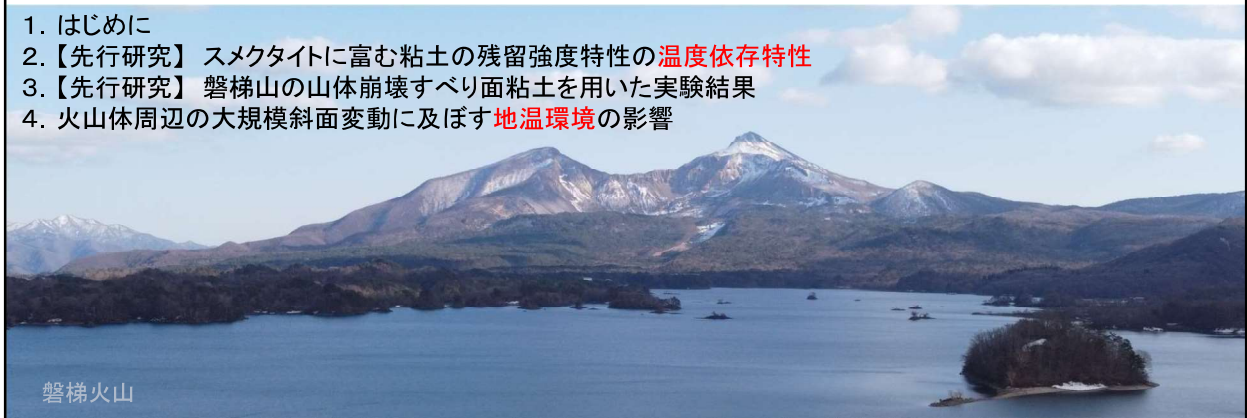


火山体周辺の大規模地すべりの変動メカニズムについて

1. はじめに
2. 【先行研究】スメクタイトに富む粘土の残留強度特性の**温度依存特性**
3. 【先行研究】磐梯山の山体崩壊すべり面粘土を用いた実験結果
4. 火山体周辺の大規模斜面変動に及ぼす**地温環境**の影響



柴崎達也(国土防災技術株式会社)

1

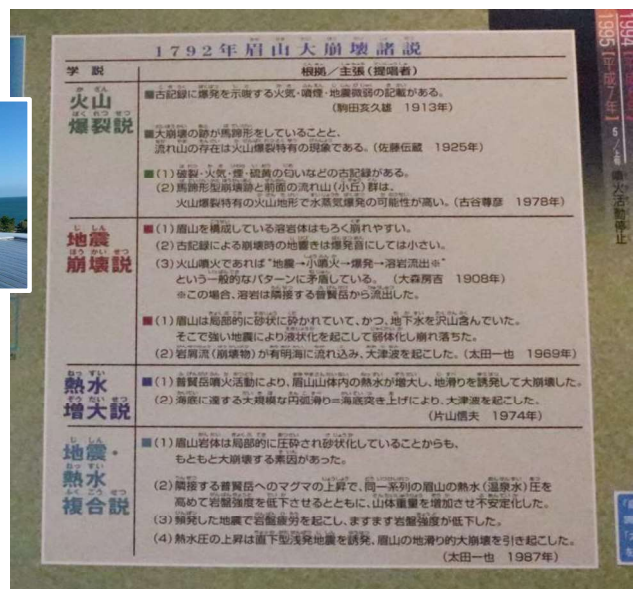
はじめに



- 火山の山体崩壊は低頻度であるため、歴史資料も少なく、発生メカニズム解明が難しい。各事例において、多くの説・論争がある。
- 広範囲の大災害につながることから、場や時間の予知・予測の可能性を含め、防災上、崩壊メカニズムの解明が必要である。

本発表

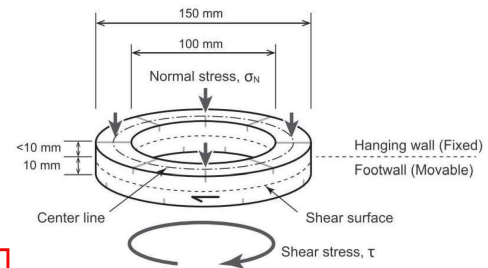
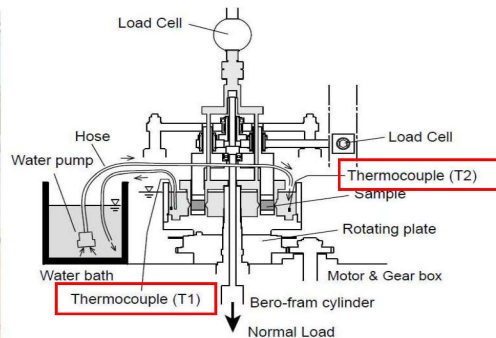
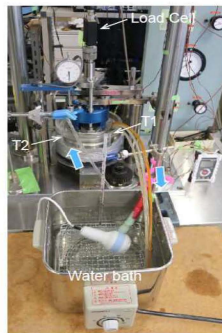
近年判明してきた温度環境に依存するすべり面粘土の強度特性に関する知見を踏まえ、火山体及びその周辺の斜面変動メカニズムを考察した。



雲仙岳災害記念館(がまだすドーム)の解説展示パネル

2

【先行研究】 リングせん断試験による粘土の残留強度の温度制御実験



Bishop型リングせん断試験機

Caベントナイト

➤ 残留強度状態でせん断箱水槽内の水を介して温度を変化させると？

3

冷却実験

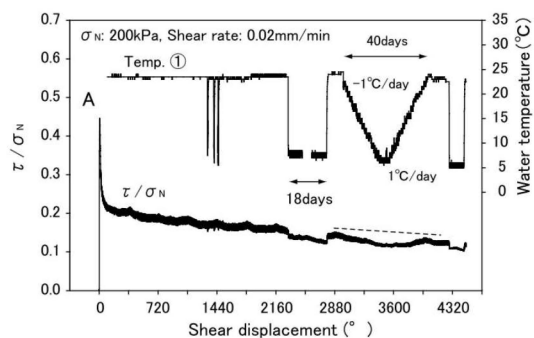


図-9 Ca型ベントナイト(試料A)の長期間の冷却実験結果
Fig. 9 Result of long-term cooling experiment performed on Ca-type bentonite (Sample A)

柴崎・山崎(2010): 土の残留強度特性に及ぼす温度の影響、
日本地すべり学会誌、Vol.47, No.5, pp.255-264

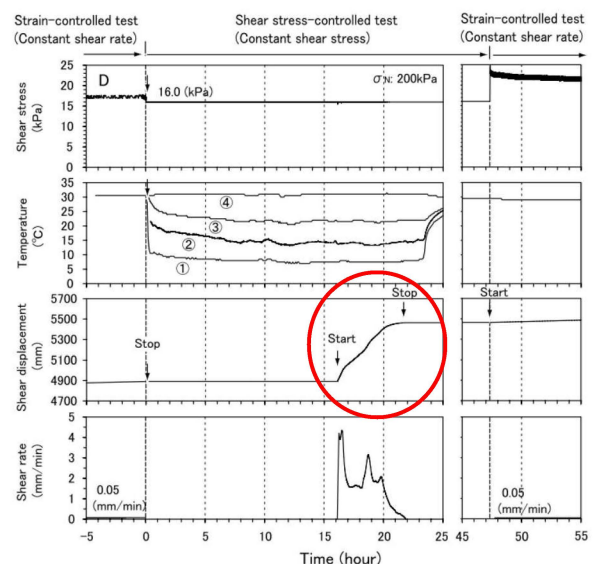


図-12 せん断力制御実験におけるリングせん断挙動(試料D)
Fig. 12 Ring shear behavior during stress-controlled test (Sample D)

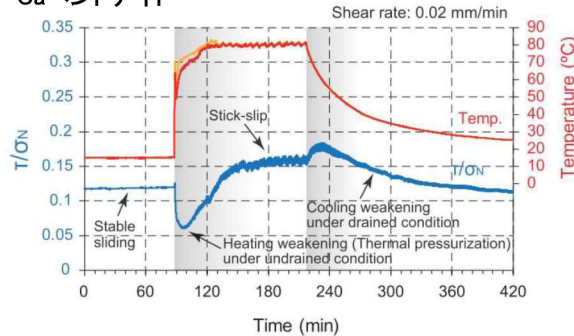
知見① 温度をゆっくり低下させると(排水条件)、強度低下する。＝スメクタイトの特異なレオロジー特性

4

急速加熱実験

垂直応力: $\sigma_N \approx 600\text{kPa}$

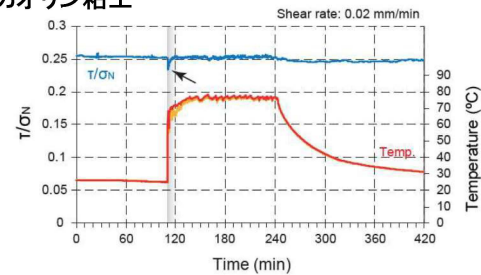
① Caベントナイト



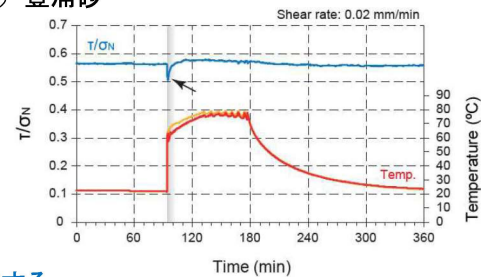
柴崎, 2021, 第60回日本地すべり学会研究発表会

知見② 温度を急激に上昇させると(非排水条件)、強度低下する。
(熱圧化 “Thermal Pressurization” と呼ばれる現象)

② カオリン粘土



③ 豊浦砂



5

火山体の不安定化機構

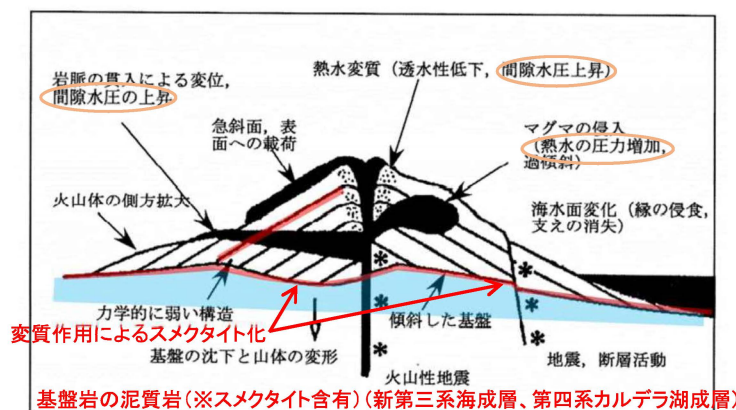


図-1 火山体を不安定にする要因 (Siebert, 2002)

千木良 (2005): 大規模地すべり, 日本地すべり学会誌, Vol.42, No.1, pp.89-96

● 熱圧化に起因した斜面変動?

山体崩壊・岩層なだれ

- 雲仙火山 → 西暦1792年眉山の崩壊
- 磐梯火山 → 西暦1888年裏磐梯岩なだれ
- 3-5万年前翁島岩なだれ
- 鳥海火山 → 2500年前の象潟泥流
- 蔵王火山 → 5万年前の須川泥流

etc.

地すべり

- 八幡平火山 → 山麓の巨大地すべり群
- 吾妻火山 → 山麓の巨大地すべり群
- 有珠火山 → 西暦2000年噴火時の西麓斜面移動
- 浅間火山 → 西暦1738年鎌原泥流

etc.

● 山体冷却に起因した斜面変動?

火山活動の鎮静化や氷期における
地すべり発生ポテンシャルの増加

6

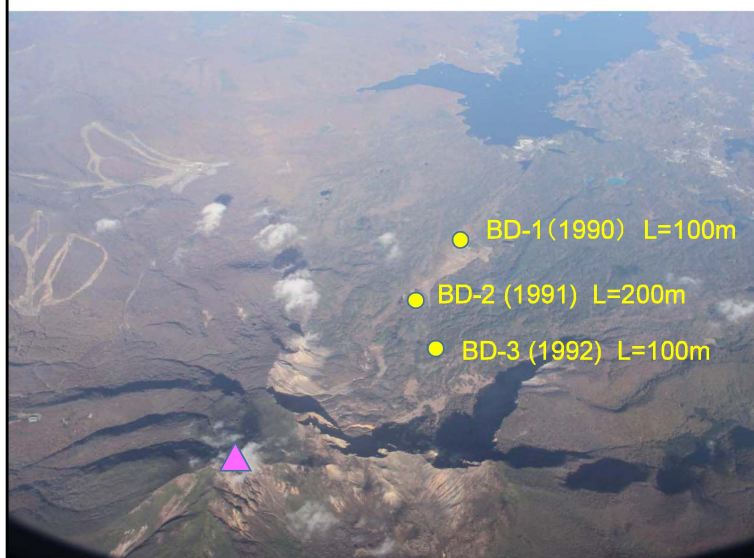
1888年磐梯山の山体崩壊のすべり面試料を用いた 熱圧化の検証実験

第61回日本地すべり学会研究発表会(2022)で発表

柴崎達也(国土防災技術株式会社)・山田隆二・井口隆(防災科学技術研究所)
1888年磐梯山の山体崩壊メカニズムの再考察:スメクタイト含有凝灰岩層の熱圧化

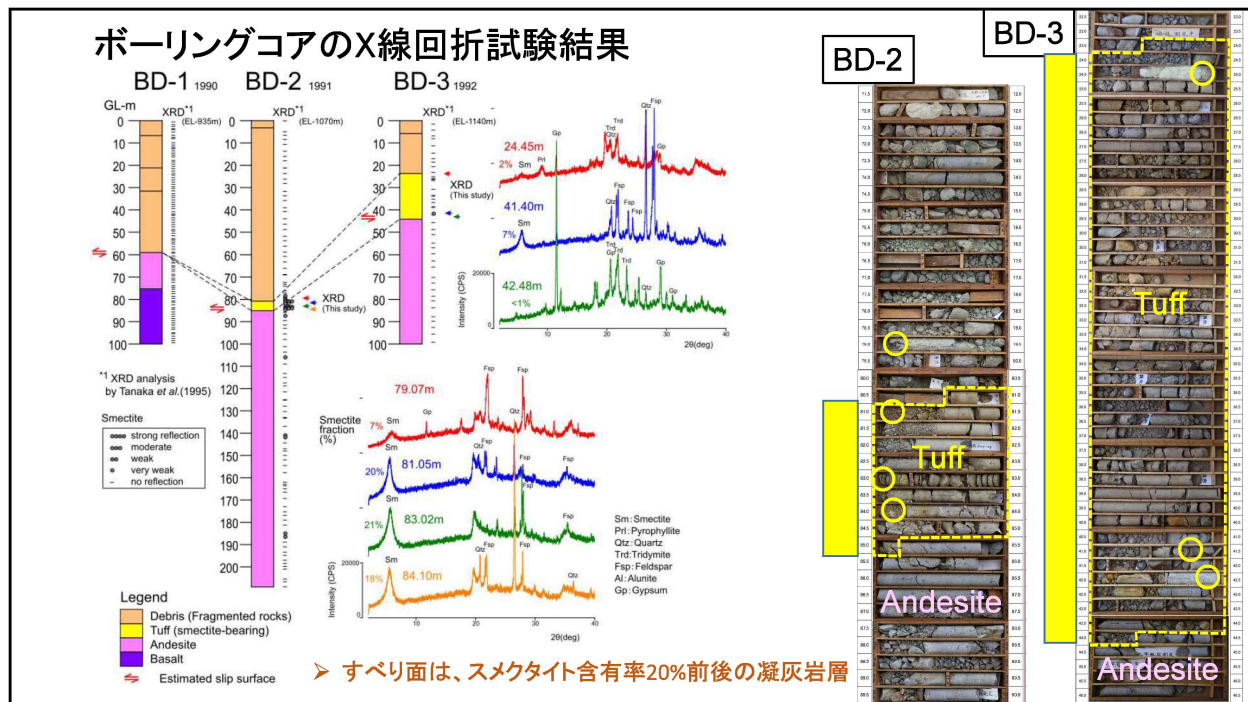
7

ボーリング調査(1990-92実施)の場所

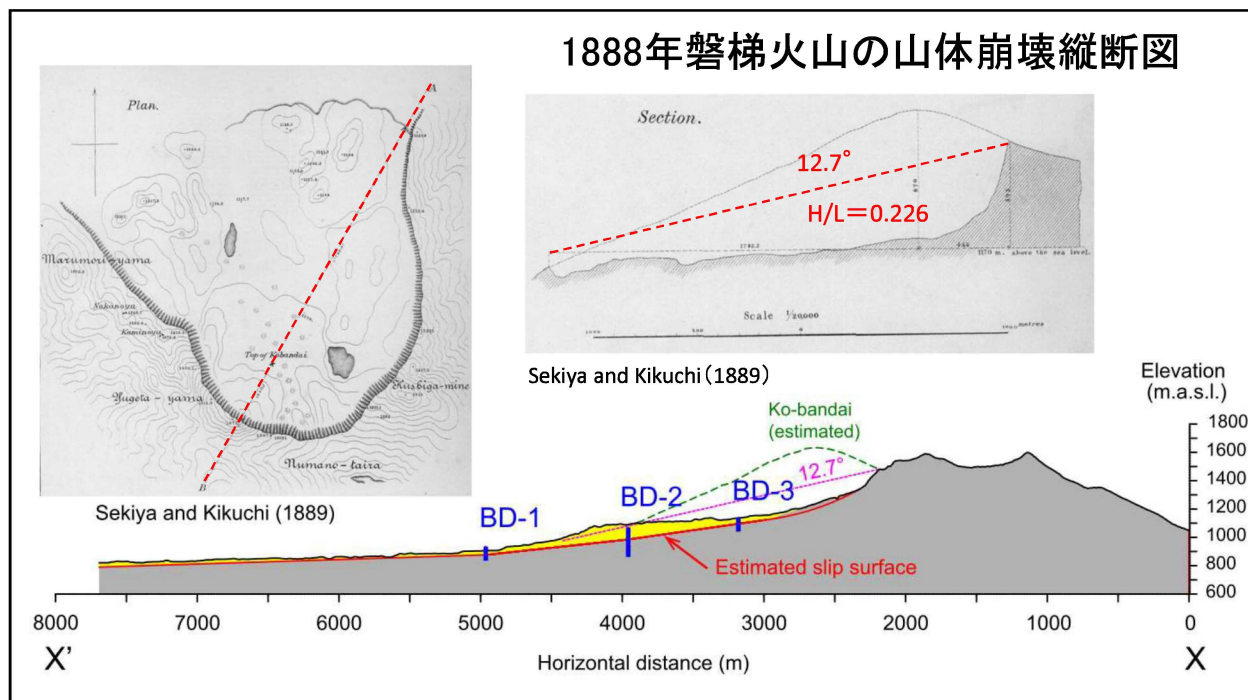


- 平成4-6年に実施された学術ボーリング調査によると、スメクタイトを含む凝灰岩層が北に4°程ゆるく傾斜していたことが判明している(田中ほか、1995)。
- スメクタイト含有層に規制された層すべり、Translational slideであったことが推察される。

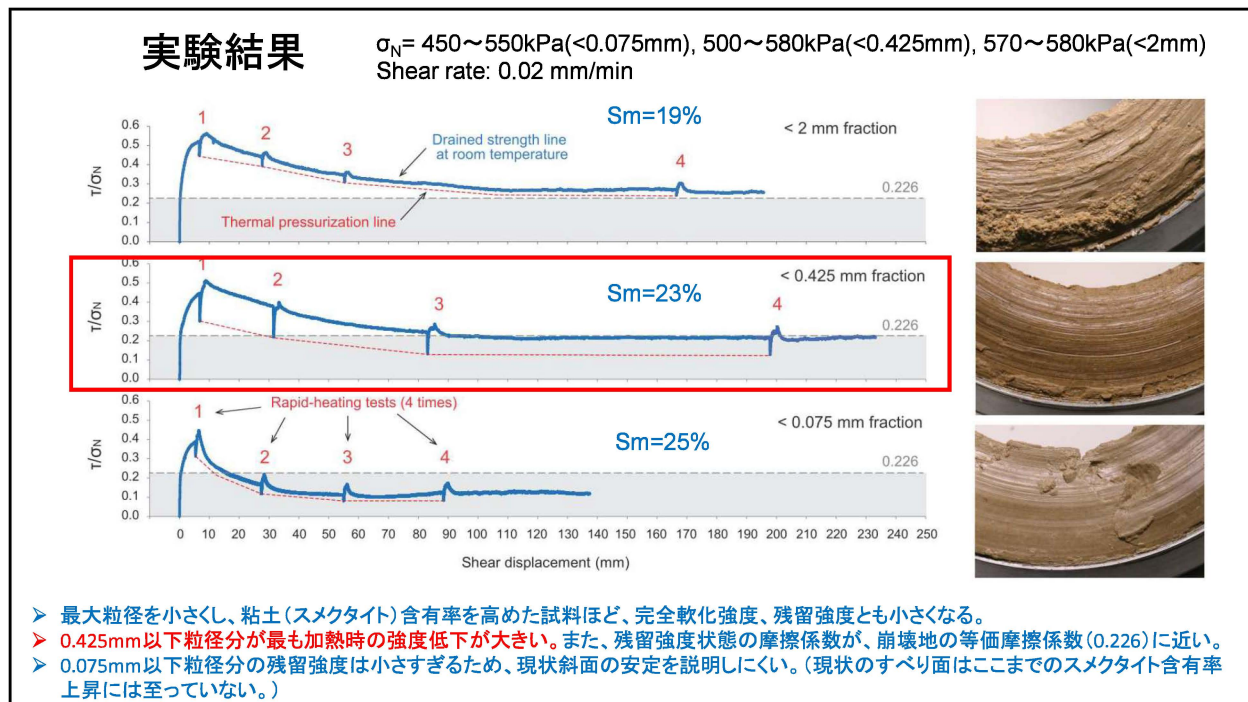
8



9



10



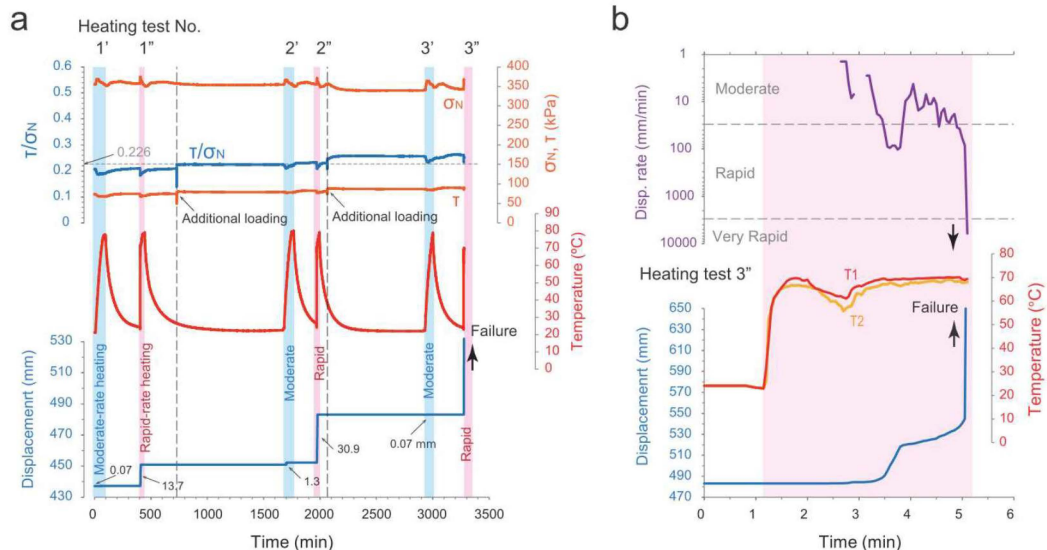
11

残留強度状態からの大変位(三次クリープ崩壊)



12

残留強度状態でのクリープ実験 (425mm以下粒径分)



- 経載荷によってせん断応力を段階的(3ステージ)に上げながら、温度上昇(緩速・急速)実験
- 緩やかな温度上昇では変位は小。急激な温度上昇では変位が大。→熱圧化による間隙水圧上昇の程度は排水速度に依存

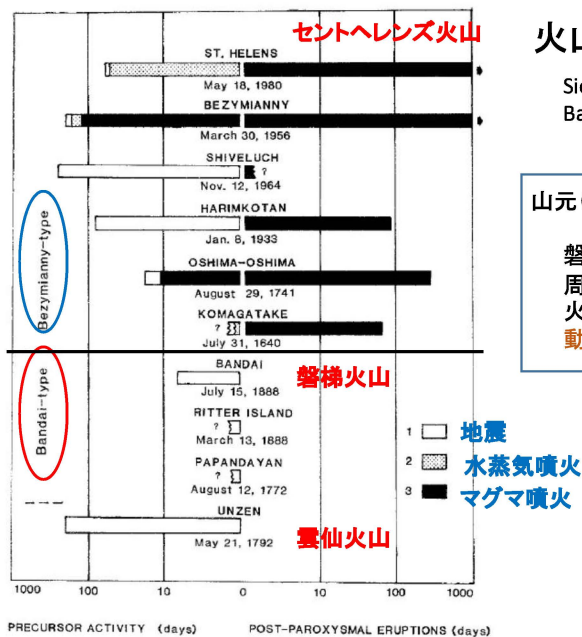
13

火山体の山体崩壊のタイプ

Siebert et al. (1987) : Volcanic hazards from Bezymianny- and Bandai-type eruptions. Bulletin of Volcanology, 49, 435-459

山元(2018): 磐梯火山, 最新期の火山活動, 火山, 63, 3, 37-48

磐梯火山では、800～600calBC以降、中ノ湯火口列～沼ノ平周辺で水蒸気噴火や噴煙活動が繰り返され、現在も活発な火山性地震動を伴う。1888年噴火は磐梯火山の最新期の活動の中で特殊なものではない。



- 大規模な噴火活動を伴うベズイミアニ型の崩壊は、ピーク強度状態でも山体を破壊する強烈なトリガーとなる火山活動がある?

- 前駆的および崩壊後の噴火が伴わない磐梯型の崩壊は、残留強度状態にあるすべり面に小規模な刺激を与えれば崩壊した可能性がある?

14

他の火山体で生じた山体崩壊・地すべり事例

～変質岩や泥質岩の熱圧化に注目した斜面変動機構の再検討～

15

鳥海火山の山体崩壊



加藤、1978、日本地質学会学術大会講演要旨

➢2500年前の鳥海火山の山体崩壊による象潟泥流堆積物には、第三系を覆う鳥海火山初期の噴出物が含まれる。

➢粘土化帯か、その直下、標高およそ700m、鳥海山噴出物と第三系との境界に生じた水蒸気爆発が原因。

→ スメクタイト含有層の熱圧化？

地すべり地帯
(新第三紀中新統
海成泥岩)

象潟泥流

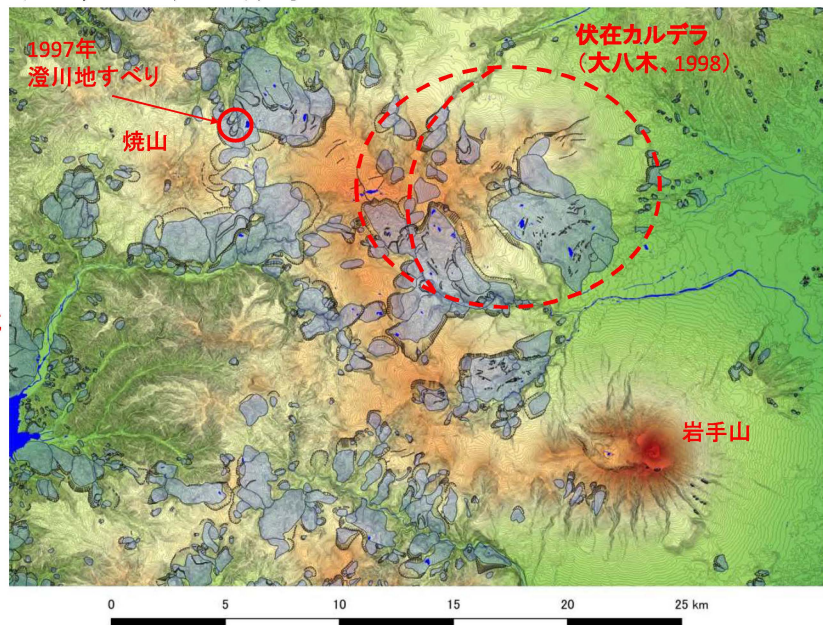
産総研：地質図Navi

10 km

16

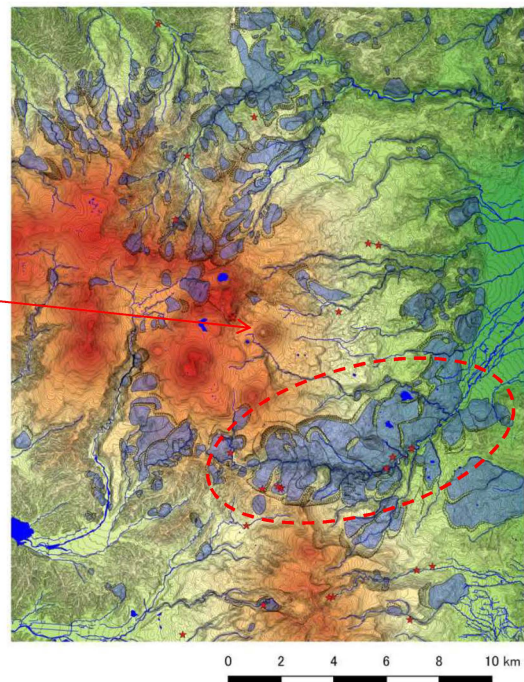
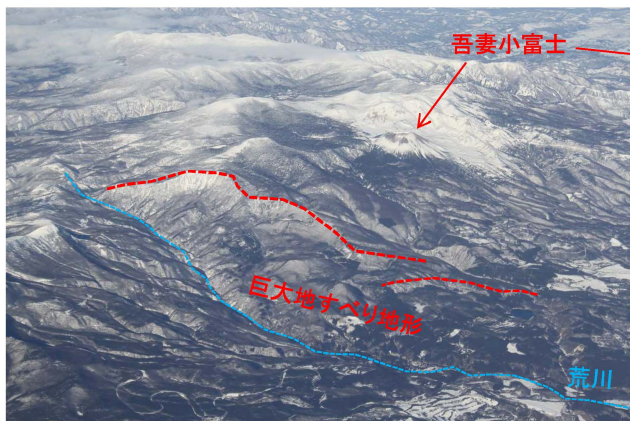
岩手県八幡平の巨大すべりの成因

- 1997年5月澄川地すべりは、融雪が原因とされているが、崩壊発生の前年から噴気・噴湯の活発化があり、1か月前に泉源の山手側斜面の膨張が確認されていた(窪田, 2003)。水蒸気爆発は、斜面変動の結果。
- 大八木(1998)によれば、環状構造(伏在カルデラ)の中に含まれる巨大な地すべり地形は、軟質な地層(湖成堆積物)の上に形成された火山体が、巨視的キャップロック構造-2層構造の状態で変動したもの。
- 潜伏する下位の古期カルデラ湖堆積物(透水性の低い泥質岩)が火山活動によって熱圧化し、巨大地すべりが発生した可能性。

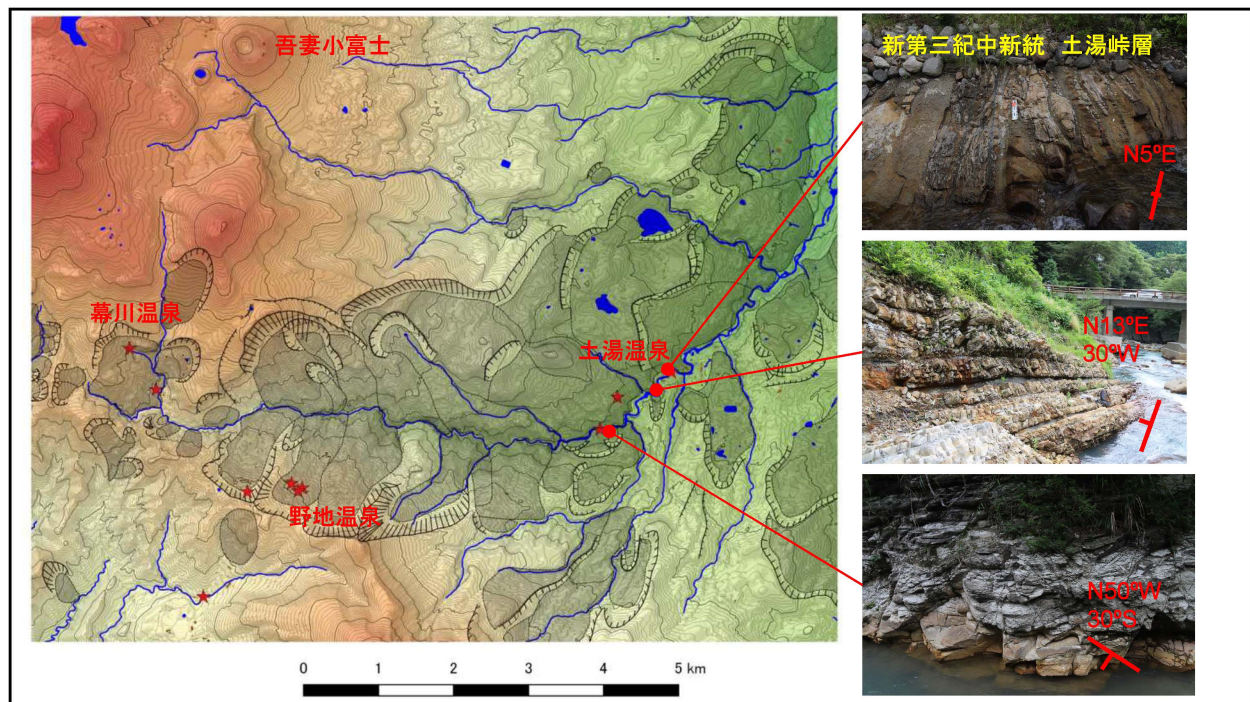


17

福島県吾妻火山周辺の巨大地すべりの成因



18



19



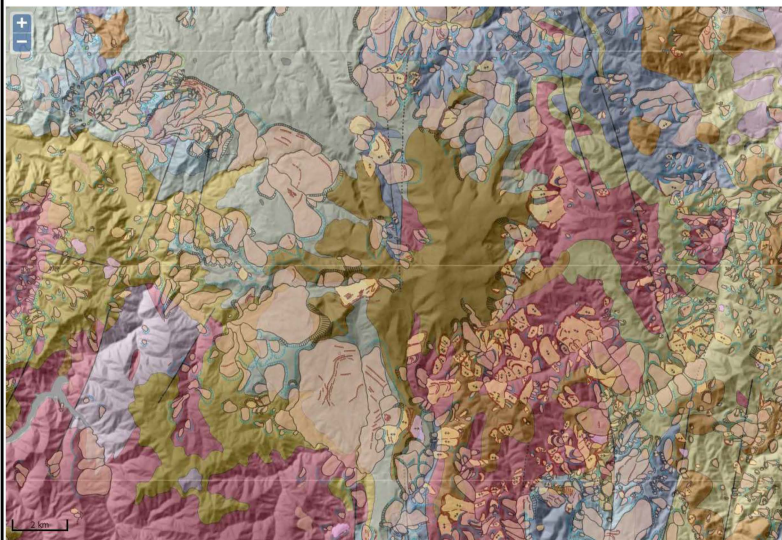
20

火山体の冷却に伴う斜面変動

～火山活動の鎮静化、氷期・間氷期サイクルの寒冷期における
地すべり発生ポテンシャル増加の可能性～

21

月山火山周辺に分布する大規模地すべり地形



産総研:地質図Navi

- 月山は**最後の火山活動から30万年経過**。山体の温度は、火山活動期に比べ低下していると考えられる。
- その間、**氷期・間氷期サイクルの気候変動も経験し、氷期に深層地温が低下**していた時期があったと推察できる。
- 温度低下に伴う強度低下は緩慢に進行し、熱圧化による強度低下ほど激甚ではないため、**積極的な誘引**というよりは、**地すべりの発生ポテンシャルの増加に寄与**する。
- 地温環境の変動が、地すべり地形発達にも影響してきた可能性も検討すべき。

22

まとめ

- スメクタイトを含む粘土の残留強度状態では、①非排水条件での急激な温度上昇、②排水条件での緩やかな温度低下、がせん断強度低下に影響する。
- 成層火山の深部にスメクタイトを含む泥質岩や変質岩が分布していると、急激な火山活動によって熱圧化し強度低下することが、山体崩壊や地すべりの要因になる可能性がある。
- スメクタイトを含むすべり面粘土がゆっくり冷却するような条件、つまり、季節変動による寒候期の地温低下に加え、地質時間スケールでの火山活動の鎮静化、氷期間氷期サイクルなどにより山体の地温低下が地すべりの発生ポテンシャルを増加させる要因になる。
- 火山体の崩壊機構や周辺の巨大地すべりの地形発達などを考える上で、火山活動や気候変動含め、地質時間スケールでの地温環境の変化にも目を向けていく必要がある。

23

24