

過度な森林資源の収奪を受けた山地流域における斜面の削剥履歴と土層の安定性の遷移：
滋賀県田上山地における定量的モデリング

Quantitative modeling of anthropogenic irreversible transition in denudation processes and hillslope stability on mountainous watersheds: tree root reinforcement for soil development on hillslopes

○太田 凌嘉・松四 雄騎

○Ryoga OHTA, Yuki MATSUSHI

This study focuses on the state transition of mountain watersheds by human impact for quantitative evaluate of anthropogenic hillslope destabilization and denudation. Properties of soils and concentrations of cosmogenic ^{10}Be in sediment samples reflect the changes in rate and processes of sediment yield by vegetation removal. Mean basin denudation rates of naturally-forested watersheds determined by cosmogenic ^{10}Be is related to the degree of dissection of the watershed. Based on this empirical function, we estimated the amount of soil loss during the state transition. Slope stability analysis incorporating tree-root reinforcement of soil layer suggests that forest ecosystem plays important roles for the protection of slopes against rainfall induced shallow landslides and gully erosion, and thus controls soil thickness on hillslopes.

1. はじめに

湿潤変動帯の森林に覆われた流域では、森林資源が継続的に掠奪されると、土砂が流出して斜面が裸地へと遷移する。この状態遷移を定量的にモデル化するためには、流域からの状態遷移による土砂流亡過程を定量化し、樹冠遮断や樹木根系の効果が失われることによる斜面の安定性の遷移を定量的に評価する必要がある。

2. 調査地域・方法

滋賀県・田上山地は、人為的な影響により土層が流亡し植生が貧弱になった流域と自然状態を維持した流域が隣接する花崗岩小起伏丘陵である。本研究では、宇宙線生成核種により土層の生成・削剥速度を定量化し、樹木根系の土層補強効果を考慮した力学的解析により斜面安定性の遷移を定量的に評価した。

3. 結果・考察

自然状態を維持した流域の堆砂中の ^{10}Be 濃度は、 $4.9 \times 10^{-4} - 1.2 \times 10^5 \text{ atoms g}^{-1}$ であり、流域の空間平均削剥速度は、 $9.7 \times 10^{-2} - 2.5 \times 10^{-3} \text{ g}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ と算出される。この速度は、宇宙線生成核種により求められた土層の生成速度と同等の値であった。一方、人為影響を受けて荒廃した流域では、 $2.1 \times 10^{-4} - 2.8 \times 10^{-4} \text{ atoms g}^{-1}$ の ^{10}Be 濃度が得られた。この小さな核種量は、土層が流亡したのち、風化岩盤の上面が削剥されつつある状態を反映したものと推定された。

自然状態を維持した流域の核種量は、流域の開析度と対応している。この対応関係に基づき、荒廃状態にある流域において人為的影響を受ける以前の削剥速度を復元することができた。この速度から推定される本来の核種量と、測定された現在の核種量の差分から、流域が荒廃状態へと遷移する過程で削剥された物質の厚みは、0.3–1.2 m 程度と推定された。山麓低地の堆積物と量的比較から、削剥された物質のほとんどが掃流土砂として流出し、河床の上昇をもたらしたと考えられる。

数値計算により土層の空間分布を再現し、モデル化した樹木根系の土層補強効果を考慮して斜面の安定性を評価すると、その効果が減少するとともに、流域の不安定性は増大する。土層のせん断強度として自然状態を維持した流域での値を用いると、土層浅部に地下水面が到達するような場合でない限り、流域内のほとんどは安定している。しかし、人為影響を受けて荒廃した流域で得られた物性値を用いると、間隙水圧の上昇があれば、ほとんどの斜面が不安定になった。すなわち、流域から森林が消失すると、土層が不安定化して表面侵食により土砂流亡が加速することも遷移過程において重要な役割を果たしていると示唆される。そして、流域斜面は裸地化すると、恒常的に土砂が排出されるようになって新しい定常状態をつくりだすため、元の状態へと回帰することが難しくなるものと推定される。