

「第4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1月18日（月）

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

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。

- 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。

- 委員長は、委員会の運営と進行を総括する。
- 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。

- 委員の任期は原則として1年とし、再任を妨げない。
- 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。
- 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。

- 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。

- 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11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26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) 【欠 席】
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)
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) 【欠 席】

【行政委員】

米田 隆明	福岡管区気象台気象防災部 火山防災情報調整官
森川 幹夫	九州地方整備局 河川部長
西浦 泰治	長崎県 危機管理監
浅野 和広	長崎県 土木部長 【代理：後田 健一 砂防課長】
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

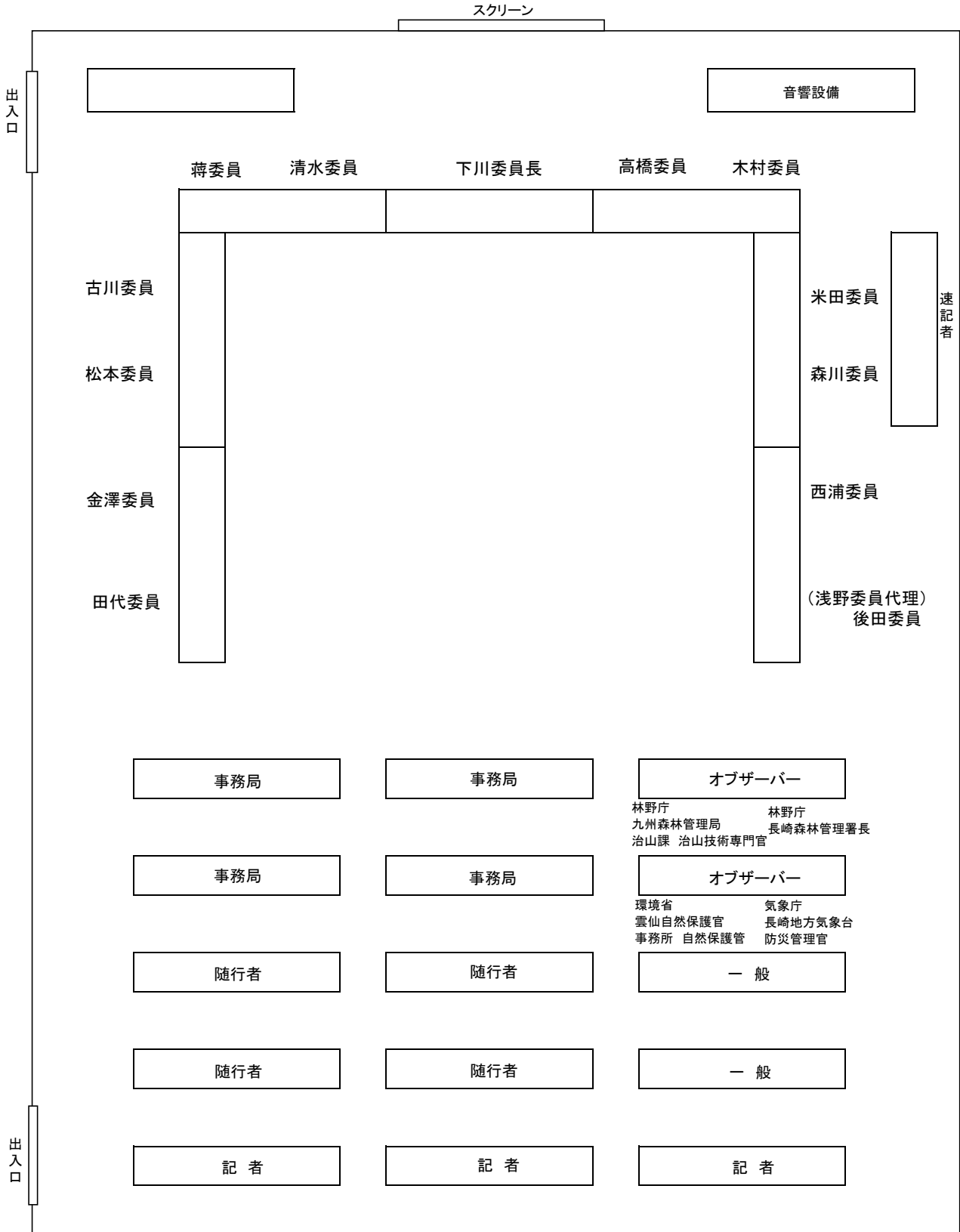
【オブザーバー】

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
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
上野 健志郎	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 【欠 席】

【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4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4回(平成27年度第2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(案) 平成28年1月13日版



※ 検討資料であり、今後変わることがあります

2013年10月29日撮影

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. 観測成果の報告 【説明】

2. 想定崩壊ブロックと
シナリオの検討 【審議】

3. 振動センサーの高度活
用の可能性 【説明】

4. 想定崩壊への対応方針の確認 【説明】

5. 観測体制の拡充方針 【審議】

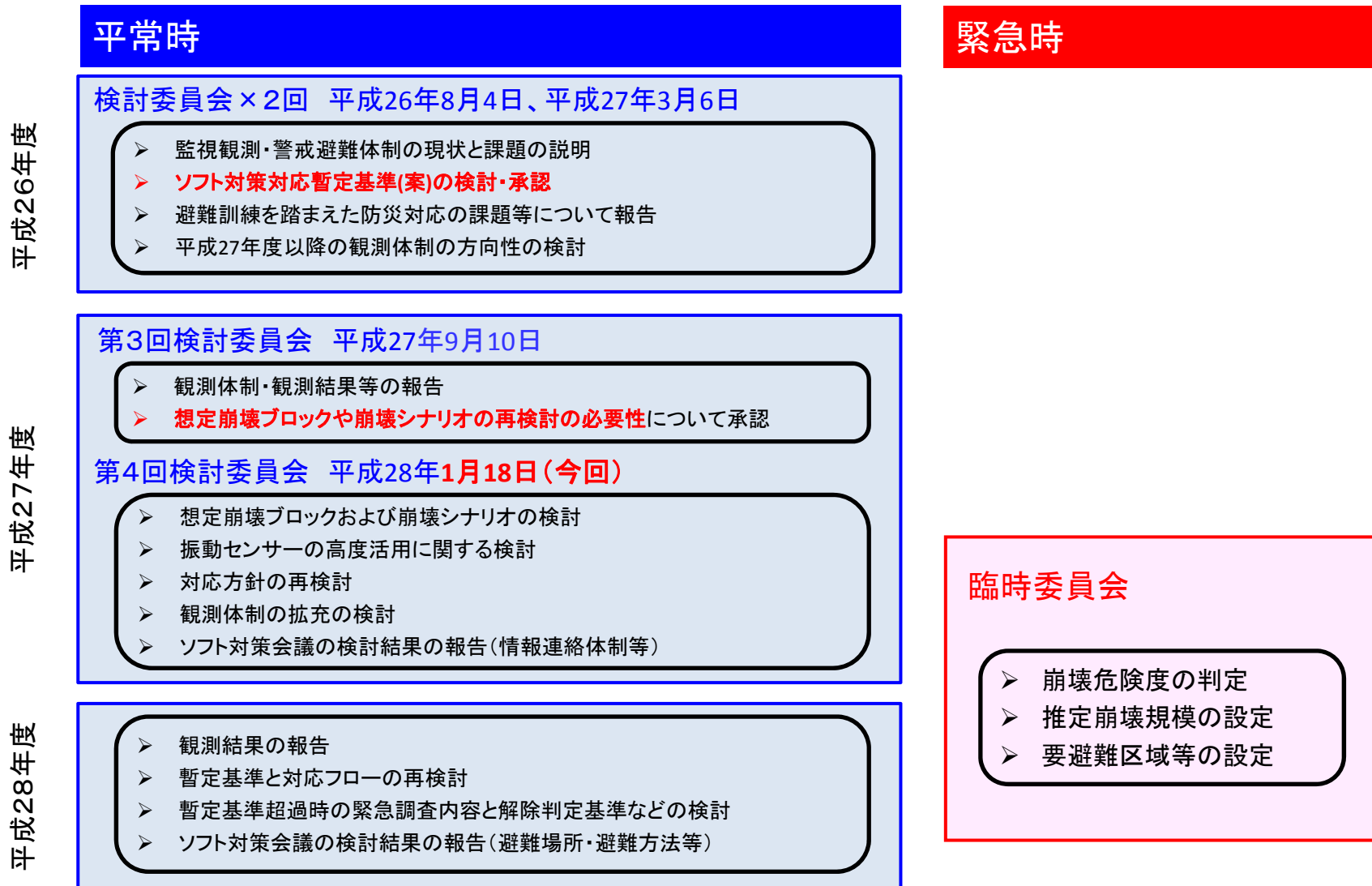
6. ソフト対策会議等からの報告 【説明】

7. 次回委員会の予定 【説明】

0. 前回委員会までの流れ

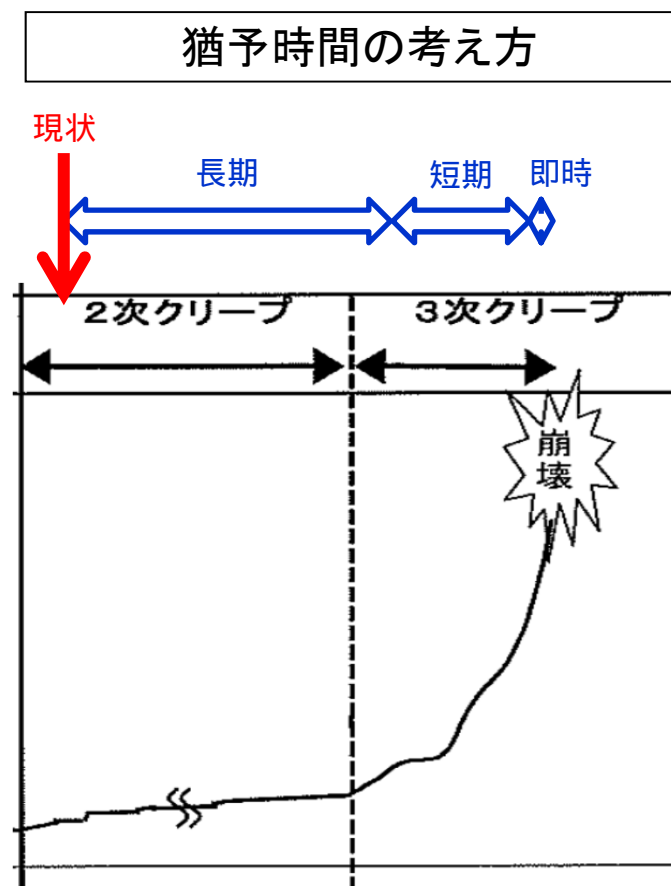
雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会の流れ

■スケジュール(予定)



〔確認〕第2回委員会で承認された暫定基準の区分

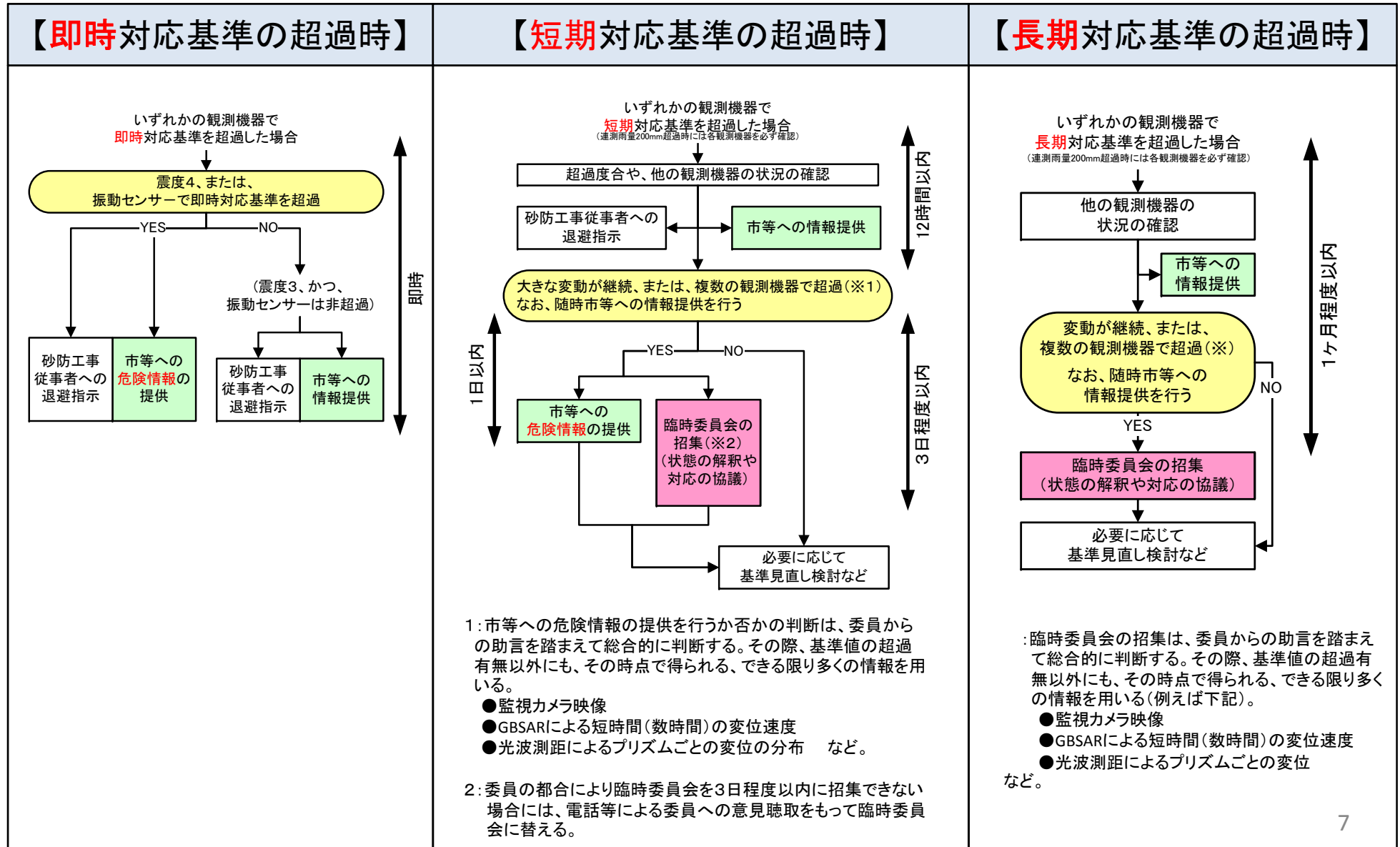
区分		対応方針
即時 対応基準	すでにローブ崩壊が開始したと考えられる。	即座に避難を促す。
短期 対応基準	数日程度以内にローブ崩壊が発生する可能性がある。	切迫度合に応じて、市等への危険情報の提供、臨時委員会の招集による対応協議などを行う。
長期 対応基準	ローブの挙動が変化し、崩壊までの猶予時間が早まった可能性がある。	必要に応じて臨時委員会を招集し、状態の解釈と対応を協議する。



[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2回委員会での主な指摘と対応

項目	指摘	対応
クリープ以外の破壊現象、前兆現象について	現在、クリープ現象を中心に考えているが、それ以外のシナリオも検討する必要がある。	岩盤崩壊とその前兆現象観測事例を調査した上で、想定崩壊シナリオを作成した。→第2章 P31
	クリープのように加速せずに、崩壊前兆として落石・小崩落が連続する可能性もある。それを振動センサーによって検知できないか検討すること。	振動センサーによって落石の増加を定量的に計測する手法を検討した。→第3章 P33～35
	ケース5ではクリープ的かもしれないが、ケース3では挙動が異なるかもしれない。崩壊のメカニズムや観測体制を検討する必要がある。	崩壊ブロック区分と崩壊形態を検討し、それに応じて観測体制を検討した。→第2章P25,31、第5章P39～40
	解除基準も検討する必要がある。	次回以降の委員会で報告予定。
防災体制について	基準と防災行動(例えば避難勧告や指示)との対応関係を、市との間ですり合わせておく必要がある。	溶岩ドーム崩壊ソフト対策会議で検討中。今後も引き続き検討する予定。→第6章 P44
	臨時委員会について、実務レベルの具体的な内容まで検討しておく必要がある。	次回以降の委員会で報告予定。
	臨時委員会招集の訓練なども検討すること。	次回以降の委員会で報告予定。

第3回委員会での主な指摘と対応

項目	指摘	対応
観測結果について	8月の土石流後の光波測距データを調べ、斜距離の縮小が一時的なものかどうかを確認すること。	ご指摘のとおり確認した結果、一時的なものであり、その後回復した。→第1章 P14
ブロック区分と想定シナリオについて	ヘリ写真からの地形判読、各種観測による挙動把握、既往検討による推定内部構造を総合して、ブロック区分と同時に予想される崩壊形態も検討する必要がある。	ご指摘のとおり、想定崩壊ブロック区分と崩壊形態を検討した。→第2章 P25
	航空レーザ計測差分や、衛星SARによる差分干渉解析の活用も検討すること。	ご指摘のとおり解析を行った。→第1章 P18～19
観測機器の配置計画について	観測機器によって、ケース3か5かという判定まで即時に行うことは、困難かもしれない。	振動センサーによる崩壊規模推定の可能性を検討したが、瞬時に演算を行うシステムの開発が課題である。→第3章 P33
情報伝達について	避難猶予時間が最短5分しかない中での情報提供方法も検討すべきである。	溶岩ドーム崩壊ソフト対策会議で検討中。 →第6章 P44
	24時間の観測体制が望ましい。	溶岩ドーム崩壊ソフト対策会議で検討中。 →第6章 P44
	みらい館を防災拠点として活用することも検討の価値がある。	溶岩ドーム崩壊ソフト対策会議で検討中。 →第6章 P44

1. 観測成果の報告

1.1 監視・観測体制の概要

1.2 平成27年の主な観測成果

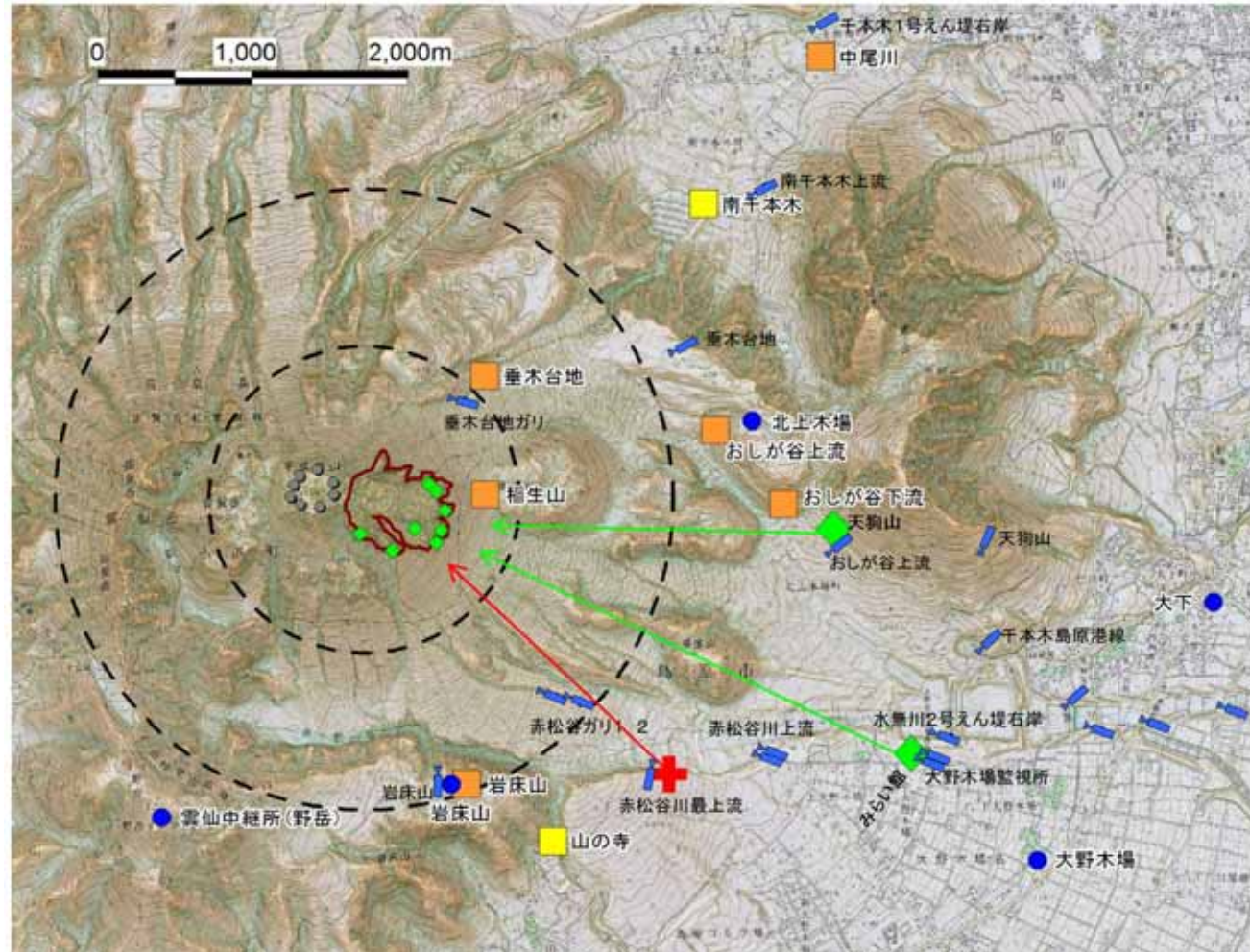
(1)光波測距 (2)GBSAR (3)振動センサー

1.3 長期的・面的な変動の解析結果

(1)航空レーザー計測による差分 (2)衛星SARによる差分

1.1 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



- 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。
 - GPS観測点 (九州大学・気象庁等)
 - ▶ 監視カメラ
 - 雨量計

従来稼動していた地震計のうち、気象台の山の寺・蘆谷は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	GPS	監視カメラ	雨量計
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	溶岩ドームの変位を計測する	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

[参考]平成27年に発生した大きな降雨・地震

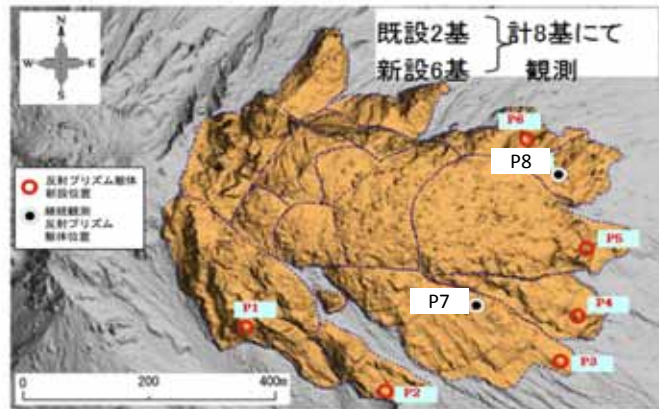
- 今年度の観測データを見る上で、下記のイベント時の挙動に留意する。

区分	大雨	大雨	地震
発生年月日	平成27年6月10日～12日	平成27年8月24日～26日	平成27年11月14日 5:51頃
規模	連続雨量:321mm (10日19時～12日0時) 最大時間雨量:62mm (11日11時～12時)	連続雨量:297mm (24日13時～26日11時) 最大時間雨量:115mm (25日5時～6時)	南島原市で震度3 島原市と雲仙市で震度2 震源は薩摩半島西方沖で 最大震度4
誘発された土砂移動等	土石流 堆積土砂量: 3.2万m ³ 発生時刻:11日11:15頃 下流集落への被害:なし	土石流 堆積土砂量: 4.3万m ³ 発生時刻:25日5～7時頃 下流集落への被害:なし	なし
ドーム挙動の変化 (光波測距およびGBSARによる)	光波、GBSARとも明瞭な変化は認められず。	光波、GBSARとも一時的に変位が認められたが、暫定基準は超過せず。	GBSARで一時的に暫定基準を超える変位が認められたが、その後は超過なし。

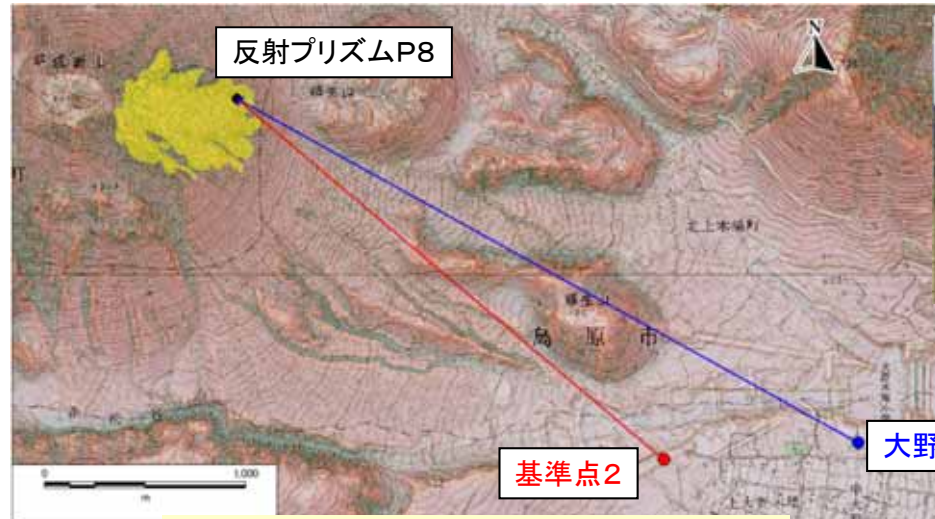
雨量観測局は気象庁の雲仙岳特別地域気象観測所。ここでいう最大時間雨量は、毎正時毎に観測された1時間降水量のうち、最大値をとったもの。

1.2 H27年の主な観測成果 —(1)光波測距

- 観測間隔は1時間毎で、測定精度は、±10～15mmである。
- 約18年半で約1.21mの変化量(6.5cm/年)。



反射プリズム設置位置



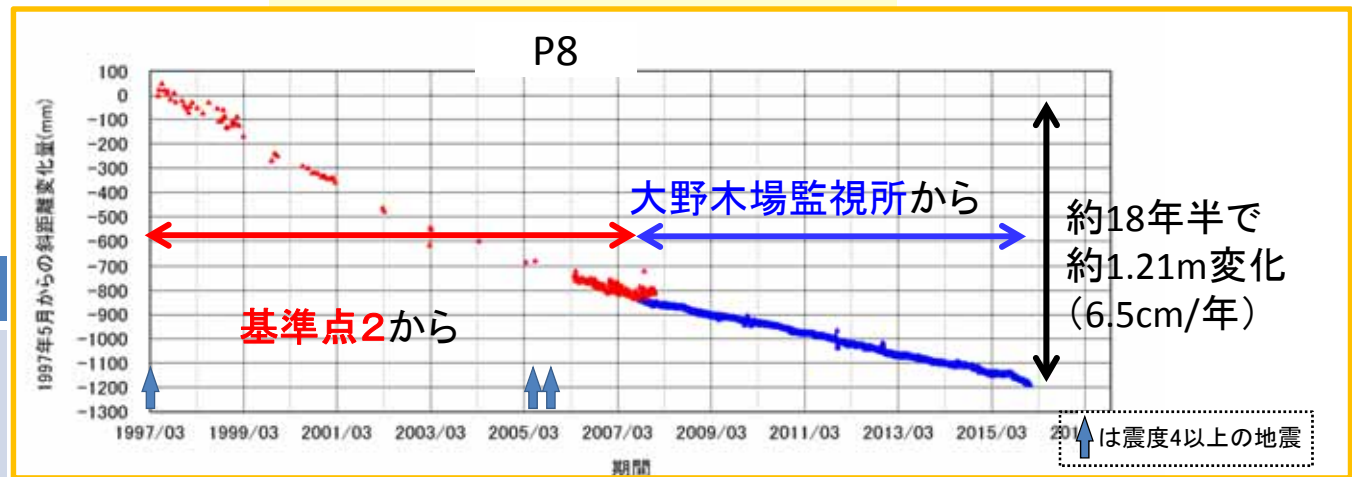
トータルステーション設置位置(観測基準点)



光波反射プリズム観測機器の設置(計8基)

■ 観測諸元

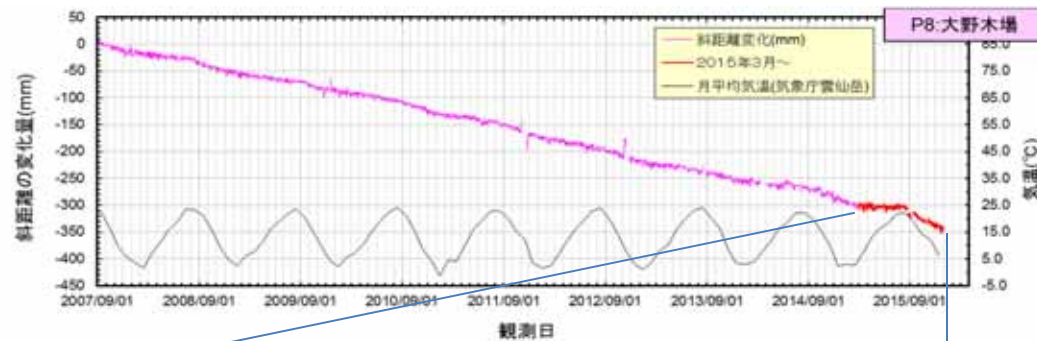
観測開始年月	観測間隔	位置、数量	測定精度
H9年(1997年)3月	1時間ごと	トータルステーション: 2箇所 (大野木場監視所、天狗山) 反射プリズム: 8箇所(ドーム上)	±10～15mm



斜距離の変化量

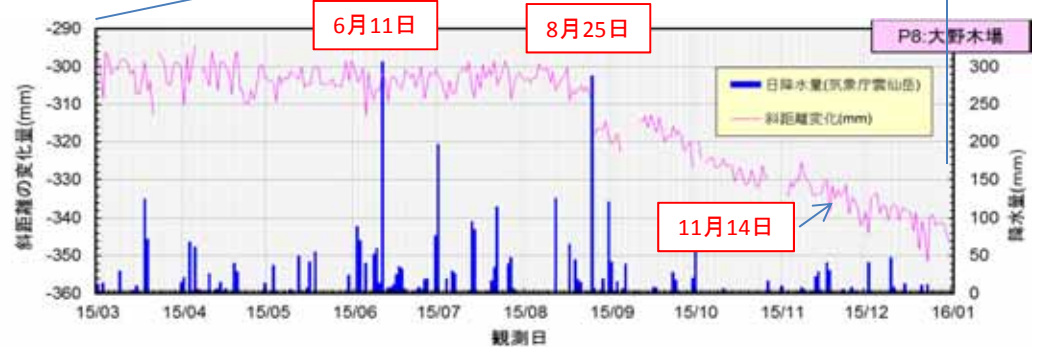
1.2 H27年の主な観測成果 —(1)光波測距

- 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。
- 2度の土石流発生時、11月の地震時も、大きな変化は認められなかった。



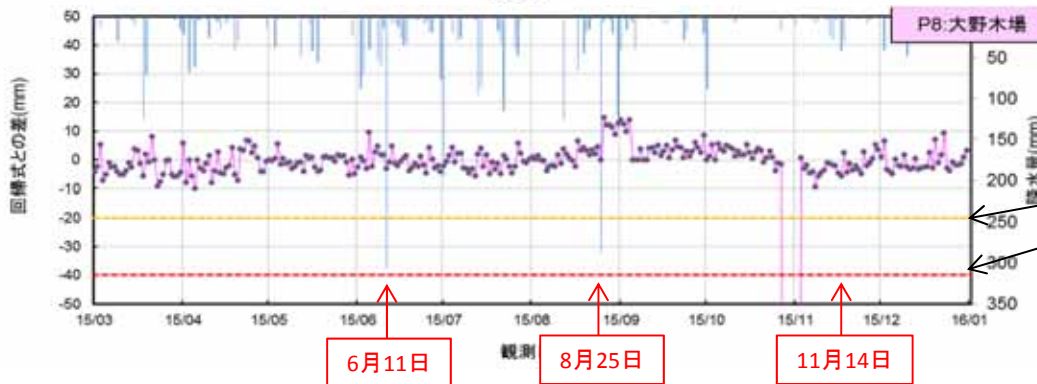
2007.9からの斜距離変化状況

全体傾向は、これまでの観測結果と調和的
8月以降の傾向は気温変動と近似する



2015.4からの斜距離変化状況

6月11日の土石流発生時に有意な変化は認められない
8月25日は約1cm程度の変化が認められる。同地点(P6)に対する天狗山方向からの観測では、同じ傾向が見られない。また数日後に元の傾向に回帰することから、観測誤差と考えられる。
11月14日の地震時も変化は認められない。



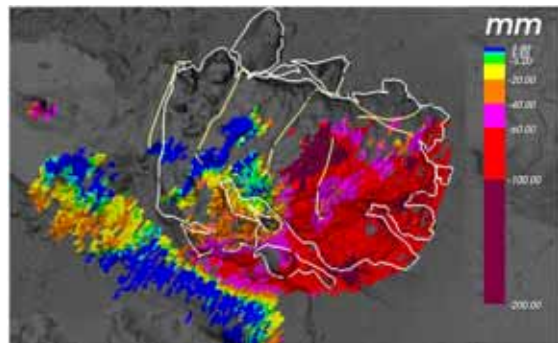
回帰式による判定

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

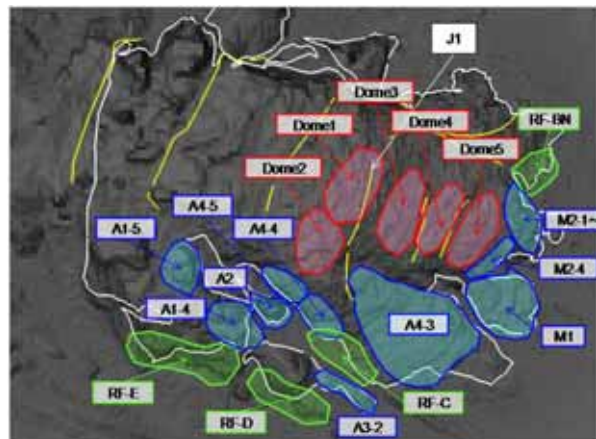
回帰式においても、土石流発生時、地震時に、基準値を超過する変化は見られなかった

1.2 H27年の主な観測成果 –(2)GBSAR

- 変位の大きい領域Dome1～5の変位速度は約2～5cm/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)でも同様である。

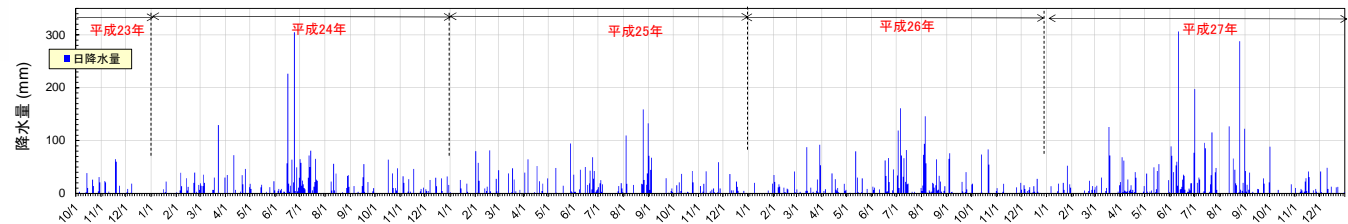
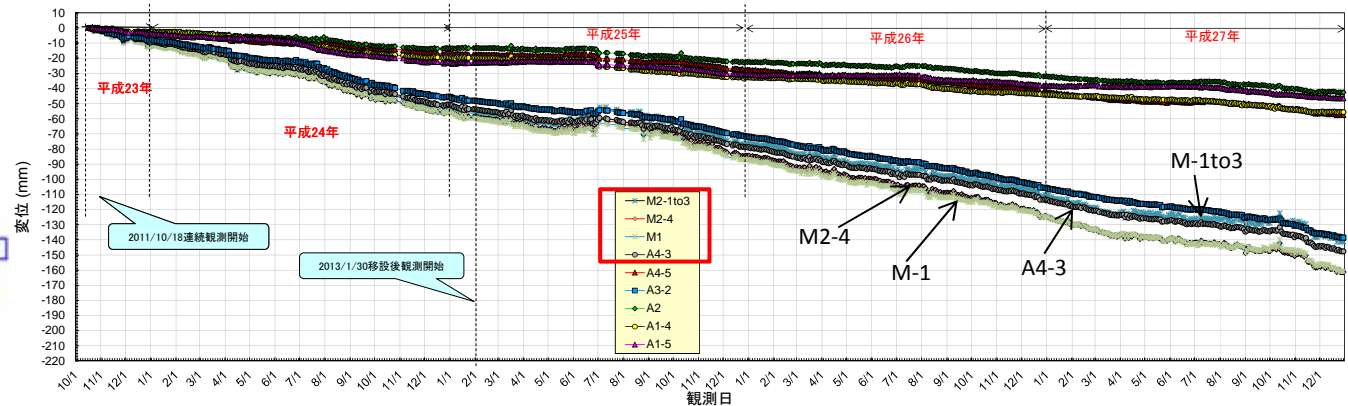
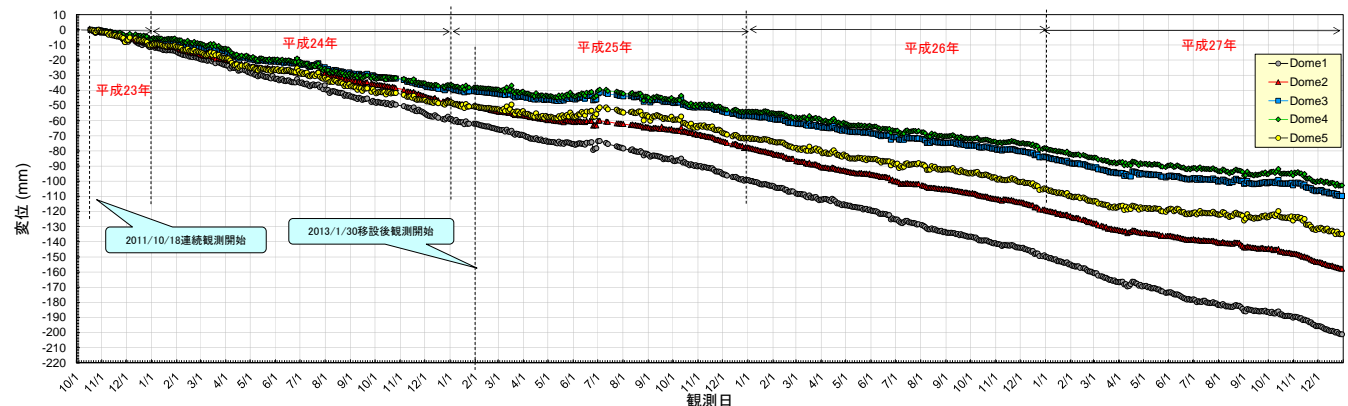


期間 2013/6/21～2015/12/31



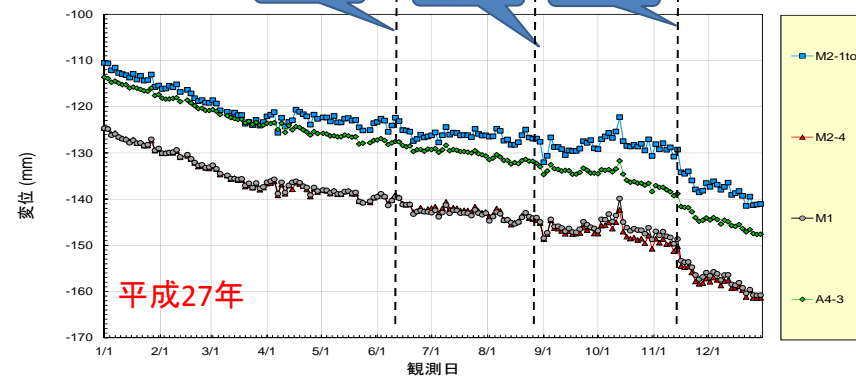
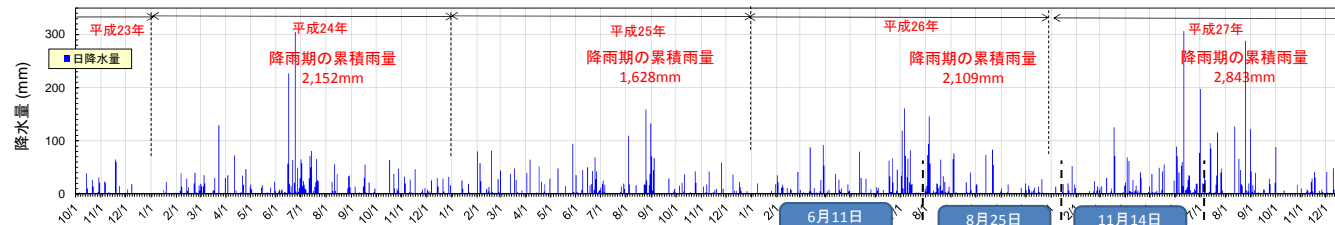
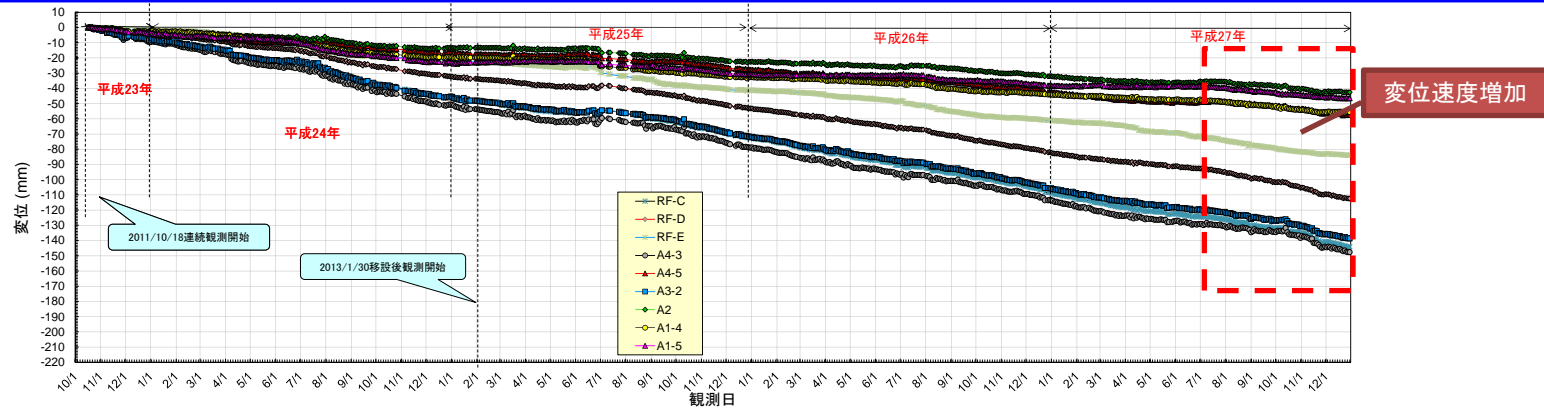
■ 観測諸元

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



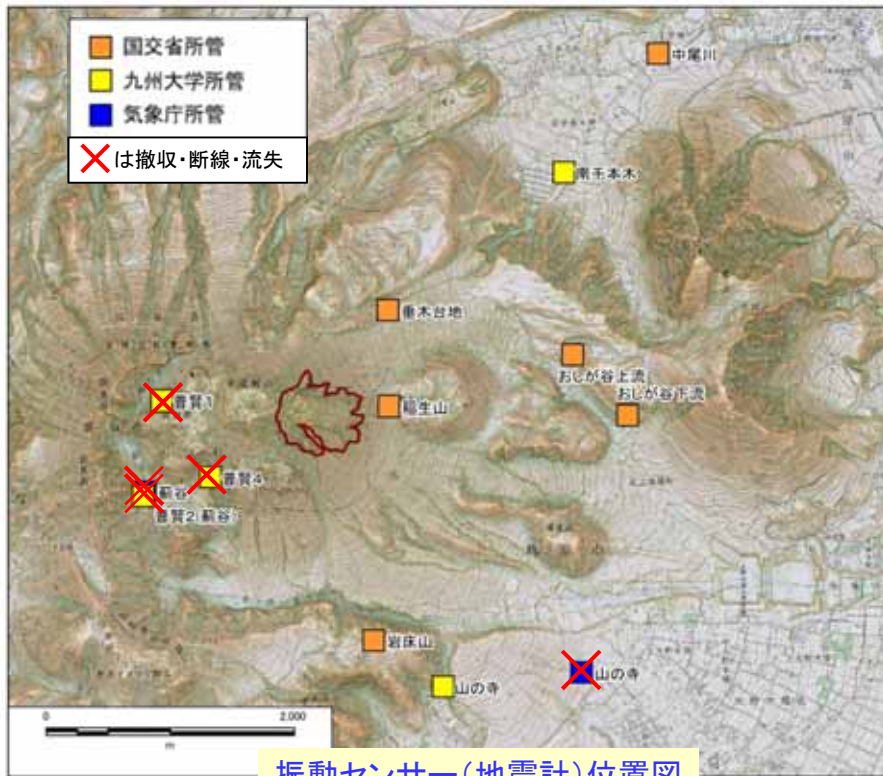
1.2 H27年度の主な観測成果 –(2)GBSAR

- 南西側のブロックで7月頃より変位速度の増加傾向が確認される。一因として降雨期(6/1~11/30)の累積雨量が平年より多いことが想定される。
- 11月14日に発生した地震直後、暫定基準の着目4領域のうちM2-1~3,M2-4,M1の3領域について、4mm/2dayをこえる変位が確認されたが、その後は基準を超える変位は確認されていない。

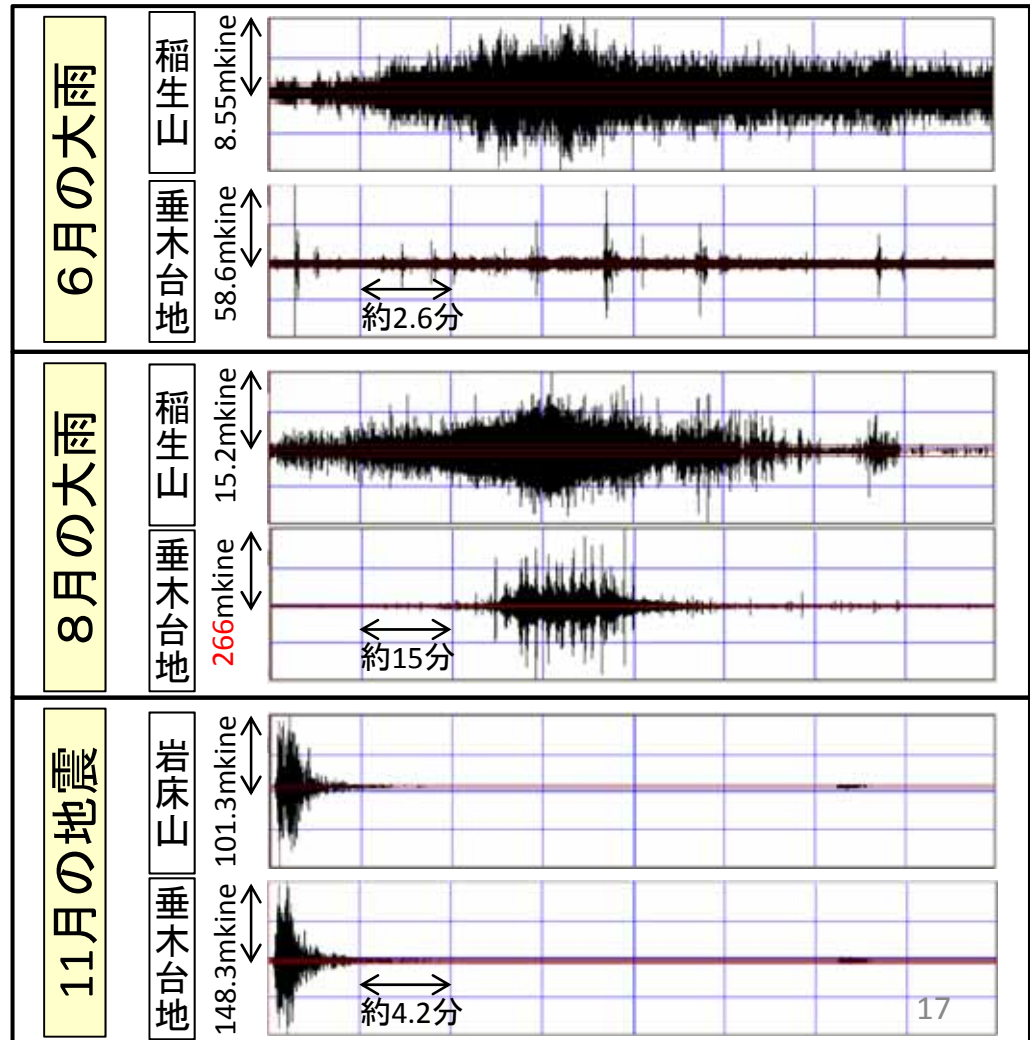


1.2 H27年の主な観測成果 —(3)振動センサー

- 6月と8月の大雨時には、土石流(紡錘状波形)や崩壊(パルス状波形)に対応する振動波形を記録。
- 大雨時に**最大266mkine**を記録。これは近傍の溪岸崩壊によると思われる。
【比較】昨年度設定された即時対応基準は「**複数箇所**で30秒・40mkine以上」なので、それは超過していない。



九州大学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
H5年(1993年)以降、順次	リアルタイム	国交省6箇所(7台) 九州大学2箇所	長周期: 7.5V/kine 短周期: 0.5V/kine

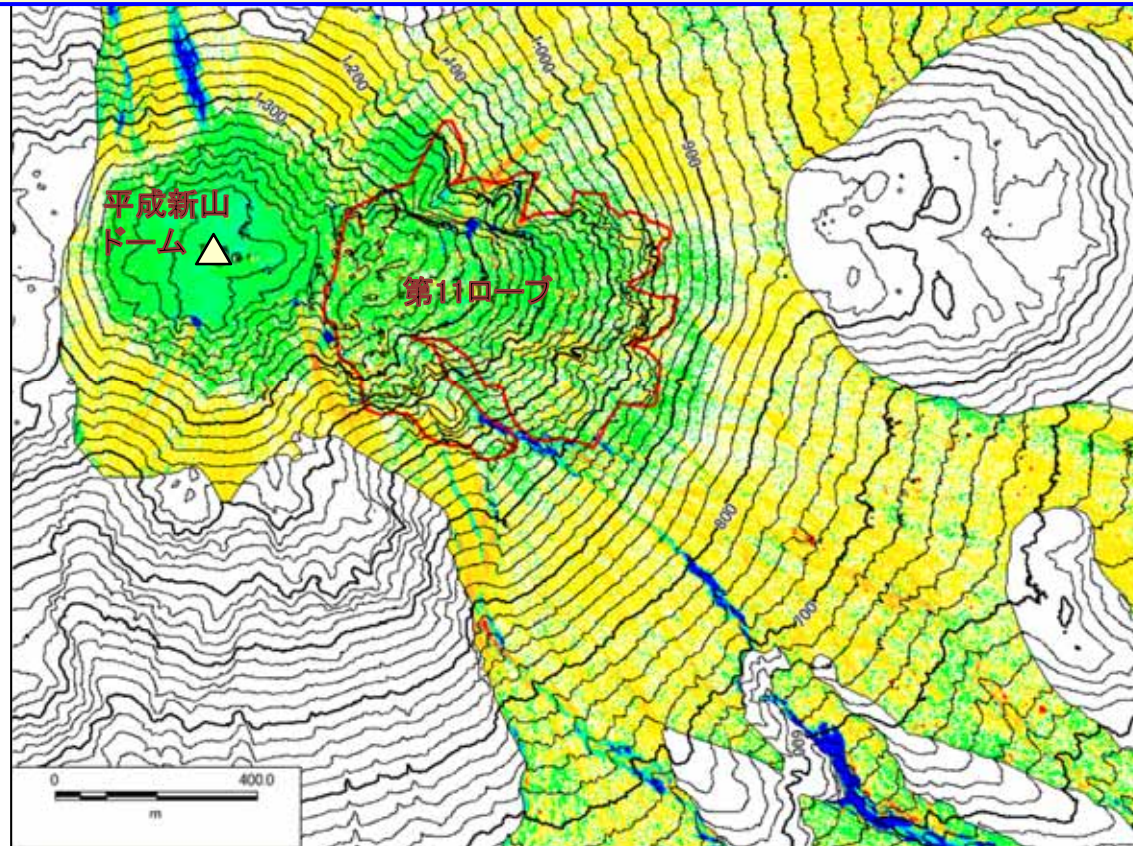


振動センサー(地震計)

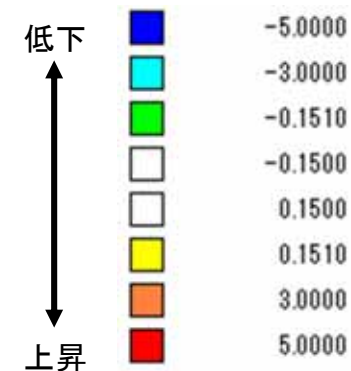
1.3 長期的・面的な変動の解析結果

—(1)航空レーザー計測データの標高差分

- 平成新山ドームと第11ローブ付近で標高低下 → **重い溶岩が上載しているため沈降と解釈。**
- その周辺で標高上昇 → 上部沈降に対応するはらみだし、及び、植生生育による計測誤差と解釈。
- 局部的に青い領域はガリー侵食や崩壊を表す。



標高差分値(単位:m)
※差分期間:H17年10月~H26年11月
(約9年)



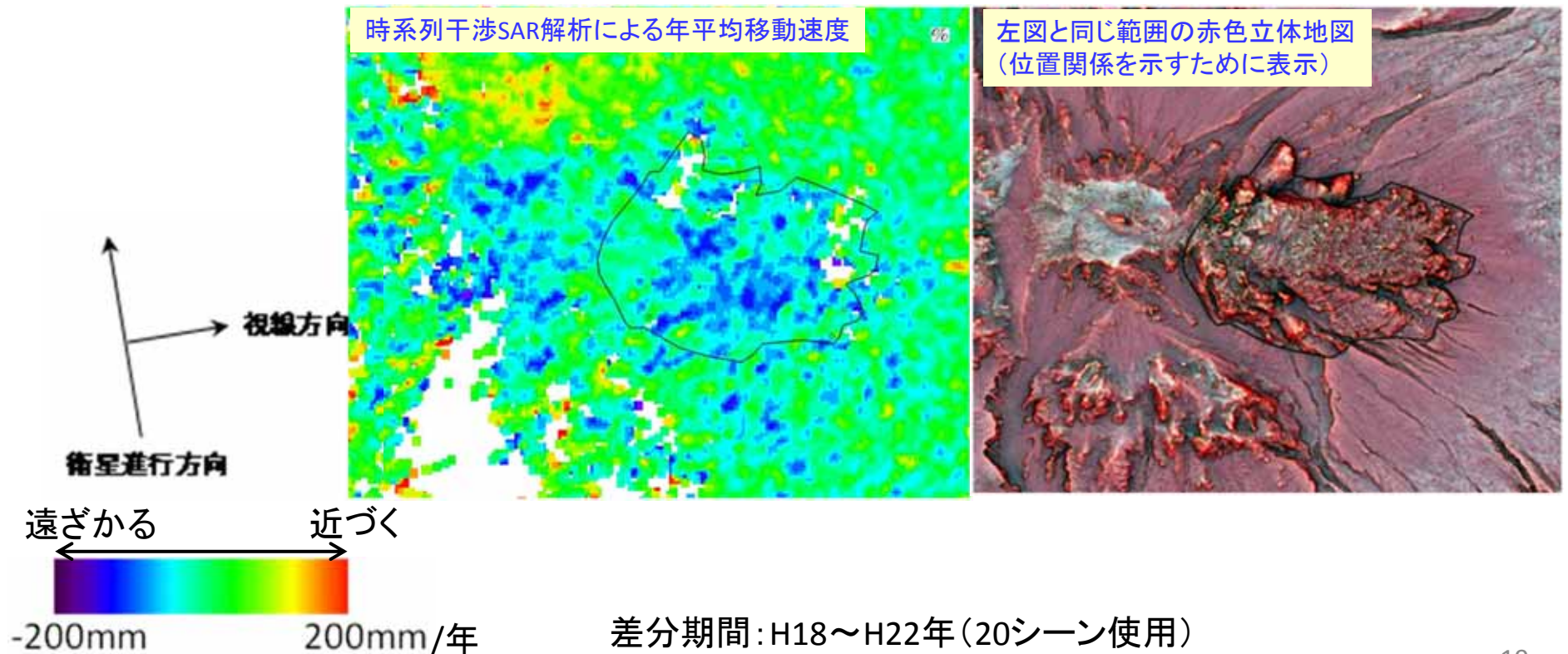
※ドームや火砕流堆積物に覆われていない範囲、及び非計測範囲は白抜き。

□ 第11ローブおよび第6~9ローブ

1.3 長期的・面的な変動の解析結果

－(2)衛星による時系列干渉SAR解析

- 衛星から見た視線方向での、地表面の移動距離を表す。
- 全体的に緑～黄色(近づく向き)が多く分布している中で、平成新山ドームと第11ローブ付近にだけ、青色(遠ざかる向き)が多く分布している。
→「東下方向きに年平均10cm程度、移動している」と解釈。



2. 想定崩壊ブロックとシナリオの検討

2.1 想定崩壊ブロックの検討方法



2.2 想定崩壊ブロックの検討結果



2.3 岩盤崩壊の前兆現象事例

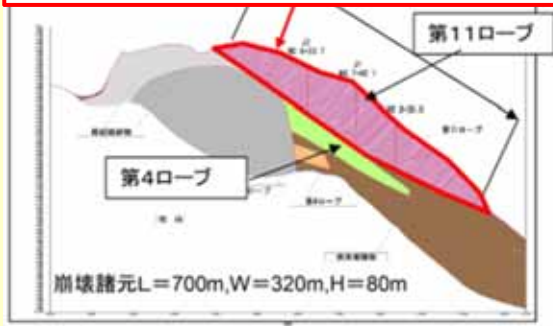


2.4 想定シナリオの検討結果

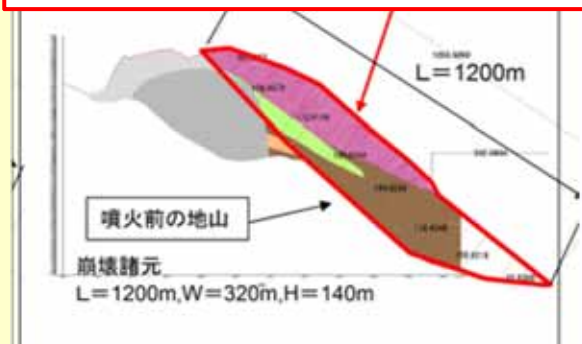
2.1 想定崩壊ブロックの検討方法-(1)概要

- 従来の「CASE1～CASE3」と「CASE5」の考え方を踏襲。
- それに新たな情報を加味してブロック区分を見直し。→具体的には次頁

CASE1～3では
第11ローブのみが崩壊



CASE4～5では、より下位の
ローブや火砕物も崩壊



従来のブロック区分
(CASE1～CASE5)

基本的な考え方は踏襲

新たな情報を追加

使用した調査成果

- ① ローブ形成過程(平成噴火中)における地形データ
- ② ヘリ近接写真からの表面地形や噴気等の詳細判読図
- ③ 各種観測データ(GBSAR、光波測距、航空レーザ等)
- ④ 空中物理探査結果

新たなブロック区分

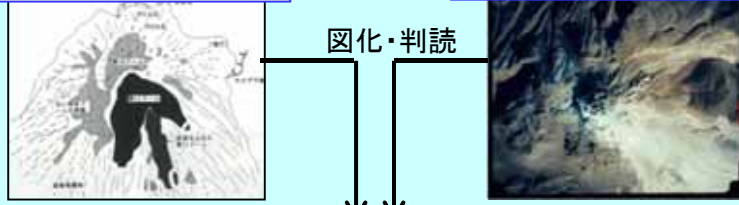
2.1 想定崩壊ブロックの検討方法-(2) 使用した資料

● 「新たな情報」として使用した調査結果は下記のとおり。(次頁に続く)

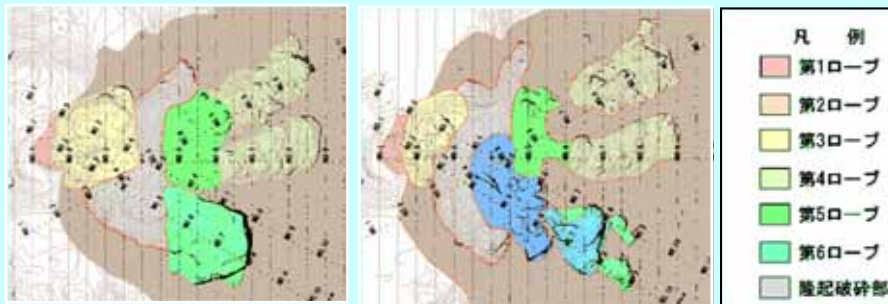
① ロープ形成過程(平成噴火中)における地形データ

ヘリコプターからのスケッチ
(東大・中田教授による)

空中写真
(航空会社自主撮影を含む)

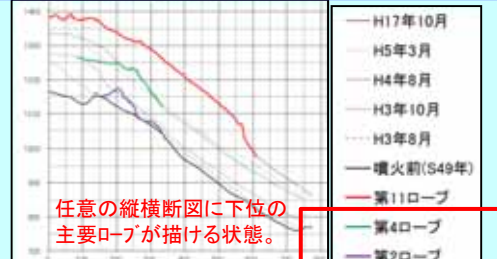


いくつかの時点の地形図とロープ区分



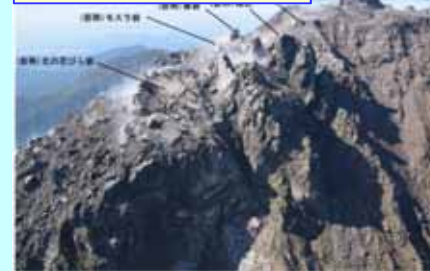
↓ 各時期のロープ表面を接合・加工

現時点で第11ロープの下位に残存している主要ロープの地形データ



② ヘリ近接写真からの 表面地形や噴気等の 詳細判読図

ヘリコプター近接写真

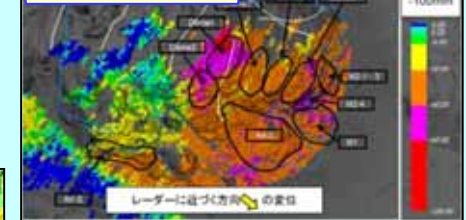


詳細判読図

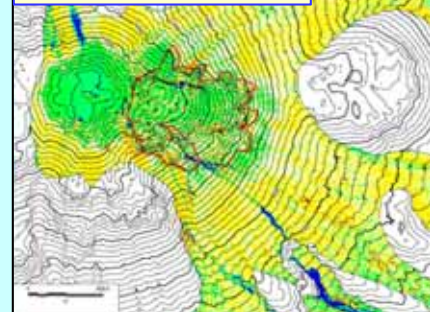


③ 各種観測データ

GBSAR(前出)



航空レーザ計測(前出)



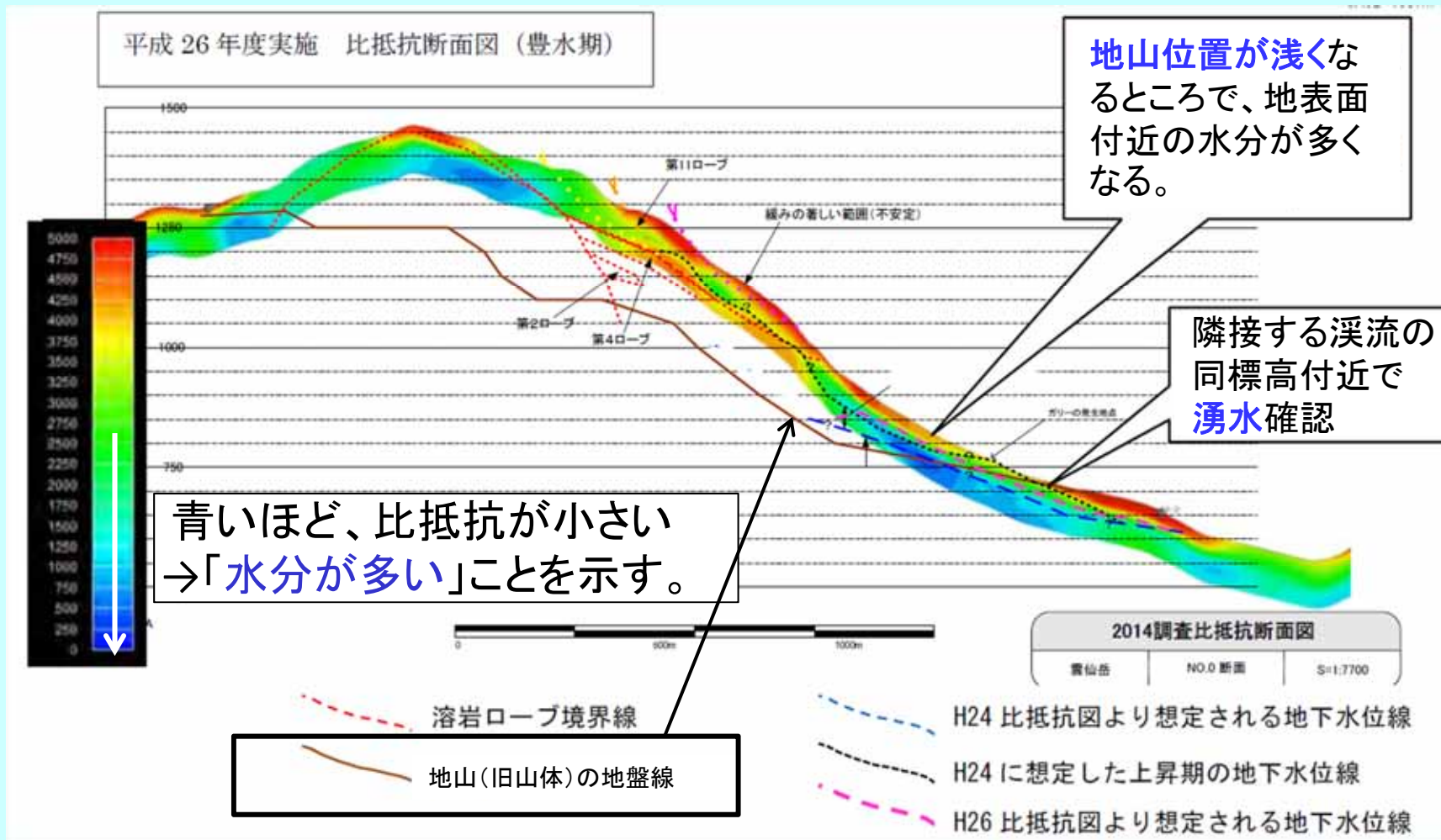
光波測距



2.1 想定崩壊ブロックの検討方法-(2) 使用した資料(続き)

- 「新たな情報」として使用した調査結果は下記のとおり。(前頁の続き)

④ 空中物理探査結果



2.1 想定崩壊ブロックの検討方法－(3) 範囲設定の考え方

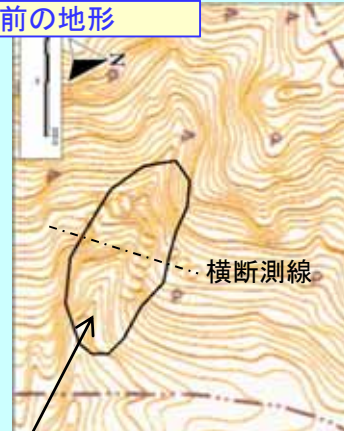
- 想定崩壊ブロックの範囲設定に当たっては、下記の地形・地質等に着目した。

① 下位の火砕物堆積厚が変化する場合

現在の地形



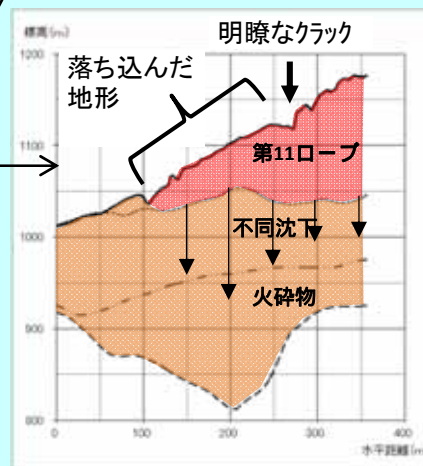
噴火前の地形



- 第11ロープの向かって左端部(黒枠範囲)は、それより右と明瞭なクラック(黄色破線)で区切られ、落ち込んだ地形になっている。
- その場所の噴火前の地形を見ると、水無川本川の深くなった場所であることがわかる。
- 横断図を描くと、噴火前の地形変化点＝火砕物堆積厚の変化点にクラックが入っていることがわかる。

→火砕物堆積厚の差による不同沈下が原因であると考えられる。

→今後も火砕物堆積厚が変化する場合で、不同沈下により上部岩盤が破壊しやすと考えられる。



② 噴気や岩溝・傾斜変換線

- 噴気: 岩盤内の亀裂や孔隙が多い状態が深部まで続いている。
- 岩溝: 岩盤内部のクラックが地表に現れたものである可能性がある。そうでなくとも、岩盤の厚さが薄くなっている。
- 傾斜変換線: すべりや変形の境界部を表している可能性がある。



→いずれも弱部となりうる。

③ 地山と新しい火砕物の境界

空中物理探査や溪流調査の結果、「新しい火砕物に対して地山が難透水性であるため、両者の境界に地下水や渓流水が集中し、侵食が発生しやすい」ことがわかっている。

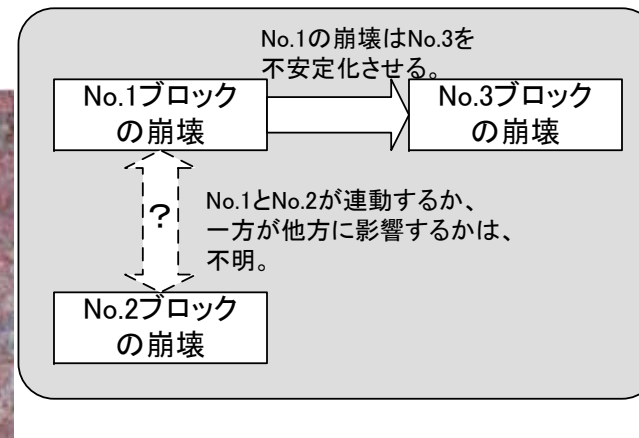
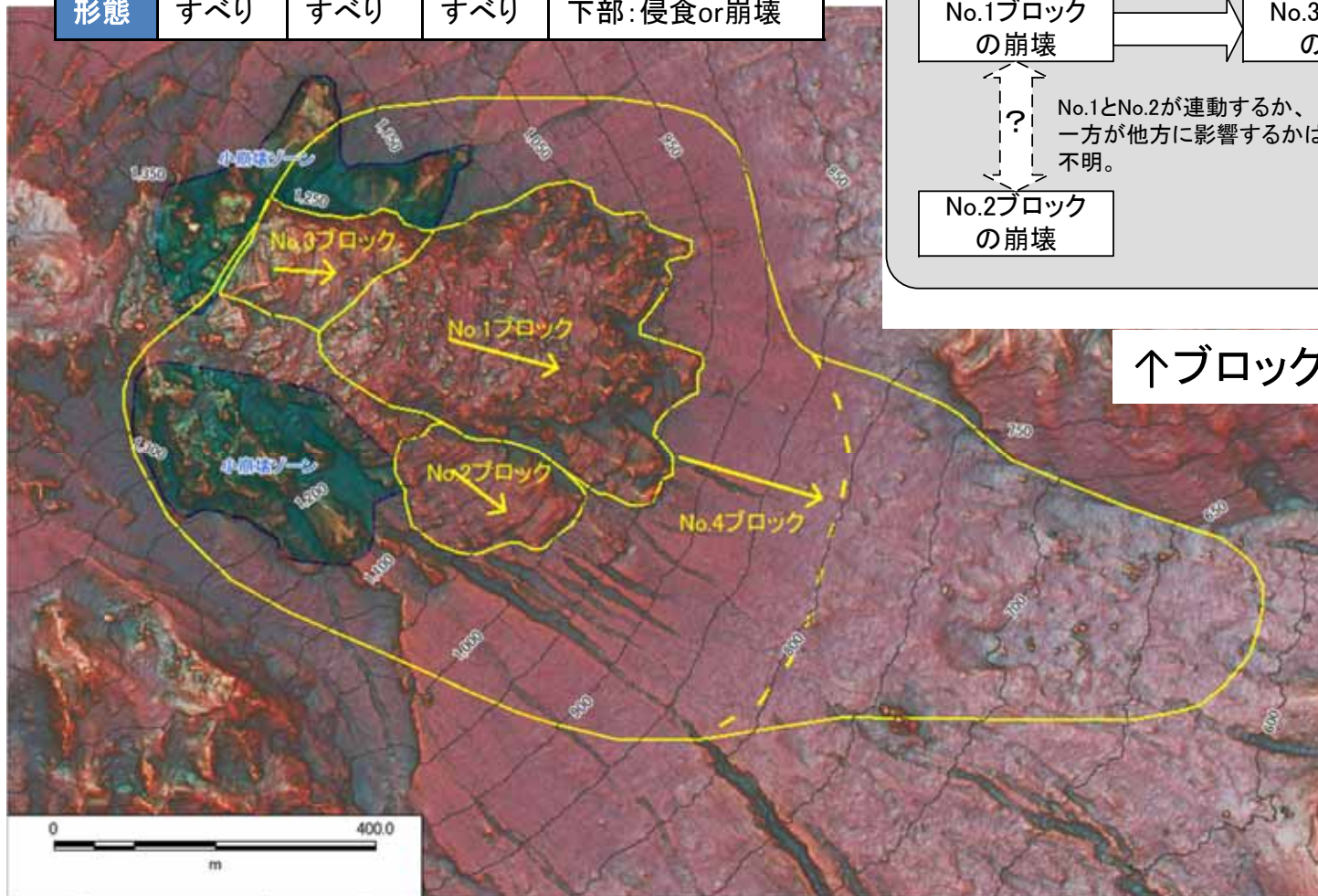
→両者の境界の地下水により、すべり面が形成されやすいと考えられる。



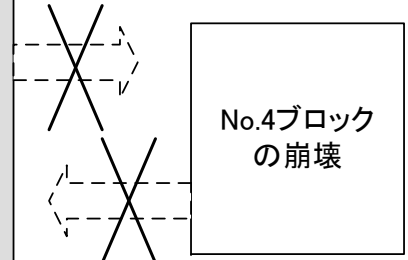
2.2 想定崩壊ブロックの検討結果－全体図

- 下図の4つのブロックを想定した。

	No.1	No.3	No.2	No.4
崩壊形態	円弧すべり	平面すべり	円弧すべり	上部:円弧すべり 下部:侵食or崩壊



No.1～No.3が崩壊すると、No.4は安定の方向に向かう（頭部の上載荷重が減るため）。

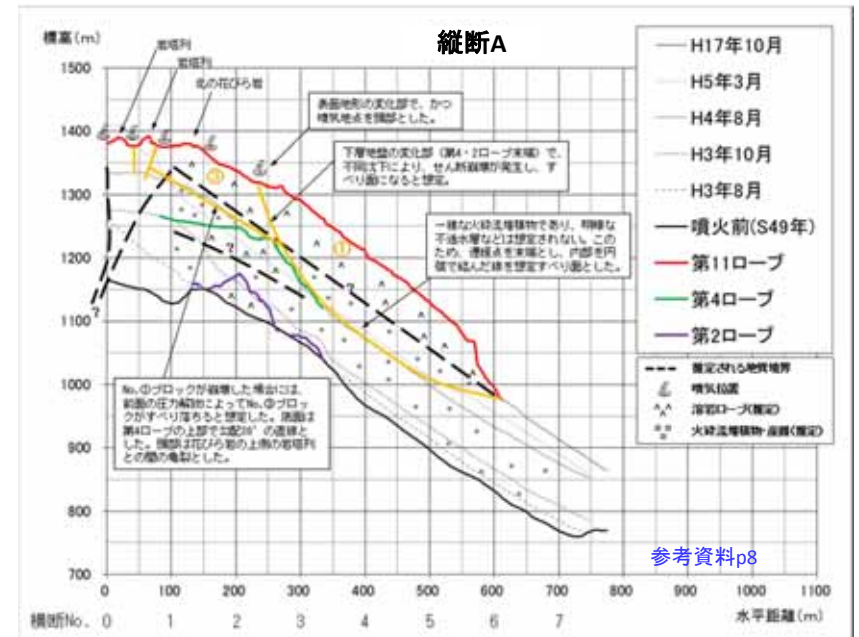
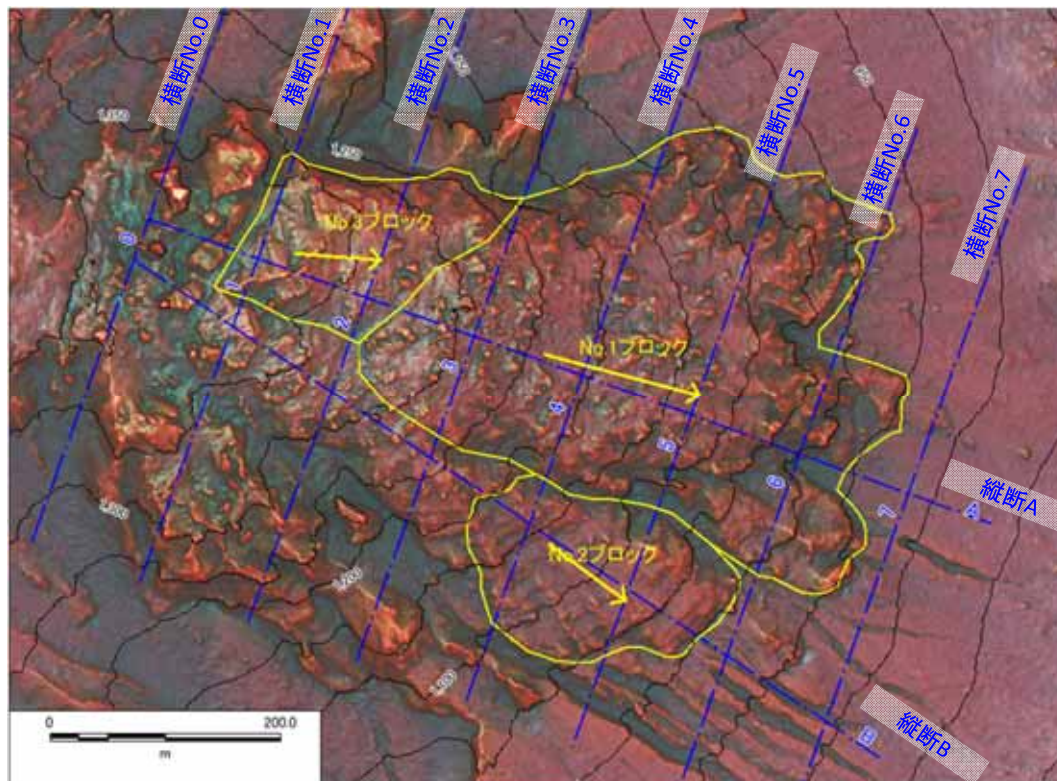


No.4はNo.1～No.3を内包しているため、No.4が崩壊した時点でNo.1～No.3は消失しており、それ以上の崩壊はない。

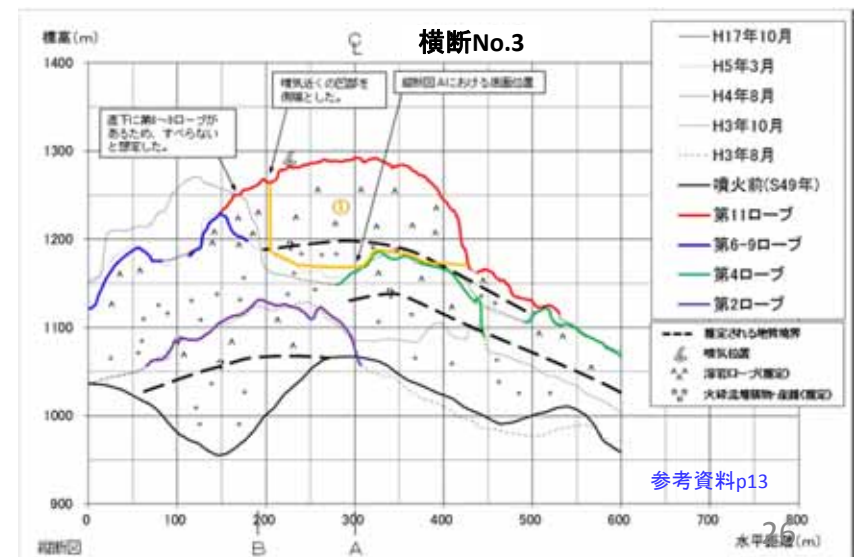
↑ブロック間の相互関係

2.2 想定崩壊ブロックの検討結果一例その1

- No.1～No.3のブロック区分と縦横断図の例を示す。
- No.1とNo.2は、火砕物堆積厚の差による不同沈下によって頭部が破断すると想定。
- No.3は、脚部＝No.1が消失した場合に上部岩盤だけすべり落ちると想定。



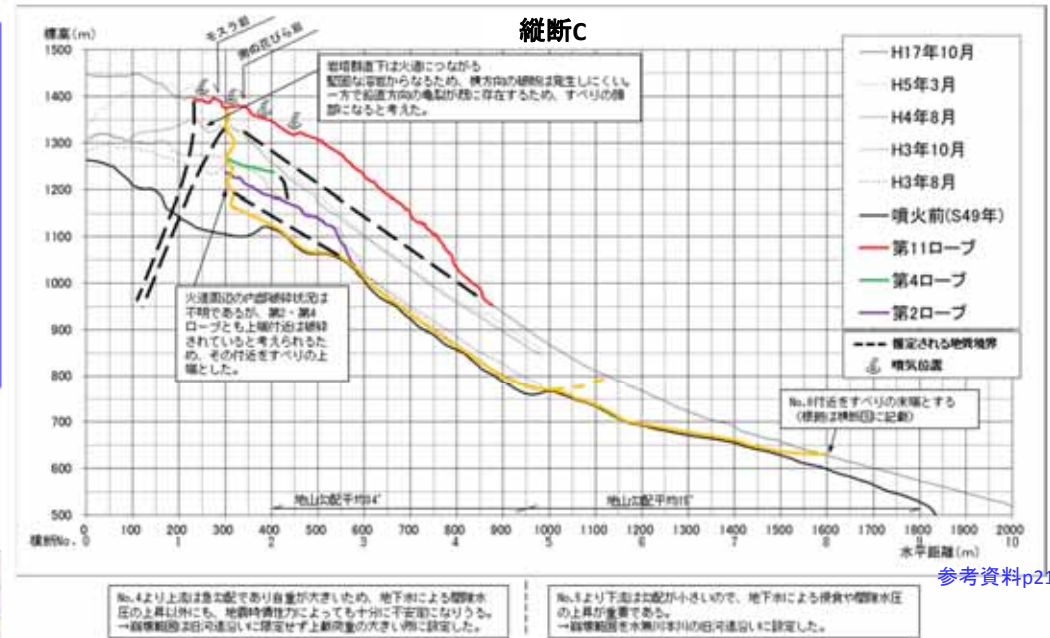
参考資料p8



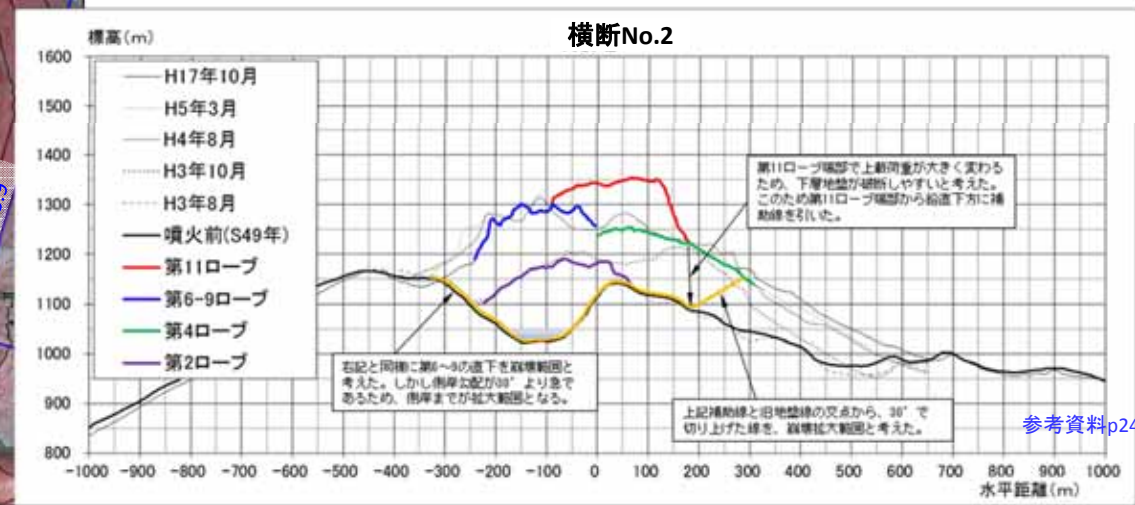
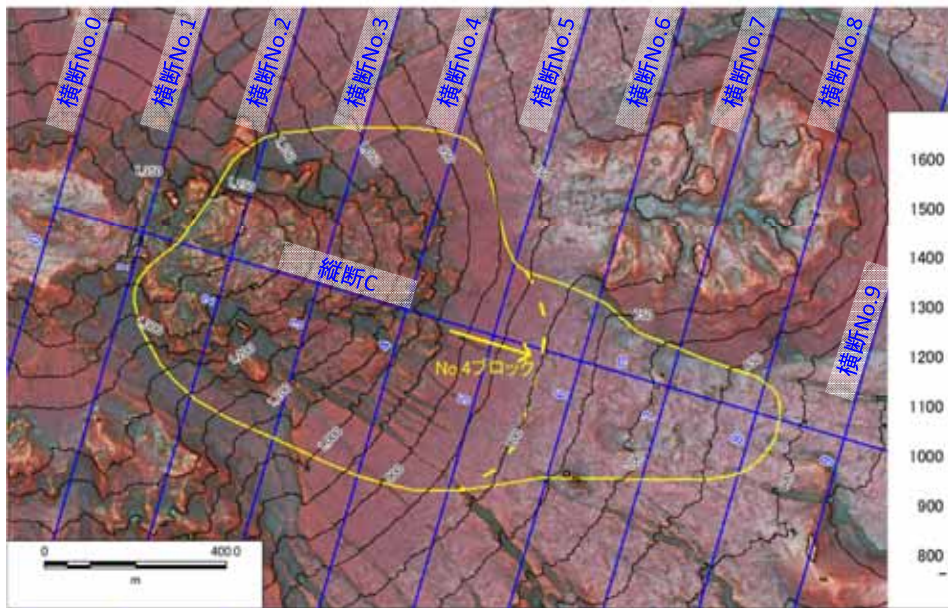
参考資料p13

2.2 想定崩壊ブロックの検討結果一例その2

- No.4のブロックのブロック区分と縦横断図の例を示す。
- 地山上の地下水が崩壊の要因になると想定。
- 上部では円弧すべり、下部では侵食を想定。



参考資料p21



参考資料p24

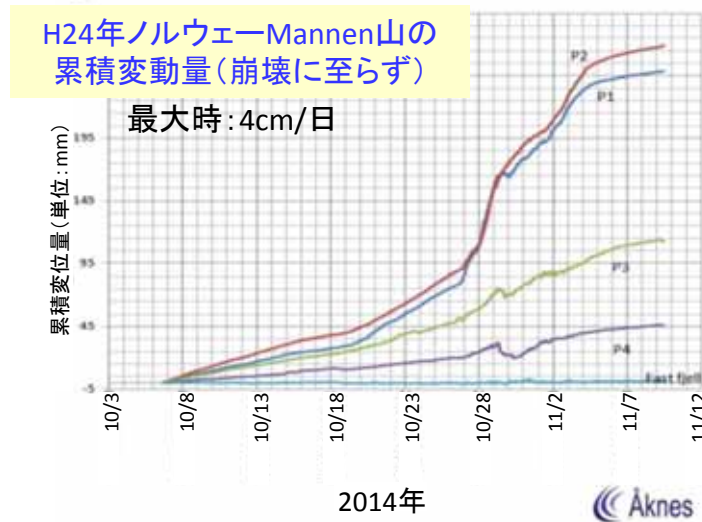
2.3 岩盤崩壊の前兆現象事例

- 崩壊までの時系列シナリオの参考とするため、岩盤崩壊の事例を調査した。
- 落石・変位・傾斜等の前兆現象が、**短期的な加速・減速を繰り返しながら長期的には加速した例が多い。ただし突発的な崩壊事例もある。**
- **開口亀裂が事前に存在することが重要と示されている。**

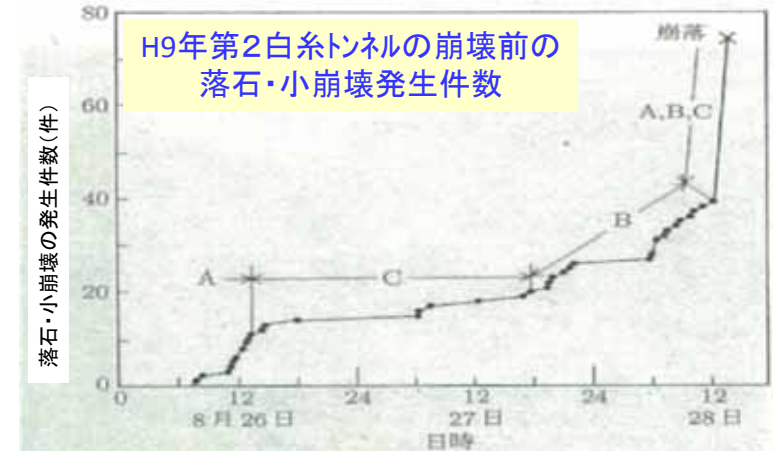
	H9年 第2白糸トンネル	H11年 天鳥橋	H8年 豊浜トンネル	H26年 ノルウェー	その他4事例
発生地	北海道後志支庁島牧村	和歌山県西牟婁郡すさみ町	北海道後志支庁古平町	西部ノルウェー	海外(中国、英国等)
発生日	H9年8月25日、及び28日。	H11年2月27日、及び3月15日	H8年2月10日	未発生(前兆段階)	不明
地形	海食崖	海食崖	海食崖	台地側部の侵食崖	道路脇切土のり面、石切場、海食崖等
地質	下位からシルト岩、水冷破碎岩(これが崩壊主部)、火山円礫層。	四万十帯の古第三紀系硬質塊状砂岩。	新第三紀の輝石安山岩質水冷破碎岩。内部に角礫凝灰岩質砂岩を挟在。	不明	不明
崩壊形態	1回目は不明、2回目はすべり。	転倒。	崩落。	すべり。	すべり、及び転倒。
崩壊体積	1回目は約20,000m ³ 、2回目は約3,800m ³ 。	数百m ³ オーダー	11,000m ³ 。	およそ12万m ³ オーダー(予測)	数千~数万m ³ オーダー(推察)
観測・研究による知見など	<ul style="list-style-type: none"> ● 落石・小崩落発生件数(数日間)の時系列グラフあり。→次頁 ● 加速・減速を繰り返しながら長期的に加速し、崩壊に至った。 ● 約6ヶ月前の時点で開口亀裂が存在し、そこが崩壊面となった。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 伸縮・傾斜(2年間)、落石個数(5ヶ月間)、AEイベント(数時間)の時系列グラフあり。→次頁 ● 加速・減速を繰り返しながら長期的に加速し、崩壊に至った。 	<ul style="list-style-type: none"> ● ほとんど前兆が認識されない突発的な崩壊であった。 ● 主要因は、地表の凍結による不連続面内の間隙水圧の上昇である。 ● 事前に不連続面が存在したことが、崩壊の必要条件。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 変位(約1ヶ月間)の時系列グラフあり。→次頁 ● 加速・減速を繰り返しながら長期的に加速。 ● しかし最新データでは大きく減速し、崩壊には至らず。 ● 岩盤崩壊の予測の難しさをよく示している。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 動画のみで、定量的なデータなし。 ● いずれの動画においても、崩壊発生前に落石や小崩落が増加しているのが、目視で見取れる。

2.3 岩盤崩壊の前兆現象事例

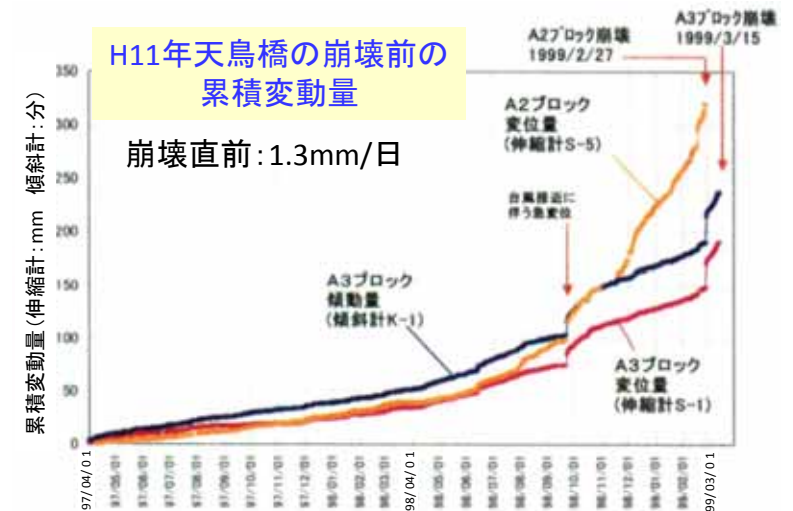
- 長期的には加速傾向だが、短期的に加速・減速を繰り返し、理想的な3次クリープ曲線にはならない。
- 天鳥橋(右下)ではリアルタイムに、短期的な加速の度に崩壊時刻の予測を行った。
→なかなか的中しなかった。
- Mannen山(左下)では住民避難や鉄道停止等の措置が取られた(少なくとも10/31より前)。
→11/12時点で崩壊せず、むしろ変位が減速。
- 発生日時の予測は困難だが、**観測しておけば何らかの前兆が得られることが多い。**



出典: <http://blogs.agu.org/landslideblog/2014/11/12/mannen-landslide-latest-status-report/>



出典: 神尾ら(1997), 国道229号第2白糸トンネルにおける岩盤崩落, 土木技術資料39-11



出典: 門間ら(2002), 岩盤崩壊モニタリング箇所での転倒崩壊に至るまでの変位挙動の計測例, 地すべり39-1

2.4 想定シナリオの検討結果－前兆現象

- ブロックごとに、前兆現象を想定した。
- 下記の観点から、それぞれの前兆現象の「重要度」をA～Dに区分した。
 - 崩壊が発生する前に、その前兆が確実に発生するか？
 - その前兆が見られたら、崩壊に至る危険性が高いのか？

■ 想定される前兆現象 (No.4ブロックの例)

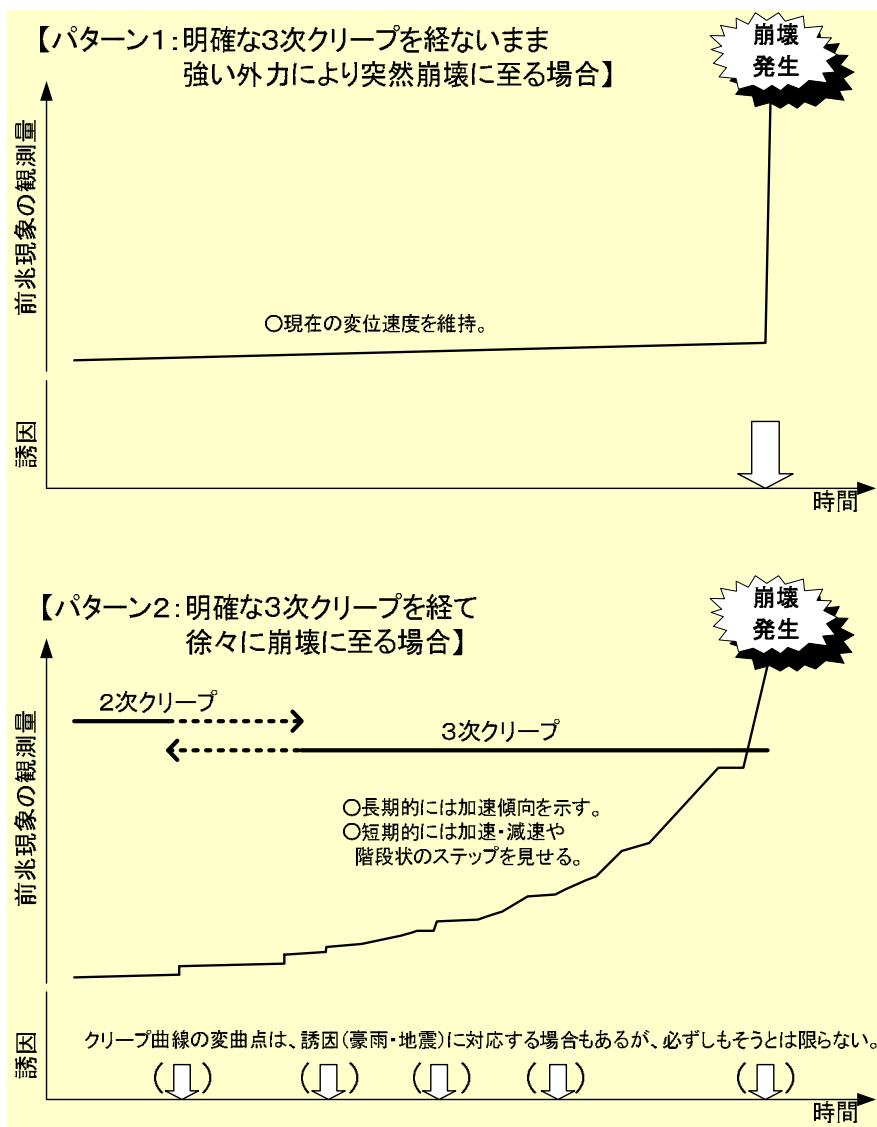


■ 前兆現象の重要度

		崩壊が発生する前に その前兆が見られる確度	
		(相対的に) 高い	(相対的に) 低い
その前兆が 見られた 場合に 崩壊に至る 危険性	(相対的に) 高い	A	B
	(相対的に) 低い	C	D

2.4 想定シナリオの検討結果—時系列推移

- 明確な3次クリープが見られる場合と、そうでない場合の2パターンを想定。



■ 左図縦軸の「前兆現象」

前兆現象	頭部の開口亀裂	頭部沈下	噴気の増加や新規発生	末端隆起、せり出し	落石・小崩落の増加	ローブ表面の変形
	観測量	開口幅	沈下量、傾斜量	隆起量、変位量	振動波形による回数や規模	時期間の標高差分値
ブロックNo.						
No.1	A	A	C	B	B	D
No.2	A	A	-	B	B	D
No.3	A	-	C	-	B	D
No.4	A	A	C	C	B	D

A～Dは重要度(前頁参照)

■ 左図縦軸の「誘因」

= 豪雨または地震
(両者が重なった時は特に危険)

⇒ 以上を元に観測体制等を検討していく。

3. 振動センサーの高度活用検討

3.1 検討概要

3.2 崩壊体積の推定

3.3 落石・小崩落の検知

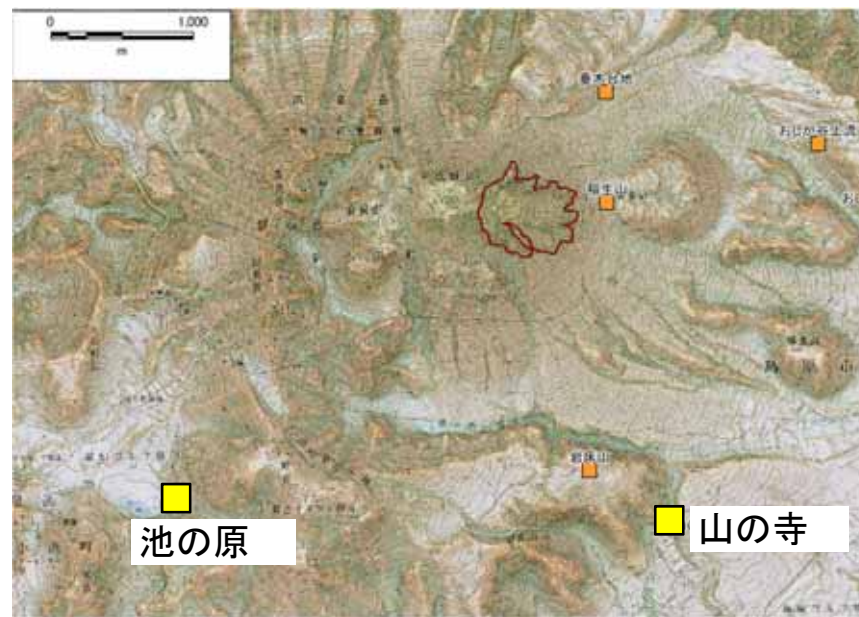
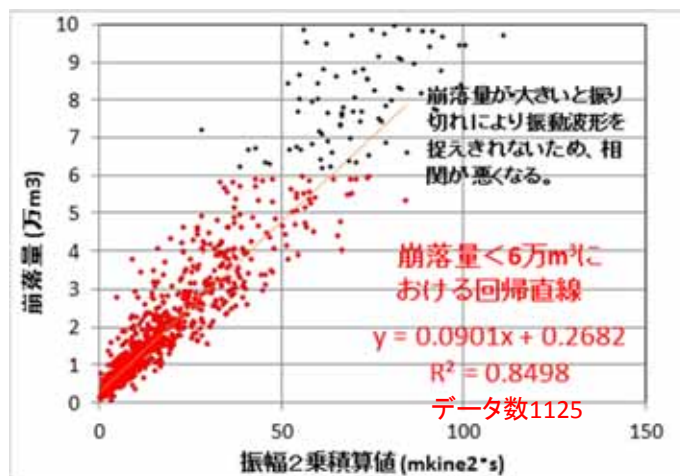
3.1 検討概要

項目	(1)崩壊体積の推定	(2)落石・小崩落の検知
背景	第2回委員会で承認された即時対応の暫定基準値(40mkine×30秒)は崩壊規模との関係から設定されたものでなく、安全側の設定となっている。	崩壊発生直前の前兆現象として、落石・小崩落が増加すると想定される。
目的	振動センサー波形から崩壊体積を推定し、保全対象に被害を及ぼす規模と想定されるレベルを 即時 対応の暫定基準値とする。	前兆現象としての落石・小崩落の回数等を検知し、 短期 対応の暫定基準値とする。
検討方法	実績振動データを用いて、過去(平成噴火およびその後)の崩壊規模との相関を調べる。	実績振動データを用いて、過去の小規模な崩壊や落石を検知できるか等を調べる。
検討結果	6万m ³ 程度以下については、 振幅2乗積算値による崩壊体積推定式が作成可能 。	平成3年6月3日と8日の大火砕流発生前には、 単位時間あたりの振幅2乗積算値が急増 していた。
実用化に向けた課題	<ul style="list-style-type: none"> 大規模崩壊時に振り切れない振動センサーの設置。 振幅2乗積算～崩壊体積推定の演算をリアルタイムに行うシステムの導入。 	<ul style="list-style-type: none"> 振幅2乗積算～その時間変化の演算をリアルタイムに行うシステムの導入。

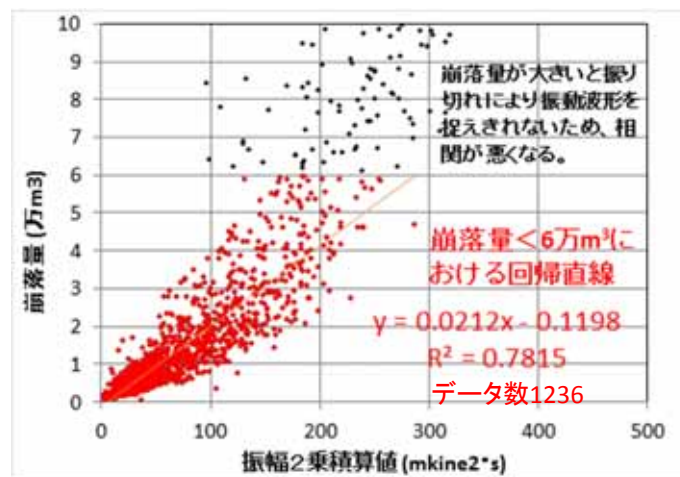
3.2 崩壊体積の推定

- 九大の「山の寺」「池の原」観測点において、初期60秒間の振幅2乗積算値と崩落体積の相関が見られた。→ **体積推定式の作成が可能。** 使用データ:平成4年9月～平成6年12月

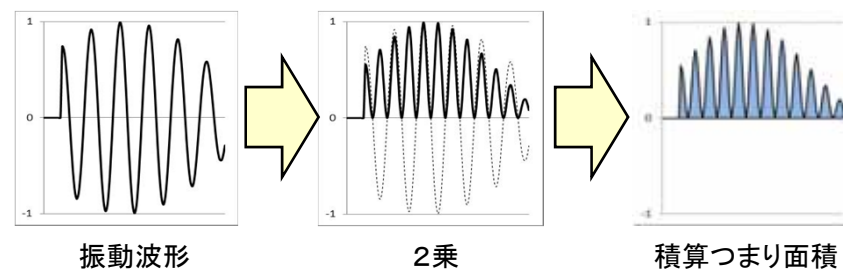
【池の原】



【山の寺】

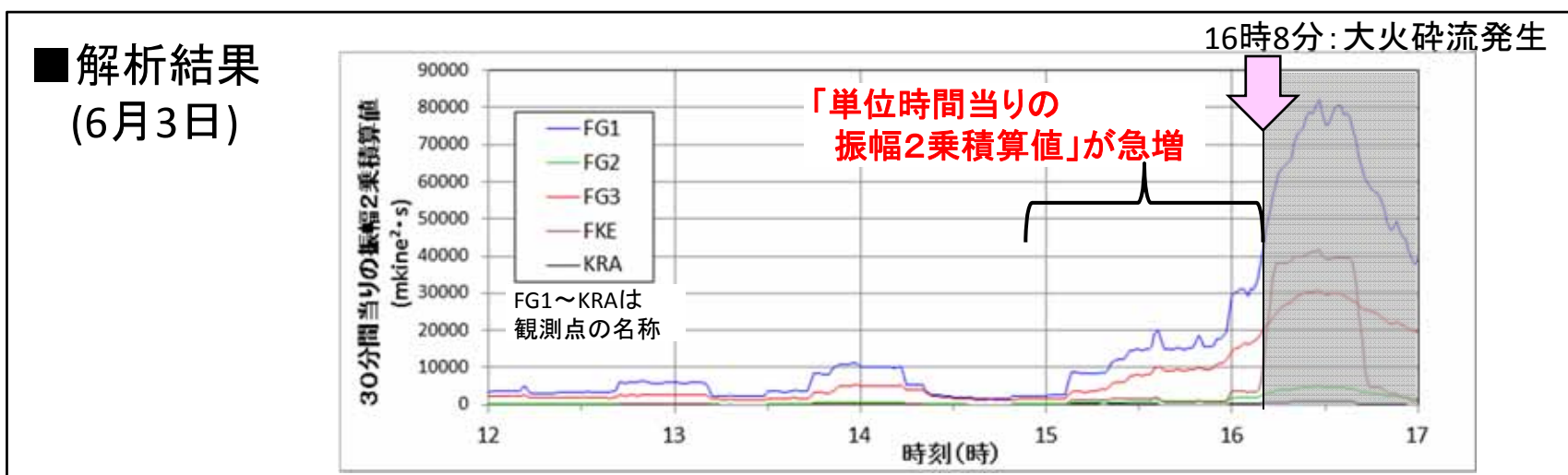
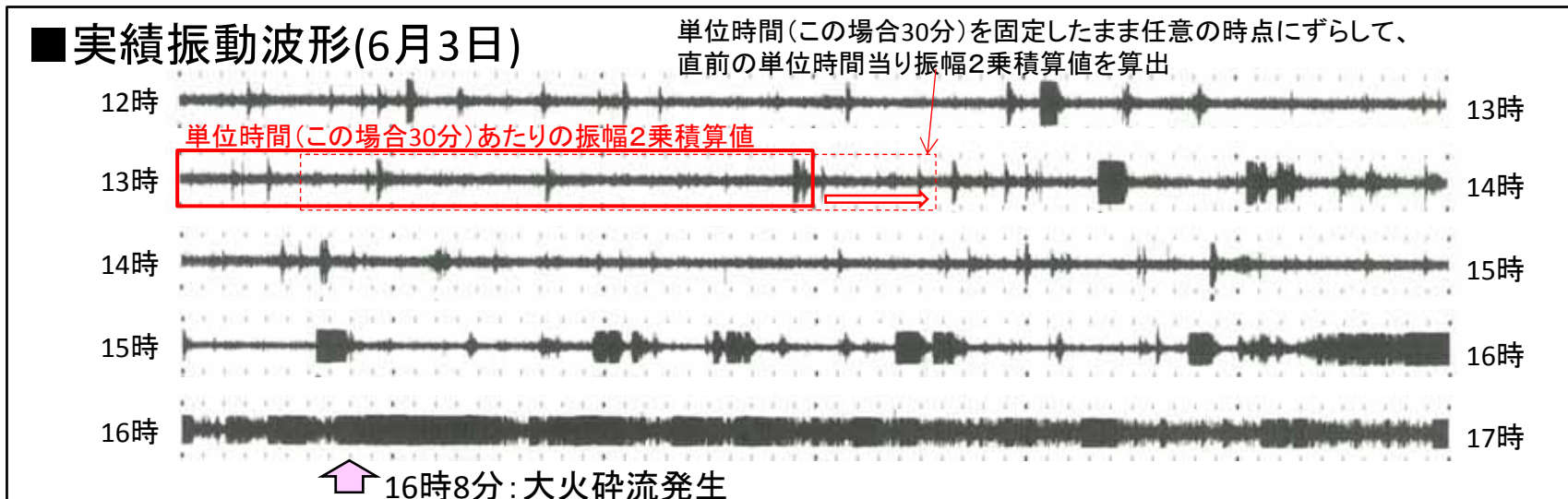


「振幅2乗積算値」の説明



3.3 落石・小崩落の検知

- 平成3年6月3日および8日の大火砕流(すなわち大規模な岩盤崩壊)発生前には、「単位時間当りの振幅2乗積算値」が急増していた。



4. 想定崩壊への対応方針の確認

4. 想定崩壊への対応方針への確認

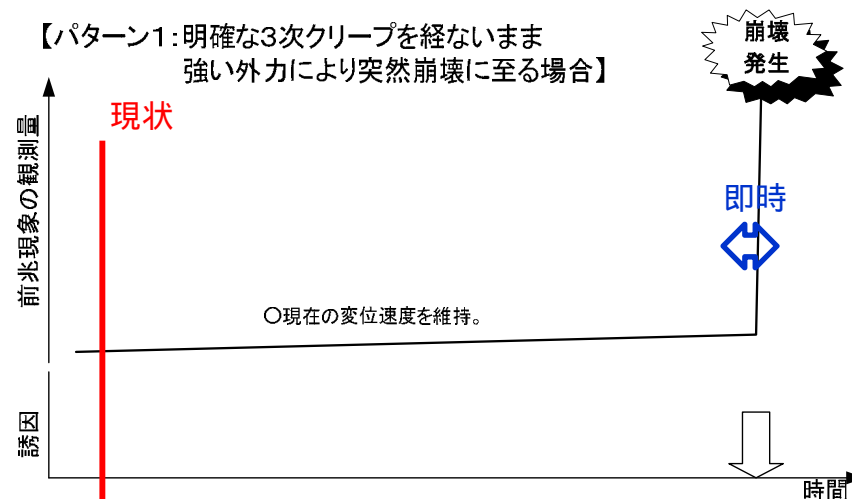
- 想定崩壊ブロックとシナリオを見直したが、即時・短期・長期の対応方針は維持する。(変える理由は生じなかった。)

■ 即時・短期・長期の区分

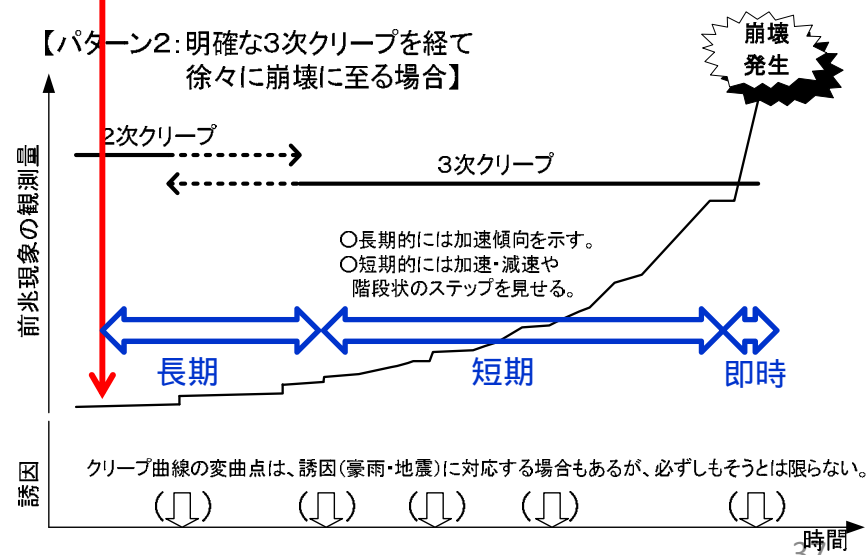
区分		対応方針
即時 対応基準	すでにローブ崩壊が開始したと考えられる。	即座に避難を促す。
短期 対応基準	数日程度以内にローブ崩壊が発生する可能性がある。 <u>(ただし結果的に崩壊しないまま長期化する可能性がある。)</u>	切迫度合に応じて、市等への危険情報の提供、臨時委員会の招集による対応協議などを行う。
長期 対応基準	ローブの挙動が変化し、崩壊までの猶予時間及早まった可能性がある。	必要に応じて臨時委員会を招集し、状態の解釈と対応を協議する。

■ 各基準を超過するタイミングのイメージ

【パターン1: 明確な3次クリープを経ないまま強い外力により突然崩壊に至る場合】



【パターン2: 明確な3次クリープを経て徐々に崩壊に至る場合】



クリープ曲線の変曲点は、誘因(豪雨・地震)に対応する場合もあるが、必ずしもそうとは限らない。

5. 観測体制の拡充方針

- 5.1 基本的な考え方
- 5.2 観測機器の概要
- 5.3 観測機器の当面の配置検討
- 5.4 情報処理システムの改修方針

5.1 基本的な考え方

- 長期対応時: 継続的な監視・観測による変化量および変化傾向の把握
- 短期対応時: 変状傾向のリアルタイム把握と崩壊範囲・規模の推定
- 即時対応時: 崩壊発生を検知と崩壊範囲・規模の把握

	観測対象 および 重要度	誘因		前兆現象(溶岩ドームおよび周辺部での変状)					崩壊 (検知および 規模推定)	
		地震	降雨	頭部の 開口亀裂	頭部の 沈降	噴気の増加や 新規発生	末端隆起、 せり出し	落石・小崩落 の増加		ローブ表面 の変形
(一部増設予定) 既往の観測方法 ↓ 機器 新設検討	観測機器			A	A	C	B, C	B	D	
	震度計		-	-	-	-	-	-	-	-
	振動センサー	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	光波測距	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	GBSAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	GPS (年1-2回程度計測中)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	航空レーザ計測 (年1回程度計測中)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	雨量計	-		-	-	-	-	-	-	-
	監視カメラ	-	-	-	-	定性的	定性的	定性的	定性的	定性的
	ワイヤセンサー	-	-	-	-	-	-	-	-	-
一体型GPS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
センサーネット傾斜計	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
斜面崩壊検知センサー	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

: 長期対応基準

: 短期対応基準

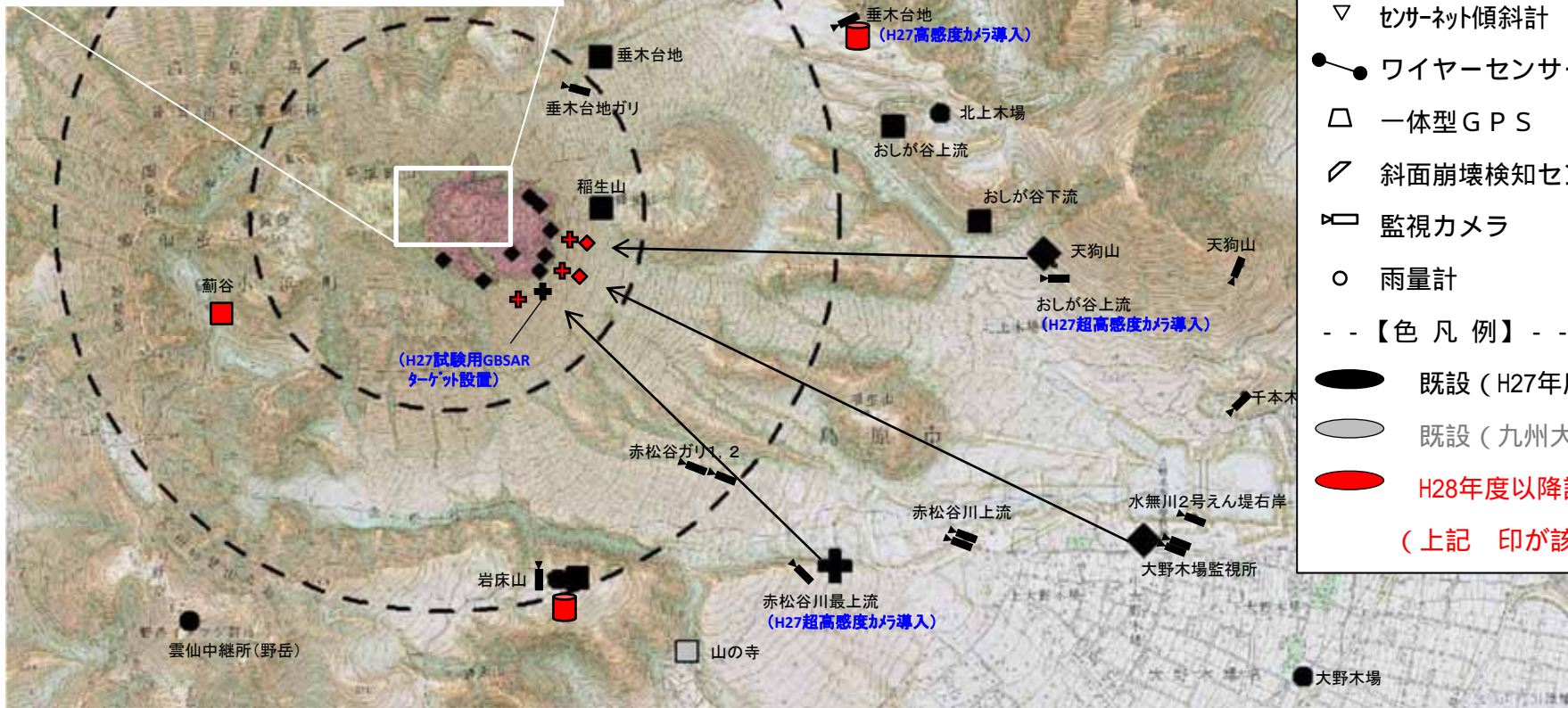
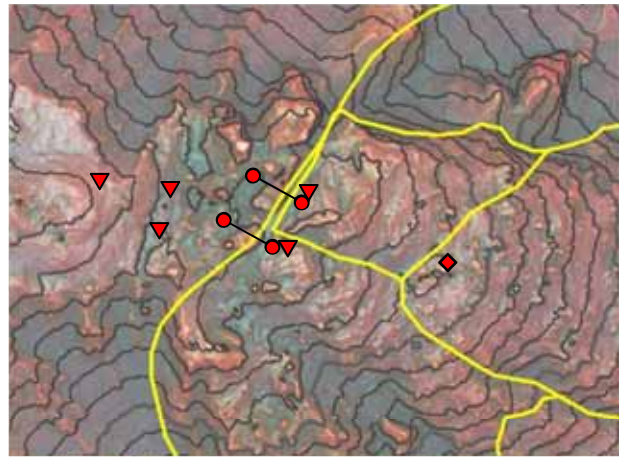
: 即時対応基準

- : 該当無し

5.2 観測機器の概要

	ワイヤーセンサー	一体型GPS	センサーネット傾斜計	斜面崩壊検知センサー
写真				
概要	光ファイバーのデータ不通で断線を検知	GPS太陽電池電源や衛星通信等を一体化し、単体で観測可能	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	斜面に設置した杭に取り付けた傾斜センサーが転倒することで斜面崩壊を検知
有効性	崩壊の即座の検知に加えて、重要な前兆現象である頭部開口亀裂もある程度規模が大きくなれば検知可能である。 →○	ブロック頭部の沈降・移動状況を連続計測可能である。従来の観測機器と比較すると、光波測距や航空レーザーよりも明瞭に、機動観測GPSよりも高頻度で計測できる。ただし景観面で困難がある。 →△	ブロック頭部の傾動状況の連続計測と、崩壊そのものの即座の検知が可能である。 →○	崩壊そのものの即座の検知が可能である。しかしそれに崩壊検知に特化した機器であり、その他の計測には適用されない。 →△
設置条件等	<ul style="list-style-type: none"> 光ファイバーは不動部に固定 変換器までの通信距離は2km程度まで可能 	<ul style="list-style-type: none"> 設置場所は平坦なところで、衛星の捕捉が可能な天空が開けている場所(通信衛星が補足できる場所) ヘリで搬入可能であり、杭基礎で固定 IMMARSAT衛星回線で伝送 	<ul style="list-style-type: none"> 杭だけでなく岩塊等にもできるため、設置・計測が容易 地震、暴風、温度により誤差が発生 機器間見通し1km以内 	<ul style="list-style-type: none"> 監視斜面等にセンサーを垂直に設置することが必要 センサーと受信機間の無線通信が確保されること(100m程度、見通しが望ましい)
電源	バッテリー	太陽電池パネル(本体設置)	内蔵リチウム電池	内蔵バッテリー
寸法	変換器部分 0.5×0.5m程度	2.5×2.5m程度 (高さ2.5m程度)	0.2×0.2m程度	0.2×0.2m程度

5.3 観測機器の当面の配置検討



--- 【記号凡例】 ---

- ◇ 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
- ⊕ GBSARターゲット (コーナーリフレクター)
- 振動センサー(地震計)
- 震度計
震度計は振動センサー(地震計)と異なり、振動波形でなく震度のみを計測する。
- ▽ センサーネット傾斜計
- ワイヤセンサー
- △ 一体型GPS
- ▧ 斜面崩壊検知センサー
- 📷 監視カメラ
- 雨量計

--- 【色凡例】 ---

- 既設 (H27年度末時点)
- 既設 (九州大学管轄)
- H28年度以降設置検討 (上記印が該当)

5.4 情報処理システムの改修方針

■ 情報処理システムの現状

- 監視・観測データは、各機器ごとにデータを収集し、処理を行っている。
- 基準値の超過情報は、各監視・観測システムごとに情報発信している。
- 現状の監視・観測システム構築から時間が経過している。



■ 情報処理システムの問題点

- 監視・観測データが一元的に集約できていない。
- 監視・観測データの処理や基準値の超過判断が迅速に行えるシステムとなっていない。
- 監視・観測データが住民の警戒避難に直結していない。



■ 情報処理システムの改修方針

- 新たに設置する機器を含め、監視・観測データを一元的に処理する。
- 基準値の超過判断を迅速に処理する。
- 観測データや基準値超過情報をリアルタイムで関係機関や地域住民に提供する。

6. ソフト対策会議等からの報告

- 6.1 溶岩ドーム崩壊ソフト対策会議の報告
- 6.2 防災情報配信について
- 6.3 溶岩ドーム挙動の定期公表
- 6.4 避難訓練・出前講座等の実施
- 6.5 ハード対策(砂防堰堤嵩上げ)の進捗

6.1 溶岩ドーム崩壊ソフト対策会議の報告

- 今年度は3回開催(通算第4回:9月2日、第5回:10月28日、第6回:2月予定)
- 暫定基準超過時を想定した事前防災行動計画(タイムライン)を作成中。H28年度に防災業務計画書への反映を目指す。
- 合同防災訓練を実施(11月11日)。下記の課題が明らかになった。

■事前防災行動計画(タイムライン)の作成

【事前防災行動計画(タイムライン)の活用方針】

- 情報連絡・共有、体制の移行等、各機関の行動及び連携のタイミングを定めることで、溶岩ドーム崩壊に対する迅速な警戒避難につなげる
- 雲仙復興事務所からの最新情報を踏まえ更新を行い、各機関の対応チェックリストとして活用できるものとする
- 関係各機関の**地域防災計画等に反映**することで実効性のあるものとする



関係機関の担当者参加におけるソフト対策会議

■雲仙岳大規模土砂災害合同防災訓練の開催

開催日：平成27年11月11日(水)

参加人数・機関：総計46名(マスコミ：10社)

- ・島原市、南島原市、雲仙市、島原広域消防本部
- ・長崎県危機管理課、長崎県砂防課、島原振興局
- ・長崎県警(県警本部、島原警察署、南島原警察署)
- ・国交省、九州地方整備局、長崎河川国道事務所、雲仙復興事務所
- ・雲仙・普賢岳ソフト対策検討委員会 学識委員

【現状の課題】

- 崩壊に係る体制移行のルールが定まっていない
- 雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊ソフト対策検討委員会の臨時委員会から助言される内容が不明確である



関係機関の担当者参加における合同防災訓練

6.3 溶岩ドーム挙動の定期公表

- 光波測距およびGBSARによる溶岩ドームの挙動を、今後毎月、定期的に公表する予定。

平成 27 年平成新山(溶岩ドーム)調査状況 第 1 報

(平成 27 年 11 月 30 日迄の調査状況)

○溶岩ドームの挙動は、光波観測機、地上型レーダー観測の結果、急激な変化はなく、これまでと同様の傾向を示しています。

1. 溶岩ドームの状況

1) 光波測距儀観測状況 (観測期間: H9 年 5 月 17 日~H27 年 11 月 30 日)

	変化量	年換算変化量
11 月の変化量 (11/3~11/30)	-6.60 mm	-89.34 mm/年
平成 26 年の変化量 (1/1~12/31)	-43.86 mm	-43.86 mm/年
平成 27 年の変化量 (1/1~11/31)	-45.34 mm	-49.58 mm/年
観測開始からの変化量	-1,204.73 mm	-65.05 mm/年

※天狗山から P8 の観測結果

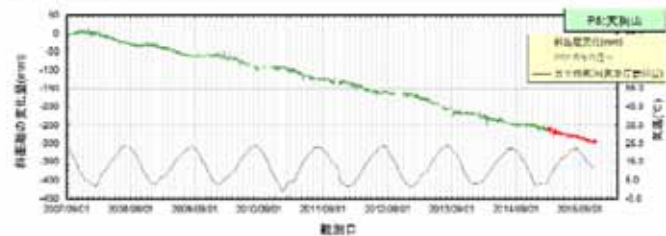
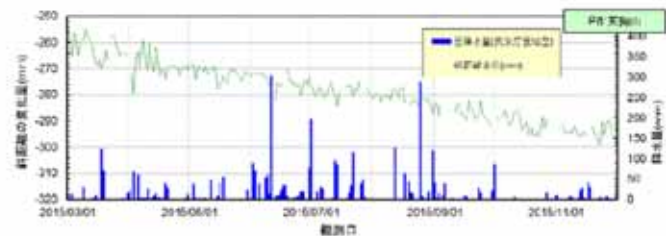


図 1 光波測距儀の観測結果の推移



2) 地上型レーダー観測状況 (観測期間: H23 年 6 月 21 日~H27 年 12 月 2 日)

表 1 末端 4 領域の変化量

末端ブロック	11 月の変化量		平成 26 年の変化量 [mm] (1/1~12/31)		平成 27 年の変化量 [mm] (1/1~11/31)		観測開始からの変化量	
	変化量 [mm]	年換算変化量 [mm/年]	変化量 [mm]	年換算変化量 [mm/年]	変化量 [mm]	年換算変化量 [mm/年]	変化量 [mm]	年換算変化量 [mm/年]
M2-1to3	-9.26	-112.56	-34.05	-34.05	-31.39	-31.39	-79.32	-32.41
M2-4	-9.31	-113.16	-39.72	-39.72	-38.32	-38.32	-94.02	-38.41
M1	-9.65	-117.37	-37.45	-37.45	-36.11	-36.11	-90.00	-36.77
A4-3	-7.45	-90.62	-34.41	-34.41	-35.15	-35.15	-84.05	-34.34

長期対応基準: -50mm/年

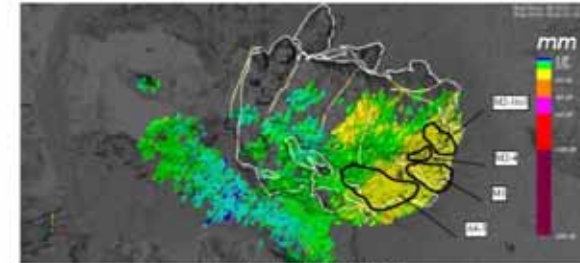


図 3 11 月の変化分布

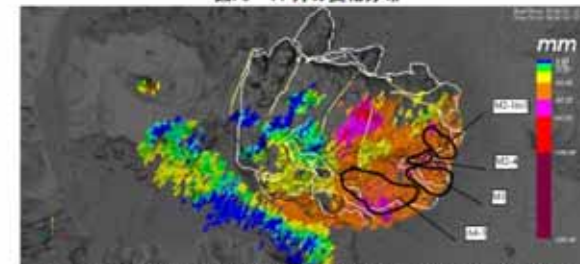


図 4 直近 1 年の変化分布 (2014 年 12 月 2 日~2015 年 12 月 2 日)

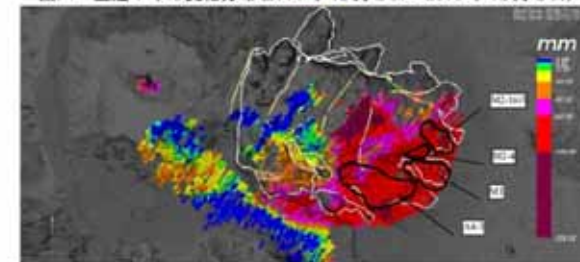


図 5 観測開始からの変化分布

6.4 避難訓練・出前講座等の実施

南島原市溶岩ドーム崩壊避難訓練

開催日：平成27年9月13日(土)

参加人数・機関：総計300名

- ・南島原市、消防・警察関係機関、深江地区の住民
- ・地震火山観測研究センター
- ・雲仙復興事務所

訓練内容：

- ・深江地区の住民に対し、溶岩ドーム崩落を想定した避難訓練を実施し、避難要領の概要を確認するとともに崩落に対する備えと防災意識の高揚を図る。
- ・雲仙復興事務所による溶岩ドーム観測状況説明 等

本部会議の状況



住民避難の状況



島原市安中地区溶岩ドーム崩壊避難訓練

○開催日：平成27年11月15日

○参加人数・機関：総計 約450名

- ・島原市 安中地区の住民
- ・消防関係機関
- ・雲仙復興事務所等

○訓練内容

- ・安中地区の住民に対し、溶岩ドーム崩落を想定した避難訓練を実施し、避難要領の概要を確認するとともに崩落に対する備えと防災意識の高揚を図る。
- ・雲仙復興事務所による溶岩ドーム観測状況説明 等

※安中地区の主催で実施された訓練

住民避難の状況



講演の状況



平成27年度雲仙復興事務所「出前講座」

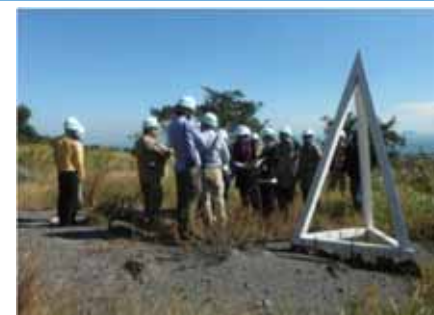
開催回数：24回(平成27年4月～平成28年1月)

参加人数・機関：総計646名

- ・島原市立湯江小学校、島原市立第一小学校、島原市立第三小学校、南島原市立大野木場小学校 等
- ・国士舘大学、熊本大学、長崎大学 等
- ・富士市議会、豊後高田市教育委員会
- ・JICA研修(ラオス等)
- ・長崎県警察 等



小学生の現地見学



海外視察の受入れ

6.5 ハード対策(砂防堰堤嵩上げ)の進捗

水無川砂防堰堤嵩上げの進捗状況

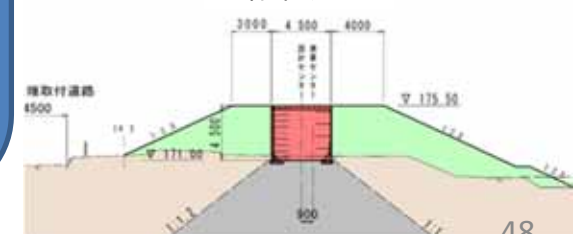


平成27年12月末現在

- 事業完成年度:平成29年度末を目途
- 事業進捗率:31.5%(水無川砂防堰堤改築全体事業に対する)
- 現在の状況:溶岩ドーム崩壊後の土石流から下流の保全対象を守るための、嵩上げ対策を実施中。平成27年5月末で水無川2号砂防堰堤右岸袖部の躯体部嵩上げが一部完成し、現在、新たな工事を発注し、残りの水無川1号及び2号の躯体部嵩上げ箇所を施工中。



標準断面



7. 次回委員会の予定

第5回検討委員会の検討項目

- 観測結果の報告
- 暫定基準と対応フローの再検討
（臨時委員会の開催のタイミングを含む）
- 暫定基準超過時の緊急調査内容と解除判定基準などの検討
- ソフト対策会議の検討結果の報告（避難場所・避難方法等）