

放射性降下物を用いた山地流域における土砂滞留時間の推定

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

防災と環境保全の観点から、流域土砂管理の重要性がますます高まっている現在、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、土砂が生産源から運搬され、河道に到達し、流下するのに要する時間（土砂滞留時間）に関する情報は、流域において降雨に対する土砂流出の応答を把握し、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。流域における土砂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ベリリウム7 (^7Be) と鉛210 ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$) を標識（トレーサー）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、降雨に含まれる ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ で標識された土壌粒子が輸送される過程で、 ^7Be の半減期が ^{210}Pb よりも顕著に短いため（半減期はそれぞれ53日、22年）、輸送時間の経過とともに $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度比が低下することを利用したものである。本研究では、この手法を斜面から河道までの土砂流下時間を推定するのに適用し、山地森林流域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採取を行い、 ^7Be 等の放射性降下物の分析を行った。さらに、森林流域における表土の流下時間を規定する要因を明らかにし、流域からの表土の流亡プロセスを明らかにするために、降雨規模や流量と土砂の流下時間との関係を検討した。本研究は、平成21年度（社）砂防学会の若手研究助成を受けて行われた。

2. 調査地および方法

四万十川支川葛籠川流域（高知県四万十町）のヒノキ人工林流域（33 ha）において、斜面に表面流出プロット（1 x 3 m）を設置し、表面流出水および侵食土砂を採取した。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柵雨量計を設置し、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、およそ1カ月ごとに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、水位観測と浮遊砂採取を行った。水位観測地点において流積と流速を測定し、水位を流量に換算した。回収した浮遊砂試料および侵食土砂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

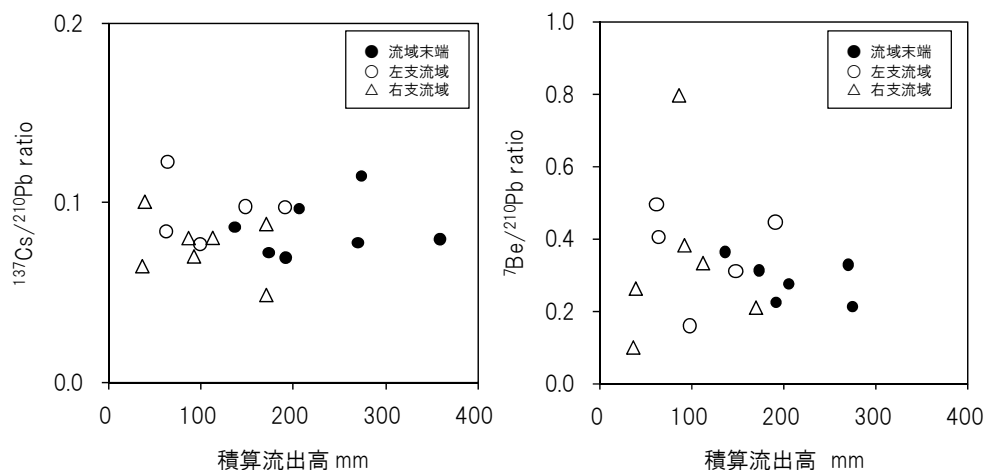


図-1 期間内流出高と放射性降下物濃度比

定した。

3. 結果と考察

河道における期間内流出高に対して、浮遊砂の $^{137}\text{Cs}/^{210}\text{Pb}$ は、流量の増加に対して変化が見られないのに対し、 $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}$ 濃度比はばらつきがあるものの顕著な傾向が認められなかった(図-1)。一方、期間内最大降雨強度に対して、 $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}$ 濃度比は減少傾向がみられた(図-1)。

流出高の積算値は、観測期間中の河道におけるせん断応力に関わることから、河床における侵食や、河岸侵食の指標となると考えられる。したがって、浮遊砂の $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}$ 濃度比を規定する要因として、流量増加にともなう河道の侵食や、河岸侵食による土砂供給よりも、降雨強度と表面流発生が関与する、表面侵食由来の土砂供給とその運搬が関与していることが示唆されると考えられる。

表面流に含まれる土砂の $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度比を基準としたときの、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移動時間の経過によるものとして、採取期間ごとの土砂滞留時間を求めた(Matisoff *et al.* 2005)。浮遊砂の $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度比の変化には、斜面から河道までの移動時間の経過と、河床堆積物など $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度比の低い土砂("Old sediment" (Matisoff *et al.* 2005))が混じることの2要因があるものの、ここでは、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移動時間の経過によるものとして土砂滞留時間を計算した。表土が斜面から河道まで流下する時間は、31日から210日と計算された。浮遊砂の $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度比が降雨強度の増加に対して減少したのに対して、表面流に含まれる土砂の $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度比を基準としたときの、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移動時間の経過によるものとして計算した滞留時間を、採取期間ごとの最大降雨強度で整理すると、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(図-3)、強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、降雨の規模によって土砂の流域内滞留時間が変化すると考えられた。

引用文献

福山泰治郎, 山本政儀, 恩田裕一, 成沢知広, 水垣滋 (2009) 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. 平成21年度砂防学会研究発表会概要集. 288-289.

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.

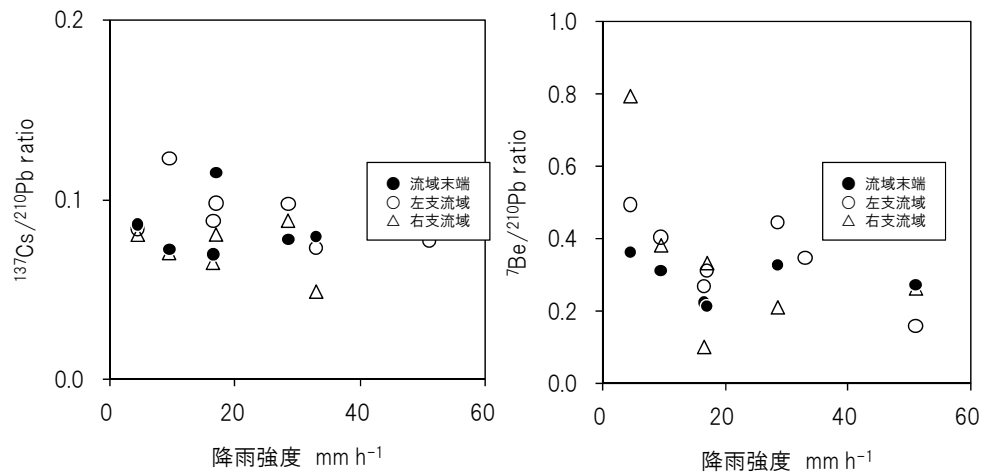


図-2 期間内最大降雨強度と放射性降下物濃度比

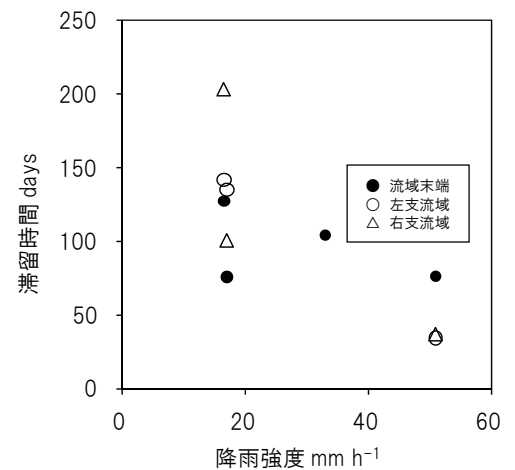


図-3 降雨強度と土砂滞留時間