

科学技術振興機構 ○五味高志

京都大学防災研究所 Roy C. Sidle 上野全保

京都大学大学院農学研究科 小杉賢一朗 宮田秀介

東京大学演習林 浅野友子

筑波大学大学院生命環境科学研究科 張朝 恩田裕一 福島武彦

1. はじめに

日本の国土の約40%は人工林であり、そのうち半数以上がスギ・ヒノキ林である。間伐などの保育作業が行われない植栽後30年・40年経過したヒノキ林では、立木密度が高く林冠が閉塞するため林床の植生が大変少なく、土壌浸透能の低下などによって Horton 型の表面流が発生し、それに伴う表土流亡が起こっていることが観測されている (Miura et al. 2003; Fukuyama et al. 2005)。近年の木材価格の高騰や林業労働者の減少などにより、間伐作業が行われない林分が増えている状況の中で、山地森林域での表面流の発生や表土流亡の問題は顕在化してきている (恩田, 2005)。

表面流の発生は、土壌の侵食を引き起こすのみではなく、様々な物資の流出を促している。表面流に含まれる溶存態や懸濁態の流出の特徴を把握することは、林地からの栄養塩類の流出を把握するのみならず、水質を用いた流域の洪水流出における表面流の流出成分分離 (寄与率) の推定を行うためにも重要である。

そこで本研究では、(1) 斜面での表面流の発生とその量を明らかにし、(2) 斜面で発生する表面流が Horton 型の地表流であることを明確にし、(3) 表面流の発生に伴う溶存態と懸濁態の流出を解明することを目的とした。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. 調査地と方法

2004年5月から三重県中部大宮町に位置する40年生のヒノキ人工林に覆われた流域 (P1: 4.8ha) (図-1) に、森林管理・立木密度・林床植生の異なる小流域を入れ子状に配置し観測を行なった。流域2 (P2: 1.1ha) はヒノキ植栽後複数回間伐され (立木密度: 1500本/ha)、林床にはシタ類などが繁茂している。流域4と5はヒノキ立木密度が3500~4000本/haで、流域4 (P4: 0.2ha) の林床にはシタ類などが繁茂しているのに対し、流域5 (P5: 0.4ha) の林床は裸地化している (裸地ヒノキ林)。流域8 (P8: 0.2ha) は広葉樹林に覆われており、流域1に隣接している。林床植生などの条件の異なる各流域の斜面に幅0.5×長さ2mの小プロットと幅8×長さ25mの斜面大プロットを配置し表面流の発生を観測した。小プロットでは、地表面を流下 (表面流) する水をタンクに集め、その水位を計測するとともにタンク内の水を採取した (図-1)。斜面大プロットでは、斜面を流下する水を樋に集め、集められた水は45°の箱型三角堰に集められ流出量を測定した。降雨量の計測と降雨水サンプルの採取は観測地から約50m離れた開けた場所で行った。水サンプルの水質および同位体の分析は筑波大学とアリゾナ州立大学で行われた。

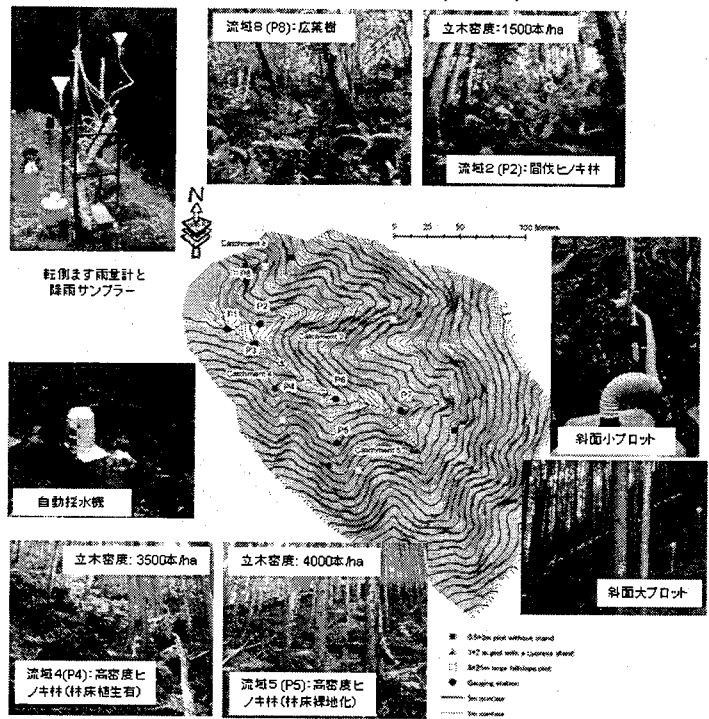


図-1 調査地概況

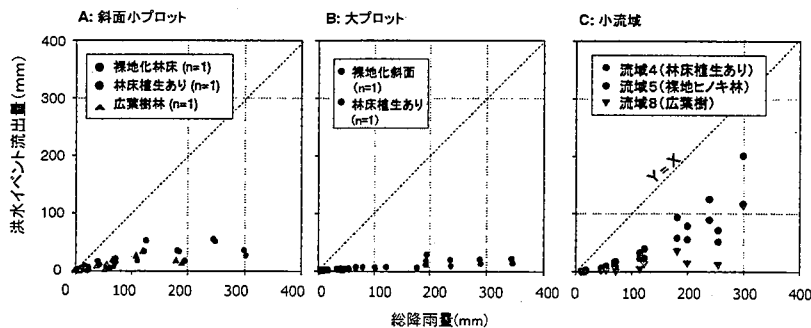


図-2 斜面プロットと小流域での総降雨量と地表流出量の関係

3. 表面流の発生と流域流出

斜面小プロットでは、広葉樹を含めて表面流の発生が観測されたが、表面流の発生量は広葉樹がヒノキ林と比べて小さかった (図-2)。斜面大プロットで表面流流出量は小プロットとくらべて小さく、斜面で発生する表面流の流下と浸透プロセスがこの違いに影響していると考えら

れた。2004年6月から2005年6月の斜面大プロットにおける表面流の流出率は、降雨の多い2004年の9月10日より、降雨の少ない2005年5月と6月に大きくなる傾向がみられた。これは、土壤水分条件や撥水性の変化によるものと考えられた (Miyata et al. in review) (図-3)。

4. プロット流出はホートン型表面流なのか？

プロットで発生する表面流がホートン型の表面流であることを確かめるために、斜面小プロットで採取された水サンプルの同位体比およびプロットの流出量と降雨の同位体比(250ml サンプル) から計算された加重平均値を比較した。表面流の同位体比は降雨のそれと同じと仮定して、実測した降雨の同位体比の変動と地表流出量のデータを用いて表面流の同位体比の加重平均値を算出した(図-4)。さらに、この算出値と、タンクに貯留した地表流の同位体比の実測値とを比較した。降水の同位体比から推定した値と、実測値が非常に近かった(ほぼ同じであった：図-4) ことから、林床植生の有無や広葉樹林プロットの斜面で採取される水サンプルについても、降雨が土壤中に浸透することなく流れるホートン型の表面流であると考えられた。

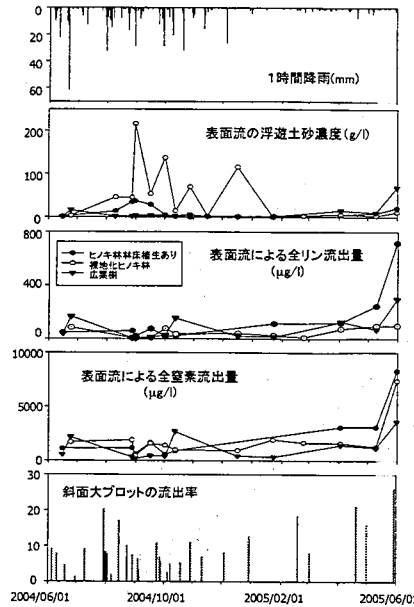


図-3 2004年6月から2005年6月までの降雨、浮遊砂、懸濁態物質の流出、プロット流出率

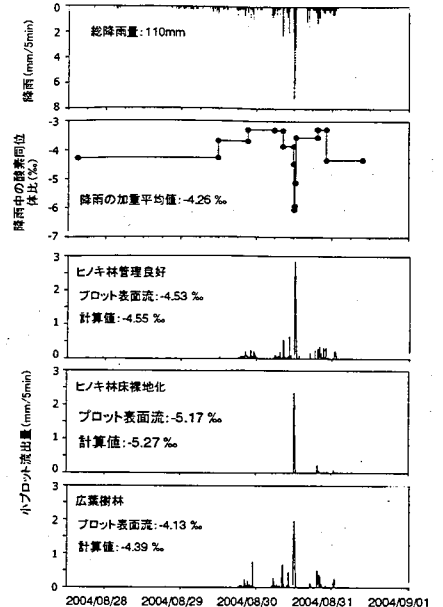


図-4 2004年8月31日の降雨イベントにおける降雨の同位体変化と斜面小プロットの同位体と計算値

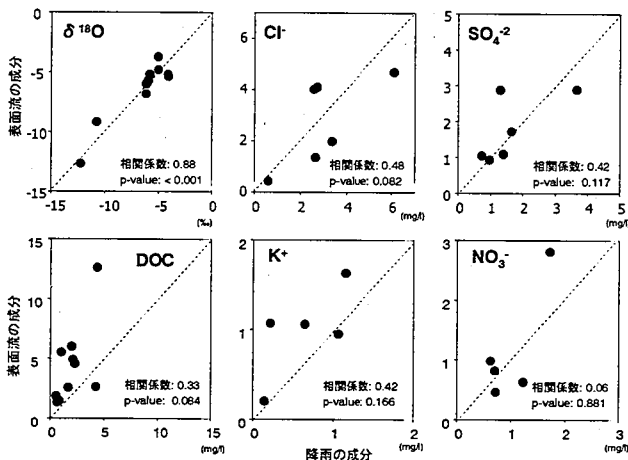


図-5 降雨と表面流における代表的な水質の関係

5. 溶存態と懸濁態の流出

林床が裸地化しているヒノキ林での浮遊土砂量流出量は他の植生条件と比べて高く、かつ降雨の多い時期に顕著にみられた。それに対して、懸濁態のリンや窒素については、林床植生条件の違いによる流出量に明瞭な違いがみられなかった(図-4)。全リンと窒素の流出は表面流の流出率が高くなる5月末から6月に最も高くなっていた。降雨と表面流の成分を比較すると、酸素同位体や塩素などは降雨と表面流にほぼ同程度含まれるが、カリウムや溶存炭素については、表面流に含まれる成分は降雨より多く、地表面を流下することによって増える成分であることがわかる(図-5)。

6. まとめ

斜面で発生している表面流は、ホートン型の表面流であることを酸素同位体を用いて確認した。浮遊土砂と懸濁態成分の流出に違いがあることがわかった。また、溶存態については、降雨に対して表面流で多く含まれる成分もあり、これらは地表面に多く存在し、表面流の発生により流出しやすい成分があることが考えられた。酸素同位体は洪水流出の成分分離には有効であるが、このように表面流に特徴的に含まれる成分を用いることによって、表面流が流域の洪水流に寄与する割合を特定することが可能であることを示唆できた。

引用文献

- 恩田裕一 (2005) 森林の荒廃は河川にどんな影響があるのか. 科学 75: 1381-1386.
 Fukuyama, T., Takenaka C., and Onda, Y. (2005) ¹³⁷Cs loss via soil erosion from a mountainous headwater catchment in central Japan. Science of the Total Environment 350: 238-247.
 Miura, S. Yoshinaga S., Yamada, T. (2003) Protective effect of floor cover against soil erosion on steep slopes forested with *Chamaecyparis obtus* (Hinoki) and other species. Journal of Forest Research 8: 27-35.
 Miyata S., Kosugi K., Gomi T., Onda Y., and Mizuyama T. Occurrence of surface runoff by soil water repellency at a hillslope with Japanese cypress (*Chamaecyparis obtuse*). Hydrological Processes (in review).