

土砂流出の長期変動に着目した山地森林流域における土砂動態の把握

財団法人 砂防・地すべり技術センター ○厚井高志
東京大学大学院農学生命科学研究科 堀田紀文・鈴木雅一

1. はじめに

水源から河口までを一つの流砂系として、総合的な土砂管理を進めていく上で、流域スケールの土砂動態を把握することが重要な課題となっている。山地流域では、土砂の生産・移動が活発であり、流域内で大規模な土砂生産（崩壊発生など）があると、その後数年間は激しい土砂流出が継続する。その一方で、生産された土砂の一部は長期にわたって流域内に貯留され、その後の降雨出水によって再移動・再堆積を繰り返しながら流域外に流出することが報告されている。すなわち、大規模土砂生産が土砂流出に与える影響期間は幅広く、土砂流出は経年的に変動するため、流域スケールの土砂動態の把握には数十年に及ぶ検討も必要である。本研究では、長期ダム堆砂データから得られる土砂流出の経年的な変動に着目し、異なる土砂移動特性を示す流域間の比較から、その経年的な変動を規定する要因を検討し、流域スケールの土砂動態を把握することを試みた。

2. 調査対象地と方法

2.1 流域の概要

調査地は神奈川県中川川流域と宮崎県渡川流域である。流域の概要を表に示す。中川川流域下端の三保ダム（1978年完成、貯水容量 $64,900 \times 10^3 \text{m}^3$ ）堆砂量から推定される比堆砂量は $2897 \text{m}^3/\text{km}^2/\text{yr}$ 、渡川流域下端の渡川ダム（1955年完成、貯水容量 $39,000 \times 10^3 \text{m}^3$ ）堆砂量から推定される比堆砂量は $1962 \text{m}^3/\text{km}^2/\text{yr}$ である。主な崩壊発生イベントとして、中川川流域では関東地震（1923年）と1972年の豪雨災害時、渡川流域では1954年から2006年までの間に5度（1954, 1968, 1997, 2004, 2005年）確認されている。崩壊発生と土砂流出との対応を比較した結果、中川川流域では、1972年の豪雨により発生した崩壊ではなく、関東地震に起因する崩壊地から生産された土砂が、近年も流域内に貯留され、地震発生から80年以上経過した現在も土砂流出に影響を与えていた（Koi et al., 2008）。一方、渡川流域では、激しい土砂流出は崩壊発生と対応した数年間に集中しており、その他の期間の土砂流出は低いレベルに抑えられていた。

表 中川川流域と渡川流域の概要

	中川川流域	渡川流域
流域面積	39km ²	81km ²
標高	300m-1550m	300m-1400m
流路長	10.7km	11.2km
平均河床勾配	6.34%	5.08%
地質	石英閃緑岩	砂岩頁岩互層
年平均降水量	2167mm	3270mm

2.3 方法

三保ダム（中川川流域）、渡川ダム（渡川流域）それぞれの貯水ダム堆砂データから得られる土砂流出の経年的な変動（波形）を図1に示す。図1より、土砂流出の経年的な波形がそれぞれの流域で異なっている。すなわち、三保ダム（図1a）では、全期間を通じてほぼ一定の増加傾向を示しているのに対して、渡川ダム（図1b）では、期間によって堆砂速度が変化していることが分かる。そこで、それぞれの堆砂データについて、比堆砂量の連続N年間移動平均の最大値、最小値を整理して、その特徴を把握した。その上で、経年的な波形の違いが、どのような要因で生じるのかを考察した。

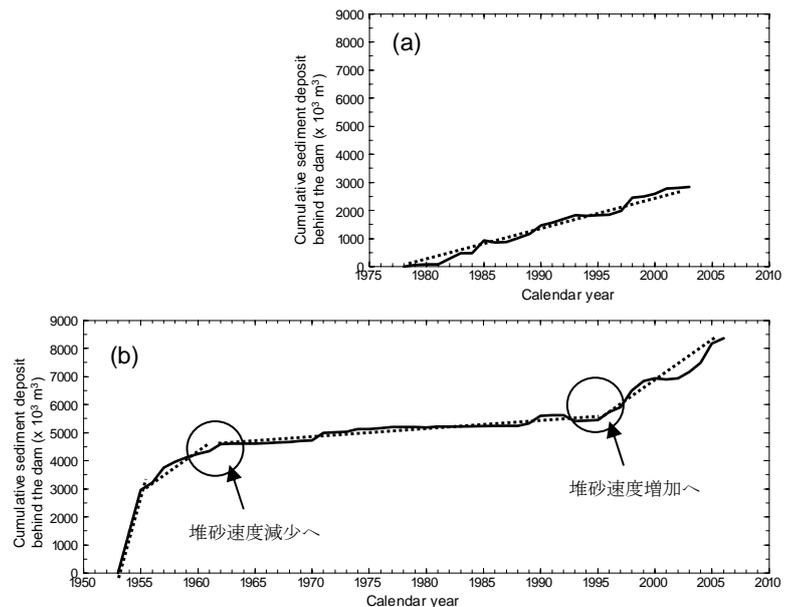


図1 積算ダム堆砂量の時系列変化 (a)三保ダム, (b)渡川ダム。
実線：実測値, 点線：堆砂速度のトレンド

3. 結果と考察

3.1 連続 N 年平均値の比較

中川川流域と渡川流域の比堆砂量の連続 N 年移動平均の最大値, 最小値, 全期間平均値とその 2 倍, 半分の値を図 2 に示す. 図 2 より, 最大値と最小値が, 全期間平均値のそれぞれ 2 倍, 半分の値に収束するまでの年数に着目すると, 中川川流域では, 比較的短期間 (N=5 年程度) で収束している (図 2 a). これに対して, 渡川流域では, 収束するまでに時間がかかっており (N=45 年程度), 連続 30 年移動平均でも最大値と最小値は 1 オーダー程度異なる (図 2 b). 以上のように, 中川川流域と渡川流域で異なる土砂流出の経年的な波形は, 連続 N 年間移動平均の最大値と最小値を整理することにより特徴付けられた.

3.2 土砂流出の長期変動を規定する要因

年々の土砂流出は, 降雨出水規模と対応するという報告もあるが, 渡川流域のように大規模な土砂生産 (崩壊) の影響を含む場合もあり, 様々な営力の影響を受ける. そこで, 貯留土砂量という統一的概念を用いて両流域の土砂流出プロセスを検討して, 長期変動を規定する要因について考察した.

中川川流域には, 関東地震の影響により貯留土砂が大量に存在する. こうした貯留土砂が降雨規模に応じて経年的に流出しており, 新たな土砂供給があっても降雨規模に応じた土砂流出が継続する (図 3 上). 一方, 渡川流域では, 崩壊発生に伴い貯留土砂量が増加すると, 降雨と対応した土砂流出となるが, 貯留土砂量が減少しきると, 潜在的に大きな土砂流出を引き起こす降雨があっても穏やかな土砂流出となる (図 3 下). すなわち, 流域内に十分な貯留土砂があれば, 降雨規模により土砂流出が決定されるが, 十分な貯留土砂が存在しない期間は, 降雨規模に関係なく穏やかな土砂流出となると考えられ, 年々の流出土砂量は, その時点で流域内に存在する貯留土砂量によって規定されていると言える. ダム堆砂データから貯留土砂量を直接推定することは困難であるが, 土砂流出の経年的な波形は, イベントに対する土砂流出に加えて, 流域内の貯留土砂量の経年的な変動という情報も内包していると考えられる. すなわち, 土砂流出のトレンドが減少に転じるタイミングは, 貯留土砂量の減少しきった状態を, 増加に転じるタイミングは, 貯留土砂量が増加した状態を示していると考えられる (図 1 参照).

4. まとめ

土砂流出の経年的な変動は流域ごとに異なる. 本研究により, 土砂流出の経年的な変動は, 流域内に存在する貯留土砂量によって規定されており, 土砂流出の経年的な波形は流域貯留土砂の変動という情報を含んでいることが示唆された. 以上の成果は, 貯留土砂量概念を導入することにより, 土砂流出の経年的な変動と流域の土砂動態を関連づけて把握できる可能性を示している.

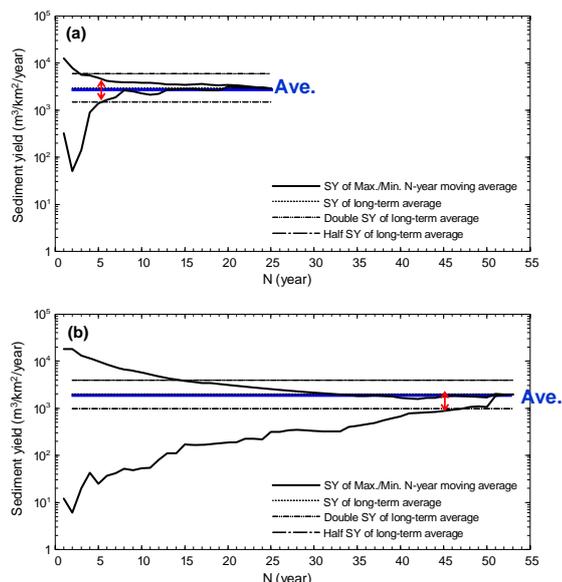


図 2 連続 N 年移動平均の最大値と最小値 (a) 中川川, (b) 渡川.

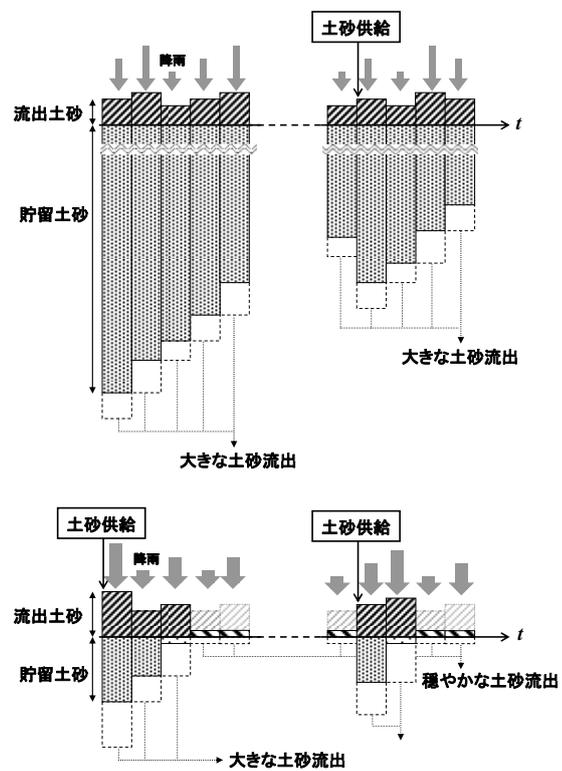


図 3 土砂流出の概念図 上: 中川川, 下: 渡川.