

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

2022 年 8 月豪雨災害における斜面変動に関する研究：堆積岩斜面の崩壊特性と土砂堆積域におけるスギ林の枯死について

研究代表者氏名 若月 強¹⁾

研究分担者氏名 西井稜子²⁾

研究分担者氏名 秋田寛己¹⁾

研究分担者氏名 高原正陽³⁾

¹⁾ 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部門 ²⁾ 新潟大学 災害・復興科学研究所 ³⁾ 新潟大学 農学部

研究要旨

山形県飯豊町と新潟県村上市・関川村では、2022 年 8 月の豪雨による多数の斜面変動（斜面崩壊・土石流）とそれに伴う土砂流出・流木によって甚大な被害が発生した。本研究ではこの災害において、(1) 飯豊町の 2 種類の堆積岩斜面における地質と土層物性・斜面崩壊との関係の解明と、(2) 関川村の土砂に覆われたスギ人工林の枯死木分布と要因の検討、をそれぞれ実施した。その結果、凝灰質砂岩の斜面は、泥岩の斜面と土層構造や土層物性が大きく異なっており、そのため多数の斜面崩壊が発生したと考えられた。また、スギ人工林の枯死木は、土砂堆積厚が大きくて、現水面が旧地表面より高い場所に多いことが明らかになった。

A. 研究目的

山形県飯豊町と新潟県村上市・関川村では、2022 年 8 月の豪雨による多数の斜面変動によって甚大な被害が発生した。昨年度の共同研究（課題番号 2023-04）では、村上市・関川村において、崩壊分布や土層物性調査により、地質ごとの土層構造・物性の違いが崩壊発生頻度に影響を与えていることを明らかにした。一方、飯豊町の斜面変動についての調査はほとんどされていない。また、昨年度の現地調査から、崩壊に伴う土砂・流木の一部は、スギ人工林によって補足されていたものの、これらのスギ林は約 1 年後には部分的に枯死していることが明らかになった。次の災害時でも緩衝林機能を発揮させるためには、枯死した場所の樹木転換が必要であるが、このような問題は国内ではあまり認識されておらず、まずは枯死分布の実態調査と原因解明が不可欠である。

本研究では 2022 年豪雨において、(1) 飯豊町の 2 種類の堆積岩斜面における地質と土層物性・斜面崩壊との関係の解明と、(2) 関川村の土砂に覆われたスギ人工林の枯死木分布と要因の検討、

をそれぞれ実施した。

B. 研究方法

(1) に関しては、中新世の凝灰質砂岩と泥岩の地域を対象として、気象庁解析雨量を用いて降雨分布を把握するとともに、空中写真のオルソ画像判読により崩壊分布図を作成して、災害後の航空レーザ測量データから崩壊地の面積と勾配を計測した。また、各地質 2～3 か所の崩壊地において、崩壊地内外の土層や岩石に対して現場や室内で物性を計測した。計測項目は、簡易貫入試験値 (N_c 値)、シュミットロックハンマー反発値 (R 値)、土壌硬度、飽和透水係数、粒度組成、単位体積重量 (乾燥・自然・飽和)、含水比・間隙率・飽和度、土粒子密度である。

(2) に関しては、まず災害前、災害直後、災害 1 年後の衛星画像（可視画像）を用いて枯死範囲の概略調査を行った。そして、現地において、個々の樹木を枯死木、一部枯死木、生木の 3 タイプに分類して、森林 LiDAR (mapry 社 LA03) による位置記録と、胸高直径計測を実施した（結果の章で

はノイズ除去前の暫定結果について述べる)。また、災害前後の航空レーザ測量データの標高差分により土砂堆積厚を計測した。枯死木1地点と生木2地点においては、土砂の粒度組成・飽和透水係数と地下水位の高さを計測した。

C. 研究結果

(1) 飯豊町の2種類の堆積岩斜面の斜面崩壊

降雨特性

災害時は、8月3日6時頃から約24時間の降雨であった。雨量は同地質内でもばらつきはあるが、凝灰質砂岩の中央部では、1時間雨量約60 mm、6時間雨量約210 mm、24時間雨量約410 mm、半減期1.5時間実効雨量約85 mm、半減期8時間実効雨量約240 mm、半減期72時間実効雨量約375 mmであった。一方、泥岩分布域は凝灰質砂岩よりも多雨であり、1時間雨量が約35 mm、6時間雨量と24時間雨量が約90~100 mm多かった。

斜面崩壊の分布・形状(図1)

崩壊面積率は、凝灰質砂岩(1.47%)は泥岩(0.71%)よりも約2倍大きかった。村上市・関川村の値はこれらよりも1.5~10倍大きく、その一因として雨量が大きかったことが考えられる(坂町観測点では1, 6, 24時間雨量がそれぞれ152 mm, 495 mm, 569 mmを記録)。崩壊勾配の違いは小さい(凝灰質砂岩は平均 35.8° 、泥岩は平均 33.8°)。崩壊面積は、凝灰質砂岩(平均 478 m^2)は泥岩(平均 219 m^2)よりも大きいがいずれも小さくて表層崩壊が多いことがわかる。ただし、一

部には崩壊深が3~5 mに及ぶやや深い崩壊も存在しており、凝灰質砂岩のそれらは岩盤内の重力性亀裂に沿った崩壊であった。

岩石・土層物性

岩石(新鮮~弱風化岩盤)は、凝灰質砂岩($R = 25 \sim 32$)は泥岩($R = 60 \sim 65$)よりも軟質であるが、亀裂がかなり少ない。凝灰質砂岩の土層は主に細砂からなり淘汰が良いが、泥岩の土層は粘土から礫までを含み淘汰が悪い。簡易貫入試験からは、凝灰質砂岩はL層($10 \leq N_c < 30$)が薄く風化岩盤($N_c \geq 30$)の上に弱い土層が直接載る崩れやすい急変型の(すべり台的な)土層構造が多いこと、泥岩は崩壊地内(すなわち、すべり面より深部)にもL層($10 \leq N_c < 30$)・M層($5 \leq N_c < 10$)が多く存在する不均質な漸変型の土層構造をもつことが明らかになった。表層土層の透水性はいずれも大きい、凝灰質泥岩はすべり面ないしはその直下に風化岩盤が存在するため飽和透水係数が小さくて(16 mm/hr)、泥岩は不均質なすべり面のため透飽和水係数が大きい(1,073~5,081 mm/hr)。

(2) スギ人工林の枯死木

枯死木の分布

衛星画像から枯死木は斜面変動地付近に散在していたが、特に荒川右岸の一部(約 $4,000 \text{ m}^2$)にまとまった分布が見られたので、ここで現地調査を実施した。この範囲では、枯死木と部分枯死木は全体の43%であり、下流側に枯死木が多かった。胸高直径は40 cm以下がほとんどであり、枯

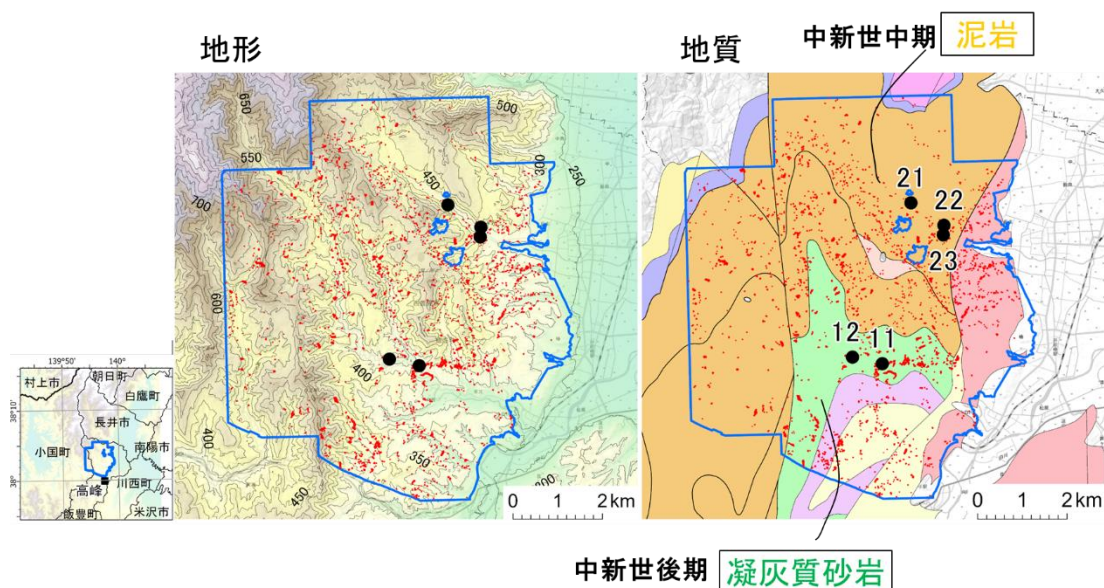


図1 崩壊調査地域の地形と地質と斜面崩壊分布

死の有無と胸高直径に明瞭な関係は見られなかった。

土砂の堆積厚と物性（図 2）

土砂堆積厚は概ね 2 m 以下であり、上流側と下流側の差は比較的小さい。枯死木（平均 0.62 m）は部分枯死木（平均 0.43 m）や生木（平均 0.47 m）よりもやや厚い。堆積土砂のほとんどは砂と礫であり飽和透水係数が大きく（2,000～10,000 mm/hr）、枯死木と生木の違いはほとんどなかった。

地下水位

現在の地下水位は、枯死木では旧地表面よりも 0.82 m も高かったが、生木は約 0.35～45 m 低かった。

D. 考察

斜面崩壊の頻度・形状と土層構造の地質ごとの違い

凝灰質砂岩の斜面は、急変型の（すべり台的な）土層構造であり、これは透水性が小さいが軟質で亀裂が少ない基盤岩を反映した可能性がある。軟質なため亀裂が保存されにくい可能性も考えられる。表層土層は砂質なため透水性も大きいため、すべり面までの浸透が速やかに行われる。また、個々の崩壊面積がやや大きいことから、土層構造が空間的に均質である可能性がある。これらを反映して、相対的に雨量が少ないにもかかわらず崩壊面積率が大きくなったと考えられる。また、軟

質であるため重力性変形が起きやすく、それによるやや深い崩壊も発生したと考えられる。

一方、泥岩斜面は、不均質な漸変型の土層構造であり、崩壊面より深部にも雨水が浸透する（逃げる）可能性がある崩れにくい土層構造と考えられる。また、個々の崩壊面積がやや小さいことから、空間的にも不均質な土層構造であると考えられる。これらを反映して、相対的に雨量が多いにもかかわらず崩壊面積率が小さくなったと考えられる。不均質な土層構造のためやや深い崩壊も発生すると考えられる。

スギ立ち枯れに影響を及ぼす要因

枯死木は、生木や一部枯死木と比較して、土砂堆積厚が大きくて地下水面が旧地表面よりも高い位置に存在していた。土砂堆積は、樹木の師部（と木部？）への土圧による栄養素（と水）の移動を妨げる可能性がある。旧地表面よりも高い地下水面は、冠水による根系の機能不全、特に冠水耐性をもたない樹種においては、根系の機能不全や成長停止、壊死による水欠乏ストレスが発生する可能性がある。これらは枯死の原因になると考えられる。

E. 結論

2022 年の山形県飯豊町と新潟県村上市・関川村の斜面変動に対して、2 種類の堆積岩斜面における岩石・土層・斜面崩壊の調査と、土砂に覆われたスギ人工林の枯死木分布の調査をそれぞれ実施した。

その結果、凝灰質砂岩斜面は岩質や土層構造が泥岩斜面と大きく異なっており、そのため多数の斜面崩壊が発生したと考えられた。また、スギの枯死は、土砂堆積厚や地下水位に影響を受けると考えられた。

F. 研究発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

なし

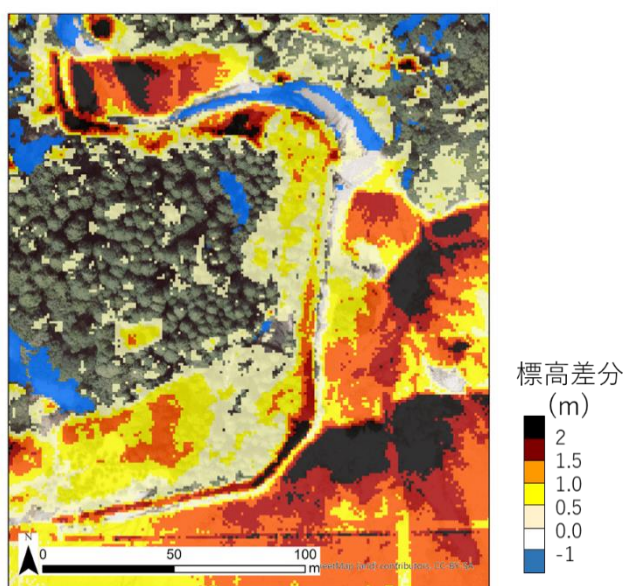


図 2 土砂堆積厚（災害前後の航空レーザ測量データの標高差分）