

微地形判読からみた新潟県北部の豪雨に伴う崩壊及び土石流の移動特性  
 -2022年8月豪雨及び1967年8月羽越豪雨との比較-

○下河敏彦(株式会社環境地質)

## 1. はじめに

2022年8月3日～4日にかけて、新潟県北部の下越地域では線状降水帯が発生し、総降水量は、アメダス下関観測所で569.0mm、同高根観測所414.0mmを記録した。地すべり学会は、2022年8月の豪雨災害では、花崗岩、砂岩礫岩が分布する地域で崩壊率が高かったこと、崩壊地頂部と集水域頂部との距離が短いこと、流木による被害も顕著であったことが報告している。

当地域において、崩壊-土石流の発生した豪雨災害として、1967年8月26日～28日にかけて発生した羽越豪雨災害(アメダスの観測所設置以前の豪雨であるが、新潟県北部の平野部でも総雨量400～600mmのエリアが発生している)、1757年5月(宝暦7年)に流木・倒木の多数発生が記録された宝暦の大水の事例があげられる。

本報告では、豪雨災害直後に空中写真の撮影された2022年8月及び1967年8月に発生した崩壊-土石流の移動特性について微地形判読及び現地での不安定土砂調査、斜面表層地質と土層深との関係、今後の土砂移動の危険度について検討した結果を報告する。

## 2. 研究対象地域の選定

2022年8月及び1967年8月豪雨により発生した崩壊の密度が類似する新潟県村上市小岩内地区大沢川流域を対象とした。

## 3. 調査内容

朝日航洋株式会社が公開した災害直後の航空レーザ測量データ(陰陽図+等高線図)を基に、対象地域の表層・溪岸崩壊、土石流の発生-流下-堆積に関わる微地形判読図を作成した。

2022年8月豪雨災害については、朝日航洋株式会社が公開したオルソ+等高線図、1967年8月豪雨災害については、林野庁が1967年9月28日に撮影した縮尺1:16,000空中写真を使用した。

斜面表層は地表・地質踏査及び土層強度検査棒を用いて土層厚、強度(粘着力 $c$ 、せん断抵抗角 $\phi$ )を原位置で計測した。

## 4. 調査結果

ここでは2時期の土砂移動分布の比較、微地形との関連、斜面表層の調査結果について整理する。

### 4.1 2022年及び1967年の土砂移動分布の比較

#### (1) 崩壊

2時期の空中写真判読の結果、1967年8月羽越豪雨災害で崩壊が発生した斜面で、2022年8月豪雨によって表層崩壊が発生した箇所は溪岸崩

壊に限定される。斜面崩壊が一度発生すると土層が回復するまでの期間は崩壊が再発しない免疫性があることは、2018年7月の西日本豪雨災害でも実証されているが(例えば、岩佐佳哉(2022))、対象地域でも同様の結果が得られた。

#### (2) 土石流

空中写真では、土石流の流下-堆積-氾濫範囲は概ね一致する。溪床は回廊状の峡谷であり、土砂堆積域が限定されるため、いずれも溪床堆積物の2次移動による土石流が主体と判断される。

## 4.2 微地形との関係

### (1) 崩壊

対象地域の崩壊形態は、1) 溪岸及び谷壁斜面の崩壊、2) 斜面中腹から分水界直下にかけての谷頭部斜面内の根系層崩壊に大別される。

#### 1) 溪岸及び谷壁斜面の崩壊

洪水の直撃による削剥及び上方の土砂がひきずられて滑落し、傾斜は $45^\circ$ 以上の急峻面が連続している。風化の著しい礫岩砂岩が露出し、所々数m以上の巨礫が残存する。溪床の露岩地も認められるなど、土石流や流木の発生源となっている。このような地形は、降水量の増加する後氷期の気候を反映した現象で、微地形判読図の凡例「露岩地」及び「後氷期開析前線」に該当し、上端は岩盤の透水性に規制される。

#### 2) 斜面中腹から分水界直下にかけての谷頭部斜面内の根系層崩壊

後氷期開析前線の上方から分水界にかけては、谷頭部斜面が分布している。谷頭部斜面には不透水層の上面にパイピングホールを作りながら不透水層上面をすべり面として表層崩壊が発生している。不透水層まで根が侵入していないので根の杭効果がなく、表層の崩積土層が植生と一緒に一体化して高速に滑落する、根系層崩壊となっている。崩壊面には風化岩が全面的に露出し、残土は少ない。

### (2) 土石流

小岩内集落や溪床内には、 $\phi$ 数mオーダーの巨礫を含む土石流堆積物や流木が連続する。

巨礫の発生源は、後氷期開析前線下部の急斜面が主体である。これは風化や緩みの進んだ礫岩・砂岩の崩落によるものが主体である。流木は直径50cm以上の針葉樹も多く、谷頭部斜面の表層崩壊から供給されたものも多いと判断される。

主要溪床の勾配は、1次谷の上流端付近でも

10°未満であり、土石流は溪床内に堆積しやすい。小岩内集落付近では5°程度である。上流域で生産された土砂は溪床内に残存する量が多く、沖積錐も小規模である。

### 4.3 斜面表層の土質

#### (1) 土層厚

2時期の崩壊地及び未崩壊斜面について、崩壊予備物質となる表土層の厚さを計測した。2022年崩壊地頭部では崩落崖の高さ、1967年豪雨による崩壊跡地及び未崩壊斜面では、土層強度検査棒による限界貫入深度を計測した。

その結果、1) 2022年8月崩壊地は板状の崩壊面が露出しており、崩落崖の高さは40cm~80cm、2) 1967年8月崩壊跡地は最深部で25cm、平均で10cm~15cm、風化岩が地表に露出している箇所も認められた。3) 未崩壊斜面の限界貫入深度は40cm~80cmと2022年8月の崩落崖の高さと類似した結果が得られた。

これからの結果から、1967年から56年経過した時点でも崩壊に十分な土層が回復しておらず、崩壊の免疫性が保たれていたことがわかる。

#### (2) 土質強度

対象地域では、未崩壊の谷頭部斜面において、土層強度検査棒を用いて粘着力 $c$ とせん断抵抗角 $\phi$ を計測し、それぞれ平均値で $c=5.8\text{kN/m}^2$ 、せん断抵抗角 $\phi$ は34.2度という値が得られた。限界貫入深度(崩壊深)も70cm~80cmである。せん断抵抗角は斜面傾斜角と概ね一致する。この結果は、土層強度検査棒研究会(2023)が示した斜面傾斜角 $\theta$ ・粘着力 $c$ と崩壊深との関係図では、崖崩れの発生する最頻値の範囲内に該当する。

## 5. 今後の土砂移動予測と防災対策

### (1) 崩壊

後氷期開析前線から尾根にかけては、2022年及び1967年の豪雨で崩壊が発生しなかった谷頭部斜面の遷急線内部である。これらの領域を微地形部判読図から抽出し、土層深の分布パターンをあてはめる定量的な解析につなげられる。後氷期開析前線下方の急斜面についても、高解像度のDEMがあれば、ゾーンとして分類できる。

### (2) 土石流

小岩内地区大沢川の谷出口付近には、1967年豪雨を契機として、昭和43年度に谷止工が竣工されている。2022年8月豪雨による土石流及び流木の補足に一定の効果はあったものの、オーバーフローし荒川本川の氾濫原まで土砂が到達している。上流域には1967年8月豪雨時の崩壊土砂が原型を保ったまま残存する箇所が認められ、溪床堆積土砂の2次移動に伴う土石流のリスクは高くなっている。このため、堰堤工、溪流保全工等のハード対策の追加も望まれる。

## 6. 今後の展望

土砂災害のハザードマップには、地形発達史や土砂災害履歴、地質構造を反映する微地形に基づくゾーン区分し、不安定土砂の定量的な解析結果を合わせて示すなどの高度化が求められる。このような結果に基づいて地域防災単位を示し、住民が注意すべき土砂の起源や移動・堆積の範囲を意識しやすくする必要がある。

このためには、少なくとも本報告で用いた1m以上の解像度を持つ地形情報の判読と、土層強度検査棒による面的な調査、解析方法の普及が必要である。

## 文献

- 1) 地すべり学会 HP:災害・研究報告「2022年 最近の地すべり・土石流災害調査報告会」  
<https://japan.landslide-soc.org/report.html>
- 2) 岩佐佳哉(2022):1945(昭和20)年枕崎台風と2018(平成30)年7月豪雨に伴う斜面崩壊の分布からみた斜面崩壊の免疫性, 地理学評論 Vol. 95, No.2, pp. 123-137
- 3) 稲垣秀輝(2004):植生による斜面安定効果に関する地盤工学的研究, 愛媛大学学位請求論文, 2004, 118p.
- 4) 土層強度検査棒研究会(2023):土層強度検査棒を用いた調査・評価の手引き(案)【共通編】

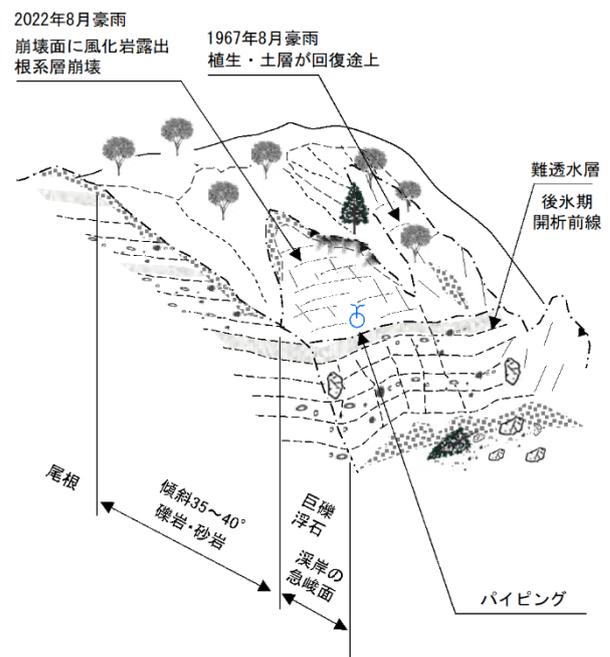


図-1 対象地域の地形・地質及び土砂移動現象の関係のイメージ