

「第5回 雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会」

会 議 次 第

開 催 日：平成28年9月16日（金）

13：00～15：00

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・規約等について

・設置趣意書・・・資料－1

・規約・・・・・・・・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

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。

第５回 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 インフラ長寿命化センター 特任研究員（防災）
蔣 宇静	長崎大学 大学院工学研究科 教授（岩盤工学）
野呂 智之	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】

久保田 勲	福岡管区気象台気象防災部 火山防災情報調整官
佐藤 克英	九州地方整備局 河川部長
西浦 泰治	長崎県 危機管理監【欠 席】
浅野 和広	長崎県 土木部長【代理：島原振興局 田中 比月建設部長】
田代 秀則	長崎県 島原振興局長
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

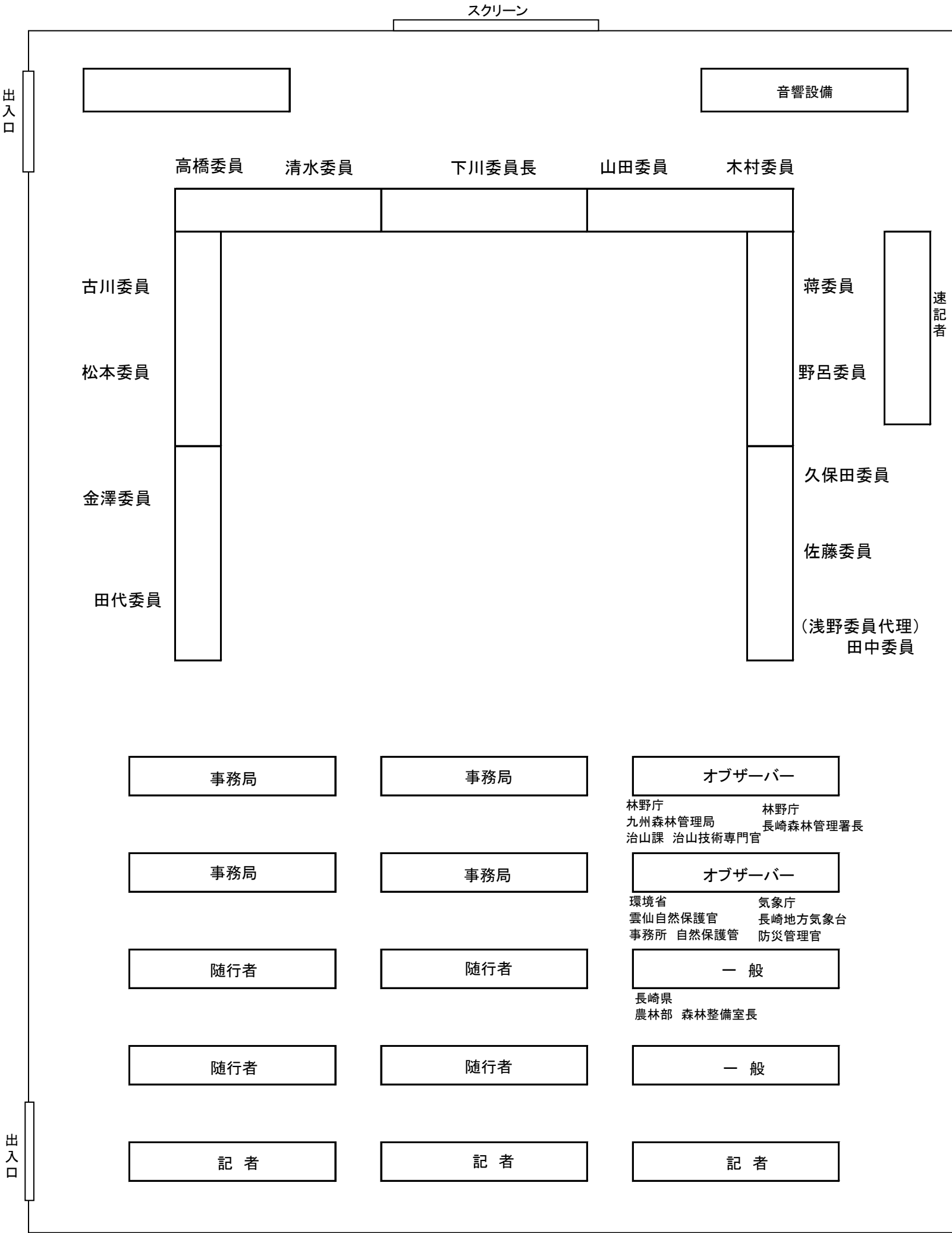
【オブザーバー】

中山 良太	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 【代理：雲仙自然保護官事務所 羽澄 美枝子自然保護官補佐】
岡本 一孝	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
所 克博	気象庁 長崎地方気象台 防災管理官
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）

第5回 雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会
配席図



第5回(平成28年度第1回) 雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会 討議資料



今回の委員会での説明・審議の内容

0. 前回委員会までの流れ 【説明】

1. 観測状況の報告 【説明】

2. 機器の新設状況 【説明】

3. 暫定基準と対応フローの再検討

3.1. H27～28の地震や強雨時の暫定基準超過状況 【説明】

3.2. 暫定基準の見直しに向けた検討 【審議】

3.3. 臨時委員会の開催基準の明確化 【審議】

4. 臨時委員会開催時の討議内容 【説明】

5. ソフト対策会議等からの報告 【説明】

6. 次回委員会の予定 【説明】

0. 前回委員会までの流れ

雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会の流れ

■スケジュール(予定)

平常時

緊急時

平成26年度

検討委員会 × 2回 平成26年8月4日、平成27年3月6日

- 監視観測・警戒避難体制の現状と課題の説明
- **ソフト対策対応暫定基準(案)の検討・承認**
- 避難訓練を踏まえた防災対応の課題等について報告

平成27年度

検討委員会 × 2回 平成27年9月10日、平成28年1月18日

- **想定崩壊ブロックおよび崩壊シナリオの再検討**
- 振動センサーの高度活用に関する検討
- **観測体制の拡充の検討**
- ソフト対策会議の検討結果の報告(情報連絡体制等)

平成28年度

第5回検討委員会 平成28年**9月16日(今回)**

- 観測状況の報告、新規観測機器の設置
- 暫定基準の見直しに向けた検討
- 臨時委員会開催時の討議内容
- ソフト対策会議等からの報告

第6回検討委員会 平成29年1月頃 予定

- 観測状況の報告
- 暫定基準と対応フローの再検討(**決定**)
- 臨時委員会での討議内容(解除基準等)
- ソフト対策会議の結果報告

臨時委員会

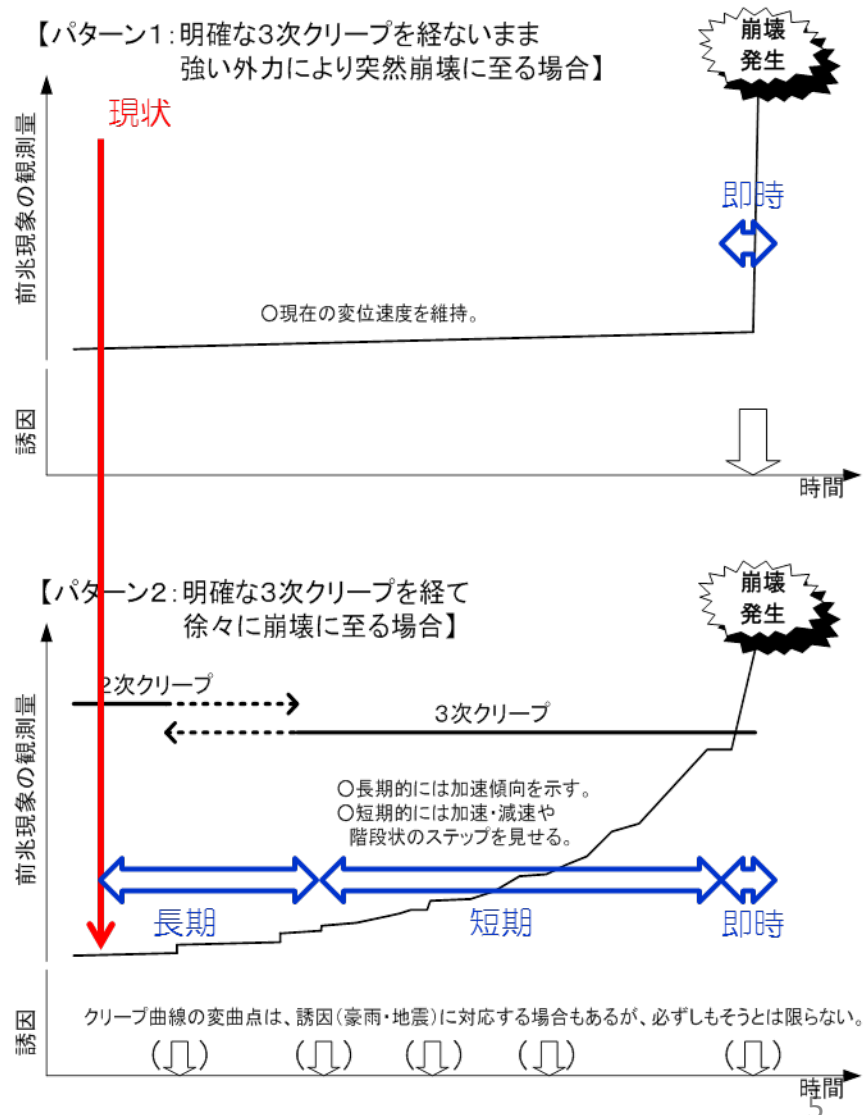
- 崩壊危険度の判定
- 推定崩壊規模の設定
- 要避難区域等の設定

〔確認〕第4回委員会で承認された暫定基準の区分

■ 即時・短期・長期の区分

区分		対応方針
即時 対応基準	すでにローブ崩壊が開始したと考えられる。	即座に避難を促す。
短期 対応基準	数日程度以内にローブ崩壊が発生する可能性がある。 <u>(ただし結果的に崩壊しないまま長期化する可能性がある。)</u>	切迫度合に応じて、市等への危険情報の提供、臨時委員会の招集による対応協議などを行う。
長期 対応基準	ローブの挙動が変化し、崩壊までの猶予時間がある。	必要に応じて臨時委員会を招集し、状態の解釈と対応を協議する。

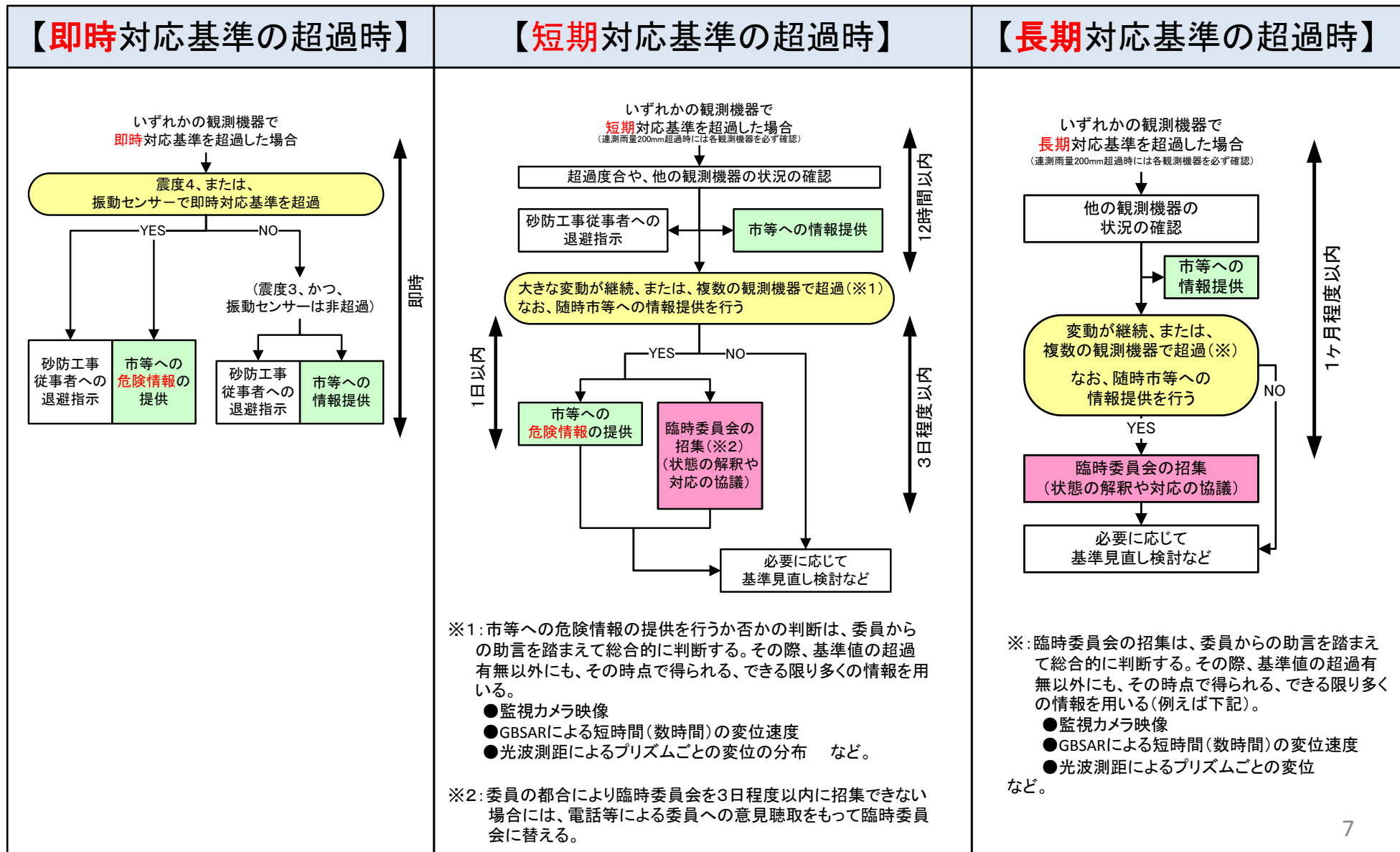
■ 各基準を超過するタイミングのイメージ



〔確認〕第2回委員会で承認された暫定基準

観測機器等	判定可能なデータ取得間隔	即時対応基準	短期対応基準	長期対応基準	危険解除に臨時委員会を要する場合
震度計	リアルタイム (気象庁からの震度情報)	震度4(市への危険情報提供) または 震度3(砂防工事従事者退避)	—	—	余震に関する注意情報がある場合
振動センサー	リアルタイム	稲生山、垂木台地、岩床山のうち複数のセンサーで40mkine以上の振動が30秒以上継続した場合	—	—	40mkine以上の反応が続く場合
光波測距	1回／1日 (毎時観測→1日分を平均)	—	100日間の回帰直線からの乖離が-4cmを超過、又は、2回(2日)連続して-2cmを超過した場合。	100日間の回帰直線の傾きが-0.3mm/日を超過した場合 ※天狗山-P5の組合せを除く。	急激な変位などの異常が見られる場合
GBSAR	1回／2日 (7分毎に観測→2日ごとに変位を算出)	—	2日間の変位が、-2.9mm/2日を超過した場合。 ※ロープ末端4ブロックを対象。	1年間の変位速度が-5cm/年を超過した場合。 ※ロープ末端4ブロックを対象とする。 (A4-3, M1, M2-4, M2-1to3)	急激な変位などの異常が見られる場合
GPS	不定期 (約1回／1年)	—	—	前回(約1年前)からの変位が水平方向10cm/年 または鉛直方向-20cm/年を超過した場合	急激な変位などの異常が見られる場合
航空レーザ計測	不定期 (約1回／1年)	—	—	前回または数年前との標高差分でロープ上部で沈降かつ下部で隆起の傾向が顕著に認められた場合	—
雨量計	1回／1時間	—	(連続雨量が200mmを超過したら各観測機器の基準超過状況をチェック)	(連続雨量が200mmを超過したら各観測機器の基準超過状況をチェック)	—
監視カメラ	リアルタイム	(状況確認し参考情報とする)	(状況確認し参考情報とする)	(状況確認し参考情報とする)	異常が確認される場合

〔確認〕第2回委員会で承認された対応フロー



第4回委員会での主な指摘と対応

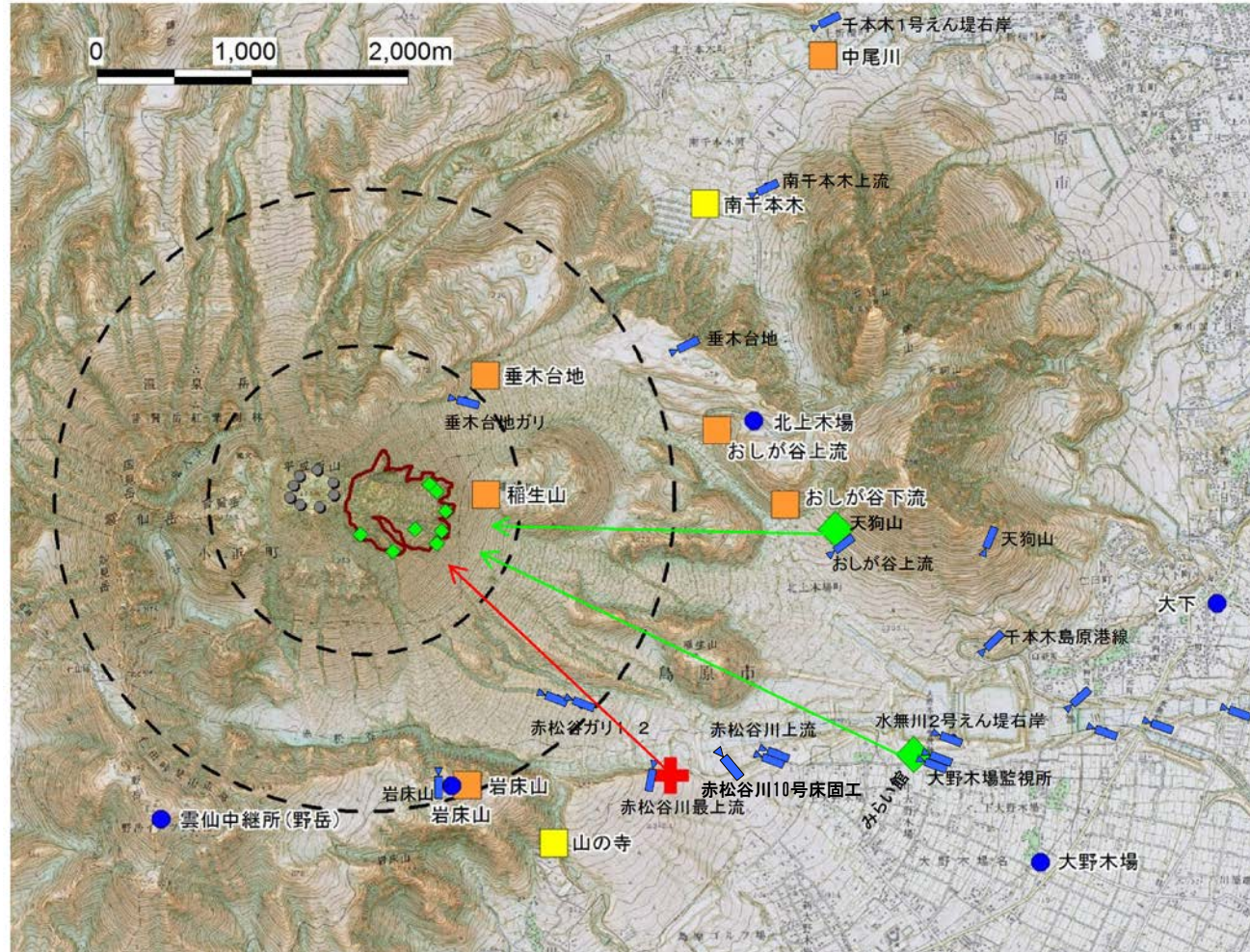
項 目	指 摘	対 応
想定崩壊ブロックとシナリオについて	事務局の案が承認された。 ただし、今後の調査観測結果次第では、見直しの必要が生じる可能性もあることが確認された。	現在のところ、見直しの必要があるような新たな事実は確認されていない。
観測体制の拡充について	事務局の提案が承認された。 特に地元自治体からは、ぜひ積極的に進めてほしい旨の発言があった。	観測器の新規設置、増設、高機能化などを進めているところである。 →第2章 P21～26
その他	臨時委員会での討議内容や解除基準についての議論も、そろそろ行う必要がある。	臨時委員会で提供できる調査観測結果のイメージを提示。 →第4章 P38～42
	自治体としては、最も危険なシナリオを想定した対応を検討する必要がある。例えば地震で崩壊が発生した際には、市街地でも地震被害が発生している可能性が高いので、そういった複合災害を想定しておく必要がある。	溶岩ドーム崩壊ソフト対策会議で検討中。 →第5章 P44

1. 観測状況の報告

- 1.1 監視・観測体制の概要
- 1.2 H28年に発生した地震・豪雨
- 1.3 H28年の地震時の観測結果
- 1.4 長期的な観測結果

1.1 監視・観測体制の概要

● H28年4月時点は下記のとおり。 → その後の新設等については2章で説明。



凡 例	
◇	光波測距観測器 (トータルステーション)
◇	光波測距ターゲット (プリズム)
+	GBSAR
■	振動センサー
■	地震計(九州大学) ※振動センサー・地震計ともに 振動波形を記録するもの。
●	GNSS観測点 (九州大学・気象庁等)
▶	監視カメラ
●	雨量計

※従来移動していた地震計のうち、
気象台の山の寺・薊谷はH27に撤収。
九州大学の普賢4は流失、普賢1・2は
頻繁に断線するなど不安定な状態のため
図には表示していない。

機器種類	光波測距	GBSAR	振動センサー	監視カメラ	雨量計	その他の観測・測量
目 的	溶岩ドームの変位を計測する	溶岩ドームの変位を全天候で計測する	土砂移動をリアルタイムに検知する	遠隔地から目に見える状況を把握する	土砂移動の原因としての雨量を計測する	航空レーザ計測や現地測量(GNSS/TS)により溶岩ドーム周辺の地形変化や変位を計測する

1.2 H28年に発生した地震・豪雨(1)

- 今年度の観測データを見る上で、下記のイベント時の挙動に留意する。

区分	熊本地震・前震	熊本地震・本震	大雨
発生年月日	平成28年4月14日 21:26	平成28年4月16日 1:25	平成28年6月20日21:55頃
規模※	震度4:島原市, 南島原市, 雲仙市 震源は熊本県熊本地方で、最大震度7	震度5強:南島原市 震度5弱:島原市, 雲仙市 震源は熊本県熊本地方で、最大震度7	連続雨量:267.5mm ※ (19日13時~21日3時) 最大時間雨量:97mm ※ (20日21時~22時)
誘発された土砂移動等	なし	なし	土石流(赤松谷川で発生) 堆積土砂量: 6.5万m ³ 発生時刻:20日21時55分頃 下流集落への被害:なし
ドーム挙動の変化 (光波測距およびGBSARによる)	光波、GBSARとも一時的に変位が認められたが、暫定基準(短期・長期)は 超過していない 。	光波、GBSARとも一時的に変位が認められたが、暫定基準(短期・長期)は 超過していない 。	急速な変位は確認されておらず 、降雨による影響はない。

※雨量観測局は気象庁の雲仙岳特別地域気象観測所であり、観測間隔は10分間である。ここでの最大時間雨量は、10分ごとに観測された雨量値を、毎正時ごとに集計して1時間降水量とし、その最大値をとったものである。

1.2 H28年に発生した地震・豪雨(2)

- 土石流発生年月日時: 平成28年6月20日21時55分頃
- 発生箇所: 水無川支川赤松谷川 ● 堆積土砂量: 6.5万 m^3
- 土石流は、赤松谷川2号砂防堰堤まで到達した。
- 砂防施設外の越流や溶岩ドームの急速な変位は確認されていない。



土石流の発生位置



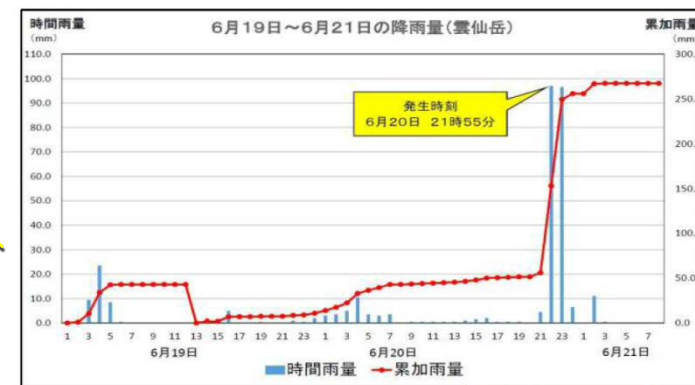
赤松谷川2号砂防堰堤



赤松谷川2号堰堤の堆砂状況

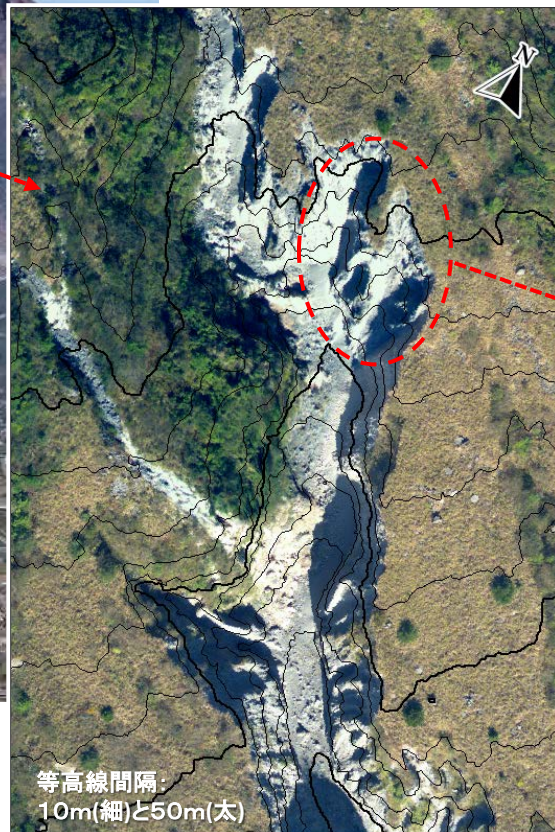
降雨状況:

累加雨量 267.5mm (19日13時～21日3時) 雲仙岳
最大時間雨量 97.0mm (20日21時～22時) 雲仙岳



【参考】想定土石流発生地点の 最近の状況

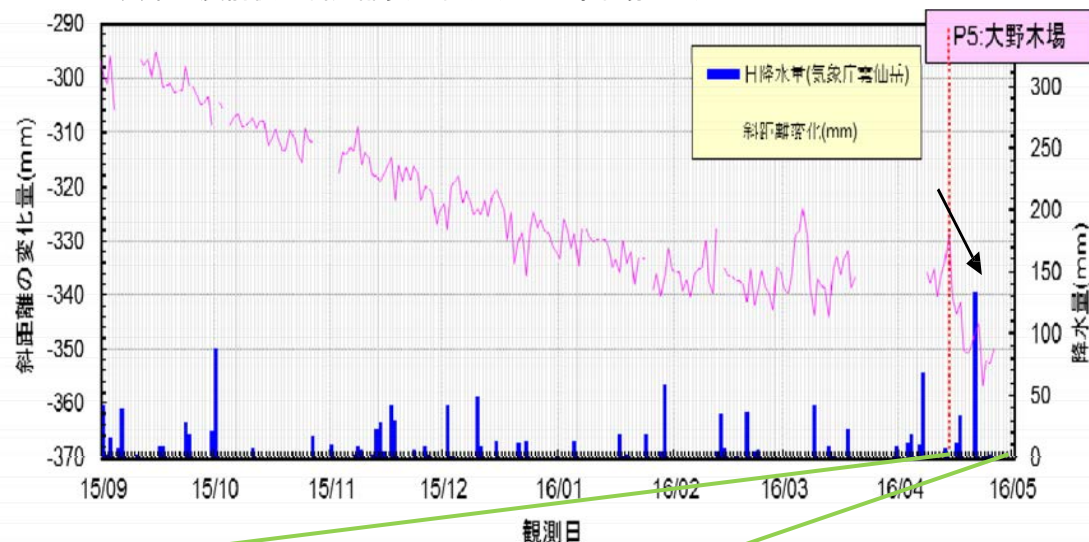
- 土石流発生地点と想定される付近で、土煙が上がる状況が頻繁に確認される。
- 乾燥によって急斜面の表層土砂が崩落していると考えられる。



1.3 H28年の地震時の観測結果 ー(1)光波測距

- 熊本地震により南島原市で最大震度5強を観測した。
- 熊本地震(前震、本震)により、一時的に変位が認められたが、暫定基準(短期・長期)は超過していない。

■熊本地震前後の斜距離変化状況(P5:大野木場から)



余震: 島原半島で震度 4 以上の地震

(熊本地震による)基準値超過なし

短期の暫定基準:

100日間の回帰直線からの乖離が-4cmを超過、
又は、2回(2日)連続して-2cmを超過した場合。

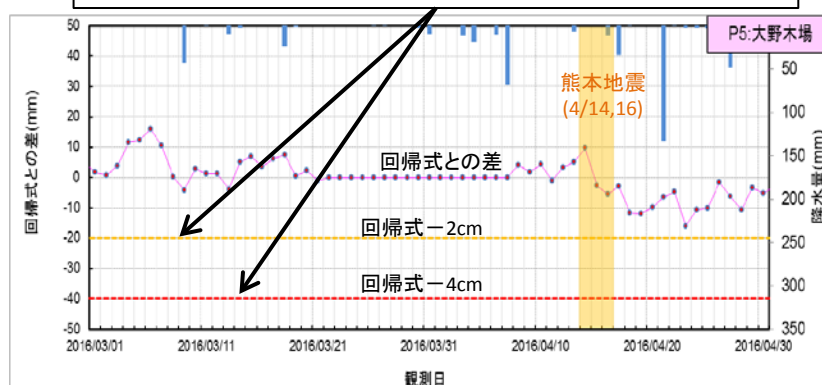
長期の暫定基準:

100日間の回帰直線の傾きが-0.3mm/日を
超過した場合※天狗山-P5の組合せを除く。

短期の暫定基準:

回帰式との差が2回続けて-2cm
または1回でも-4cm

→いずれも超過していない



※観測機器設置地点における地盤変動の影響の可能性も含まれる。

1.3 H28年の地震時の観測結果 ー(2)GBSAR

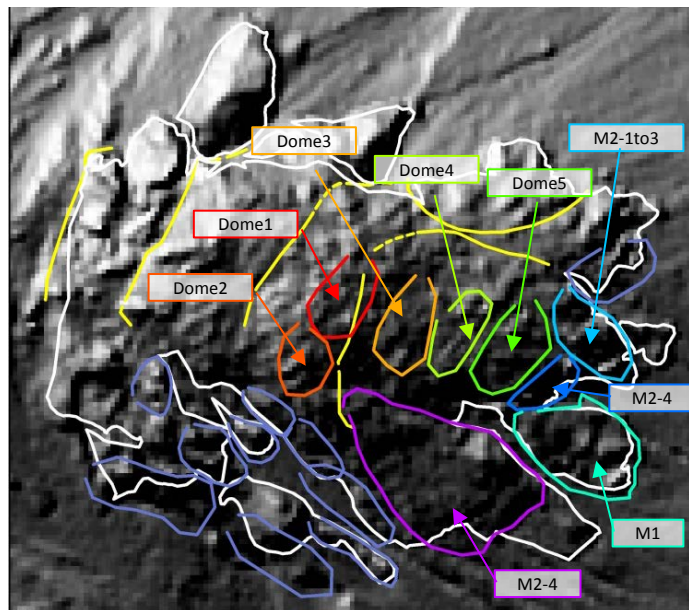
- 熊本地震(前震、本震)により、一時的に変位が認められたが、暫定基準(短期・長期)は超過していない。

(熊本地震による)基準値超過なし

短期の暫定基準:

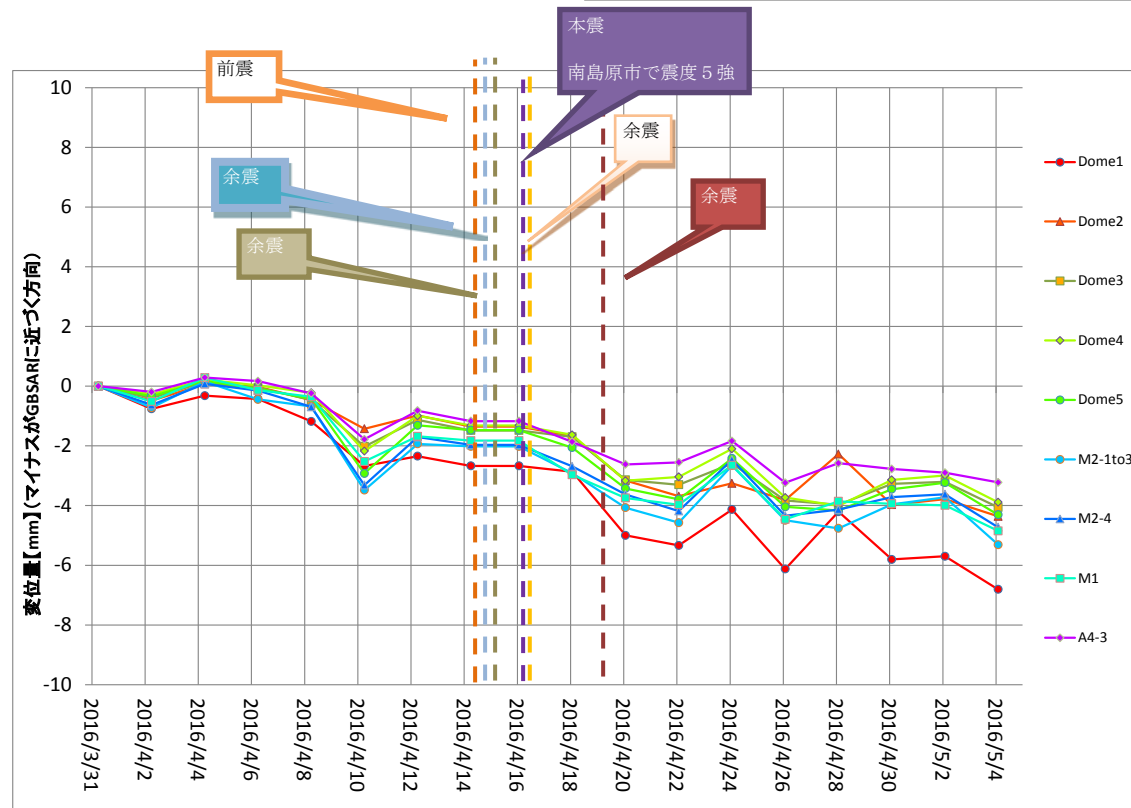
2日間の変位が、 $-2.9\text{mm}/2\text{日}$ を超過した場合。

※ロープ末端4ブロック(M2-1to3, M2-4, M1, A4-3)を対象



【マイナス変位の大きなブロック】

- Dome1: $-1.99\text{mm}/2\text{日}$
- M2-4: $-1.88\text{mm}/2\text{日}$



RP法2日毎※における各ブロックの変位量(直近1か月)

RP法2日毎: 2日毎の干渉性が高いペアから変位量を算出し平均して変位量を求める。

※観測機器設置地点における地盤変動の影響の可能性も含まれる。

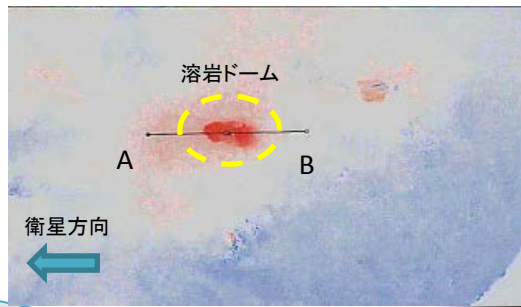
【参考】衛星SARによる変位観測との関係

SAR衛星、光波測距機、及びGBSARは、監視している方向や注目している観測内容が異なるため、数値の直接比較はできないが、共通してドームの移動現象をとらえており、並行観測によって、時間変化や空間分布の情報量が増える。

●衛星の変位確認方向

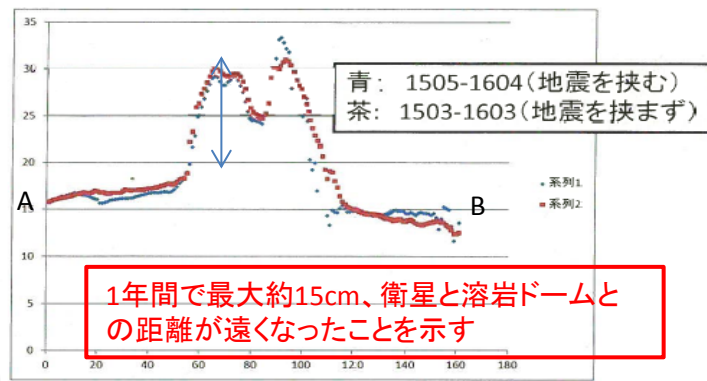
衛星と溶岩ドームとの間の距離(遠近)の変化を計測

衛星の変化量(茶色:15.3.31~16/3/15)
最大15cm衛星から遠ざかる方向に変位



第135回 火山噴火予知連絡会

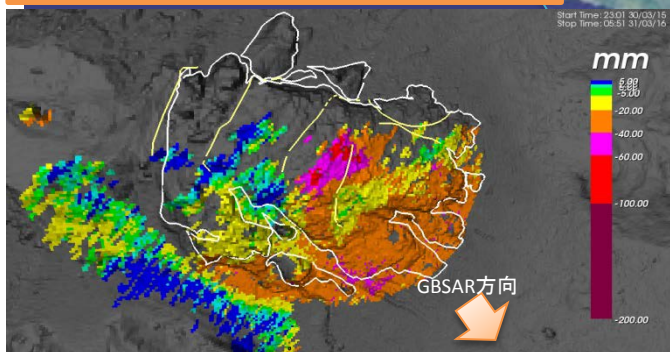
H28.5.30 開催資料より抜粋



●GBSARの変位確認方向

GBSARと溶岩ドームとの間の距離(遠近)の変化を計測

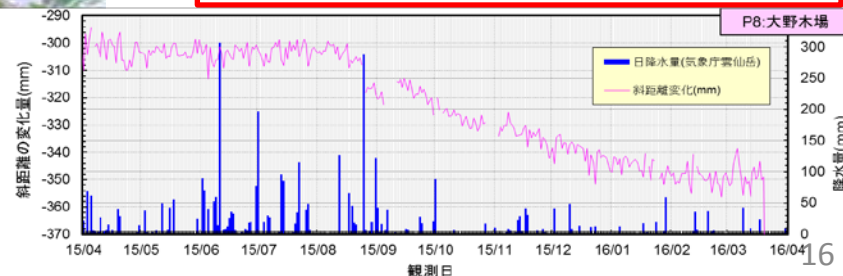
GBSARの変化量(15.3.30~16/3/31)
最大約6cmGBSARに近づく方向に変位



●光波の変位確認方向

光波測距機と溶岩ドームとの間の距離(遠近)の変化を計測

光波測距の変化量(15.4.1~16/3/31)
約5cm大野木場監視所方向に近づく方向に変位



1.3 H28年の地震時の観測結果 —(3)振動センサー

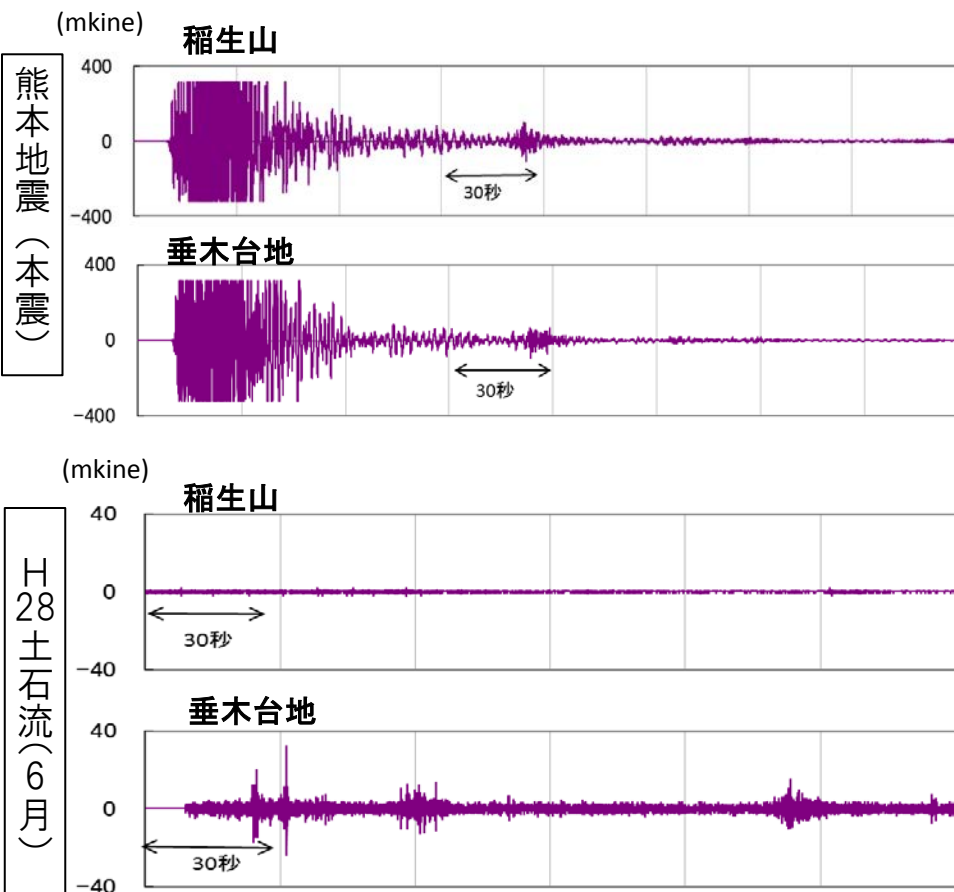
- H27年度は、暫定基準超過は2回。両者とも原因は地震。(7月:震度2、 11月:震度3 (南島原市))
- H28年度は、暫定基準超過が19回発生。熊本地震とその余震による。(最大震度5強 (南島原市))
- H28年6月の土石流時には暫定基準超過せず。

暫定基準超過イベント一覧(2015/4/1~2016/7/15)

	開始時刻~終了時刻			40mkine以上の継続時間(秒)		
				稲生山	垂木台地	岩床山
	2015/7/13 2:53	~	2:54	53	55	37
	2015/11/14 5:52	~	5:54	-	67	62
前震	2016/4/14 21:27	~	21:28	90	91	86
余震	2016/4/14 21:43	~	21:43	30	31	-
	2016/4/14 22:09	~	22:10	46	50	47
	2016/4/14 22:39	~	22:40	31	35	-
	2016/4/14 23:44	~	23:45	-	38	36
余震	2016/4/15 0:04	~	0:05	68	68	66
	2016/4/15 0:07	~	0:07	36	37	37
	2016/4/16 1:25	~	1:29	195	208	138
本震	2016/4/16 1:31	~	1:32	39	44	33
余震	2016/4/16 1:44	~	1:45	56	57	54
	2016/4/16 1:46	~	1:47	58	63	56
	2016/4/16 3:04	~	3:04	36	36	37
	2016/4/16 3:56	~	3:57	34	38	35
	2016/4/16 9:49	~	9:50	30	45	34
	2016/4/16 16:02	~	16:03	34	36	31
	2016/4/18 20:43	~	20:43	49	49	40
	2016/4/19 17:53	~	17:53	38	38	33
	2016/4/19 20:47	~	20:48	33	35	-
	2016/4/28 15:31	~	15:32	35	32	-

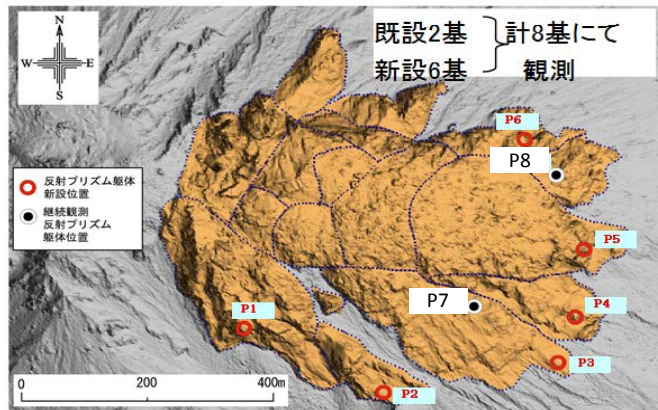
振動センサーの即時暫定基準

稲生山、垂木台地、岩床山のうち複数のセンサーで40mkine以上の振動が30秒以上継続した場合



1.4 長期的な観測結果 —(1)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。
- H27年度の観測傾向は、観測開始からの変化傾向と調和的である。
- 約19.2年で約1.20mの変化量(6.2cm/年)。

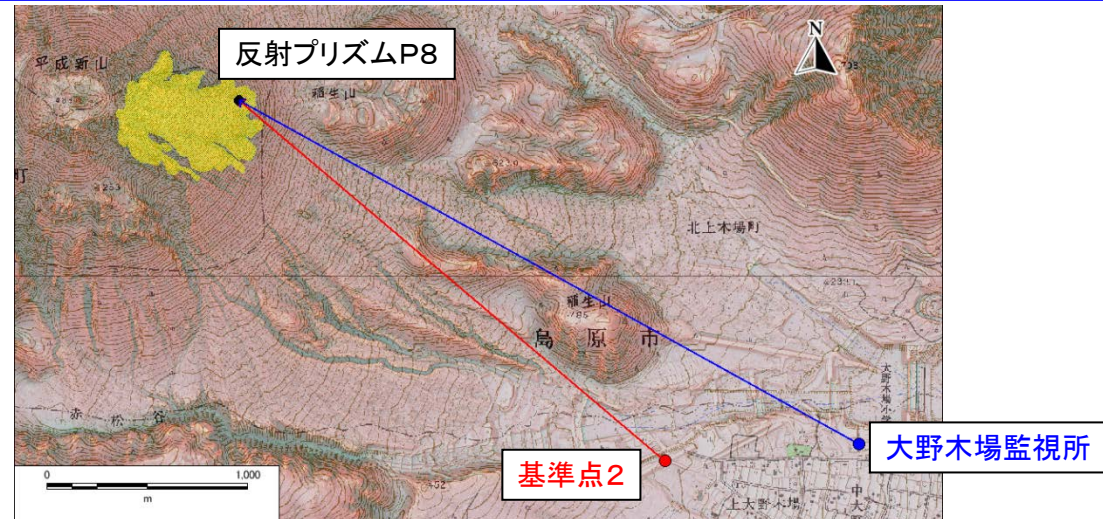


反射プリズム設置位置

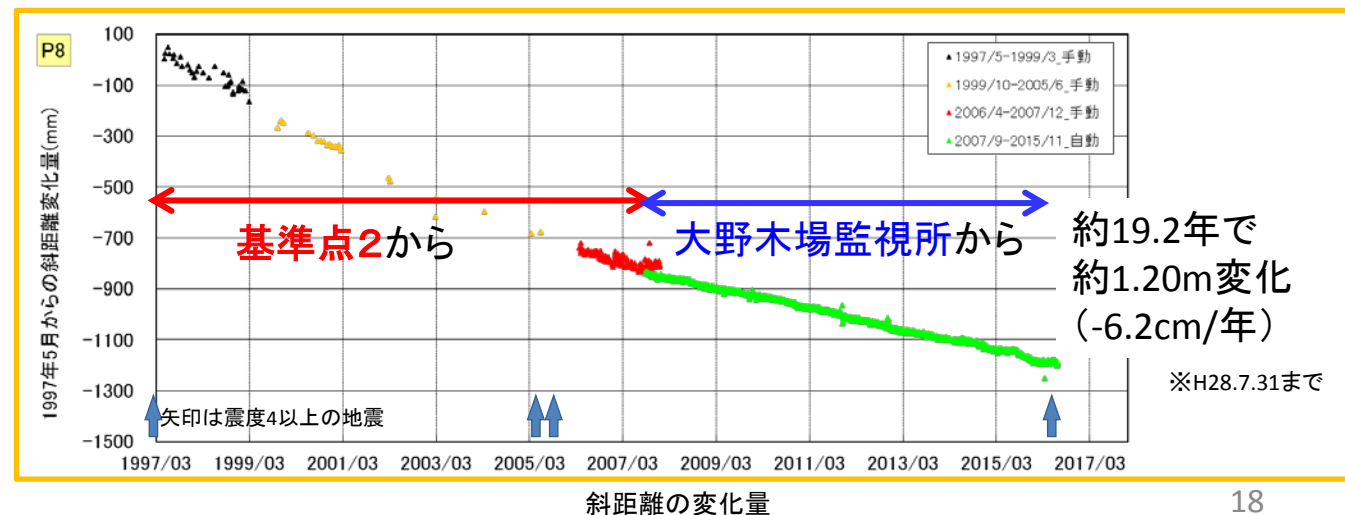


■観測諸元

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)	$\pm 10 \sim 15\text{mm}$

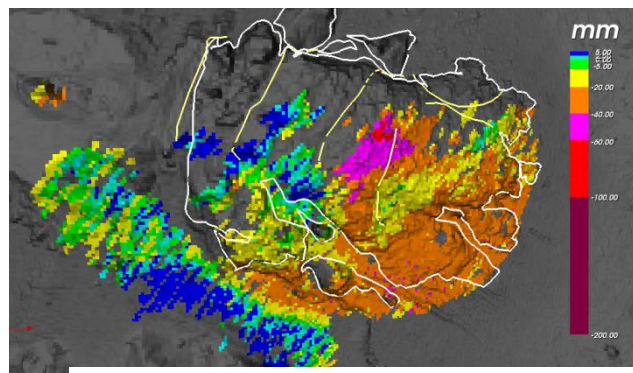


トータルステーション設置位置(観測基準点)

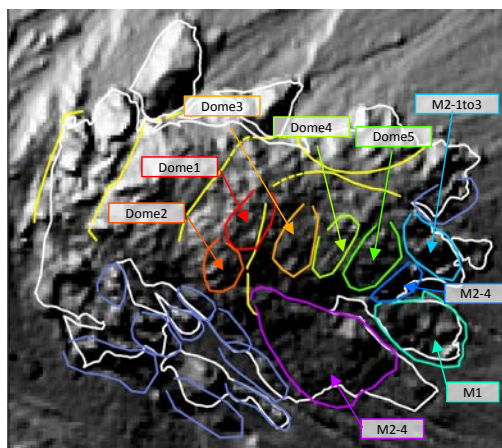


1.4 長期的な観測結果 —(2)GBSAR

- 変位の大きい領域Dome1の変位速度は、GBSAR視線方向に約5年間で約4.8cm/年。
- 暫定基準の着目領域とした末端4領域(M1,M2-4、M2-1～3、A4-3)では約3.2～3.7cm/年。

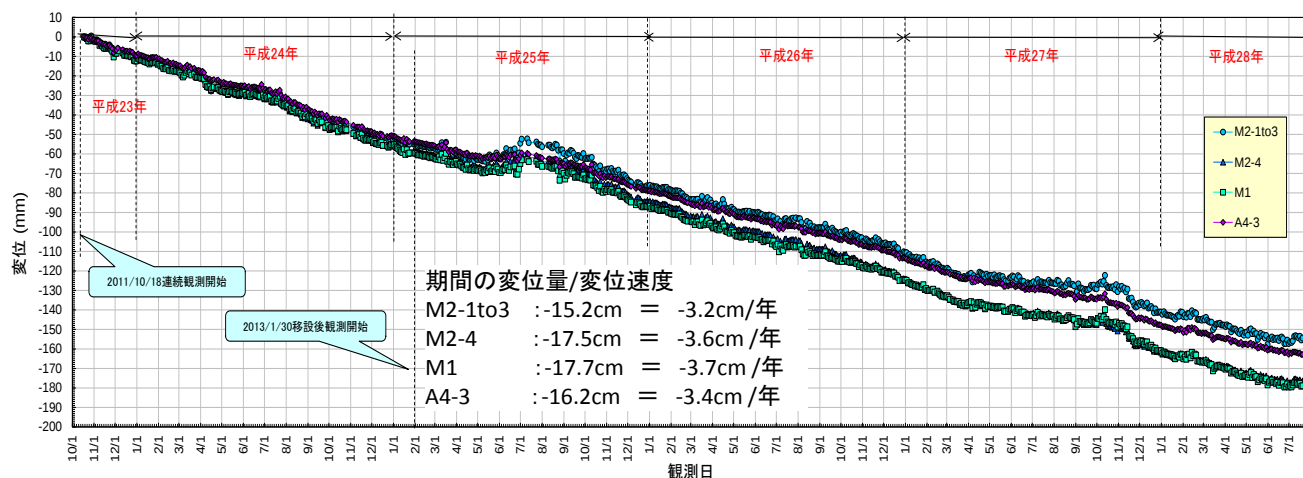
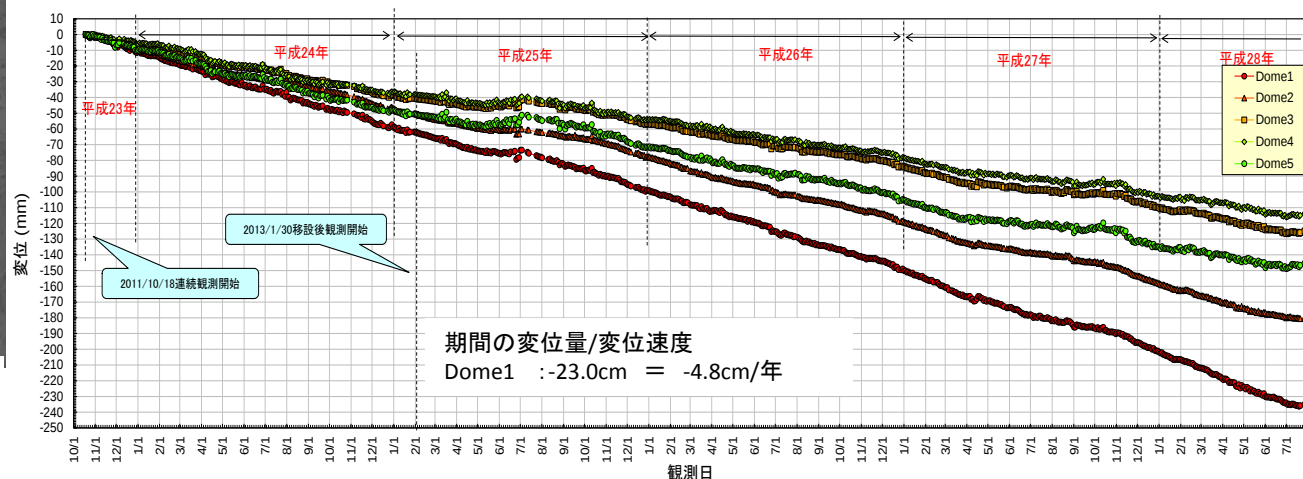


期間 2015.7.31~2016.7.31(1年間)



■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



観測期間 2011.11.18~2016.7.31(約5年間)

2. 観測機器の新設状況

2.1 概要

2.2 光波測距

2.3 GBSAR

2.4 超高感度カメラ

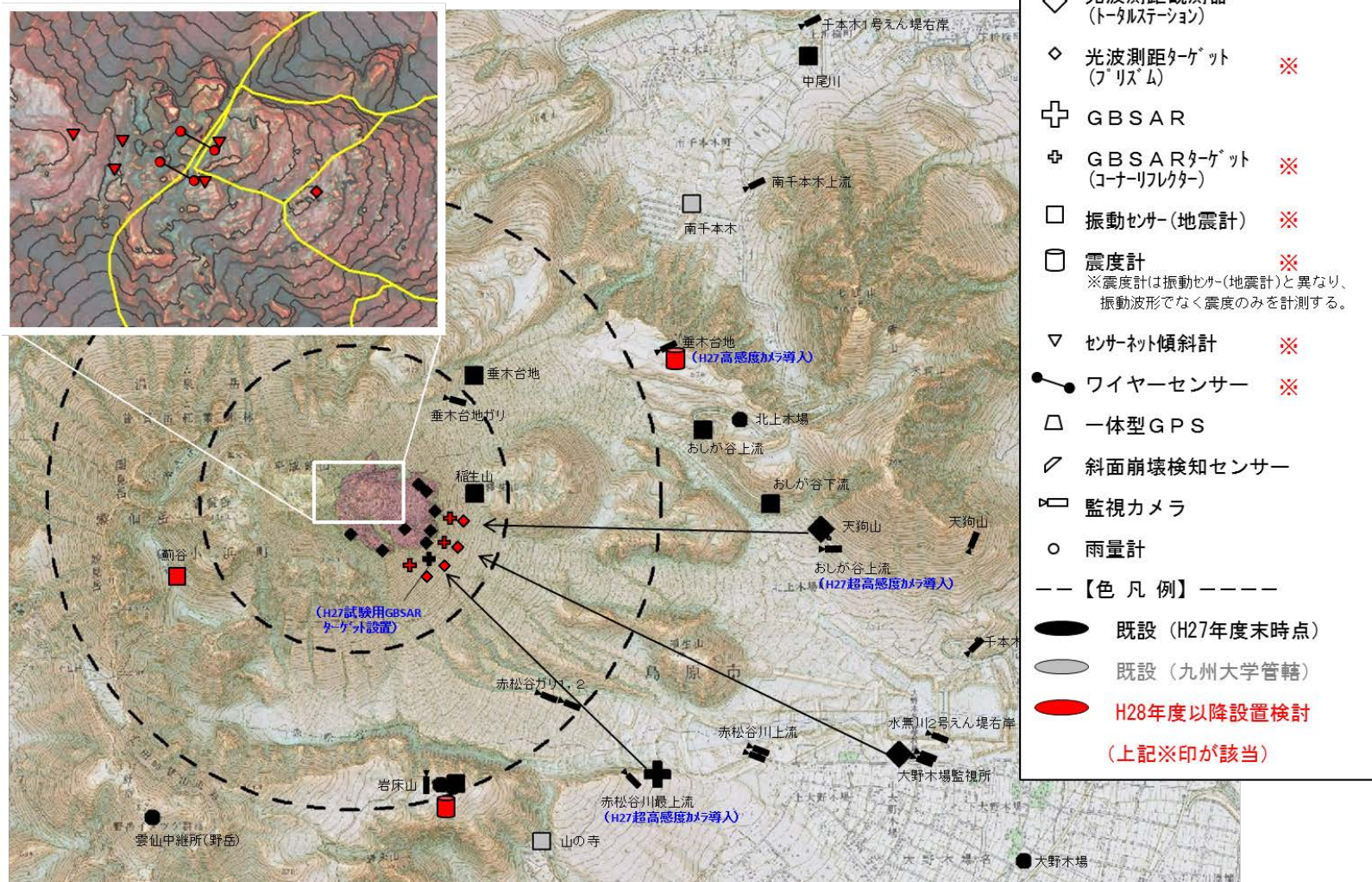
2.5 光ワイヤーセンサー・センサーネット傾斜計

2.6 震度計・振動センサー

2.1 概要

- 第4回委員会で提示した計画に従って、観測機器を増強中。

■観測機器増強計画平面図(第4回委員会資料より)



→ 一部設置済み、
残り設置予定

→ 設置済み

→ 設置予定

→ 設置予定

→ 設置予定

→ 設置予定

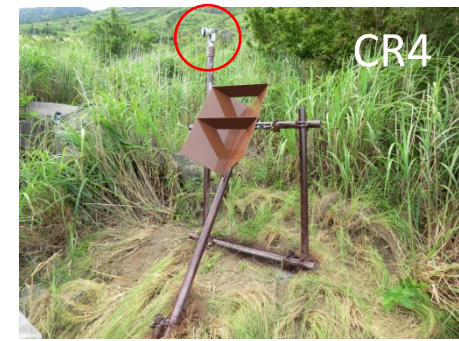
2.2 光波測距

- 従来、プリズムは8基 → +5基新設(うち4基設置済み、1基予定) → 13基に増加。
- TS(トータルステーション: 2基)と観測システムも、老朽化したため更新。
- 上記により**観測精度の向上**が期待される。

■プリズムとTS(トータルステーション)の位置図



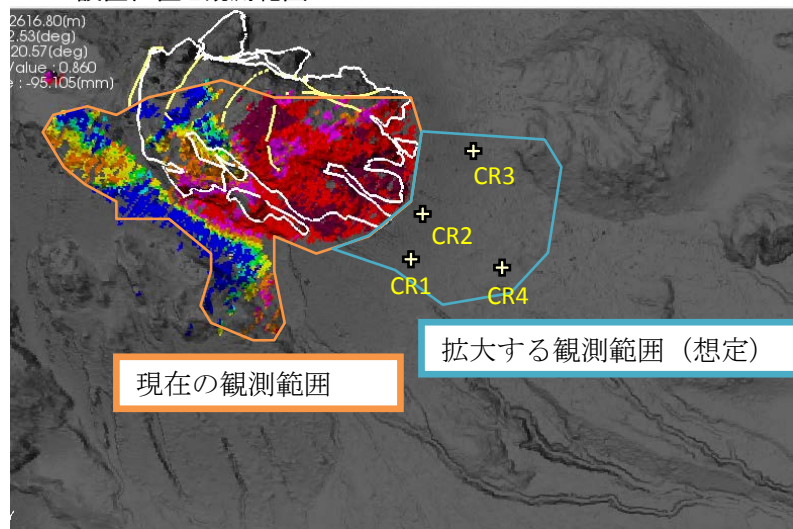
■第11ロープ基部のプリズム設置状況(GBSARのコーナーリフレクターと同位置に設置)



2.3 GBSAR

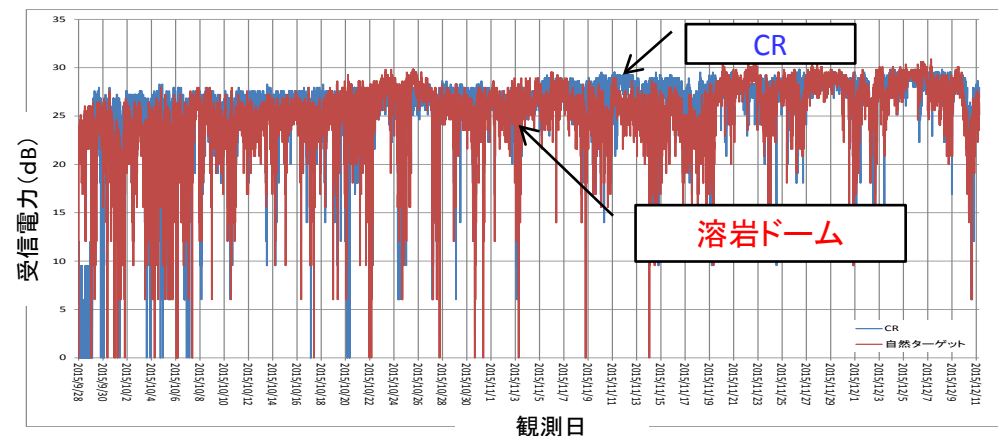
- 従来の問題: 植生繁茂地では動態観測できなかった。電波の反射が弱いため。
- 反射強度の高いCR(コーナリフレクタ)を植生繁茂地に設置(4基)
 - ロープ基部の斜面でも観測可能になる。 → 観測範囲拡大予定。

■CR設置位置と観測範囲



■CRによる電波反射の効果

植生繁茂地に設置したCRと溶岩ドームの受信電力を比較した結果、概ね同等であることが確認できている。
→ 植生繁茂地に設置したCRが有効に機能している。



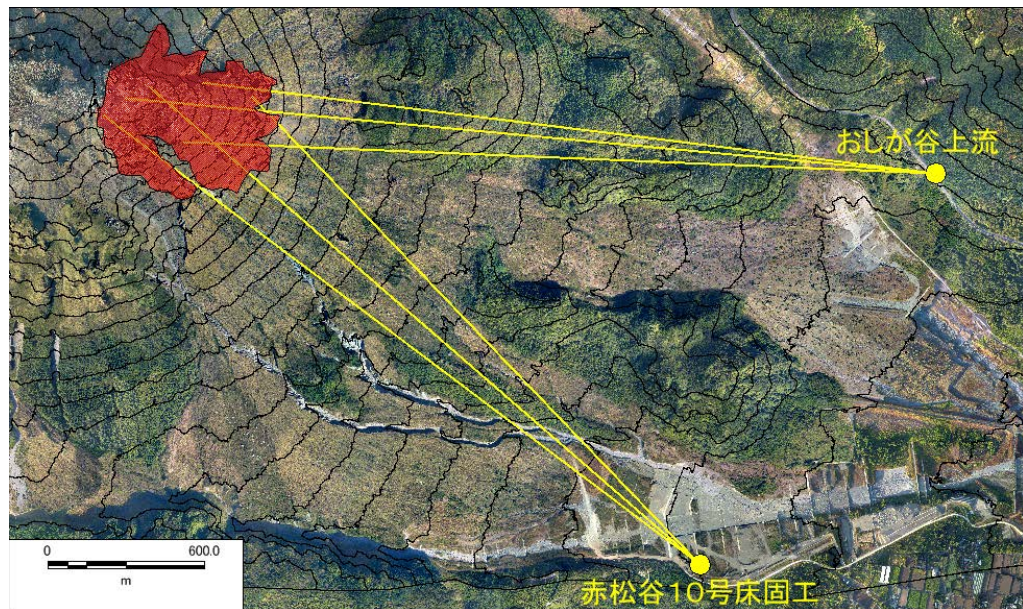
■CRの設置状況(光波測距の反射プリズムと同位置に設置)



2.4 超高感度カメラ

- 従来のカメラスペックを超える、高感度・高精細・高倍率のカメラを2台、設置完了。
- 画像を用いた、変化の自動検出の可能性について、H28年度検討する。

■カメラと第11ロープの位置関係



■ズーム映像の例



■カメラ設置状況(左: 赤松谷川10号床固め、右: おしが谷上流)

■両カメラから第11ロープを見た画像(全景)



2.5 光ワイヤーセンサー・センサーネット傾斜計

- H28年10月以降に光ワイヤーセンサ、センサーネット傾斜計を設置予定。
- 光ワイヤーセンサー: 溶岩ドーム頭部の開口亀裂に設置し、ドームの崩壊を検知する。
- センサーネット傾斜計: 溶岩ドーム頭部に設置し、ブロックの傾動状況を観測する。



光ワイヤーセンサとセンサーネット傾斜計の設置概要



北側設置イメージ

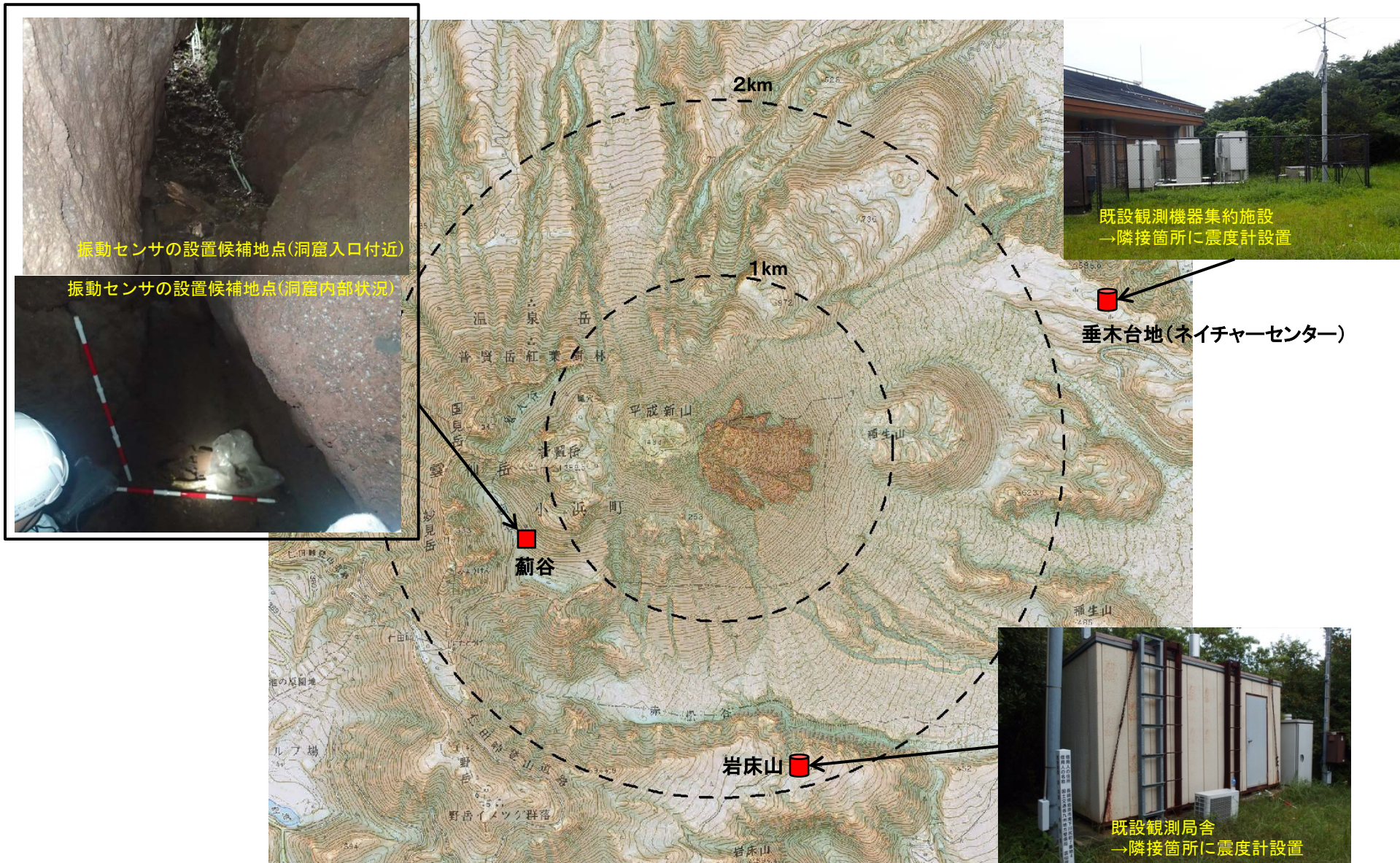
	光ワイヤーセンサー	センサーネット傾斜計
対象	頭部の開口亀裂 (崩壊発生の確認)	頭部の沈降 (崩壊発生の確認)
写真		
概要	光ファイバーのデータ不通で断線を検知	内蔵した加速度センサーと傾斜計で斜面の傾斜状況を把握



南側設置イメージ

2.6 震度計・振動センサー

- 震度計(2基)、振動センサー(1基)もH28年度内に設置予定。



3. 暫定基準と対応フローの再検討

3.1 H27～28の地震や強雨時の暫定基準超過状況

3.2 暫定基準見直しに向けた検討

3.3 臨時委員会の開催基準の明確化

3.1 H27年～28年の暫定基準超過状況

- ①振動センサーの即時対応基準超過が多数発生、一方で高度活用を前回委員会で提案
→ あわせて見直しを検討
- ②GBSARの短期基準超過が9回発生 → 見直しの必要性を検討(次回)
- ③光波とGBSARの基準超過判定に時間がかかることが問題 → 即時対応基準の設定を検討

観測機器等	即時対応基準	短期対応基準	長期対応基準
震度計	【市への危険度情報提供基準】 ●熊本地震で7回超過(最大震度は5強) 【砂防工事従事者退避基準】 ●熊本地震で上記以外に13回超過 ●それ以外に2回(震度3) ※合計22回	(基準なし)	(基準なし)
振動センサー	●熊本地震で19回 ●その他の地震で2回 ①	(基準なし)	(基準なし)
光波測距	(基準なし) ③	1回、1地点で超過(H27.9.2) (8月末大雨の後) ②	1回(3月間程度)、複数地点で超過 (H27.10.5～H28.1.13)
GBSAR	(基準なし)	9回超過	超過なし
GPS	(基準なし)	(基準なし)	超過なし
航空レーザ計測	(基準なし)	(基準なし)	超過なし
雨量計	(基準なし)	(他の観測機器をチェックするための基準) 5回超過(H27.6.10～12日、H27.6.30日～7.1日、 H27.8.25～26日、H28.6.19～21日、H28.6.27～30日)	

3.2 暫定基準見直しに向けた検討

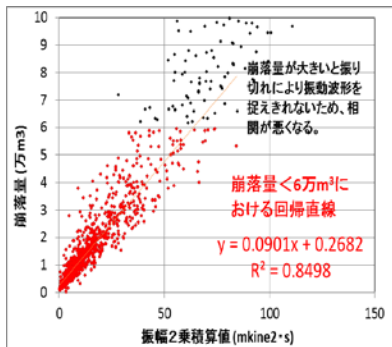
- 振動センサー：第4回委員会で紹介した**振幅2乗積算値**を、具体的に基準に活用。
- 光波測距：即時対応基準の導入。
- GBSAR：即時対応基準の導入。および、超過頻度の低減。
- 即時の意味合いの変更：
旧「**大規模崩壊が開始**した可能性あり。到達まで5分程度。」→
新「大規模崩壊または**その直前の前兆現象**が開始した可能性あり。最悪だと5分程度で到達するが、
良くすればそれ以上の余裕がある可能性もある。」

観測機器	区分	現行暫定基準	見直しに向けた検討結果(中間報告)
(1)振動センサー	即時①案	稲生山、垂木台地、岩床山のうち複数のセンサーで40mm以上(※)の振動が30秒以上継続した場合	崩壊体積と「60秒間の振幅2乗積算値」の関係を検討。 →崩壊発生を検知は可能であるが、崩壊体積との1対1の関連付けは現段階では難しい(引き続き検討)。
	即時②案	同上	大規模崩壊の前兆としての落石・小崩落の増加 を検知可能と考えられる。 →過去に実績の少ないレベルに基準を設定。
(2)光波測距	即時	(なし)	1時間ごと の観測データを使用。 →過去に実績の少ないレベルに基準を設定。
(3)GBSAR	即時	(なし)	1時間ごと に平均した速度変化を使用。 →過去に実績の少ないレベルに基準を設定。
	短期	2日間の変位が、 -2.9mm/2日を超過した場合。 ※ローブ末端4ブロックを対象。	見直しの必要性を検討(次回)

3.2 暫定基準見直しに向けた検討

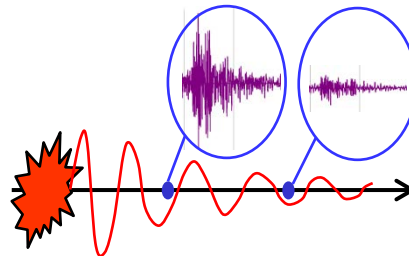
-(1)振動センサー ー即時①案

- 雲仙復興事務所の振動センサーと、崩壊体積の関係を、間接的に算出。
- 一定の崩壊体積に相当する「60秒間の振幅2乗積算値」を、即時対応基準として設定できないか検討。 →結果、崩壊体積との1対1の対応関係づけが困難。→引き続き検討



過去データによる相関関係

※九大地震計「池の原」の振動データと
雲仙岳測候所による火砕流体積を使用。



距離による減衰率

※H19年度に実施した現地振動実験による
距離と振動減衰の関係を使用。

【具体的な計算式】

九大「池の原」と他の振動センサーの関係

$$M_2 = \alpha \cdot M_1$$

九大「池の原」と崩壊体積の相関

$$V = \beta \cdot M_2 + \gamma$$

両式より

$$M_1 = \frac{(V - \gamma)}{\alpha \beta}$$

基準とする崩壊体積Vを設定すれば、それに相当する
振幅2乗積算値M1が算出される。

ここで、

M₁: 雲仙復興事務所の振動センサーにおける

60秒間の振幅2乗積算値 (mkine²・s)

M₂: 九大「池の原」における

60秒間の振幅2乗積算値 (mkine²・s)

V: 崩壊体積 (万m³)

α: M1からM2を推定するための係数で、 $\alpha = (D_2/D_1)^{2x}$

D₁: 震源から各振動センサーまでの距離 (m)

D₂: 震源から九大「池の原」までの距離 (m)

X: 距離減衰率 (= -0.98) で、

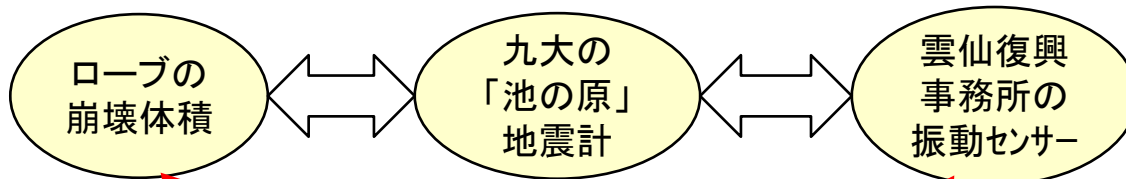
過去に行われた現地振動実験の結果から設定した。

※震源からの距離が2倍になれば、

最大振幅は $2^x = 2^{-0.98} = 0.51$ 倍になる。

β: 崩壊体積推定式の係数 (=0.0901)

γ: " (=0.2686)

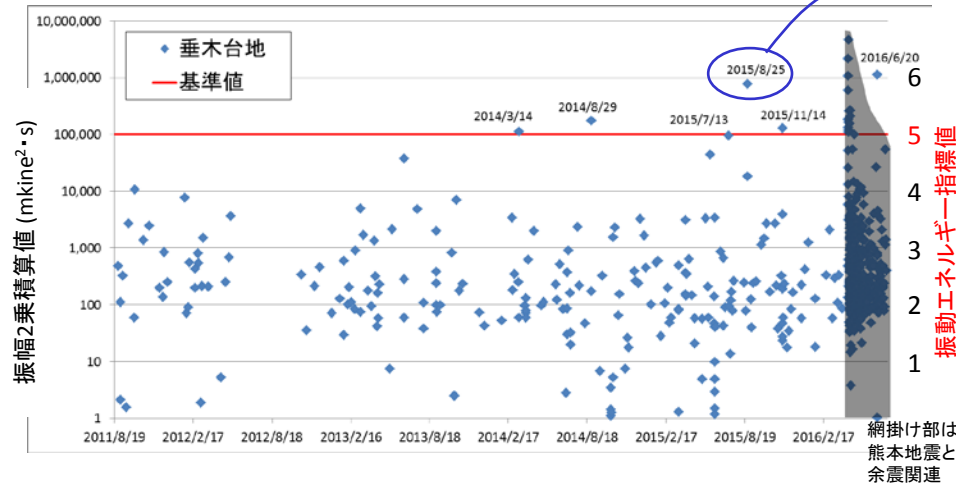


この関係を間接的に算出

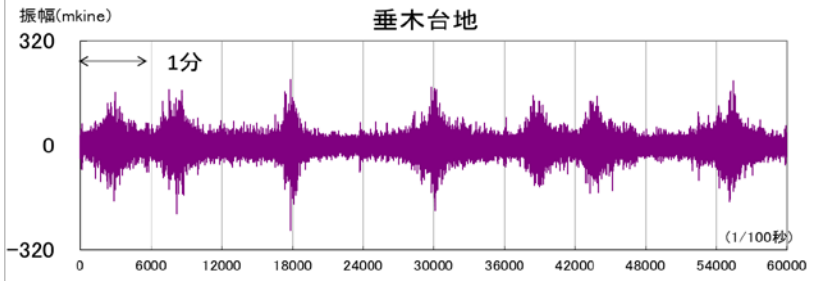
3.2 暫定基準見直しに向けた検討 —(1)振動センサー— 即時②案

- 平成噴火時の火砕流発生(すなわちドーム崩壊)の直前に、30分当りの振幅二乗積算値が急増していた。→**落石・小崩落の増加**を表すと考えられる。
- 具体的な閾値の設定: 過去約4年半の振動データから「30分間の振幅二乗積算値」を算出
→ **重要なケースは捉え、超過頻度は多くないレベル**に設定。 ※決定は次回。

■30分間の振幅二乗積算値の算出結果



■2015/8/25台風時の振動波形(約2時間継続中の10分間)



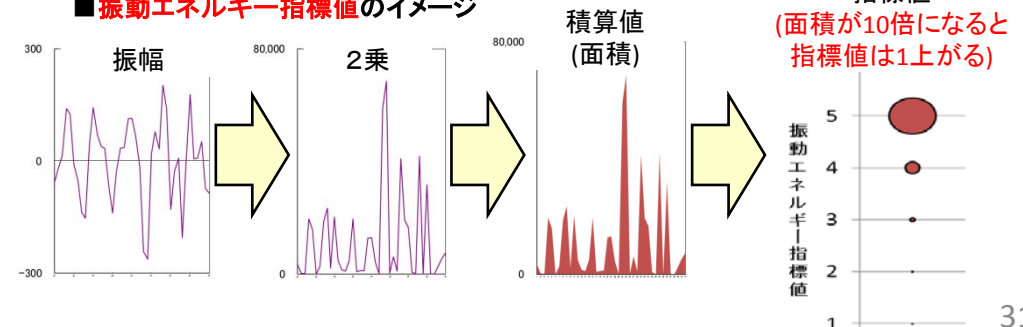
増大・減少を繰り返しながら長時間にわたって連続している。
→ロブ崩落の前兆でも同様の波形が発生する可能性あり。
→これは確実に捉えたい。

■振動エネルギー指標値※「5」とした場合の超過頻度
(熊本地震と余震関連を除く)

	稲生山	垂木台地	岩床山
超過頻度 (回/年)	0.6	0.9	0.0

※「30分間の振幅二乗積算値」の常用対数を「振動エネルギー指標値」と定義。

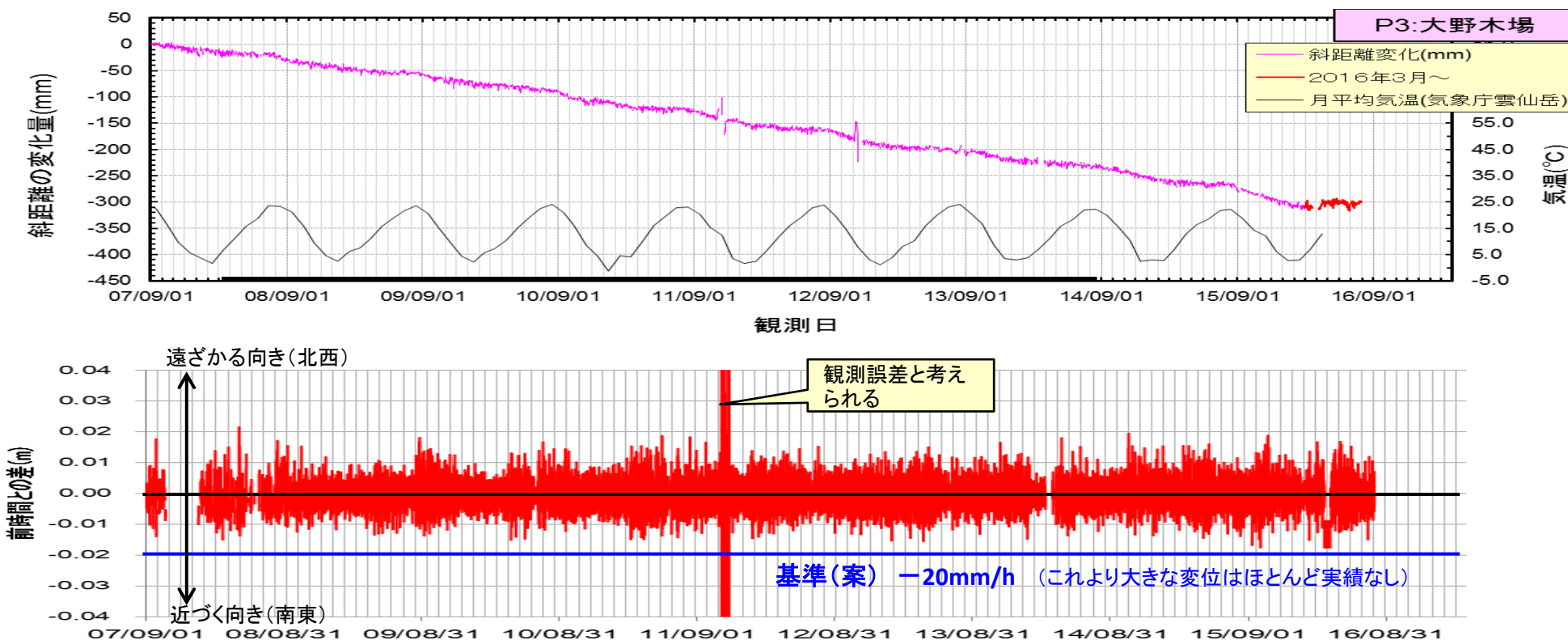
■振動エネルギー指標値のイメージ



3.2 暫定基準見直しに向けた検討

-(2)光波測距 ー即時

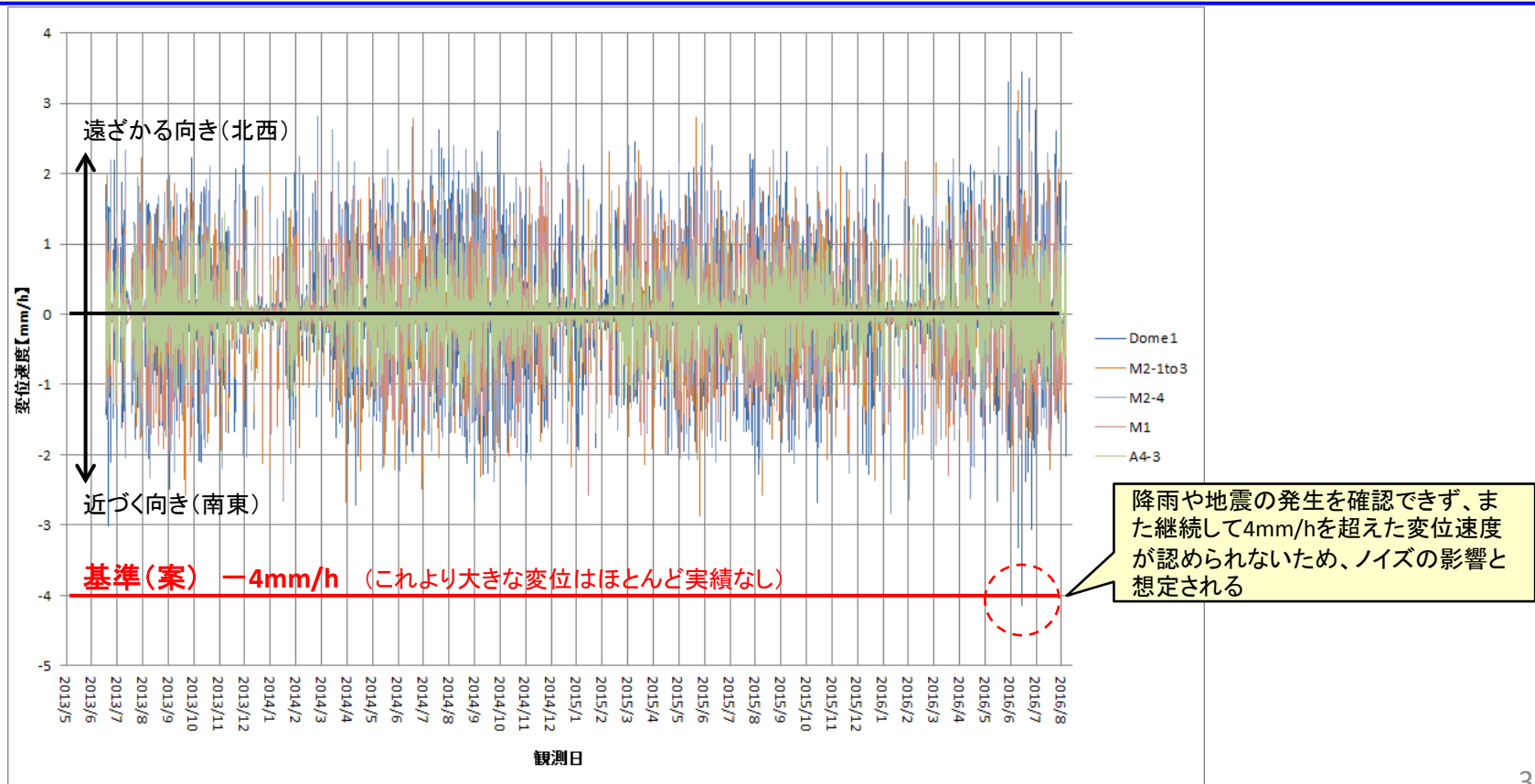
- 熊本地震を受け、リアルタイムに近い判定基準の設定に対して要求が高まった。
- 過去の自動観測の結果から、 -20mm/h 以下となることは極めて稀であることを確認。
- 即時対応基準(案) 「前時間との差が -20mm/h を超過した場合」
※ただし単独では観測誤差を有するため、他の観測機器とAND条件を設定する。



3.2 暫定基準見直しに向けた検討

-(3)GBSAR ー即時

- 現在の解析手法(RP法)はリアルタイム性に乏しい(通常2日間に1度、緊急時には0.5日間に1度)
→よりリアルタイム性が高い解析手法(PS法)を使用
- 観測毎(7分毎)の結果ではばらつきが大きいため、1時間平均した速度変化を使用
- 過去に例の無い変位速度を指標として提案
→**即時対応基準(案)**「**継続して-4mm/hを超える速度が確認できた場合**」



3.2 暫定基準の見直しに向けた検討 (4)まとめ

- 下記の点の見直しを行う。→次回委員会で決定。

観測機器等	判定可能なデータ取得間隔	即時対応基準	短期対応基準	長期対応基準	危険解除に臨時委員会を要する場合
震度計	リアルタイム (気象庁からの震度情報)	震度4(市への危険情報提供) または 震度3(砂防工事従事者退避)	—	—	余震に関する注意情報がある場合
振動センサー	リアルタイム	稲生山、垂木台地、岩床山のうち複数のセンサーで40mkine以上の振動が30秒以上継続した場合	—	—	40mkine以上の反応が続く場合
光波測距	1回/1日 (毎時観測→1日分を平均)	新たに設定	100日間の回帰直線からの乖離が-4cmを超過、又は、2回(2日)連続して-2cmを超過した場合。	100日間の回帰直線の傾きが-0.3mm/日を超過した場合 ※天狗山-P5の組合せを除く。	急激な変位などの異常が見られる場合
GBSAR	1回/2日 (7分毎に観測→2日ごとに変位を算出)	新たに設定	2日間の変位が、-2.9mm/2日を超過した場合。 ※ロープ末端47'ロックを対象。	1年間の変位速度が-5cm/年を超過した場合。 ※ロープ末端47'ロックを対象とする。 (A4-3, M1, M2-4, M2-1to3)	急激な変位などの異常が見られる場合
GPS	不定期 (約1回/1年)	—	—	前回(約1年前)からの変位が水平方向10cm/年 または鉛直方向-20cm/年を超過した場合	急激な変位などの異常が見られる場合
航空レーザ計測	不定期 (約1回/1年)	—	—	前回または数年前との標高差分でロープ上部で沈降かつ下部で隆起の傾向が顕著に認められた場合	—
雨量計	1回/1時間	—	(連続雨量が200mmを超過したら各観測機器の基準超過状況をチェック)	(連続雨量が200mmを超過したら各観測機器の基準超過状況をチェック)	—
監視カメラ	リアルタイム	(状況確認し参考情報とする)	(状況確認し参考情報とする)	(状況確認し参考情報とする)	異常が確認される場合
光ワイヤーセンサー		新たに設定			
センサーネット傾斜計		新たに設定	新たに設定	新たに設定	

雲仙復興事務所の震度計(新設)を使用

見直し(振幅二乗積算値を活用)

見直しの必要性を検討

※複数の観測機器を用いてAND条件を設けることにより、空振り頻度を軽減する。

新設観測機器に対応した基準

3.3 臨時委員会開催基準の明確化(1)

- 現在の(第2回委員会で決定した)基準超過時対応フローにしたがえば、下記の通り。
- 暫定基準と対応フローを次回委員会で検討→それに合わせて再整理する。

【臨時委員会開催基準】

〔即時対応基準関係〕

即時であるため開催しない。

〔短期対応基準関係〕

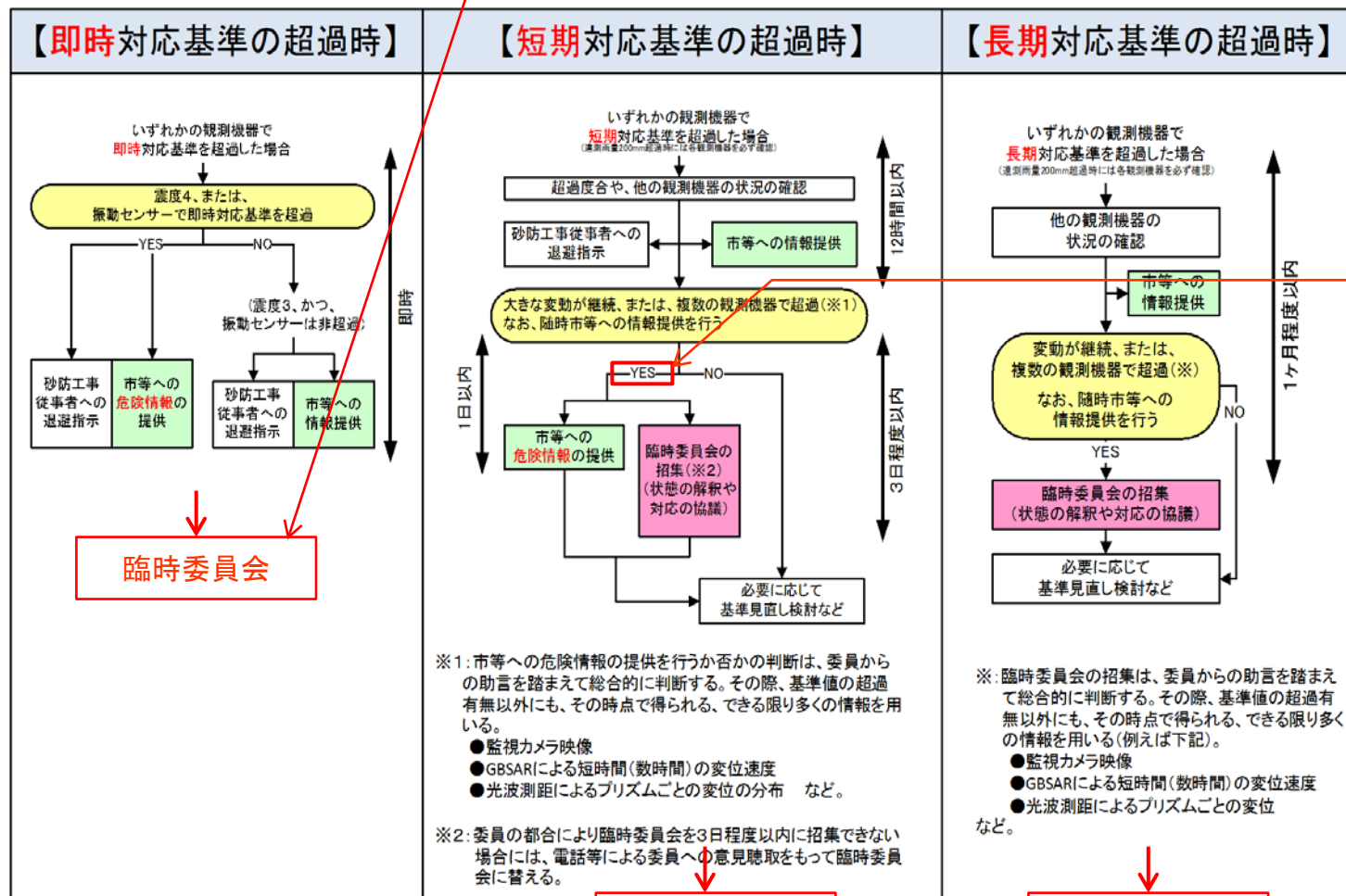
- いずれかの観測機器で短期対応基準を超過し、その後も大きな変動が継続している場合。
- 複数の観測機器で短期対応基準を超過した場合。

〔長期対応基準関係〕

- いずれかの観測機器で長期対応基準を超過し、その後も変動が継続している場合。
- 複数の観測機器で長期対応基準を超過した場合。
- ただし、委員からの助言を踏まえて、開催するか否か総合的に判断する。

3.3 臨時委員会開催基準の明確化(2)

- 開催基準の明確化(変更を含む)の観点は、主に下記の通り。
- 具体的には次回委員会で検討。



①即時対応基準超過後の臨時委員会開催について検討

②YESの場合、必ず臨時委員会を開催することとなっているが、それで良いか？
(これまでの超過状況を踏まえて、総合的な判断は必要ないか？)

③全体に、暫定基準を見直した場合でも問題ないか？

④一旦暫定基準を超過した後、危険性の低下や回避などについて臨時委員会で検討する必要が生じる。
その臨時委員会を開催する基準は？

※1: 市等への危険情報の提供を行うか否かの判断は、委員からの助言を踏まえて総合的に判断する。その際、基準値の超過有無以外にも、その時点で得られる、できる限り多くの情報を用いる。

- 監視カメラ映像
- GBSARによる短時間(数時間)の変位速度
- 光波測距によるプリズムごとの変位の分布 など。

※2: 委員の都合により臨時委員会を3日程度以内に招集できない場合には、電話等による委員への意見聴取をもって臨時委員会に替える。

※: 臨時委員会の招集は、委員からの助言を踏まえて総合的に判断する。その際、基準値の超過有無以外にも、その時点で得られる、できる限り多くの情報を用いる(例えば下記)。

- 監視カメラ映像
- GBSARによる短時間(数時間)の変位速度
- 光波測距によるプリズムごとの変位 など。

4. 臨時委員会開催時の討議内容

- 4.1 臨時委員会に求められる判断
- 4.2 臨時委員会への提供情報(案)
- 4.3 アウトプット(案)

4.1 臨時委員会に求められる判断

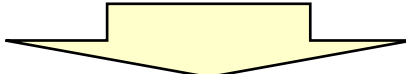
- 住民や自治体からは、臨時委員会には下記のような判断が期待されると考えられる。

〔避難前〕-----

- ・ すぐに避難すべきか、否か。
- ・ 避難するとすれば、その範囲はどこまでか。
- ・ すぐに避難しないとしても、いつ崩壊すると考えられるか。

〔避難後〕-----

- ・ 避難解除しても良いか、否か。
- ・ 長期化するとしたら、いつまで待てばいいのか。



【臨時委員会のスタンス】

自治体が避難および避難解除の判断を行うにあたって、
有益となる情報を提供する。



臨時委員会の場で、どのような情報をもとに、どのようなアウトプットを出すのか。

 4.2

 4.3

4.2 臨時委員会への提供情報(案)

- 臨時委員会へは、1章で示したような平常時からの観測データに加えて、下記のような緊急観測成果を提供する。

緊急観測方法		前兆現象	頭部の開口亀裂、 挟まれた岩片	頭部沈下	落石・小崩落 の増加	噴気の増加や 新規発生	末端隆起、 せり出し	ロープ表面 の変形
		観測量	開口幅	沈下量、 傾斜量	振動波形による 回数や規模	－	隆起量、 変位量	時期間の 標高差分値
		N.47°ロックでの 重要度	A	A	B1	B2	B2	C
①	ヘリ撮影	●	●	● 小崩落等の痕跡確認	●	●	●	
②	①→3Dモデル作成	●○	●○	●○ 小崩落等の痕跡確認	×	●○	●○	
③	②→2時期データによる 点群変位抽出	(◎)	(◎)	×	×	(◎)	(◎)	
④	航空レーザ計測	●○	●○	●○ 小崩落等の痕跡確認	×	●○	●○	
⑤	超高感度カメラによる変 化箇所抽出	×	●(○) 位置的に頭部は見えず 頭部の一部のみ	●(○)	●	●(○)	●(○)	
⑥	GBSAR(ロープ東側に 臨時設置)	×	×	×	×	◎	◎	
					×			

(事前に技術開発
できた場合。)

(臨時設置
できた場合。)

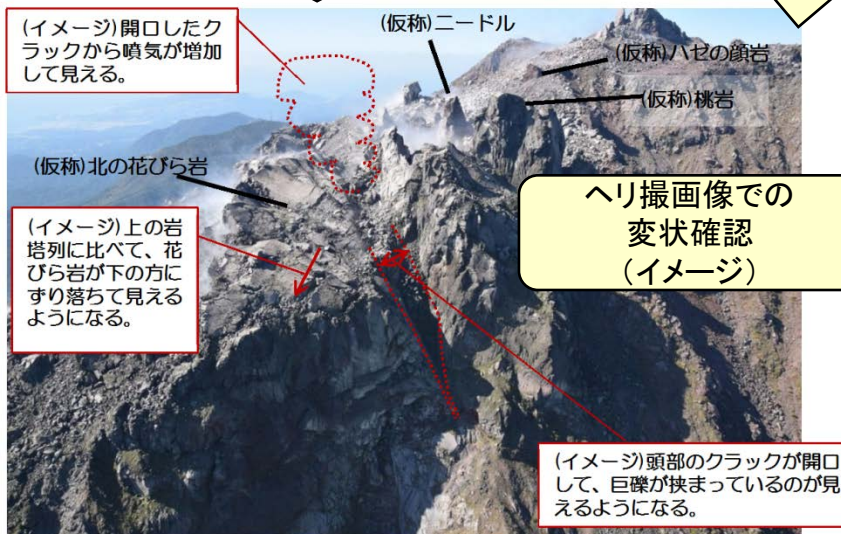
4.2 臨時委員会への提供情報(案)

- ①ヘリ撮: 天候さえよければ半日で撮影可能。感覚的に分かりやすい。
- ②3Dモデル: 1日～数日で作成可能。感覚的+ある程度定量的。

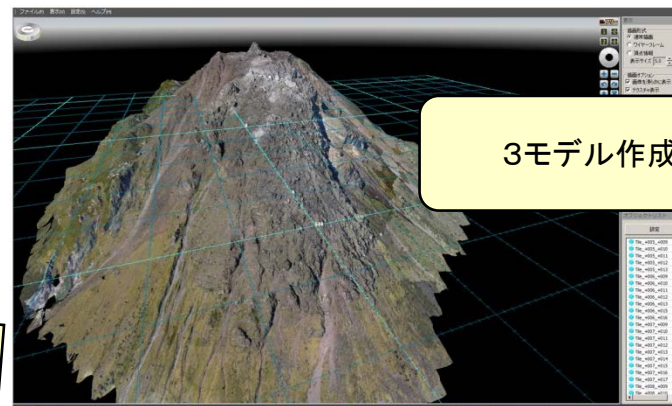
■ヘリ撮影の例



周辺の空港から
片道15～30分で到達



■3Dモデル作成の例



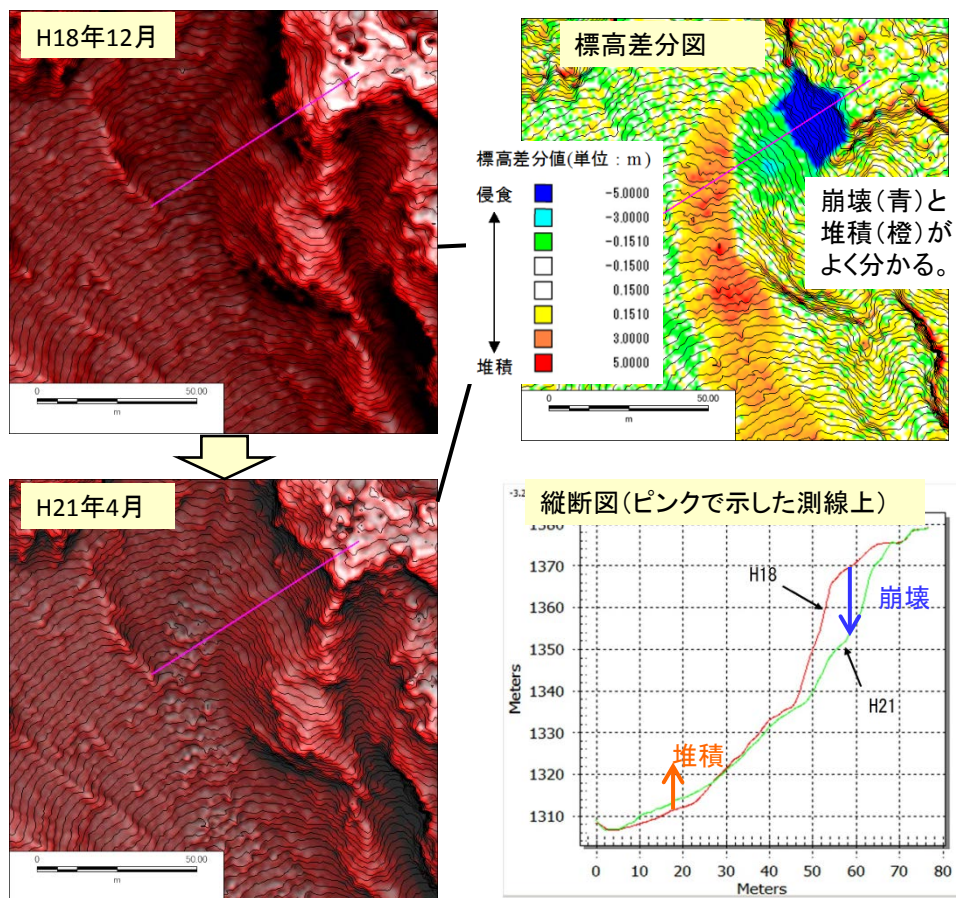
3モデル作成



4.2 臨時委員会への提供情報(案)

- ④航空レーザ計測: 標高差分で、深さ5m・体積500m³程度以上の変状を検出可能。
※第11ローブは急峻で複雑な地形をなしているため、一般的な精度よりも劣る。
- ⑤超高感度カメラ: 定期的に記録しておけば、目視比較で変状検出が可能。
自動検出の可能性は検討中。

■航空レーザ計測による崩壊の検出例(約4千m³)



■超高感度カメラによる落石確認例



4.3 アウトプット(案)

- 自治体や住民が、避難および避難解除の判断を行うために、有益な情報を出す。
- 客観的な事実を基に、科学的・経験的に考えられる、現状に対する解釈を述べる。
- 可能であれば、今後の予想を述べる。

※次回も引き続き検討。

■アウトプットのイメージ(案)

平成〇年〇月〇日

平成〇年〇月からの平成新山(溶岩ドーム)の挙動に関する情報(第〇報)

九州地方整備局 雲仙復興事務所

平成〇年〇月〇日、雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会を開催いたしました。その結果を以下にお知らせいたします。

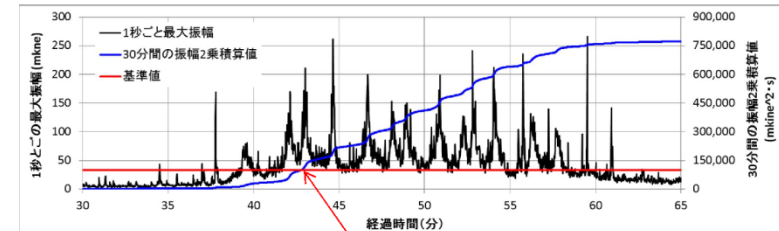
平成〇年〇月〇日、平成新山(溶岩ドーム)付近において、これまでにあまり例のない大きな地盤振動が確認されました。

その後の追跡調査において、大きな地盤振動は一時的なものであり、終息したことが確認されました。また上空からの視察、監視カメラによる視認、光波測距儀による観測、地上型レーダーによる観測のいずれにおいても、〇月〇日以前の状況と比較して大きな変化は認められませんでした。

〇月〇日以前の状態と比較して、平成新山(溶岩ドーム)が大規模に崩壊する危険は、特段に高まってはいないと考えられます。

1. 振動センサーの観測結果

〇月〇日〇時〇分ごろから、〇〇地点の振動センサーにおいて大きな振幅が連続的に観測され、〇時〇分に、直前対応の暫定基準を超過しました。しかしその後は振幅が次第に低下し、〇時〇分に基準を下回りました。その後、基準を上回る振動は確認されていません。



〇時〇分 直前対応の暫定基準を超過

5. ソフト対策会議等からの報告

5.1 溶岩ドームソフト対策会議の報告

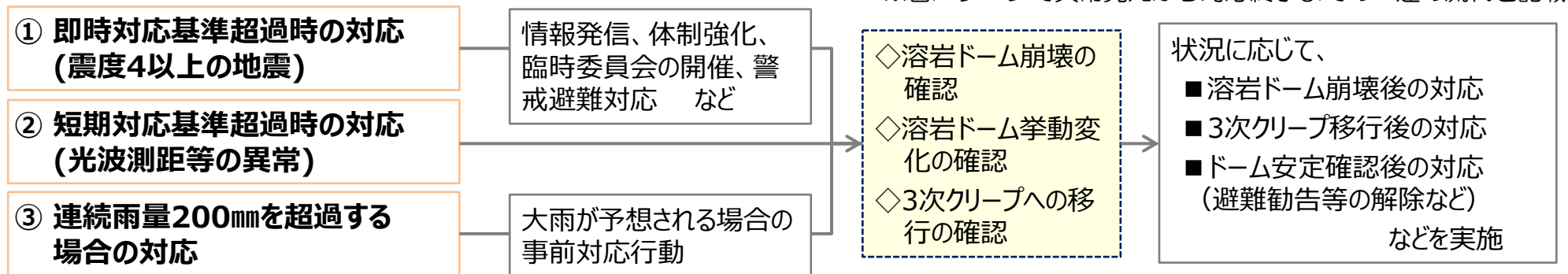
5.2 情報配信内容について

5.3 ハード対策(砂防堰堤嵩上げ)の進捗

5.1溶岩ドームソフト対策会議の報告

- 第7回:H28年6月27日開催。防災実務担当者により、具体的な対応を検討・共有。
- 溶岩ドーム崩壊等に対し連携すべき事項や具体的にとるべき行動を整理し、「**連携要領(案)**」、「**事前防災行動計画(案)**」を検討・作成中。
- 事前防災行動計画(案)は、**防災行動を開始するトリガー毎に3パターンで整理・統合**。
- 連携要領と事前防災行動計画が対となったものを、今年度中にとりまとめ予定。

■事前防災行動計画(案)の推移パターン



■会議開催状況(第7回:H28年6月27日)



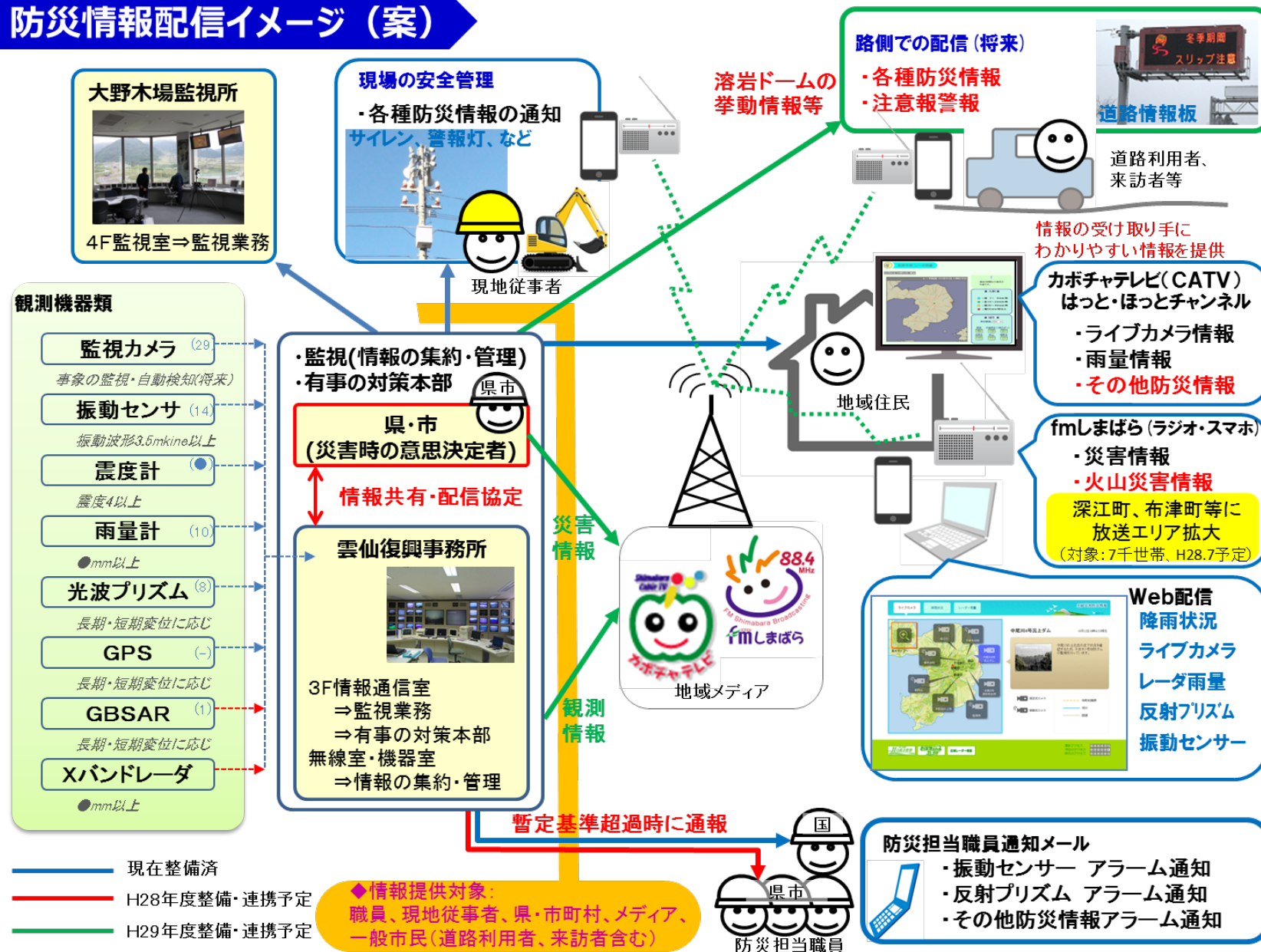
■防災行動の検討にあたりご指導いただきたい情報

課題の抽出

1. H28熊本地震において、島原半島で最大震度5強(4月16日1時25分)が観測されたことを受けた**暫定基準値の見直し方針**
2. ソフト対策検討委員会**臨時委員会から自治体へ提供される具体的な助言**(情報)の内容

5.2 情報配信内容について(1)

防災情報配信イメージ (案)

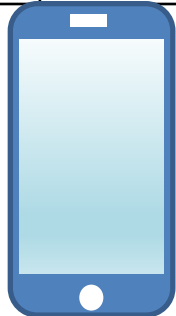


5.2 情報配信内容について(2)

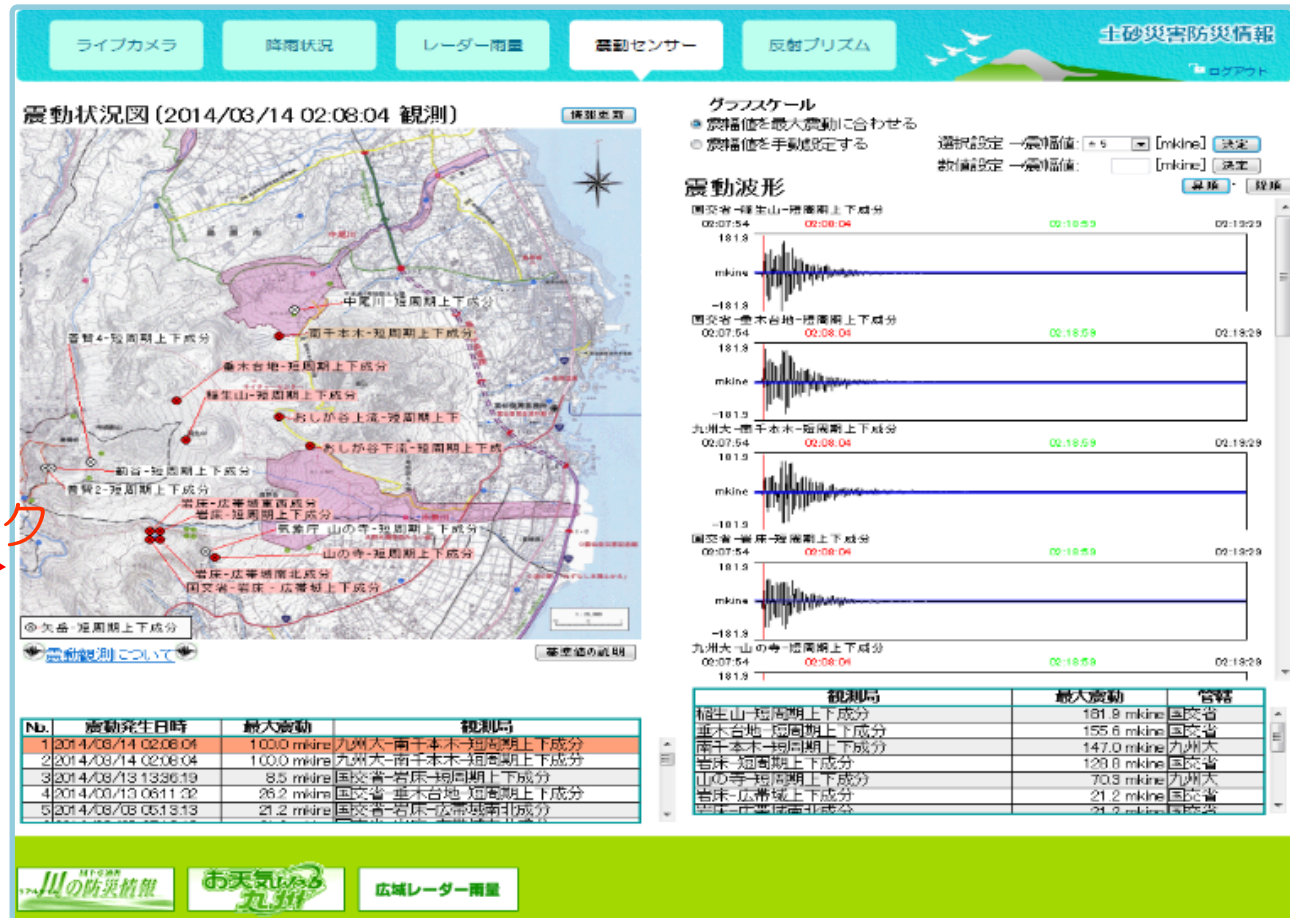
- 暫定基準値を超えるデータが観測された場合、システムから即時にメール通報する。
- 通知先は国土交通省職員および県、市などの防災関係者。

■メール配信イメージ

件名	【即時対応基準超過】振動センサー（稲生山、垂木台地）
内容	11/13 10:30に稲生山、垂木台地で即時対応基準値を超過しました。現地状況、他観測計器の状況を確認してください。 【観測局情報】 日時：2016/11/13 10:30:00 観測局名 稲生山、垂木台地 内容 即時対応基準値超過 詳細情報 http://〇〇〇〇〇（リンク情報（グラフ・データの参照）を掲載） 【即時対応基準】 稲生山、垂木台地、岩床山の内複数のセンサーで 40mkine以上、継続時間30秒以上



■WEBブラウザでの閲覧イメージ



5.3 ハード対策(砂防堰堤嵩上げ)の進捗



平成28年8月末現在の様子

- 事業完成年度:平成29年度末を目標
- 事業進捗率:約51%(H28.10末予定進捗率)
(水無川砂防堰堤改築全体事業に対する)
- 現在の状況:溶岩ドーム崩壊対策として、平成27年度に砂防堰堤コンクリート部の4.5m嵩上げは概ね完了し、現在、水無川2号砂防堰堤の断面拡幅工事を実施中。



6. 次回委員会の予定

第6回検討委員会の検討項目

- 観測結果の報告(特に新設・増設機器)
- 暫定基準と対応フローの再検討(決定)
(新規設置機器に対する基準も含む)
- 臨時委員会の討議内容
- ソフト対策会議の検討結果の報告
- 今後のソフト対策を担う委員会について
(モニタリングを中心とした委員会への移行)