

「雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会（第1回）」

会 議 次 第

開 催 日：平成26年8月4日（月）

12：30～14：30

場 所：雲仙岳災害記念館 セミナー室

1. 開 会

2. 挨 拶

3. 議 事

○ 「雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会」

設置趣意書・規約案・委員長の選任等について

・設置趣意書・・・資料－1

・規約案・・・・・・資料－2

・委員名簿・・・・・・資料－3

・配席図・・・・・・資料－4

○ 検討次第

雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討について

・・・・・・資料－5

○ その他

4. 閉 会

雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会

設置趣意書

雲仙・普賢岳は平成２年１１月１７日に１９８年ぶりに火山活動を再開し、その活発な噴火活動により火砕流が発生し４４人の尊い人命が奪われ、さらには降雨による土石流の発生により、地域生活や経済活動に長期にわたって甚大な被害を与えた。

雲仙復興事務所は、雲仙・普賢岳の噴火活動中から現在まで、噴火災害により被害を受けた地域の安全を確保し、早急な災害対策を進め、地域復興に貢献するため、砂防堰堤、導流堤、監視体制の整備などを進めてきた。

現在、一連の噴火活動は終息しているものの、雲仙・普賢岳周辺には、溶岩ドームと呼ばれる巨大な岩塊群が不安定に存在し、崩落等の危険性が懸念されるため、平成２３年から２４年にかけて「雲仙普賢岳溶岩ドーム崩落に関する危険度評価検討委員会」及び「雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊に関する調査・観測及び対策検討委員会」を開催した。これらの委員会により、溶岩ドーム崩壊時に下流に被害発生の可能性があることが示され、今後溶岩ドームの挙動について継続的な調査・観測が必要であること、発生可能性が高い災害に対しては事前にハード対策を行うべきこと、ハード対策だけでなく並列して関係機関が連携して雲仙・普賢岳の防災対策に取り組むべきであることが報告された。これらの報告を受け、雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊に対するソフト対策を検討することとした。

検討にあたっては、溶岩ドーム崩落が火山学や地球物理学からも稀な現象であり、火山防災および砂防に関する高度な学術的知見が不可欠であること、及び関係機関が連携して雲仙・普賢岳の防災対策に取り組む必要があることから、学識経験者や各行政機関関係者から構成される「雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会」を設置することとする。

「雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会」規約案

第１条（趣旨）

この規約は、「雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会」（以下「委員会」という。）の設置について必要な事項を定める。

第２条（目的）

本委員会は、溶岩ドーム崩壊に関する調査・観測及びソフト対策の検討を目的とする。

第３条（組織）

委員会は、事務局が設置する。

- ２ 委員会の委員は、事務局が委嘱する。

第４条（委員長）

委員会に委員長を置くこととし、委員の互選によりこれを定める。

- ２ 委員長は、委員会の運営と進行を総括する。
- ３ 委員長に事故があった場合には、委員長が予め委員の中から指名する者が職務を代行する。

第５条（委員会）

委員会は、委員長の了解を得て事務局が招集する。

- ２ 委員の任期は原則として１年とし、再任を妨げない。
- ３ 委員会は、委員総数の２分の１以上の出席をもって成立する。なお、行政委員の代理出席も委員会の成立数とする。
- ４ 異常時、緊急時等、臨時に開催する必要がある時は、事務局が委員長の了解を得て臨時委員会を招集するものとする。

第６条（報告及び助言）

防災関係機関の実務担当者による溶岩ドーム崩壊対策等の防災に関する検討や実施状況について、事務局より委員会へ報告を行い、委員会から必要に応じ助言を頂くものとする。

第７条（公開）

委員会の公開は、傍聴を認めることにより行うものとする。

- ２ 特段の理由がある場合は、委員会の判断により非公開とすることができる。

第８条（オブザーバー）

雲仙・普賢岳周辺の関係機関等を委員会のオブザーバーとする。

- ２ 委員会に参加するオブザーバーは、委員会の提言等をふまえ、必要に応じて事務局が変更するものとする。

第９条（事務局）

委員会の事務局は、以下の機関が合同で行い、窓口は国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所に置く。

国土交通省 九州地方整備局 河川部

国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所

長崎県 危機管理監 危機管理課

長崎県 土木部 砂防課

第１０条（規約の改正）

本規約の改正は、委員総数の３分の２以上の同意を得てこれを行う。

第 1 1 条（雑則）

この規約に定めるもののほか、委員会の運営に関し必要な事項は、委員会に諮って定める。

附則（施行期日）

この規約は、平成 2 6 年 8 月 4 日より施行する。

雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会

委員名簿

(順不同・敬称略)

【学識委員】

下川 悦郎	鹿児島大学 地域防災教育研究センター 特任教授 (砂防)
清水 洋	九州大学 大学院理学研究院附属 地震火山観測研究センター 教授 (火山)
山田 孝	三重大学 大学院生物資源学研究科 教授 (砂防)
木村 拓郎	一般社団法人 減災・復興支援機構 理事長 (防災)
高橋 和雄	長崎大学 大学院工学研究科産官学連携研究員 (名誉教授) (防災)
蔣 宇静	長崎大学 大学院工学研究科 教授 (岩盤工学)
國友 優	国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 土砂災害研究室長 (防災)

【行政委員】

上之菌 正利	福岡管区気象台気象防災部 火山防災情報調整官
古賀 俊行	九州地方整備局 河川部長【代理:塚本 剛好 地域河川調整官】
佐伯 長俊	長崎県 危機管理監
浅野 和広	長崎県 土木部長【代理:宮崎 東一 技監】
沢水 清明	長崎県 島原振興局長【代理:後田 健一 建設部長】
古川 隆三郎	島原市長
松本 政博	南島原市長
金澤 秀三郎	雲仙市長【代理:江口 秀司 市民安全課長】

【オブザーバー】

岸田 宗範	環境省 九州地方環境事務所 雲仙自然保護官事務所 自然保護官
中原 一則	林野庁 長崎森林管理署長
山下 和也	林野庁 九州森林管理局治山課 治山技術専門官
内田 陽二	長崎県 農林部 森林整備室長

【事務局】

国土交通省 九州地方整備局 (河川部、雲仙復興事務所)
長崎県 (危機管理監、土木部)

雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討について



※ 検討資料であり、今後変わることがあります

「雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊に関する調査・観測及び対策検討委員会」(平成23～24年度)における討議内容

1. 雲仙普賢岳溶岩ドームの現況
2. 溶岩ドーム崩壊対策の対象とする現象及び規模について
 - 2.1 溶岩ドーム崩壊時に想定される現象
 - 2.2 溶岩ドーム崩壊の規模の設定
 - 2.3 溶岩ドーム崩壊の影響範囲について
3. 雲仙普賢岳溶岩ドーム崩壊への対応の在り方

1. 雲仙普賢岳溶岩ドームの現況

平成2年から平成7年の雲仙普賢岳の噴火活動に伴い形成された溶岩ドームについて、落石や部分崩落に対する工事安全管理のために雲仙復興事務所による観測が継続的に行われている。現在急激な動きは確認されていないが、平成9年から23年の14年にかけて溶岩ドームの一部に南東方向に1mの移動が確認されている。また、溶岩ドームの末端では小規模な崩落が毎年確認されている。

溶岩ドームについては内部構造、強度に関係するデータが少ないという状況の中、溶岩ドームの形成過程からの内部構造の推定、溶岩ドーム周辺の現地調査、応力解析等から検討を行った。その結果、溶岩ドームの亀裂部、溶岩ローブと火砕流堆積物の境界、火砕流堆積物と噴火前の地盤などが構造上の弱部と推察された。さらに、空中物理探査による内部構造調査についてもこれを裏付ける結果となっている。

(委員会のとりまとめより抜粋)

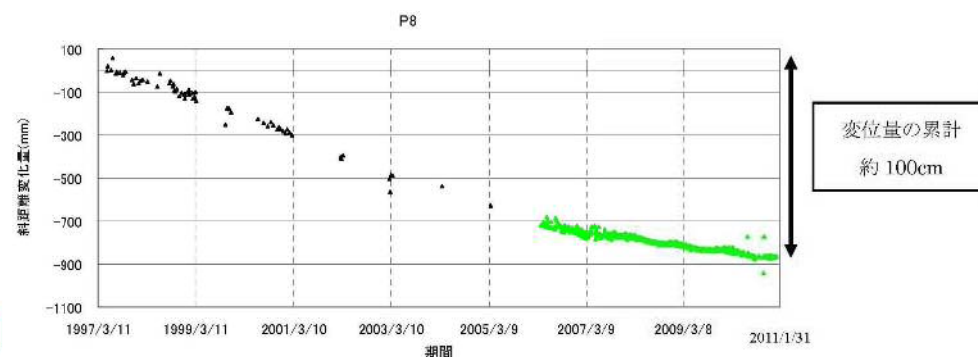
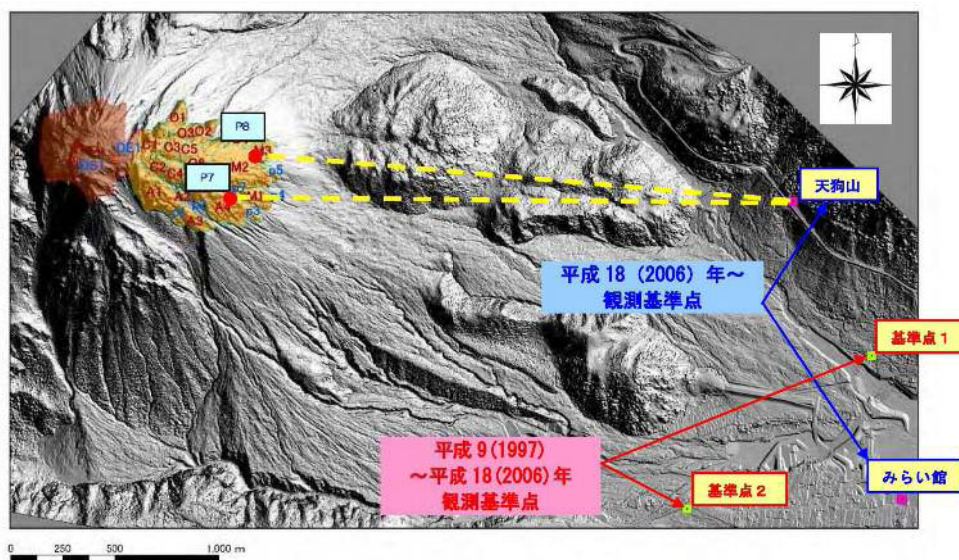


図 2.4 P8に対する斜距離の変化量(天狗山)

▲は1997～2005年の基準点1からの観測データ
▲は2006年からの天狗山からの観測データ

平成9～23年の14年間で、溶岩ドームの一部に南東方向に1mの移動

2. 溶岩ドーム崩壊対策の対象とする現象及び規模について

2.1 溶岩ドーム崩壊時に想定される現象

溶岩ドームが崩壊した場合、火砕流、転石、岩屑なだれ、土石流が想定されるが、現在の溶岩ドームの噴気地点の周囲温度は約 100 度で噴気地点以外はほぼ常温となっており、冷却が進んでいることより崩壊による火砕流発生は考えにくく転石は影響範囲が既設砂防施設の範囲内に収まることが想定されること等から、「岩屑なだれ」を防災対策の対象とする現象とした。なお、過去の岩屑なだれの発生事例より岩屑なだれに伴う突風（ブラスト）の発生も想定される。

また、溶岩ドーム崩壊後は不安定土砂が増加すること等により土石流の発生が危惧されることから土石流も防災対策の対象とした。

(委員会のとりまとめより抜粋)

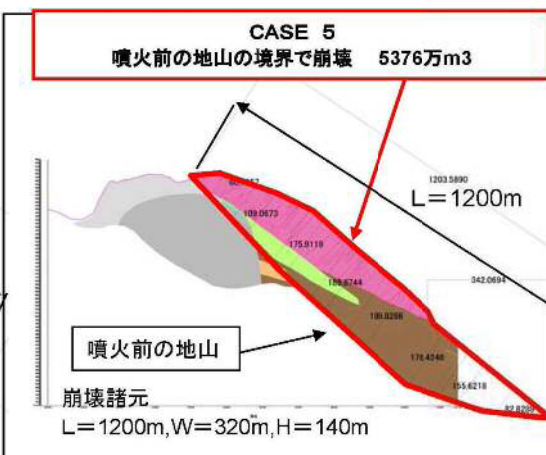
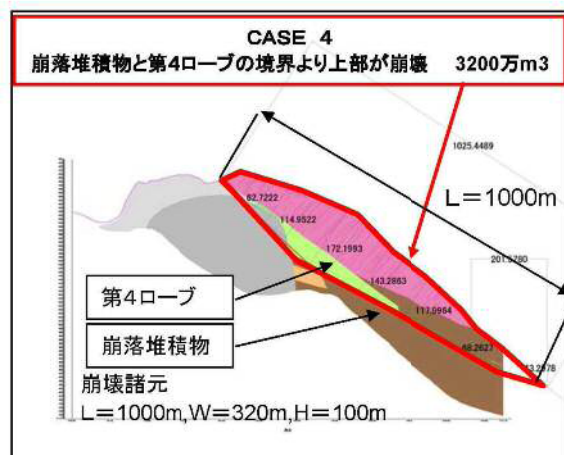
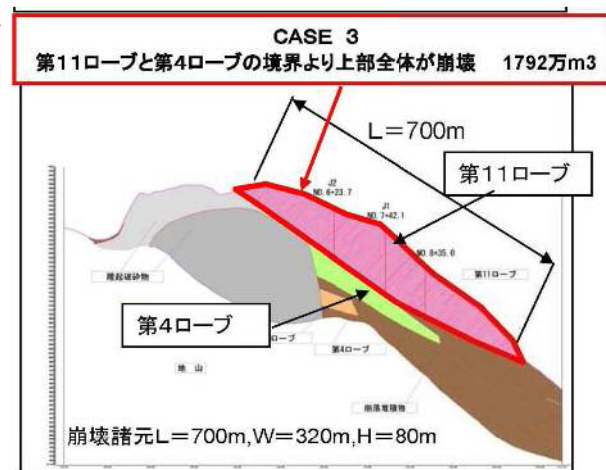
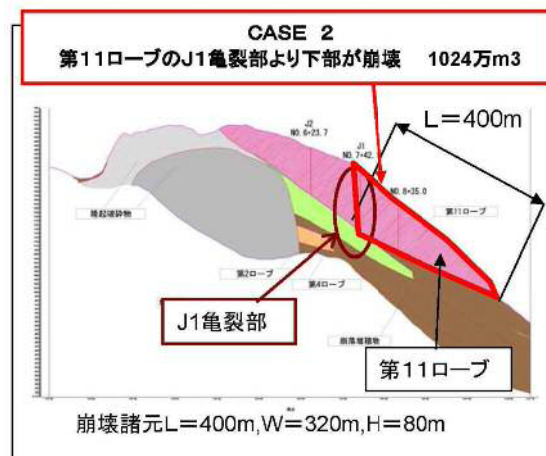
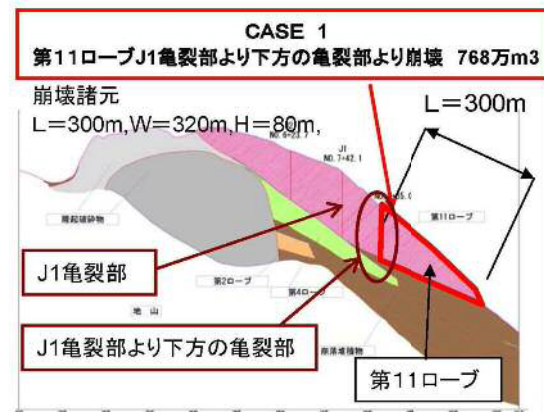
溶岩ドーム崩壊時に想定される現象

- 岩屑なだれ 及び 突風(ブラスト)
- 崩壊後の土石流

2.2 溶岩ドーム崩壊の規模の設定

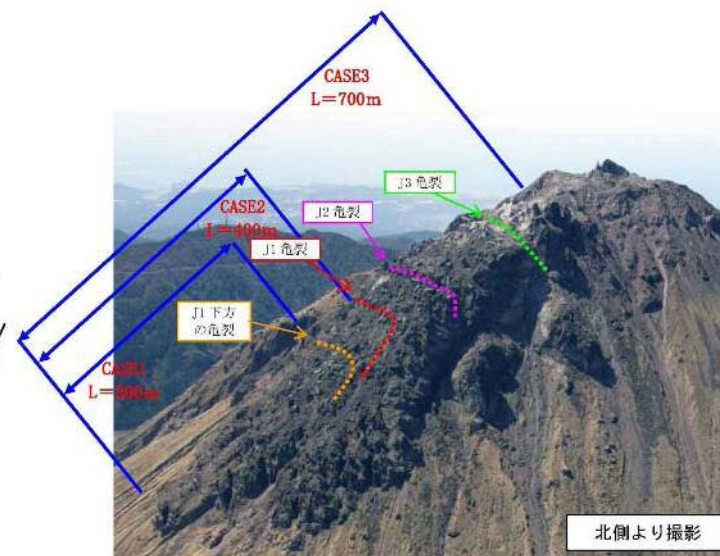
崩壊規模については、溶岩ローブの亀裂、溶岩ローブと火砕流堆積物との境界、火砕流堆積物と噴火前の地山との境界から崩壊することを想定し5つの規模を想定した。

(委員会のとりまとめより抜粋)



崩壊規模の模式図 (CASE 1~5)

CASE 1~5の規模を想定

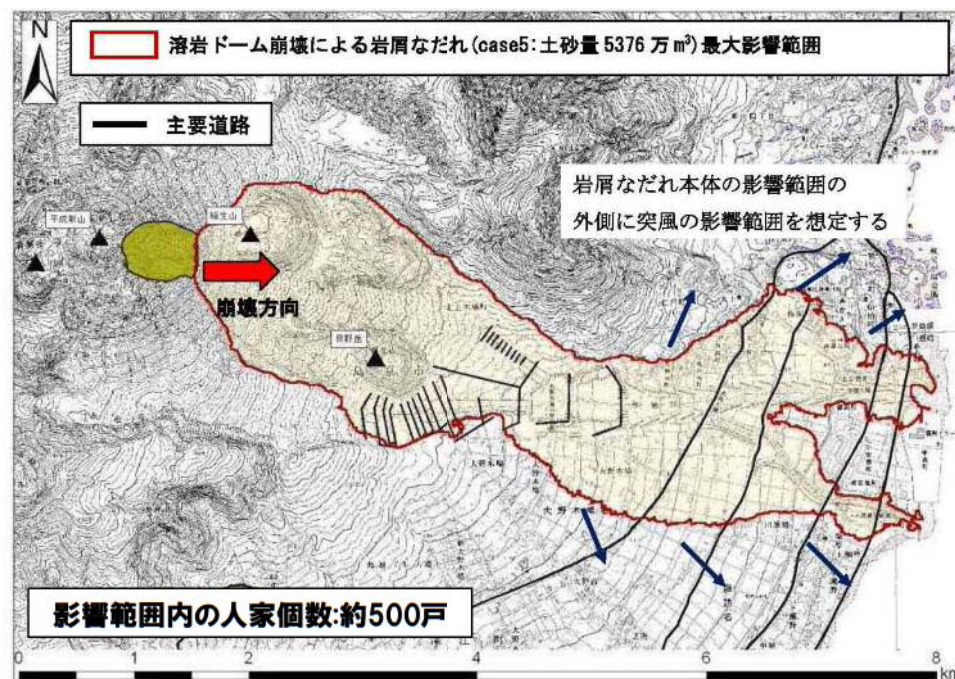


崩壊規模のイメージ

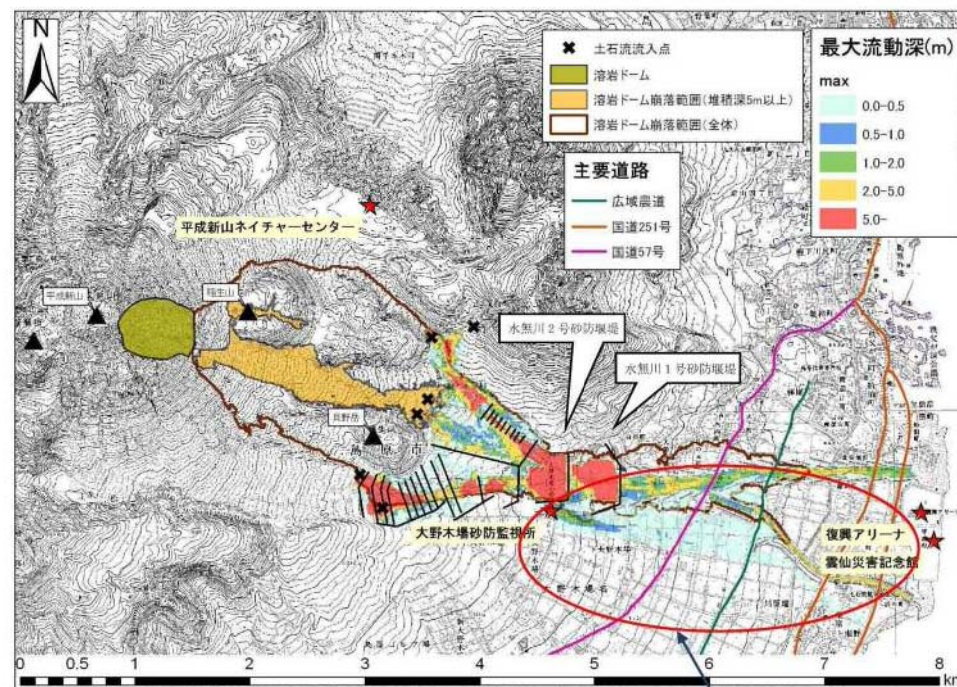
2.3 溶岩ドーム崩壊の影響範囲について

溶岩ドームが崩壊した場合の影響範囲については、岩屑なだれを連続体としてモデルを作成し、各崩壊ケースの影響範囲を数値シミュレーションにより予測した。

また、過去の事例から突風（ブラスト）による影響も考慮すべきである。なお、岩屑なだれの粒径、流速については数値シミュレーションによる表現は困難であるため、実例を基にして検討を行った結果、保全対象に到達する粒径は約1 m程度で流下速度は約20 m/S程度と想定しておく必要がある。
(委員会のとりまとめより抜粋)



岩屑なだれの最大影響範囲



崩壊後の土石流の影響範囲(CASE3)

岩屑なだれ(CASE1～5)、土石流の影響範囲を予測

3. 雲仙普賢岳溶岩ドーム崩壊への対応の在り方

溶岩ドーム崩壊の5つのケースの中で溶岩ローブの火砕流堆積物との境界付近は多孔質で強度が小さく、第1 1溶岩ローブが崩壊するケース1～3がもっとも起こりやすいと考えられることから、ハード対策はケース3までを対象とした。しかし、崩壊規模が最大のケースも考えられることから、ハード対策とソフト対策を適切に組み合わせ、人的被害の最小化を最優先とする「減災」の考え方に立った対策に、関係機関が連携を強化し取り組むべきである。

(委員会のとりまとめより抜粋)

関係機関が連携してハード・ソフト対策に取り組む

ハード対策 ⇒

別途実施する「雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊対策構造検討会」で検討

ソフト対策 ⇒

本委員会で検討

雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会について

■位置づけ

平成23年度から24年度に実施した「雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊に関する調査・観測及び対策検討委員会」で、ソフト対策について、「崩壊の予兆が確認できる場合、データについて学識者の意見を伺い危険度を判断する場を設けるべき。また、各市への情報提供手段の確立や避難場所の設定を関係機関と連携して行うことが重要」、「突発的に崩壊する場合には、「減災」を目的として避難方法の検討、崩壊を即時通報するシステムの構築などに取り組むべき」との提言をうけ、本委員会を実施するものである。

■目 的

溶岩ドーム崩壊に関する調査・観測及びソフト対策の検討を目的とする。

- (1) 工事の安全(工事関係者)と地域の安全(住民)に資する溶岩ドーム警戒基準の設定
- (2) 関係機関との連携を図るために行うべき溶岩ドーム崩壊に関する情報連絡体制のあり方
- (3) 異常時(緊急時)等の体制構築(崩壊規模・避難区域等について学識者からの助言)

雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会について

■スケジュール(予定)

平常時

第1回検討委員会 平成26年8月4日(本日)

- 委員会の目的・位置付けの説明
- 監視観測・警戒避難体制の現状と課題の説明
- 地震時における警戒避難基準(案)の検討・設定

第2回検討委員会 平成27年2～3月頃(案)

- 降雨時及び長期的な警戒避難基準(案)の検討・設定
- 避難訓練(11月)を踏まえた防災対策の課題・対応について報告
- 平成27年度以降の観測体制(案)の検討・設定

第3回検討委員会 平成27年5月頃(案)

- 観測体制・観測結果の説明
- 溶岩ドーム崩壊ソフト対策会議(迂回路・住民避難等)※の結果報告
※別途開催される、防災関係機関の実務担当者からなる会議

第4回検討委員会 平成28年2～3月頃(案)

- 崩壊規模(ケース3 or 5)の判断基準(案)の検討・設定
- 崩壊規模(ケース3 or 5)に応じた災害対策(案)の検討・設定
- 平成28年度以降の観測体制(案)について

- 地震時及び降雨時及び長期的な警戒避難基準(案)の検証(過年度検討内容の精度向上)
- その他委員の指摘事項の検討

緊急時

臨時委員会

- 崩壊危険度の判定
- 推定崩壊規模の設定
- 要避難区域等の設定

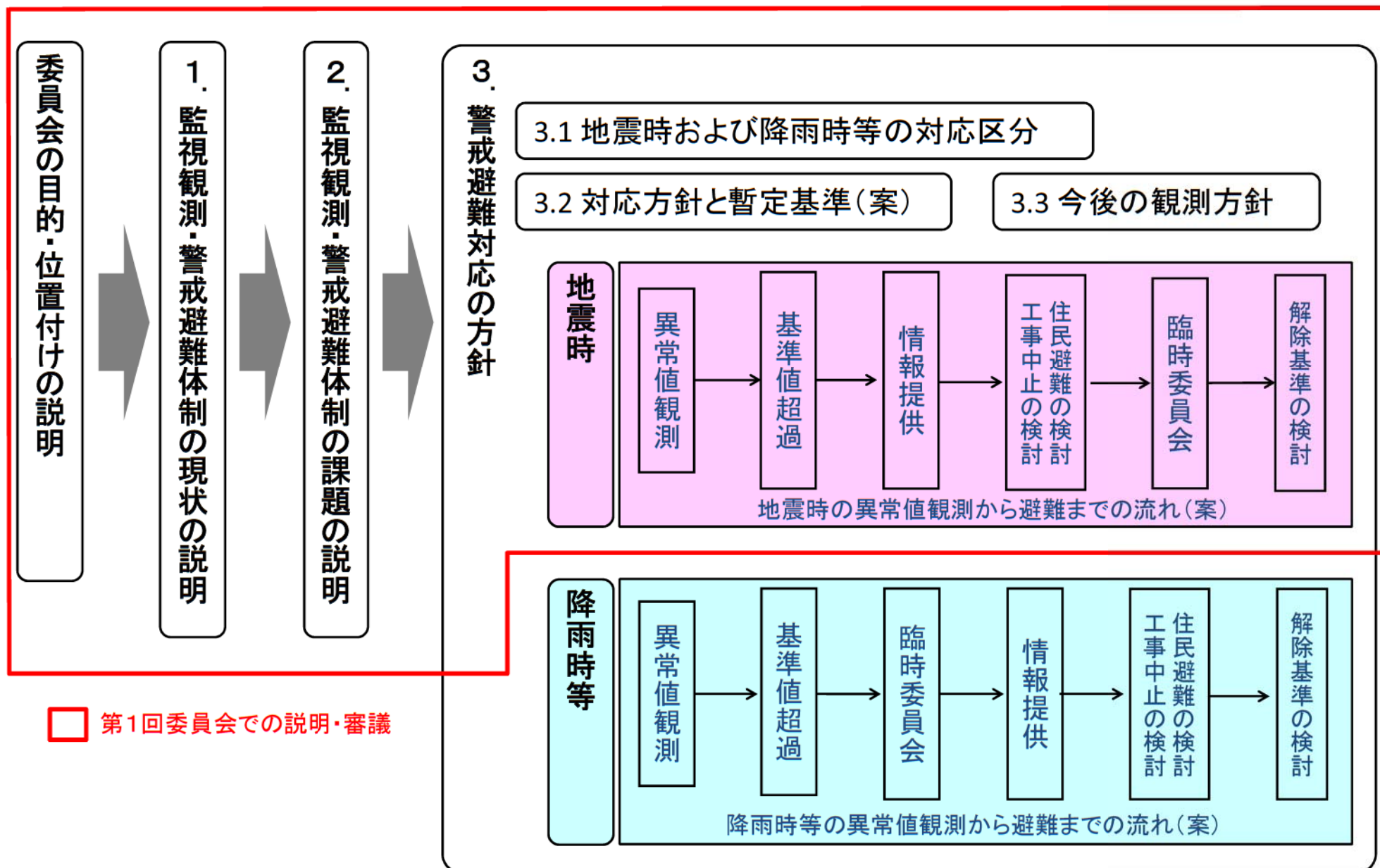
平成26年度

平成27年度

平成28年度
以降

1. 雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会

■委員会の進め方



本委員会での説明・審議の内容

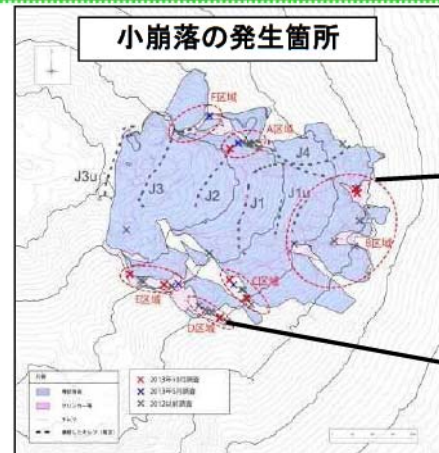
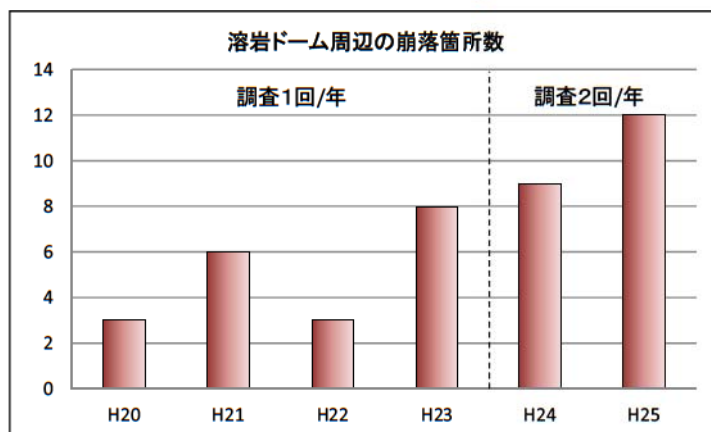
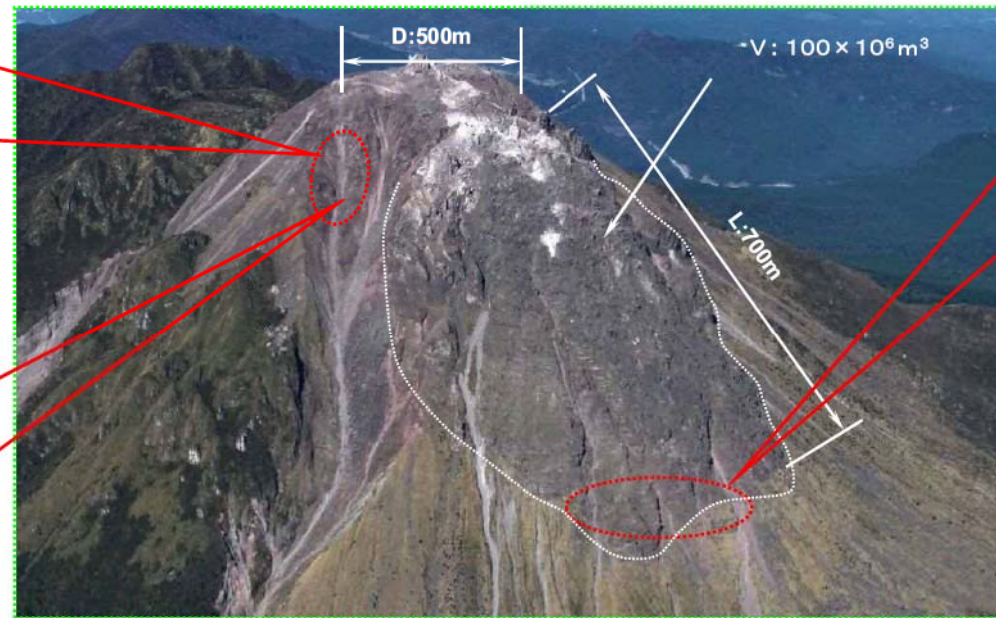
1. 監視観測・警戒避難体制の現状 【説明】
2. 監視観測・警戒避難体制の課題 【説明】
3. 警戒避難対応の方針 【審議】
 - 3.1 地震時および降雨時等の対応区分
 - 3.2 地震時の対応方針と暫定基準(案)
 - 3.3 今後の観測方針
4. 次回の審議事項 【説明】

1. 現状の説明

- 1.1 近年の溶岩ドームの現状
- 1.2 監視・観測体制の概要
- 1.3 観測の主な成果
- 1.4 警戒避難体制

1.1 近年の溶岩ドームの現状

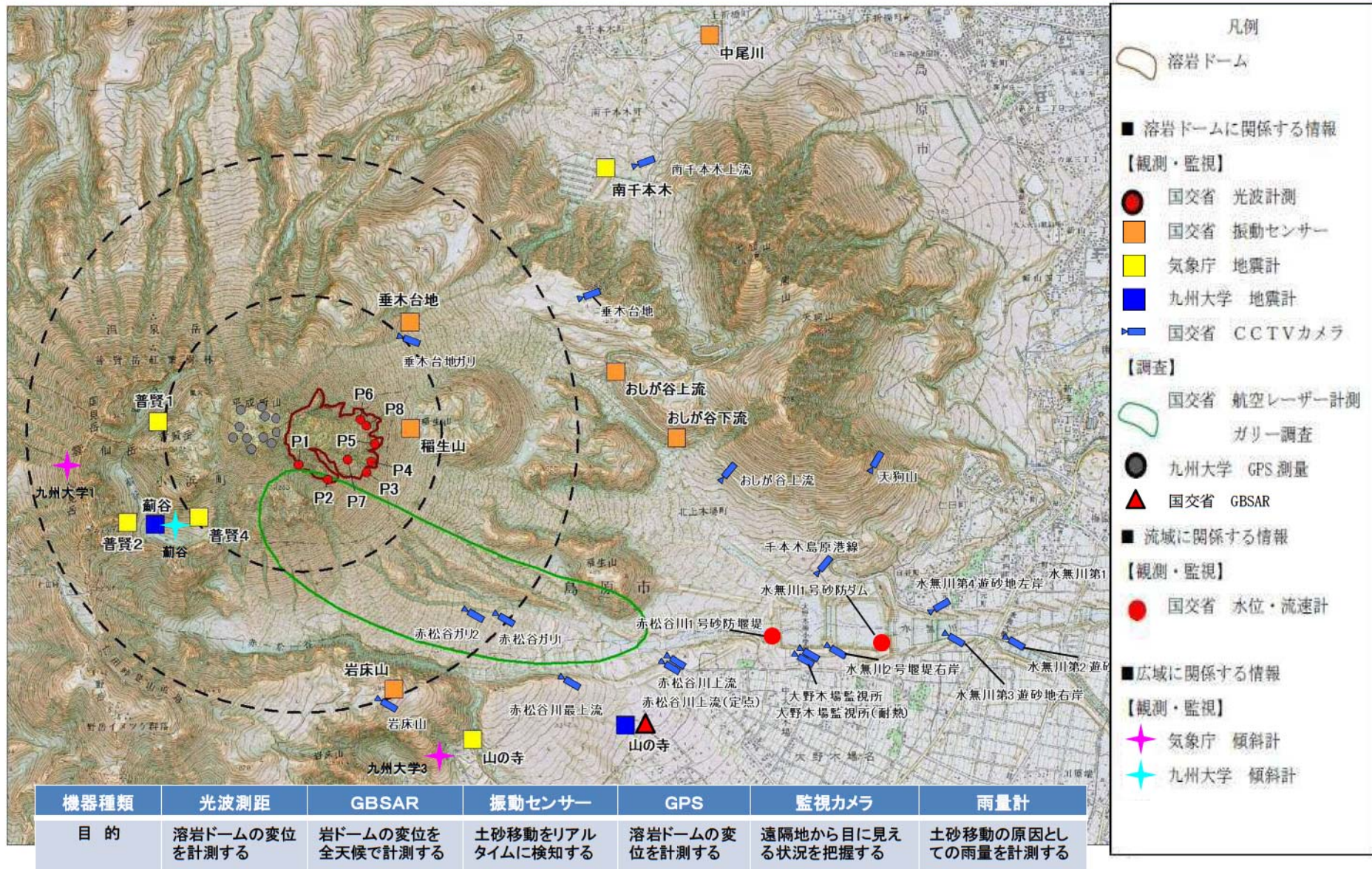
- 平成噴火で供給された火山噴出物(火砕流堆積物約1.7億 m^3 、溶岩ドーム約1億 m^3)は不安定な状態で存在。
- 溶岩ドーム第11ローブは、全体的に南東方向へ移動している。
- 溶岩ドーム末端部付近においては、小崩落が継続的に発生しており、年々増えている状況である。



小崩落の状況

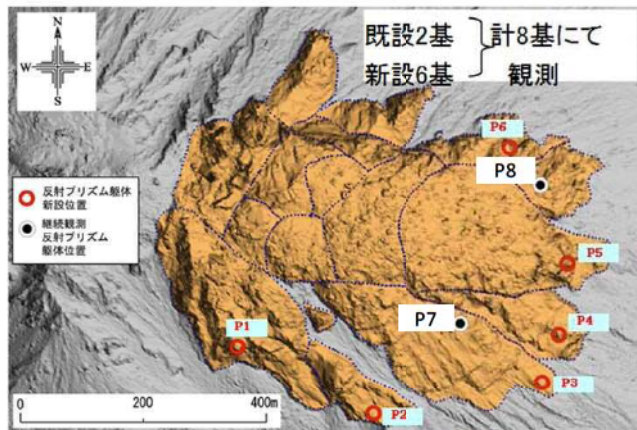
1.2 監視・観測体制の概要

- 観測機器は、光波測距、GBSAR、振動センサー、GPS、監視カメラ、雨量計である



1.3 観測の主な成果 — 光波測距

- 観測間隔は1時間毎で、測定精度は、 $\pm 10 \sim 15 \text{mm}$ である
- 約17年間で約1.02mの変化量(5.9cm/年)が観測されている

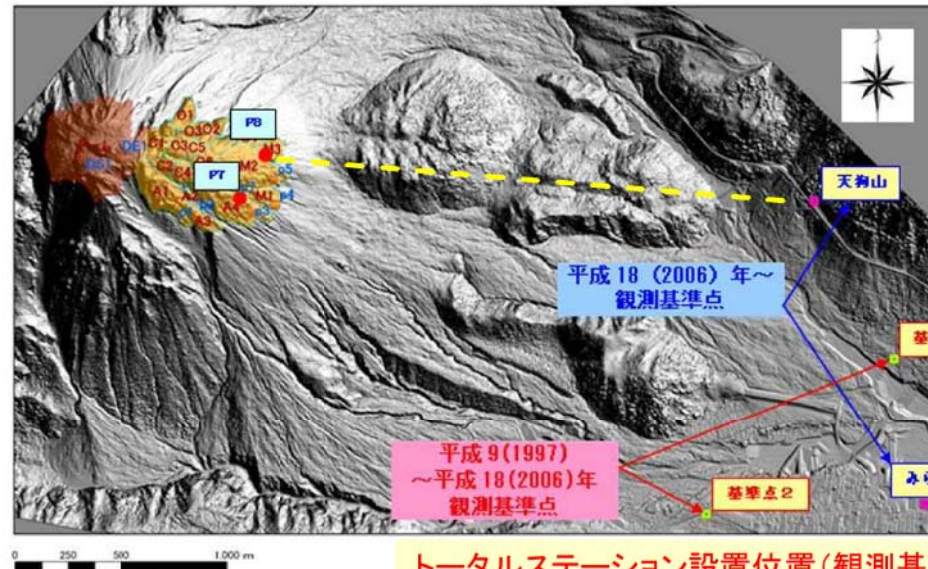


反射プリズム設置位置

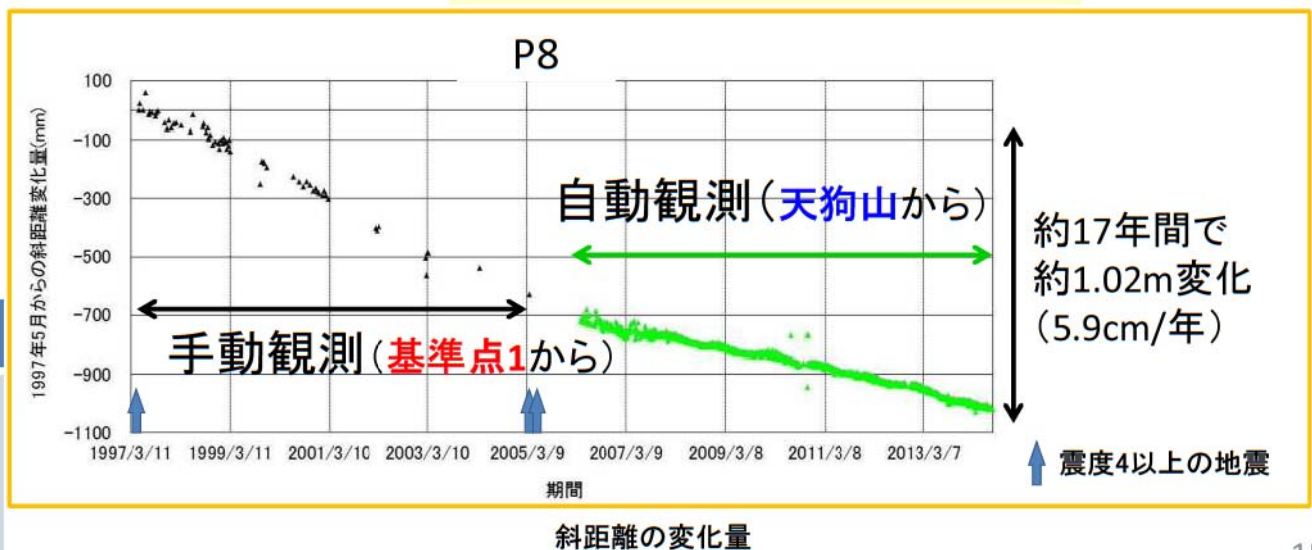


■ 観測諸元

観測 開始年月	観測間隔	位置、数量	測定精度
H9年(1997年) 3月	1時間ごと	トータルステーション: 2箇所 (大野木場砂防 監視所、天狗山) 反射プリズム: 8箇所(ドーム上)	$\pm 10 \sim 15 \text{mm}$

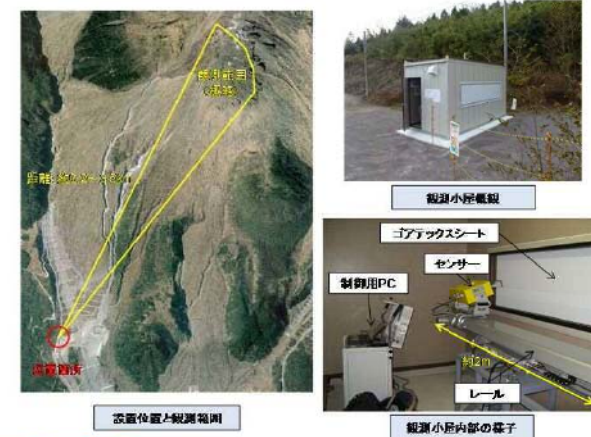
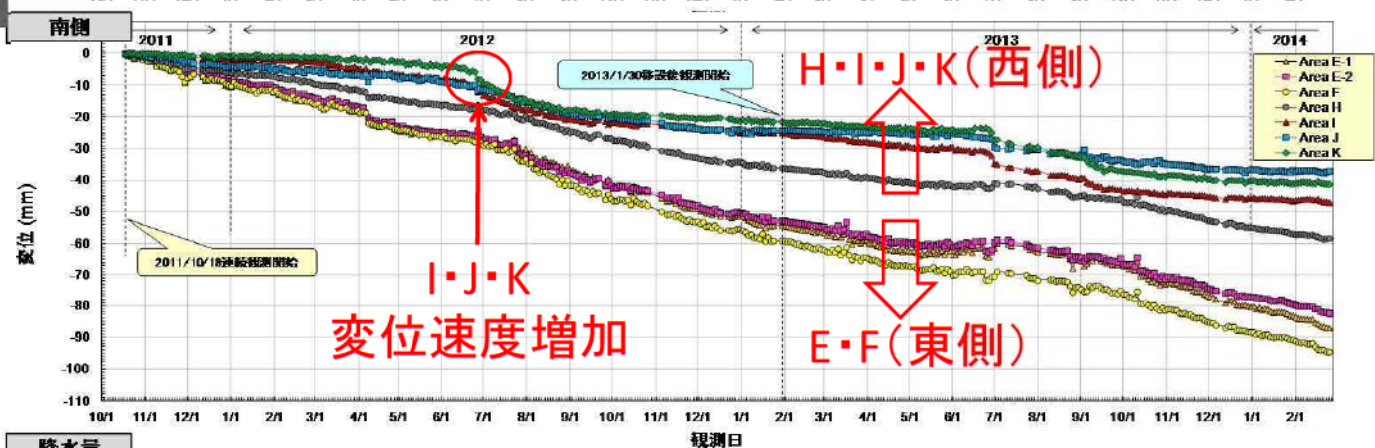
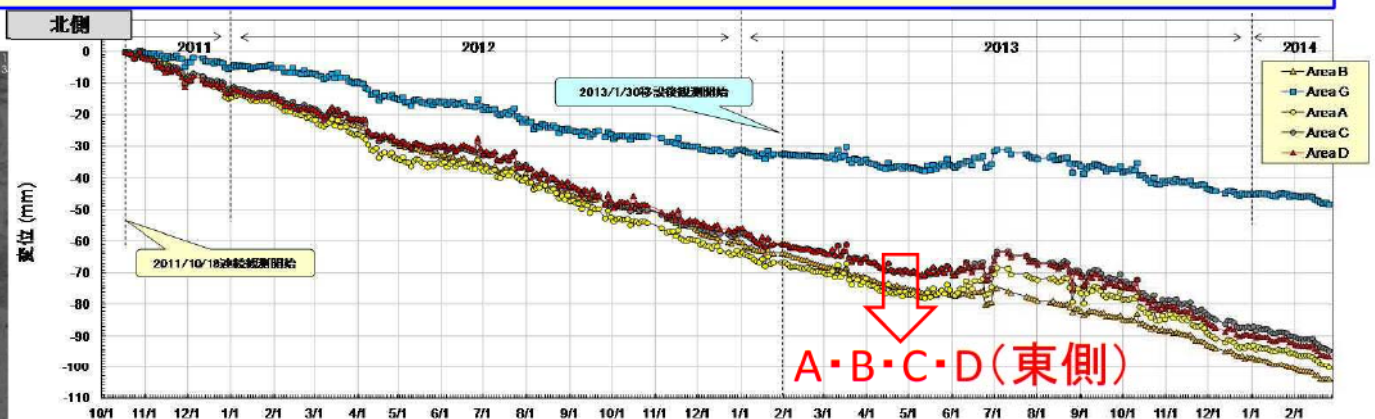
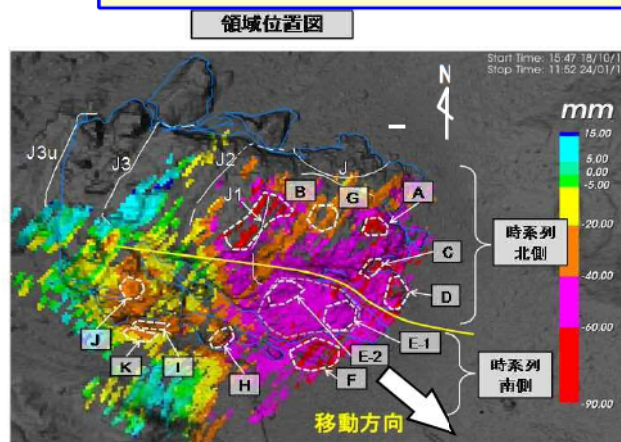


トータルステーション設置位置(観測基準点)



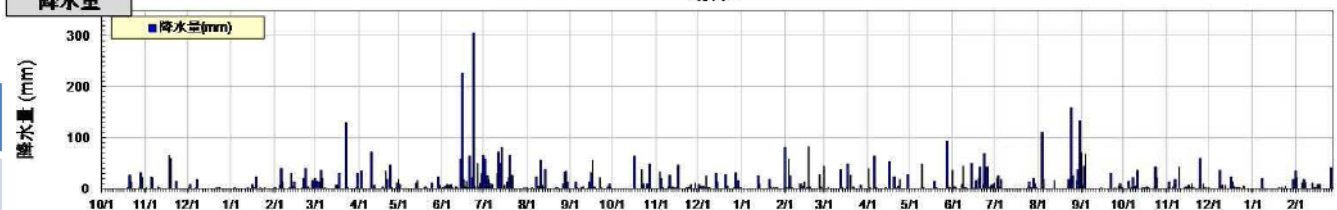
1.3 観測の主な成果 – GBSAR

- 観測間隔は7分毎で、測定精度は、±1mmである
- 東側(領域A～F)で変位が大きく、西側で小さい
- 領域A～Fの変位速度は 2012年:約5～6cm／年 2013年:約3～4cm／年
- 南側の領域I,J,Kでは、2012年6月下旬に変位速度が増加→降雨の影響による可能性



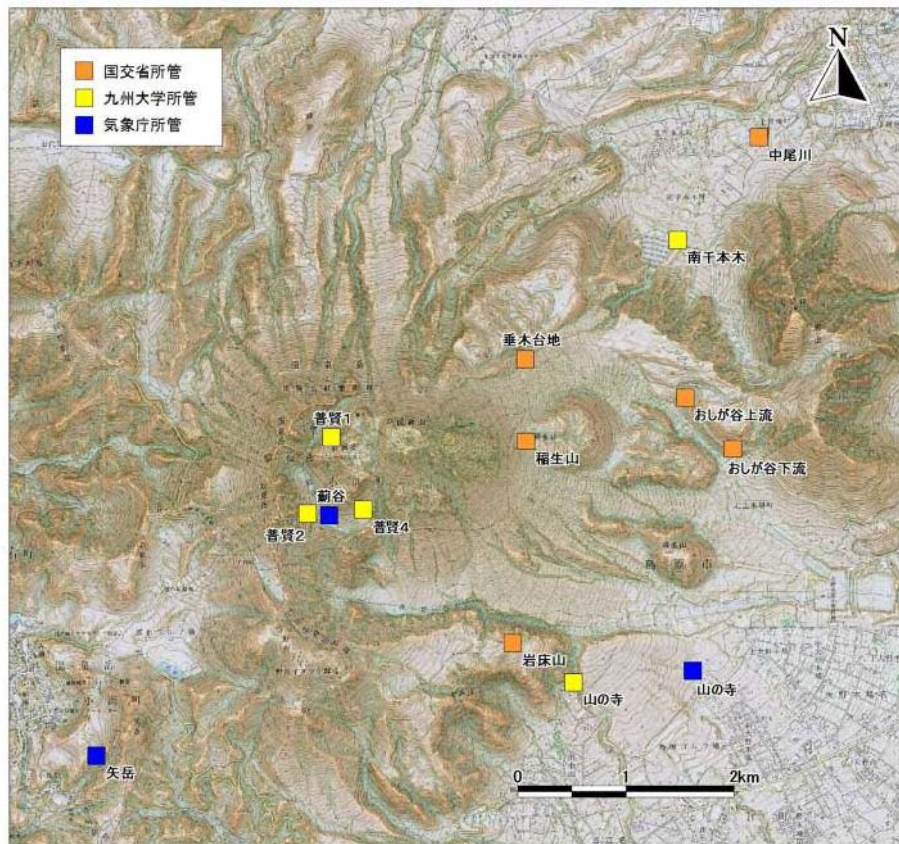
観測諸元

観測開始年月	観測間隔	位置、数量	測定精度
H22年 (2010年)	7分間ごと	1箇所 (赤松谷右岸)	±1mm以下



1.3 観測の主な成果 — 振動センサー

- 観測間隔はリアルタイムである
- 振動波形の蓄積があり、現象ごとの波形等の特徴がある程度明らかになっている



振動センサー位置図

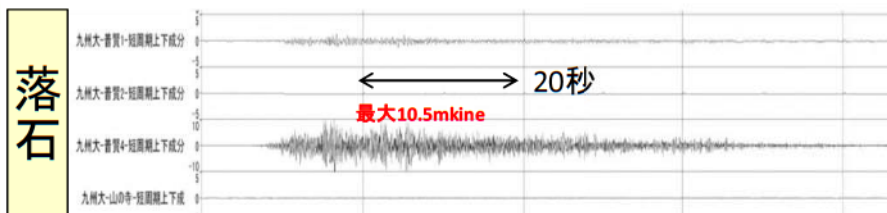
※九州大学および気象庁のデータもリアルタイムで雲仙復興事務所に伝送されている。

観測諸元

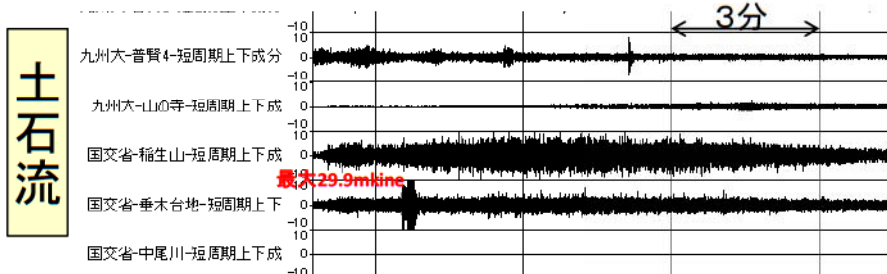
観測 開始年月	観測間隔	位置、数量	測定精度
H10年 (1998年) 12月	リアルタイム	国交省6箇所 (7台) 気象台・九州 大学8箇所	長周期: 7.5V/kine 短周期: 0.5V/kine



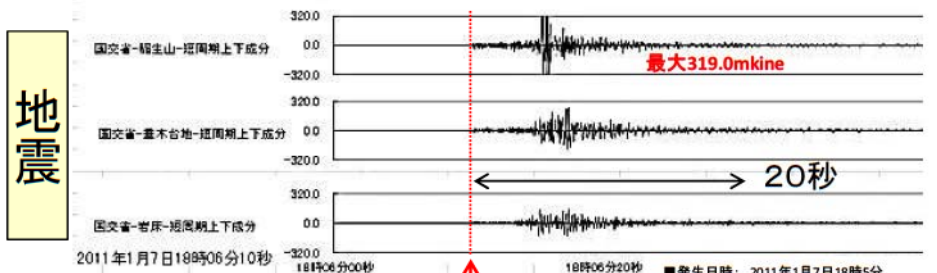
振動センサー



- 【特徴】
- 短時間に振幅が増減する
 - 継続時間は多くの場合、数十秒程度



- 【特徴】
- 紡錘状の波形(先頭に急増を含むことあり)
 - 継続時間は数分～数十分程度



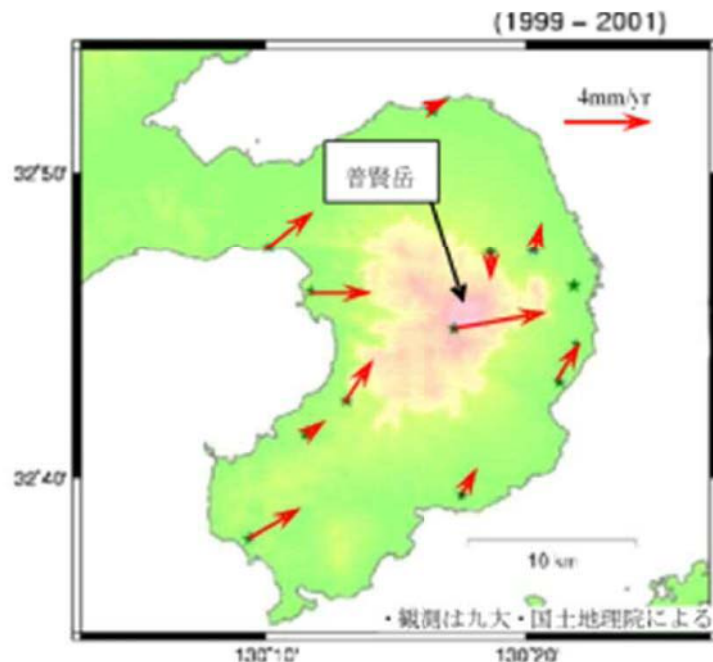
- 【特徴】
- 全観測地点でほぼ同時に反応
 - 振幅が非常に大きい

■発生日時: 2011年1月7日18時5分
■震源: 熊本県熊本地方
■深さ: 16km
■強さ: M3.9
■震度: 3(雲仙市) 2(南島原市) 1(島原市)

1.3 観測の主な成果 —GPS

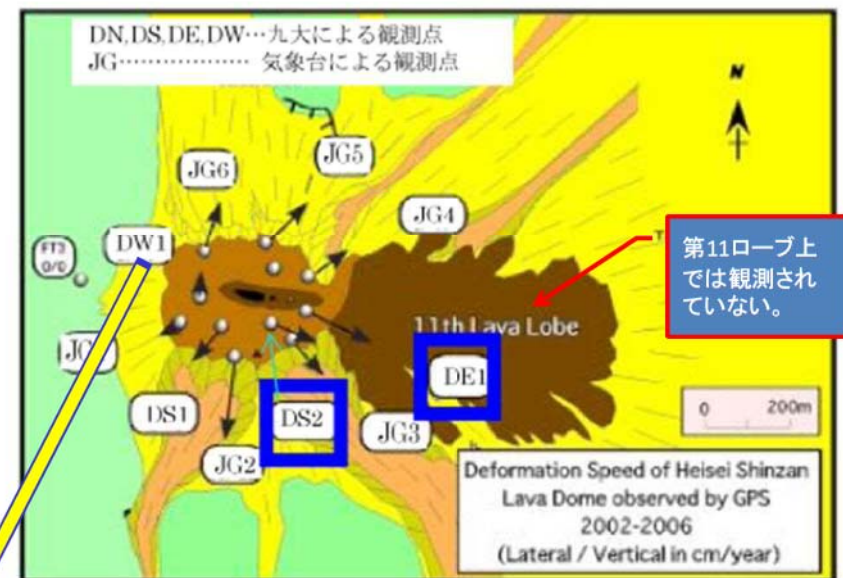
- 島原半島全体の挙動: 年間1～4mm程度、東から北東方向へ移動
- 溶岩ドーム頂部の挙動: 平成新山を中心に放射状に年間5～20cm移動
- 溶岩ドームの挙動は、島原半島全体の挙動と異なることが示唆される。

島原半島全体の挙動



島原半島の各地点におけるGPS観測結果
(1999-2001年:九州大学、国土地理院)

溶岩ドームの挙動



溶岩ドーム頂部におけるGPS観測結果(2002-2006年:九州大学、気象庁)



GPS観測機器

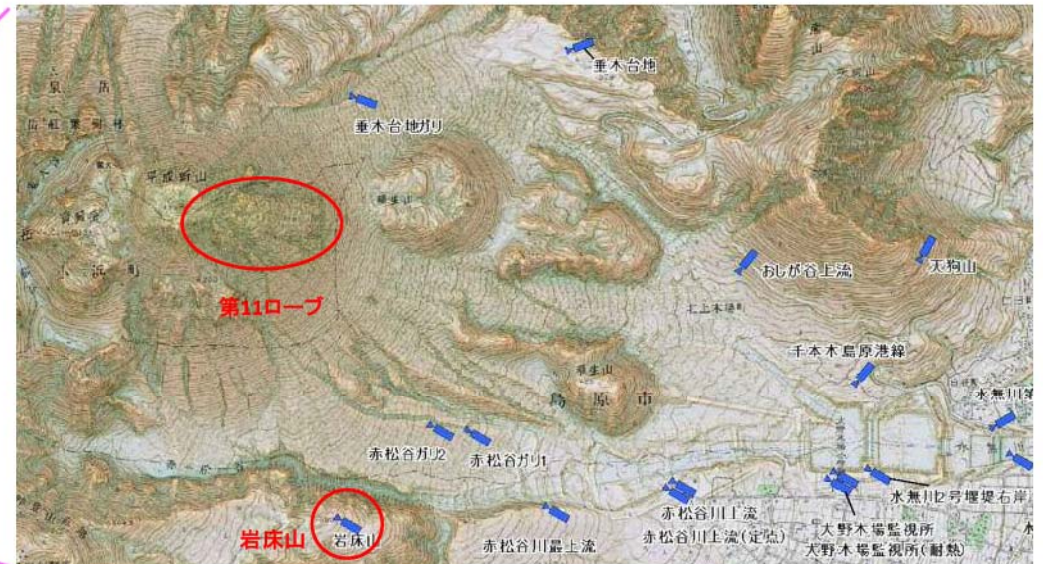
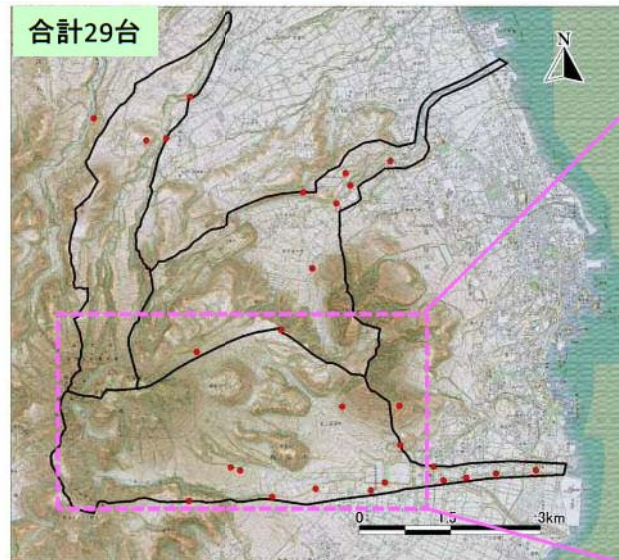
■観測諸元

観測開始年月	観測間隔	位置、数量	測定精度
H11年 (1999年)	リアルタイム	溶岩ドーム上に、 気象台:6箇所 九州大学:4箇所	±1cm

出典:九州大学・インターネット博物館「雲仙普賢岳の噴火とその背景」

1.3 観測の主な成果 —監視カメラ

- 第11ローブを監視可能なカメラは複数あるが、夜間監視可能は岩床山のみである
- 一部の映像は、雲仙復興事務所のホームページでライブ映像を見ることが可能



監視カメラ位置図



雲仙復興事務所防災室の監視カメラモニター



岩床山高感度カメラ画像

■観測諸元

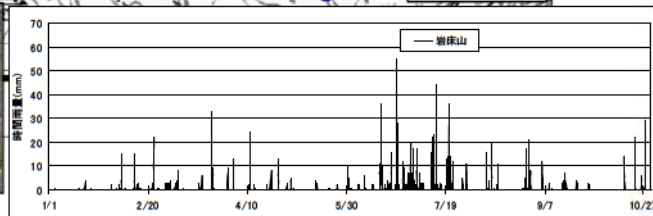
観測 開始年月	観測間隔	位置、数量	測定精度
H3年 (1991年) 6月	リアルタイム	直轄3溪流 に29台	撮影画像の 画素数: 720×480pixel

1.3 観測の主な成果 ー雨量計

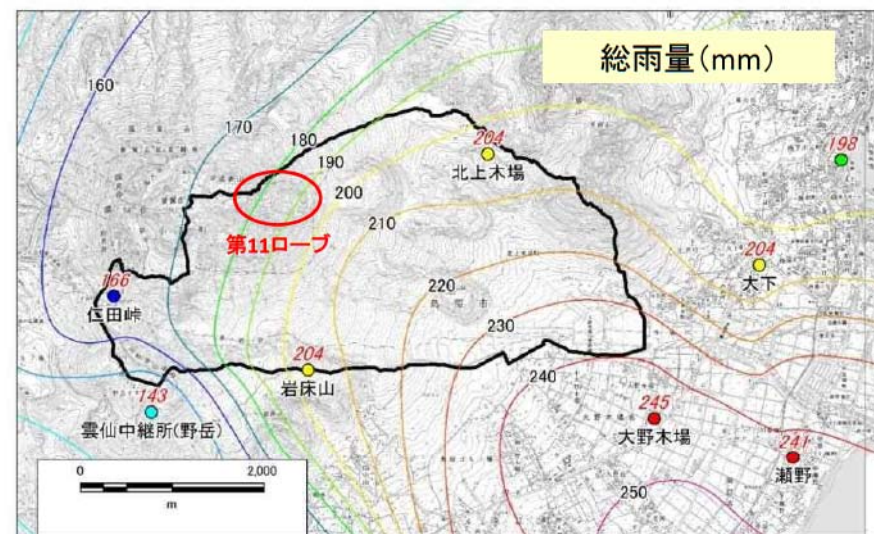
- 溶岩ドーム周辺に多数配置されており、雨量の把握が可能である



雨量計



観測結果の例



降雨量分布の解析事例
(2013年8月4日～5日)

観測諸元

観測 開始年月	観測間隔	位置、数量	測定 精度
H6年 (1994年) から国交 省が大量 整備	10分ごと	直轄3溪流内および近 傍に10基 その他島原半島全域に 多数 (他機関の所管を含む)	—

1.4 警戒避難体制

- 溶岩ドーム崩壊を想定した**住民の警戒避難体制は確立されていない**
- 工事関係者に対する**工事中止基準や情報伝達体制は確立されている**

工事中止基準（異常が発見された場合、周辺の工事関係機関へ連絡される）

作業内容	警戒項目	警戒基準	措置内容
砂防指定区域内でのすべての作業	土石流	○大雨洪水警報が発令された場合 ○時間雨量10mm以上の降雨があった場合 ○大雨注意報が発令され且つ、大雨注意報基準値（24時間雨量90mm以上に達した場合） ○その他関係機関より中止の通告があった場合	FAX・メールにて作業中止連絡
		○土石流の発生確認時	緊急避難勧告
	溶岩ドーム及び土砂崩落	○有感地震があった場合（震度2以下）	FAX・メールにて作業中止連絡
		○有感地震があった場合（震度3以上） ○山体監視により崩落など異常を確認した時	緊急避難勧告

（安全監視計画書(H26.4 雲仙施工者会)）

2. 課題の説明

2.1 監視・観測体制

2.2 避難警戒体制の課題

2.1 監視・観測体制

- 各観測機器には、機器の性能の限界や観測データの判定等に技術的問題・課題があり、溶岩ドーム崩落の事象をリアルタイムかつ詳細に把握できない可能性がある。
- 監視・観測データが住民の警戒避難に直結していない

機器種類	光波測距	GBSAR	振動センサー	GPS	監視カメラ	雨量計
特徴	長期的変位（14年間で約1m）を明らかにした。 雲・霧・雪等による欠測が多い。 地震時に観測局舎の基礎が動くと、変位の判定が難しい。 リアルタイム性に乏しい。	変位速度の場所による違い（クラック位置を示唆）を明らかにしつつある。 電波は、植生を通過しない。 地震時に観測局舎の基礎が動くと、変位の判定が難しい。 リアルタイム性に乏しい。	リアルタイム性が高く、土石流・落石等の監視に効果的。 振動波形から現象（土石流・落石・地震・その他・ノイズ）を直ちに判別することが容易ではない。	ドーム頂部の放射状変位を明らかにした。 溶岩ドーム頂部のみであり、第11ローブ上では観測されていない。	遠隔地からリアルタイムに現地状況を把握するのに効果的。 夜間および霧・雲の発生時には監視が不可能である。 ※岩床山のカメラのみ高感度のため夜間監視可能	多数設置されており、精度良く雨量を観測している。 岩盤崩壊現象について、雨量と変位、崩壊までの時間等の関係が明瞭でない。 溶岩ドーム周辺には設置されていない。

2.2 警戒避難体制の課題

● 溶岩ドームの崩壊予測・判断が困難

- ・崩壊発生トリガー（地震・降雨？）
- ・発生時期（猶予があるか？短期・長期？）
- ・発生規模（想定ではCASE1～5）

● 溶岩ドームの監視体制

工事関係者による監視は基本的に平日の日中のみ。
休日・夜間の監視体制は確立されていない。

● 警戒避難基準

工事中止基準は確立されているが、住民避難の基準はない。

● 情報伝達体制

関係機関や住民への情報伝達のしくみが確立されていない

3. 警戒避難対応の方針

- 3.1 地震時と降雨時等の対応区分 〈審議事項①〉
- 3.2 地震時の対応方針と暫定基準(案) 〈審議事項②〉
- 3.3 今後の観測方針 〈審議事項③〉

3.1 地震時と降雨時等の対応区分

●【地震時】と【降雨時等】で対応方針を変える

地震による崩壊

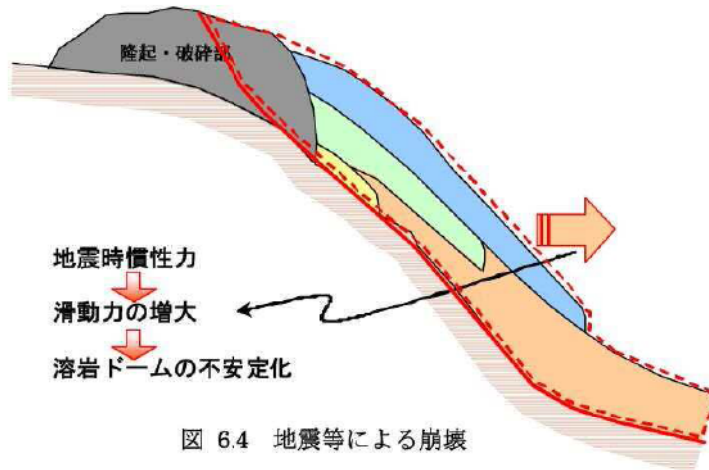
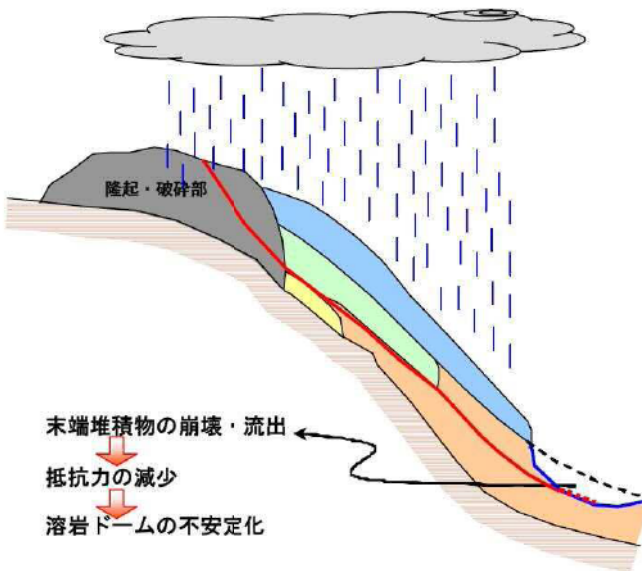


図 6.4 地震等による崩壊

誘因(地震)発生から
極めて短い時間で
崩壊する可能性がある

→時間の猶予がない
→観測値から自動的に
避難を促す仕組みが必要

降雨等による崩壊



1回の誘因(降雨)で
即座に崩壊が発生するとは
考えにくい

→不安定化を示す現象を
観測してから
ある程度時間の猶予がある
→避難の要否をヒトが判断

3.1 地震時と降雨時等の対応区分

- 【地震時】 ヒトによる判断を介さず、観測機器の基準値をもとに自動的に避難を促す
- 【降雨時等】 臨時委員会を招集して対応を検討する
- 地震時と降雨時等のそれぞれで判定基準を設定する

今回の委員会で方針と基準を審議

地震時の崩壊

【避難判断基準】 ※例

- ① 震度4以上の地震が発生
- ② 複数の振動センサーで40mm/s以上の振幅が30秒間以上継続

【解釈】

これまでに経験したことがない強い揺れが発生した。
→溶岩ドーム崩壊を促す可能性がある。

【対応】

時間の猶予がないので、ヒトによる判断を介さず、観測機器の基準値をもとに自動的に避難を促す。

降雨時等の崩壊

【判定基準】 ※例

- ① 光波測距の変位速度が0mm/日を超過
- ② GBSARの変位速度が0mm/時を超過
- ③ 振動センサーの反応回数が0回/日を超過
- ④ 監視カメラで明瞭な変化が発生 など

【解釈】

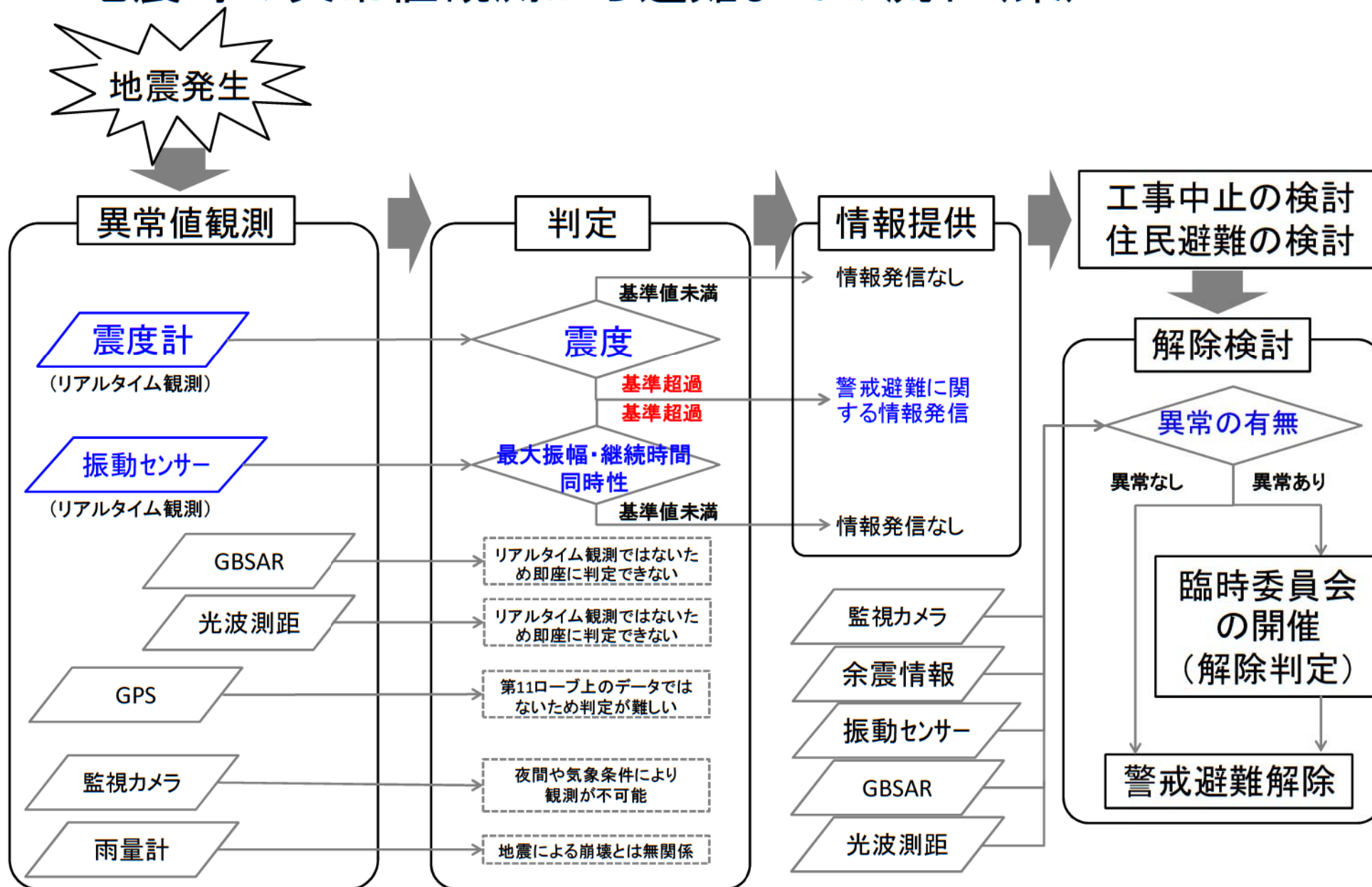
- ①② 歪速度が増大
→クリープが進行している可能性がある。
- ③ 落石や小崩落が多発している。
→微小な滑動・変形を示している可能性がある。
- ④ 目に見えるほどの大きな変位が発生している。
→崩壊が迫っている。

【対応】

判断が難しく、また必ずしも短時間のうちに崩壊に結びつくとは限らないため、臨時委員会を招集して対応を検討する。

3.2 地震時の対応方針及び暫定基準(案)

地震時の異常値観測から避難までの流れ(案)



3.2 地震時の対応方針及び暫定基準(案)

避難判断基準(案)

●震度計と振動センサーで判定する

観測機器	現行基準の設定 (工事中止基準)	地震時の崩壊に対する 判定基準の設定方針
震度計 (気象庁からの震度情報)	あり	過去の震度別発生頻度を 考慮した 判定基準を設定する
GBSAR	なし	設定しない
振動センサー	あり (ただし、小落石・土石流対応)	溶岩ドーム崩壊に対する 判定基準を設定する
GPS	なし	設定しない
監視カメラ	あり	設定しない
雨量計	あり (ただし、土石流対応)	設定しない

3.2 地震時の対応方針及び避難判断基準(案)

震度による避難判断基準(案)

- 過去の経験より下記のように設定する。

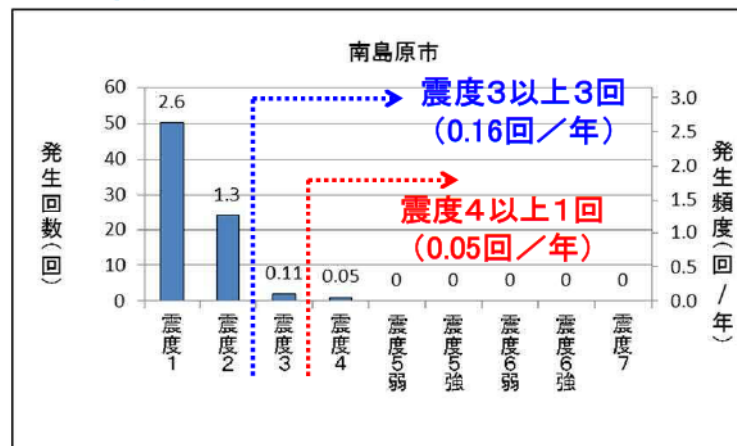
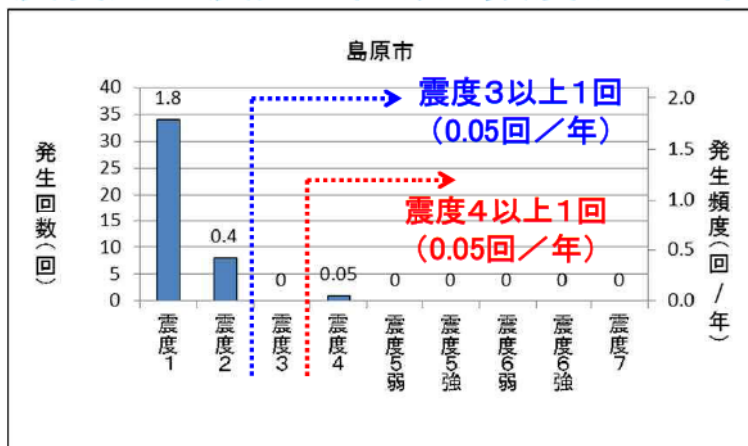
住民:震度4



工事関係者:震度3

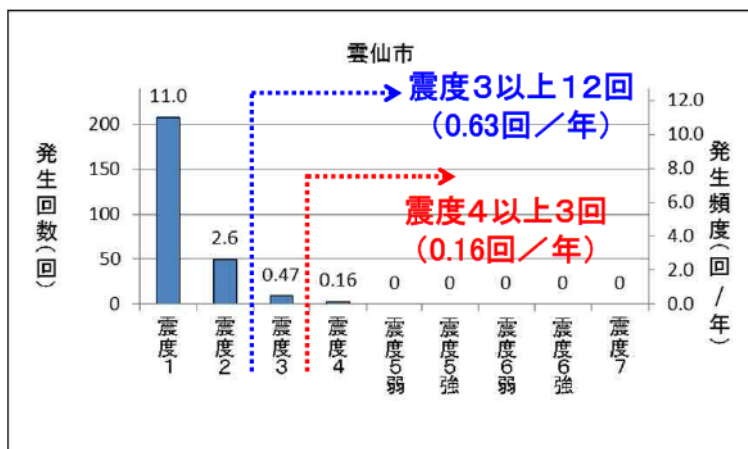
〔工事関係者は河道内で作業しているため〕

震度別地震発生回数と頻度(1995年～2013年)



※震度4以上の地震と震源

- ①1997年3月26日 鹿児島県北薩地方
- ②2005年3月20日 福岡県西方沖
- ③2005年6月3日 熊本県天草・芦北地方



- 1995年～2013年の19年間で、震度4以上は1～3回、震度3は1～12回経験。
- 基準値を震度4に設定すると、6～20年に1回発生する。
- 基準値を震度3に設定すると、2～20年に1回発生する。

3.2 地震時の対応方針及び避難判断基準(案)

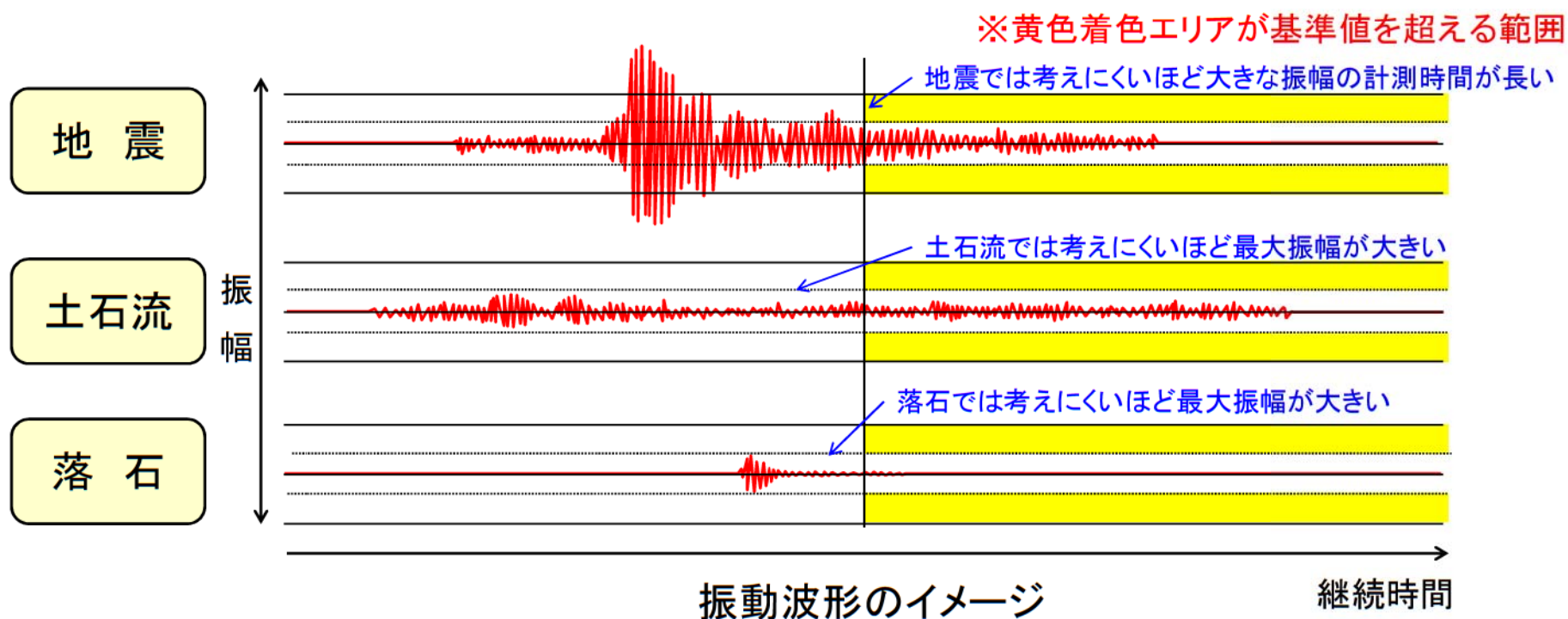
振動センサーによる避難判断基準の考え方

- 最大振幅・継続時間・同時性等を指標として判定基準値を設定する

最大振幅 ⇨ 土石流や落石では考えにくいほど大きい

継続時間 ⇨ 地震では考えにくいほど長い

同時性 ⇨ 複数のセンサーが同時に反応



3.2 地震時の対応方針及び避難判断基準(案)

振動センサーの最大振幅の基準(案)

- 振動センサーの振幅の閾(しきい)値＝**40mkine**※とする。
(土石流や落石では考えられないほど大きな振幅)

➤土石流の最大振幅(2007～2011年の実績)

- 2010年6月30日の事例 → 29.90mkine
(8:47:37、垂木台地震動センサー)
- 2011年6月12日の事例 → 36.01mkine
(ただし、監視カメラによる土石流は未確認) (11:44:50、垂木台地震動センサー)

➤落石の最大振幅(2007～2011年の実績)

- 気象庁により落石と判定されたもの → 20.20mkine
(2011/2/25 18:04:14、九大一普賢4)

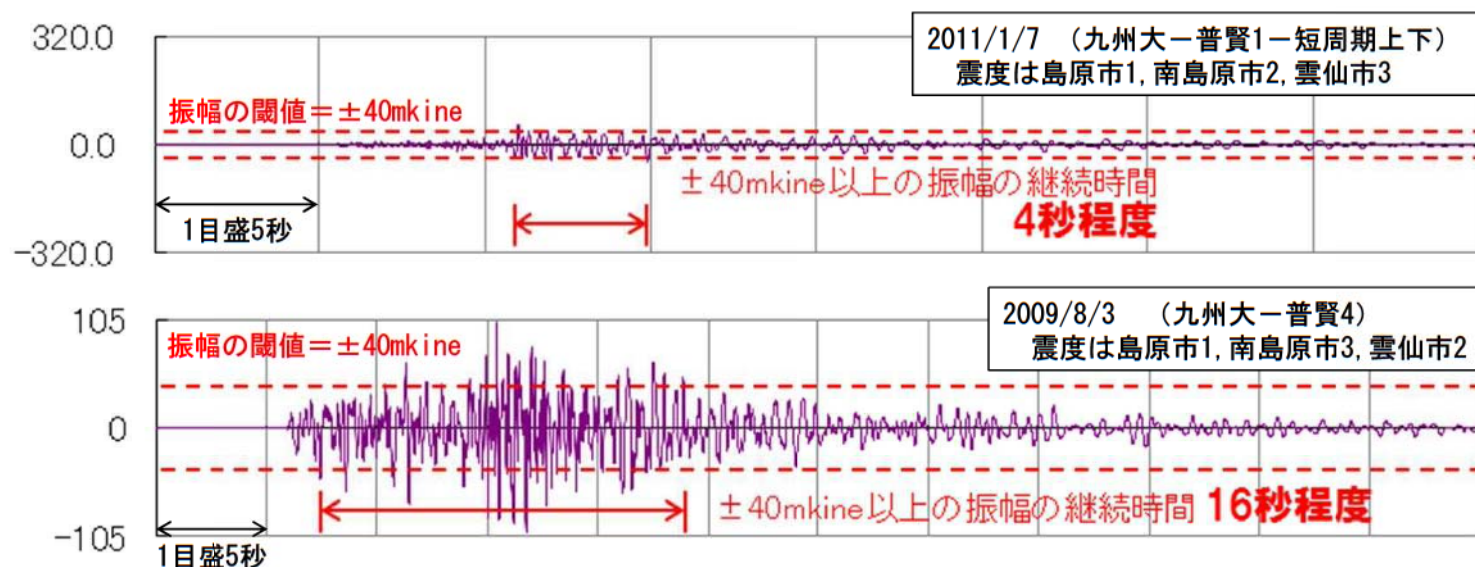
※ mkine(ミリカイン) 地震による揺れの強さを、地動の速度振幅で表した単位。1カインは1センチメートル毎秒。

3.2 地震時の対応方針及び避難判断基準(案)

振動センサーの継続時間の基準(案)

- 過去の地震時(震度3)の振動波形では、「40mkine以上の振幅の継続時間」は4～16秒程度
そのため、「40mkine以上の振幅の継続時間」の閾値 = 30秒とする。
- 福岡県西方沖地震時(震度4)の振動波形は振り切れているが、40mkine以上の振幅は数分間継続したと思われる。(次頁参照)

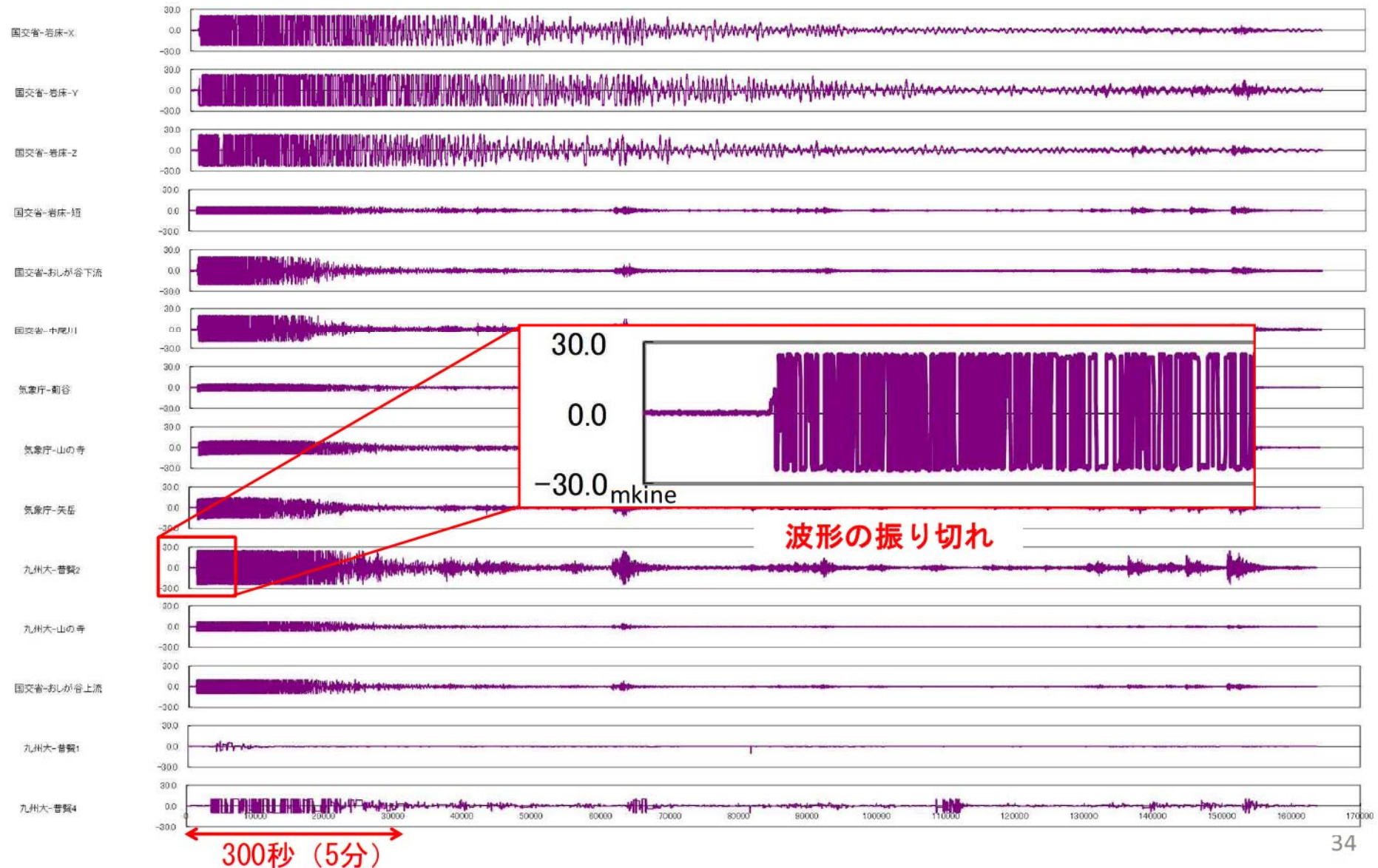
【震度3の振動波形の例】



3.2 地震時の対応方針及び避難判断基準(案)

【参考】 震度4の振動波形の例

(2005/3/20福岡県西方沖地震)



3.2 地震時の対応方針及び避難判断基準(案)

避難解除の判断基準(案)

- 下記の異常がある場合には、臨時委員会で溶岩ドーム崩壊の危険性を総合的に判断する。
- それ以外(異常がない)の場合には、臨時委員会は基本的に開催しない。

【臨時委員を開催する場合】

- 監視カメラにより異常が確認される
- 余震に関する注意情報がある
- 振動センサーに閾値を超える反応が続く
- 光波測距やGBSAR等の観測結果に急激な変位などの異常が見られる

3.2 地震時の対応方針及び避難判断基準(案)

地震時の避難判断基準(案)

場 面	観測機器	基 準	備 考
地震発生 直後	震度計	震度4以上の地震が発生 または	震度計と振動センサーで判定 (OR判定)する
	振動センサー	複数の振動センサーで 40mkine以上の振幅が30秒間以上継続	
避難解除	監視カメラ 余震情報 震動センサー 光波測距 GBSAR GPS	● 監視カメラによる安全確認 ● 余震に関する注意情報が無い ● 振動センサーに反応が無い状態が続く ● 光波測距やGBSAR等の観測結果に異常がみられない	左記の基準を満たさず異常が確認される場合には、臨時委員会を開催する。

3.3 今後の観測方針

- 溶岩ドーム崩壊に対する警戒避難に必要な観測は、**継続**する。
- さらに有効な観測方法がある場合には、機器の**新規設置**も検討する。

4. 次回の審議事項

第2回検討委員会 平成27年2～3月頃開催予定

➤ 降雨時及び長期的な警戒避難基準(案)の検討・設定

➤ 避難訓練(11月)を踏まえた防災対策の課題・対応について報告

- ・ 大規模な場合(ケース4, 5)にはハード対策困難
- ・ 突発的な崩壊の場合には事前に避難を促すことができない可能性あり



溶岩ドーム崩壊は経験の少ない特殊な現象であり、避難方法が確立されていないため、避難訓練を踏まえた防災対策の課題・対応について報告を行う。

- ・ 迂回路
- ・ 住民避難方法 など

➤ 平成27年度以降の観測体制(案)の検討・設定