

# 令和6年奥能登豪雨で発生した崩壊の特徴について

アジア航測株式会社 ○南優希 柏原佳明 吉野弘祐 梶原あずさ  
国土交通省北陸地方整備局河川部 梅田ハルミ※ 四十谷朋子

※現 国土交通省 北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所

## 1 はじめに

令和6年1月1日に発生した能登半島地震(以下、地震と記載)では、能登半島北部の広い範囲において大規模な斜面崩壊や地すべり等が発生した。その後、同年9月に発生した奥能登豪雨(以下、豪雨と記載)では、能登半島北部を中心に猛烈な雨が降り続き、地震で発生した崩壊地の拡大や新規崩壊が複数発生し、これらに起因する土砂流出により下流の人家等に甚大な被害を及ぼした。本稿では、豪雨後の崩壊地、および地震で発生したクラックの判読を行い、地形条件や降雨条件と崩壊発生との関連について検討した。

## 2 検討方法

### 2.1. 分析手法および分析項目

豪雨後の崩壊発生に影響する指標を把握するため、①崩壊要因分析、②崩壊とクラックの関係整理を行った。

- ① 崩壊要因分析:崩壊地判読を実施した1,251km<sup>2</sup>を図-1に示す8種類の地質に区分し、地質ごとに崩壊地個数・面積と素因・誘因の関連を分析した。
- ② 崩壊とクラックの関係整理:豪雨による崩壊が多く発生した塚田川流域、鈴屋川・寺地川流域を対象に、単位面積あたりのクラック総延長と崩壊面積率を小流域単位でプロットし、2流域の結果を比較することで、クラックと崩壊の関連を分析した。

①、②の分析項目を表-1に示す。

NO	凡例区分	形成時代	岩石・岩相
1	H_ss	第四紀完新世	堆積岩(地すべり・氷河・扇状地・産錐堆積物を除く)
2	Q1-3_ss	第四紀更新世	堆積岩(地すべり・氷河・扇状地・産錐堆積物を除く)
3	N_ss	新第三紀	堆積岩(地すべり・氷河・扇状地・産錐堆積物を除く)
4	Pg_ss	古第三紀	堆積岩(地すべり・氷河・扇状地・産錐堆積物を除く)
5	N_v_li	新第三紀	火山岩 溶岩・火砕岩・貫入岩
6	Pg_v_li	古第三紀	火山岩 溶岩・火砕岩・貫入岩
7	pg_pbf	古第三紀	苦鉄質・珪長質深成岩類
8	J_pbf	ジュラ紀	苦鉄質・珪長質深成岩類

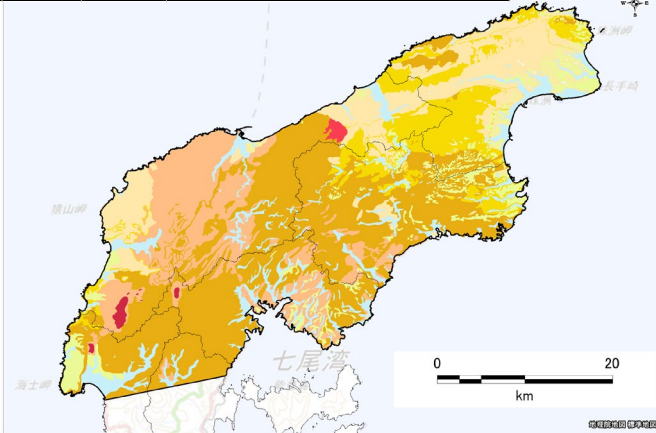


図-1 地質区分図

表-1 分析項目

分析項目	集計区分		分析項目
	地質(8区分)	小流域(塚田川:13流域、鈴屋川・寺地川:36流域)	
① 崩壊要因分析			○素因 標高、斜面勾配、斜面方位、平面曲率 ○誘因 最大1時間雨量、最大3時間雨量、最大24時間雨量、連続雨量
② 崩壊とクラックの関係整理			○クラック 単位面積あたりの個数、単位面積あたりの総延長 ○崩壊地 単位面積あたりの個数、崩壊面積率

## 2.2. 分析データ

使用した判読データを図-2、図-3に示す。崩壊地は豪雨による新規・拡大崩壊 95,623箇所を対象とし、クラックは地震により発生した4,699箇所を対象とした。

素因分析に用いた地形データは、地震後の航空レーザ測量成果(令和6年1月計測)を用いて、それぞれ5mメッシュのラスターデータを作成した。誘因分析に用いた雨量データは、豪雨時における気象庁および石川県所管雨量データを収集して作成した。

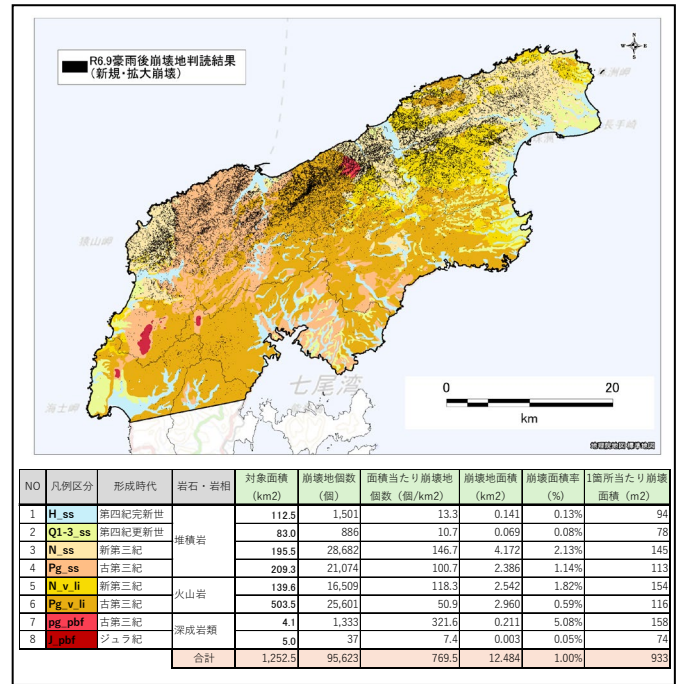


図-2 使用した崩壊地判読データ

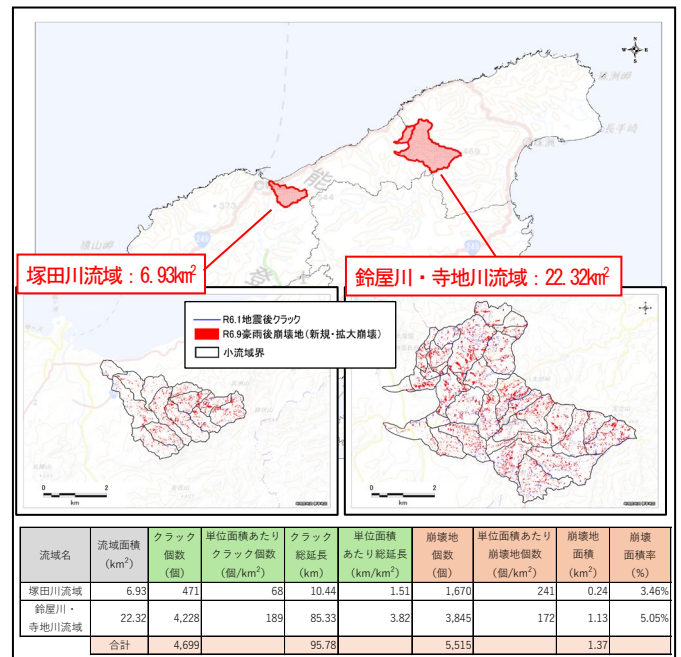


図-3 使用したクラック判読データ

3 検討結果

3.1. 崩壊の要因分析結果

地形(素因)との関係では、斜面勾配と曲率は崩壊との関係が認められた。斜面勾配は、ほぼ全ての地質で勾配の増加に応じて崩壊地割合も増加し、35~55°で崩壊地割合がピークとなる傾向が確認できた。曲率は、一部の地質で負の値を示す斜面(凹型斜面)で崩壊の割合が増加する傾向が確認できた。一方、降雨量(誘因)との関係では、短期・長期いずれの降雨指標においても、一部の地質で明瞭な関係が認められた。分析結果の一覧表を表-2に示す。以上の結果から、崩壊地の発生には斜面勾配および短期・長期の降雨量が関係していると考えられる。

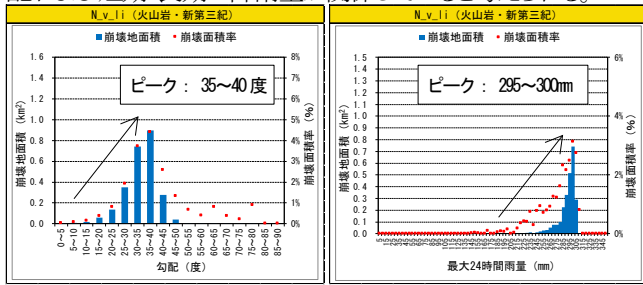


図-4 素因・誘因と崩壊面積率の関係 (左:斜面勾配、右:最大24時間雨量)

3.2. 崩壊とクラックの関係

塚田川流域と鈴屋川・寺地川流域について、クラックと崩壊地の関係をグラフに整理したところ、単位面積あたりのクラック総延長(クラック密度)と崩壊面積率に相関が見られ、クラック密度が多いほど崩壊面積率が大きくなる傾向が確認された(図-5)。

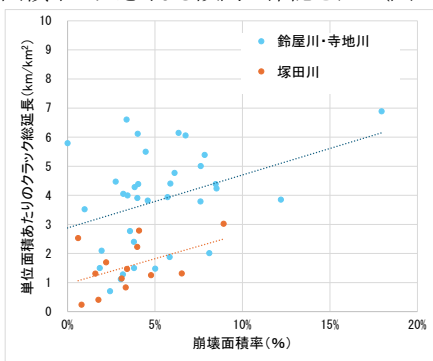


図-5 単位面積あたりのクラック総延長と崩壊面積率の関係

次に、降雨との関係を把握するため、クラック密度、崩壊面積率、降雨量の3軸で分析を実施した。図-6に示す通り、最大24時間雨量は塚田川流域で320~340mm、鈴屋川・寺地川流域で290~310mmであり、塚田川流域の方が強い降雨であった。一方で、塚田川流域では崩壊面積率5%以上の小流域が15%程度であったのに対し、鈴屋川・寺地川流域では崩壊面積率5%以上の小流域は40%程度であり、鈴屋川・寺地川流域の方が崩壊面積率が大きい結果となった。

3.1より崩壊の発生と降雨量には関係があることが示されているが、クラック密度の大きい鈴屋川・寺地川流域では、塚田川流域より降雨が少ないにもかかわらず、崩壊面積率が大きいことが確認された。これらの結果から、クラック密度が多ければ、降雨が小さい場合でも崩壊が発生しやすくなる可能性が示唆された。

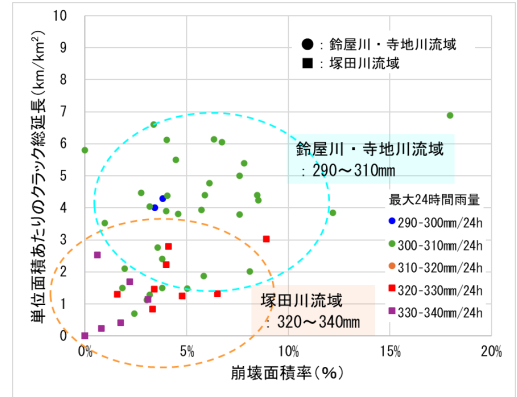


図-6 単位面積あたりのクラック総延長と崩壊面積率の関係 (最大24時間雨量別)

4 おわりに

本稿では、能登半島 1,251km<sup>2</sup>の広範囲かつ大量の崩壊地を判読するとともに、地震で発生したクラックとの関係を分析し、従来から指摘されていたクラックが崩壊に及ぼす影響について可能性を示唆した。今回比較を行った塚田川流域と鈴屋川・寺地川流域は、能登半島全域で見るといずれも降雨量が多い流域であるため、今後の検討として、降雨量の差が大きい2流域間で同様の比較を行うことが望まれる。また、広範囲の地震後、豪雨後崩壊地判読データが整備されたことで、今後の研究への基礎データとしての活用が期待される。

表-2 崩壊地の素因・誘因の関係

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	
凡例区分	H_ss	Q1-3_ss	N_ss	Pg_ss	N_v li	Pg_v li	pg_pbf	J_pbf	
形成時代	第四紀完新世	第四紀更新世	新第三紀	古第三紀	新第三紀	古第三紀	新第三紀	ジュラ紀	
岩石・岩相	堆積岩(地すべり・氷河・扇状地・産雜堆積物を除く)				火山岩・溶岩・火砕岩・貫入岩		苦鉄質・珪長質深成岩類		
崩壊	判読範囲面積 (割合) 112.5km (9%)	83.0km (7%)	195.5km (16%)	209.3km (17%)	139.6km (11%)	503.5km (40%)	4.1km (0.3%)	5.0km (0.4%)	
崩壊地個数	1,501個	886個	28,682個	21,074個	16,509個	25,601個	1,333個	37個	
面積当たり 崩壊地個数	13.3個/km <sup>2</sup>	10.7個/km <sup>2</sup>	146.7個/km <sup>2</sup>	100.7個/km <sup>2</sup>	118.3個/km <sup>2</sup>	50.9個/km <sup>2</sup>	321.6個/km <sup>2</sup>	7.4個/km <sup>2</sup>	
崩壊地面積	0.141km <sup>2</sup>	0.069km <sup>2</sup>	4.172km <sup>2</sup>	2.386km <sup>2</sup>	2.542km <sup>2</sup>	2.960km <sup>2</sup>	0.211km <sup>2</sup>	0.003km <sup>2</sup>	
崩壊発生面積率	0.13%	0.08%	2.13%	1.14%	1.82%	0.59%	5.08%	0.05%	
素因	標高	×	×	×	×	×	標高に応じて増加 ピーク: 400~450m (個数) 450~500m (面積)	×	
	斜面勾配	勾配に応じて増加 ピーク: 45~50° (個数) 50~55° (面積)	勾配に応じて増加 ピーク: 45~50° (個数・面積)	勾配に応じて増加 ピーク: 35~40° (個数・面積)	勾配に応じて増加 ピーク: 45~50° (個数) 50~55° (面積)	勾配に応じて増加 ピーク: 35~40° (個数・面積)	勾配に応じて増加 ピーク: 35~40° (個数・面積)	勾配に応じて増加 ピーク: 35~40° (個数・面積)	×
	斜面方位	×	南東斜面に多い	×	南東斜面に多い	×	南東斜面に多い	×	
平面曲率	×	×	0~マイナス値の割合 (凹型斜面)が多い	0~マイナス値の割合 (凹型斜面)が多い	0~マイナス値の割合 (凹型斜面)が多い	0~マイナス値の割合 (凹型斜面)が多い	×	×	
誘因	最大1時間雨量	×	×	最大1時間雨量に応じて増加 ピーク: 85~90mm (個数・面積)	最大1時間雨量に応じて増加 ピーク: 85~90mm (個数・面積)	最大1時間雨量に応じて増加 ピーク: 85~90mm (個数・面積)	最大1時間雨量に応じて増加 ピーク: 85~90mm (個数・面積)	×	×
	最大3時間雨量	×	最大3時間雨量に応じて増加 ピーク: 160~165mm (個数・面積)	最大3時間雨量に応じて増加 ピーク: 155~160mm (個数・面積)	最大3時間雨量に応じて増加 ピーク: 165~170mm (個数・面積)	最大3時間雨量に応じて増加 ピーク: 160~165mm (個数・面積)	最大3時間雨量に応じて増加 ピーク: 150~155mm (個数・面積)	×	×
	最大24時間雨量	×	×	最大24時間雨量に応じて増加 ピーク: 300~305mm (個数・面積)	最大24時間雨量に応じて増加 ピーク: 310~315mm (個数・面積)	最大24時間雨量に応じて増加 ピーク: 295~300mm (個数・面積)	最大24時間雨量に応じて増加 ピーク: 300~305mm (個数・面積)	×	×
	連続雨量	×	×	×	連続雨量に応じて増加 ピーク: 395~400mm (個数)	連続雨量に応じて増加 ピーク: 395~400mm (個数・面積)	連続雨量に応じて増加 ピーク: 385~390mm (個数・面積)	×	×