令和6年能登半島地震により発生した崩壊の地質的特徴

～特に、崩壊群発地の地質と崩壊との関係について～

【目次】

１．調査箇所の概要
２．地質分布
３．調査結果
●表層崩壊
①珪質シルト岩、②流紋岩、③流紋岩質火砕岩、④デイサイト質火砕岩、⑤安山岩質火山岩、⑥礫岩主体層
●大規模崩壊
・大久保崩壊の地質的素因
４．まとめ

流紋岩質火砕岩の崩壊

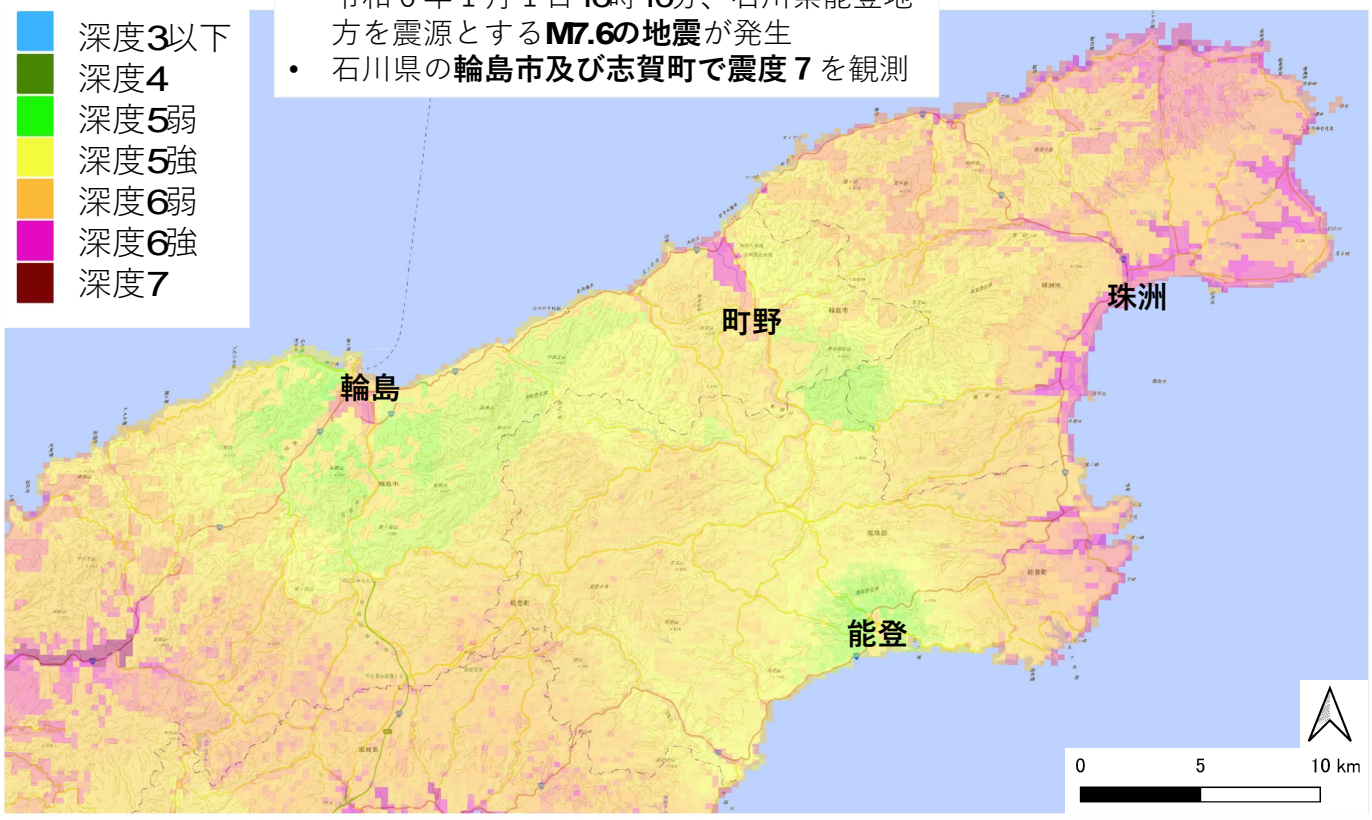
松澤　真

京都大学防災研究所 斜面未災学研究センター

【謝辞】本報告は、渡壁 卓磨（森林総合研究所）・佐藤 昌人（防災科学技術研究所）、下村 博之（パスコ）・花川 和宏（アサノ大成基礎エンジニアリング）・末武 晋一（日本工営）・木村 一成（ケイジオ）との共同研究結果に基づくものです。

１．調査地域の概要

- 令和６年１月１日16時10分、石川県能登地方を震源とする**M7.6の地震**が発生
- 石川県の**輪島市及び志賀町で震度７**を観測

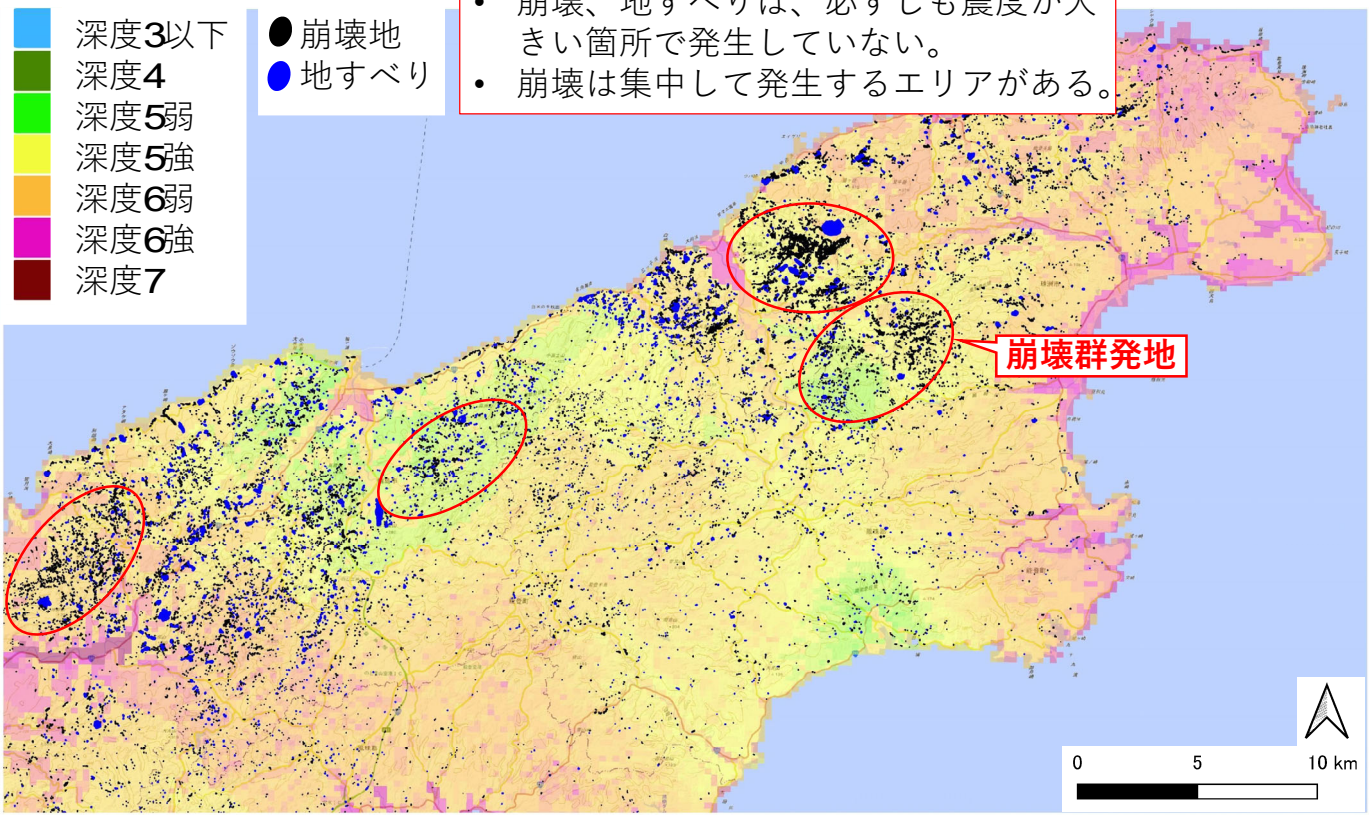


令和6年能登半島地震の推定深度分布

＊基図は、地理院地図より。推定震度分布は、内藤（2024）、防災科学技術研究所より

推定深度と崩壊分布

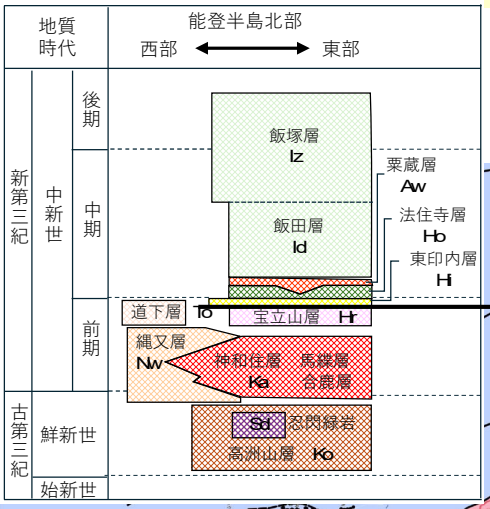
- 崩壊、地すべりは、必ずしも震度が大きい箇所で発生していない。
- 崩壊は集中して発生するエリアがある。



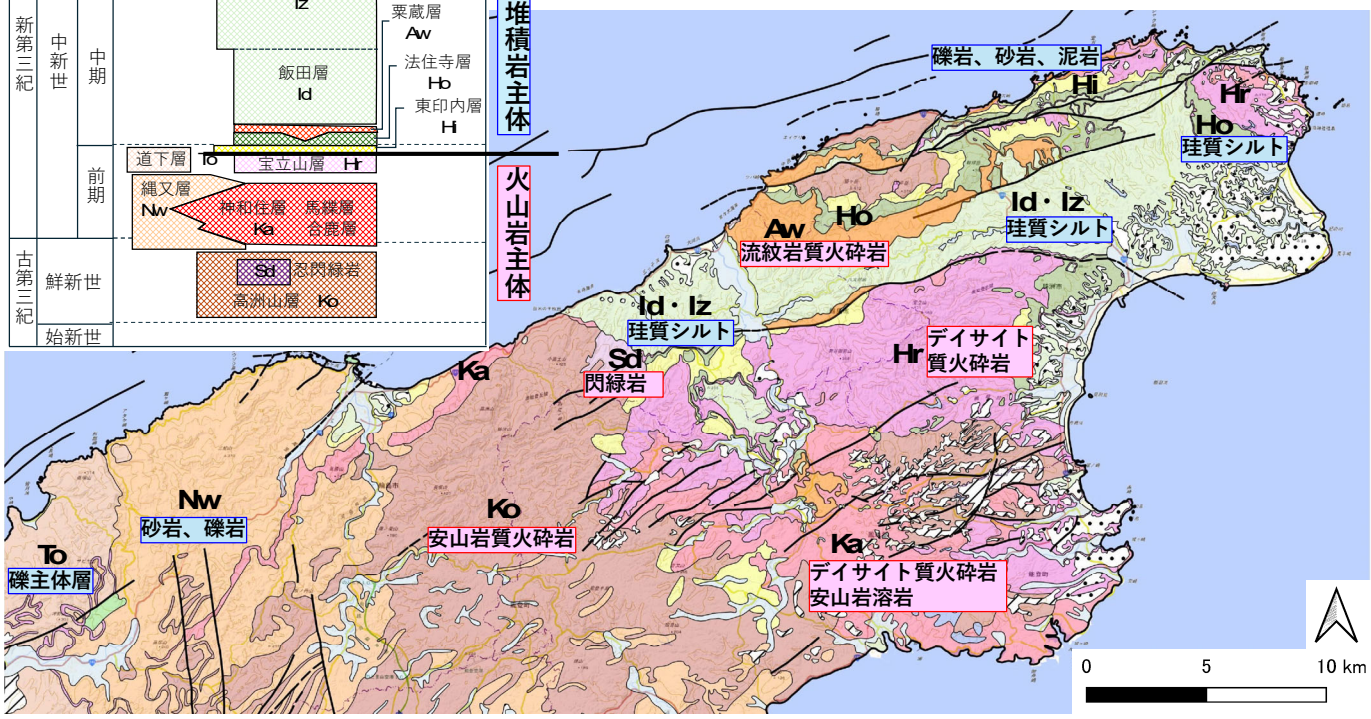
令和6年能登半島地震の推定深度と崩壊分布

＊崩壊地、亀裂の分布は、令和５年度航空レーザ計測データ解析事業・業務報告書(林野庁)より。
これ以降の崩壊地・地すべりの分布は、全てこのデータを使用した。

2．地質分布



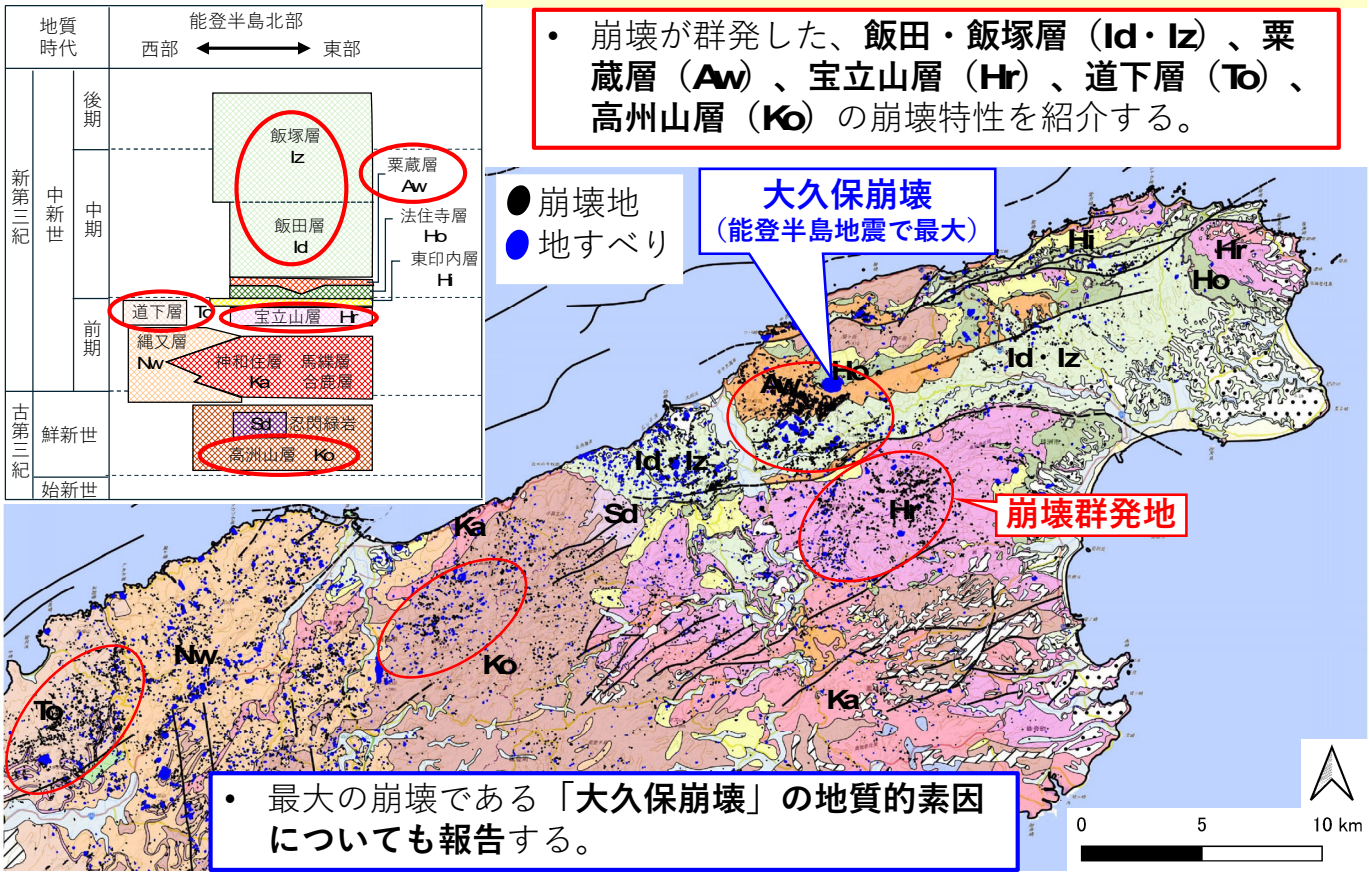
- 下部の**高州山層から宝立山層までの地層は火山岩**が主体
- 上部の**東印内層から飯塚層までの地層は海成の堆積岩**が主体



能登半島の地質図

＊地質図および凡例は、尾崎ほか「20万分の1地質図幅「輪島」（第2版）」（2019）に基づき作成

地質と崩壊分布



- 崩壊が群発した、**飯田・飯塚層（Id・Iz）、粟蔵層（Aw）、宝立山層（Hr）、道下層（To）、高州山層（Ko）**の崩壊特性を紹介する。

- 最大の崩壊である「**大久保崩壊**」**の地質的素因についても報告**する。

能登半島の地質と崩壊分布図

崩壊地・地すべり地は林野庁（2025）、地質分布は尾崎ほか（2019）より

3．調査結果

【本日、報告する崩壊が多発した地質】

①珪質シルト岩（飯塚・飯田層）
②流紋岩（粟蔵層）
③流紋岩質火砕岩（粟蔵層）
④デイサイト質火砕岩（宝立山層）
⑤安山岩質火山岩（高州山層）
⑥礫岩主体層（道下層）

①珪質シルト岩の崩壊（飯塚・飯田層）

【岩石特徴】

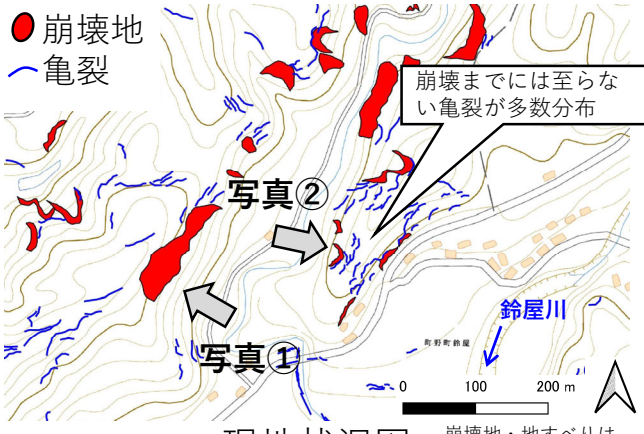
比較的新鮮な珪質シルト岩（灰色）と風化した珪質シルト岩（白色）

スレーキングした珪質シルト岩

【飯塚層・飯田層の特徴】

- 飯塚層は、能登半島北東部に広く分布する層厚350m以上の海成層で、**主に珪質ー珪藻質シルト岩**からなり、砂質泥岩ー泥質砂岩及び流紋岩凝灰岩の薄層を挟む（尾崎ほか、2019）。
- 飯塚層は、飯田層と共に珪質ー珪藻質シルト岩を主体とする**珪藻起源の外洋性細粒堆積物**からなる（尾崎ほか、2019）。
- 従来は、**飯塚層と飯田層を一括して扱う**ことが多かった（吉川ほか、2002）。

①珪質シルト岩の崩壊（飯塚層・飯田層）



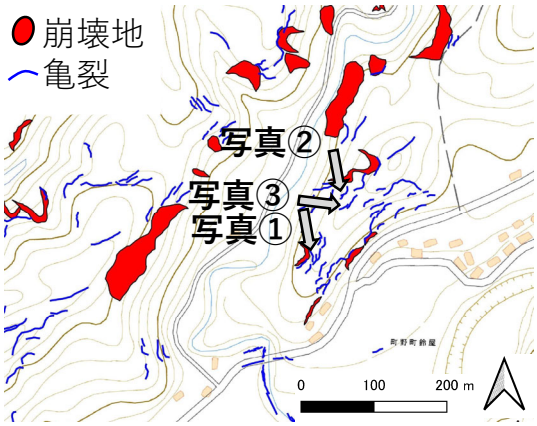
現地状況図　崩壊地・地すべりは林野庁（2025）

写真①　表層崩壊

地表変異が発生している箇所では、**立木の中折れ**が多くみられた。
⇒**地震の揺れの強さに起因**する可能性あり

写真②　傾斜した樹木
⇒**崩壊には至らない斜面の変状**により樹木が傾いている。調査地ではこのように**傾いた樹木**が多くみられる。

①珪質シルト岩の崩壊（飯塚層・飯田層）



現地状況図

崩壊地・地すべりは林野庁（2025）

- 風化の進行による砂質、粘土質はほとんど形成されていない。
- **クリープの進行に伴う礫質土が約1m形成**される。
- 根は、1m程度までしか侵入しておらず浅い。この深さは、基盤岩の深さに相当する。

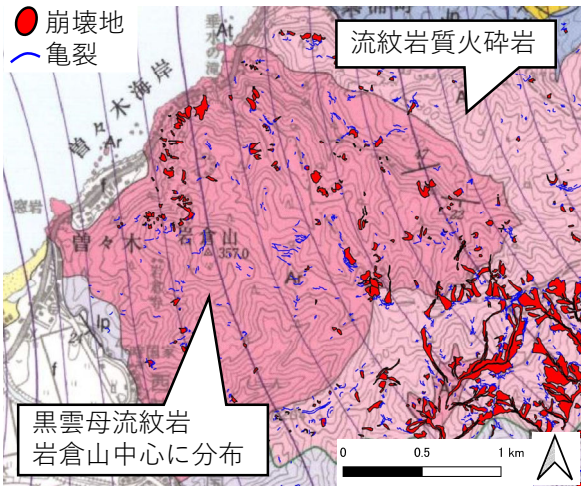
⇒**土層が1m程度と薄く、崩壊は根系が届く1m程度で発生**

写真①剥がれた根系（深さ1.0m）

写真②剥がれた根系（深さ0.8m）

写真③
トレンチ断面

●流紋岩と流紋岩質火砕岩（粟蔵層）



粟倉層の分布と崩壊

崩壊地・地すべりは、林野庁（2025）
地質図は、吉川ほか「珠洲岬、能登飯田及び宝立山地域の地質」（2002）より

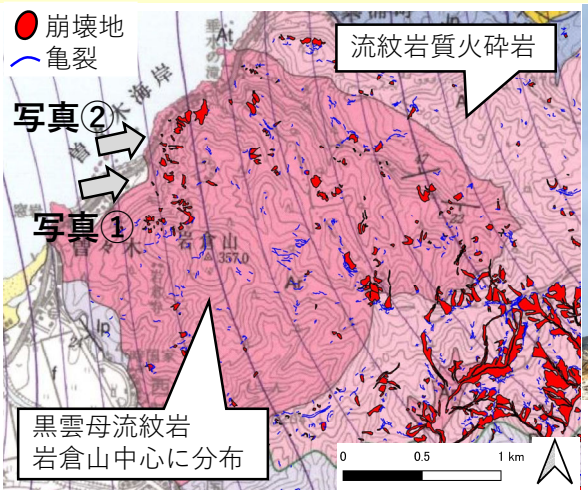
【粟蔵層について（吉川ほか、2002）】

- 粟蔵層は**黒雲母流紋岩の火山活動**によって形成された地層である。
- 卓越する岩相から**流紋岩火砕岩**、**黒雲母流紋岩**、凝灰質砂岩に区分される。
- **黒雲母流紋岩は、岩倉山を中心に分布**する。
- **流紋岩質火砕岩は、黒雲母流紋岩を供給源**にすると考えられる。

流紋岩

流紋岩質火砕岩

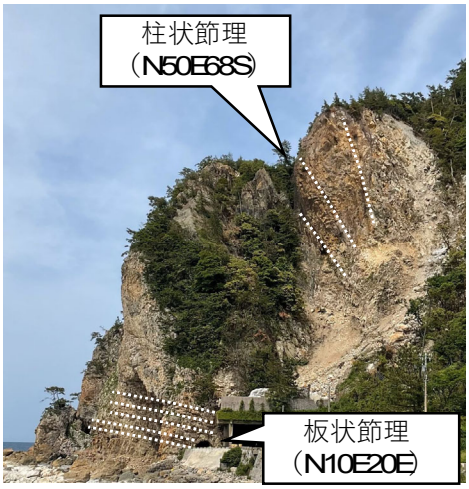
②流紋岩の崩壊（粟蔵層）



粟倉層の分布と崩壊

崩壊地・地すべりは、林野庁（2025）
地質図は、吉川ほか「珠洲岬、能登飯田及び宝立山地域の地質」（2002）より

写真①　海岸沿いの連続する崩壊



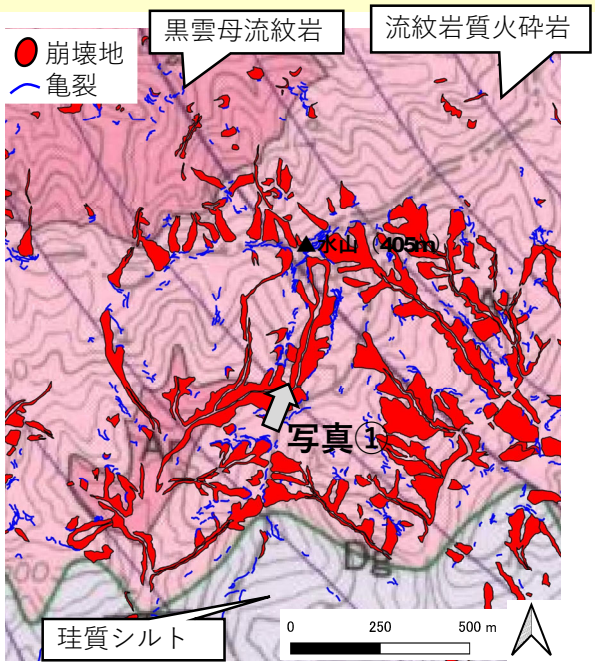
写真②流紋岩に発達する節理
2系統の節理が発達

【崩壊の特徴】
節理が発達した岩盤で、**風化層は薄い。**
表層が薄く剥がれた崩壊が主体

【粟蔵層について（吉川ほか、2002）】

- 粟蔵層は**黒雲母流紋岩の火山活動**によって形成された地層である。
- 卓越する岩相から**流紋岩火砕岩**、**黒雲母流紋岩**、凝灰質砂岩に区分される。
- **黒雲母流紋岩は、岩倉山を中心に分布**する。
- **流紋岩質火砕岩は、黒雲母流紋岩を供給源**にすると考えられる。

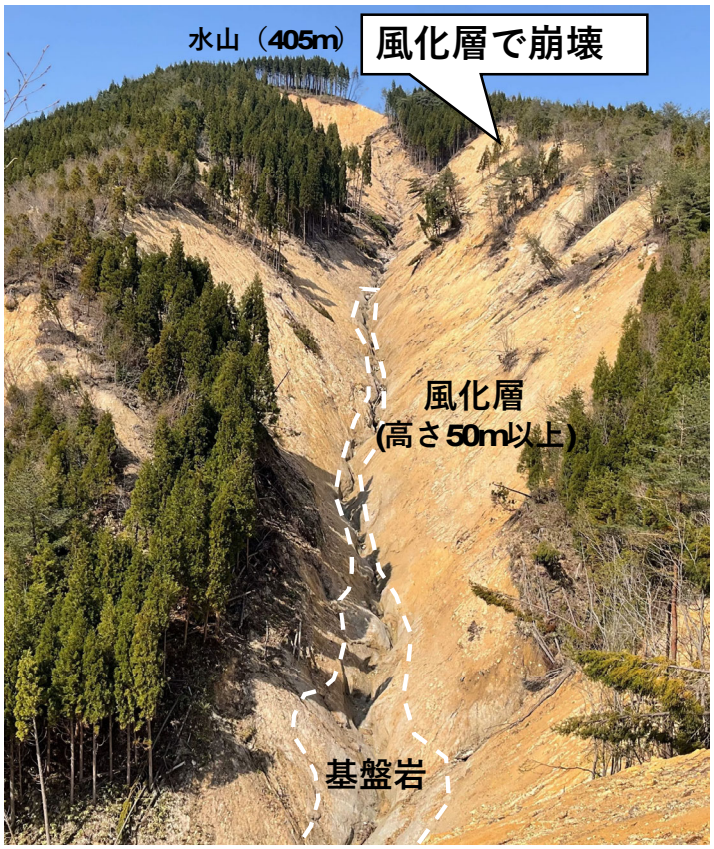
③流紋岩質火砕岩の崩壊（粟蔵層）



粟倉層の分布と崩壊

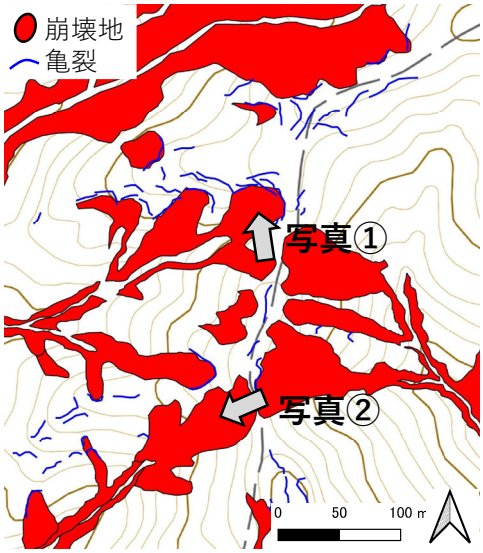
崩壊地・地すべりは、林野庁（2025）
地質図は、吉川ほか「珠洲岬、能登飯田及び宝立山地域の地質」（2002）より

尾根から渓流付近まで崩れたことが特徴



写真①　流紋岩質火砕岩の表層崩壊

③流紋岩質火砕岩の崩壊（粟蔵層）

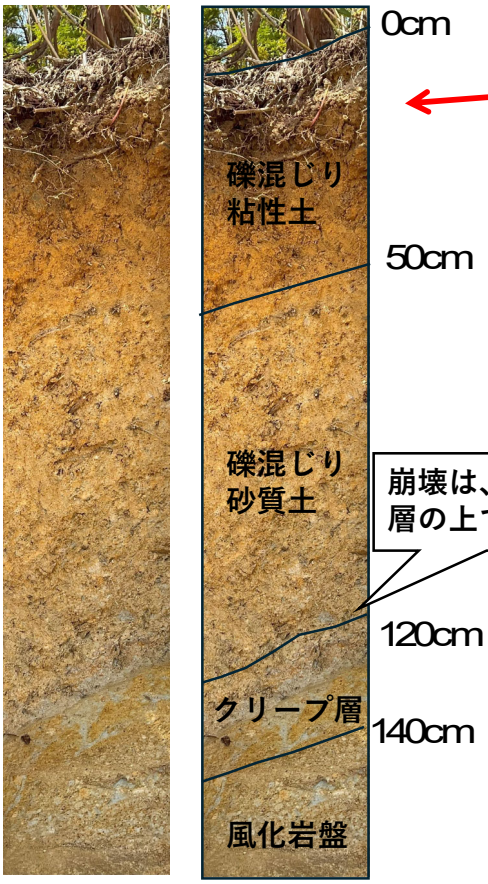


現地状況図　崩壊地・地すべりは林野庁（2025）

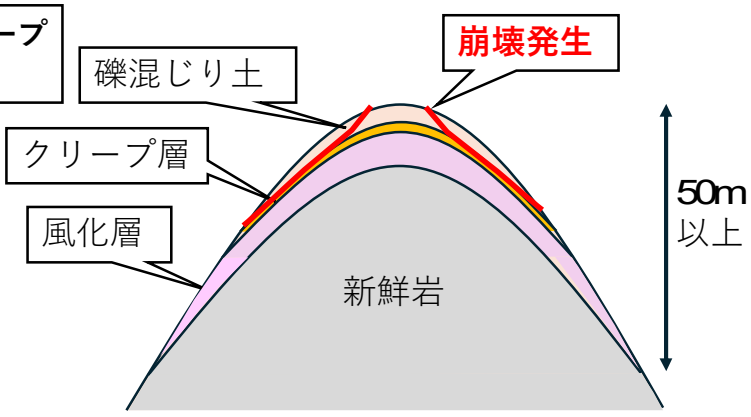
写真①　流紋岩質火砕岩の表層崩壊

写真②　流紋岩質火砕岩の表層崩壊を上から望む

③流紋岩質火砕岩の崩壊（粟蔵層）



写真①　流紋岩質火砕岩の表層崩壊



流紋岩質火砕岩分布域での表層崩壊の模式図

④デイサイト質火砕岩の崩壊（宝立山層）

デイサイト質火砕岩

風化したデイサイト質火砕岩

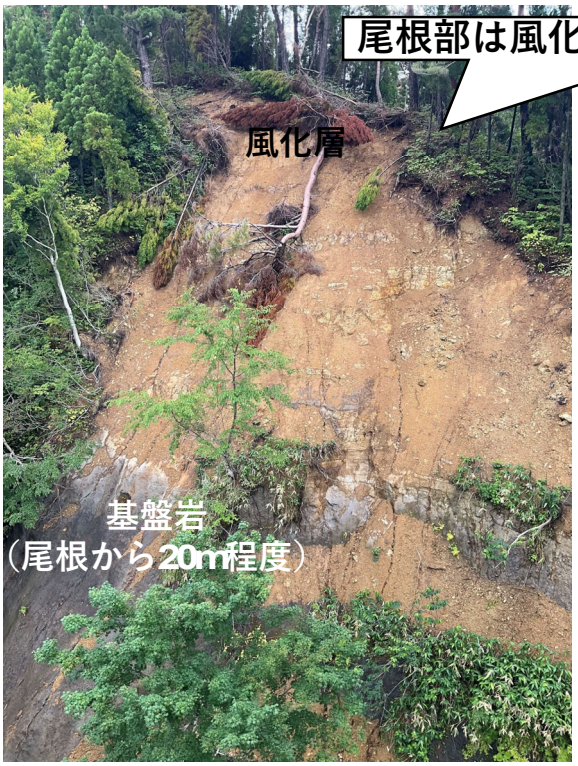
【宝立山層の特徴】

- 宝立山層は、**デイサイト質火砕岩**と**デイサイトー流紋岩溶岩・貫入岩**から構成される。
- 一部には、シルト岩、砂岩、礫岩を伴う。
- 最大層厚は、**300m**

＊尾崎ほか、2019より

尾根から崩れる崩壊

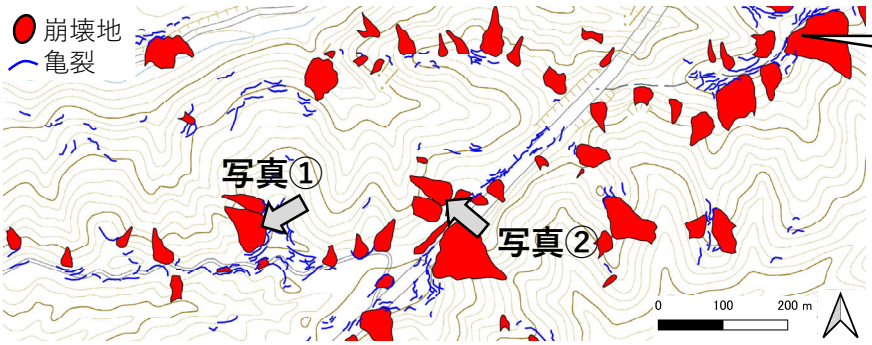
④デイサイト質火砕岩の崩壊（宝立山層）



尾根付近のみが崩壊

➡尾根部付近（高さ20～30m程度）のみ風化していることが多く、**崩壊は尾根付近に集中**していた。

④デイサイト質火砕岩の崩壊（宝立山層）

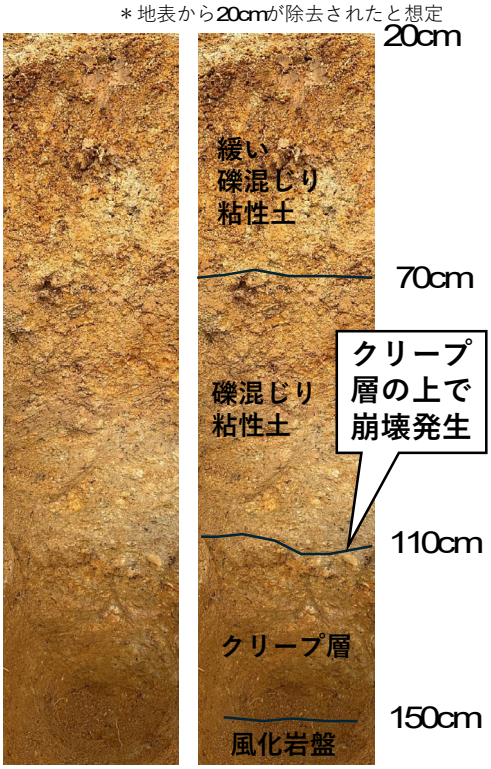


崩壊は、尾根付近に集中

現地状況図 崩壊地・地すべりは林野庁（2025）

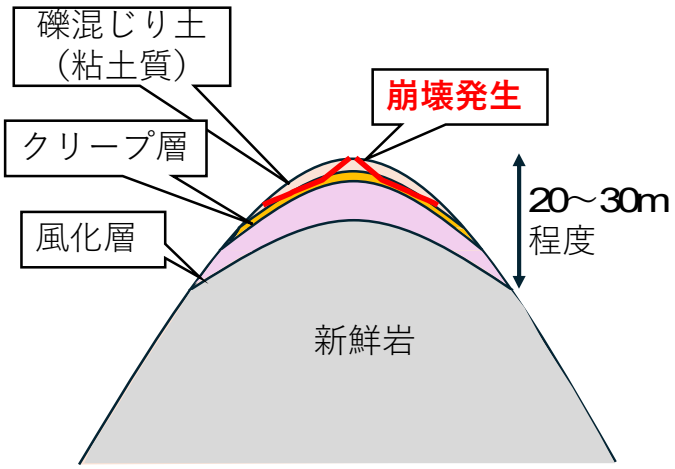
写真①崩壊地の風化帯構造

＊地表から20cmが除去されたと想定

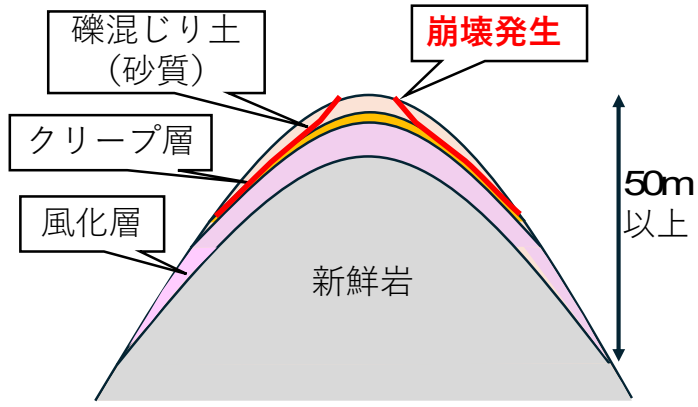


写真②崩壊地の尾根部の土層構造

●デイサイト質火砕岩と流紋岩質火砕岩の比較



デイサイト質火砕岩分布域
での表層崩壊の模式図



流紋岩質火砕岩分布域
での表層崩壊の模式図

➡**尾根付近に集中**して
崩壊発生

➡**尾根から沢部付近まで**
崩壊発生

今後、詳細な地形解析と風化帯構造の調査を実施予定

⑤安山岩質火山岩の崩壊（高州山層）

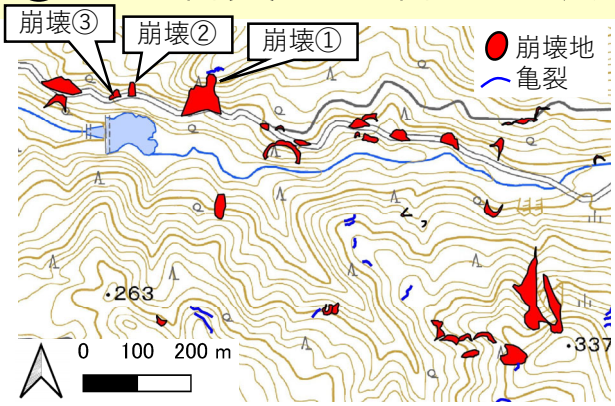
【高州山層の特徴】
- 高州山層は、**陸生の漸新世火山岩類**。
- **安山岩溶岩・火砕岩・貫入岩を主体**とし、玄武岩溶岩・火砕岩、礫岩、砂岩を含む。
- 概ね北西方向へ数10度傾斜する。

＊尾崎ほか、2019より

典型的な安山岩質溶岩の露頭

水中土石流堆積物と溶岩流の露頭

⑤安山岩質火山岩の崩壊（高州山層）



現地状況図

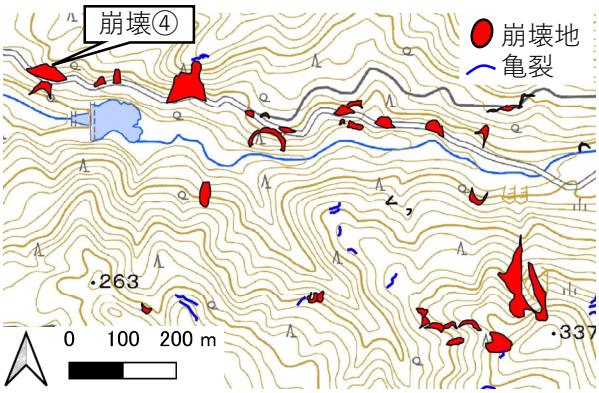
崩壊地・地すべりは林野庁（2025）

崩壊①：崩壊高さ70m、傾斜45°

崩壊②：
崩壊高さ27m、
傾斜47°

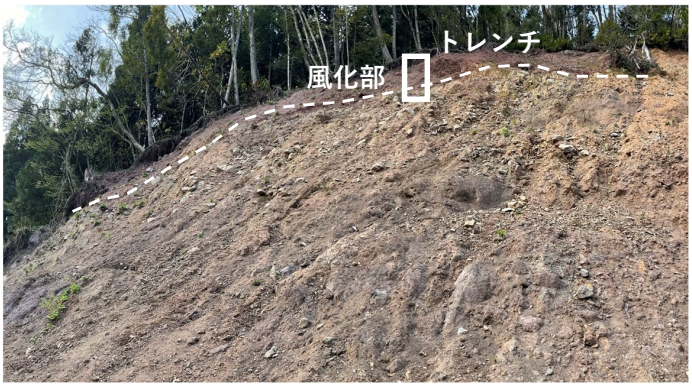
崩壊③：崩壊高さ23m、傾斜45°

⑤安山岩質火山岩の崩壊（高州山層）

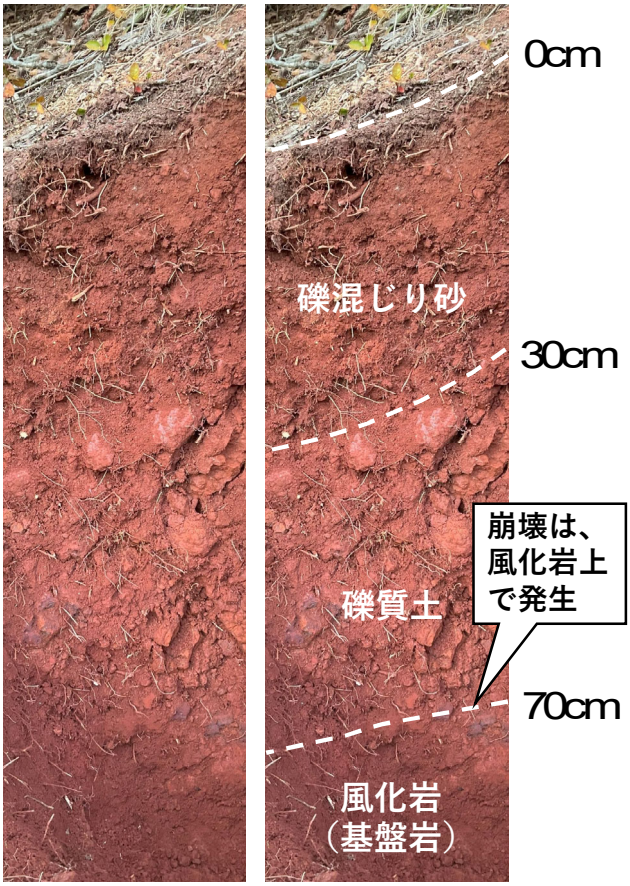


現地状況図

崩壊地・地すべりは林野庁（2025）



崩壊④：トレンチ作成箇所

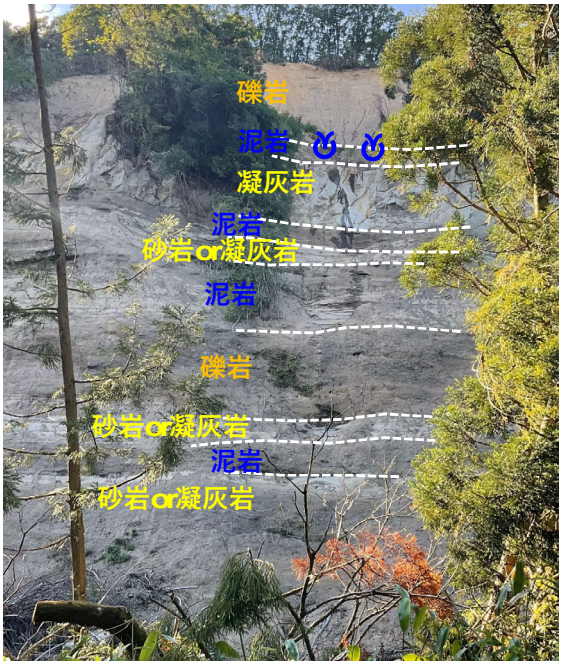


⑥礫岩主体層の崩壊（道下層）

【道下層の特徴】

- 道下層は、**礫岩主体で、砂岩・泥岩・礫岩の互層**からなる。小林ほか（2005）の番場山層に相当し、**水中土石流堆積物**と考えられている（尾崎はか、2019）。
- 礫には、**円磨度の高い小判型の礫**を多く含む（小林ほか、2005）。

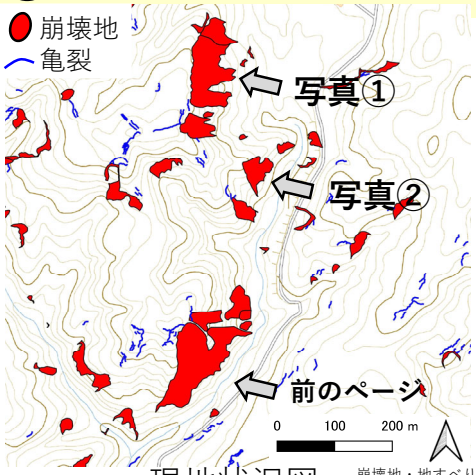
礫岩



礫岩主体層の崩壊

- 礫岩、砂岩、泥岩の互層からなる急崖で崩壊が発生
- 地層は緩く、若干受け盤
- **崩壊は極表層のみで薄い**

⑥礫岩主体層の崩壊（道下層）



現地状況図　崩壊地・地すべりは林野庁（2025）

写真①　堆積岩の連続した崩壊

写真②　堆積岩の崩壊

【崩壊の特徴】
- **礫岩、砂岩、泥岩の互層からなる急崖で崩壊が発生**
- 地層は緩く、若干受け盤
- **崩壊は極表層のみで薄い**
- 尾根沿いで薄く崩壊しており、**斜面下部は植生が残っており崩壊していない。**
- 尾根付近の一部でも、未崩壊箇所あり

4．調査結果のまとめ

表層崩壊が多発した地質と崩壊の関係（案）

松澤ほか（2024）を改変

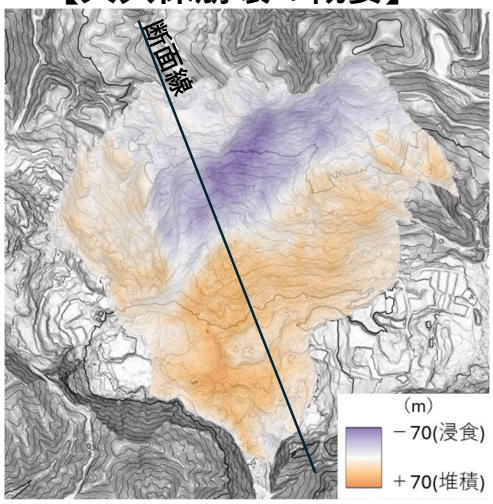
崩壊が多発した地層*1		風化帯の厚さ*2	表層崩壊の発生場所と形態			その他の特徴
主な岩石	地層名		崩壊頻度*3	崩壊深さ	崩壊場所	
珪質シルト岩	飯塚層、飯田層	非常に薄い	中	1m以下が多い	急斜面や尾根	岩盤クリープが進行しやすい可能性あり
流紋岩	粟蔵層	非常に薄い	小	1m以下が多い	急崖で発生	節理が発達
流紋岩質火砕岩		50m以上	高	1～2m程度	尾根～斜面下部	砂質な土層が形成
デイサイト質火砕岩	宝立山層	20～30m程度	高	1～2m程度	尾根で多発	粘土質な土層が形成
安山岩質火山岩	高州山層	数m	中	尾根部は数m	尾根から発生	尾根付近に数mの風化帯が形成
礫岩主体の堆積岩	道下層	薄い	中	1m以下が多い	急斜面や尾根	尾根部のみが崩れることもある

＊1　地質の分布は、尾崎ほか（2019）より。
＊2　風化帯の厚さは、現地調査から推定した。
＊3　令和５年度航空レーザ計測データ解析事業・業務報告書(林野庁)の崩壊判読図と現地踏査から把握した。

大久保崩壊

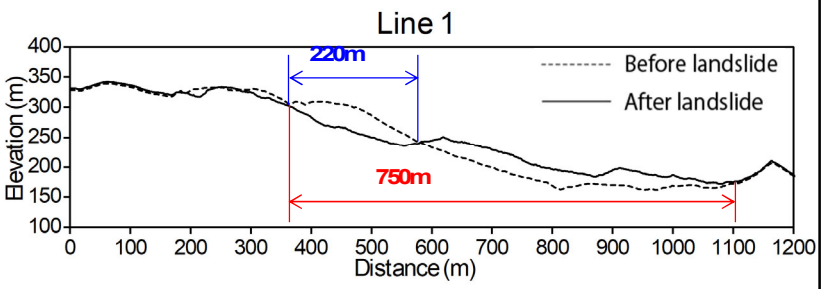
- 大久保崩壊は、**能登半島地震最大の崩壊**である。
- **地形解析と現地踏査から崩壊メカニズムおよび地質的素因を検討**した。

【大久保崩壊の概要】



崩壊前後の差分図

- 2024年の崩壊は、地震によって過去の地すべりが再移動し、拡大したものである。
- **最大侵食深さは約70m**、最大堆積深さも約70mであった。
- 主要な**崩壊の長さは220m**、**流動距離は750m**、見かけの摩擦角は**14°**と**流動性が高い崩壊**である。



崩壊前後の断面図

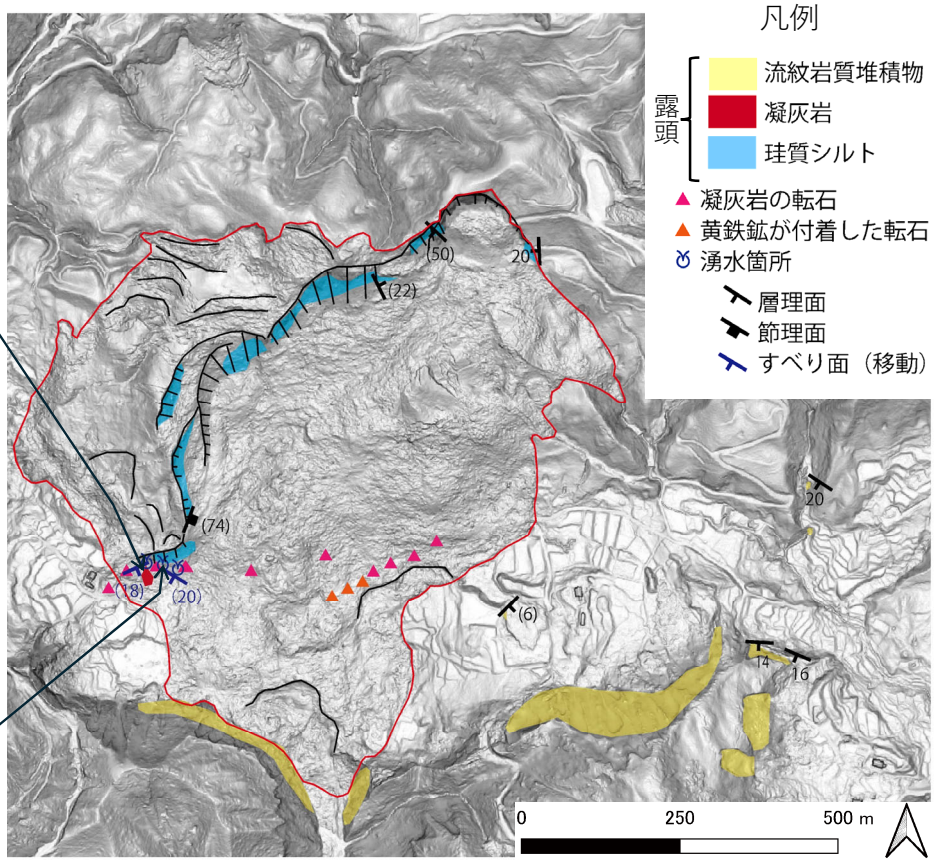
＊崩壊前のDEMは、石川県が実施した「令和2年度　森林情報整理業務」(1m間隔)
＊崩壊後のDEMは、国土交通省北陸地方整備局提供（1m間隔）

1．大久保崩壊の現地踏査結果（1/3）

拡大写真

すべり面と想定される凝灰岩(不動)
＊難透水層と想定される。
➡XRD分析、室内透水試験を実施

湧水箇所
すべり面と想定される凝灰岩の転石の脇から湧水が噴出
＊XRD分析を実施



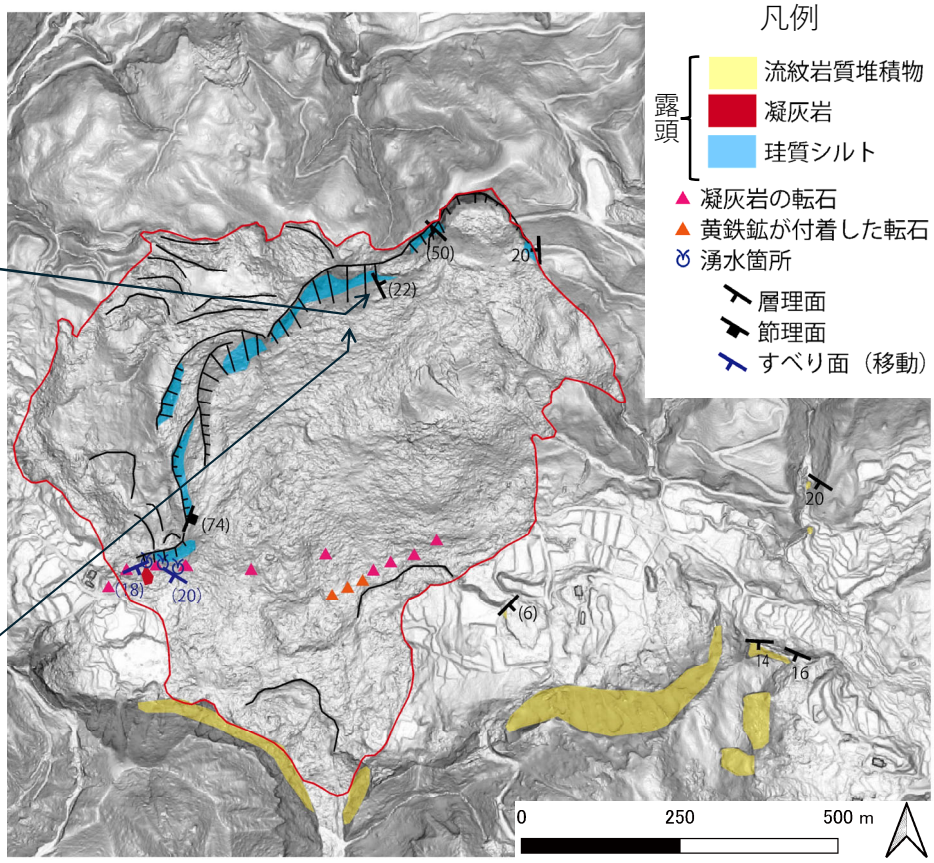
ルートマップ

＊基図は、崩壊後のDEM（国土交通省北陸地方整備局提供（1m間隔））から作成した傾斜図

1．大久保崩壊の現地踏査結果（2/3）

クリープ岩盤
滑落崖に露出した珪質シルト岩のほとんどは、変形している

法住寺層の珪質シルト岩
スレーキングしやすい特性をもつ



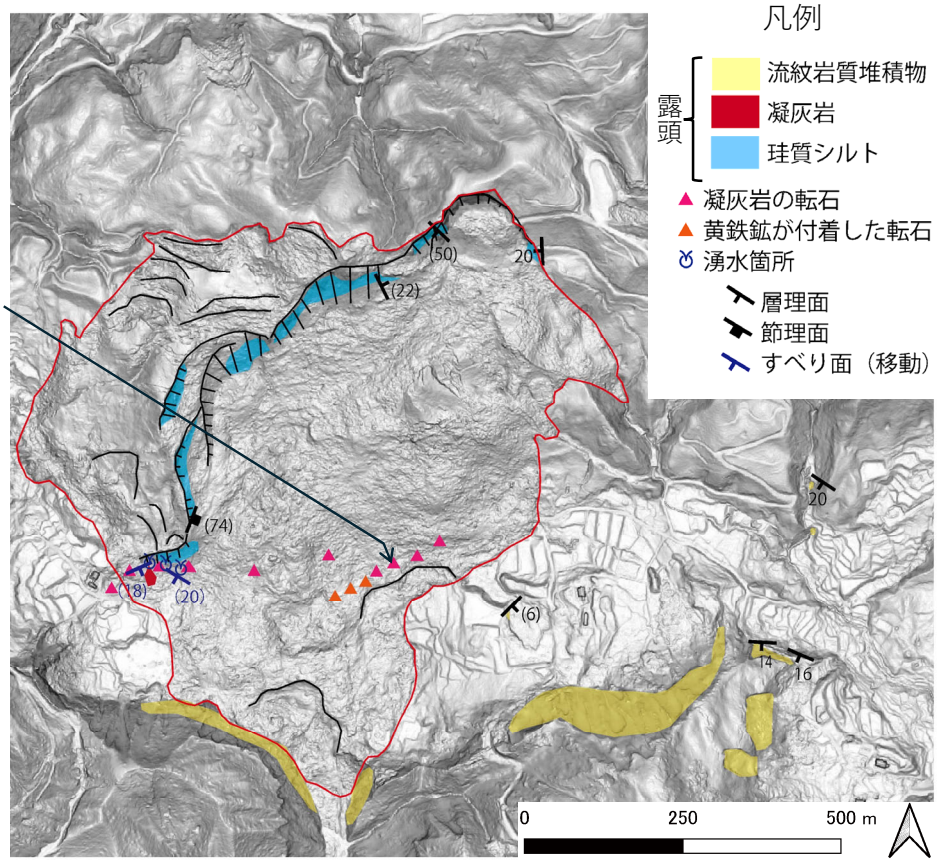
ルートマップ

＊基図は、崩壊後のDEM（国土交通省北陸地方整備局提供（1m間隔））から作成した傾斜図

1．大久保崩壊の現地踏査結果（3/3）

連続的に分布する凝灰岩の転石
崩積土の末端付近に、帯状に凝灰岩の転石が分布する。
➡すべり面が地表に露出したと想定

凝灰岩の拡大写真
＊XRD分析を実施



ルートマップ

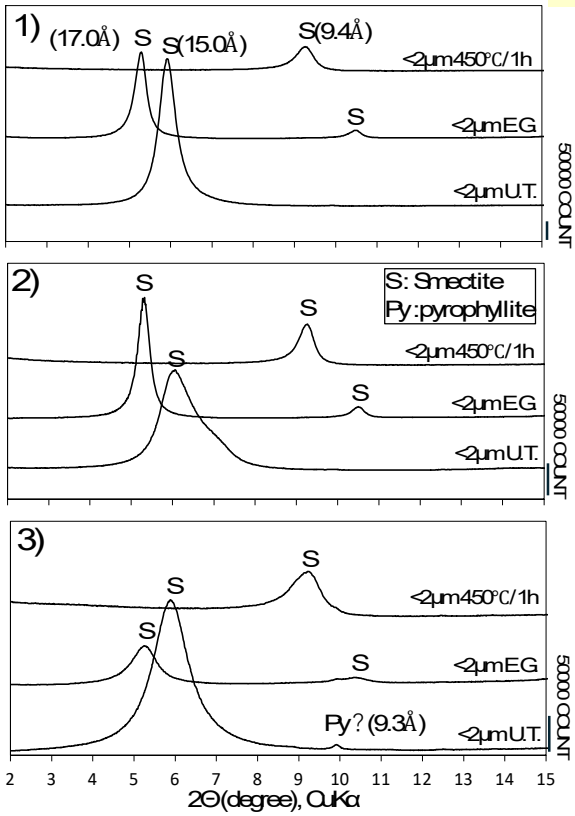
＊基図は、崩壊後のDEM（国土交通省北陸地方整備局提供（1m間隔））から作成した傾斜図

2．すべり面と想定される凝灰岩の分析

- 凝灰岩の透水係数は、**3.2×10^{-5}～3.8×10^{-6}m/sであり、実質上不透水**であることが分かった。
- 凝灰岩に含まれる粘土鉱物は、3試料とも類似しており、**スメクタイトが主体**であった。
- 無処理では15.0Åのピークが、エチレングリコール処理では膨張により17.0Å、450℃の加熱処理では9.4Åに収縮することからスメクタイトと判定した。

すべり面と想定される凝灰岩の物性値と透水係数

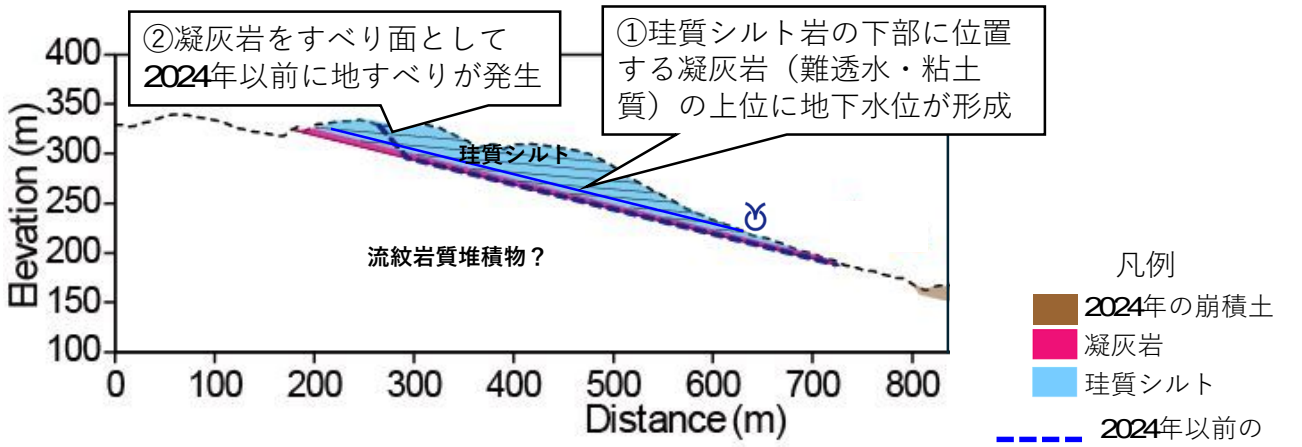
試料名	湿潤単位体積重量 g/cm³	飽和単位体積重量 g/cm³	乾燥単位体積重量 g/cm³	自然含水比 %	飽和度 %	透水係数 m/s
凝灰岩1	1.66	1.70	1.15	44.2	92.5	7.4×10^{-6}
凝灰岩2	1.56	1.66	1.07	46.1	83.2	3.2×10^{-5}
凝灰岩3	1.66	1.70	1.15	44.2	93.2	5.4×10^{-6}
凝灰岩4	1.55	1.60	1.06	45.4	90.8	3.8×10^{-6}
平均値	1.61	1.66	1.11	45.0	89.9	1.2×10^{-6}



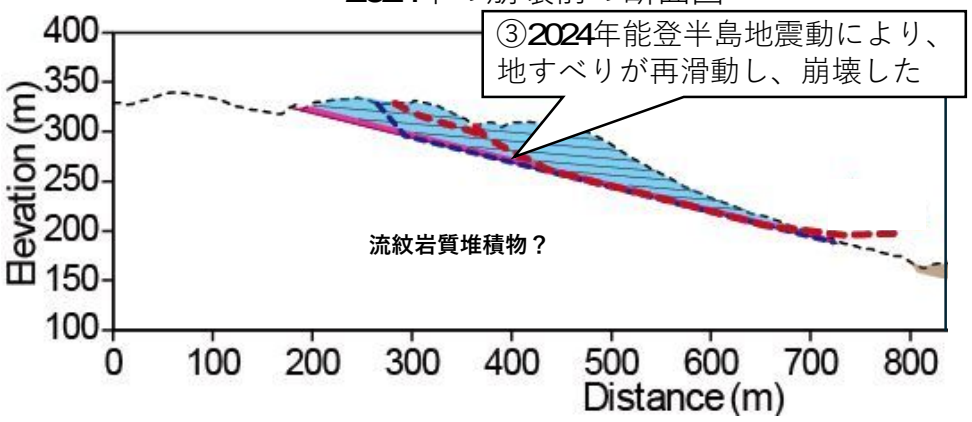
すべり面と想定される凝灰岩のXRD分析結果

1.すべり面と想定される凝灰岩（基盤岩）
2.すべり面と想定される転石の凝灰岩
3.すべり面と想定される転石の凝灰岩

3．大久保崩壊のメカニズムの推定



2024年の崩壊前の断面図



2024年の崩壊後の断面図

4．まとめ

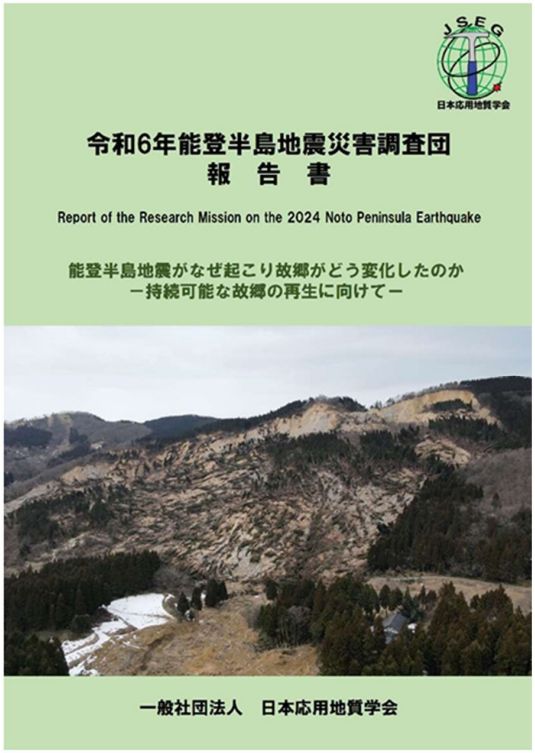
令和6年能登半島地震で発生した最大の崩壊である「大久保崩壊」周辺について、地形解析と現地踏査および室内試験から崩壊メカニズムの検討を行った。調査結果の概要を以下に示す。

【調査結果の概要】

- 「大久保崩壊」は、地震によって過去の地すべりの一部が再移動および拡大崩壊したものである。
- 崩壊した地層は、流れ盤構造を持つ珪質シルト岩であり、**凝灰岩をすべり面として発生した**と推定した。
- 凝灰岩は、**膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトを含み、実質上不透水**（3.2×10^{-5}～3.8×10^{-6} m/s）であった。

参考：調査団報告書の紹介

- 本日お話しした内容の大部分は、以下の報告書にまとめています。
- 興味がある方は、是非、ご購入下さい。



【前半の表層崩壊の話】
令和6年能登半島地震により発生した崩壊の地質的特徴
松澤 真、下村博之、花川和宏、末武晋一、木村一成、渡壁卓磨、佐藤昌人
pp.37-44

【後半の大久保崩壊の話】
令和6年能登半島地震により発生した大久保崩壊の地形・地質的特徴
松澤 真、渡壁卓磨、佐藤昌人、下村博之、花川和宏
pp.71-77

定　　価：　5,000 円
会員価格：　4,000 円
A4 版　オールカラー　334 頁
ISBN978-4-931517-09-7・C3051