

長期ダム堆砂データを用いた土砂流出特性の流域間比較

東京大学大学院農学生命科学研究科 ○厚井高志・堀田紀文・鈴木雅一

1. はじめに

流域の土砂流出特性を明らかにすることは流域管理上重要である。しかしながら、流域からの土砂流出は常に一定ではなく、年毎に大きく変動する流域もあることから、短期間の観測値や長期間の平均値を求めても、必ずしも流域の土砂流出を適切に表現しているとは言えない。流域の土砂流出を評価するためには、そうした変動に関わる要因を把握することが不可欠である。近年、長期にわたるダム堆砂データが蓄積されつつあり、数十年におよぶ土砂流出の変動を把握することが可能となった。本研究では、ダム堆砂データが存在する2つの流域において、崩壊履歴・降雨といったイベントとの対応から土砂流出の長期変動を把握するとともに、そうしたイベントが流域からの土砂流出に与える影響について検討した。

2. 流域の概要

調査地は、神奈川県西丹沢地域の中川川流域(35°28' N, 139°3' E)、宮崎県渡川流域(31°21' N, 131°15' E)である。両流域の概要を表1に示す。中川川流域の下端部には三保ダム(1978年完成、総貯水容量 64,900 $\times 10^3\text{m}^3$)がある。本流域は、1923年の関東大震災に起因する大面積崩壊と1972年豪雨による崩壊(昭和47年災害)の2度の崩壊イベントがあった。一方、渡川流域の下端部には渡川ダム(1955年完成、総貯水容量 39,000 $\times 10^3\text{m}^3$)がある。本流域は、連続雨量 1000mm を超える大規模降雨イベントが1954年以降10回発生しており、こうした大規模降雨イベントに応じて4回(1954, 1997, 2004, 2005年)の崩壊が発生した。

3. 方法

三保ダム堆砂データ(1979–2003)および渡川ダム堆砂データ(1954–2006, 1958–1961 期間データなし)を用いて、①各流域の土砂流出の長期変動を、崩壊履歴や長期降雨データとの対応から把握した。さらに、②期間ごとに推定した流出土砂量の大小を比較した。その上で、崩壊や降雨といったイベントが流域の土砂流出に与える影響について考察した。

4. 結果と考察

4.1 土砂流出の変動と崩壊・降雨イベントとの関係

中川川流域 流域の年平均流出土砂量と年降水量との対応を比較した(図1)。1979年から2003年まで、年降水量と対応した変動があるものの、ほぼ一定の土砂

表1 調査流域の概要

	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

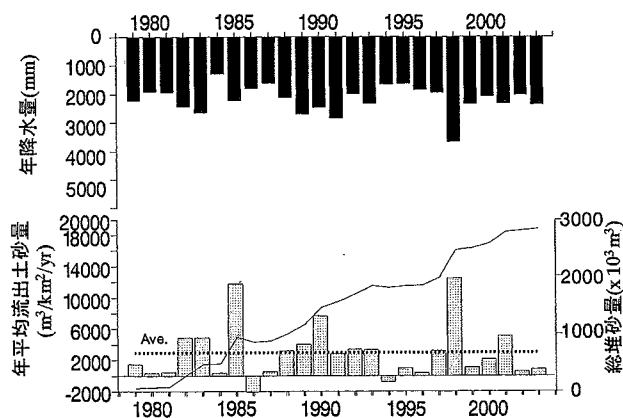


図1 中川川流域の年平均流出土砂量と年降水量

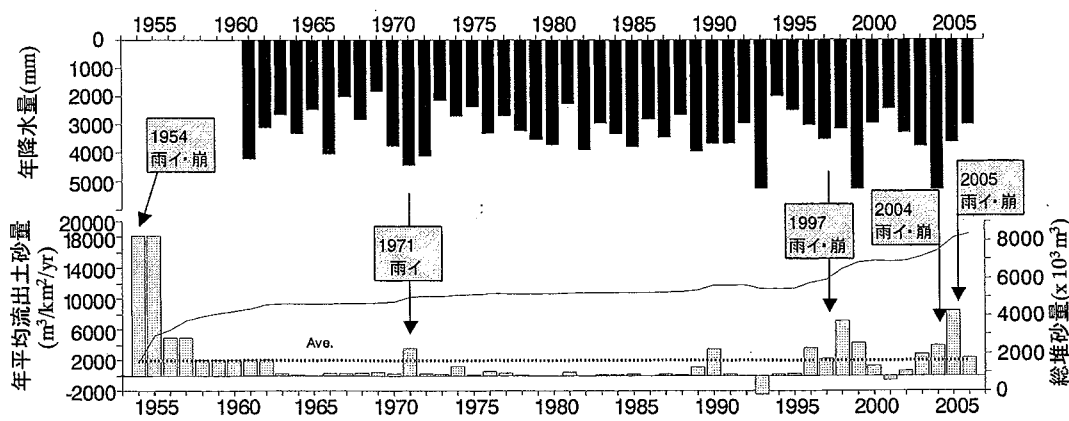


図2 渡川流域の年平均流出土砂量と年降水量 ※雨イ:大規模降雨イベント, 崩:崩壊発生

流出が継続していた。ダム堆砂データは 1979 年以降しかないため、それ以前の土砂流出については明らかではないが、Koi et al. (2008)により、流域の土砂生産分布と 2 度の崩壊イベントの崩壊地分布を比較すると、関東大震災に起因する崩壊と対応がみられた。このことから、中川川流域では、関東大震災に起因する崩壊地から生産された土砂が近年の顕著な土砂流出に影響を与えていることが分かった。

渡川流域 流域の年平均流出土砂量と年降水量、さらに降雨イベント崩壊発生との対応を比較した(図2)。渡川流域では、年毎に大きな変動があり、そうした変動は降雨イベント・崩壊発生と対応していた。特に、崩壊発生年およびその後数年間は顕著な土砂流出があり、流域の土砂流出は崩壊発生直後の期間に集中していた。一方、穏やかな土砂流出が継続する 1963 年以降は、1954 年の大規模崩壊後の顕著な土砂流出が収束し、1997 年まで大規模降雨に伴う崩壊の発生などはなかった。

4.2 イベントが土砂流出に与える影響

土砂流出の長期変動の大小をみるため、2 つの流域の長期ダム堆砂データから推定した年平均流出土砂量について、期間ごとにまとめた(表2)。表2より、最大 1 年・連続 2 年平均土砂量は渡川流域の方が中川流域より大きな値となったものの、全集計期間の年平均土砂量は中川川流域の方が渡川流域より大きな値となった。すなわち、中川川流域は、近年、顕著な崩壊発生や降雨イベントがなく、降水量も少ないにもかかわらず、降雨イベントや崩壊が繰り返し発生し、年降水量も多い渡川流域よりも激しい土砂流出がある。さらに、最小連続平均土砂量を見ると、中川川流域では、全集計期間平均土砂量と同程度の値であったが、渡川流域では、1~2 オーダー小さい $100\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$ 程度の値となり、比較的穏やかな土砂流出が継続していた。中川川流域は、年毎に多少の変動はあるものの、激しい土砂流出が継続している。その一方、渡川流域は、年毎に数オーダーという規模で大きく変動していた。

いずれの流域も過去に大面積崩壊があった流域であるが、土砂流出形態、その変動が大きく異なっていた。中川川流域では、近年、大きな土砂生産イベントや大規模降雨イベントがないにもかかわらず、顕著な土砂流出(10^3 オーダー程度)が継続していた一方で、複数の降雨イベントに伴い崩壊が繰り返し発生した渡川流域では、崩壊発生直後は顕著な土砂流出($10^3\sim 10^4$ オーダー程度)があるものの、それ以外の期間は比較的穏やかな土砂流出($10^1\sim 10^2$ オーダー程度)が継続していた。このことは以下のようなそれぞれ異なる土砂流出プロセスによるものと考えられる。すなわち、中川川流域では、1923 年の関東大震災に起因する崩壊により大量の不安定土砂が流域内に供給されたものの、大規模な降雨イベントの記録はほとんどない。そのため、大規模出水に伴う土塊の移動がおこらず、80 年以上経過した現在も流域内に不安定土砂が貯留されており、平年の降雨出水時に流出している。一方、渡川流域は、崩壊地から供給された移動しやすい不安定土砂が大規模降雨イベントがあるたびに流出する。そのため、平年は移動しやすい不安定土砂が貯留されず穏やかな土砂流出となる。したがって、本研究で対象とした 2 流域においては、過去に発生した大規模土砂生産イベントや大規模降雨イベントといった「流域の履歴」が、土砂流出の変動に関与し、最近の土砂流出にも大きな影響を与えていると考えられた。一般に、流域の土砂流出にはさまざまな要因が影響しているが、特に大規模降雨や崩壊といったイベントが発生する流域では、過去に遡った「流域の履歴」についても検討することが重要である。

表2 期間別年平均流出土砂量

	全集計期間 年平均土砂量 ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$)	最大1年 平均土砂量 ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$)	最大連続2年 平均土砂量 ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$)	最小連続10年 平均土砂量 ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$)	最小連続15年 平均土砂量 ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$)	最小連続20年 平均土砂量 ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$)
中川川流域 (年・期間)	2897 (1979-2003)	12418 (1998)	7792 (1997-1998)	2282 (1986-1995)	2795 (1986-2000)	3025 (1984-2003)
渡川流域 (年・期間)	1934 (1954-2006)	18089 (1954)	18089 (1954-1955)	53 (1979-1988)	171 (1976-1990)	187 (1976-1995)

【参考文献】 T. Koi, N. Hotta, I. Ishigaki, N. Matuzaki, Y. Uchiyama, M. Suzuki, (2008): Prolonged impact of earthquake-induced landslides on sediment yield in a mountain watershed: the Tanzawa region, Japan. *Geomorphology* (Accepted)