

火山調査・研究の現状と社会 実装につなげるための課題

東京大学地震研究所
観測開発基盤センター
森田 裕一

火山災害の特色

- 火山が引き起こす災害は多様 → 画一的な対応が困難. (ハザード予測にとどまり, 積極的な対応はほとんどできない. 当面のところの生命を助けるだけの対策)
- 通常は低頻度で被災地域が限定的. 一方, 数千年に1度位, 広域に大被害を引き起こす現象が発生. (対応に当たる地方自治体の職員が前の噴火を知らない. 広域で被害が大きい巨大噴火ほど想定外の事象が起こり易い)
- 事象の推移の予測が困難. 復興計画がたてにくい. (地震, 風水害は, 現象の終息まで比較的短い. 火山活動終息を見極めるのに時間を要する. 三宅島全島避難: 約5年間. 2015年箱根: 5/6①→②, 6/30②→③, 9/11③→②, 11/20②→①)

火山災害事例 (想定をこえる現象の発生)

「火山噴火を予測して逃げる」で対応: 生命だけは助かる

- 火砕サージ火砕流: モンプレー1902年 死者28千人
- 噴石 : 御嶽山
- 溶岩流 : 桜島大正噴火(大隅半島と陸続き)
- 火山灰 : ベスビオ79年
- 泥流(ラハール) : ネバダデルルイス火山1985年, 死者22千人
- 山体崩壊 : セントヘレンズ・磐梯山(死者約480人)

噴火規模予測が実現しないと対応が難しいもの

- 山体崩壊・津波 : 島原大変肥後迷惑, 死者15千人
- 爆発・津波 : クラカタウ1883年(島の消滅), 死者36千人

危険性の認知が低い(まさかこんなことが…)

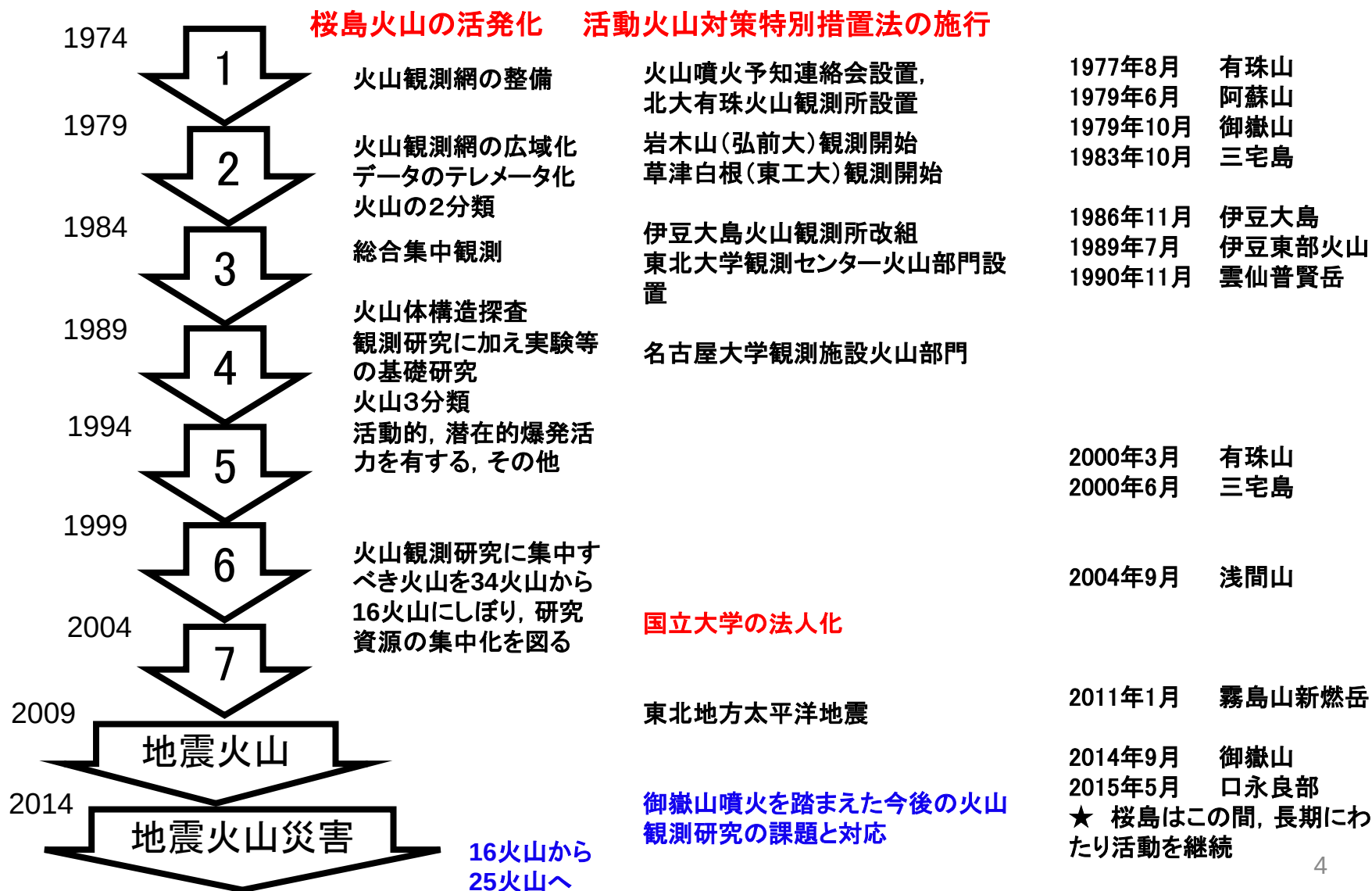
- 火山ガス : カメルーン・ニオス湖CO₂の流出(死者1800人)
- 土砂崩れ : 火山土壌の崩落(伊豆大島2013年10月26日)

被害が広域, 長期. (対策が思いつかない)

- 気候変動 : ラキ火山1783年→天明の飢饉(100年に1回)
- カルデラ噴火 : 喜界カルデラ→文明の根絶

火山観測研究の歴史

- 火山観測の始まり 1910年有珠山 → 火山性地震観測の有効性を証明
- 1928年阿蘇火山観測所(京大理), 1933年浅間火山観測所(東大地震研), 1959年伊豆大島観測所(東大地震研), 1960年桜島火山観測所(京大防災研), 1962年島原火山観測所(九大), 1964年霧島火山観測所(東大地震研)



火山噴火予知研究の現状と課題

- 火山噴火予測の5要素
時期, 場所, 規模, 様式, 推移
- 研究の発展段階
 - 火山活動の異常から噴火の可能性を警告
(監視観測がなされている火山)
 - 観測データや経験則から、噴火の発生や活動の推移を定性的に予測(精密・多項目観測のなされている火山の一部)
- 火山やマグマの挙動に関する物理化学モデルに基づき、定量的に火山活動を予測

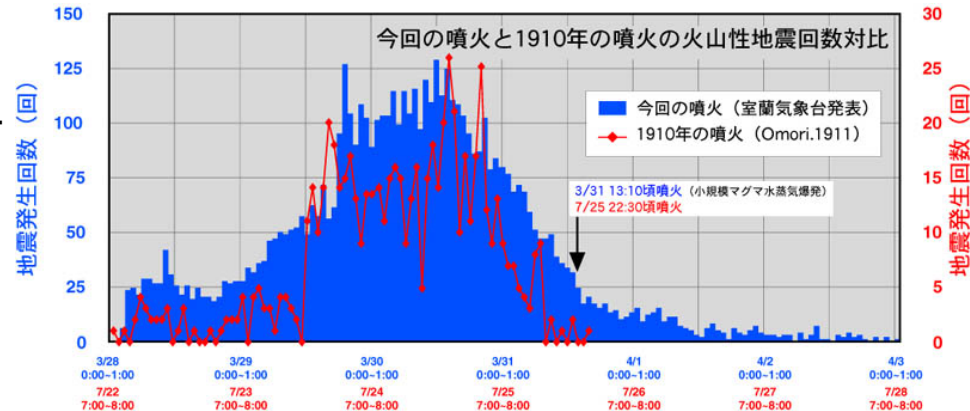


2000年に発生した2火山の噴火

有珠山: 前兆現象の推移を着実に捉え、適切な情報発信, 噴火前に住民の避難成功. しかし終息の見極めは困難

三宅島: 前兆, 初期のマグマ移動は着実に把握. 一方, カルデラ形成, 火山ガスの大量発生等の推移の予測は困難

2000年有珠山噴火

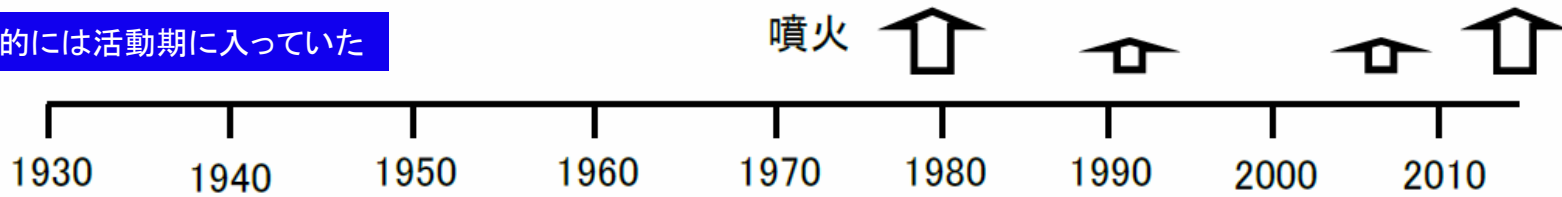


2000年三宅島噴火

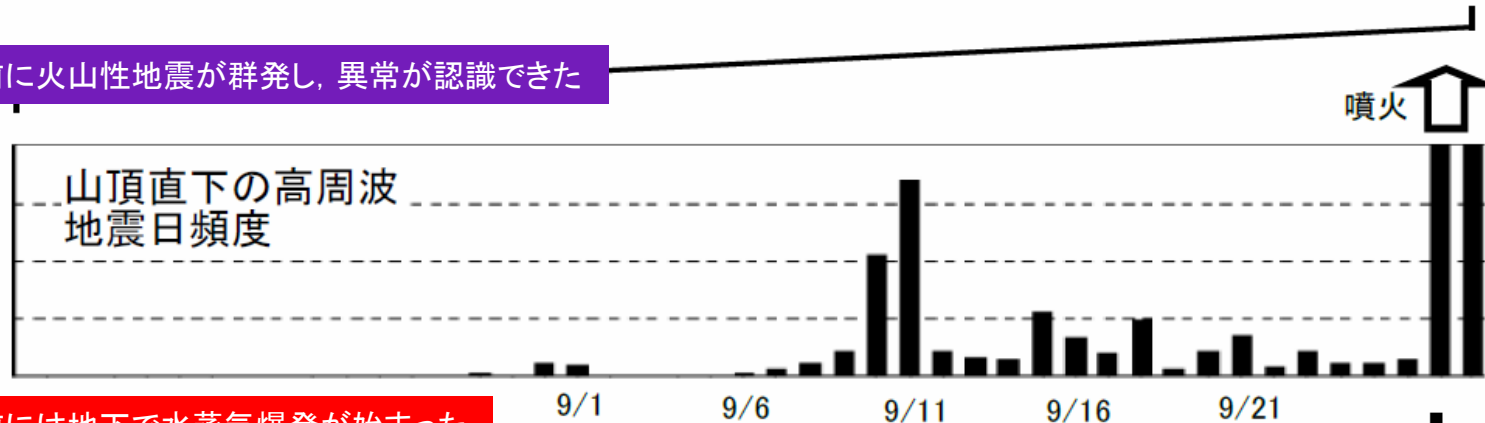


2014年9月御嶽山噴火の例

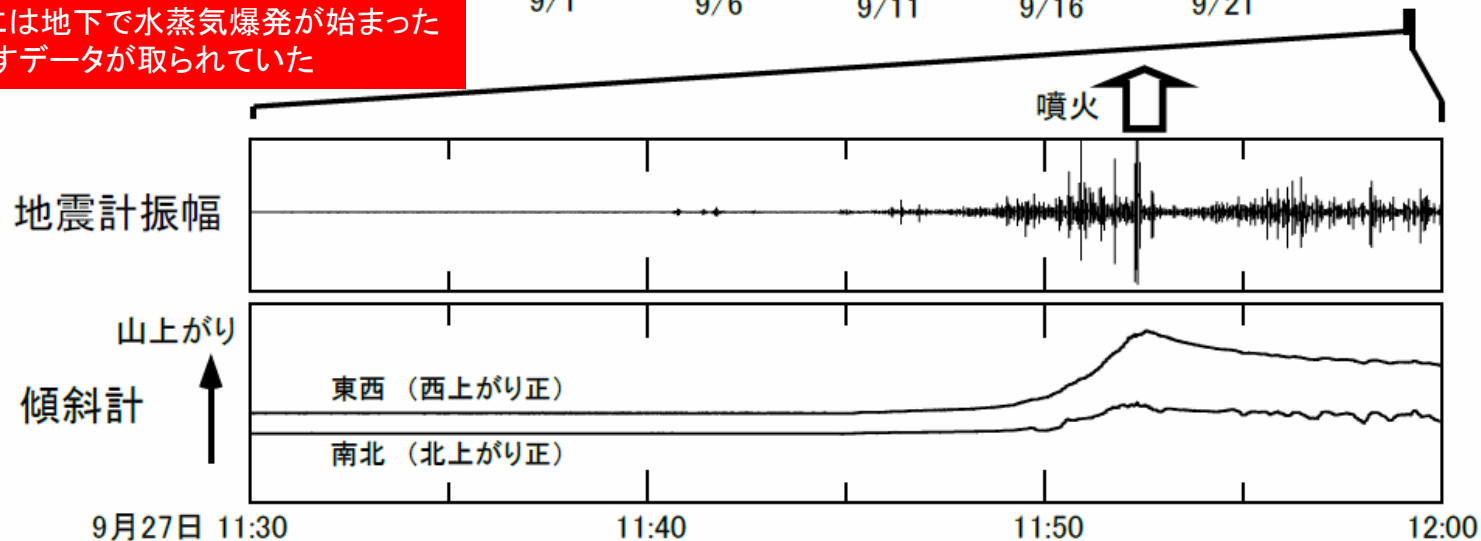
長期的には活動期に入っていた



18日前に火山性地震が群発し、異常が認識できた



10分前には地下で水蒸気爆発が始まったことを示すデータが取られていた

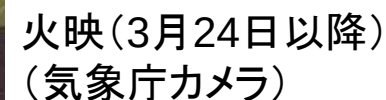
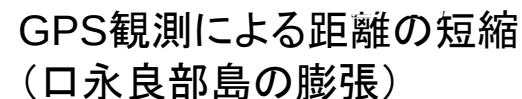


情報の信頼性、有効性(リードタイム)のどちらをどれ位重要視するか？

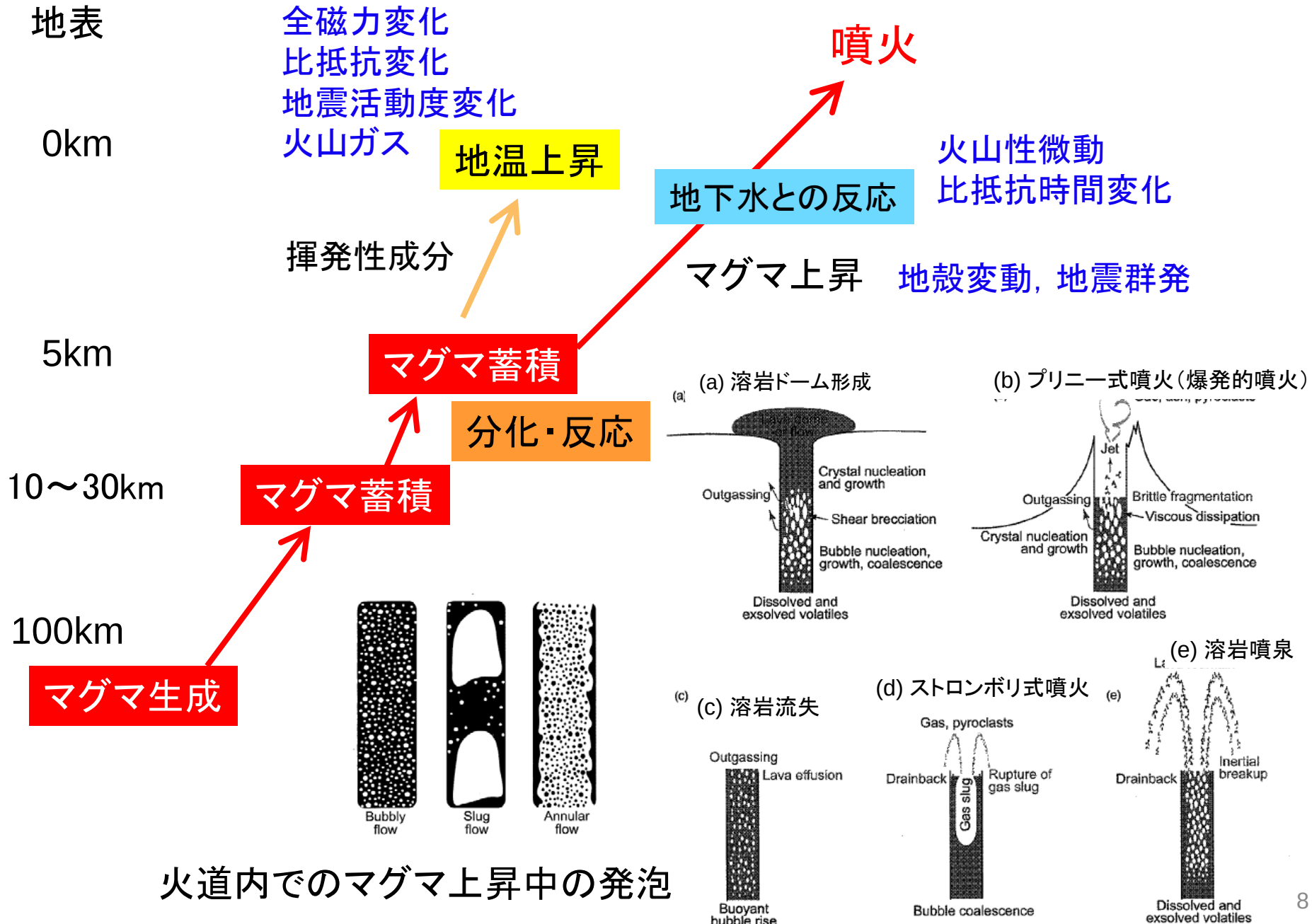
地震回数



2015年5月噴火に至る 火山活動の活発化



「噴火予測」＝「マグマの上昇を捉える」



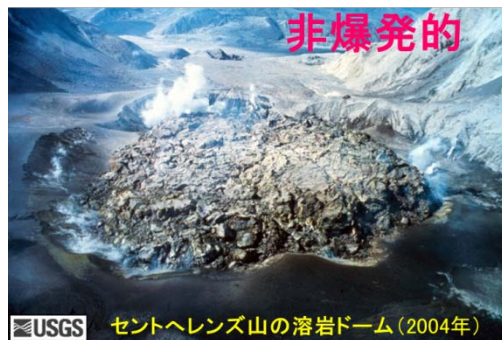
爆発的

噴火予測の高度化(噴火シナリオ)

時期, 場所だけでなく, 規模, 様式, 推移の予測も不可欠

同一火山であっても, 全く異なる様式の噴火が起きる

非爆発的



USGS セントヘレンズ山の溶岩ドーム(2004年)

噴火シナリオ



即時観測データ解析システム

噴火シナリオ導入後

各科目の専門医チームによる合議
研究成果の活用, 噴火規模・様式・推移予測の精度向上



噴火シナリオ



噴火シナリオ導入前

ホームドクターの頭の中に
噴火シナリオがある。

セントヘレンズ山のプリニー式噴火
1980年 山体崩壊

シナブン火山の全容



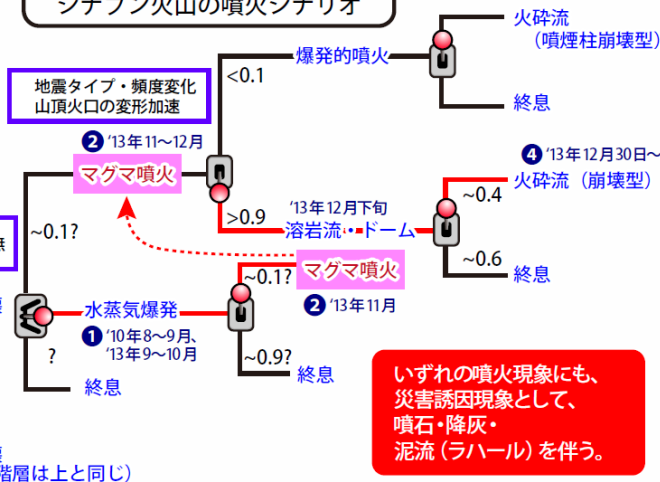
火山灰にマグマ物質有無

山体の局所的
変形・地震数増加の有無

マグマ貫入

地震活動・
地殻変動の活発化

シナブン火山の噴火シナリオ

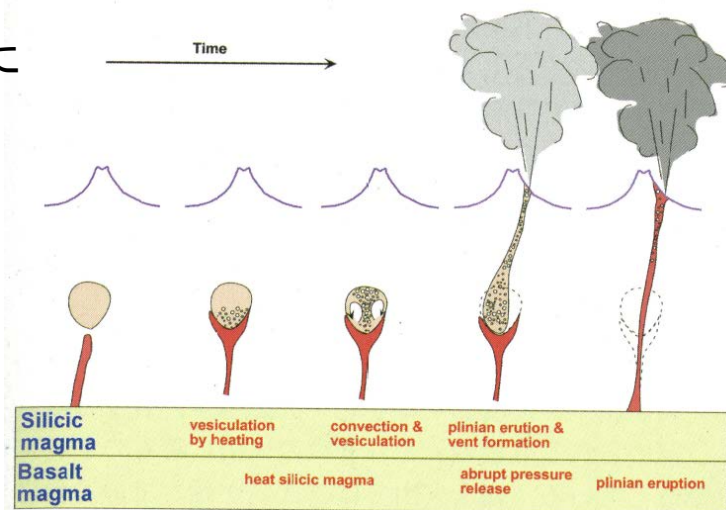
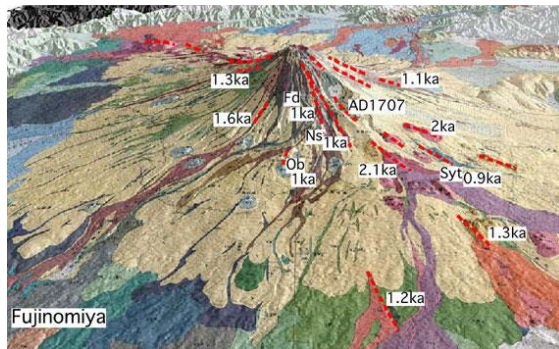


ボーリング調査・文献調査による噴火履歴の系統的調査

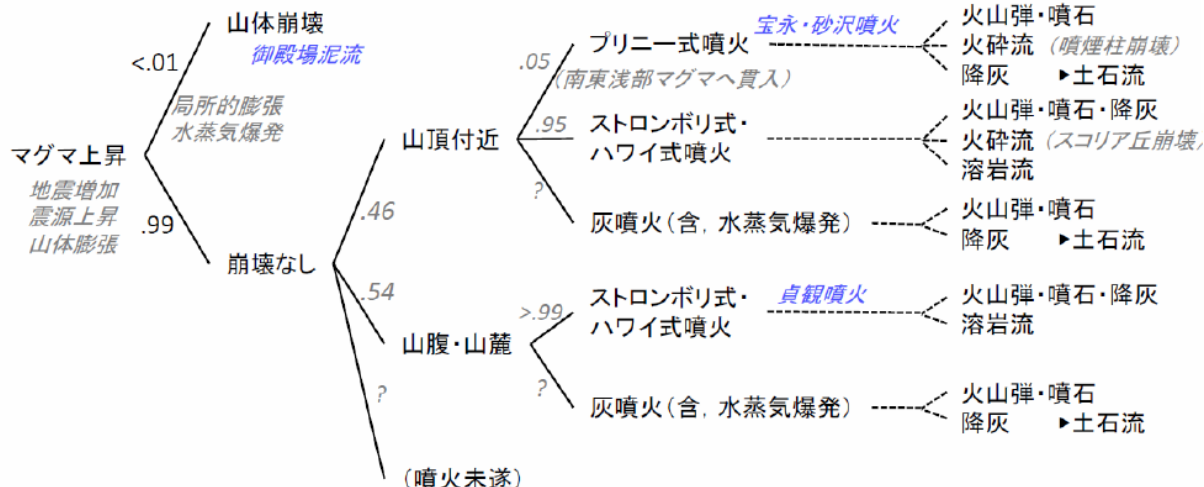
過去の噴火頻度, 噴火様式, 噴出成分の時間変化を知ることにより, 噴火の長期予測や今後の噴火様式を予測に利用する



古文書史料の解読

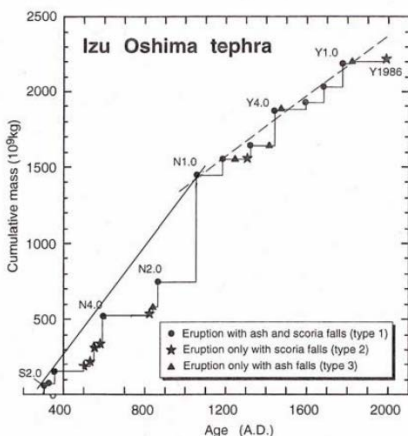


先行現象	活動初期	噴火進行・場所	噴火タイプ	災害誘因現象
------	------	---------	-------	--------



関東平野に火山灰
首都機能の麻痺

周辺で溶岩流、
火砕流、土石流
による被害



階段ダイアグラム

過去の噴火時期, 噴火規模
等を推定.

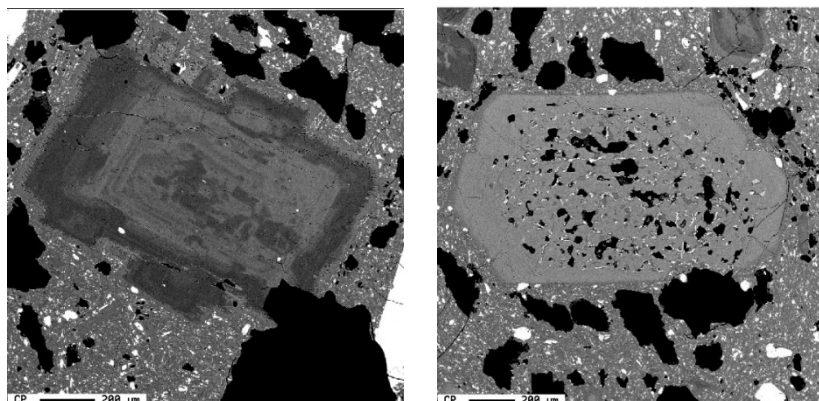
ボーリングによるサンプル採取

富士山の噴火シナリオ (事象系統樹)

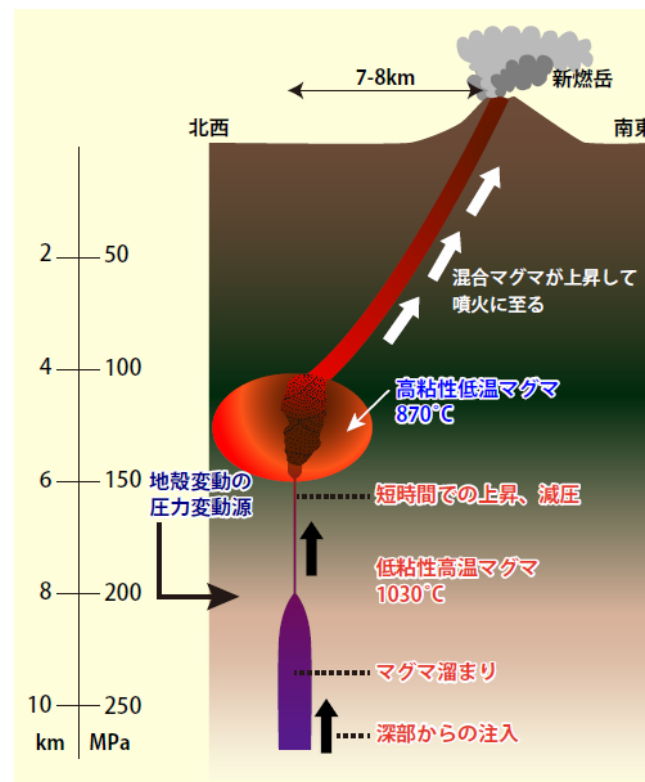
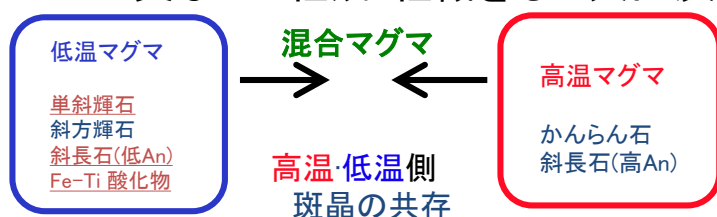
富士山は約1000年に1回の割合でVEI5の噴火を繰り返してきた. 宝永噴火(1707)は爆発的であったが, 1回前の貞観噴火(866)は非爆発的であった.

噴火推移の予測ー火山噴出物, 火山ガスによる判断 (火山灰・ガスに含まれるマグマ物質の分析)

2011年霧島新燃岳噴火の火山灰

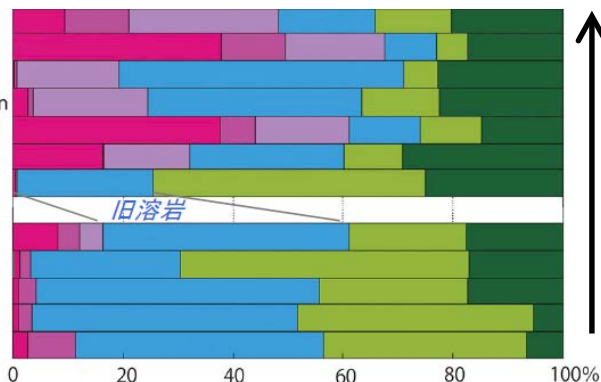


2つの異なった組成・組織をもつ火山灰



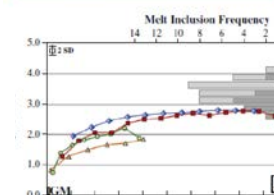
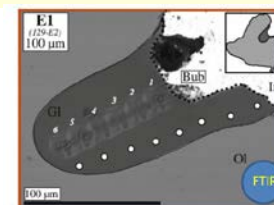
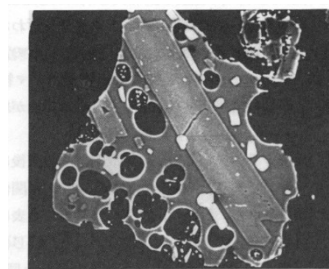
プリニー式
噴火期
2011年1月
26～28日

水蒸気噴火期
2011/01/19
2010年3月
2008年8月



マグマ
の関与
が大き
なった・

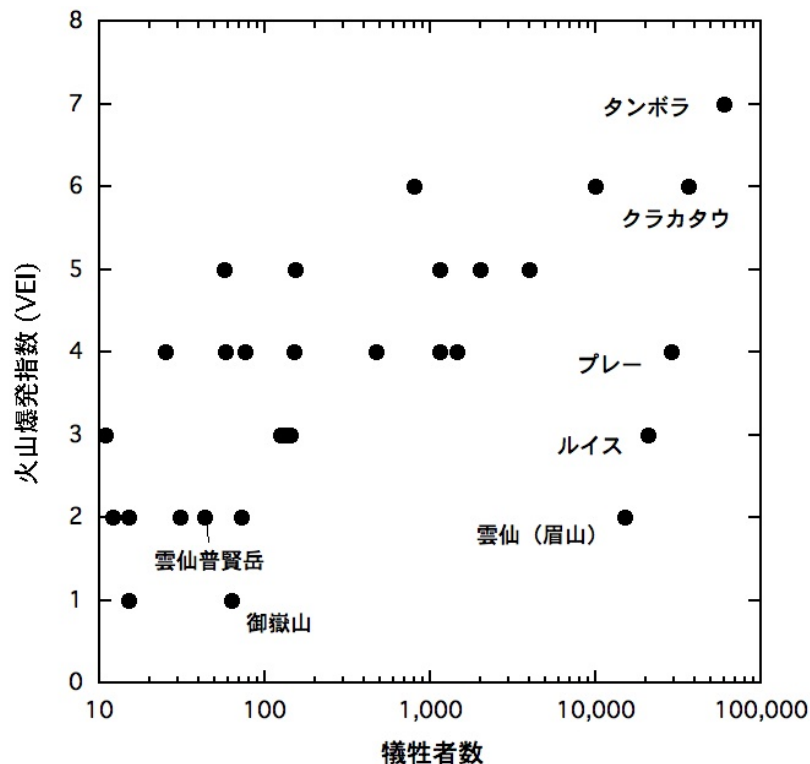
火山噴出物(火山灰)に含まれる微小なガラス包合物の分析により、マグマの滞留深度、滞在時間が推定できる



将来の火山災害は軽減できるか？

噴火規模と犠牲者の相関は低い【火山災害は多様】近代化により社会構造が変化し、現時点での脆弱性の評価が難しい
日本は過去80年間VEI4,250年間VEI5の規模の大きな噴火を経験していない【正常性バイアスの危険が高い】

→このままでは有効策が見つからない

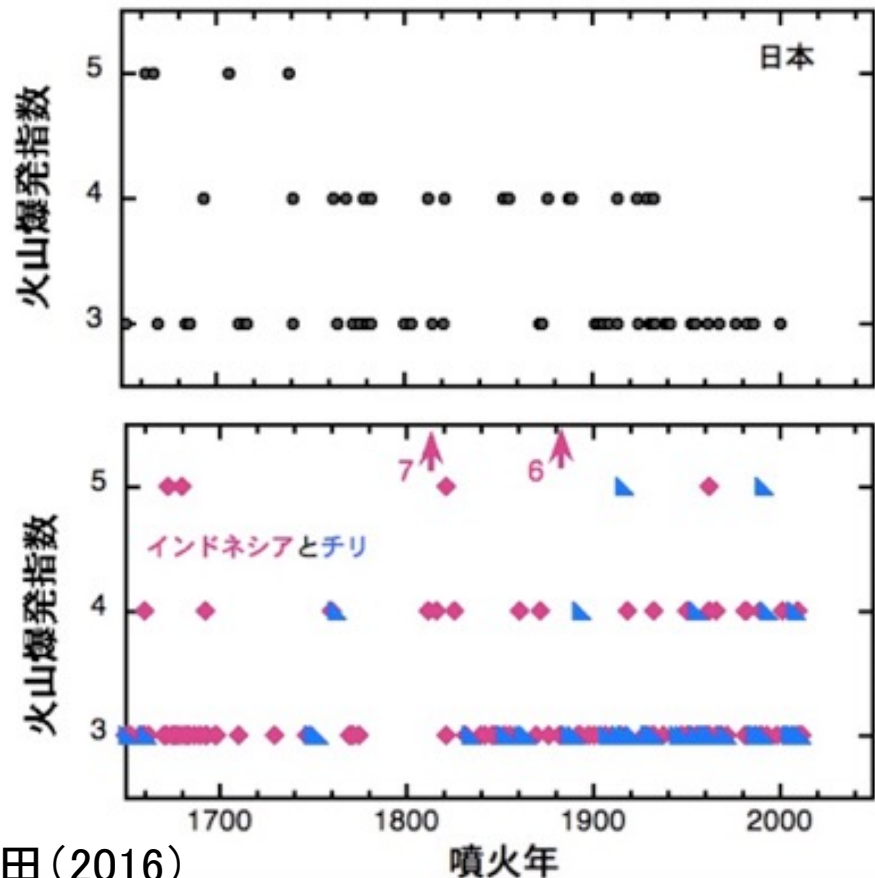


火山爆発指数 (VEI)

$$VEI = \log V - 4$$

V: 噴出火山灰のマグマ換算体積

日本における過去の噴火の火山爆発指数



中田(2016)

代表的なカルデラ

噴火年	火山	カルデラ径	噴出量
1991	Pinatubo	2.5 km	4 – 5km ³
1883	Krakatau	8	10
1.4Ka	Rabaul, PNG	10 × 15	11
7.3Ka	Kikai	15 × 20	170
75Ka	Toba, Indonesia	30 × 80	1500
90Ka	Aso	15 × 20	900
600Ka	Yellowstone	40 × 70	1000–2000

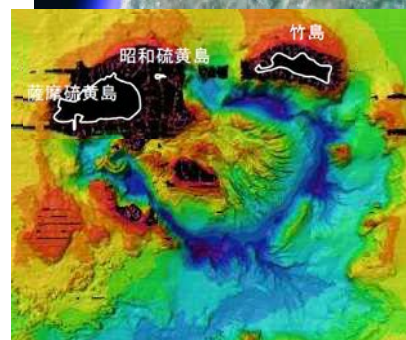
社会実装が極めて困難

最も深刻な被害をもたらすカルデラ噴火についての知見が乏しい

たとえ、知見が得られてとしても、被害が広範囲でかつ重篤であるため、対策を考えるのは極めて困難

鬼界カルデラ

7300年前鬼界カルデラ噴火の推定インパクト



火砕流

火山灰

津波

噴出マグマ体積: 85 km³

噴出物体積: 170 km³

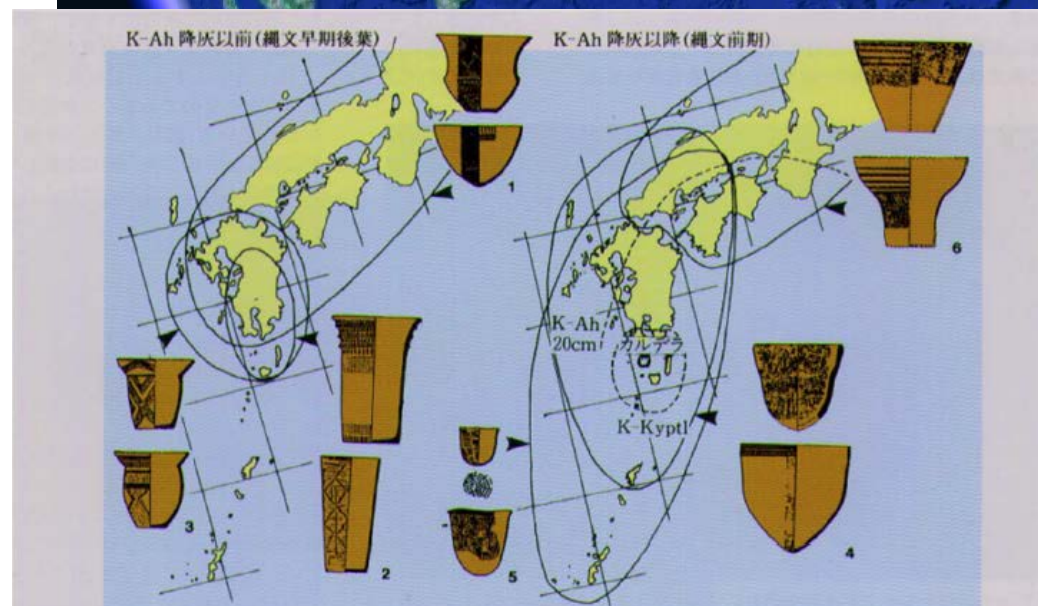


図4 6300年前のアカホヤ火山
1: 押型文様式, 2: 九州貝

中央防災会議 大規模火山災害対策への提言(2013)

地震予知と火山噴火予知の違い

地震

応力の蓄積

- プレート境界地震
滑り欠損
限界がわからない
(モデルが未確立)
- 内陸地震
予測の道筋が見えない
場の理解は進んだ

地震の発生

- 震源
- マグニチュード
基盤観測網が
整備済み

災害:津波, 強振動の発生

- 地震動:地盤災害
地震発生後, 各地の震動を予測
- 津波災害
一定規模の地震発生が海域で
発生した際, 予想津波高を発表

津波警報

緊急地震速報

火山

ハザード予測

マグマの蓄積, 上昇

- 地殻変動, 地震,
火山ガス, 地下比
抵抗等火山により,
噴火に至る過程が
異なる→噴火様式

噴火の発生

- 様々な噴火様式
溶岩流, 火山灰,
火砕流発生等は
噴火様式に大きく
依存

多種の災害が発生

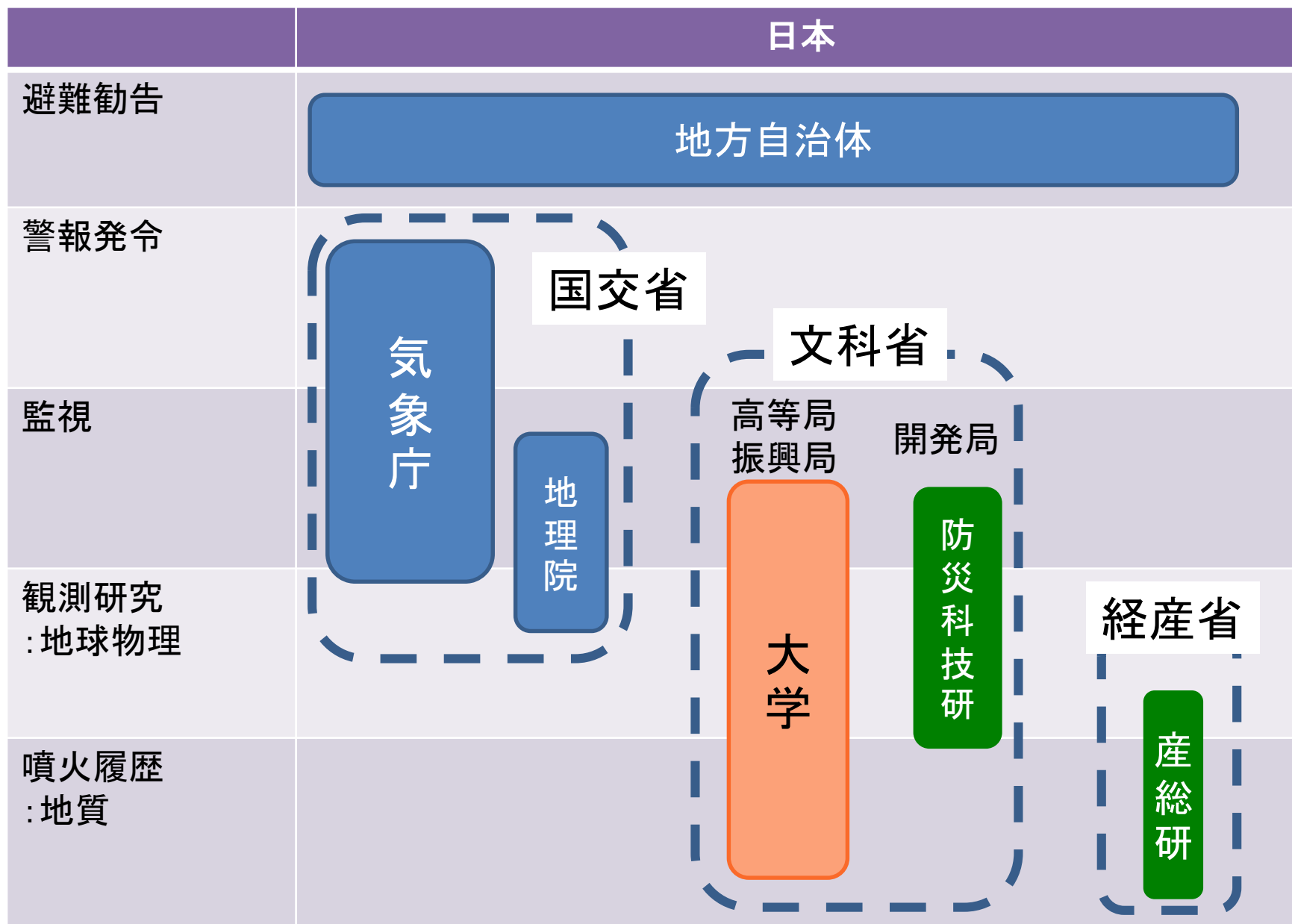
- 噴火様式, 火山の
立地により様々な被害
火砕流, 火山灰, 溶岩流
岩屑なだれ, 土石流,
泥流, 津波

活動の終息

- 日常生活の
回復
活動終息の
見極め

噴火警戒レベルの導入

火山ハザードに関する調査・研究体制



まとめ

【社会実装への現状】

- ・ 約40年間継続してきた火山噴火予知研究により、観測のノウハウが蓄積され、噴火発生についての研究が進み、気象庁が噴火警報を発表するまでになった。

【社会実装にあたり障害・ネックとなっている事項】

- ・ 現状の火山噴火予測は、完成されたものではない(今後も時々失敗する)。リードタイムの長い(現状では不確実な)予測情報の精度を上げるため(噴火切迫度評価)の研究開発が必要。規模、推移の研究は決定的に研究が不足。
- ・ 信頼度の異なる噴火前兆情報を、その特性を考慮して有効性に利用し、施策に活かすための議論が不足している。

【火山防災を進めるための調査・研究における課題】

- ・ 国立大学の法人化以降、研究・開発への投資よりも、火山監視への人的・金銭的投資が大きく、バランスを欠いていないか。研究、監視、情報発表までの一元的な国家戦略の立案が必要ではないか。
- ・ 超巨大噴火(破局噴火)が起これば、「防災・減災」の範疇を超える状況が出現する。低頻度であるゆえ、研究開発が進まない。また、研究開発がどのように役立つかわからない。極めて低頻度であるから問題を先送りしているのが現状。
- ・ ハザードマップの整備は進んでいる。しかし、噴火によりどのように生活が変わるか(例:長期避難による生活環境の激変)の認知度が低い。どう解決するか？