

ヒノキ人工林流域における放射性同位体を用いた浮遊土砂起源の推定

(独)科学技術振興機構

筑波大学大学院生命環境科学研究科

信州大学農学部

○水垣滋

恩田裕一・福山泰治郎・古賀聡子

平松晋也

1. はじめに

1960年代以降、手入れが適切に行われない林地において下層植生が減少し、林床の表面侵食が指摘されてきた。さらに、濁水が河川に流入することにより、下流の河川環境においても影響を及ぼすことが懸念される。しかし、林地における土砂流出が、河川環境にどのような影響を及ぼしているか明らかではなく、河川に流入する濁水の起源も明らかにされていない。一方、欧米の農耕草地流域では放射性同位体をトレーサーとして浮遊砂の生産源を推定する研究が報告されてきた(例えば, Motha et al., 2003 など)。そこで本研究では、出水時の浮遊砂を採取し、ヒノキ人工林流域から流出する浮遊砂の生産源推定を試みた。さらに、出水イベント毎に浮遊砂起源を推定することにより、降雨特性と浮遊砂の流出プロセスとの関係について検討した。なお、本研究の一部は(独)科学技術振興機構CRESTの援助をうけて行われたものである。

2. 方法

2.1 調査地

調査地は、四万十川支川葛籠川流域(高知県大正町, 18.8 km²)である。地質は四万十帯北帯の砂岩・泥岩で、ほぼ全域に褐色森林土群が分布する。大正観測所における年降水量は2734.9 mmである。調査流域(18.8 km²)にはヒノキ単木林流域、スギ林流域、広葉樹天然林流域が含まれる。本研究では、荒廃した林床を含むヒノキ人工林流域(0.33 km²)と、対照として広葉樹林(0.7 km²)を調査流域に設定した。

2.2 野外調査

出水イベント中の浮遊砂を採取するために、Time-integrated suspended sediment sampler (Phillips et al, 2000; 以下、浮遊砂サンプラー)を自作し、両調査流域末端部の流路内に設置した(図-1)。浮遊砂サンプラーは、内径98mm、長さ1mの塩ビパイプと内径4mmのチューブが取り付けられた蓋部で構成される。流路内に水平に設置することで、チューブから流入した濁水がサンプラー内で急激に流速を落とし濁度成分が沈降・堆積する仕組みになっている。浮遊砂サンプラーによる浮遊砂の回収は2004年6月~11月に7回実施した。また、流域内における浮遊砂の生産源と考えられる場(林地斜面・崩壊跡地・作業道・河道側壁)において表層土壌(5cm以内)を採取した。さらに、各流域内の森林斜面に表面侵食土砂量観測プロット(幅50cm×斜面長200cm)を1箇所ずつ設置し、転倒マス流量計およびタンク内の自記式水位計により表面流出水量を5分間隔で観測した。またプロット末端部において流出土砂を採取した(図-2)。

2.3 分析・解析方法

採取した試料は105°Cで乾燥させた後、2mmメッシュの篩を通過させ、100ccのプラスチック容器に充填した。土壌試料中のRa-226とRn-222が放射平衡に達するように21日間密封した試料について、γ線スペクトロメトリーによりCs-137及びPb-210exを定量した。また、

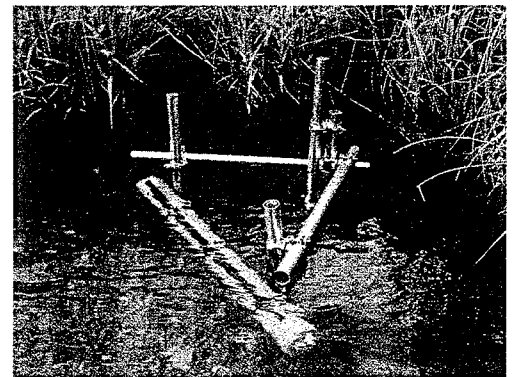


図-1 流路内に設置された浮遊砂サンプラー



図-2 ヒノキ林斜面に設置された表面流観測プロット

土壌試料の粒径組成 (Shimadzu SALD-3100) 及び強熱減量 (450°C 4 時間) を測定した。Cs-137 及び Pb-210ex 濃度の粒度による影響を除去するため、He and Walling (1996) にしたがって補正した。

$$P = (S_{ms} / S_{sl})^v \quad (1)$$

ここに P; 粒径補正係数, S_{ms} ; 浮遊砂の比表面積 (g/m^2), S_{sl} ; 浮遊砂起源の比表面積 (g/m^2), v ; 定数, である。 S_{ms} 及び S_{sl} は粒子密度 $2.65 (\text{g}/\text{cm}^3)$ の等価球体を仮定した粒度分布より算出し, v は He and Walling (1996) より Cs-137 には 0.65 を, Pb-210ex には 0.76 を当てはめた。また, Wallbrink et al. (2002) の方法にしたがって抽出した土壌有機物の Cs-137, Pb-210ex 濃度を測定し, 土壌中の鉱物分に吸着する Cs-137 (Pb-210ex) 濃度を算出することにより, 有機物による同位体濃度への影響を除去した。

$$C_{mine} = (C_{total} - aC_{om}) / (1-a) \quad (2)$$

ここに C_{total} , C_{mine} , C_{om} はそれぞれ土壌サンプル, 鉱物分および有機物分の Cs-137 (または Pb-210ex) 濃度, a は有機物割合 ($0 \leq a \leq 1$) である。

3. 結果と考察

ヒノキ林流域における Cs-137 濃度は, 森林表土で約 143 Bq/kg, 崩壊跡地で約 123 Bq/kg であり, 一方作業道では 13 Bq/kg と 1 オーダー低く, 河道側壁では検出されなかった。森林斜面で雨滴や表面流により剥離・運搬されたプロット流出土砂は, 森林表土と同程度の Cs-137 濃度 (118 Bq/kg) であった。一方, 降雨イベントを含む 7 期間に採取された浮遊砂の Cs-137 濃度は 13~64 Bq/kg であった (図-3)。作業道や河道側壁は侵食を受けやすく, 表土に Cs-137 が蓄積されないものと考えられる。浮遊砂が森林表土と河道側壁の土砂で構成されると仮定し, プロット流出土砂と河道側壁の Cs-137 濃度をエンドメンバーとすると, 浮遊砂に対する森林表土の寄与率は 11~28% の範囲で推定された。広葉樹流域では, 浮遊砂の Cs-137 濃度は, 森林表土やプロット流出土砂よりも 1 オーダー低い値を示した (図-4)。ヒノキ林流域と同様に推定した浮遊砂に対する森林表土の寄与率は 0~12% の範囲であった。

森林表土の寄与率は, 両流域ともに出水イベント毎に異なることから, 浮遊砂生産源が降雨規模などにより時空間的に変化することが示唆される。ヒノキ林流域では広葉樹林流域よりも森林表土の寄与率が大きく, 林床における表面流の発生が土砂供給に寄与している可能性が考えられる。

【引用文献】

He and Walling (1996) J. Environ. Radioactivity 30, 117-137. Motha et al. (2003) Water Resources Research, 39, 1056-1069.
Phillips et al. (2000) Hydrological Processes, 14, 2589-2602. Wallbrink et al. (2002) CATENA, 47, 179-201.

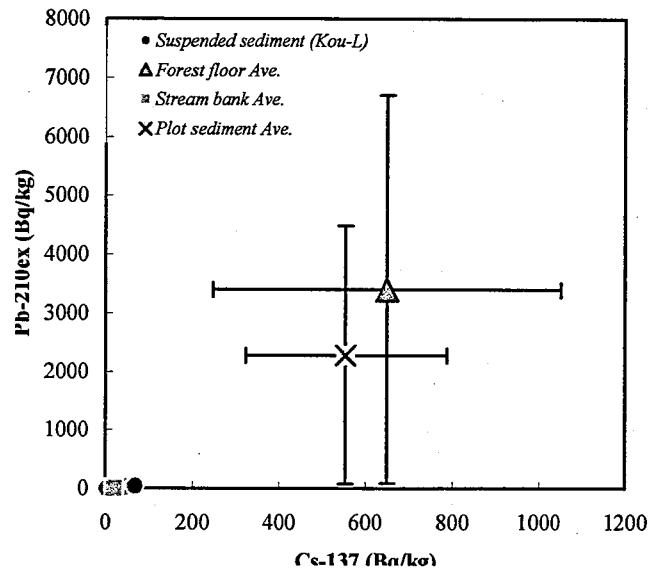


図-3 ヒノキ林流域における浮遊砂と生産源の同位体濃度

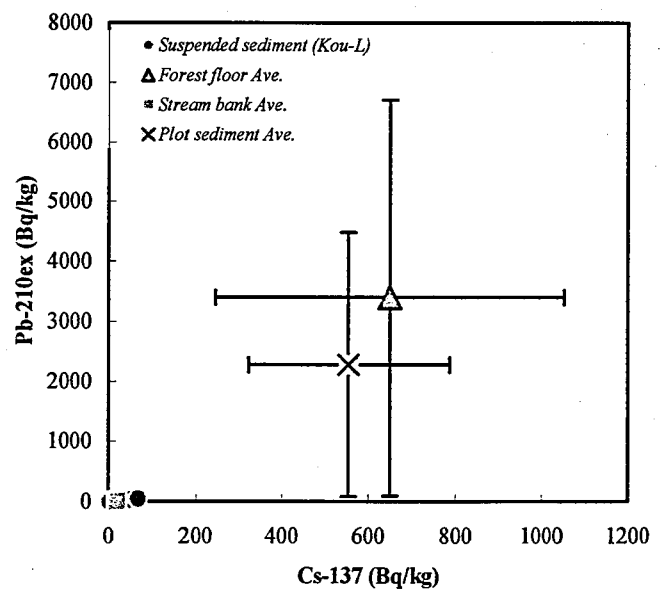


図-4 広葉樹流域における浮遊砂と生産源の同位体濃度