

放射性降下物を用いたヒノキ林流域の土砂流出プロセスの推定

信州大学農学部

金沢大学環日本海域環境研究センター

筑波大学大学院生命環境科学研究科

(独) 土木研究所 寒地土木研究所

○福山泰治郎

山本政儀

恩田裕一 成沢知広

水垣滋

1. はじめに

防災と環境保全の両面から、総合的な流域保全と、そのための土砂管理の重要性がますます高まっている。流域土砂管理における課題は、流域土砂生産量の把握にとどまらず、土砂生産源の時空間的な分布の評価・予測手法を確立すること、そのための適切な指標を見出すことへと広がってきている。このような課題に対して、土砂の生産源や、土砂が河道まで到達し、流下するのに要する時間に関する情報は、生産源対策や流出土砂量の予測を行う上で不可欠であると考えられる。

生産源の推定に関しては、土壌粒子への強固な吸着性と地表面への集積性を有する放射性降下物 (^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$) を表土のトレーサとして、間伐遅れのヒノキ人工林流域から流亡する浮遊砂に表土の寄与が顕著に見られることが報告されている (Mizugaki *et al.*, 2008; Fukuyama *et al.*, *in press*)。輸送時間の推定に関して、Matisoff *et al.* (2005) は、降雨によって地表に供給される放射性降下物である ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (半減期はそれぞれ53日, 22年) を標識として、浮遊砂の河道輸送時間 (河口まで流下するのに要する時間) の推定を試みた。この手法は、土壌粒子が降雨によって ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ で標識され、輸送される過程で、 ^7Be の半減期が ^{210}Pb よりも顕著に短いために、時間経過とともに $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度比が減少することを利用したものである。

そこで本研究では、山地森林流域における斜面から河道までの土砂流下時間を推定することを目的として、ヒノキ人工林流域において、斜面における表面流および表面侵食土砂の観測と、河道における浮遊砂の観測を行い、 ^7Be 等の放射性降下物の分析に基づいて土砂流下時間の推定を試みた。本研究は (独) 科学技術振興機構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」の一部として行われた。

2. 調査地および方法

調査流域は、高知県四万十町の四万十川支川葛籠川流域内のヒノキ人工林流域 (33 ha) である。流域内の斜面に、表面流出プロット (幅 1 m x 斜面長 3 m) を設置し、表面流出水および土砂を採取した。表面流出水はタンクに貯留し、タンクの水位を計測することで表面流出量を計測した。プロット近傍に転倒枡雨量計を設置し、林内雨量を計測した。また、流域内の作業道に土砂受けを設置し、侵食土砂を採取した。さらに、流域内の河道 3 地点に水位計と浮遊砂サンプラーを設置し、浮遊砂を採取した。浮遊砂採取地点にそれぞれ水位計を設置し、水位を計測した。2008 年 5 月に観測を開始し、およそ 1 カ月ごとに試料を回収した。回収した試料を実験室に持ち帰り、表面流に含まれる土壌粒子、プロットで採取された侵食土砂、作業道の侵食土砂および浮遊砂の、 ^7Be , ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度を測定した。さらに、試料の粒径組成と有機物含量を測定した。

3. 結果と考察

図-1 に、斜面プロットで採取された表面流に含まれる土壌粒子、プロットで採取された侵食土砂、作業道の侵食土砂および浮遊砂の、 ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, ^7Be 濃度を示した。浮遊砂の ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度は、表面流に含まれ

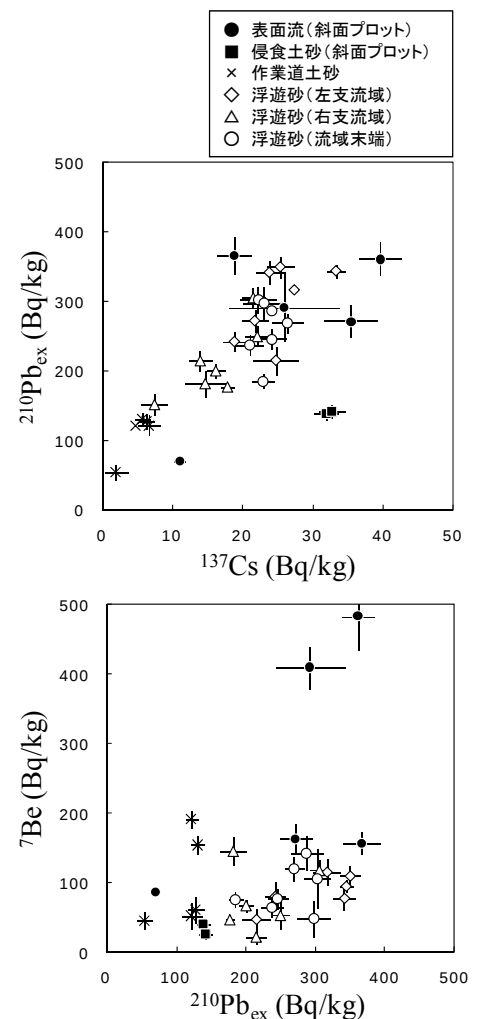


図-1 土砂生産源および浮遊砂の ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, ^7Be 濃度

る土壌粒子の ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度と作業道の侵食土砂の ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度の間に位置し、濃度比が同程度であることは、浮遊砂の主要な起源が、林床および作業道であることを示唆している。また、浮遊砂の $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度比が、表面流に含まれる土壌粒子および作業道の侵食土砂の $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度比と比較して低いのは、林床および作業道から流下した土砂が河道に到達するまでの間に、 ^{210}Pb よりも半減期の短い ^7Be が減衰したことを示唆している。そこで、浮遊砂の $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度比の減少を、斜面から河道までの土砂流下時間の経過によるものとして、採取期間ごとの土砂流下時間を計算した。浮遊砂の ^7Be 濃度を A 、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度を B 、表面流の ^7Be 濃度を A_0 、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度を B_0 とすると、浮遊砂の ^7Be 、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度はそれぞれ、

$$A = A_0 e^{-(\lambda^7\text{Be}t)}$$

$$B = B_0 e^{-(\lambda^{210}\text{Pb}t)}$$

と表される。ここで、 $\lambda^7\text{Be}$ と $\lambda^{210}\text{Pb}$ は、それぞれ ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の壊変定数 (0.013 d^{-1} , $8.509 \times 10^{-5} \text{ d}^{-1}$) である。浮遊砂の $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}$ 比は、

$$\frac{A}{B} = \frac{A_0}{B_0} e^{-(\lambda^7\text{Be} - \lambda^{210}\text{Pb})t}$$

と表されるので、流下時間（表面流によって移動し始めてから浮遊砂として採取されるまでの経過時間） t は、

$$t = \frac{-1}{(\lambda^7\text{Be} - \lambda^{210}\text{Pb})} \ln\left(\frac{A}{B}\right) + \frac{1}{(\lambda^7\text{Be} - \lambda^{210}\text{Pb})} \ln\left(\frac{A_0}{B_0}\right)$$

として得られる。

算出された流下時間を、採取期間ごとの最大降雨強度で整理した（図-2）。その結果、いずれの地点でも最大降雨強度の増加に対して推定流下時間が短くなる傾向が見られた。この結果は、下層植生の疎らなヒノキ林斜面では、大規模降雨時に表面流の連結が生じる（Gomi et al., 2008）という報告と一致し、大規模降雨時に斜面の表層物質が河道に到達する機会が増加することを示唆していると考えられる。

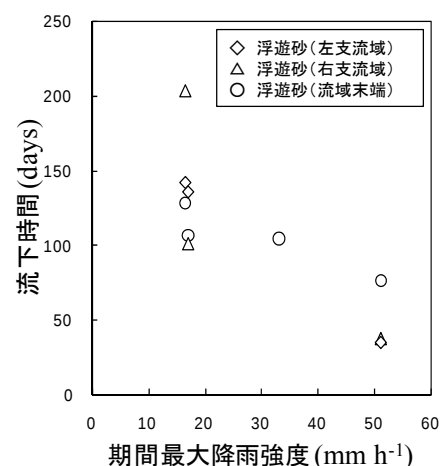


図-2 採取期間ごとに推定した斜面から河道までの土砂流下時間

引用文献

- Fukuyama T, Onda Y, Gomi T, Yamamoto K, Kondo N, Miyata S, Kosugi K, Mizugaki S, Quantifying the impact of forest management practice on the runoff of the surface-derived suspended sediment using fallout radionuclides. *Hydrological Processes* (in press).
- Gomi T, Sidle RC, Miyata S, Kosugi K, Onda Y. (2008) Dynamic runoff connectivity of overland flow on steep forested hillslopes: scale effects and runoff transfer. *Water Resources Research* 44: W08411.
- Matisoff G, Wilson CG, Whiting PJ. (2005) The $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ ratio as an indicator of suspended sediment age or fraction new sediment in suspension. *Earth Surface Processes and Landforms* 30: 1191-1201.
- Mizugaki S, Onda Y, Fukuyama T, Koga S, Asai H, Hiramatsu S. (2008) Estimation of suspended sediment sources using ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ in unmanaged Japanese cypress plantation watersheds in southern Japan. *Hydrological Processes* 22: 4519-4531.