

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 第1回

議事次第

開催日時 : 平成23年 3月18日(金) 13:00~14:00

開催場所 : 雲仙復興事務所 3F会議室

議事次第 :

1. 御挨拶
島原市長 横田修一郎 13:00~13:10
2. 開 会 13:10
3. 開会挨拶
雲仙復興事務所 所長 田村 圭司 13:10~13:15
4. 検討次第 13:15~14:00
 - (1) 規約の承認
 - (2) 委員紹介
 - (3) 委員長の選任
 - (4) 議事:溶岩ドームの現状と今後想定される現象について
5. その他
6. 閉 会 14:00

なお、本委員会閉会后、記者会見を雲仙復興事務所 2F入札室で
14:00から14:30まで行います。

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 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、火山活動は終息しているものの、雲仙岳平成新山周辺には、噴火活動に伴い、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、溶岩ドーム崩落による影響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ため、学識経験者から構成される「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」を設置することとする。

「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」規約

第1条（趣旨）

この規約は、「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」（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、溶岩ドーム崩落による影響を検討することを目的とする。

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2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。

第6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7条（オブザーバー）

雲仙岳平成新山周辺の地元関係機関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8条（事務局）

委員会の事務局は、国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所に置く。

第9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10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23年 3月18日より施行する。

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 第1回

委員名簿

(順不同・敬称略)

委員	小橋 澄治	京都大学 名誉教授
	太田 一也	九州大学 名誉教授
	中村 浩之	東京農工大学 名誉教授
	蔣 宇静	長崎大学工学部社会開発工学科教授
	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 (今回欠席)
	里深 好文	立命館大学工学部都市システム工学科 教授
	山田 孝	三重大学大学院生物資源学研究科 教授
	田村 圭司	九州地方整備局 雲仙復興事務所 所長

【オブザーバー】

	松永 守	長崎県 土木部 砂防課長
	武末 和博	長崎県 防災危機管理監 危機管理防災課長
	古賀 康典	長崎県 島原振興局 管理部長
	横田 修一郎	島原市 市長
	中島 健史	南島原市 総務部総務課防災交通班 班長
	林田 幸一	雲仙市役所 市民生活部 市民安全課 係長
	藤田 康孝	林野庁 長崎森林管理署 治山課長
	中村 実敏	林野庁 九州森林管理局 治山課長
	加藤 雅寛	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
	溝上 良雄	福岡管区气象台 総務部業務課 防災調整官

【事務局】

国土交通省九州地方整備局 雲仙復興事務所

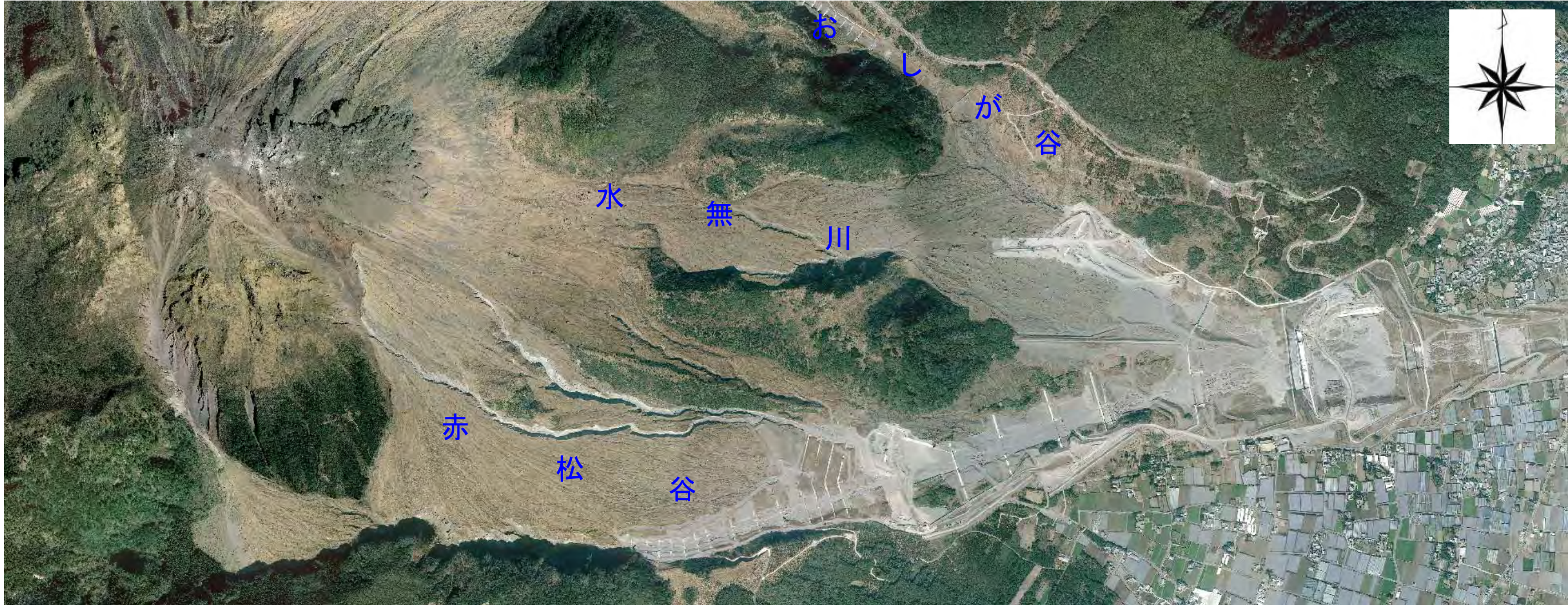
第1回

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

討 議 資 料

平成23年3月18日

国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所



おしが

谷

水無

川

赤

松

谷

<目 次>

1. はじめに	1
2. 光波計測状況の確認	1
2.1 観測地点の変遷	1
2.2 観測結果	2
3. 現地調査による不安定要因の確認	4
3.1 末端部不安定ブロックの抽出	4
3.2 現地調査結果	4
4. 考察	7
4.1 第11ロープの形成過程	7
4.2 脆弱な地層の介在	7
5. 不安定岩塊の安定性評価	8
5.1 検討フロー	8
5.2 解析に使用する断面位置	8
5.3 解析結果	9
6. 溶岩ドーム形成過程から見た崩壊メカニズム	10
6.1 考え得る素因	10
6.2 考え得る誘因を考慮した今後想定される現象	11

1. はじめに

雲仙・普賢岳では平成2年11月に始まった噴火災害から21年が経過し、噴火活動は平成8年6月に終息宣言が出されたものの、斜面頂部には現在もなお約1億立方メートルのマグマ岩塊が溶岩ドームとして不安定な状態で分布しており、地震等を誘因とした崩壊の発生が懸念されている。

ここでは以下のフローに従い、i) これまでの光波計測状況を確認した上で、ii) その挙動の背景にある不安定要因を現地にて確認、iii) 不安定化している土塊の弱部となる箇所について2次元数値解析により評価を行った上で、IV) ドームの形成過程から崩壊のメカニズムを検討し、iv) 今後想定される溶岩ドームの挙動について考察する。

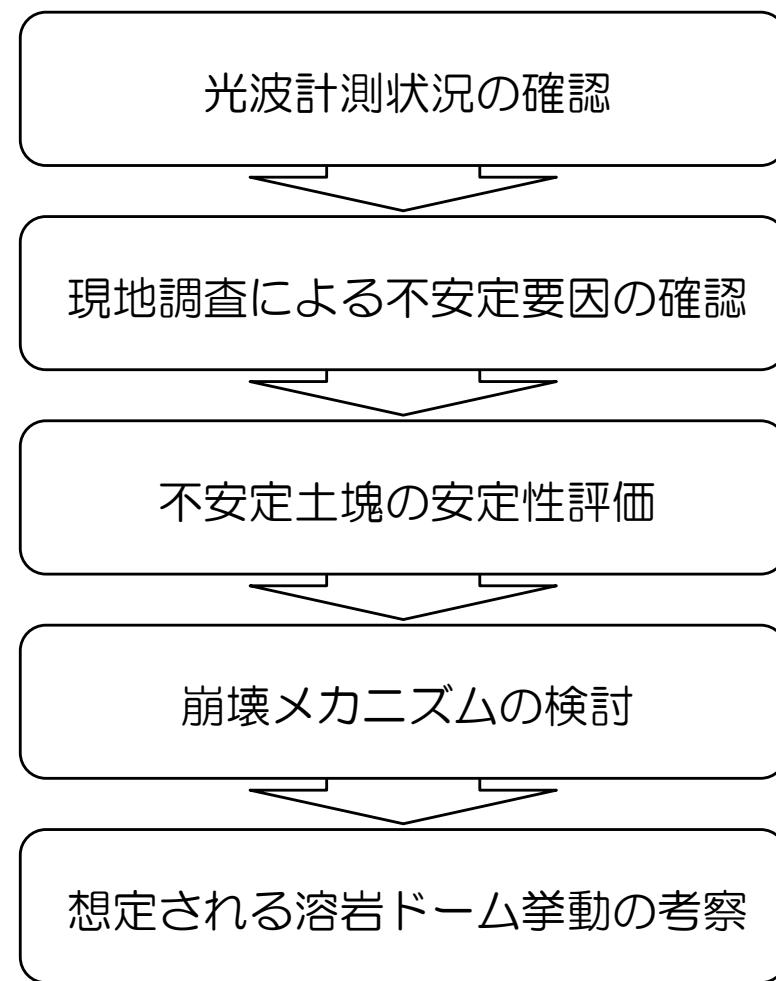


図 1.1 検討フロー

2. 光波計測状況の確認

2.1 観測地点の変遷

雲仙普賢岳平成新山溶岩ドームでは、噴火活動終了後の平成9（1997）年より光波プリズムによる距離変化の観測を継続実施している。

平成9（1997）年当時、光波プリズムは10基設置されたものの、火山ガスにより腐食が進行し平成17（2005）年時点では8基が使用不能となったため、平成18（2006）年より6基を新設し、現在計8基で観測を行っている。

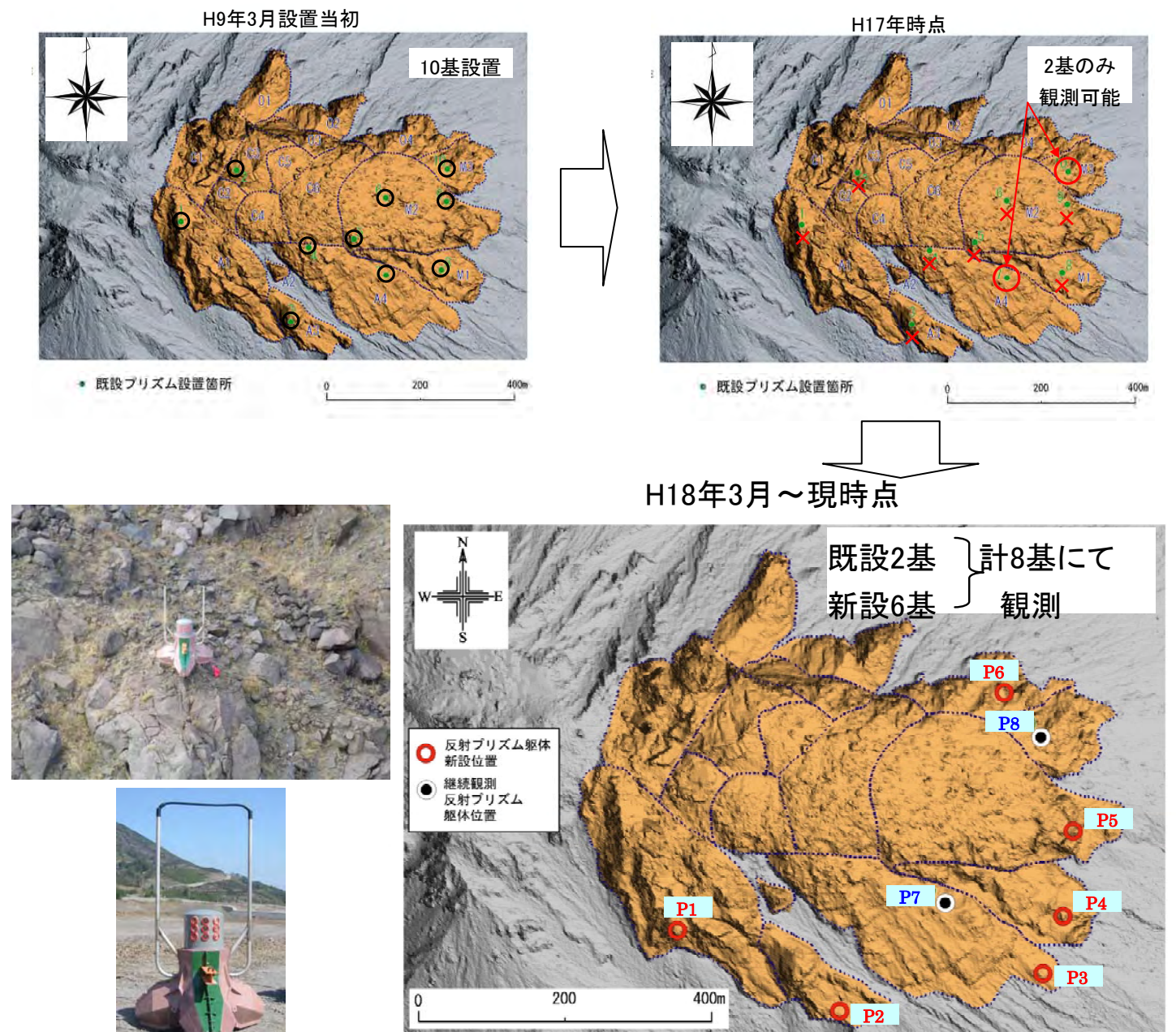


図 2.1 観測位置の変遷

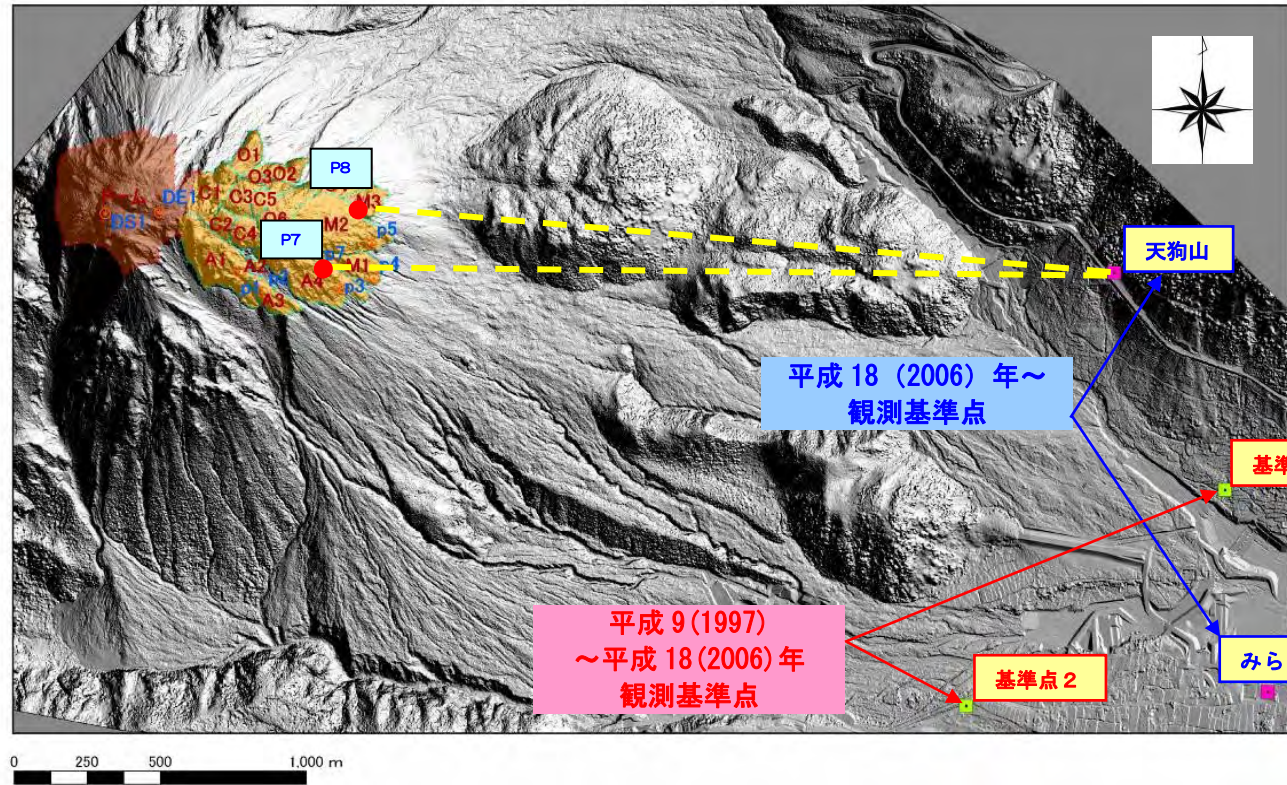


図 2.2 観測基準点の変遷

また、観測基準点についても図 2.2 に示すとおり、平成 9 (1997) 年～平成 18 (2006) 年 3 月は基準点 1 と基準点 2 (図上赤字) であったが、平成 18 (2006) 年 4 月から、現在の大野木場砂防監視所 (みらい館) と天狗山 (図上青字) に変更となり、自動観測が行われるようになった。



これまでに示したプリズム計測の変遷を表 2.1 に整理する。

表 2.1 プリズム計測の変遷

	平成9	平成10	平成15	平成16	平成17	平成18	平成19	平成20	平成21	平成22	平成23	
	1997	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
	3 6 9	3 6 9	3 6 9	3 6 9	3 6 9	3 6 9	3 6 9	3 6 9	3 6 9	3 6 9	3 6 9	
プリズムの基数	10基					2基		8基				
観測手法	手動観測【平成19(2007)12月まで】						自動観測【平成19(2007)9月から】					
基準点	基準点1・2【平成18(2006)年3月まで】						天狗山・みらい館【平成18(2006)年4月から】					
備考	← 火山ガスの影響によりプリズム基減少 → •平成11(1999)年工事による基準点の再設置											

2.2 観測結果

数基の光波プリズムの中で、平成 9 (1997) 年から最も長く観測を続けている P 7、P 8 の観測結果を以下に斜距離として示す。なお、観測基準点設置場所の変更等に伴う整合を図った。

観測期間は平成 9 (1997) 年 3 月から平成 23 (2011) 年 1 月までの 14 年間、P 7 で約 50cm (2.8～3.6cm/年)、P 8 で約 100cm (5.7～6.4cm/年) 縮まっていることが確認できた(図 2.3、図 2.4)。

これらのデータから、溶岩ドームと観測基準点の斜距離は徐々に近づいてきており、溶岩ドーム周辺の不安定化が懸念されている。

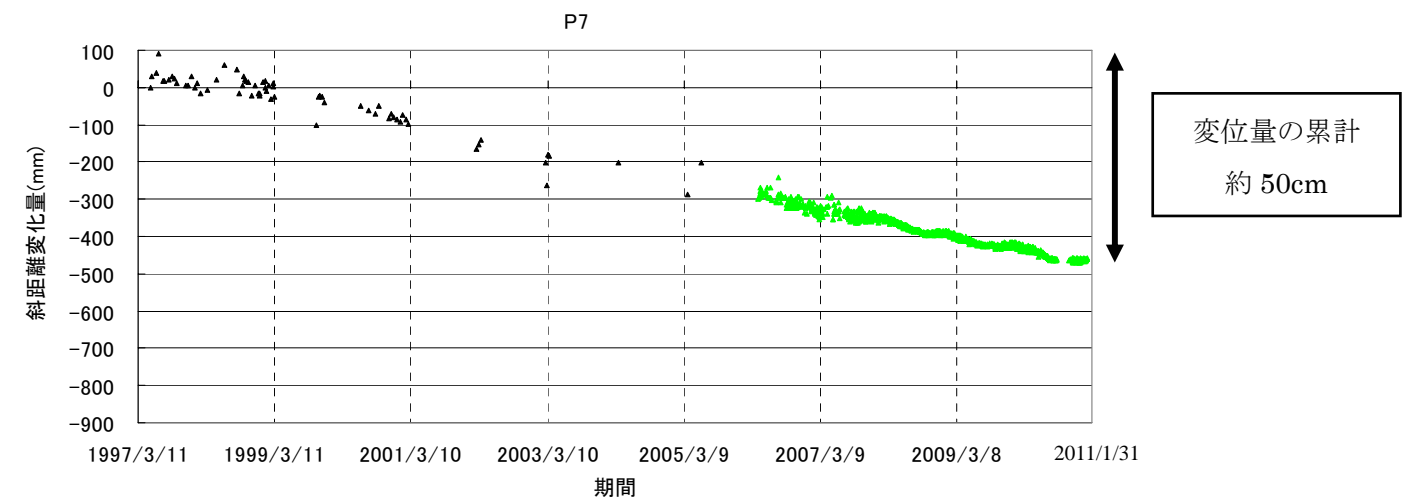


図 2.3 P7 に対する斜距離の変化量 (天狗山)

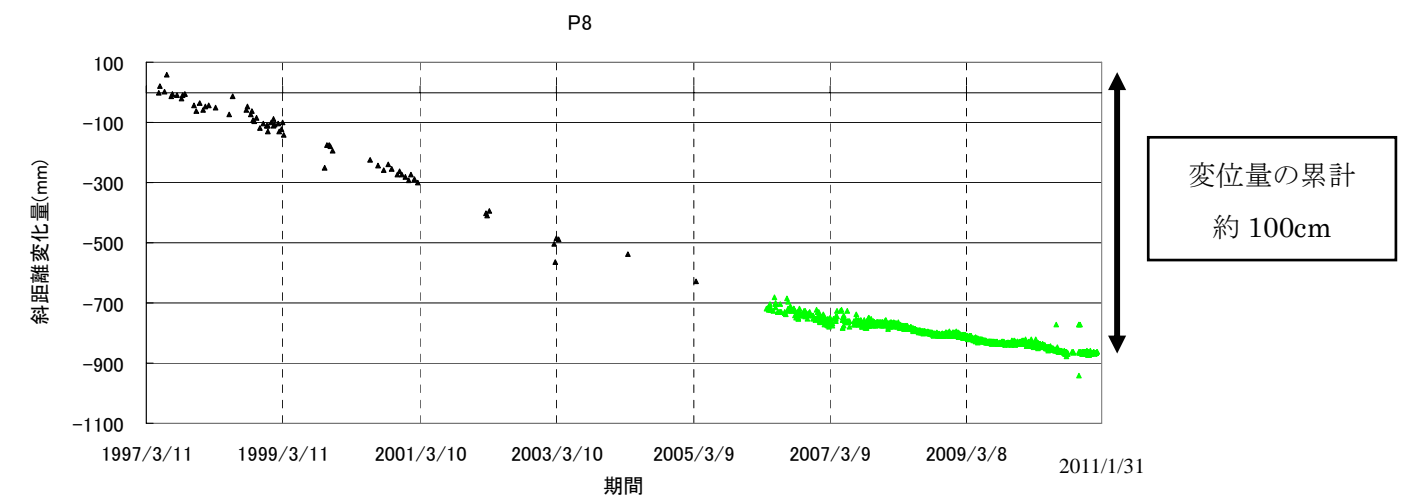


図 2.4 P8 に対する斜距離の変化量 (天狗山)

▲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

他の光波プリズム（P1～P6）の計測データについては、図 2.1 や表 2.1 のプリズム計測の変遷に示すとおり、平成 19 年 9 月に自動計測が開始されたため、P7 や P8 に比べ観測期間は短い。観測期間は 2007（平成 19）年 9 月 1 日～2011（平成 23）年 1 月 31 日までで、日数に数えると 1248 日となる。

この期間中の各光波プリズムの斜距離の変化量を下表に示す。

表 2.2 各観測地点における変化量および合成変位

プリズム名称	みらい館		天狗山		合成変位	
	観測期間中の斜距離の変化量	年間の斜距離の変化量	観測期間中の斜距離の変化量	年間の斜距離の変化量	観測期間中の変位量	年間変位量
P1	9.5	2.8	7.2	2.1	15.0	4.4
P2	9.8	2.9	8.6	2.5	14.2	4.2
P3	7.7	2.3	6.8	2.0	11.0	3.2
P4	6.5	1.9	4.5	1.3	10.4	3.0
P5	9.7	2.8	10.0	2.9	13.6	4.0
P6	12.3	3.6	13.5	3.9	19.2	5.6
P7	11.5	3.4	9.3	2.7	17.1	5.0
P8	9.0	2.6	9.1	2.7	12.6	3.7
平均	9.5	2.8	8.6	2.5	14.1	4.1

【単位:cm】

図 2.5 は表 2.2 のうち、みらい館および天狗山の観測期間中の斜距離の変化をグラフ化したものである。また、表 2.2 のうち、合成変位は 2 点（みらい館、天狗山）の観測結果につき、具体的にどの方向にどの程度変位しているのかを把握するため算定した値であり、図 2.6 に算定した値を図示した。

この 2 つの図から、以下の事項が確認される。

- ・ P5、P6、P8 以外のプリズム地点において、みらい館から測定した斜距離の変化量が天狗山から測定した斜距離よりも大きいことが認められる。
- ・ 図 2.6 から、全体的に南東方向に変位する傾向が認められる。

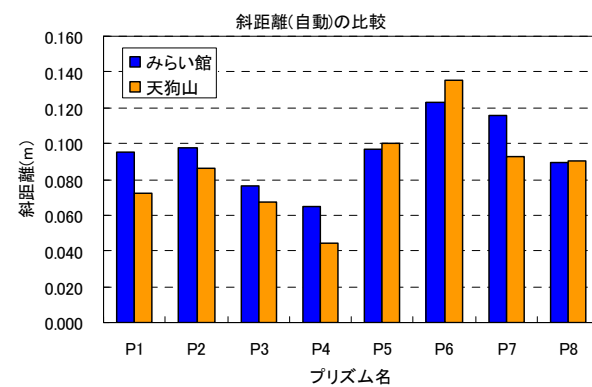


図 2.5 斜距離の変化(自動: 2007/9/1 - 2011/1/31)の比較

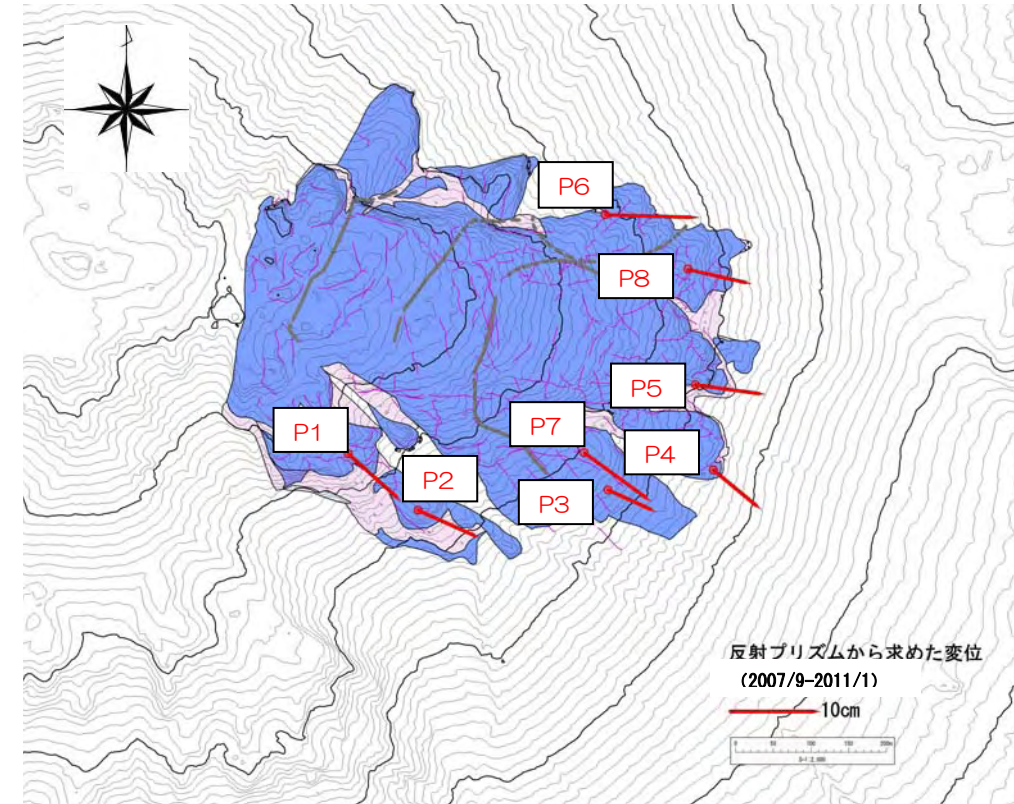


図 2.6 斜距離の変化方向と量 (合成変位)

<合成変位の算定>

A を求めたい変位とする

みらい館の観測変位(b1)との関係式: $A \cdot \cos(\theta 1) = b1$

天狗山の観測変位(b2)との関係式: $A \cdot \cos(\theta 2) = b2$

この 2 式より合成変位 A を求めることができる。

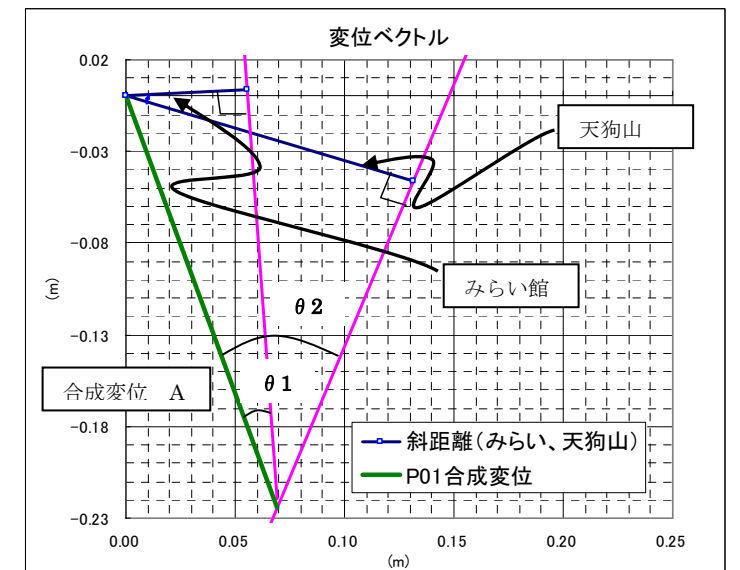


図 2.7 合成変位の算出

3. 現地調査による不安定要因の確認

3.1 末端部不安定ブロックの抽出

末端部は、溶岩ドーム・ローブの沈降、クリープ運動による応力が集中的にかかりやすい場所である。また、1面以上の開放された面を有しており、不安定化が進行した場合、崩落が最初に始まると考えられる。

溶岩ドーム・ローブは形成過程より、多キレツ質な構造となっており、末端部においては小さい単位で崩落が進行する場合もある。

これらの理由から、末端部の不安定ブロックを抽出するものとする。

抽出の基準を以下に示し、抽出された不安定ブロックを図 3.1 示す。

～抽出基準～

- ・ 1面以上の開放面を有する。
- ・ 下部斜面の勾配が、15度程度以上である。
- ・ 凹地（ガリー）、崖、明瞭なキレツによって、一定の大きさに区切られる。
(明瞭なキレツとは、1/8000 程度の空中写真判読において判読できるもの、数10cm 以上開口しており、溶岩岩体を連続的に貫くもの、複数のキレツがゾーンをなしているもの)
- ・ 地すべり地形における滑落崖状の地形が見られるもの。
- ・ 推定されるブロックの下部火砕物斜面において、侵食の進行するガリーが発達するもの。
- ・ 現地調査において、進行性のキレツが確認できるもの。

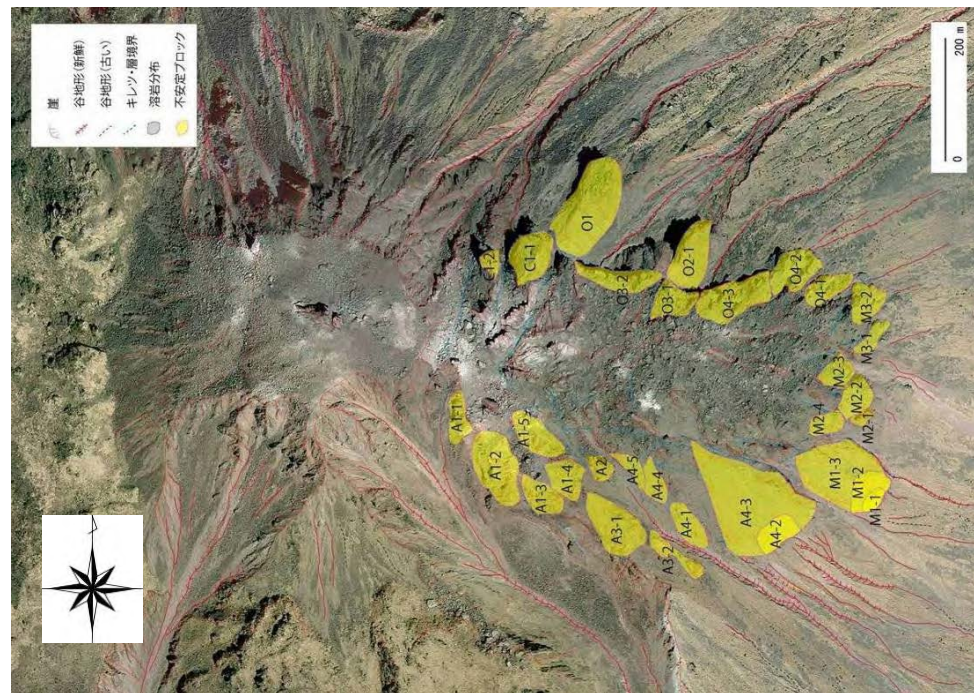


図 3.1 溶岩ドーム周辺のキレツ等によって分離される岩塊

3.2 現地調査結果

光波計測において経年的に移動量が観測されている溶岩ドームに対して、キレツの拡大などの変化が見られるか現地調査を実施した。

調査方法は、末端部の不安定ブロックにおけるキレツ開口や小崩落の継続箇所の把握である。平成 20 (2008) 年～21 (2010) 年に実施した目視観測の比較結果では、主に以下の箇所で崩落や亀裂の開口が認められた。

- 北側：第 11 溶岩ローブに覆われる北側では、J2 亀裂の連続部、ローブの境界付近で継続的に崩落が発生 (O3-1 付近：図 3.3 に示す)。
- 東側：第 11 溶岩ローブに覆われる東側では、現地調査の結果、降雨前と降雨後で亀裂の開口が見られた (M2-4)。この付近は平成 20 (2008) 年にも M2-2 付近で小崩落の発生が見られた (図 3.3 に示す)。
- 南側：溶岩層の下にある多孔質溶岩などの地層で小崩落が発生 (A3-1：次頁)。また、ローブ内に亀裂の拡大が見られるところもあった (A4-1)。南側では小崩落が発生する箇所が多く、A1-2、A3-1 は継続的に崩落が発生している。

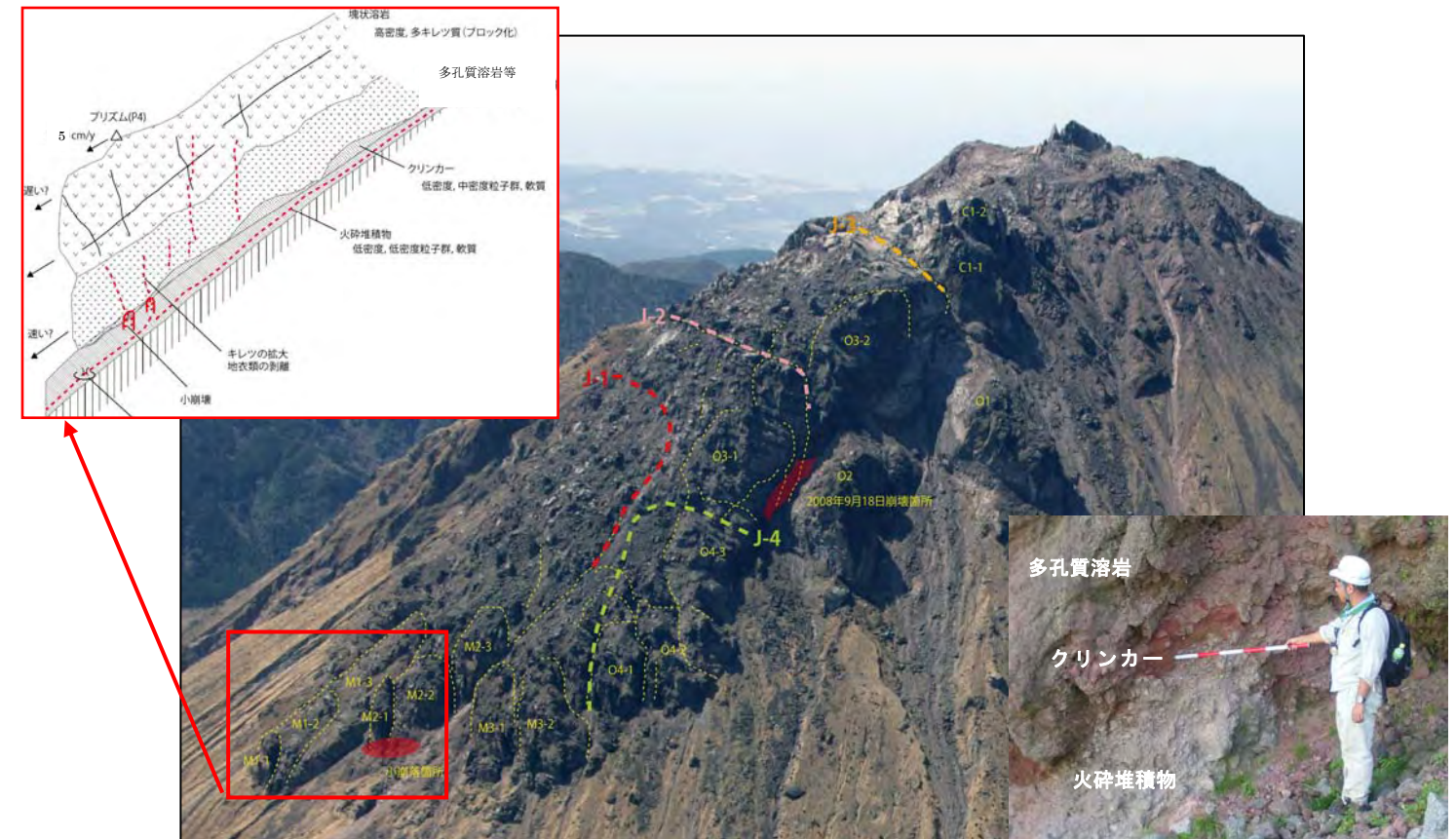
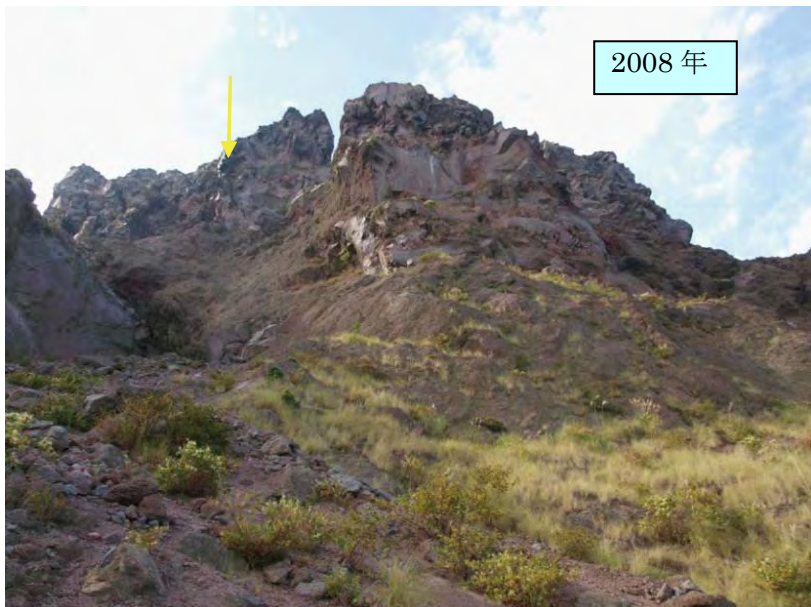


図 3.2 雲仙普賢岳平成新山溶岩ドームに見られるキレツ分布及び岩塊 (写真は北側からの撮影。着色部は平成 20 年調査時に確認した崩落箇所)

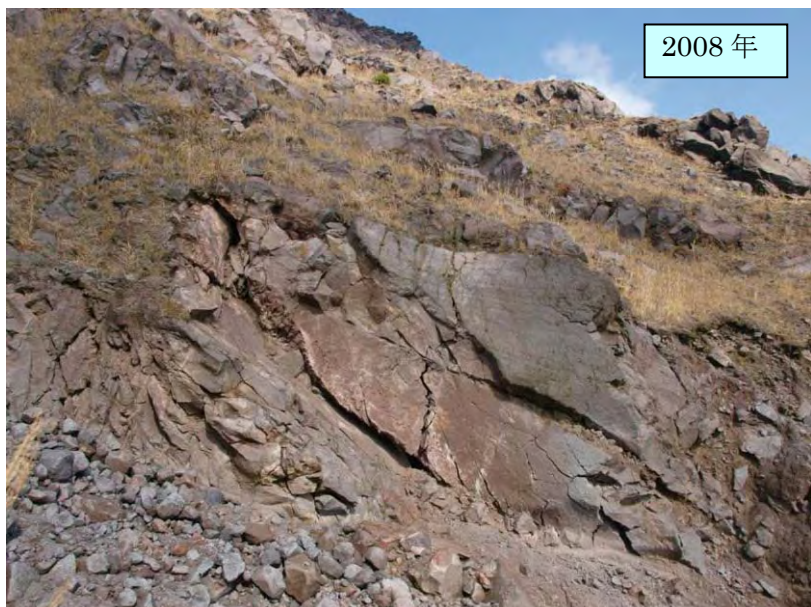
A1-2 2009年もほぼ同じ位置で小崩落が発生

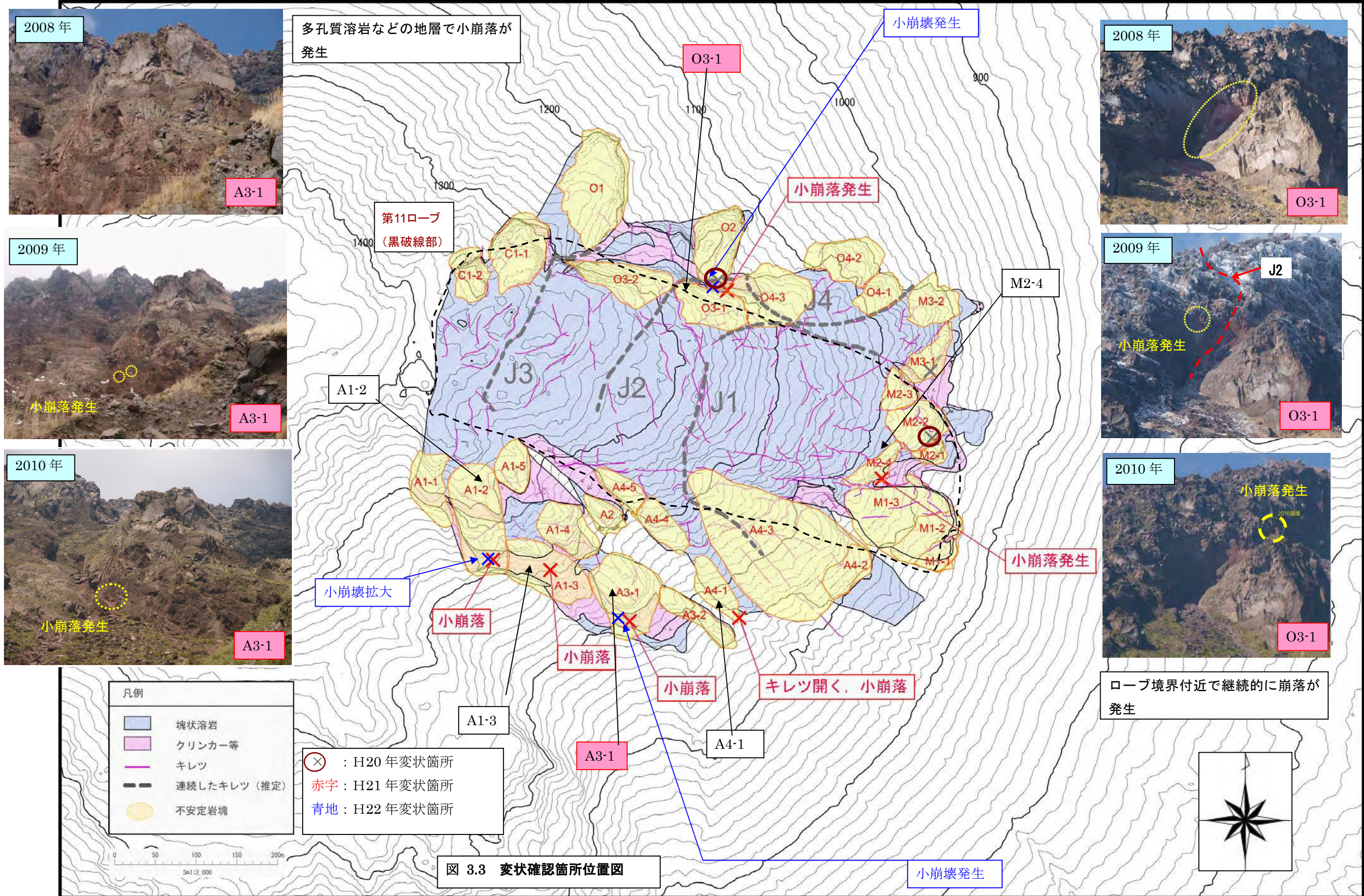


M2-4 降雨後に生じた開口キレツ 小崩落が発生



A4-1 キレツの拡大状況





多孔質溶岩などの地層で小崩落が発生

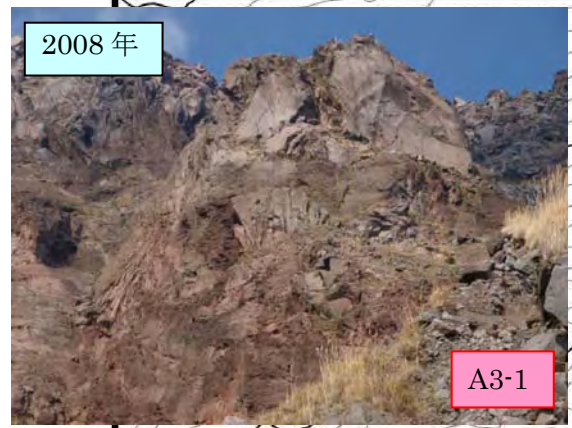
小崩壊発生

2008年



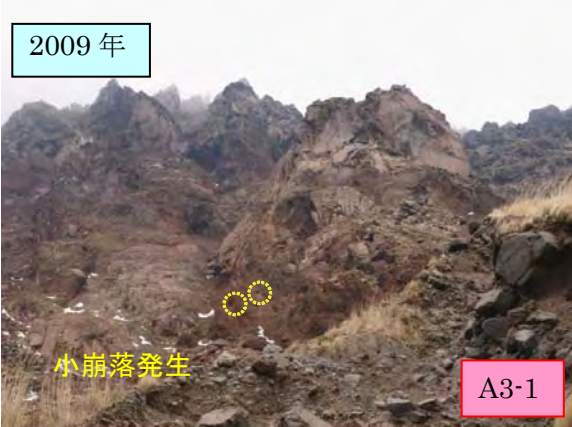
O3-1

2008年



A3-1

2009年



A3-1

2009年



O3-1

2010年



A3-1

2010年



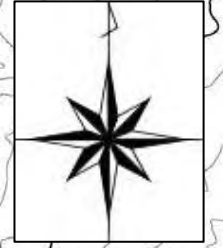
O3-1

ロープ境界付近で継続的に崩落が発生

- 凡例
- 塊状溶岩
 - クリンカー等
 - キレツ
 - 連続したキレツ (推定)
 - 不安定岩塊

- ⊗ : H20年変状箇所
- ⊗ : H21年変状箇所
- ⊗ : H22年変状箇所

図 3.3 変状確認箇所位置図



小崩壊発生

4. 考察

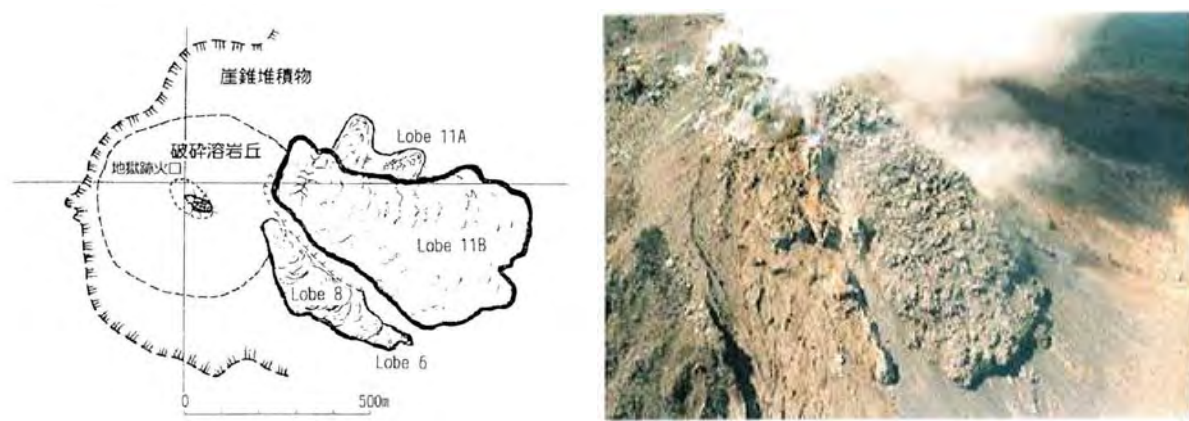
光波計測と現地調査の結果、溶岩ドームの挙動は1997年(平成9年)よりほぼ一定の速度で、プリズムと基準点の距離が近づいてきており、全体的に南東方向に変位する傾向が認められる。

この傾向について、下記事項から考察を行うものとする。

- 1) 第11ローブ形成過程
- 2) 脆弱な地層の介在

4.1 第11ローブの形成過程

第11-Bローブは平成5(1993)年6月から約5ヶ月かけて斜面を垂れ下がるように成長し、第11-Aローブと第8ローブの間を流下し南側に成長した。その後も溶岩が供給され、ローブの表面は急傾斜になった。



太田一也、1993：1990-1992年雲仙岳噴火活動、『地質学雑誌』、Vol. 99 No. 10

図 4.1 第11ローブB写真

第11ローブが南よりに形成されたことは、LP測定結果に基づく横断面にも示される(図4.2、図4.3)。従って、現在の変形方向が南東よりになるのは、第11ローブが南側に垂れ下がるように成長したとことが、一因として考えられる。

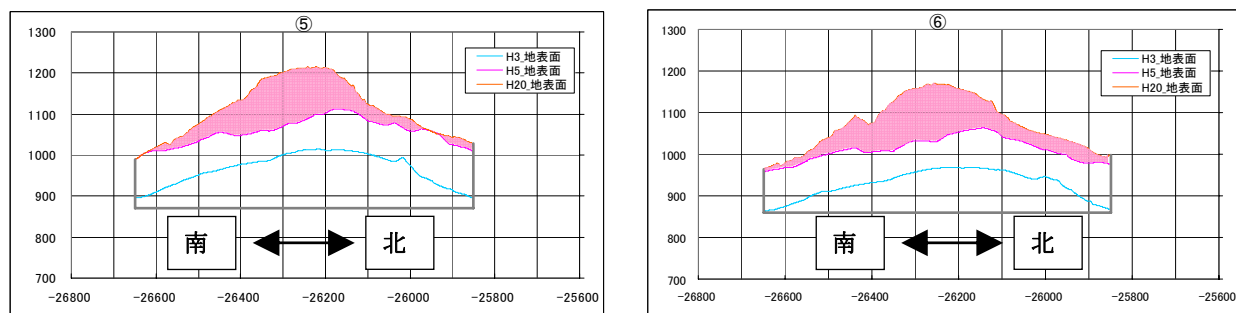


図 4.2 第11ローブ横断面図(左;断面⑤ 右;断面⑥)

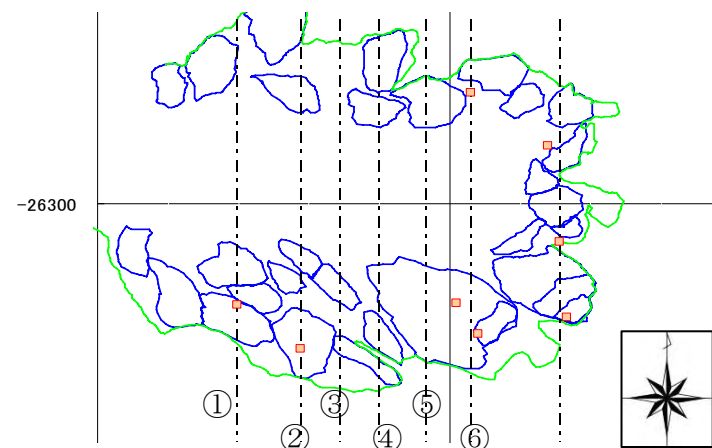


図 4.3 横断面位置図(LP測定データに基づく)

4.2 脆弱な地層の介在

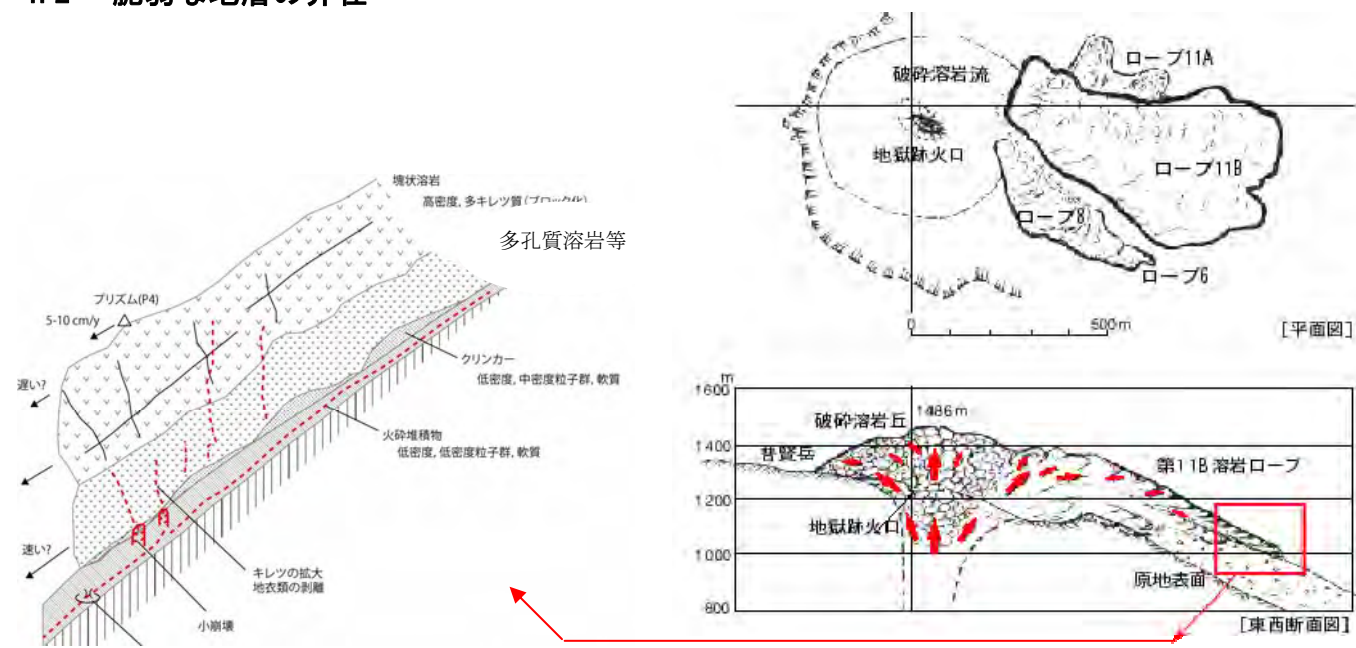


図 4.4 第11ローブの構造的断面の模式図

太田一也、1993：1990-1992年雲仙岳噴火活動、『地質学雑誌』、Vol. 99 No. 10

現地調査の結果、第11ローブの下部には多孔質な溶岩が形成されている。また、多孔質な溶岩の底面には、軟質なクリンカーが形成されている。変位が南東方向を向く機構として、第11ローブが南側に垂れ下がるように成長したとこと、ならびに第11ローブの底面に形成されている多孔質な溶岩やクリンカー*1)の強度が低く、風化や侵食しやすいことが挙げられる。

*1) クリンカーとは溶岩の表面の破碎した部分。表面が早く冷えて固まり、内部がまだ液体の状態のときに、液体の部分が表面の固まった部分を破壊しながら流れるためにできたもの。

5. 不安定岩塊の安定性評価

不安定岩塊の安定性評価には2次元数値解析(個別要素法:DEM)による安定性検討を用いて評価を行った。

解析は、重要な不安定岩塊の絞込み、不安定化機構を検討する上での参考とするため、重力による変形に起因した岩塊内部の応力を求めることができる本手法により、応力状態に基づいて破壊機構を検討した。

※ここで、重力による変形とは、光波プリズムにより観測されている変形を指し、現地調査で確認された小崩落の状況から、**溶岩ローブが相対的に弱線となっている面に沿って変形しているものと仮定している**

5.1 検討フロー

岩塊内部で発生しうる破壊域の傾向を見るために、不安定岩塊はすべり機構によって変形すると仮定し、溶岩ローブの底面を仮のすべり面として強度を低下させた。

(底面は多孔質溶岩や崩落堆積物などの強度の低い領域を指す)

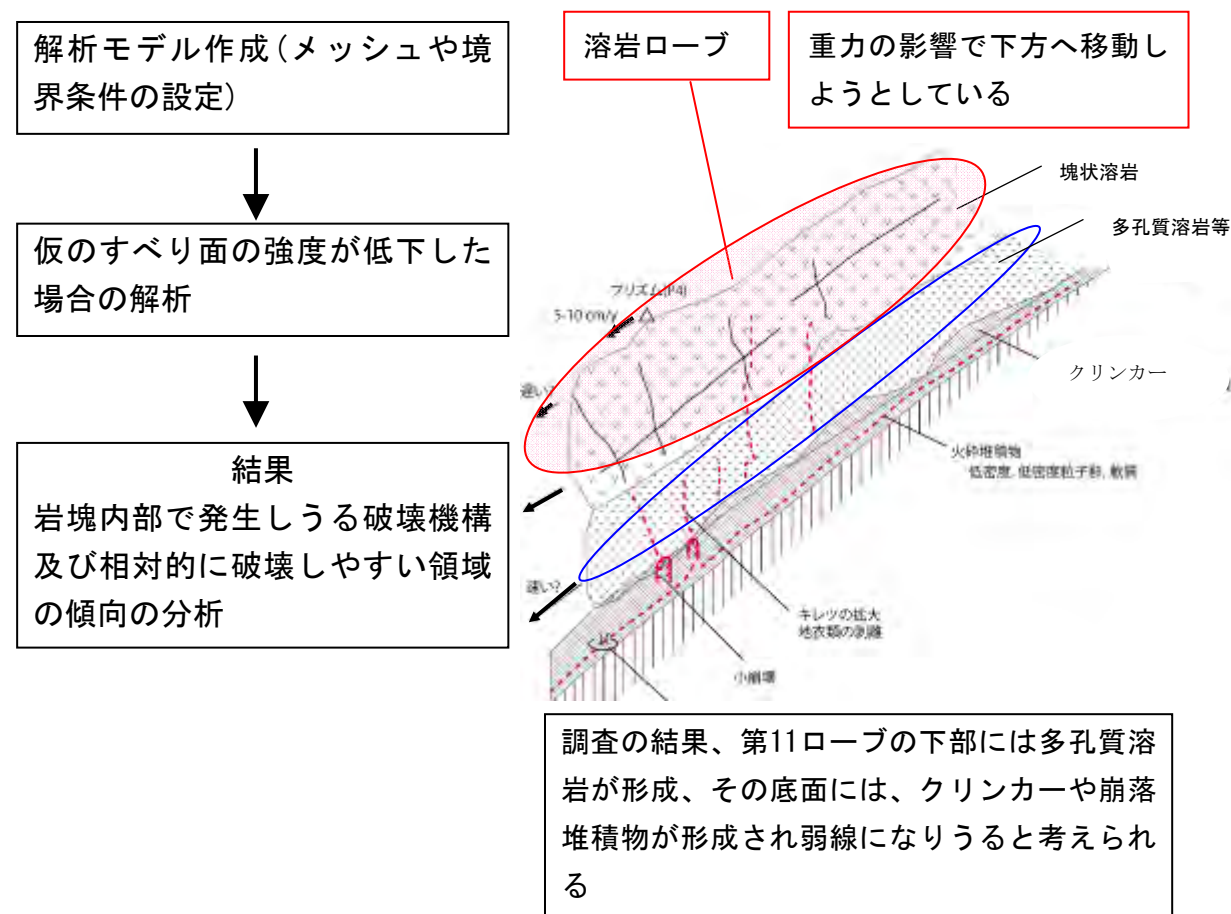


図 5.1 検討フローと模式図

5.2 解析に使用する断面位置

解析に用いる断面は、ここ数年で小崩落の発生や亀裂の開口が見られる箇所を含んだ不安定岩塊ブロック、また溶岩ドーム全域が網羅できるように、断面位置を設定した。

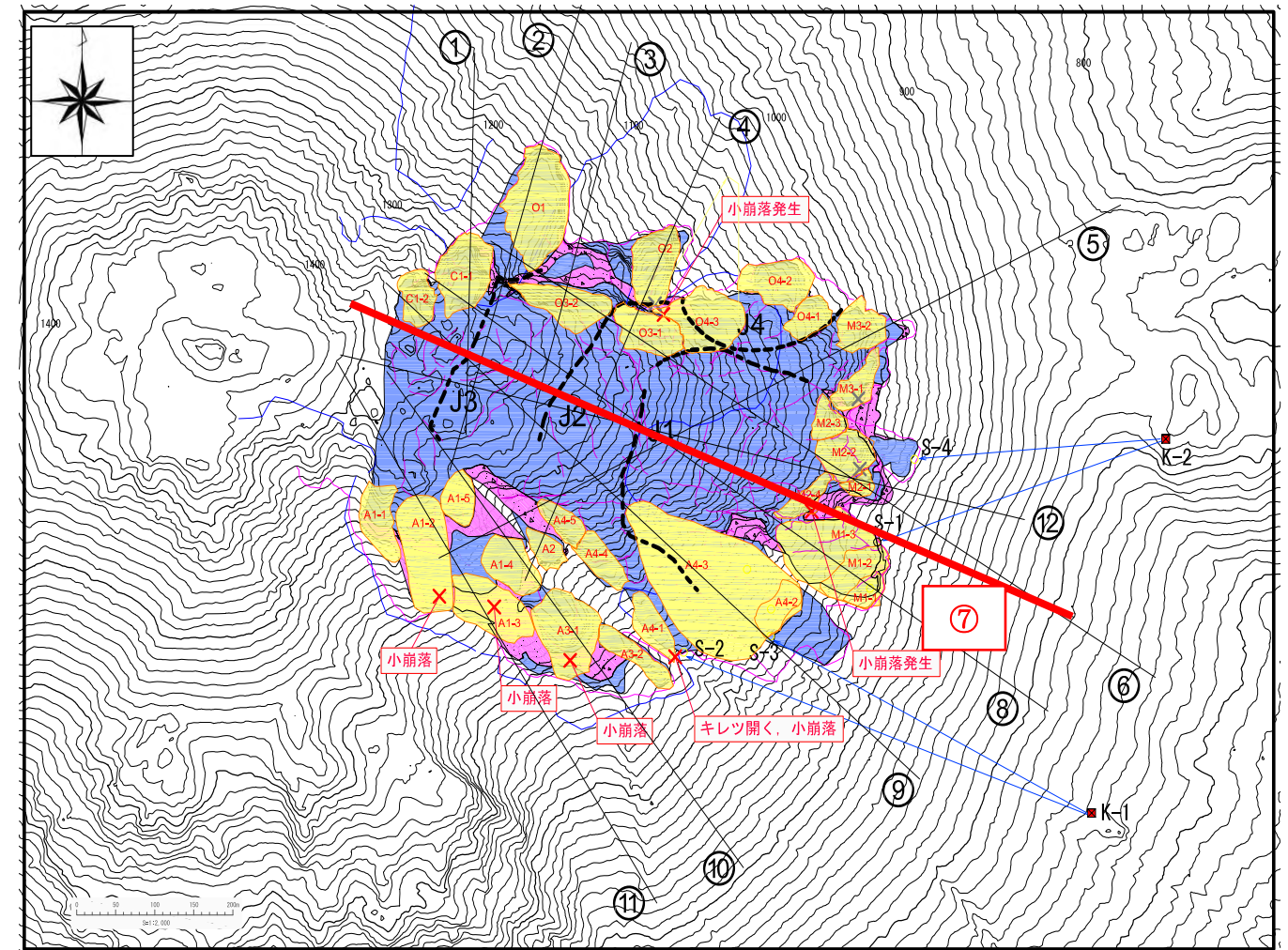
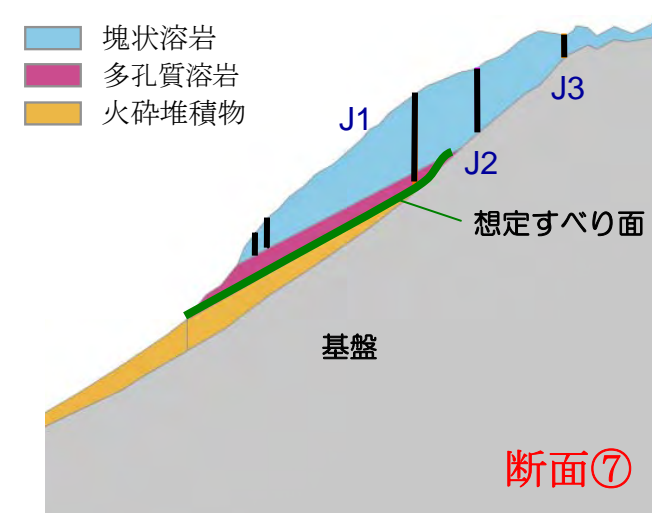


図 5.2 解析断面位置図



区分	物性値				
	E (kN/m ²)	t (kN/m ²)	v	c (kN/m ²)	φ (°)
1 基盤	1.0×10 ¹⁰	4900	0.3	4900	64
2 塊状溶岩	4.5×10 ⁶	300~1785	0.3	1785	57
3 火砕堆積物	1.5×10 ⁵	300~500	0.4	400	55
4 多孔質溶岩	4.5×10 ⁶	300~500	0.35	350	20
5 想定すべり面	4.5×10 ⁶	240~400	0.3	240~400	24

図中の黒線は亀裂が表面から確認される箇所であり定数は与えていない。

5.3 解析結果

解析の結果、北側の断面①～④では引張やせん断による破壊は確認できず、南側の断面⑩についても顕著な破壊は確認できなかった。破壊が確認できたのは断面⑤、⑦、⑧、⑨、⑫においては、岩塊が重力作用によって下方に引っ張られるため、岩塊内部で引張破壊が発生しやすい傾向を示している。

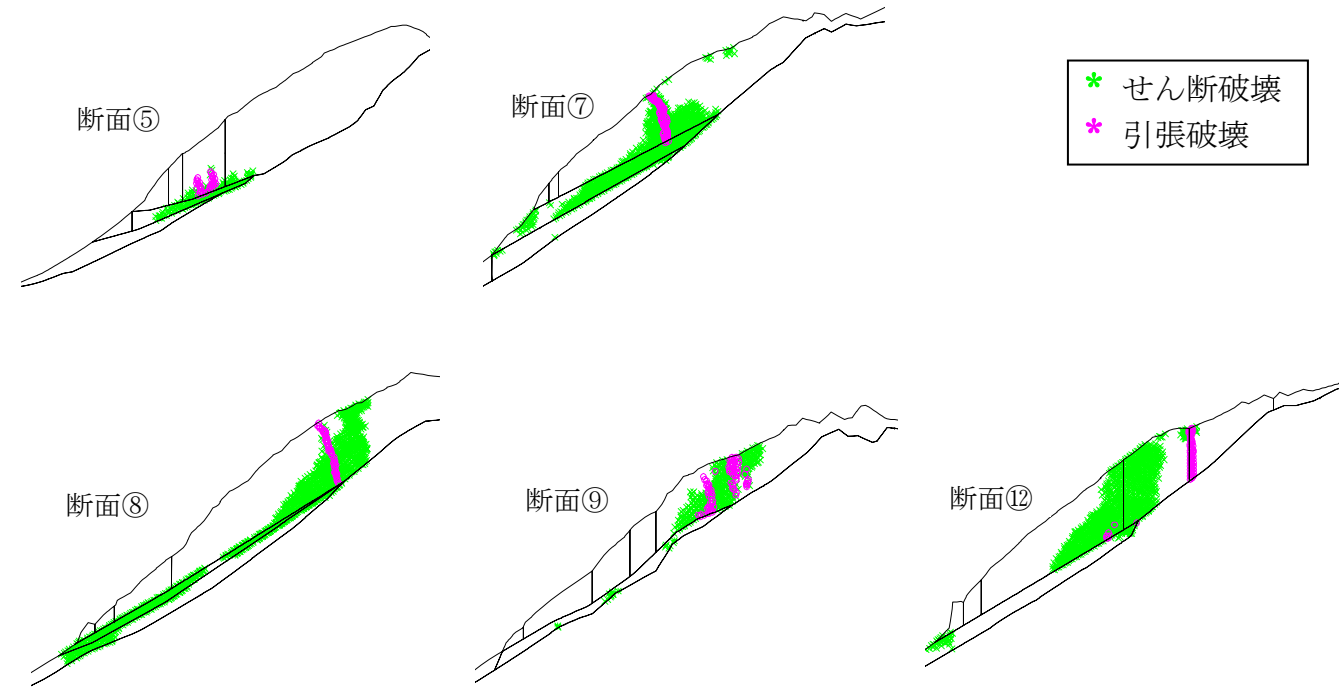


図 5.3 二次元数値解析結果から求められた破壊が発生しやすい場所

断面⑫を用い、引張応力と引張破壊の発生する領域について考察した。

また、比較的小さい断面(③、④、⑩、⑪)のなかで、断面⑪では溶岩部分のせん断破壊域が比較的顕著となった。原因としては、軟質な多孔質溶岩の厚みが大きく、その破壊が上部の岩塊に与える影響が大きくなりやすいこと、断面③、④、⑩、に比べて多孔質溶岩の底面を境界とした仮のすべり面に凹凸が少なく、すべり変形を発生させやすいことが挙げられる。

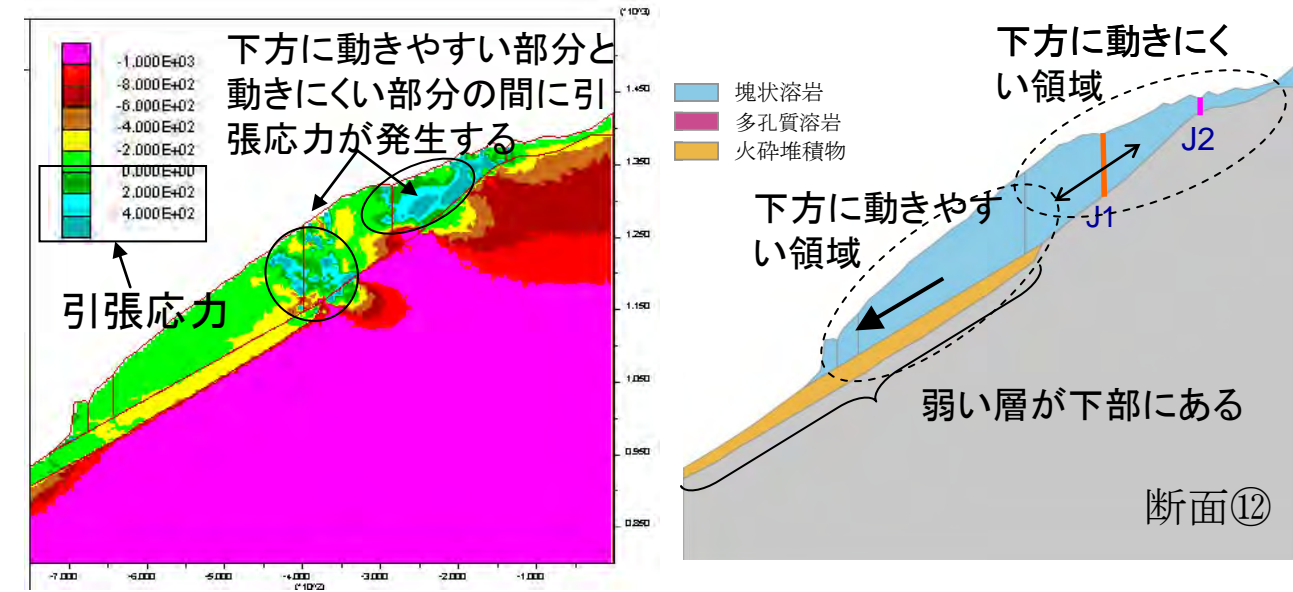
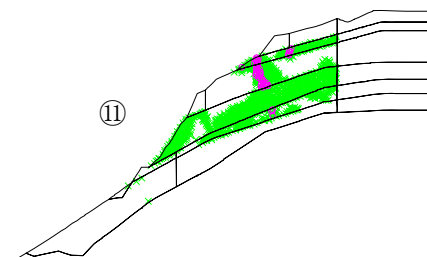
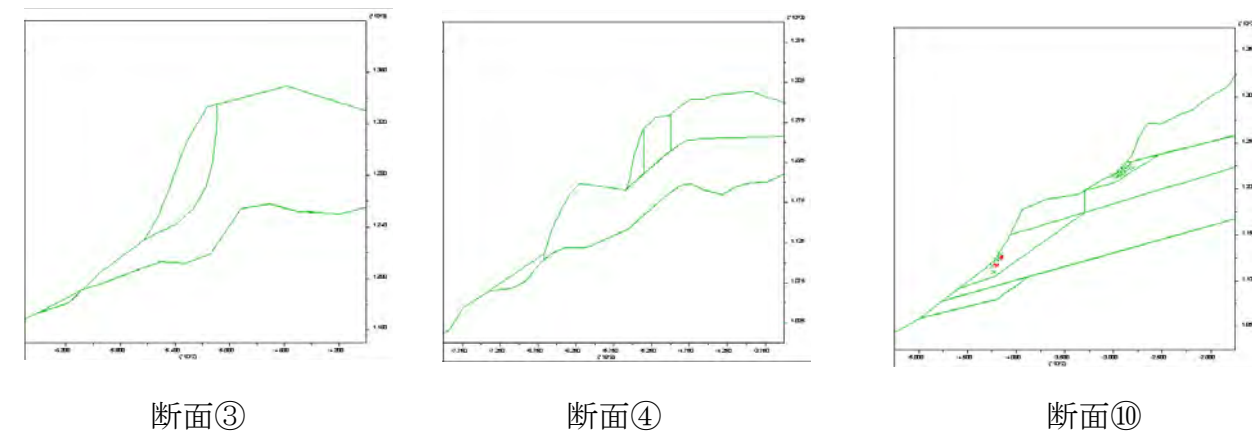


図 5.4 引張応力と引張破壊の発生する領域

南東方向の断面において溶岩や多孔質溶岩と火砕堆積物との間に脆弱な部分があれば、下方に動き易い領域と動きにくい領域とにわかれ、その境界部分に引張応力が発生することが確認できた。その結果として、せん断破壊、引張破壊が発生し、下方に動くメカニズムが想定できる。

【参考：破壊が確認できなかった小断面】



6. 溶岩ドーム形成過程から見た崩壊メカニズム

崩壊の発生は、斜面の地質構成、地質構造および構成物質の物理特性といった「素因」と、当初からの場の条件（地形・地質など）以外の外的な要因である「誘因」とが組み合わさった結果として生ずると考えられる。

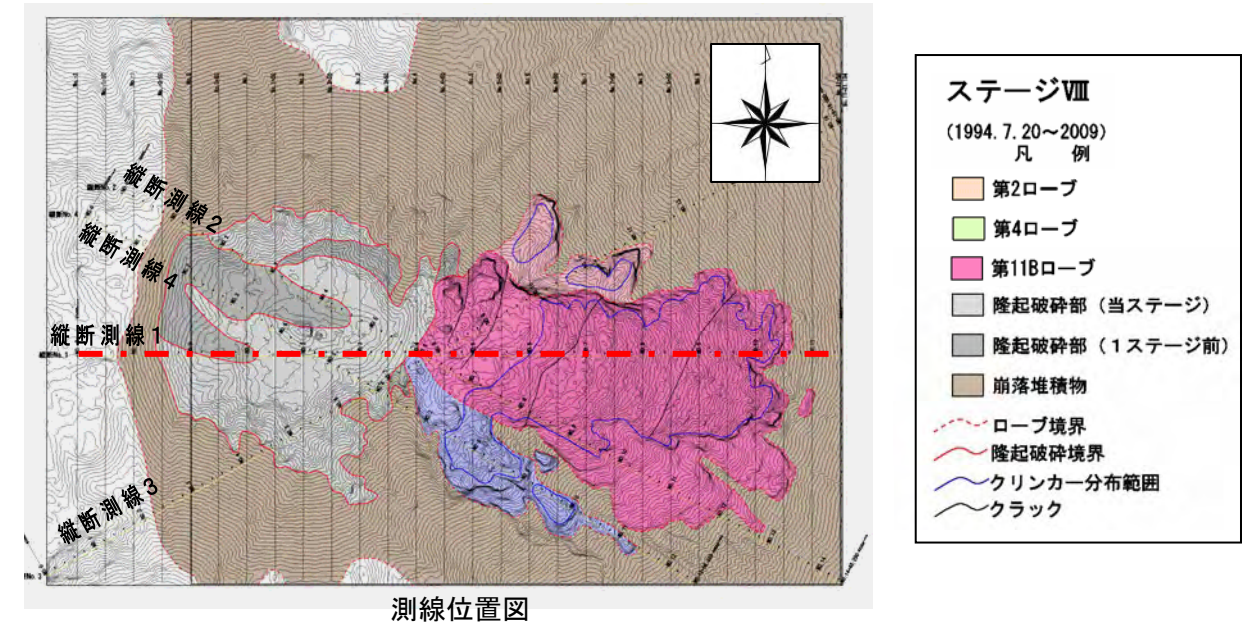
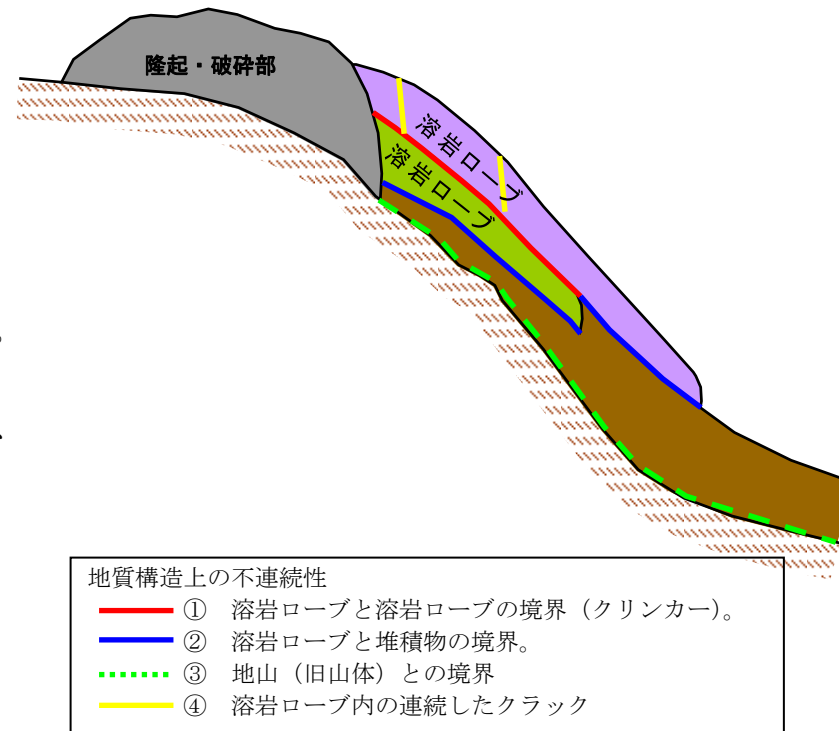
6.1 考え得る素因

溶岩噴出が停止した現状の雲仙普賢岳の溶岩ドームにおいて、今後発生し得る崩壊の素因について整理した。

一般的には岩盤のクリープ変形、風化の状態といった物理的特性についても素因として挙げられるが、これらは長い時間を経て生じてくる現象である。

雲仙普賢岳の溶岩ドームにおいては現状でわずかな動きが見られるものの、クリープや風化による顕著な変形は見られていないことから、「地質構造上の不連続性」を溶岩ドーム崩壊における素因として考える。

素因としての「地質構造上の不連続性」においては、次の4つ要素のいずれかまたは複数が素因となる可能性がある。



測線位置図

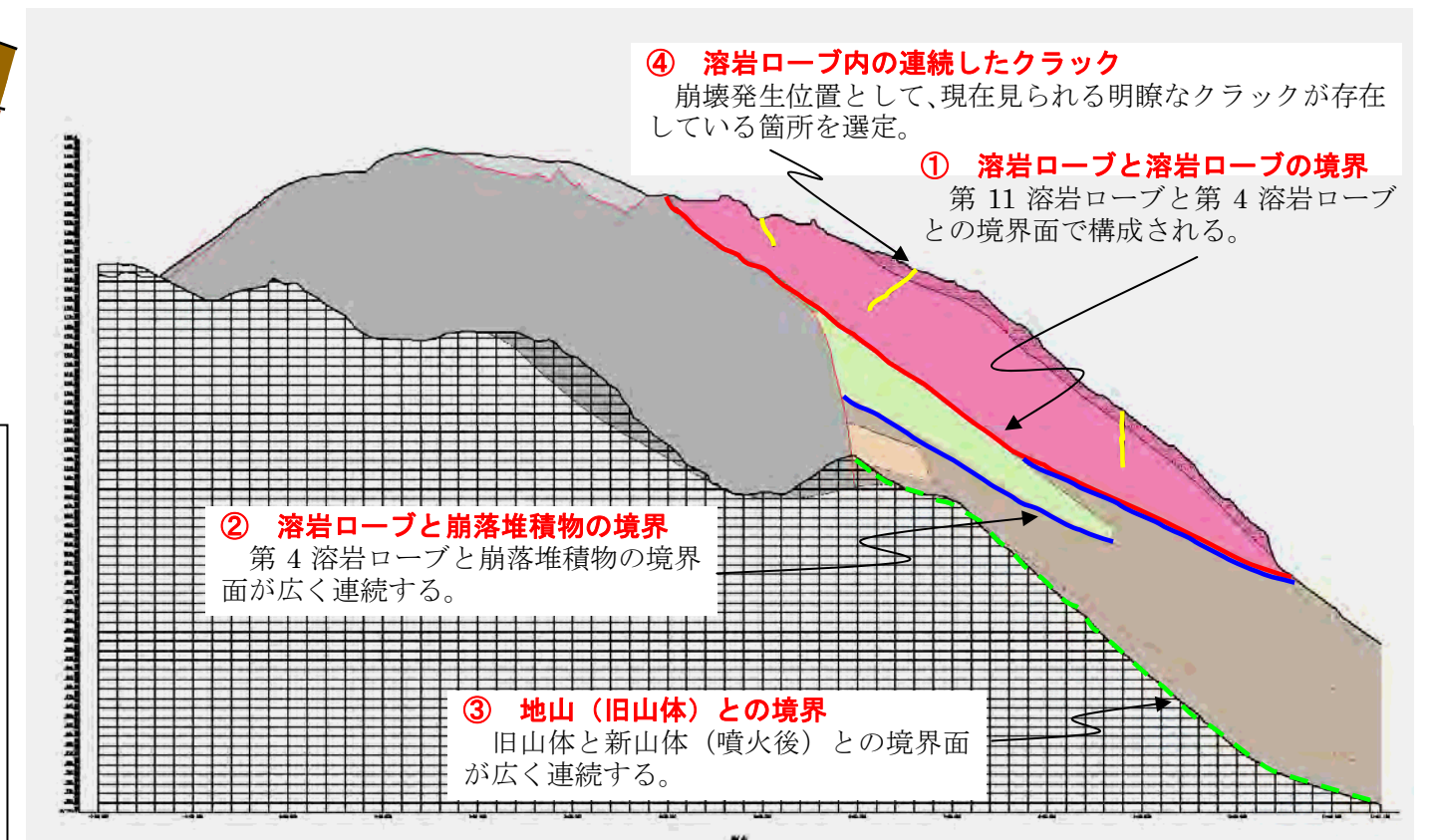


図 6.1 想定崩壊面位置図

① 溶岩ローブと溶岩ローブの境界(クリンカー)

クリンカーは内部では除去されている可能性があり、下記②よりも強度を保っているものと考えられるが、強度など物性の違いによる不連続面として考えることができるため、弱線として考える。

② 溶岩ローブと崩落堆積物の境界

溶岩ローブと、火砕流や溶岩ローブの崩落による崩落堆積物との境界面は、地質的な不連続面であるため、弱線として考える。

③ 地山(旧山体)との境界

噴火前の地山(旧山体)と噴出物(崩落堆積物等)との境界面は、物性の違い、また地質的にも不連続面であるため、弱線として考える。

④ 溶岩ローブ内の連続したクラック

溶岩ローブ中にクラックが生じている場合には、クラックの部分で溶岩ローブが分断されるため、下流側にある溶岩ローブのせん断抵抗力が小さくなり、クラック部分は崩壊面(頭部)となる可能性があり、弱線として考える。

6.2 考え得る誘因を考慮した今後想定される現象

誘因については、火道から供給されるマグマの圧力が存在しない現状においては、次に示す3つが考えられ、想定される現象としてはそれぞれの誘因に伴う岩塊崩壊が考えられる。

[誘因]

- ① 重力による自然崩壊
- ② 降雨等による溶岩ドーム末端の抑え消失に伴う崩壊
- ③ 地震等による崩壊

① 重力による自然崩壊

これまでの検討結果より、第11ローブの形成過程や溶岩層と火砕堆積物の間にクリンカーなどの脆弱な地層が介在することなどにより、南東側への変位していると想定される。

また、この変位は重力作用によるものと考えられ、前述の脆弱な地層の強度低下に伴い、その部分がすべり面となり、ローブ内部に引張応力が発生することが数値解析から確認された。

このことから、今後想定される現象として、溶岩ローブがブロック単位で崩壊する、また場合によっては溶岩ローブ全体が崩壊する可能性がある。

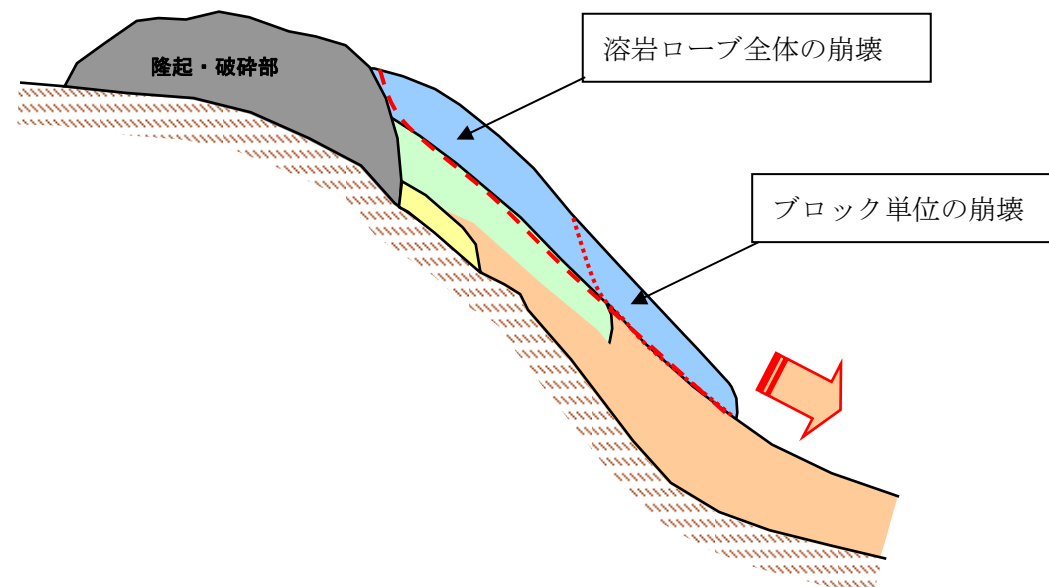


図 6.2 重力による自然崩壊

② 降雨等による溶岩ドーム末端の抑え消失に伴う崩壊

溶岩ドーム本体の末端で小崩壊や地表面浸食等によって地形が削られると、溶岩ドーム末端の抑え抵抗力が失われ、安定性を大きく失う恐れがある。

降雨等により溶岩ドーム末端部の堆積物が崩壊または流出することで、溶岩ドーム全体の抵抗が減少し、溶岩ドームが不安定化する。

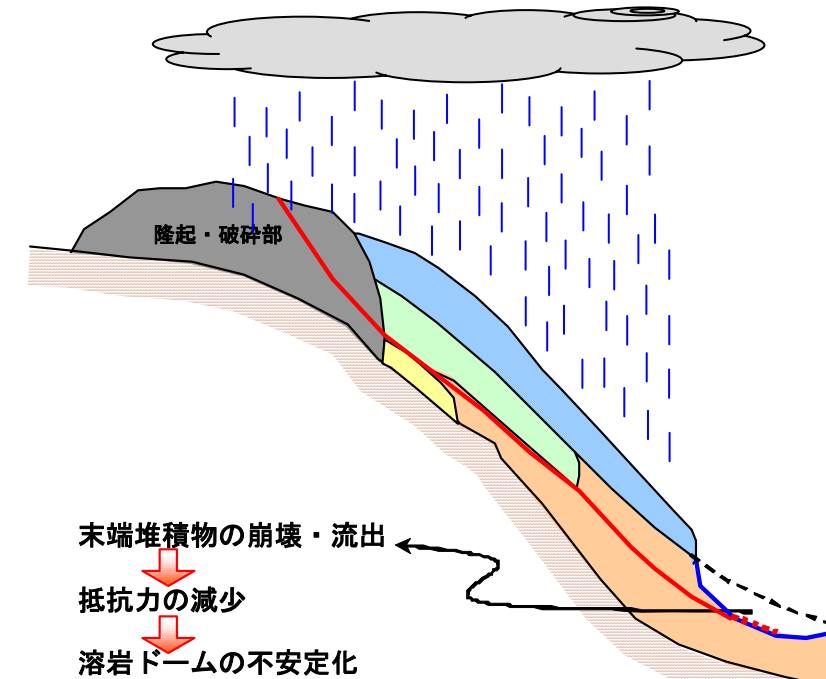


図 6.3 降雨等に伴う溶岩ドーム末端の抑え消失に伴う崩壊

③ 地震等による崩壊

通常、地すべり土塊の安定性には、地震時慣性力は大きく影響しないとされている。一方、溶岩ドームは周辺の山体地形から張り出した凸地形を呈するため、地震時に慣性力を受け、大規模な崩壊に発展する可能性がある。

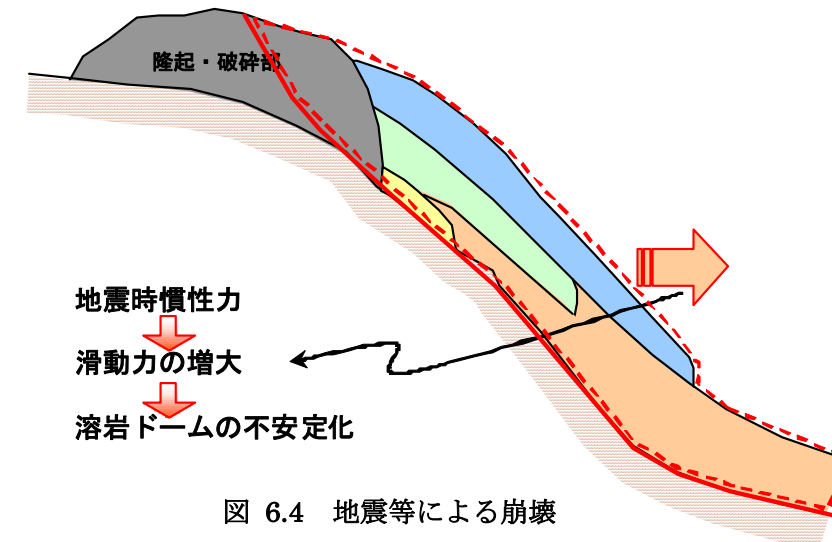


図 6.4 地震等による崩壊