

農業環境技術研究所

○福山泰治郎

筑波大学大学院生命環境科学研究科

恩田裕一

科学技術振興機構

五味高志, 水垣滋

名古屋大学大学院生命農学研究科

坪沼宣行

京都大学防災研究所

Roy C. Sidle

京都大学大学院農学研究科

宮田秀介, 小杉賢一朗

## 1. 背景と目的

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 割が間伐・徐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、水質や河川生態系にも影響を及ぼすことが懸念される。しかし、林地における土壌侵食が、下流域の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、放射性同位体を表層土壌のトレーサーとして浮遊砂の生産源を推定する研究が進展している。また浮遊砂の採取技術も進展し、分析に必要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、森林施業の粗放化が表土の流亡や下流域への負荷に与える影響を評価するために、立木密度や地表の被覆状態の異なる隣接した森林流域において、懸濁態で流亡する放射性同位体 Cs-137 (セシウム 137) と Pb-210<sub>ex</sub> (過剰鉛 210) の濃度を比較した。また、流域内に設置した斜面プロットで、侵食土砂量と土砂の Cs-137 と Pb-210<sub>ex</sub> 濃度を観測した。

本研究は JST/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」の一部として行なわれた。

## 2. 方法

### 2.1. 調査地

調査地は、三重県度会郡大紀町である。地質は三波川変成帯の片岩で、褐色森林土が分布しており、平均起伏比は 0.93、平均傾斜は 42.9° である。松阪市粥見観測所における年降水量は 2094 mm である。調査流域 (4.9 ha) には立木密度や地表の被覆状態の異なるヒノキ・杉林流域、広葉樹林流域が含まれる。それぞれの流域で、自作の浮遊砂サンプラー (Time-integrated sampler, Phillips et al., 2000) を流路に設置し (表-1)、2005 年 6 月から 2006 年 9 月までの期間に 2 から 8 回浮遊砂を回収した。あわせて各流域で水文観測を行った。また、流域内斜面に設置されたプロット (幅 0.5 m x 長さ 2 m)

において侵食土砂量を観測した。採取された浮遊砂と侵食土砂の Cs-137 濃度、Pb-210<sub>ex</sub> 濃度、粒径組成、強熱減量を測定した。

表 1 調査流域の概要と観測設備

No	Area (ha)		SS sampler	Parshall flume	Plot
P1	4.9	流域末端	●	●	
P2	1.2	間伐されたヒノキ林	●	●	●
P3	3.5	高密度のヒノキ林の集合	●	●	
P4	0.21	高密度のヒノキ林 (下層植生あり)	●	●	
P5	0.36	高密度のヒノキ林 (下層植生なし)	●	●	●
P8	0.1	広葉樹林	●	●	●

## 3. 結果と考察

間伐が行われ下層植物の生育するヒノキ人工林流域 (流域 2) と、間伐遅れの高密度林分 (流域 5) に設置された斜面プロットの流出土砂量と流出土砂の Cs-137 濃度の降雨強度に対する応答を比較すると、下層植物のほとんどない流域 5 では、降雨強度が 30 mm/h を超えると土砂量が急増するのに対し、下層植物の生育する流域 2 では、ほとんど土砂の流亡が観測されず、リターの移動がわずかに見られる (図-1)。

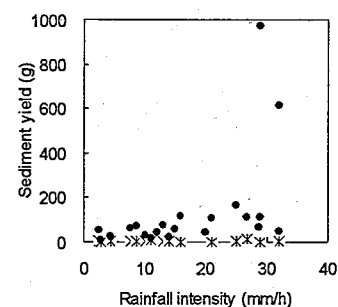


図 1 流域 2 および 5 の斜面プロットで観測された土砂量

プロットからの流出土砂の Cs-137 濃度は、間伐遅れの高密度林分 (流域 5) では常時 20 Bq/kg を超えているのに対し、流域 2 ではほとんど Cs-137 が検出されない (図-2)。流出土砂の Pb-210<sub>ex</sub> 濃度は、流域 5 では 70 Bq/kg 付近であるのに対し、流域 2 では 26 - 153 Bq/kg とばらつきが大きい。Pb-210<sub>ex</sub> が流域 2 でも検出される

のは、Cs-137が1960年代の核実験時に降下したものであるのに対し、Pb-210<sub>ex</sub>は現在も大気中から降下し続けており、地表のリターに吸着したものがリターとともに流亡し、検出されたと考えられる。

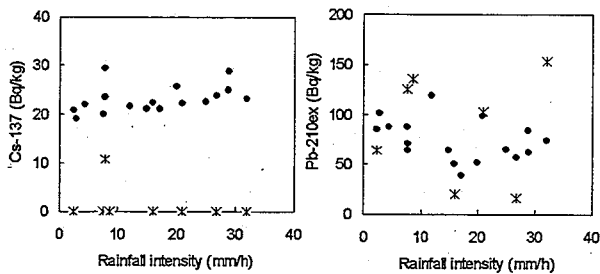


図2 流域2,5のプロット流出土砂のCs-137, Pb-210<sub>ex</sub>濃度

流域末端で観測される浮遊砂のCs-137濃度は、間伐遅れの高密度林分(流域5)では常時20 Bq/kg近傍の値であるのに対し、間伐が行われ下層植物の生育するヒノキ人工林流域(流域2)で観測される浮遊砂は、ほとんどCs-137が検出されない(図-3)。浮遊砂のPb-210<sub>ex</sub>濃度は、流域5では0-300 Bq/kgとばらつきが大きいものに対し、流域2ではほとんどPb-210<sub>ex</sub>が検出されない。

間伐遅れの高密度林分(流域5)では、斜面プロット、流域末端ともにCs-137, Pb-210<sub>ex</sub>濃度が検出されており、流域末端で観測される浮遊砂が、流域内の表面侵食を起源とすると考えられる。一方、流域2では斜面プロット流出土砂はPb-210<sub>ex</sub>は検出されるが、流域末端で捕捉される浮遊砂は、Cs-137, Pb-210<sub>ex</sub>ともにほとんど検出されない。この結果は、流域2では地表のリターがわずかに移動しているが、流域5と比較して表面侵食が少なく、林地の表層土壌が流域末端まで流亡する機会が少ないことを示すと考えられる。

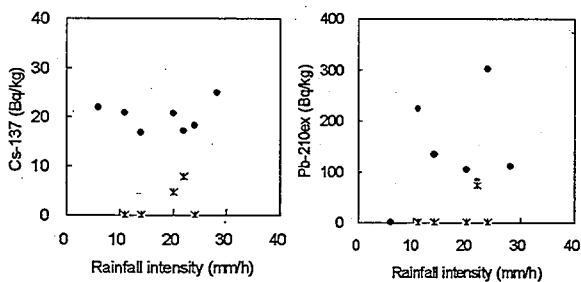


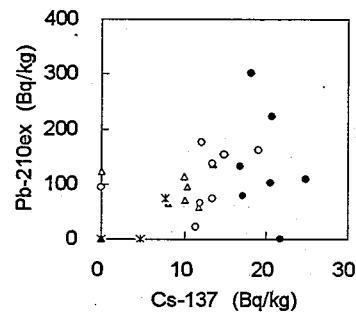
図3 流域2および5の浮遊砂のCs-137濃度

浮遊砂の放射性同位体濃度を比較したところ、河道内で捕捉される浮遊砂は、下流に行くほどCs-137, Pb-210<sub>ex</sub>濃度が減少する傾向にあった(図4; 流域5 > 地点3 > 地点1(流域末端))。これらの結果は、流域5では、浮遊砂において、Cs-137, Pb-210<sub>ex</sub>を含む林地の表層土壌の寄与が大きいものに対し、河道を流下する過程で、河道側壁や河床など、Cs-137, Pb-210<sub>ex</sub>を含まな

い下層土壌の寄与が増大することを示すと考えられる。

また、間伐遅れの高密度林分(流域5)では、近接する広葉樹林流域(流域8)や、間伐が行われ下層植物の生育するヒノキ人工林流域(流域2)と比較して、Cs-137, Pb-210<sub>ex</sub>濃度ともに高い。

間伐遅れの高密度林分では、近接する広葉樹林流域や、間伐が行われ下層植物の生育するヒノキ人工林流域と比較して、土砂流亡にともなうCs-137の流亡が多いことが示された。これらの結果は、一斉造林とその後の間伐遅れという人為的な環境変化が、森林土壌表層の元素の挙動と下流域の水質や土砂堆積に影響を及ぼしうることを示すと考えられる。



- △ 1; Catchment outlet
- \* 2; Hinoki with understory vegetation
- 3; Unmanaged catchments
- 5; Hinoki without understory vegetation
- ▲ 8; Broadleaf forest

図4 浮遊砂のCs-137, Pb-210<sub>ex</sub>濃度

#### 参考文献

- 五味高志, Roy C. Sidle, 上野全保, Twodros A. Taddese, 小杉賢一朗, 宮田秀介, 恩田裕一, 福山泰治郎 (2005) 荒廃ヒノキ人工林流域における地表面流発生と浮遊土砂流出の応答. 平成17年度砂防学会研究発表会概要集, 20-21.
- Miura S, Hirai K, Yamada T. (2002) Transport rates of surface materials on steep forested slopes induced by raindrop splash erosion. Journal of Forest Research Vol. 7, 201-211.
- Phillips J. M., M. A. Russell, D. E. Walling (2000) Time-integrated sampling of fluvial suspended sediment: a simple methodology for small catchments. Hydrological Processes, Vol. 14, No. 14, 2589-2602.
- 西山嘉寛 (2003) 岡山県におけるヒノキ人工林の表面侵食と表面流出の研究 (3) 月地表流出量と降雨因子との関係. 森林応用研究 Vol. 12, 59-63.