

四万十川上流域における放射性同位体を指標とした浮遊砂起源の推定

筑波大学大学院生命環境科学研究科

○恩田 裕一

古賀 聡子

福山泰治郎

平松晋也

長嶺真理子

信州大学農学部

信州大学大学院農学研究科

1. 研究目的

日本は、森林が国土の約 65 %を占め、その約 40 %がスギ・ヒノキなどの人工林である。人工林の約 8 割が徐伐・間伐などの手入れを必要とする 45 年生以下の森林である。手入れが適切に行われない林地では、下層植生が減少し、土砂流出防止機能の低下が指摘されている。さらに、濁水が河川に流入することにより、下流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、下流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。近年、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発展している。浮遊砂の採取技術も進展し、分析に十分な量の浮遊砂を採取できるサンプラーが考案されている。そこで本研究では、森林流域から流出する浮遊砂の起源推定を試みた。さらに、流域間の比較から、森林の違いが濁水の発生にどのような影響を及ぼしているかについて考察した。

2. 調査地と方法

調査地は、四万十川支川葛籠川流域（高知県大正町）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 km<sup>2</sup>）にはヒノキ一斉林流域、スギ林流域、広葉樹天然林流域が含まれる。それぞれの流域で、自作の浮遊砂サンプラー（Time integrated sampler; Philips et al., 2000）を流路に設置し、2004 年 6 月から 11 月に 3 から 7 回浮遊砂を回収した。また、林内に 0.5×2m の斜面プロットを設置し、侵食土砂を採取した。あわせて各流域で雨量と流量観測を行った。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・Gully wall）において土壌試料を採取した。採取した試料の Cs-137 濃度、Pb-210ex 濃度、粒径組成、強熱減量を測定した。土砂移動の過程での浮遊砂の粒径組成の変化に伴って同位体濃度が増加する効果を除外するために、同位体濃度を粒径組成に基づいて補正した(He and Walling, 1996)。

3. 結果と考察

3.1 浮遊砂と各生産源試料の同位体濃度

Cs-137, Pb-210ex 濃度は、林地土壌が最も高く、次いで崩壊地、作業道、Gully wall の順になった（図-1）。ヒノキ林床の同位体濃度は、広葉樹林と比較して低く、ヒノキ林床の表面侵食が示唆された。広葉樹林流域では、浮遊砂と林地土壌・侵食土砂（斜面プロットの流亡土砂）との同位体濃度の違いが明確であるのに対し、ヒノキ林流域の浮遊砂の同位体濃度は、林地土壌や斜面プロットの侵食土砂に近い値を示すものがあつた。

3.2 生産源別の寄与率

試料の Cs-137, Pb-210ex 濃度を用いて、浮遊砂生産に対す

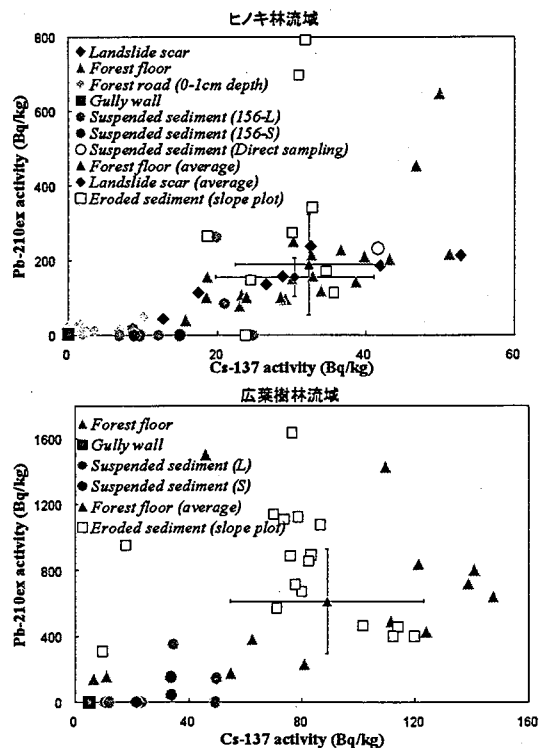


図-1 浮遊砂と浮遊砂起源試料の同位体濃度

る森林斜面と Gully wall の寄与を 1, 2 式から計算した。

$$aA \text{ (森林斜面の同位体濃度)} + bB \text{ (Gully wall の同位体濃度)} = \text{浮遊砂の同位体濃度} \quad (1)$$

$$a + b = 1 \quad (2)$$

$a$ : 森林斜面の寄与 ( $0 < a < 1$ ),  $b$ : Gully wall の寄与 ( $0 < b < 1$ )

浮遊砂生産に対する森林斜面と Gully wall の寄与を、表-1 に示す。採取期間ごとに起源の寄与率が変動するが、ヒノキ林では森林斜面からの寄与が広葉樹林流域に比べて大きい傾向が見られた。このことから、ヒノキ林が、林地で表面侵食が発生するだけでなく、浮遊砂の主要な生産源の一つであると考えられた。

表-1 各起源からの寄与率

		寄与率(%)	
		森林斜面	Gully wall
ヒノキ林流域	Cs-137濃度から計算	21-77	23-79
	Pb-210濃度から計算	0-100	0-100
広葉樹林流域	Cs-137濃度から計算	6-50	50-94
	Pb-210濃度から計算	0-64	36-100

### 3.3 降雨特性が浮遊砂生産に及ぼす影響

降雨特性の指標として、降雨指数  $\Sigma i_{30}^\alpha$  (連続降雨期間中の 30 分間雨量のべき乗値  $i_{30}^\alpha$  の、同期間における積算値(小高・遠藤, 1984)) を計算し、降雨特性が浮遊砂生産に及ぼす影響を検討した。ここで、 $\alpha = 2.5$  (侵食土量との相関係数が最大) である。浮遊砂の Pb-210ex 濃度は、降雨指数の増加にともなって増加する傾向が見られた(図-2)。Pb-210ex は、常時大気中から地表に供給され、土壌の最表層に高濃度で存在することから、降雨指数が大きい降雨では、地表流の発生にともなって、森林の表層土壌が流亡し、浮遊砂生産に対する寄与が増大すると考えられる。一方、浮遊砂の Cs-137 濃度は、ヒノキ林流域では、降雨指数の増加に対して、浮遊砂の Cs-137 濃度の変化は見られなかった。このことは、Cs-137 が大気圏核実験起源の放射性同位体で、現在では供給がほぼ停止していることと、ヒノキ林では過去の表面侵食によって土壌中の Cs-137 の流亡・再配分が生じたことを反映していると考えられる。広葉樹林流域で、降雨指数の増加に対して、浮遊砂の Cs-137 濃度の増加傾向が見られるのは、ヒノキ林に比べて表面侵食が少なく、土壌中の Cs-137 が攪乱される機会が少なかったことを反映していると考えられる。

#### 【引用文献】

He, Q. and Walling, D. E. (1996): Interpreting particle size effects in the adsorption of Cs-137 and unsupported Pb-210 by mineral soils

and sediments, Journal of Environmental Radioactivity, 30, 117-137.

小高和則・遠藤治郎 (1984) 雨滴侵食に関する研究-林内と林外の侵食状況と降雨因子の関係. 日林誌, 66, 67-71.

Phillips, J. M., Russell, M. A. and Walling, D. E. (2000) Time integrated sampling of fluvial suspended sediment: a simple methodology for small catchments. Hydrological Processes, 14, 2589-2602.

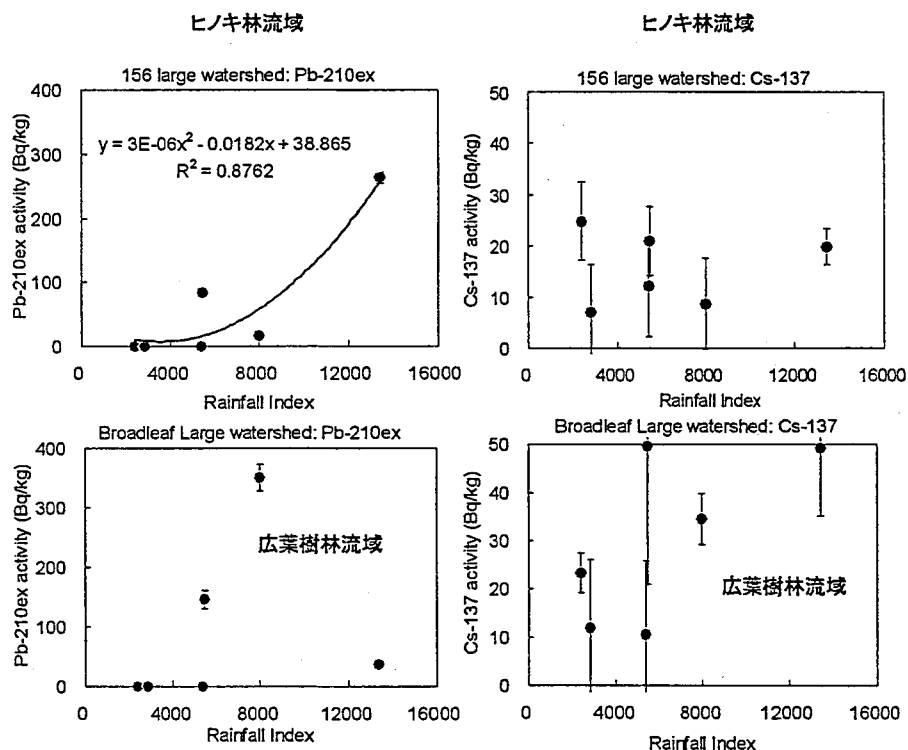


図-2 降雨指数 ( $\Sigma i_{30}^{2.5}$ ) と同位体濃度の関係