

(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

東京大学大学院農学生命科学研究科

信州大学 大学院総合工学系研究科・農学部

○水垣滋・五味高志

恩田裕一・浅井宏紀・南光一樹

浅野友子

長嶺真理子・平松晋也

1. はじめに

林床の裸地化したヒノキ人工林では、プロットスケールでの観測事例・室内実験を通して、林地斜面における表面流発生メカニズムについて多くの知見が得られてきた。しかし、斜面崩壊などに比べて現象規模が小さいことや既往の観測・解析手法の限界などから、流域の土砂収支研究において林床の表面流・表面侵食はほとんど注目されてこなかった。近年、流出水の成分分離や浮遊土砂起源の推定において安定同位体や放射性同位体の有効性が確認されており、これらを用いることで流域スケールの水土砂流出における表面流・表面侵食の寄与を明らかにできる可能性がある。本研究の目的は、ヒノキ人工林流域における降雨イベント時の水・土砂流出過程を解明することである。プロットスケールでの侵食量観測と異なる空間スケールでの水文・土砂流出観測、さらに安定及び放射性同位体を用いた流出水の成分分離及び流出土砂の生産源推定を行った。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. 方法

2.1 調査方法 調査地は、四万十川支川葛籠川流域の裸地化した林床を含むヒノキ人工林流域(流域面積:0.33 km², 年降水量:2735 mm, 地質:四万十帯北帯砂岩・泥岩)とした。斜面から流路への水・土砂流出過程を調べるために、斜面スケール, 小流域スケール, 大流域スケールの調査地点を入れ子状に配置し、小流域

(K9)及び大流域(K7)の流域末端部に水文観測定点を設置した(図-1)。雨滴侵食量を測定するため、斜面に設置したスプラッシュカップ(27個)により剥離された土砂を回収し、秤量した。斜面での水・土砂流出観測のため、流出プロット(幅50cm×斜面長200cm, 傾斜35~39°)を3カ所に設置し、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。イベント後のタンク貯水量を実測し、表面流出水及び流出土砂を採取した。K9及びK7流域の水文観測定点では、5分ごとに流量及び濁度を観測し、自動採水器及び自作したTime-integrated suspended sediment sampler (Phillips et al,2000)を設置して、洪水流出時の連続的な水サンプル採取(60-80分間隔)と洪水期間中の浮遊砂採取を行った。さらに、安定同位体による成分分離のために、K7末端部付近において降雨水を、K9及びK7定点において平水時(基底流)の水サンプルを採取した。放射性同位体による浮遊土砂の起源推定のために、流域内の潜在的な生産源(林床・崩壊跡地・作業道・河道側壁)から表層土壌(1cm)を採取した。

2.2 同位体分析 採取した降雨, 表面流, 基底流及び洪水流の水サンプルについて、酸素同位体比を測定した(Finnigan MAT社 delta S; アリゾナ大)。降雨水及び平水時流出水の同位体比をそれぞれ新しい水成分および基底流成分とし、降雨水及び基底流出水の同位体比をエンドメンバーとしたmixing modelにより、洪水流出水における新しい水成分の寄与を推定した。また、採取した土砂試料について、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(Eurysis社; 筑波大)。Cs-137及びPb-210ex濃度の有機物含量及び粒度による影響を除去するため、Wallbrink et al. (2002)及びHe and Walling (1996)にしたがって、粒径組成を考慮した

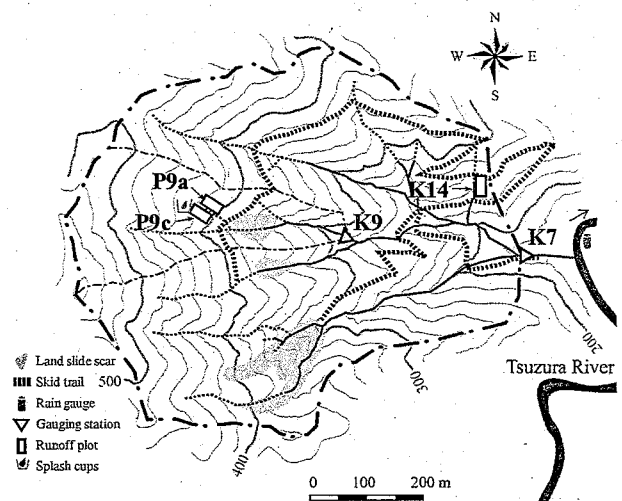


図-1 調査対象流域

土壌中の鉍物分に吸着する Cs-137 及び Pb-210ex 濃度を算出した (水垣ら, 2006)。浮遊砂の林床からの寄与は, 林床及び河岸側壁の Cs-137 濃度をエンドメンバーとした mixing model により推定した (水垣ら, 2006)。

3. 結果と考察

3.1 台風 14 号降雨イベントと水流出 2005 年 9 月 4 日から 7 日にかけて台風 14 号により総雨量 646 mm, 最大降雨強度 37 mm/h の大規模な洪水イベントが発生した。流出プロット P9c では, 降雨前半 (~9/6 0:00) で, 降雨強度に対応した表面流の発生がみられたが, 降雨後半 (9/6 0:00~) は前半に比べて降雨強度が大きいにもかかわらず表面流は少なかった (図-2)。小流域 K9 及び大流域 K7 の流量は, 9/5 18:00 ごろの集中的な降雨に対応してピークがみられ, 降雨後半に最大ピークがみられた。安定同位体により推定した流出水の新しい水成分をみると, K9 では洪水ピークにほとんど寄与しておらず, 一方 K7 では洪水ピークに大きく寄与していることがわかった (図-2)。

3.2 斜面から流路への土砂流出 斜面では雨滴衝撃により林床から土砂が剥離され (1034 g/m^2), 表面流とともに土砂が流出 ($11 \sim 115 \text{ g/m}^2$) していることが確認された。K7 の濁度変化について, 降雨前半の増水前にみられる顕著な濁度ピークは, 降雨強度や表面流のピークに対応していることから, 表面流や雨滴侵食による土砂供給に起因すると考えられる (図-2)。最初の流量ピークに対応した濁度ピークは, 新しい水成分が寄与していないことから, 河床堆積物の巻き上げや河床・河岸侵食などによるものと推察される。しかし, 9/6 6:00 以降の流出ピークでは新しい水成分の寄与もなく, 濁度が激減することから, 表面流や流路内での土砂供給がなくなったと考えられる。一方 K7 では, 降雨初期の低流量時に濁度ピークが認められたが, 新しい水成分の寄与が認められた最初の流出ピーク時に濁度は激減しており, K7 でも表面流や流路内での土砂供給がなくなったと推察される。その後 9/6 6:00 以降の流出ピーク時にみられる濁度ピークは, 新しい水成分に対応しており, 表面流による浮遊土砂の供給が示唆された。

3.3 浮遊土砂に対する林床の寄与 放射性同位体により推定した浮遊土砂に対する林床の寄与は, 小流域 K9 では 89%, 大流域 K7 では 25%であった。K9 の高い林床寄与率は, 浮遊土砂のほとんどが流出ピーク前に林床から表面流・雨滴侵食で供給されていることから支持される。一方, K7 の低い林床寄与率は, 林床の他に河岸側壁や作業道からの土砂供給に起因すると考えられる。K7 流域では, 降雨イベント中に作業道の表面流発生と表面侵食が確認されたことから, 降雨後半の濁度ピークが, 作業道の表面侵食と表面流によって供給されたものと考えられる。

4. まとめ

異なる空間スケールにおける同時水文観測及び同位体分析により, 降雨イベント時の斜面から河川への詳細な土砂流出過程を明らかにすることができた。従来の水文観測に加えて, 同位体といった新しい手法による流出水の成分分離や浮遊土砂の起源推定は, 流域の水土砂動態を解明するうえできわめて有効である。

【引用文献】

He and Walling (1996) J. Environ. Radioactivity, 30: 117-137. 水垣ら (2006) Proceedings of the Seventh Workshop on Environmental Radioactivity, 159-167. Phillips et al. (2000) Hydrological Processes, 14: 2589-2602. Wallbrink et al. (2002) CATENA, 47: 179-201.

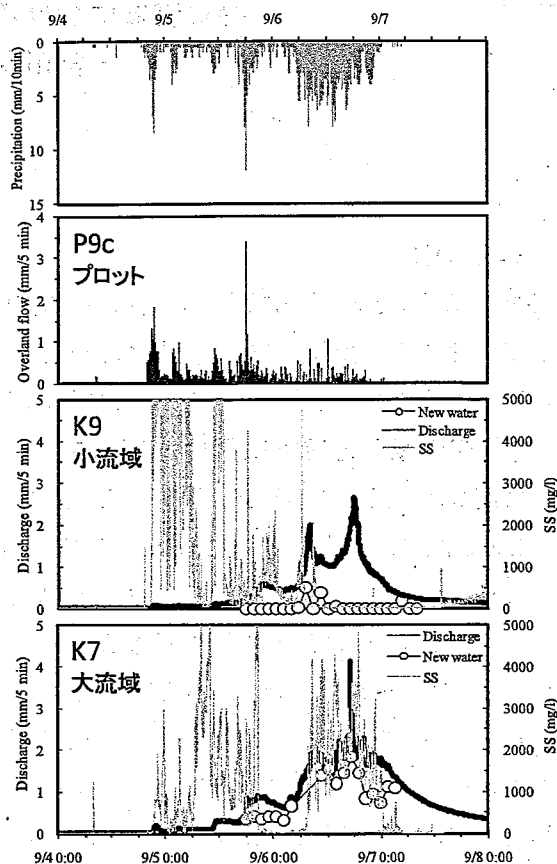


図-2 降雨イベント中の水・土砂流出