

Cs-137 と Pb-210 の動態に基づくヒノキ人工林の土壌侵食履歴の推定

○福山 泰治郎 ((独) 科学技術振興機構・筑波大学地球科学系)・恩田 裕一 (筑波大学地球科学系)・竹中 千里 (名古屋大学大学院 生命農学研究科)

1. 背景と目的

核実験フォールアウト起源の放射性核種である Cs-137 を表層土壌移動の指標として利用する手法が広く用いられてきた。この手法は、土壌中の Cs-137 の現存量を測定し、攪乱されていない場所の Cs-137 現存量と比較することで、任意の地点の土壌侵食速度を推定するというものである (Zapata, 2002)。日本においても、ヒノキ人工林を対象として、土壌中の Cs-137 現存量から土壌侵食を評価する研究が行われている (福山ほか, 2001; Onda et al., 2003)。ここで用いられる侵食速度とは、Cs-137 の降下が集中した 1950 年代半ばから 1970 年代初期 (1963 年とする場合が多い) から現在までの総侵食土砂量を、降下時点から試料採取時点 (現在) までの経過年数で除した、年間の単位面積あたりの侵食土砂量を表したものである。

ヒノキ一斉林では、林分の生長や間伐の強度によって林床の光環境が変化し、下層植生の消長があることが指摘され、それにもよって侵食の程度も変化するとされている。土壌中の Cs-137 の現存量を調査することで、過去約 40 年の平均侵食速度を得ることができるが、侵食が近年激化しているのか、それとも緩和されてきているのかといった、侵食の履歴や傾向を推定することは困難であると考えられる。

侵食の履歴に関する情報を得るためには、既に供給が停止した Cs-137 だけでなく、現在も大気中から降下し続けている天然放射性核種である Pb-210 を表層土壌移動の指標として併用する手法が有効であると考えられる。Pb-210 は半減期が 22.2 年で、現在も大気中から降下し続けていることから、現在では供給がほぼ停止している Cs-137 と比較すると、土壌中の Pb-210 の現存量は比較的近年の土壌移動を反映していると考えられる。すなわち、Cs-137 の現存量と Pb-210 の現存量の比を求め、侵食や堆積などの攪乱を受けていない地点の Cs-137 の現存量と Pb-210 の現存量の比 (基準値) と比較することによって、任意の地点の侵食履歴を推定できると考えられる。そうすれば、Cs-137 の現存量だけを用いた場合には侵食域に区分された地点でも、Pb-210/Cs-137 が基準値より大きければ、過去に侵食が激しかったが現在は緩和傾向にある侵食減衰地点、逆に Pb-210/Cs-137 が基準値より小さければ過去の侵食は少ないが現在は激化傾向にある侵食加速地点と判断することができる。同様に、堆積域についても、Pb-210/Cs-137 が基準値より大きければ堆積が加速している地点、逆に Pb-210/Cs-137 が基準値より小さければ堆積減衰地点と推定できると考えられる。そこで本研究では、ヒノキ人工林流域を対象として、流域から流亡する土砂と林地土壌を採取し、Cs-137 と Pb-210 の現存量と両者の比を調べることで、土壌侵食の履歴や現在の侵食傾向の推定を試みた。

Wallbrink and Murray (1996) は、Cs-137 の降下が現在では停止しているのに対し、Pb-210 は現在も大気中から降下し続けていることを反映して、土壌中の Cs-137 と Pb-210 濃度の垂直分布が異なる、ということを利用して、流出してきた土砂中の Cs-137 と Pb-210 濃度から流亡土砂の生産源を推定し、侵食プロセスを推定する手法を提案した。そこで本研究では、Pb-210 と Cs-137 の放射性核種濃度比を利用して、流亡土砂の生産源を推定し、侵食プロセスの推定を試みた。流亡土砂の Pb-210 と Cs-137 の濃度比を流出起源となる地域土壌の深度別 Cs-137 濃度と Pb-210 の濃度比を比較することで、どの深度から流出してきた土砂であるかを推定できると考えられる。

2. 調査地の概要

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℃、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 0.931、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。

3. 試料の採取と分析

流域内の 31 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。プロットの斜面長と幅はそれぞれ 5 m, 2 m である。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は風乾させた後、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。放射性核種濃度 (Cs-137 と Pb-210) は、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。

4. 結果と考察

4.1. 放射性核種の現存量分布

Cs-137 の現存量は尾根で高く、谷と尾根の中間の斜面では、約 1000-2000 Bqm⁻² の範囲で比較的変動が小さく、谷線に近い部分で最も低い傾向を示していた。侵食速度の空間分布から、林地斜面よりも谷底近傍が最大の土砂生産源であると推定された。

4.2. 流亡土砂の放射性核種濃度

観測期間中の総降雨量は 1957 mm で、69 回の降雨イベントが観測された。土砂が回収されたのが 14 回である。流亡土砂量は、降雨イベントに応じて変動が非常に大きかった。Cs-137 の流亡量も流亡土砂量に依存して変動が大きい。土砂と Cs-137 の年間総流出量の約 90% が、2 回の豪雨イベントによるものである。流域からの Cs-137 の流亡に対して、低頻度 (年に 2-3 回) の豪雨イベントの寄与が非常に大きいことが示された。また、流域から流亡する土砂の平均放射性核種濃度は 13.2 Bqkg⁻¹ で、非攪乱地点の表層における放射性核種濃度と比べて有意に低い値であった。したがって、谷底付近の下層からの土砂生産があることが示唆された。

参考文献

- 福山 泰治郎・恩田裕一・竹中千里・山本高也. 貯水池堆積物と森林土壌の放射性同位体を用いた侵食土砂量の推定. 砂防学会誌 (2001) 第 54 巻 第 1 号 4-11.
- Onda, Y., Takenaka, C., Furuta, M., Nonoda, T., Hamajima, Y. (2003) Use of ¹³⁷Cs for estimating soil erosion processes in a forested environment in Japan: Japanese Geomorphological Union, 24, 13-25.
- Wallbrink, P. J. and Murray, A. S. (1996): Determining soil loss using the inventory ratio of excess Lead-210 to Cesium-137, Soil Science Society of American Journal, 60, 1201-1208.
- Zapata, F. (2002) Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation using Environmental Radionuclides. IAEA, Kluwer academic publishers.