

Cs-137 と Pb-210<sub>ex</sub> の現存量に基づいて推定したヒノキ人工林流域の侵食プロセス

筑波大学大学院生命環境科学研究科 ○福山 泰治郎 恩田 裕一  
 科学技術振興機構 水垣 滋 五味 高志  
 京都大学防災研究所 上野全保 Roy C. Sidle  
 京都大学大学院農学研究科 宮田秀介 小杉賢一朗

## 1. 背景と目的

日本の人工林、特にヒノキ林では、間伐遅れにともなって下層植生が衰退し、表面侵食が発生して林地が荒廃することが指摘されている。ヒノキ林床の侵食プロセスについては、プロットスケールでは、表層土壌の侵食・運搬に対して雨滴衝撃の寄与が大きい(Miura et al., 2002) と報告されているが、ヒノキ林における地表流の発生も報告されており(西山 2003; 五味ほか 2005; 辻村ほか, 2006)、ヒノキ林の土壌侵食における地表流の寄与は明らかではない。

土壌侵食を推定するために、USLE (Universal Soil Loss Equation)などの経験式や、物理モデルが構築されてきた。近年では、細密 DEM の普及に伴い、水土砂流出や土壌侵食の予測が行われてきている。また、放射性核種(核実験起源 Cs-137, 天然起源 Pb-210<sub>ex</sub> など)を指標として、侵食土砂量の評価が行われている。近年では、Cs-137 から推定した侵食速度を用いて、流域末端で観測された流出土砂量のクロスチェック (Porto et al., 2001) や、既存の侵食モデルの評価 (Warren et al., 2005) が行われるなど、放射性核種を用いた侵食速度推定が、従来のモデルや観測と並ぶ手法として確立されてきている。また、Cs-137 の現存量と、地形や地表被覆との相関に基づいて侵食プロセスを調べた研究も行われている (Fulajtar 2003; Nearing et al., 2005)。

そこで本研究では、ヒノキ人工林流域の卓越する侵食プロセスを明らかにするために、地表流の限界せん断応力を計算し、放射性核種の現存量で検証した。ここで、限界せん断応力は、集水面積と傾斜のべき乗で表現され、地表流の土砂輸送能の指標として用いられる (Prosser and Abernethy, 1999)。また、放射性核種の現存量は、その地点における地形や地表被覆に依存し、放射性核種が供給されてから現在までの累積侵食(堆積)量を表している。本研究は、JST/CREST「森林荒廃が洪水・河川環境に及ぼす影響の解明とモデル化」の一部として行なわれた。

## 2. 方法

## 2.1. 調査地

調査地は、三重県度会郡大紀町のヒノキ人工林源頭部小流域 (0.36 ha) である。年降水量は約 2,000 mm

(2004-2005 年) で、流域の平均起伏比は 0.93、平均傾斜は 42.9°である。

## 2.2. 限界せん断応力の算定

航空機レーザにより収集された高解像度 DEM を用いて、セルごとの傾斜と集水面積を求めた。現地の降雨実績に基づいた雨を与えるために、調査地に最も近い AMeDAS 観測地点(三重県松阪市粥見)の1時間雨量データを22年分(1976-1997年)集計し、降雨強度別の発生頻度を算出した。降雨強度別の年間平均生起回数に基づいて、1年間の超過降雨(=降雨強度-浸透能)を算出し、地表流の年間積算限界せん断応力 $\tau_b$ の算定に適用した。流域の浸透能は 30 mm h<sup>-1</sup>とした。

2.3. Cs-137, Pb-210<sub>ex</sub> の現存量調査

流域内の49地点で30cmの採土円筒を用いて土壌試料を採取し、単位面積当りの放射性核種(Cs-137, Pb-210<sub>ex</sub>)現存量を調査した(図-1)。現存量を Diffusion and Migration Model を用いて侵食速度に換算した。

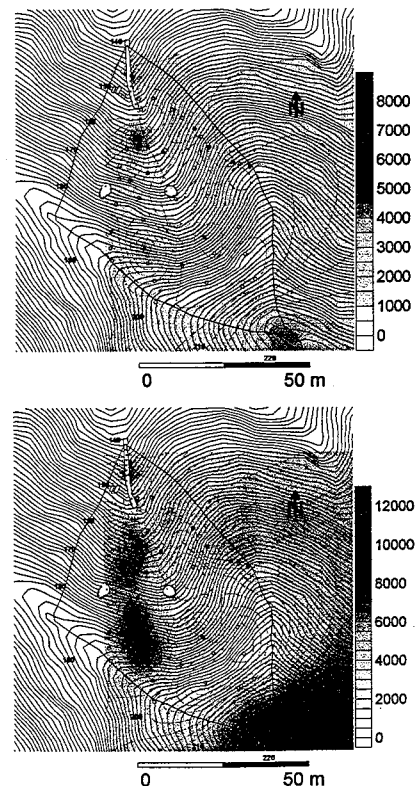


図-1 Cs-137(上), Pb-210<sub>ex</sub>(下)の現存量分布

○ 土壌試料採取地点

## 3. 結果と考察

積算せん断応力は、斜面上部で小さく、斜面下部や凹斜面で大きいと計算された(図-2)。Cs-137とPb-210<sub>ex</sub>の現存量から、調査地の平均侵食速度はそれぞれ1.2, 2.8 t ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>と計算された。

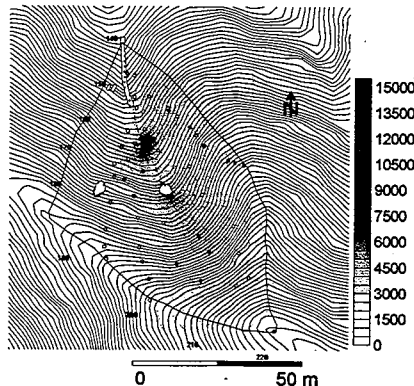


図-2 積算せん断応力分布

流域の左岸側斜面では、表層崩壊跡が見られ、Cs-137とPb-210<sub>ex</sub>の現存量が局地的に高い堆積域が見られることから(図-1)、左岸側斜面は表層崩壊などのマスマーブメントの影響が大きいと考えられた。本研究では、地表流による表面侵食を検討するために、左岸斜面を除いた土壌試料採取地点で、積算せん断応力とCs-137とPb-210<sub>ex</sub>の現存量の関係を検討した。その結果、積算せん断応力の増加に対して放射性核種の現存量が減少する傾向が見られた(図-3)。

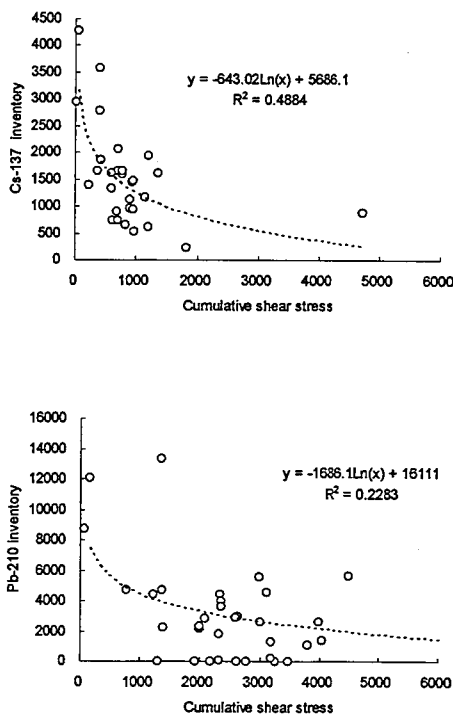


図-3 積算せん断応力と放射性核種現存量の関係  
(Cs-137(上), Pb-210<sub>ex</sub>(下))

これらの結果は、調査地ヒノキ林の土壌侵食において、地表流の寄与が重要であることを示唆していると考えられる。Cs-137に比べて、Pb-210<sub>ex</sub>でばらつきが大

きかったのは、Cs-137とPb-210<sub>ex</sub>の供給パターンの違いを反映していると考えられる。Cs-137は主に1960年代の大気圏核実験に由来し、現在はほぼ供給が停止しているため、現在までに発生した地表流を累積的に反映し、積算せん断応力に対応した現存量になっていると考えられる。一方、Pb-210<sub>ex</sub>は、現在でも大気中から地表に供給されているため、雨滴衝撃による比較的短距離の運搬と再堆積を反映した現存量分布になり、Cs-137と比較して積算せん断応力との関係が不明瞭になっていると考えられる。

#### 参考文献

- Fulajtar E. (2003) Assessment of soil erosion on arable land using <sup>137</sup>Cs measurements: a case study from Jaslovské Bohunice, Slovakia. *Soil & Tillage Research* Vol. 69, 139-152.
- 五味高志, Roy C. Sidle, 上野全保, Twodros A. Taddese, 小杉賢一朗, 宮田秀介, 恩田裕一, 福山泰治郎 (2005) 荒廃ヒノキ人工林流域における地表面流発生と浮遊土砂流出の応答. 平成 17 年度砂防学会研究発表会概要集, 20-21.
- Miura S, Hirai K., Yamada T. (2002) Transport rates of surface materials on steep forested slopes induced by raindrop splash erosion. *Journal of Forest Research* Vol. 7, 201-211.
- Nearing M. A., Kimoto A, Nichols. M. A. (2005) Spatial patterns of soil erosion and deposition in two small, semiarid watersheds. *Journal of Geophysical research*, Vol. 110, F04020.
- 西山嘉寛 (2003) 岡山県におけるヒノキ人工林の表面侵食と表面流出の研究 (3) 月地表流出量と降雨因子との関係. *森林応用研究* Vol. 12, 59-63.
- Porto P, Walling D. E. Ferro V. (2001) Validating the use of caesium-137 measurements to estimate soil erosion rates in a small drainage basin in Calabria, Southern Italy. *Journal of Hydrology*, Vol. 248, Issues 1-4, 93-108.
- Prosser I. P., Abernethy B. (1999) Increased erosion hazard resulting from log-row construction during conversion to plantation forest. *Forest Ecology and Management* Vol.123, 145-155.
- 辻村真貴・恩田裕一・原田大路 (2006) : 荒廃したヒノキ林における降雨流出に及ぼすホートン地表流の影響. *水文・水資源学会誌* Vol. 19, No. 1, 17-24.
- Warren S. D., Mitasova H, Hohmann M. G., Landsberger S, Iskander F. Y., Ruzycki T. S, Senseman G. M. (2005) Validation of a 3-D enhancement of the Universal Soil Loss Equation for prediction of soil erosion and sediment deposition. *Catena* Vol. 64, 281-296.