

山地流域からの土砂流出に河床堆積土砂が及ぼす影響

東京大学大学院農学生命科学研究科 ○堀田 紀文
筑波大学大学院生命環境科学研究科 Kharistya Amaru

1. 研究の背景と目的

一般に、土砂流出は流域の地形・地質・植生・降水量など、さまざまな要因の影響を受けるが、森林に覆われた流域からの土砂流出量は森林以外の流域に比べて低いと考えられている（難波・川口, 1965）。森林伐採後に流域からの土砂流出量が增大するという報告は多いが、一方で、攪乱を最小限にとどめた森林伐採を実施すれば、その後の土砂流出の増大は生じないという指摘もある（Hotta et al., 2007）。したがって、森林が適切に維持・管理されていれば、流域からの土砂流出量は抑制されると言えそうである。しかしながら、大規模崩壊など過去に大きな災害を経た流域では、数十年が経過し流域全体が再び森林に覆われたとしても、災害時に供給された土砂が流域内に留まり、高い水準での土砂流出が維持されることがある（Koi et al., 2008）。すなわち、上で挙げた地形・地質・植生などの現在の流域の諸条件のみで流域からの土砂流出量を評価することが出来ない場合があると考えられる。

本研究では、流域からの土砂流出の長期的な動態に関わる要因を整理することを目的として、多点で得られた浮流土砂（Suspended sediment: SS）のデータを用いて、森林率と SS 流出量の関係について検討を行った。

2. 対象地と方法

研究対象地は、群馬県北西部に位置する利根川水系吾妻川上流域（流域面積 707.9km²）である（Fig. 1）。大部分が火山性の地質であり、対象地付近の中之条地域気象観測所の平均年降雨量は 1265.3mm、年平均気温は 11.5 度である（1971-2000 年）。対象地は大きく 4 つの流域（熊川流域、吾妻川源流域、万座川流域、白砂川流域）に区分され、それらに属する 73 の小流域と合わせた合計 77 流域（0.16~223.9km²）において、1993~1997 年の間の降雨時および平水時に流量（：流路断面と流速の計測結果から算出）と SS 濃度（：採水したサンプルを吸引濾過して分析）の測定を行った（南波ら, 2007）。観測ごとに対象流域（複数）は変更し、最も多い流域で 31 回、少ない流域で 1 回の観測を期間内に実施した。全部で 617 データを取得し、比流量と比 SS 流出量の関係を比較した。対象地において、森林率と流域平均勾配は全流域で幅広く分布しており、森林率と地形が SS 流出量に与える影響について独立して比較することが可能である。

3. 結果と考察

森林率と SS 流出量の関係の比較から、ばらつきは大きいものの、森林率が高い流域で SS 流出量が小さいという結果が得られた。地形条件（傾斜、起伏量）と SS 流出量の間には明確な関係は見られなかった。これらの検討にあたっては、森林率と地形条件が独立となるようにデータの選別を事前に行っている。

さらに同一降雨イベントのデータだけを用いて検討を行ったところ、森林率が低い場合には、ばらつきが大きいものの、SS 濃度が比較的高い流域が多く存在するという結果となった。ばらつきの要因としては、森林以外の土地の地表条件によって、土砂の流出し易さが異なることが考えられる。地表に顕著な攪乱がなければ森林率が低くても土砂流出が抑制される。しかしながら、森林率が 90% に達するほど高い流域でも SS 濃度が高い流域が存在しており、崩壊地のように、僅かでも存在すれば大量の土砂の供給源となるような場所が流域内に存在している可能性が示唆された。一方で、森林率が 100% に近づくと、SS 濃度が低い値に収束することが見て取れた。この関係は異なる降雨出水イベントにおいても同様であり、ほぼ全域が森林に覆われた流域では、降雨時に流出



Fig. 1 研究対象地

する SS の濃度が顕著に低かった。このことから、流域の土砂流出量は土砂の生産源の有無によって大きく影響を受けると言えるだろう。

次に、森林率と SS 流出量の関係を流域スケールごとに比較した (Fig. 2)。ここで、白砂川に含まれる流域 (森林率: 73~100%) を森林率が高いとし、吾妻川上流域 (森林率: 10.5~100%) に含まれる流域を森林率が低いとして区別したうえで、流域面積 (1~10km², および 100km²~) で図を分けている。100km²~の結果は、全て流域末端部の 1 箇所の観測点で取得されたものである。Fig. 2 から、流域面積が小さい場合には、森林率に応じて SS 流出量の大小に違いが見られたが、流域面積が大きい場合には違いは見られなかった。大流域 (Fig. 2b) での回帰線は吾妻川上流域と白砂川流域でほぼ一致しており、それらは小流域 (Fig. 2a) での吾妻川上流域の回帰線とほぼ一致していた。すなわち、白砂川流域 (流域面積 223.9km²) は、全体での森林率が高く (94%)、そこに含まれる小流域での SS 流出量は小さいにも関わらず、白砂川流域末端での SS 流出量が大きかった。小流域における結果から、上流域からの SS 供給量は小さいと考えられる。したがって、下流域での SS 流出量の増大は、現在の森林成立前に河道に供給・貯留された土砂が流出することで長期継続的に生じていると考えられる。

Fig. 2 の観測点の位置からそれぞれの流域を描画し、小流域と大流域の土砂生産源を区別したものが Fig. 3 である。大流域から小流域の観測流域を除外すると、ほぼ河道部のみとなることが分かる。すなわち、大流域からの土砂流出が、小流域からの流出量に河道部からの供給量を加えたものとみなせることが分かる。河道部での浸食・堆積の実態の詳細は不明であるが、少なくとも白砂川流域では、河道部から土砂が供給されることで、流域全体として吾妻川上流域と同程度の土砂流出量まで増大したと考えられる。

Amaru & Hotta (2018) は、本研究対象地に土壌侵食モデルを適用し、SS 観測値に基づいて推定された実土砂流出量と同程度の土砂流出量を得るためには、河道部の浸食可能深を他流域と比較して大きな値を与える必要があることを示した。数値計算上でも、河道における土砂貯留・供給量が土砂流出に大きく影響を与えることが示唆されたと言える。流域からの土砂流出量を長期にわたって適切に評価するためには、土砂災害などの流域の過去の履歴を踏まえたうえで、河道の土砂量出量を適切に与える必要があるだろう。

参考文献:

Amaru & Hotta (2018): International Journal of Erosion Control Engineering, in press; Hotta et al., (2007) Hydrological processes 21, 3565–3575; Koi et al. (2008): Geomorphology 101, 692–702; 南波ら(2007): 砂防学会誌 59, 14–24. 難波・川口(1965): 林業試験場研究報告 173, 93–116.

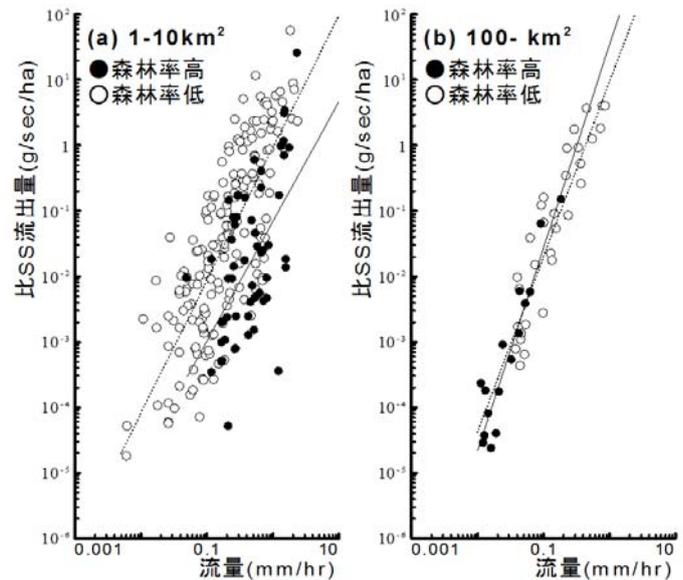


Fig. 2 森林率の異なる(a)小流域と(b)大流域での流量と SS 流出量の関係

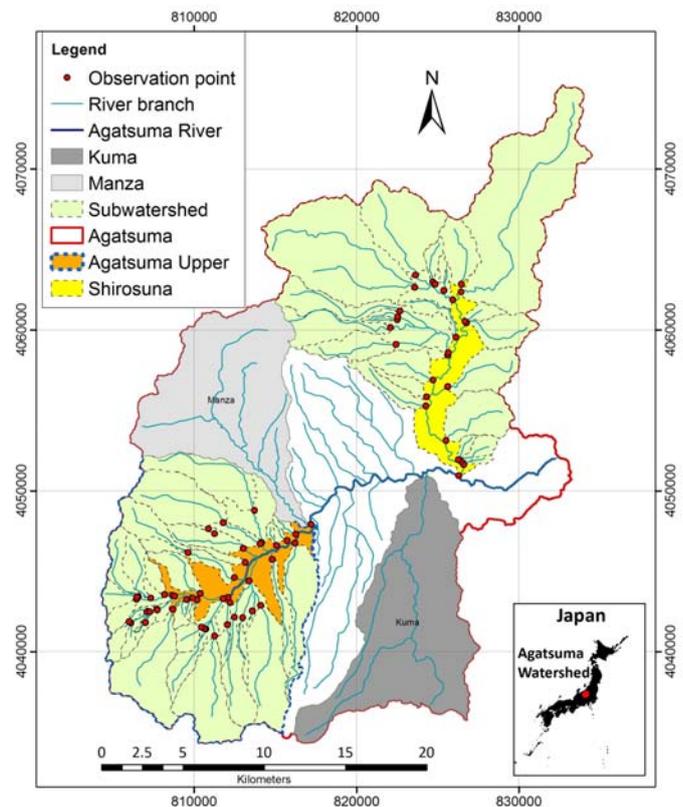


Fig. 3 観測点の位置と流域の網羅状況