

令和元年東日本台風における斜面樹林化による土砂流出緩衝効果の検討

福島大学大学院共生システム理工学研究科 学生会員 ○阿部 翼
元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

近年発生する激甚災害の傾向として異常出水に伴う水災害のみならず土砂災害と複合することで被害をより増幅させることが明らかとなっている。特に令和元年東日本台風では、宮城県丸森町五福谷川流域において異常出水と土砂災害が複合した現象である土砂・洪水氾濫による被害が多数確認された。気候変動に伴う極端化する降水の予測を踏まえた災害の激甚化を防ぐため、過大な出水と土砂流出の複合化の抑制、自然資源の有効活用、生態系保全、気候変動の緩和にも効用を持つ Eco-DRR(Ecosystem-based Disaster Risk Reduction)を活用する対策が重要である。こうした対策に向けた知見を構築させる上で、現況に取得されている効果を明らかにすること、効果の発揮できる条件や特徴を整理することが必要とされている。

以上の背景から本研究では、宮城県丸森町五福谷川流域で発生した土砂災害を対象に斜面災害抑制に寄与した樹林、樹木の事例を検証し、土砂流出緩衝効果の定量的なデータを整備した。このデータより得られた知見より、激甚災害に適応できる樹木管理に関する検討を行った。

2. 解析方法およびデータセット

2.1 五福谷川流域現地調査

五福谷川河道溪岸における土砂流出緩衝効果の有無を把握した。調査項目は、①崩壊の種類(土石流、がけ崩れ、表層斜面崩壊)、②崩壊時の特徴、原因、③樹木による緩衝効果の有無、④崩壊地周辺の樹種の4項目とした。

2.2 広域情報による土地被覆・地形指標の導出

災害前後の Sentinel-2(空間解像度 10m×10m)から NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)、GSI(Grain Size Index)の指標データを導出し、差分より斜面崩壊有力箇所を抽出した。(NDVI 差分：正、GSI 差分：負を満たす地点を斜面崩壊と仮定)また、国土交通省所有の LP データ(空間解像度：1m×1m)の DEM(Digital Elevation Model)を用いて地形による湿潤指標 TWI(Topographic Wetness Index)を導出した。²⁾TWI は以下の式により求めた。

$$TWI = \ln \frac{A_s}{\tan b} \quad (1)$$

ここで、 A_s ：単位あたりの上流域の面積(m²)、 b ：傾斜角度(°)である。

広域情報より導出された土地被覆、地形の結果

を統合して、現地調査より取得された結果と比較することで斜面崩壊に伴う土砂流出の特徴に繋がる環境因子を整理した。

2.3 DEM 差分による崩壊地詳細解析

LP データの被災前後の DEM 差分を用いて斜面崩壊地点の斜面崩壊、堆積の領域把握、土砂収支量(土砂流出緩衝効果の有無)を推計した。

2.4 付加資料との比較を含めた総合評価

2.1~2.3 で得られた結果に、宮城県森林情報システムによる森林生態情報(樹種、樹齢など)の情報を統合した。土砂流出緩衝効果を果たすための樹林、樹木の条件を抽出し、激甚災害に適応できる適切な樹木管理の総合評価を進めた。

3. 解析結果

3.1 五福谷川流域現地調査結果

現地調査より、五福谷川流域の河道溪岸には、計 41 地点の斜面崩壊が存在した(図 1 参照)。斜面崩壊の現象タイプ内訳は、がけ崩れ 21 地点、土石流 14 地点、表層斜面崩壊 6 地点存在した。なお、この内、土砂流出緩衝効果を発揮した地点は 9 地点(約 22%)である。また斜面崩壊の特徴として、出水に伴う河道の浸食を起因としているものが多く、土石流 14 地点の他、10 地点が存在する結果を得ている。

3.2 広域情報による土地被覆・地形指標導出結果

図 1 に NDVI、GSI の差分より得られた五福谷川流域斜面崩壊有力地点と現地踏査のマップを示す。五福谷川流域に存在する 64,842 の小流域中 810 地点で斜面崩壊有力地点が抽出された。ただし、GSI に関しては、裸地領域以外に樹間部分の影響も斜面崩壊に寄与したと推測され、実質の崩壊地点より過大になることが示唆される。

図 2 は五福谷川流域における NDVI 差分と TWI の関係を示す。なお、図中には広域情報による関係の他、現地調査より取得された斜面崩壊の事例を付加した。中埜による先行研究では²⁾TWI を基に危険斜面の分類の基準値とし $TWI : 5 \leq TWI \leq 8$ に設定しているが、五福谷川流域は概ね基準を超過しており、先行研究とも整合した危険度の高い斜面である結果を得た。一方で、斜面崩壊である場合には本来 NDVI 差分値は正の値を示すが、現地調査の事例とは整合しない結果も得られた。この原因として衛星画像の空間解像度 10m×10m では、樹林繁茂した崩壊規模の小さい溪岸沿いの斜面崩壊を捕捉できなかったことが挙げられる。

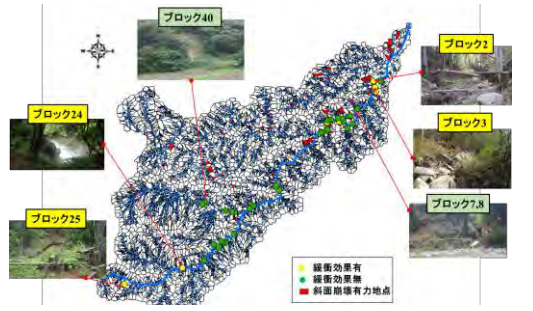


図1 五福谷川流域崩壊有力地点と現地踏査マップ

3.3 DEM 差分による崩壊地詳細解析

図3に斜面崩壊による土砂体積量と土砂堆積率の結果を示す。なお、土砂堆積率は、斜面崩壊により流出された土砂体積量と斜面崩壊した流域の土砂堆積の比率である。

41地点全体で流出量約14.4%の土砂堆積率が確認された。特に土砂流出緩衝効果が顕著に確認された斜面崩壊地19(図1参照)においては約41.7%と土砂の抑制に樹林、樹木が大きな効果を果たしたことが把握された。当該地は、斜面下部が平坦面になっていることから土砂流速が減少し、堆積しやすくなる等の地形条件も影響していることが示唆される。なお、全体の樹林による土砂流出緩衝効果は約37306m³であると見積もられる。

3.4 付加資料との比較を含めた総合評価

図4は斜面崩壊領域周辺樹木の樹齢とTWIの関係を示したものである。TWIが高い地点においても緩衝効果を発揮することが把握された。また、土砂流出緩衝効果を果たした樹木の樹齢は概ね41-50年から61-70年生であり、樹種は広葉樹、スギが該当した。川越らによる樹木1本あたりの見込み抵抗力として抽出した広葉樹(イチイガシ、自然含水状態:140.03kN、飽和時:111.36kN)と同様の傾向を示している。³⁾通常スギの標準伐採は35年程度とされるが、50-60年が立木価値としては効果になる。なお丸森の先行事例ではスギの成長速度は他の地方のスギに比べて早い結果も得ている。⁴⁾丸森の先行事例を参考にEco-DRRの視点から考察すれば、60年程度の時間スケールで樹木を円滑に更新する取り組みが必要と言える。

4. 結論と今後の課題

本研究における結論として①~③が挙げられる。

- ① 調査地点41地点中9地点(約22%)で土砂流出緩衝効果を果たした。なお、植生被覆指標による解析では810地点で斜面崩壊有力地点が抽出された。
- ② 五福谷川流域の湿潤指標 TWI は先行研究の基準値と整合した危険度の高い斜面であるが正の値を示すはずである NDVI 差分値は、現地調査の事例と整合しない結果も得られた。
- ③ 調査地点41地点全体で流出量約14.4%の土砂堆積率が確認され、全体の樹林で約37306m³と見積もられた。また、緩衝効果を発揮した森林生態情

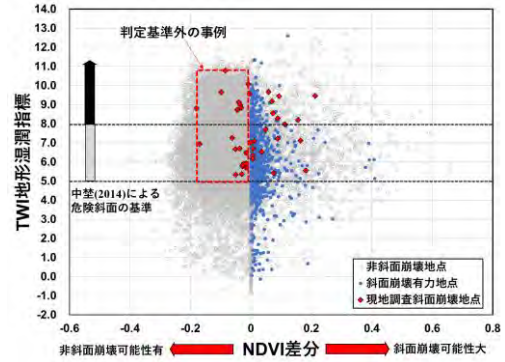


図2 NDVI 差分-TWI 関係図

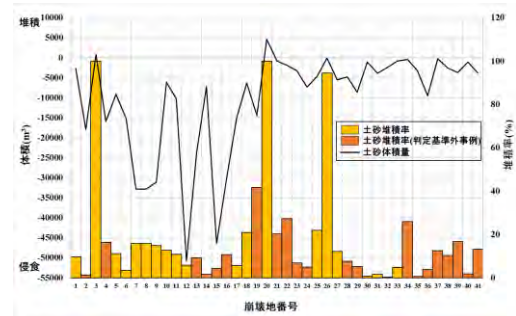


図3 土砂体積量と土砂堆積率結果

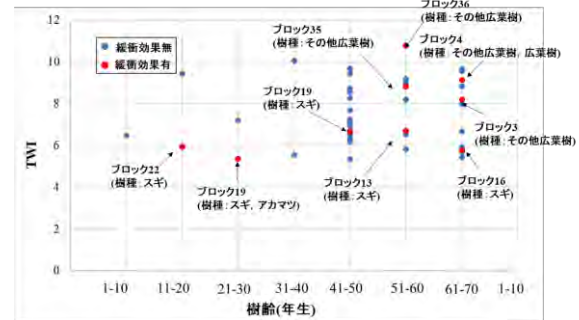


図4 樹齢-TWI 関係図

報として、樹種は広葉樹、スギであり、樹齢は概ね41-50年生から61-70年生である結果を得た。

今後は効果発揮には60年程度の時間スケールを要する結果を得たことから各樹種の成長量に着目し、円滑な樹木の更新を行うこと、既存のハード・ソフト対策と並行させていくことで斜面崩壊対策の向上に繋がると考える。

謝辞: 本研究は国土交通省水管理・国土保全局河川砂防技術開発、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 自治体との連携に基づく気候変動による市街地の水災害・水環境影響への適応策の評価の支援により実施された。また、宮城県南部復興事務所、および宮城県水産林政部林業振興課に協力を受けた。ここに謝意を示す。

参考文献:

- 1) 川越清樹・佐藤大輝・阿部翼・二瓶茜: 令和元年台風19号の被害状況をふまえたEco-DRRへの展開, 地学教育と科学運動, 88号 PP.3442, 2022.
- 2) 中笠他: 平成25年(2013年)台風26号に伴い伊豆大島で発生した大規模土砂災害に関連した地形解析, 国土地理院時報, No.125, pp. 17-22, 2014.
- 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の開発, 土木学会論文集G(環境), Vol. 76(5), I_361-I_370, 2020.
- 4) 川越清樹・阿部翼・二瓶茜・佐藤大輝: 令和元年東日本台風の事例を用いた土砂流出緩衝事例の検証, 土木学会論文集G(環境), Vol.78, No.5, I_189-I_197, 2022.