

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 Twodros A. Taddese

京都大学大学院農学研究科 小杉賢一朗 宮田秀介

筑波大学大学院生命環境科学研究科 恩田裕一 福山泰治郎

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。特に三重県は人工林に占めるヒノキ林に面積割合(40%)が全国平均(20%)より大きい。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地表面流が発生、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(赤井, 1977; 湯川・恩田, 1995)。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、山地森林域での地表流の発生や表土流亡の問題は顕在化してきている。

これまでヒノキ人工林の管理放置による表土流亡や地表面流の発生は斜面プロットを中心に研究されてきており(たとえば福山ほか, 2003)、森林斜面で発生する地表面流が流域の洪水流出に与える影響に関する研究は大変少ない。また、発生する地表面流によって運搬される細粒土砂が流域の浮遊土砂流出にどのような影響を与えているかについての研究も少ない(たとえば勝谷, 1938)。そこで本研究では、(1)斜面での地表面流の発生とその量を明らかにし、(2)流域の流出特性と浮遊土砂流出を把握し、(3)地表面流の発生と浮遊土砂流出の関係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

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り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)、林床にはシダ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)の林床にはシダ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(荒廃ヒノキ林)。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。2004年5月からパーシャルフリュームによる流量観測を開始し、各流域では自動採水機を設置し洪水時の渓流水を採水し

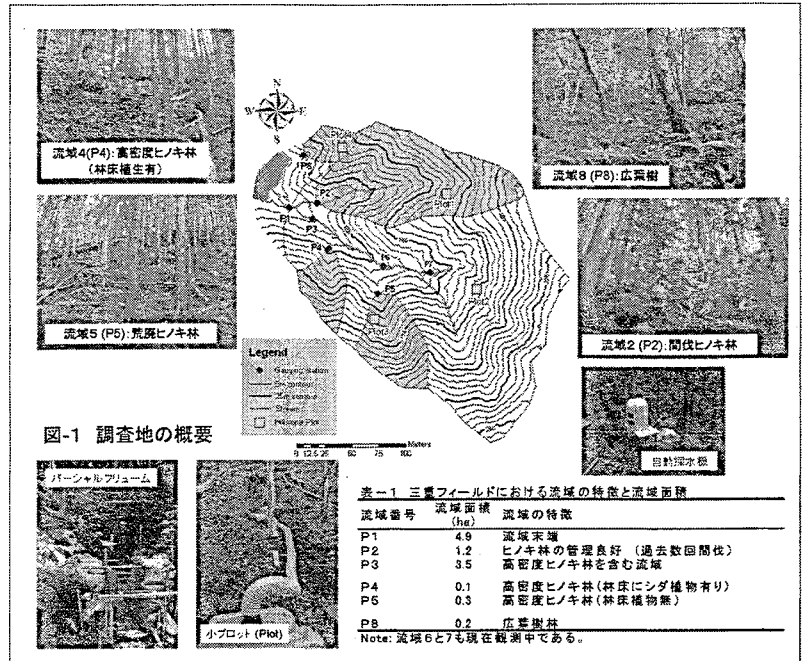


図-1 調査地の概要

表-1 三重フィールドにおける流域の特徴と流域面積

流域番号	流域面積 (ha)	流域の特徴
P1	4.8	流域末端
P2	1.2	ヒノキ林の管理良好(過去数回間伐)
P3	3.5	高密度ヒノキ林を含む流域
P4	0.1	高密度ヒノキ林(林床にシダ植物有り)
P5	0.3	高密度ヒノキ林(林床植生無し)
P8	0.2	広葉樹林

Note: 流域6と7も現在観測中である。

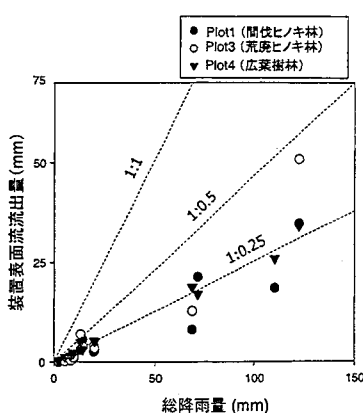


図-3 斜面小プロットにおける総降雨量と地表面流出量

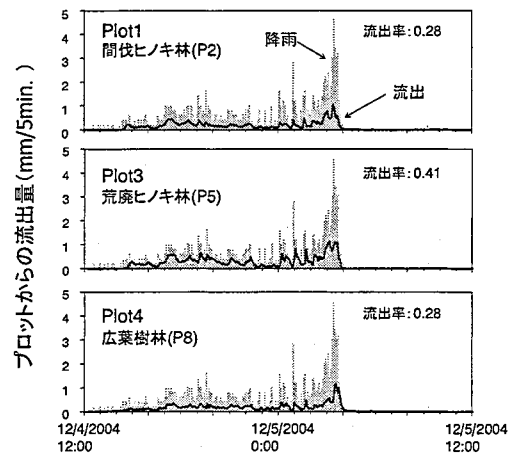


図-2 2004年12月4日の降雨イベントにおける小プロットの地表面流出

浮遊土砂量および水質の分析を行った。流域P2・P5・P8の斜面に幅0.5×長さ2mのプロットを設置しプロットからの地表面流出量を観測し、地表面流水を採水した。このような小プロットに加え、幅1×2m(宮田ほか, 2005 参照)と幅8×長さ25mの斜面プロットを流域4と5に配置し地表面流の発生を観測した。

3. 地表面流の発生と細粒土砂流出量

図-2に2004年12月4日の降雨イベントにおける地表面流の流出を示した。広葉樹を含めて、すべてのプロットで降雨に対応した地表流が確認された。本イベントでの流出率は、プロット3(荒廃ヒノキ林)が最も大きく、プロット1(複数回間伐)と4(広葉樹)はほぼ同じ値であった。プロット1はヒノキ林の間伐によって林床植生(主

にシダ類：図-1参照）が生育し、プロット3（荒廃ヒノキ林）と比べて土壌の有機物層が保持されていることによって土壌浸透を促している結果とも考えられる。ただし、広葉樹プロットからの総流出量が他のプロットより大きい降雨イベントも観測されており（図-3）、降雨強度や土壌水分条件、土壌の撥水性などから地表面流の発生するプロセスを解明する研究が進められている（宮田ほか、2005）。プロットからの浮遊土砂成分の流出量では、流域5に位置する荒廃ヒノキ林プロットからの浮遊土砂流出量が、流域4に位置し林床にシダ類が繁茂しているプロットより5倍から10倍ほど大きかった（図-4）。

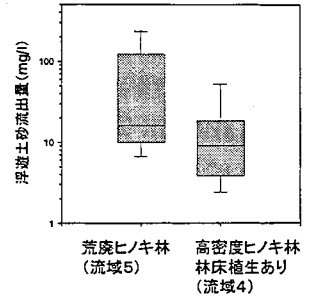


図-4 プロットからの浮遊土砂流出量

4. 流域の洪水流出

観測流域の中で小流域（流域4・5・8）における総降雨量と直接流出量の関係を図-5

に示した。流域5（荒廃ヒノキ林）では、直接流出は総降雨量が100mmを超えると大きく上昇するのに対し、流域8（広葉樹）では総降雨量が200mmにならないと上昇しなかった。総降雨量の上昇に対する直接流出の上昇は流域4（高密度ヒノキ林林床植生有）が流域5（荒廃ヒノキ林）にくらべて、やや緩やかであった。このような流域の流出応答の違いは、流域の植生の違いに加えて、地質条件や土壌の厚さなども影響していると思われる。

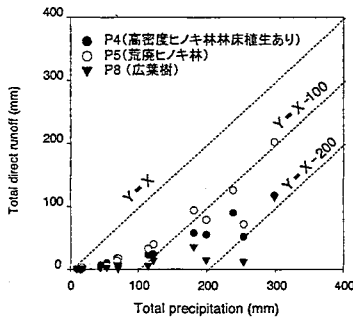


図-5 小流域における洪水流出

図-3に見られるようにプロットでの地表面流の発生は総降雨量100mm以下でも観測されるのに対し、流域での流出は総降雨量が100mm以上で顕著に上昇していた。また、流域の流出率に対してプロットでの流出率が大きい場合も観測された。以上のことから、降雨イベントによっては斜面で発生する地表面流の一部が流域の流出に寄与していることが考えられた。

5. 流域における浮遊土砂流出の応答

図-6には7月31日の降雨イベント（総雨量253.6mm；最大時間雨量32.6mm）におけるプロットの地表面流流出、流域の洪水流出、浮遊土砂流出量の変化を示した。プロットでの地表面流流出は降雨の初期から観測された。流域末端部（P1:流域1）での浮遊土砂の流出量は流出の初期に流量に対応して増加し、ピーク時には少なくなっていた。これに対して、荒廃ヒノキ林流域（P5:流域5）浮遊土砂流出のピークは5分間降雨で最も降雨が強かった時間帯に一致していた。これは、降雨が強くなることによって、地表面流が斜面を連続的に流れることによって、斜面から溪流への細粒土砂の供給量が増加したためと考えられた。ただし、流域4（P4:高密度ヒノキ林林床植生あり）では顕著な浮遊土砂濃度の増加はみられなかった。

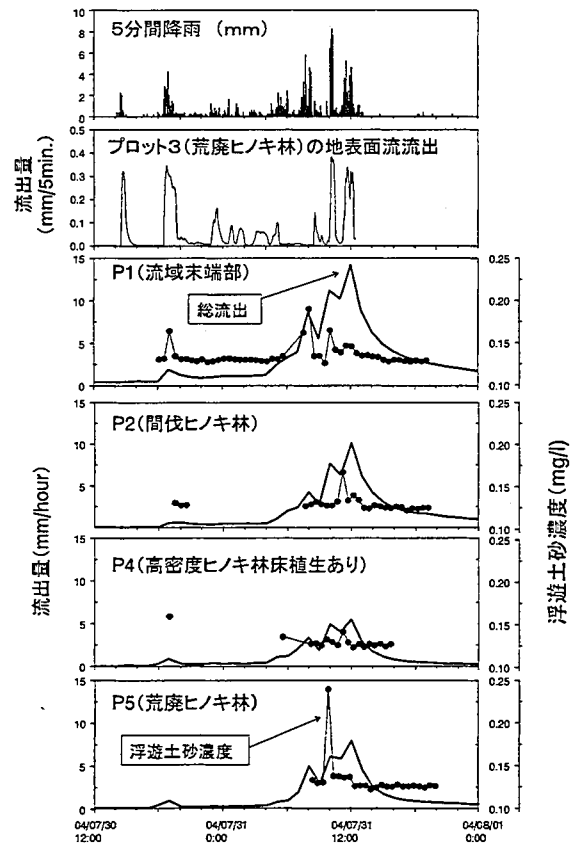


図-6 2004年7月31日の降雨イベントにおける流域の流出と浮遊土砂濃度の変化結果

6. まとめ：浮遊土砂流出の応答から見る斜面と溪流の関連

地表面流は広葉樹林を含めた森林斜面で発生していることを確認できた。ただし、斜面で発生する地表面は不連続であり、一部が流域の流出に直接寄与していることが解ってきた。このようなプロセスは流域の浮遊土砂流出の応答にも影響を与えていると考えられた。今後は降雨強度・土壌水分条件などや水質を用いた成分分離（特に地表面流）の分離に取り組むことによって、地表面流が洪水流出に与える影響をより明確にし、浮遊土砂の供給源として斜面と溪流の関連を明らかにすることによって、山地森林域からの浮遊土砂流出のプロセスを解明できると考えられた。

引用文献

赤井龍夫 (1977) ヒノキ林の地力減退問題とその考え方. 林業技術 419:7-11.
 勝谷 稔 (1938) 有林地と無林地との溪流から流出する土砂量について. 砂防 61:3-8.
 湯川典子・恩田裕一 (1995) ヒノキ林において下層植生が土壌の浸透能に及ぼす影響 (I) 散水型浸透計による野外実験. 日本林学会誌 77:224-231.
 福山泰治郎・恩田裕一・森脇 寛 (2003) ヒノキ林におけるプロットサイズ(斜面長)と土壌流出量の関係. 地形 24 (4) :397-406.
 宮田秀介・小杉賢一朗・西本憲夫・五味高志・上野全保・Roy C. Sidle・恩田裕一・水山高久 (2005) ヒノキ林斜面における表面流発生と土砂生産に関する研究. 平成 17 年度砂防学会研究発表会概要集