

森林が土砂生産へ及ぼす影響とその調査・観測手法について —奈良県吉野郡下北山村池郷川における検討事例—

国際航業株式会社 ○小泉和也, 郡 典宏, 秋山晋二, 水流竜馬, 松井愛海, 吉川卓郎, 佐々木良子, 朝間一允, 西方大翔, 白倉誠也
奈良県県土マネジメント部砂防・災害対策課 宮口一成
から 15 年までは崩壊面積率が大きい結果となった。

1. はじめに

奈良県吉野郡下北山村にある池郷川流域(図1, 新宮川水系, 流域面積 32km²)では, 2004 年の台風第 10 号・11 号により, 多量の土砂流出があり, 谷出口付近で河床上昇が生じた(堆積土砂量約 10 万 m³)。近年は減少傾向にあるが, 2004 年から 2019 年までの約 15 年間に約 30 万 m³が下流河道に堆積している(河川測量成果より推定)。



図1 研究対象流域

本流域は急峻で狭隘な地形や土地利用等の制約のため, 新たな砂防設備の設置が難しいこともあり, 奈良県による土砂撤去が継続実施されている。そこで, 県では森林の土砂流出抑制効果に着目し, 効果検証及び総合土砂管理への活用を目指している。

本研究は, 樹木の成長(流域内環境の時間変化)を考慮した土砂生産メカニズムの解明を目的としている。本発表では, 流域内の森林状況把握による土砂生産の特徴分析と土砂動態観測・流出土砂観測結果による表面侵食を算出する USLE 式の設定とともに, 皆伐から 2004 年に土砂流出するまでに流域内に蓄積された土砂量を推定した結果を報告する。

2. 森林状況把握による土砂生産の特徴分析

複数時期の空中写真による崩壊地判読や森林簿から流域内の森林状況を経年的に把握し, 森林状況と土砂生産の特徴を分析した。

2-1. 流域内の経年変化

空中写真等を収集して, 時期別に崩壊地を判読した(図6の崩壊地①~⑤)。崩壊地は新規・拡大・継続を区別した(面積を表3に示した)。

また, 空中写真から森林の荒廃状況を把握した。本流域では 1976 年の空中写真で一部の斜面での皆伐が確認できた(図2, 写真の範囲は図4)。

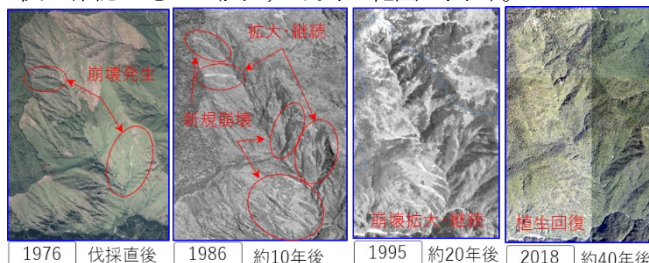


図2 森林伐採後の荒廃状況の変化

2-2. 植栽時期と崩壊面積率の分析

崩壊地判読結果と森林簿から, 植栽からの年数別に崩壊面積率を整理した(図3)。森林簿により斜面別に植栽年が分かるので, 斜面ごとに整理した。植栽

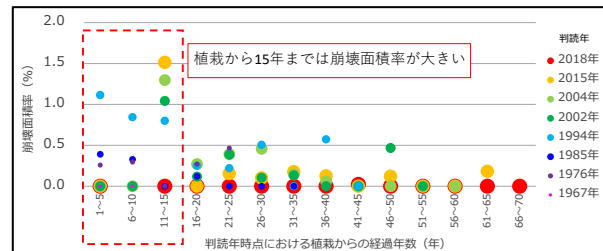


図3 地形判読年別の崩壊面積率

3. 土砂動態等の観測

森林が土砂生産へ及ぼす影響とその定量的な評価方法を確立するため, 流域内で土砂動態観測・流出土砂観測を実施した。

3-1. 観測体制

2020 年 9 月~11 月と 2021 年 6 月~10 月に観測を実施した。観測箇所・項目を図4・表1に示す。土砂捕捉装置による山腹斜面での流出土砂の捕捉は, 上記期間に加え, 2020 年 12 月~2021 年 4 月(凍結融解に伴う土砂流出)を追加した。また, 河道において出水時の流速観測(浮子法, 電磁流速計等)やバケツ採水による濁度分析を実施した。

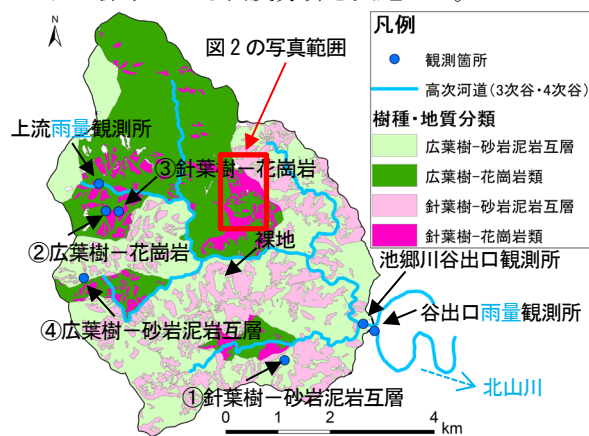


図4 流域内の観測箇所 (A=32km²)

表1 観測項目

	水位計・濁度計	林外雨量計	林内雨量計	流出土砂捕捉装置
①針葉樹-砂岩泥岩互層	○	—	○	○
②広葉樹-花崗岩	—	—	○	○
③針葉樹-花崗岩	○	—	○	○
④広葉樹-砂岩泥岩互層	○	—	○	○
池郷川谷出口観測所	○	—	—	—
上流雨量観測所	—	○	—	—
谷出口雨量観測所	—	○	—	—

3-2. 表面侵食の観測と USLE 式パラメータ設定

水文・土砂流出観測結果から, USLE 式(Universal Soil Loss Equation)を用いて, 表面侵食量を推定した。USLE 式とは, 米国農務省土地保全局が開発した土壌侵食量の推定方法であり, 三浦ほか(2022)²⁾にて観測成果を基にパラメータを設定している。以下に前回報告の概要を記す。

土砂捕捉装置（写真1）の設置後は現場が攪乱されている懸念があることから、設置年の観測値は使用せず、2021年4月～10月の観測値（A）と降雨係数（R）、観測箇所の与条件として文献値や地形要素により、USLE式に適用するパラメータ（表2）を設定した。裸地では土砂捕捉装置を設置できなかったため、ハンドヘルドレーザ測量による時期差分から流出土砂量を求めてパラメータを設定した。



写真1 土砂捕捉装置

土砂捕捉装置の観測結果に基づくパラメータを用いて流域全域を対象に土砂量を算定すると過大となる懸念があることから、河道での土砂動態の観測結果と比較することで算定方法を見直した。具体的には、斜面から流下する表面侵食量について、水位計・濁度計の観測データと斜面の土砂粒度調査結果より浮遊砂量を推定し、USLE式により表面侵食量を求める範囲を水系沿いに限定した。

土砂流出（表面侵食）に対しては、森林（下層植生やリター）の種類による差異は小さく、裸地が森林かによる差異が極めて大きい結果となった（図5）。これより土砂流出を減少させるためには、裸地（出水後の崩壊地等）を放置せず、速やかに森林（地表面の被覆）を回復させることが重要であるとわかった。

表2 USLE式のパラメータ

パラメータ	検討方法
A：単位面積当たりの流出土砂	土砂捕捉装置の観測結果（R3.4～10）
R：降雨係数	流域内の解析雨量を基に設定
K：土壌係数	文献 ⁵⁾ よりK=0.227とした。 裸地では、文献 ⁴⁾ よりK=0.105とした。
S：傾斜係数	流出土砂観測装置の上方の遷急線までの範囲で算出
L：斜面長係数	流出土砂観測装置の上方の遷急線までの範囲で算出
C：作物係数（被覆係数）	A、R、K、S、L、Pから方程式で求めた。
P：保全係数	文献 ⁵⁾ よりP=1.0とした。

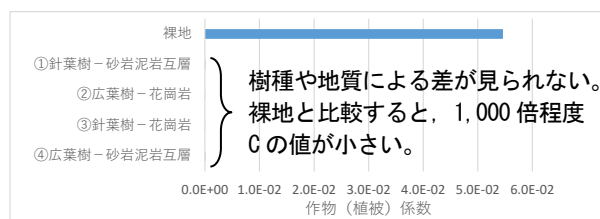


図5 C（作物係数）の算出結果

4. 裸地・森林の変化を踏まえた表面侵食量の推定

皆伐が確認された1976年以降、2004年出水まで

流域内に土砂が蓄積されたとした場合において、崩壊地が裸地化した場合の表面侵食量、森林斜面からの表面侵食量を試算した（29年間）。USLE式のR（降雨係数）は、1976年から連続した観測データが得られる上北山 AMeDAS を使用して求めた。

各年の表面侵食量を図6に、期間別の結果を表3に示した。年平均2,800m³程度が流出しており、崩壊地（裸地）が増加すると表面侵食量が増加する。29年で合計8万m³程度流出し、そのうち崩壊地（裸地）由来が6万m³程度である。地形条件から砂防施設の設置が困難であるため、崩壊地（裸地）の解消により流出土砂抑制効果があると考えた。

表3 生産土砂量算出結果

期間	崩壊地（裸地）の面積（m ² ）				表面侵食量（m ³ ）	
	新規	拡大	継続	小計	崩壊地（裸地）	斜面（森林）
1976	98,855	0	31,909	130,763	1,227	739
1977～1986	56,943	1,125	46,295	104,363	7,971	5,954
1987～1995	147,914	7,125	59,857	214,896	22,068	8,251
1996～2002	94,680	11,955	136,645	243,280	17,530	5,925
2003～2004	49,634	20,077	221,992	291,702	9,283	2,587
合計					58,079	23,457
斜面（森林）の面積（m ² ）				1,176,525	表面侵食量計	
					81,536	

5. まとめ

- ・崩壊地（裸地）では、斜面（森林）と比べ表面侵食が1,000倍程度異なり（図5）、植生が回復しない限り、表面侵食が恒常的に続く。
- ・裸地の回復には数年から数十年程度の時間を要する（空中写真判読結果より）ことから、出水後できるだけ速やかに航空実播や適切な森林管理に取り組むことで、下流河道への土砂流出を抑制できる可能性がある。
- ・ハード対策と連携し、溪流沿いの土砂移動の抑制や溪床勾配の緩和等も導入することで、早期の植生回復を促すことなどが想定される。
- ・様々な植生回復手法を踏まえ、今後は回復過程における表面侵食量の変化等のモニタリングに取り組み、総合的な土砂管理に寄与していきたい。

参考文献

- 1) 朴ほか（2021）、池郷川流域における土砂動態の推定、令和3年度砂防学会研究発表会概要集
- 2) 三浦ほか（2022）、池郷川流域における土砂動態の推定（2）、令和4年度砂防学会研究発表会概要集
- 3) 笠原ほか（2022）、森林の表層崩壊防止機能の評価検討事例、令和4年度砂防学会研究発表会概要集
- 4) 小林ほか（2004）、風化花崗岩地帯における崩壊地の表面侵食とUSLEによるその解析、日林誌、86(4)
- 5) 山瀬ほか（2010）、間伐木を利用した筋工による森林表土の流亡抑制、日緑工誌、36(1)

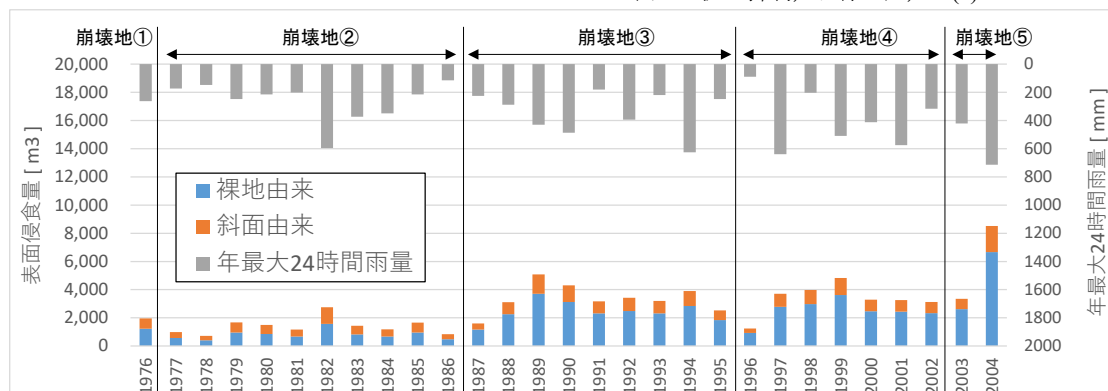


図6 1976年以降の表面侵食量と年最大24時間雨量