

流域における森林の Eco-DRR 効果の基礎的研究

福島大学共生システム理工学類 非会員 二瓶 茜
 福島大学大学院共生システム理工学研究科 非会員 佐藤 大輝
 福島大学共生システム理工学類 正会員 川越 清樹

1. はじめに

SDGs(Sustainable Development Goals)の推進により安全のための持続可能な開発のニーズが高まっている。将来への持続可能性を考慮した場合、災害対策の用途以外に、将来の予算の制約、高齢化、我が国の場合には人口減少、地域振興等の現存する課題にも対応した運用体制に整えることが不可欠である。この対応により、持続的な防災も含めた社会への適応も可能になり得る。適応を実践する上で注目されるものは、Green Infrastructure や Eco-DRR (Ecosystem based disaster risk reduction) に示される自然が有する多様な機能や仕組みを活用しつつ、生活基盤の運用と管理、土地利用計画も考慮して減災を図る方法である。その中でも樹木は、光合成により大気中の二酸化炭素を有機物として固定するため、気候変動による温室効果ガスの緩和や地表面の安定化に大きな効用を持つと考えられている。樹木の機能が十分に発揮できれば気候変動対策にも貢献できる Eco-DRR となり得る。しかし、定性論と概念的有益性の説明が多いため、具現的な応用や適用への誘導が困難である。これらの展開を図るためには、事例に基づくデータによる効果の定量的な情報整備、プロセスを考慮した具体的な計画や事例の明示が必要であり、効果の優劣に関わらず、自然と社会の連動化に対する着実なデータの蓄積と公表に努めなければならない。本研究では、令和元年台風第19号の数多い被害データから、樹林による斜面崩壊流出の抑止効果が認められた地域を抽出し、その特性を求める。

2. 研究目的・対象領域

本研究の目的は、令和元年台風第19号による具体事例から斜面崩壊による被害抑制効果の定量的な知見を導出することである。気候変動も踏まえて、リスク軽減や Eco-DRR に貢献するために、適地適木へメンテナンスをどのように行うべきなのかも検討する。

研究対象地域は、令和元年台風第19号の際、甚大な斜面崩壊の被害を受けた宮城県丸森町の五福谷川流域である。流域内の斜面崩壊土砂の抑制効果を果たした斜面を抽出し、その斜面の樹林の特性を定量値にて求める。

3. 解析方法、およびデータセット

解析方法、およびデータセットは以下の①～③に示すとおりである。

- ① 空中写真、地形データを利用して斜面崩壊、および斜面崩壊土砂の抑制ブロックを抽出するとともに概略滑動力を推計する(流域広域空間での事例解析)。
- ② 典型事例を基に緻密な調査(UAV 空撮、樹林調査)を実施し、土塊滑動に対する抑止効果を導出する(典型事例の詳細解析)。

- ③ 抑制効果の発揮できたブロックの樹林(スギ)の特性を整理し、適地適木、抑制効果の発揮へのメンテナンス方法論を検討する(斜面抑止効果の評価)。

解析①では、被災前後の空撮による空中写真、LIDAR Profiler(以下 LP)データ(空間解像度 1 m×1 m)を基盤のデータとし、五福谷川流域内で生じた斜面崩壊と斜面崩壊抑止効果の発揮された領域を抽出した。また、LP データより得られた被災前後の標高差より得られる土塊堆積量(m^3)、斜面崩壊後の斜面傾斜度($^\circ$)より概略の斜面算定した。

解析②では、解析①の結果を基に斜面崩壊抑制効果の発揮された領域の典型事例を抽出し、斜面滑動力、斜面安定度の他、事例個所の植生状態から樹林の抑制効果を抵抗力として求めた。被災前後の地形条件を基にマニング則による土石流の推定流速(式(1)参照)²⁾と土石流・流木対策設計技術指針による土石流の流体力(式(2)参照)を求めた。土石流流体力を用いて断面当たりの流体力の受動樹林本数との関係を求めて1本あたりの土砂抑制効果を算定した。

$$U = \frac{1}{k_n} Dr^{2/3} (\sin\theta)^{1/2} \quad (1)$$

$$F = k_h \frac{r_d}{g} D_d U^2 \quad (2)$$

ここで、 U ：土石流流速(m/s)、 k_n ：粗度係数($0.10s \cdot m^{-1/3}$)、 Dr ：土石流の水深($\equiv 1.76m$)、 θ ：河床傾斜度($\equiv 27.17^\circ$)、 F ：単位幅当たりの土石流流体力(kN/m)、 k_h ：係数($\equiv 1.0$)、 r_d ：土石流の単位堆積重量($\equiv 20.0kN/m^3$)、 g ：重力加速度(m/s^2)、 D_d ：土石流の水深($\equiv 1.76m$)である。また、樹木の生長状態も把握するため、樹林自体の樹幹直径、年輪、樹間距離、樹高(UAV による Digital Surface Model データ利用)を求める。

解析③では、平常的な樹林(スギ)の成長過程と比較して、抑制効果をもたらした要因を整理することとする。

4. 解析結果

4.1 流域広域空間での事例解析

五福谷川流域内の規模の大きな斜面崩壊現象を LP、空中判読より抽出した結果を図-1 に示す。斜面崩壊ブロックは全部で 54 ヶ所抽出され、箇所は概ね標高差 1～3 m を示す。また、54 ヶ所内の斜面尻で樹林群により土砂流出が緩衝されたものは 23 ヶ所であり約 40 %が樹林による抵抗の効果があったことが把握された。なお、LP 判読による地形情報による概算値であるが土塊の滑動力と規模の関係を図-2 に示す。一概に規則性は認められず、樹木群の状態、もしくは LP で判読しきれない緻密な地形条件が寄

キーワード：SDGs, Eco-DRR, 斜面崩壊, 抑止効果, リスク軽減

連絡先 〒960-1296 福島県福島市金谷川1 福島大学共生システム理工学類 Tel and Fax 024-548-5261



図-1 令和元年台風第19号時の斜面崩壊の判断結果

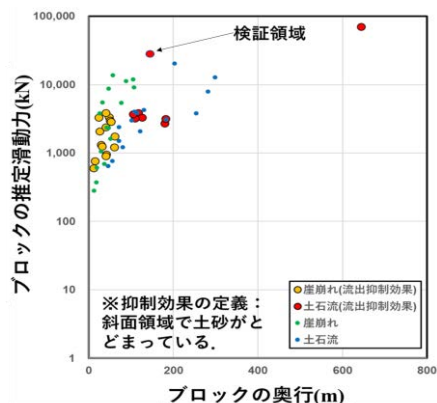


図-2 斜面崩壊の土塊滑動力と規模の関係

与して効果が発揮されているものと示される。

4.2 典型事例の詳細解析

解析①で抽出した54ヶ所から典型事例として1ヶ所を抽出し、斜面崩壊の詳細解析の概要を図-3、図-4に示す。土砂の抵抗帯となった樹林帯は斜面尻の平坦面に分布する。土石流発生ゾーン沿いに倒木が認められるが、河道まで流木、土砂が到達していない。この地点を対象にしてLPとUAVにより取得された数値地形情報を基に、緻密地形の精読と樹林群による土砂流出抑制効果の調査解析を進めた。

式(1),(2)の算定より単位幅当たり $F=349.91 \text{ kN/m}$ の土石流流体力が得られた。この土石流の流体を斜面尻から河川に至る約35m区間の緩斜面に分布した樹林帯で受け止めている。当該樹林帯に分布する樹種はスギで、樹齢は年輪より30年と50年が混在しており、樹林間隔は2.5~3.0mの状況であった。断面換算しておおよそ8本当たりの樹林本数に相当している。したがって、1本あたり43.54 kNの流体力の抑止効果が推計される。なお、別途、スギに関しては演習林の伐採試料より算定された抑制効果の先行研究の事例がある³⁾。この研究事例は、伐根された植生根の本数や太根に基づいて引張抵抗力を算定したものであり、台風19号に示される具体的な抑制検証とは異なるアプローチで解析されたものである。樹齢50年の試料に基づいた1本当たりの引き抜き抵抗力は26.88 kNと推計され、丸森の現地検証の抑制効果の方が大きな抑制効果が示されている。

4.3 斜面抑止効果の評価

解析②の差異の原因としては、例えば土石流により生産される岩塊、倒木の樹間の閉塞効果や、生態環境による成

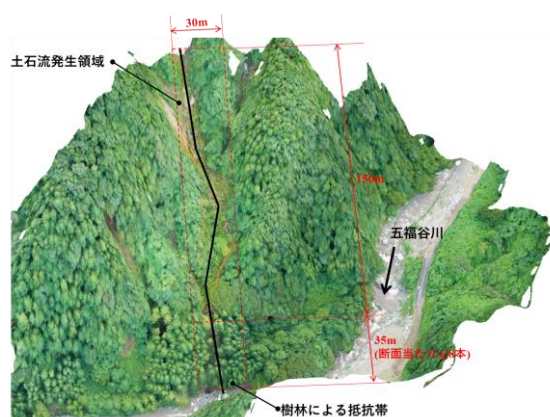


図-3 抽出した五福谷川流域斜面崩壊地点

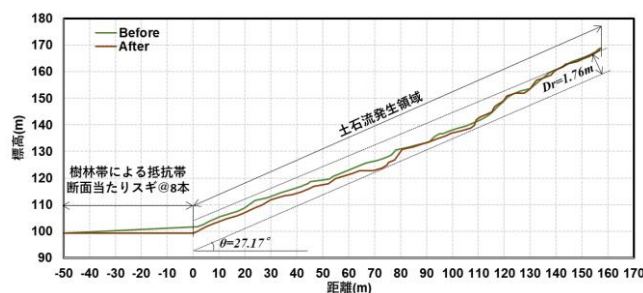


図-4 検討領域の断面図

長効果等の影響も想定される。また、新田ら⁴⁾のスギの成長過程と比較すると丸森の成長度は高い傾向を示唆することが把握された。これらの特性に合わせて引き続き丸森町の他地点での検証も進めて原因を追究する意向である。実質的な試料サンプルの算定と斜面崩壊発生環境の条件整理が、Eco-DRRに対する効果の定量的な情報整備につながり、具体的な計画につながるものと思われる。

5. おわりに

令和元年台風第19号による甚大な被害の概況とともに、現象を緩和させる機能をした事例を示した。こうした事例は、流域治水に加えて、Eco-DRRへの展開を誘導する貴重な知見になり得る。今後、更に精査を重ねて定量的な情報整備、プロセスを考慮した具体的な計画や事例の明示に務めたい所存である。

謝辞：本研究は、国立研究開発法人国立環境研究所気候変動適応研究プログラムPJ2-6、環境省環境推進費(JPMEERF20192007)、科学研究費補助金(19H02395)実施された。また、国土交通省東北地方整備局福島河川国道事務所、宮城県南部復興事務所に協力を受けた。ここに謝辞を示す。

参考文献

- 1) Jan Maes, stanza Parra et al: Questioning network governance for disaster risk management: Lessons learnt from landslide risk management in Uganda, Environmental Science & Policy, Vol.85, pp.163-171,2018.
- 2) 水山高久・上原信司：土石流の水深と流速の観測結果の検討、新砂防, Vol.37(4),pp.23-26,1984.
- 3) 川越清樹・林誠二・風間聡：森林資源の活用を考慮した斜面に対するEco-DRRマップの開発、土木学会論文集G(環境), Vol.76(5), 361-I_370,2020.
- 4) 新田響平・金子智紀：スギ人工林における根張りの特質と選木指標としての妥当性、雑誌研究報告=Bulletin of the Akita Forest Research and Training Center,no.24,pp.1-13,2016.