

1. 研究目的

日本の人工林、特にヒノキ一斉林では、間伐遅れによって林冠の閉鎖が進むと下層植生が消失し、浸透能が低下して降雨時に容易に地表流が発生し、土壌の表面侵食が起こることが知られている。林地の侵食を扱った既往の研究では、林床の被覆や植生の違いが流出や土壌流亡に及ぼす影響を明らかにし、森林の表面侵食防止機能を評価する目的で、特にヒノキ林で侵食試験が行われてきた。斜面の侵食を予測するために1次元の侵食モデルが提案されているが、森林では詳細な観測が少なくデータの蓄積がないことから、パラメータの設定が困難である。

近年、核実験フォールアウト起源の放射性核種 (Cs-137 や Pb-210_{ex}) を表層土壌移動の指標として利用する手法が用いられている。これらの放射性核種の現存量から侵食速度を推定し、実測の流出土砂量で検証した例や、既存の侵食モデルとの比較を行った例はあるが、山地森林流域に適用した例はない。そこで本研究では、ヒノキ林流域において、林地土壌の放射性同位体を測定し、各測点における放射性同位体の垂直分布を表現するモデルのパラメータと、測点の斜面長の関係からヒノキ林の侵食プロセスの推定を試みた。

2. 調査地と方法

調査地は三重県度会郡大宮町神原地区のヒノキ林である。土壌は片麻岩を基岩とした森林褐色土壌である。年間平均気温は 18.2°C、年平均降水量は約 2,400 mm である。調査対象流域として、下層植生がほとんどない源頭部小流域 (0.33 ha) を設定した。流域の平均起伏比は 0.93、平均傾斜は 42.9° である。谷底部は深く侵食され、流域下端に近い流路では基岩が露出している。無降雨時には流出が見られないが、降雨と降雨後に流出が発生する。流域内の 28 地点で、採土円筒を用いて土壌試料を採取し、Cs-137 の現存量と深度分布を調査した。また、流域の下端に 6 インチのパーシャルフリュームを設置し、水文観測を行った。パーシャルフリュームの下に 300 L のタンクを設置し、流亡土砂を採取した。流域内の斜面に流出プロット (0.001 ha) を設置した。流出プロットの下端に 90° V ノッチ堰を設置し、地表流測定と侵食土砂の採取を行った。流域内 2 箇所に転倒マス雨量計を設置し、樹冠通過雨量を観測した。

土壌試料と流亡土砂試料を風乾させた後、2 mm のふるいにかけて、秤量してプラスチック製の測定用カプセルに入れた。土壌試料は深度別に切り分けた。土壌と流亡土砂試料の放射性核種濃度 (Cs-137 と Pb-210) をゲルマニウム半導体検出器とマルチチャンネル波高分析器を用いて両核種から放出される γ 線を定量し、試料の重量で除して算出した。

3. 結果と考察

3.1 Profile distribution model のパラメータと斜面長の関係

土壌中の放射性同位体濃度プロファイルから林地の侵食プロセスを推定するために、各測点の放射性同位体濃度の深度分布を測定し、放射性同位体濃度プロファイル形状を表現するモデル Profile distribution model (Walling and Quine, 1990) のパラメータ A_0 、 h_0 を各測点について計算した (図-2)。Profile distribution model は、1 式で表される。

$$A'(x) = A_{ref}(1 - e^{-x/h_0}) \tag{1}$$

$$x = \text{mass depth (g/cm}^2\text{)}$$

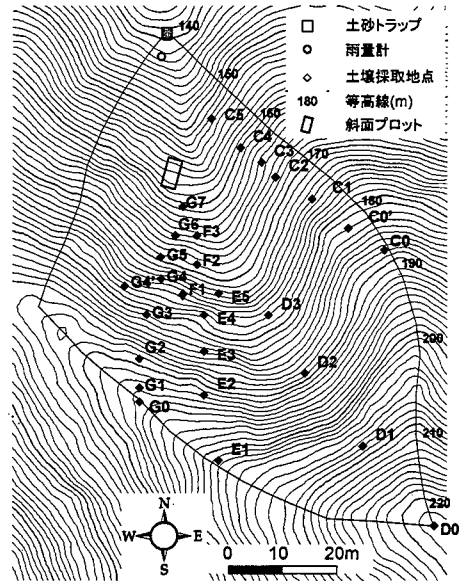


図-1 観測流域の概要

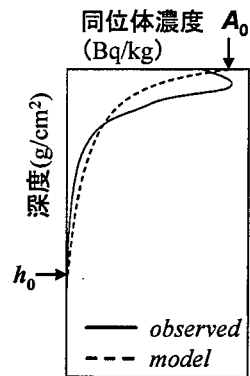


図-2 未攪乱地点における深度プロファイルとモデルのパラメータ

$A'(x)$ = 深度 x より上の Cs-137 の量 (Bq/m²)

h_0 = プロファイル形状を表現する係数(g/cm²)。値が大きいほど深くまで浸透していることを示す。

A_0 = Profile distribution model から計算される表層の Cs-137 濃度 (Bq/kg)

A_0 、 h_0 は、mass depth (g/cm²)に対して Cs-137 濃度の自然対数をプロットして線形回帰させ、回帰式 $y = -Ax+B$ から、 $A_0 = \exp(B)$ 、 $h_0 = 1/A$ として求めた。

測定地点のパラメータ A_0 、 h_0 がともに大きい場合は過去の攪乱が少なく、共に小さい場合は過去に激しい表面侵食があったことが推定される。また、 A_0 が小さく、 h_0 が大きい場合は過去に弱い表面侵食が起き、逆に A_0 が大きく h_0 が小さい場合は、表層土壌が失われた後に斜面上部の表層土壌が移動し堆積したと推定される。したがって、測点の斜面長 (尾根からの距離) の増加にともなって流量と表面侵食が増加し、それに対して現在の深度プロファイルの A_0 は減少し、 h_0 は変わらないか減少することが予想される。しかし全測点の Cs-137 濃度プロファイルから A_0 、 h_0 を計算したところ斜面長に対する一定の傾向は見られなかった (図-3)。

この結果は、雨滴侵食やインターリル侵食が斜面長の影響を受けないことと、ヒノキ林地の平滑な斜面では雨滴侵食やインターリル侵食が卓越するという既往の研究 (福山ほか, 2003) と調和的である。一方、谷線の延長線上にある測点 D0, 1, 2, 3 は (図-3; □)、斜面長の増加に対して A_0 、 h_0 ともに減少しており、斜面長の効果が示唆された。谷線に近く水が集まる場所では斜面長の増加にともなって流量と表面侵食が増加していると考えられる。

3.2 h_0 と A_0 の関係

未攪乱の土壌において、表層から順に土壌が失われた場合、モデル上では h_0 の増加に対して A_0 が減少する。各測点の h_0 と A_0 は (図-4)、全ての地点で、 h_0 の増加に対して A_0 が減少する傾向を示した。このことは、林地では表面侵食によって流亡した土壌が流域内に堆積せずに流域外に流亡したことを示していると考えられた。

【引用文献】

- Walling and Quine (1990) Calibration of caesium-137 measurements to provide quantitative erosion rate data. Land Degradation and Rehabilitation, vol. 2, 161-175.
- 福山・恩田・森脇 (2003) ヒノキ林におけるプロットサイズ (斜面長) と侵食土砂量の関係. 地形. Vol. 24, No. 4, p. 397-406.

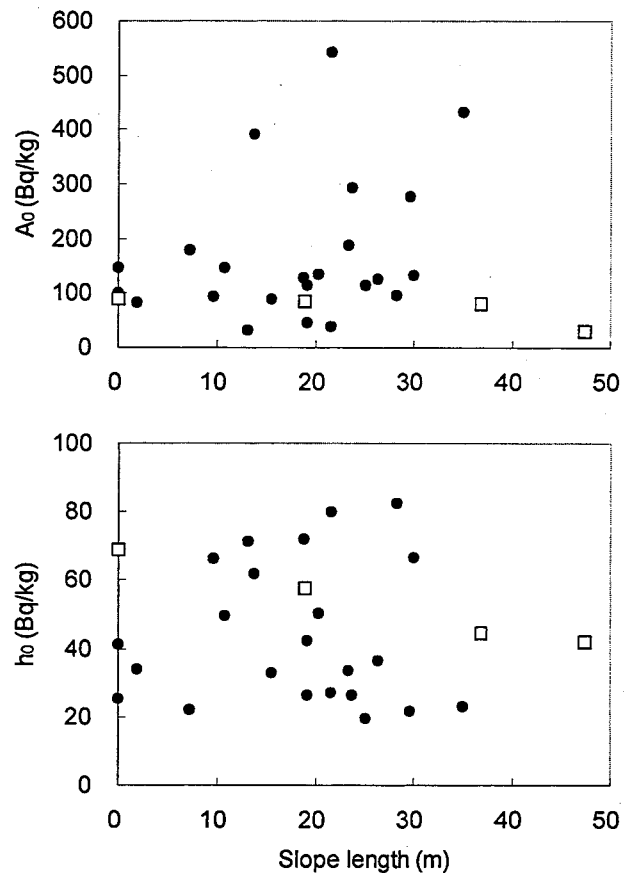


図-3 測定地点の尾根からの斜面長と h_0 、 A_0 の関係

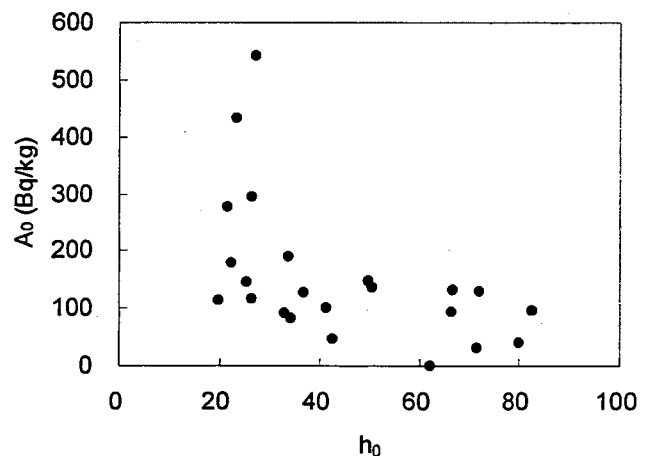


図-4 h_0 と A_0 の関係