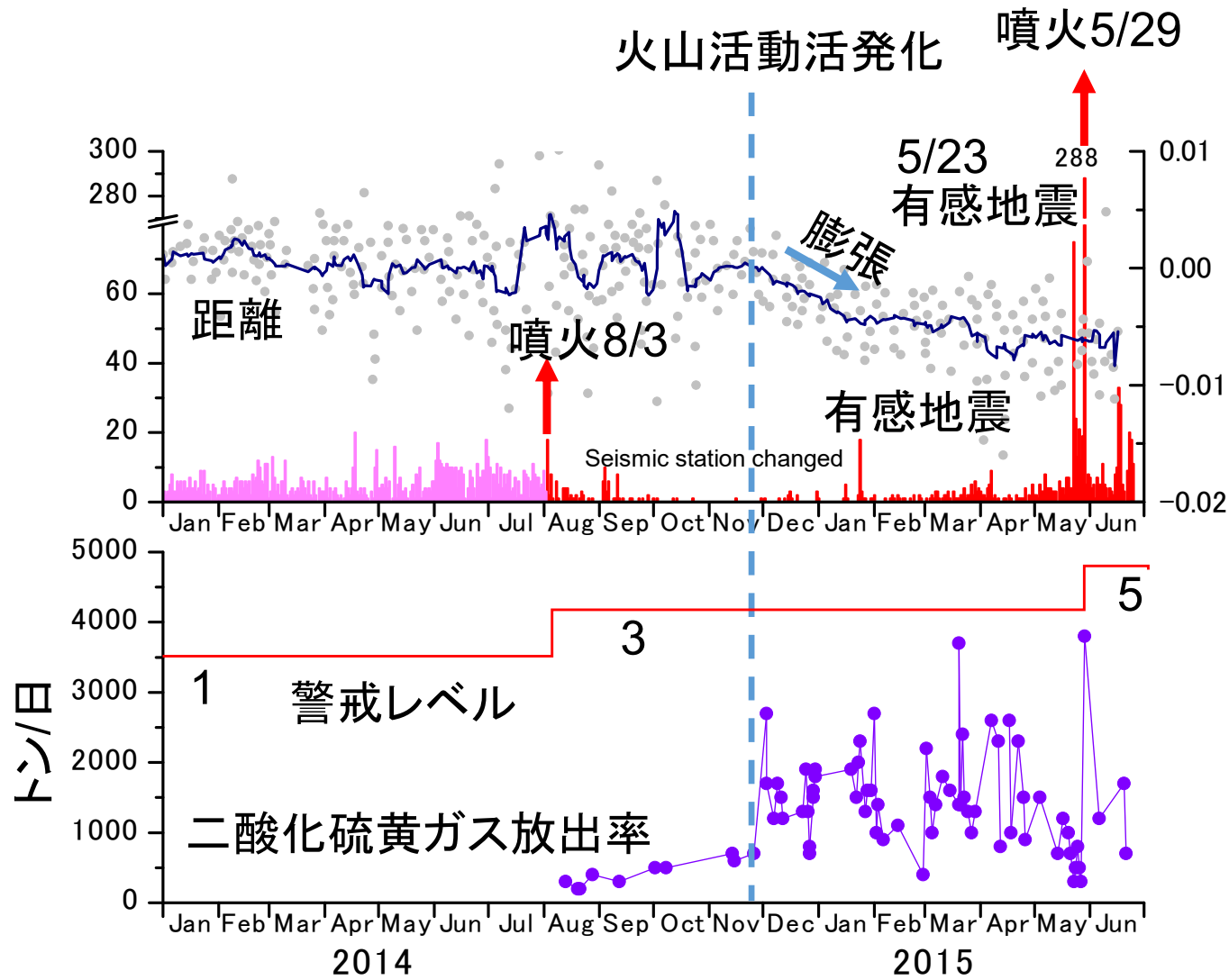
15:50 ヘリが口永良部島湯向地区住民救出

16:30 政府現地連絡調整室設置

17:30 町営船が屋久島宮之浦港着

20:00 口永良部島火山防災連絡会

口永良部島2015年噴火の前駆活動



口永良部島



距離の短縮(火山の膨張)



気象庁高感度カメラ

2014年8月3日、噴火発生、発生後レベル3

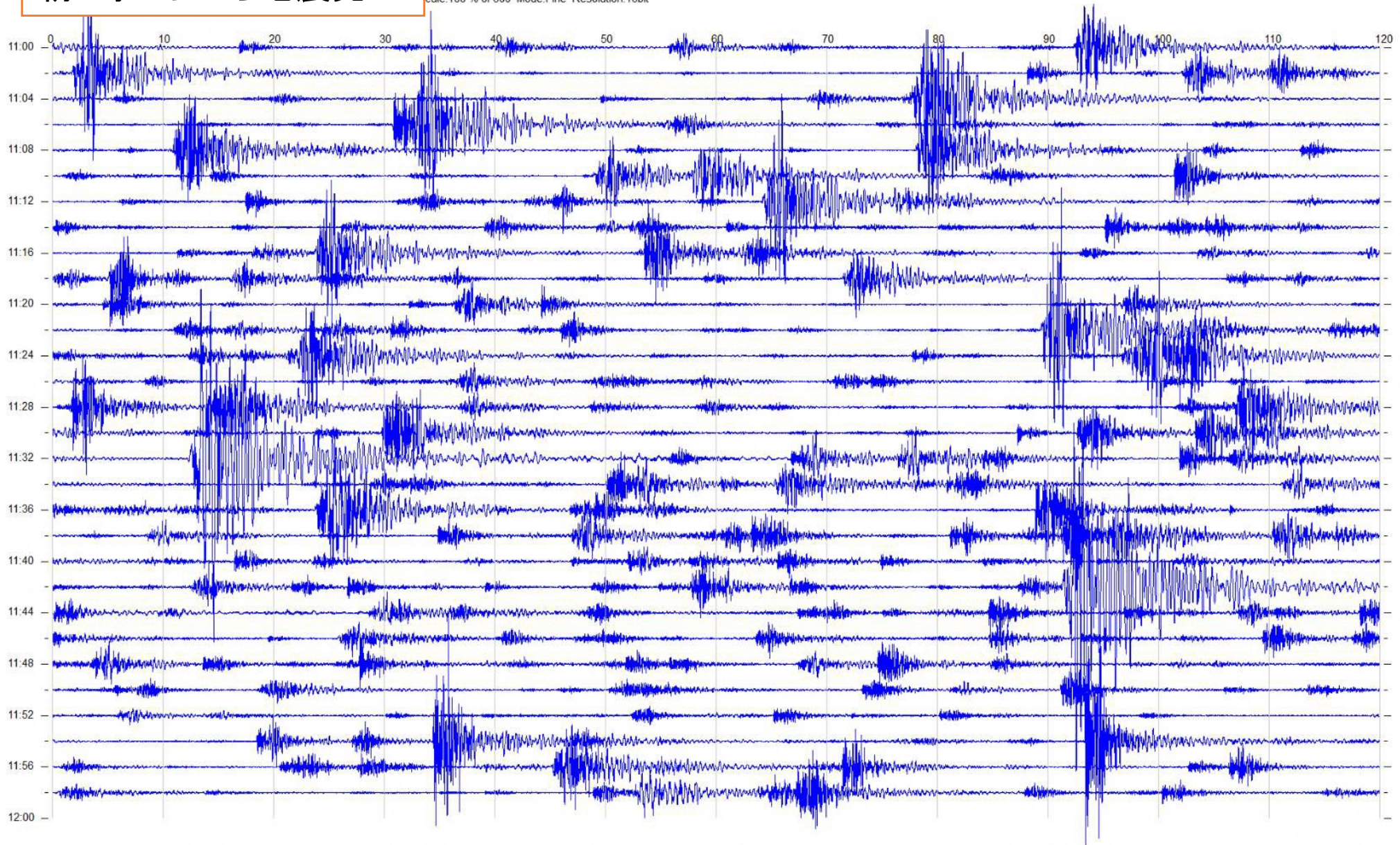
2014年11月末以降、火山活動活発化(山体膨張, 火山ガス増加→地震活動、火映)

2015年5月23日に有感地震(過去の噴火では地震発生後、噴火発生)

②桜島2015年8月15日火山性地震群発

朝7時ごろから地震発生

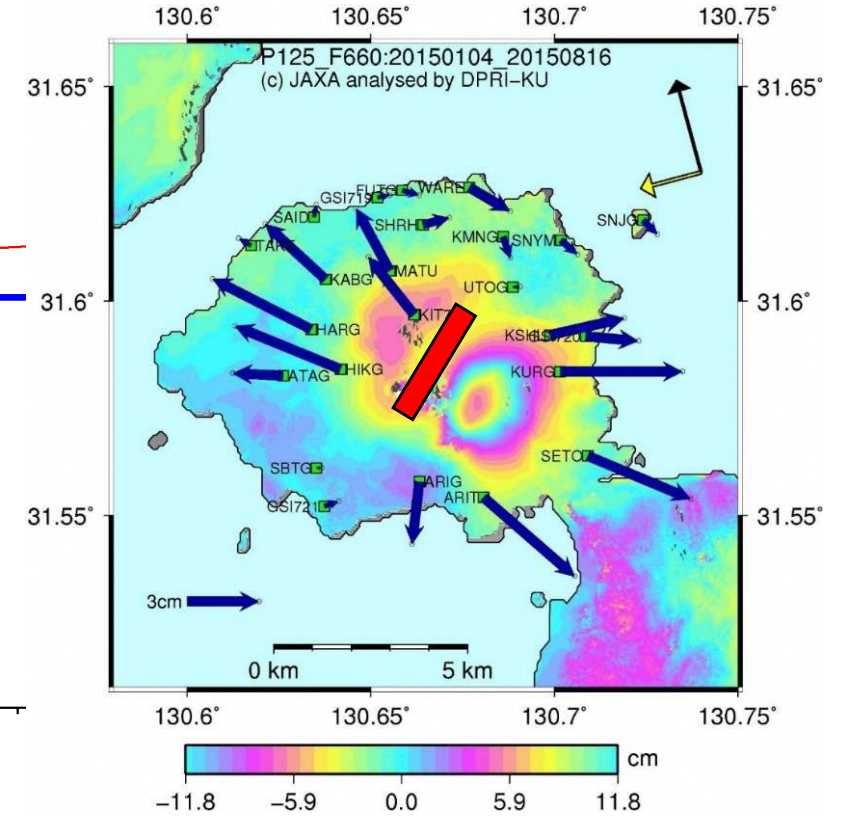
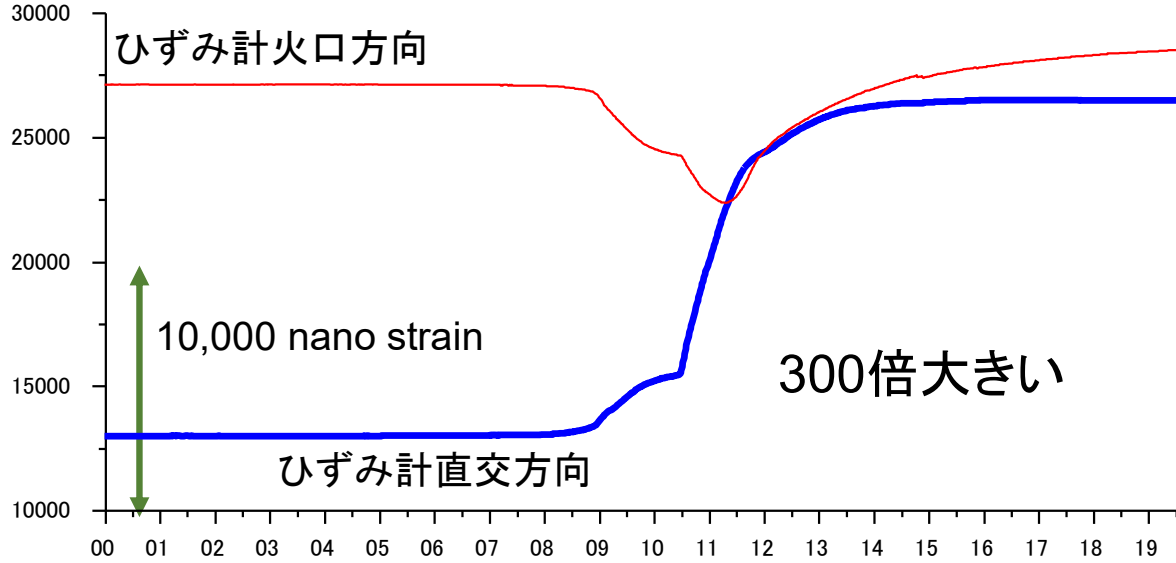
scale:100 % of 500 Mode:Fine Resolution:16bit



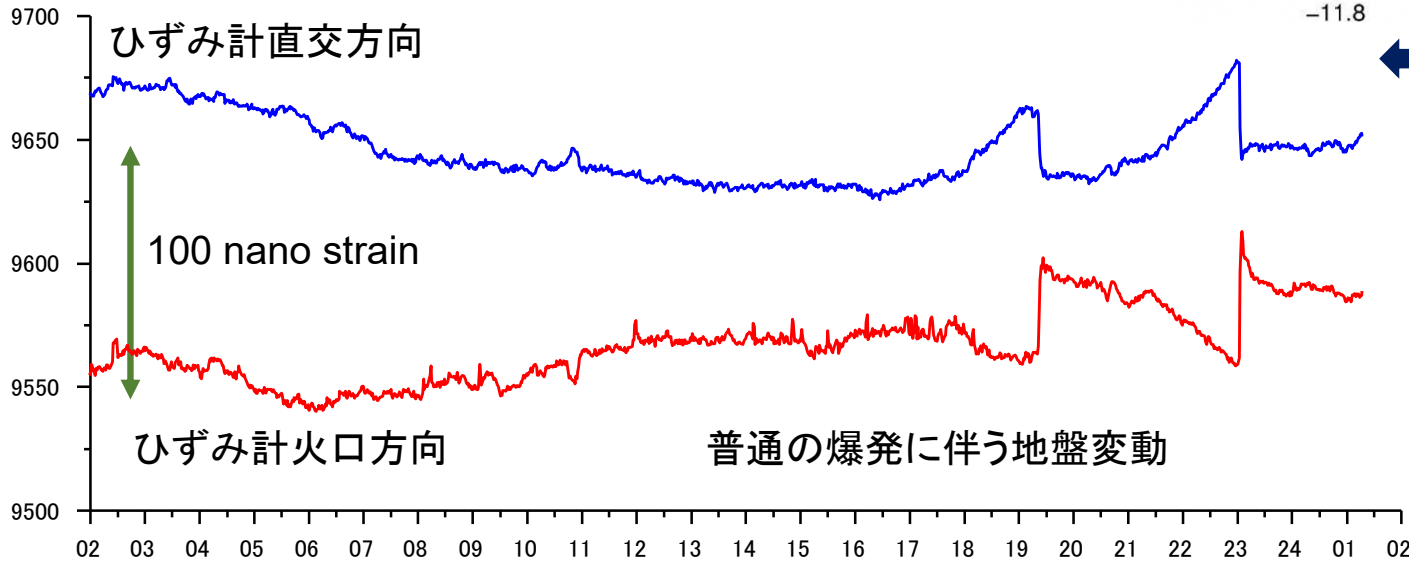
11時から12時までの地震記録(15日に有感地震は4回発生)

8月15日の地盤変動

300万m³のマグマ貫入（山頂噴火活動期では記録されていないレベル）



← 水平変位 (GNSS)



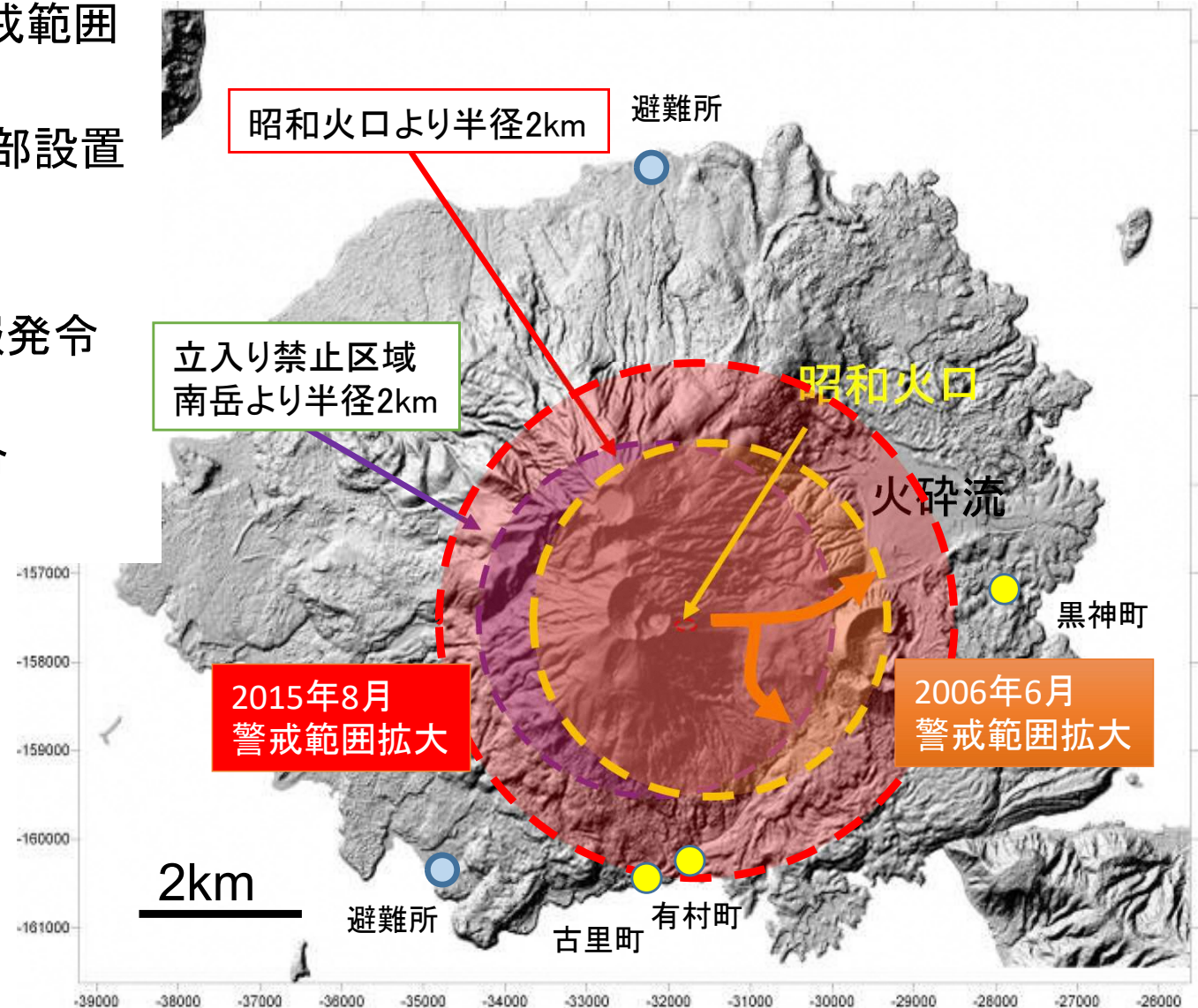
警戒範囲の拡大(レベル4)

鹿児島市の防災対応

- 10:15 気象庁がレベル4(警戒範囲3km)発表
- 10:45 鹿児島市災害警戒本部設置
- 11:15 災害対策本部設置
- 11:30 避難所開設
- 11:45 3集落に避難準備情報発令
- 13:00 国・県関係省庁会議
- 16:50 3集落に避難勧告発令
- 18:10 避難完了(77名)

気象庁の警報よりも上のレベルの対応をした。

- ・ 避難勧告発令(この当時は、レベル4=避難準備情報発令でよかった時代)
- ・ 警戒範囲3km外の黒神町にも避難勧告



④桜島2022年7月24日噴火



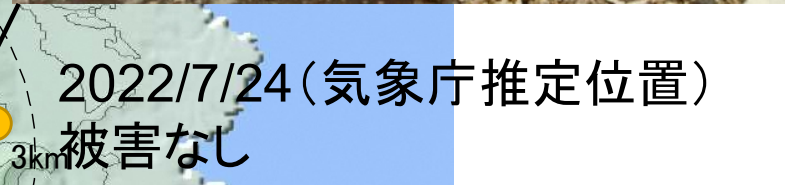
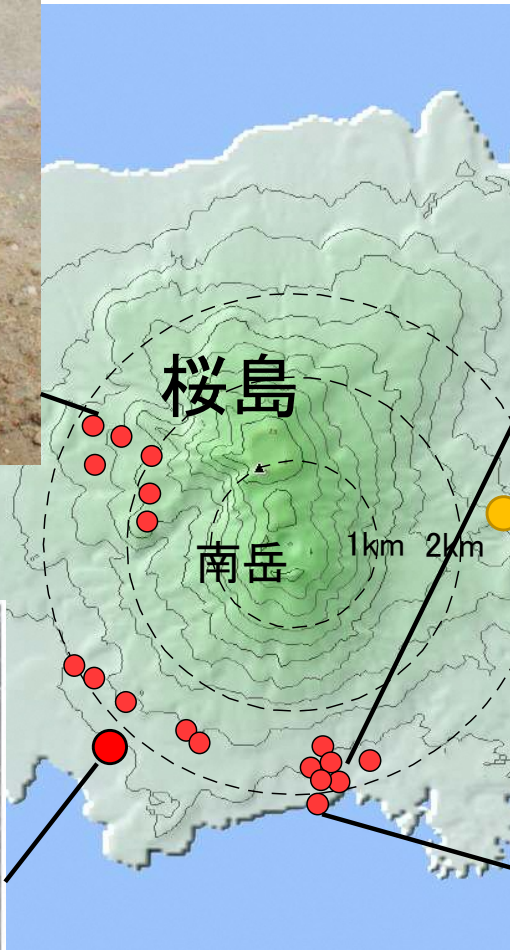
噴火の映像(4.4km離れた黒神から撮影)

噴石の到達距離約2.5km(気象庁発表)

緑色のレーザー光線は火山灰を検知する観測で、レーザー光線で爆発させているわけでも、爆発をレーザー光線で迎撃しているわけでもないのでご注意ください。

南岳爆発期の火山岩塊の集落への落下

1955年以降、到達距離2.5km以遠の爆発が20回発生



2022年7月24日の噴火後の情報発出

時刻	情報の種類	情報の内容	情報の提供範囲
20:05	爆発発生		
20:10	噴火に関する火山観測報第1報	爆発、有色噴煙：火口上300mで雲入り	
20:22	噴火速報	桜島で噴火が発生	レベルが引上げられる噴火が発生 全国に情報が流れる
20:50	噴火警報(居住地)	噴火警戒レベル5、避難 火口から3km以内の居住地では大きな噴石に嚴重な警戒	全国に情報が流れる (気象庁本庁から情報発出)
	エリアメール※	噴火警戒レベル5、避難、特別警報 被害が予想される居住地ではただちに避難してください。	対象鹿児島市 (火口から3km以内の居住地以外にもエリアメールは流れる)
21:09	噴火に関する火山観測報第2報	弾道を描いて飛散する大きな噴石2合目(火口より2000から2700m)	
22:20	避難指示【鹿児島市】	火口から3km以内の有村町、古里町の一部に避難指示を発令。ただちに避難してください。	
	エリアメール		対象鹿児島市

※2022年12月26日に廃止

噴火対応の問題点

- ① 火山岩塊落下地点決定の妥当性の検証
- ② 気象庁が噴火警報レベル5発表までに45分要した(警報発表の遅れ)。
- ③ 特別警報速報メール(エリアメール)の不完全な情報(警戒を要する範囲の指定なし)は警戒を要する範囲外にも通報⇒情報の混乱
- ④ 噴火警戒レベルによる火山活動認識、警戒を要する範囲の誤解(警戒を要する範囲の重要性)
- ⑤ 鹿児島市が避難指示を発令するまでにさらに1時間30分を要した。
- ⑥ 気象と火山の特別警報速報メールは廃止(2022年12月26日)⇒新たな速報的情報伝達の仕組みが求められる。

まとめ

気象庁の発表する火山噴火の警報、情報は重視すべきであるが、それだけでは不十分

行政自らが考える力が必要

- 正確な火山活動の現状把握
 - 2015年口永良部島噴火の異常現象
 - 2022年桜島噴火の噴石の落下位置
- 現状分析に基づく先を読んだ防災対応
 - 2015年桜島群発地震
 - 2015年口永良部島噴火でもできたはず
- 迅速な意思決定
- 実戦的な避難訓練
 - やはり、経験に勝るものはない
 - 避難訓練 < 避難の経験 < 噴火による避難の経験