

講演3) 土砂災害の軽減に向けてー複合災害に備えてー

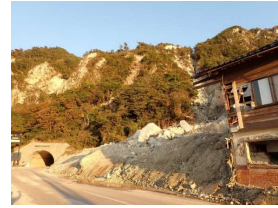


八世乃洞門の1月地震後の
斜面の緩み状況（2024年5
月26日撮影）

同位置（2024年11月23日撮影）



八世乃洞門新トンネル西
口付近の豪雨後の道路土
砂除去復旧の状況（2024
年11月23日撮影）



稲垣秀輝：株式会社環境地質

2025. 5. 20. 15:50—16:15

日本応用地質学会：防災学術連携体からweb研究会

はじめに

- 1.1 土砂災害の軽減(ハード～ソフトへ)
- 1.2 令和6年能登半島地震の事例
- 2.1 複合災害に備えて
- 2.2 令和6年能登半島地震・豪雨の事例
- 2.3 地震と豪雨の複合災害に如何備えるか
- 3 応用地質学的まとめと課題

1.1 土砂災害の軽減

- 脆弱な国土にあって、地殻変動の活発期と地球温暖化と関連した豪雨の頻発がおきている。
- 国土の7割が山地であり、都市にも崖地が多いので、土砂災害が頻発・大規模化が生じている。
- これらの自然災害に対して、減災・防災のための法的な取り組みや社会保障が長年進められてきて、被災者の数は、近年減少してきている。
- しかし、激甚化・複合化する自然災害に対して、ハード～ソフトへ新しい制度や新技術も必要とされている。
- ここでは、ソフト対策としての土砂災害のハザードマップについて深掘りする。

土砂災害斜面の素因と土砂法ハザードマップ

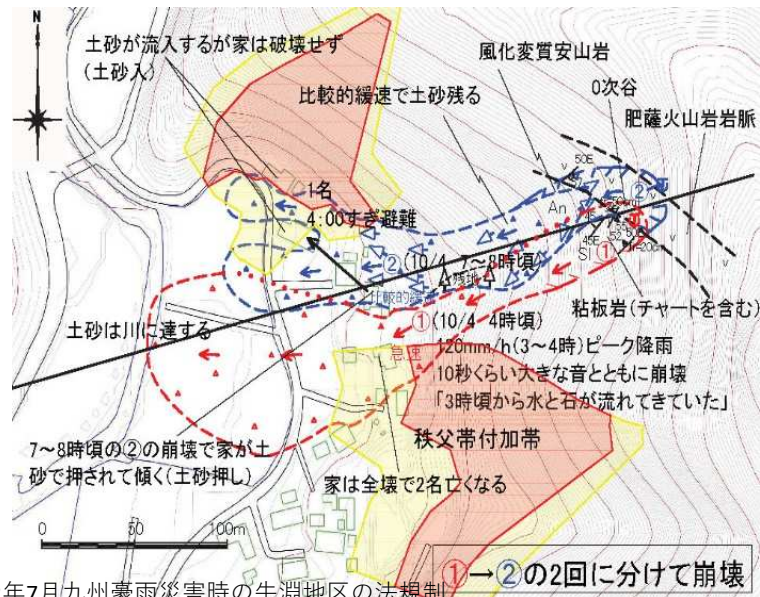
地震時や豪雨時の宅地での土砂災害リスクが高まっており、ハード対策から既存用地や用地選定では法的な土砂災害ハザードマップを考慮したソフト減災検討が増えてきている。しかし、同法が適用できない地質・地質構造や微地形要素のある斜面では、イエローゾーンとレッドゾーンの指定地外での土砂災害が確認されることが多くなってきた

土砂災害ハザードマップの適用事例（7-8割は適用できている）



たとえば、熊本地震・胆振東部地震や東日本台風・九州南部豪雨の際の火砕岩・火山灰・軽石層の流れ盤地質構造や、0次谷の地形などである。

ハザードマップの適応外の事例がある



令和2年7月九州豪雨災害時の牛淵地区の法規制と土砂災害の状況（地理院地図利用）

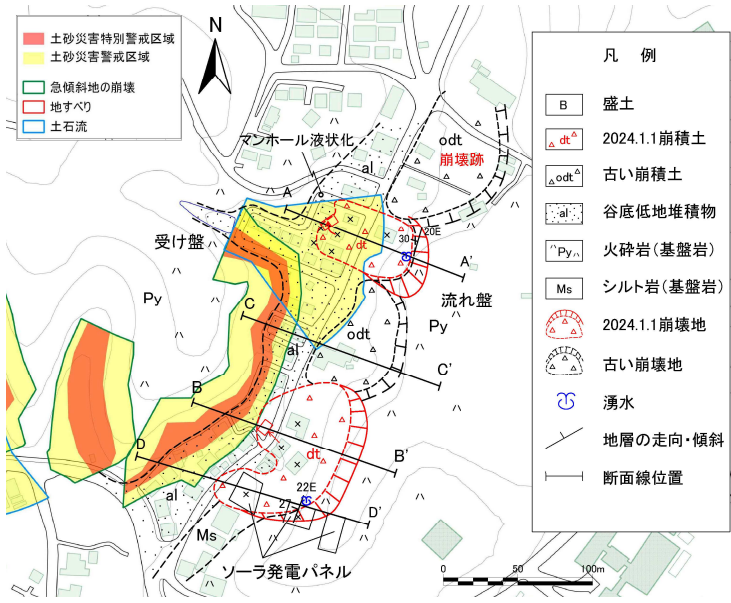
1.2 令和6年能登半島地震の事例

- 令和6年能登半島地震では、多くの土砂災害が発生した。
- 能登半島の地形・地質に起因する崩壊や地すべり・土石流などであり、少子高齢化が進む地域の社会環境も影響を与えている。
- ここでも、ハザードマップに着目する。

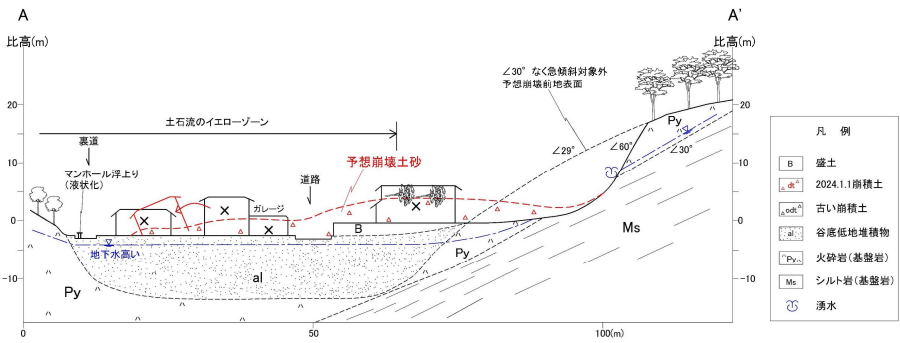


逢坂トンネルの復旧状況

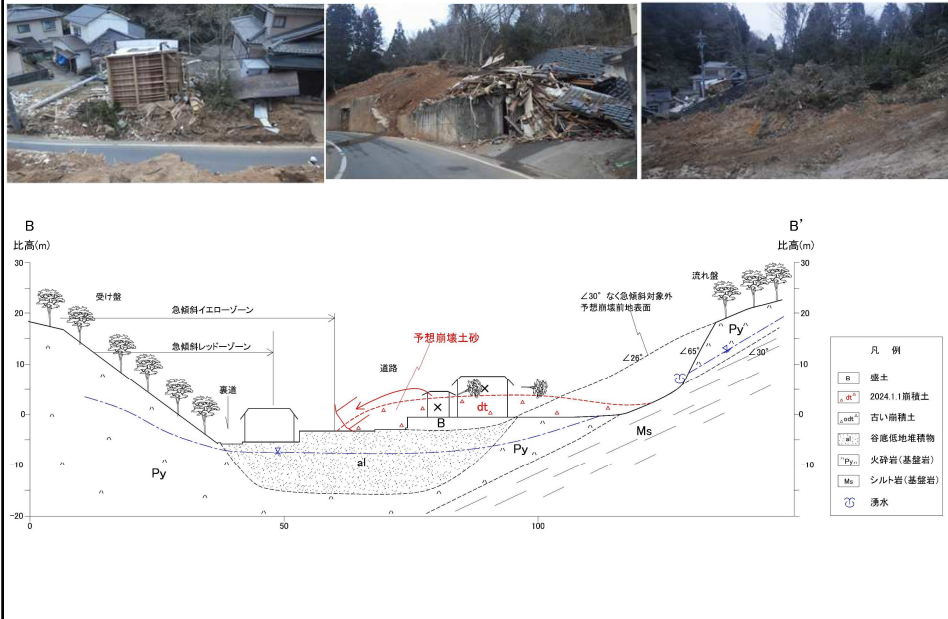
由比ヶ丘の災害平面図 (地理院地図利用)



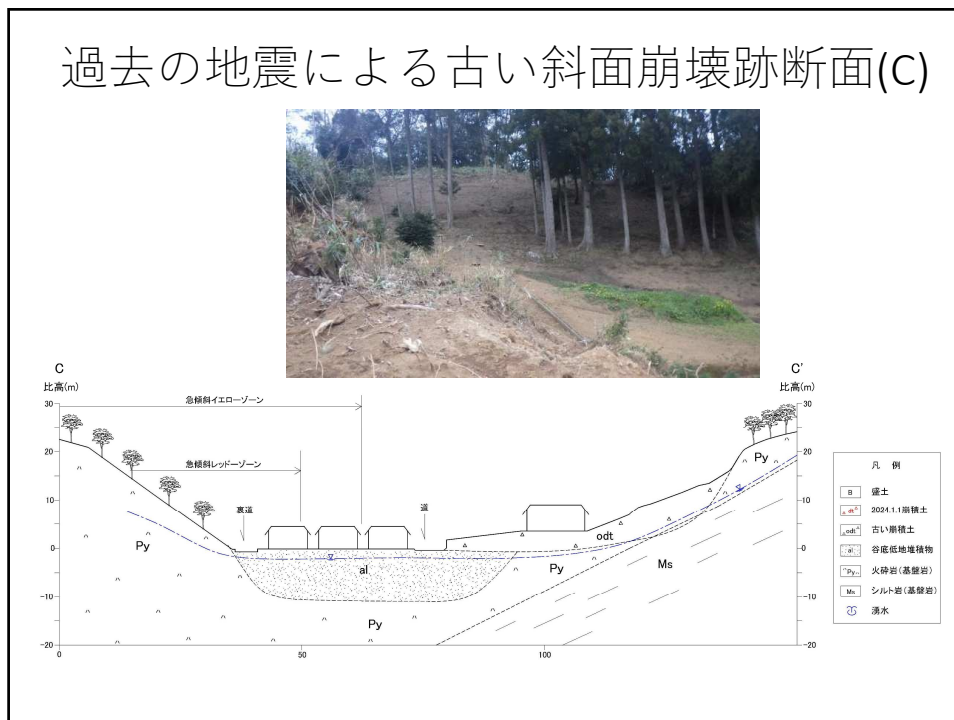
A断面崩壊斜面全景 (24.3.19撮影)

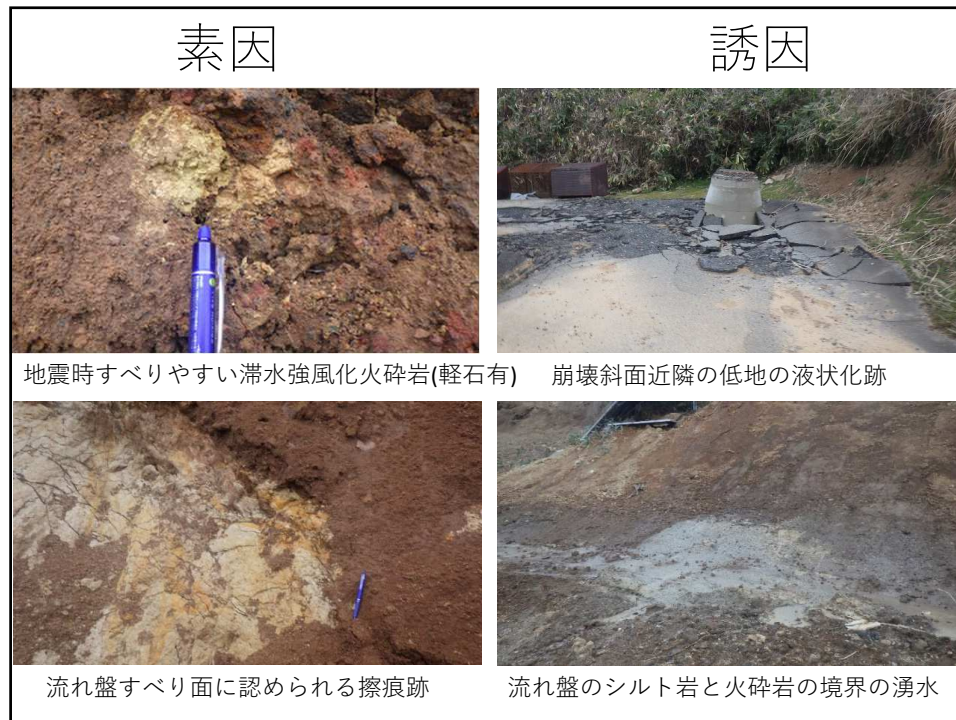


斜面崩壊断面(B)



過去の地震による古い斜面崩壊跡断面(C)





由比ヶ丘のまとめ

- 対岸の東向き斜面は受け盤で急傾斜になり、急傾斜と土石流のレッドゾーンとイエローゾーンが指定されているが、地震では崩壊することはない、被災家屋のあった西向き斜面では斜面傾斜が $26-30^{\circ}$ の流れ斜面はレッドゾーンとイエローゾーンが指定されていなかった。
- 地質・地質構造を考慮していない土砂法土砂災害ハザードマップの適用外の崩壊。
- また、今回崩壊した2つの流れ盤斜面間に古い崩壊跡(昔の地震で崩壊した跡)にも注目すべきである。
- これによると、古い崩壊土砂の傾斜は 15° 以下であり、過去の地震などで低い等価摩擦係数の斜面崩壊が起こった斜面であることがわかる。
- 減災のためには地震時には地下水の滞留しやすい流れ盤の火砕岩の地質構造には警戒しないといけないことを示している。

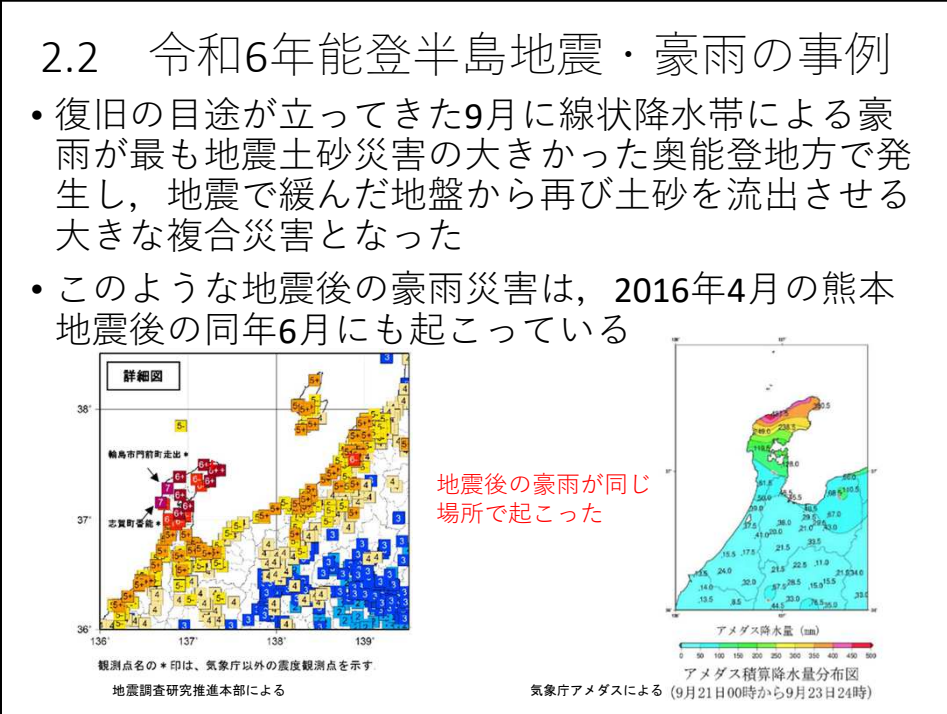
2.1 複合災害に備えて:最近の複合災害事例

時期	災害名	前	後	結果	課題
1923	大正関東大震災	降雨	地震	多彩な土砂災害	地震後の豪雨でも災害が拡大した
1923	大正関東大震災	地震	降雨	土砂災害の拡大	
1991	雲仙普賢岳噴火	噴火	降雨	土石流で被害拡大	噴火の多様性、地盤の浸透性低下
1995	阪神・淡路大震災	地震	降雨	土砂災害の拡大	
2000	三宅島噴火	噴火	火山ガス	被害の多様化	被災の長期化
2004	新潟県中越地震	地震	降雪	土砂災害の拡大無	長期的なモニタリング必要
2007	新潟県中越沖地震	地震	地震	再液状化	復旧工事がほぼ終わった時期の災害
2008	岩手・宮城内陸地震	地震	降雨	土砂災害の拡大	
2011	東日本大震災	地震	降雨	土砂災害の拡大	津波・余震に留意
2011	新燃岳噴火	噴火	降雨	大きな被害無	粗粒な火山灰
2016	熊本地震	地震	降雨	土砂災害の拡大	地震後の緩んだ地盤
2018	北海道胆振東部地震	降雨	地震	火山灰層の崩壊	水で飽和した火山灰は地震で崩壊
2024	能登半島地震	地震	降雨	土砂災害の拡大、	仮復旧直後の再被災、避難所の被災

火山噴火は多様性があり、それ自体複合災害

- このため、リアルタイムハザードマップで対応している。
- その際、数値シミュレーションが使われる

火山名	新燃岳 2011～2012	雲仙普賢岳 1990～1995	有珠山 2000	三宅島 2000～2005	伊豆大島 1986	セントヘレンズ 1980～1986	メラビ 2010	ピナツボ 1991～1993
噴火様式	準プリニー式	溶岩ドーム	マグマ水蒸気噴火	ブルカノ式	ハワイ式	山体崩壊-プリニー式	溶岩ドーム	プリニー式
規模(噴出量)	5～7×10 ⁶ m ³	2.5×10 ⁶ m ³	9×10 ⁶ m ³	1.1×10 ⁶ m ³	3.9×10 ⁶ m ³	3×10 ⁶ m ³	1.3×10 ⁶ m ³	1.1×10 ⁶ m ³
災害要因	降灰	火砕流、土石流	降灰、熱泥流	降灰、火砕流、火山ガス	溶岩流	山体崩壊、ブラスト、降灰、泥流	火砕流、土石流	火砕流、土石流
継続期間	約1年	約5年	4ヵ月	約6年	約1ヵ月	6年	3ヵ月	2年
1次災害	降灰による農地、道路被害	降灰、火砕流による被害	降灰、熱泥流による被害	降灰、火山ガス被害	溶岩流被害	ブラスト、泥流、火砕流被害	火砕流被害	火砕流被害
2次災害	—	土石流被害	—	二次泥流被害	—	土石流、河床上昇・洪水被害	土石流被害	土石流被害
噴火の影響と対応のまとめ	1年間噴火活動が沈静化せず、再噴火の可能性がある中で、とくに降灰後の土石流対策が進捗した。	噴火中の影響は深刻であったが、火山との共生を軸に復興が進められている。	活火山隣接地域の防災、20～30年間の噴火活動に対する備えを準備。	火山ガスによる長期的にわたる避難生活と帰島後の生活再建の困難性	全島避難による一時的災害回避が実行されたが、避難時間に余裕がなかった。	大規模噴火に対して国家レベルで対応。事前避難による最小限の犠牲者確保	数年おきに繰り返す火砕流対策と土石流への地域安全確保	大規模噴火による長期的な影響と地域復興の困難性。
課題	降灰後の土石流発生予測と避難実施に課題が残った。	噴火災害の空洞化と地域復興策が進まない。	活火山山麓の防災と静穏期の地域復興のバランス	地域コミュニティの維持、地域復興が進まない。	島外避難による住民生活の確保に課題が残った	大規模噴火への総合的な対策実施の困難性。	砂防施設の維持管理と住民生活の安定化	噴火後の土砂災害対策と地域復興に課題



1000年に1回の地震で緩んだ地盤に、100-1000年に1回の豪雨、そして奥能登の地形地質



1. 輪島市中心部付近で21日0時から22日11時までの降水量が478mmであり、9月21日に最大1時間降水量121mm、最大日降水量361.5mmと1929年統計開始以来の最大を記録している(100-1000年に1回の豪雨)
2. 熊本地震後の豪雨と比較すると、連続雨量はほぼ変わらないものの、最大時間雨量が2倍くらいであり、表層の緩んだ地盤から多くの土砂を流出させやすい降雨
3. 奥能登では元々大雨が少なく、斜面や渓流に多くの不安定土砂が残っていた。もともと流域が小さく市街地に近く、河川勾配も比較的急である環境に加えて、大きな地震と豪雨により大量の土砂が生産・供給されたことにより、土砂・流木を混じえた洪水流が、短い時間で一気に市街地に流出し、大きな災害になったのではないかと考える。

2.3地震と豪雨の複合災害に如何備えるか



3-3 輪島市曾々木地区

1月地震後の斜面の緩み状況
(2024年5月26日撮影)



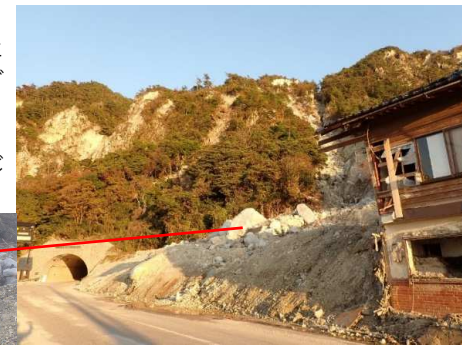
9月豪雨後の斜面崩壊で洞門が被害
(2024年11月23日撮影)



右写真に写っている家屋に3名の方がいたが、近隣の住民が崖上部での多量の流水と大きな落石が発生したことに気づき、すぐに3名の方に避難するよう連絡し、避難後2～3分してから土砂流が家屋を襲ったという。地域の連携と土砂災害の予兆を感じることがいかに重要かを示している。



Φ8mの転石



3-1 珠洲市大谷町地区



斜面のクラックに降雨が入り崩壊した



ハード対策は進んでいる



- 大谷町地区では、地震後に比較的大きな斜面崩壊が認められた箇所で、9月の大雨後には崩壊斜面を中心に一部崩壊斜面の上部や側面に進展して斜面崩壊を拡大させ、土石流的な土砂移動が発生し、沖積低地の宅地に達して一部海まで流出した。ここでは、1名の方が流出した土砂でなくなっている。

3-4輪島市町野川流域



- 9月豪雨では、水山や寺山をはじめ流域内の山地斜面や流路に残った不安定土砂が、洪水氾濫と一緒に大量に平野部に流れ出てきて、平野部の家屋やライフラインに大きな被害を与えた

3-5輪島市塚田川流域



- 9月豪雨後には流域内の多量の不安定渓床土砂や緩み斜面の崩壊が多発し、土砂が下流の市街地に流出しているようである。ここでは、多くの物的・人的被害が出た。



3-6輪島市稲舟町付近

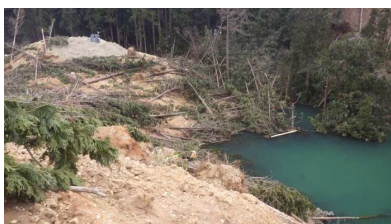


- 9月豪雨直後の航空写真によると、この土砂流出状況は、地震による変形地盤の北側末端部が、大規模な崩壊したことがわかり、崖下の建物や国道249号を越えて、海まで達しており、道は一時通行止めになった

3-7輪島市市ノ瀬地区



地震後5月の市ノ瀬地すべりの堰止湖からの復旧仮排水路の大型貯水マスで、堰止湖からの暗渠管が接続している



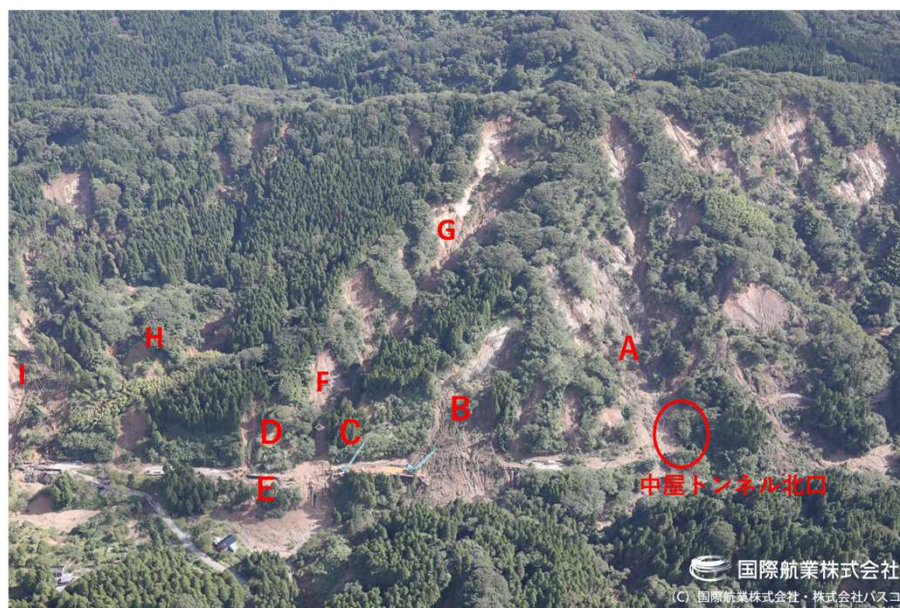
地震後3月の市ノ瀬地すべりの堰止湖



9月豪雨で越流して下流で土砂を含む洪水流となった（2024年11月24日撮影）



9月豪雨直後の斜め写真



地震後と豪雨後の比較



地震後と豪雨後の比較





左：地震後3月のC変形した枠組み擁壁（斜面の押し出しにより変形、上部斜面は緩みあり）

右：豪雨後11月のC変形した枠組み擁壁（著しい変化はなかったが、上部斜面は小崩壊）



左：地震後3月のD変形した地すべり対策工斜面（植生は残っている）

右：豪雨後11月のD変形した抑止杭斜面は完全に崩壊した

2025年5月の仮設道の復旧が進んでいる



3.応用地質学的まとめと課題

- 能登半島地震では、地震時に 30° 以下の斜面を含む火山砕屑岩がすべり面となった。いずれも流動性が高く移動速度が速い特徴があり、このため人的被害も大きかった。過去の地質構造を考慮した崩壊跡をデータベース化することで、今後崩壊しやすい危険な火砕岩斜面を抽出し、斜面土砂災害を軽減できる可能性がある。
- ソフト対策として、土地利用の仕方の変更や複合災害時の避難所や仮設住宅の立地も重要になる。また、土砂災害防止法によるハザードマップに対して、地質・地質構造や表層崩壊を起こしやすい0次谷などの地形要素を追加したハザードマップにレベルアップすることが課題である。
- 最後に、今後の増加が予想される多様な複合災害に備えて、地震後には緩んだ地盤をどのようにハザードとして見直しハザードマップをアップデート（リアルタイムハザードマップ化）するか。
- そして、それに基づきた例えば、どれだけの降雨で避難指示を出すか、いつまでその影響を考慮し続けるのかななどの技術的なソフト基準作りや複合災害で大きな災害になりやすい応用地質学的地形場や地質場の研究とその対応策が大きな課題であろう。

ありがとうございました