

北海道胆振東部地震による崩壊斜面での土砂・地形動態と植生回復過程

○八十川伊織¹・荒田洋平¹・大平充²・五味高志^{1,3}・遠藤いず貴^{4,5}・井手淳一郎⁵¹東京農工大学・²北海道大学・³名古屋大学・⁴兵庫県立大学・⁵公立千歳科学技術大学

1. はじめに

崩壊や火災、伐採などの攪乱により植生が失われ裸地となった斜面は、植生回復の機会が生まれる。例えば、北関東地方の林野火災跡地（計 58.5ha）では、火災から半年後の夏季までに埋土種子の発芽・生育により多くの植物が回復し植被率 54.8%となり、2年目の夏季は植被率 68.3%となった（後藤ら, 1989）。有珠山での噴火による裸地斜面（約 3.5ha）では、噴火 2 年後には植物の侵入が確認され、噴火 3 年後では植被率 12.2%、6 年後は 57.1%と植生が回復し、草本植物、木本植物ともに種数も緩やかに増加したと報告されている（小長谷, 2009）。一般には植生は時間ともに回復するが、季節変動が回復評価に影響を与える可能性がある（Yang et al., 2018）。

土壌侵食は、植物の侵入や定着に影響を与える。土砂が移動しやすい斜面では植生の回復が遅れると示唆されている（松崎ほか, 2010）。そして、裸地斜面は、降雨や凍結融解作用による侵食の影響を受けやすく、土砂の移動・流出につながる（小林ら, 2004）。このように裸地斜面での土壌侵食は植生回復のための重要なプロセスである。

土壌侵食量は季節による影響を受ける（藤田ら, 2005）。例えば、神奈川県東丹沢の林床植生が衰退した山腹斜面では、リター堆積量の少ない夏季（7～9 月）は堆積量の多い春季（4～6 月）・秋季（10～11 月）に比べ降雨量が同一でも土壌侵食量は増大したと報告されている（若原ら, 2008）。宮縁・中村（1991）は、北海道樽前火山で夏季から初冬季までの侵食量は、降雨による夏季と比較すると凍結融解作用により秋～初冬季は約 10～100 倍増加したと報告した。このような土壌侵食量の季節変動性は、植生回復の季節変動性に影響を与えていると考えられる。

本研究では、植生回復と土砂・地形動態の相互作用評価のため、(1) 崩壊斜面の植生回復の年・季節変化の把握、(2) 降雨や凍結融解などによる土砂・地形の年・季節変動の把握を目的とした。

2. 調査地概要と研究手法

本研究は、2018 年北海道胆振東部地震により斜面崩壊が発生した北海道勇払郡頗美宇川水系パンケ沢川流域に位置する南東向き崩壊斜面（0.48 ha）を対象とした。年平均降水量は 1028mm、年平均気温は 7°C である（AMeDAS 厚真）。冬季（12 月中旬～3 月下旬）は降雪があり、1m 前後の積雪深度である。地質は堆積岩類であり、土壌は火山性土壌である（千木良ら, 2019）。崩壊前の斜面は、65 年生の広葉樹であるミズナラ（*Quercus crispula* Blume）やシラカンバ（*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara）が主な上層の植生であった。下層植生は、クマイザサ（*Sasa senanensis*）やオオアワダチソウ（*Sasa senanensis* var. *senanensis*）であった。斜面崩壊の平均崩壊深度は 1.5m で、表土が失われている。

植生回復の様子は、航空機レーザー計測（2018 年 9 月 11 日撮影、解像度 0.2m）、衛星リモートセンシング（2020 年 7 月 10 日の Google Earth 画像、解像度 0.3m）および無人航空機（UAV）（Phantom 4 Pro & Mavic Air 2, DJI）調査（2021 年 8 月～2022 年 11 月約 1 か月間隔で撮影、解像度 0.02m）により把握した。UAV で取得したデータから Agisoft Metashape Professional Ver.1.5.2 を用いて解像度 0.02m のオルソ画像を作成した。その後、ArcGIS Ver.10.8.1 を用いて各画像のジオリファレンスを行った。ArcGIS により、各オルソ画像から尤度関数を用いた教師付き分類である最尤法分類により植生を抽出し、ピクセルサイズとピクセル数を用いて植生面積を算出した。

土砂・地形動態は、2021 年 8 月 6 日～2022 年 8 月 5 日の生産土砂量より検討した。斜面に土砂捕捉プロット（幅 2m、斜面長 1m、高さ 1m）を設置し、プロットが捕捉した土砂の体積を 10L のバケツを用い計測し生産土砂量を算出した。降水量は調査流域の末端から約 30m 下流の開けた場所で観測した。0.2mm で 1 転倒の転倒マス雨量計（Rain Collector Base, Cone, Tipping Bucket: Davis Instruments 社）で降水量を 10 分間隔でロガー（ペンダントロガー: UA-002-64: Onset 社）に記録した。気温は AMeDAS 厚真のデータを使用した。潜在的な凍結融解の発生を評価するために、日最高気温 0°C 以上かつ日最低気温 0°C 未満の日数（以下、凍結融解日数）を算出した。

3. 結果

2018 年 9 月 11 日の調査地の植被率は 6.9%であった。その後、2020 年 7 月 10 日の植被率は 4.9%に減少し、2021 年 8 月 4 日で 11.7%、2022 年 8 月 6 日で 14.8%と増加した（図 1）。また、季節変動による植被率の変化が見られた。2021 年 9 月 8 日には年最大の 13.4%であったが、2022 年 12 月 2 日には 2.3%に減少した。また、2022 年 4 月 10 日の植被率は 2.7%であったが、2022 年 6 月 15 日には年最大 17.2%まで植被率が増加し、2022 年 11 月 9 日には 1.9%に減少した（図 1）。

斜面からの年生産土砂量（2021 年 8 月 6 日～2022 年 8 月 5 日）は 159,000kg/ha/year（乾燥密度 1.48kg/L から体積は 107,000L/ha/year）。計測期間の生産土砂量（n = 9）の平均値は 626.1kg/ha/day であり、日平均最大は 2022 年 5 月 17 日～2022 年 6 月 13 日の 1094.0kg/ha/day で、最少は 2021 年 12 月 4 日～2022 年 4 月 10 日の 85.9kg/ha/day であった（図 2）。

月降水量が多かった月（>100mm）は 2021 年秋季（2021 年 10～11 月）、2022 年春季～初夏（2022 年 5～6 月）であり、月降水量が少なかった月（<70mm）は、2021 年冬季～2022 年春季（2021 年 12 月～2022 年 4 月）であった（図 2）。また、観測期間の積雪期間は、2021 年 12 月 17 日～2022 年 4 月 7 日（1m 以上）であった。

凍結融解日数が発生した期間は、2021年10月10日～11月2日（内4日）、2021年11月7日～12月1日（14日）、2021年12月4日～2022年4月10日（71日）、2022年4月15日～5月13日（8日）で合計97日であった（図2）。

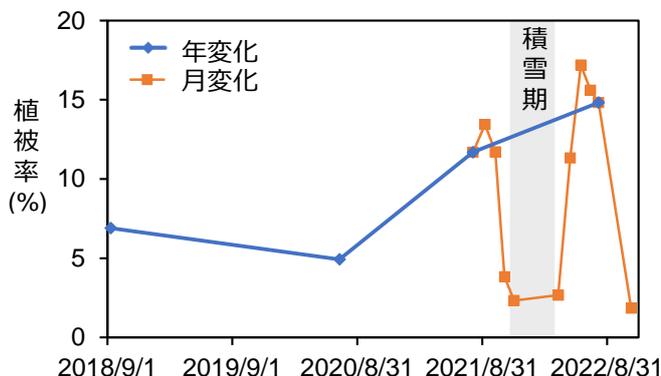


図1 2018年から2022年の植被率変化

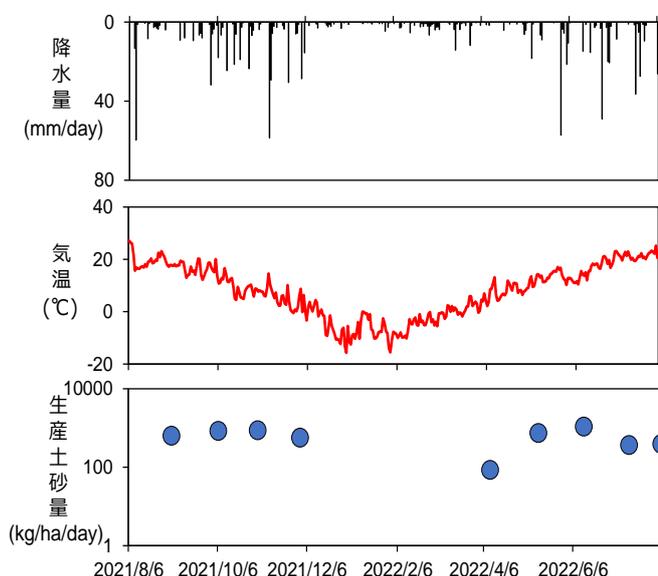


図2 降水量・気温・生産土砂量の変化

4. 考察

調査地は崩壊から2年後を除き植被率が増加した。2年後で2.0%減少した要因の一つとして崩壊直後に斜面に存在した倒木が撤去されたことが考えられた。本調査地の崩壊から4年後の植生回復率は8.5%と、北関東地方の林野火災から1年半後の68.3%（後藤ら, 1989）や有珠山の火山噴火から3年後の12.2%（小長谷, 2009）と比較して低い値であった。これは、本調査地が地震による崩壊により表土や毎度種子が失われたため、斜面の植生回復ポテンシャルが低いこと（山瀬ら, 2009）。また、調査地が冬季の積雪量が少なく表土の地温が変化しやすいため凍結融解による土壌侵食が起りやすいことが要因であると考えられた（Nakata et al., 2021）。植被率は季節変化とともに春先から夏にかけて増加し、9月頃に減少する傾向が見られたが、これは福島県の滝ダム流域におけるNDVIで観測された季節変化と同傾向であり（朝岡ら, 2003）、植生フェノロジーの影響を受

けていると考えられる（川村ら, 2001）。

本調査地での年生産土砂量は、毎冬の凍結融解に起因して安定的に土砂が生産されている滋賀県南部の田上山地の裸地斜面における年生産土砂量の長期観測データ50,000～100,000L/ha/yearと同程度であった（鈴木・福嶋, 1989）。降水量の増大とともに、生産土砂量が増大する傾向があったことから、降雨による侵食が侵食量に影響を与えたと考えられる。一般的に、裸地斜面では表面流が発生しやすく（Fusun et al., 2013）、表面流に伴う表面侵食が春季～初夏・秋季の土砂生産量を増大させたと考えられる。加えて、降水量が少なかった2021年9月にも土砂が生産され、風食によって生産された可能性がある（中田ら, 2022）。また、降雨が少ない2022年4月にも生産土砂量が比較的多かったことから、冬季の凍結融解により発生した不安定な土砂が、初春の4月に流出したと考えられる（木本ほか, 1998）。土砂は冬季を除き毎月安定した土砂量が生産されていることから、降雨や風、凍結融解などによる面状侵食である土壌侵食が植生回復に負の影響を及ぼしていることが考えられた（北原, 2002）。

2022年の6月を見ると降雨が月合計145mmと降水量が多い月であったが、生産土砂量は371 kg/ha/dayと調査期間で2番目に低い値であった。これは、2022年6月が植被率が一番高い月であり、植生によって侵食が抑えられたのではないかと考えられる（北原, 2002）。植生回復と土砂・地形動態の相互作用把握に向け標高差分解析などさらなる地形解析や現地調査を行っていく。なお、本研究は令和4年度（公社）砂防学会若手研究助成を受けている。

5. 引用文献

- 朝岡良浩ら. (2003). 水工学論文集, 47, 163-168.
 千木良雅弘ら. (2019). 京都大学防災研究所年報, 62(B) 348-356.
 藤田正治ら. (2005). 水工学論文集, 49, 1075-1080.
 Fusun, S. et al. (2013). Journal of Soil and Water Conservation, 68(2), 138-145.
 後藤義明ら. (1989). 日本緑化工学会誌, 15(1), 8-12.
 川村健介ら. (2001). 日本林學會誌, 83(3), 231-237.
 木本秋津ら. (1998). 砂防学会誌, 51(1), 3-11.
 北原曜. (2002). 砂防学会誌, 54(5), 92-101.
 小林由佳ら. (2004). 日本林學會誌, 86(4), 365-371.
 松崎紀雅ら. (2010). 日本緑化工学会誌, 36(1), 21-26.
 宮縁育夫ら. (1991). 地形, 12(4), 367-377.
 Nakata, Y. et al. (2021). Remote Sensing, 13(11), 2167.
 中田康隆ら. (2022). 水利科学, 383, 130-145.
 若原妙子ら. (2008). 日本森林学会誌, 90(6), 378-385.
 小長谷啓介. (2009). 北海道大学演習林研究報告, 66(1), 1-31.
 鈴木雅一, & 福嶋義宏. (1989). 水利科学, 33(5), 89-100.
 山瀬敬太郎ら. (2009). 日本緑化工学会誌, 35(1), 130-133.
 Yang, W. et al. (2018). Ecological indicators, 89, 438-444.