気候変動と長期土砂流出

長期土砂流出変化分科会
（○久保田哲也、小山内信智、桂真也、
藤田正治、地頭薗隆、野間大祐、原義文）

１．はじめに

「気候変動が土砂災害に及ぼす影響に関する委員会」における議論の経過により、本分科会が長期現象分科会から長期土砂流出変化分科会へと変更になり、主として長期土砂流出と気候変動との関連を研究したことから、ここでは、長期土砂流出現象に絞った結果を報告する。

２．既往文献解析

治水ダム・多目的ダムの堆砂の経年変化から推定する場合は、堆砂のステージの進行に伴い、一般的には最終堆砂量が一定となる傾向があるので注意が必要となる。丹沢山地での研究例では、過去の大規模土砂生産状況と大規模降雨イベントなど、流域の履歴が土砂流出変動に影響を与える結果が得られている（厚井他 2008）。宮崎県耳川の事例では上流の土地利用の変化は少く、単純に堆積土砂測量と過剰堆積分の排土量から土砂流出量を計算し、長期の増加傾向が確認されている（久保田　2009）。三重県宮川ダム流域では森林施業状況も土砂流出に影響するとされている（今泉他　2005、黒岩他　2010）。

３．宮崎県耳川流域の事例解析と比較事例

当流域では、約４０年間の九州電力水力発電ダムへの長期流出土砂量データを用いて解析を行ったが、雨量の長期増加傾向に伴って、各ダム流域で流出土砂量の長期増加傾向が見られた（久保田 2009）。この原因は、降雨の増加に伴う上流での土砂生産量の増加が原因と思われる。一方、前述の丹沢山地では、このような傾向は見られない。

３．１　研究対象地域と研究方法

対象地域は、ダムの堆砂量調査などにより、長期にわたる土砂流出量Qsが把握できる宮崎県耳川流域とした。この流域における九州電力の発電ダムに流出した年間土砂量と同流域の観測雨量データを用い、Kendall の順位相関解析や周波数解析などの解析手法により長期変動の特徴を検討した。また、神奈川県丹沢山地や三重県宮川ダム流域、その他の九州山口地方におけるダム流域の事例も比較のために検討を行った。

３．２　土砂流出の長期変動

耳川流域の約 30 年間のデータでは、土砂流出量はどのダムにおいても長期の増加傾向が見られる（図１～２）。Kendall の順位相関解析では、岩屋戸ダムと塚原ダム以外の変動は、統計的に有意ではないが、増加傾向は明らかで、Qs と雨量との関連（図３）から、雨量の増加に伴い Qs も増加している。

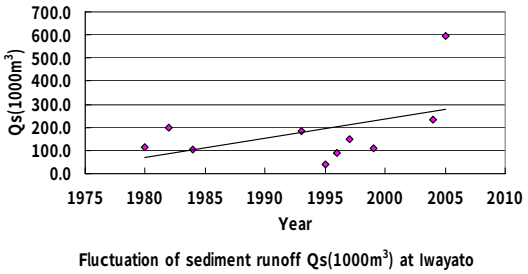


図１　岩屋戸ダムの土砂流出量経年変動

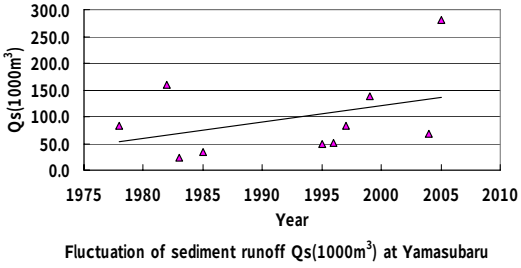


図２　山須原ダムの土砂流出量の経年変動

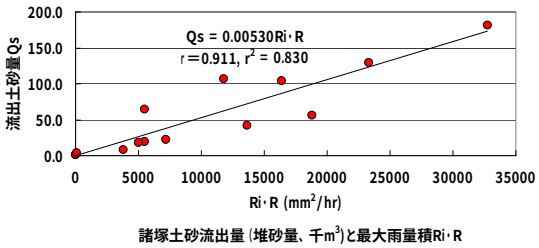


図３　時間雨量と総雨量の積 Ri・R と土砂流出量 Qs の関係の一例（諸塚ダム流域）

３．３　降雨量の増加とその影響の評価

次に降雨の経年変化を検討する。地球温暖化が原因かどうかは不明であるが、土砂流出量と同様、どのダムにおいても降雨量には長期（約 30 年間）の増加傾向が見られる（図４）。Kendall の順位相関解析では、総雨量の増加はほとんどの場所で有意であり、時間雨量でも有意なものが多く見られた。どちらにしても、増加傾向は明らかと思われる。また、周波数解析から地球規模の気象変動と同期する変動の周期性も見出された（久保田 2009）。

３．４　丹沢山地の事例

前述のように過去の大規模土砂生産状況と大規模降雨イベントなど流域の履歴が土砂流出変動に影響を与える結果が得られている（厚井他 2008）。中川

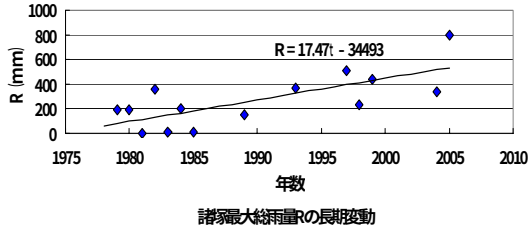


図４　耳川での雨量長期変動例（期間最大総雨量）

川の自己相関解析では雨量と土砂流出周期が重なるが、土砂流出長期流出に何らかの傾向は見られない。全般に、年間降雨量に増加傾向が見られるが、順位相関解析では有意な傾向は検出できない（図５）。

３．５　三重県宮川ダム流域の事例

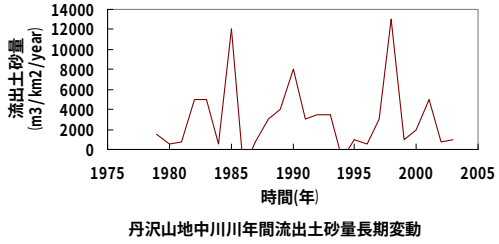
前述のように森林の伐採・植栽が土砂流出変動に影響を与える結果が得られている（今泉他　2005、黒岩他　2010）が、この事例では、土砂流出長期流出に明らかに増加傾向が見られる（ケンドールの順位相関解析では有意水準１％で有意）。一方で、年最大日雨量などには有意な増加傾向が見られない。従って、土砂流出量増加の原因は森林の伐採など森林形態の変化が原因と見られている。

３．６　その他の九州山口地域における事例

上記の耳川流域の他に九州・山口地方の国土交通省所管ダムの長期堆砂データを用いて、同様な解析を行ったが、どのダムにおいても年間堆砂量に長期増加の傾向は見られなかった。既往の研究（久保田 2009 など）によると、この地域の雨量には増加傾向が見られるので、やはり、流域の土砂生産履歴や森林伐採・植生状況などに影響され、雨量との直接的相関が明らかでないものと思われる（図６）。また、観測期間が短いので周波数解析を行うのに十分なデータはないが、変動周期を推定するために自己相関を求めると、ENSO（El Niño 南方振動）周期と一致するような 4 年周期が見られた（図６、下図）。

４．　結　論

通常では、長期の土砂流出は、時間と共に一定値になると考えられるが、流域の降雨・土砂生産履歴によりその状況が変わることもあり、長期変動は単純ではない。ただ、宮崎県耳川流域のように雨量の増加を受けて明確な増加傾向を見せる場合もあり、気候変動との関係では、降雨量増加に伴う土砂生産の増加があることが問題と思われる。一方で、土砂生産量強度は必ずしも年降水量の大きさだけで決まっているわけではなく、大規模土砂生産との関わりを想起させることから、流砂量の多寡へは渓流近傍への大量の不安定土砂の供給が大きな影響を与えている可能性があるといえる。この大量の不安定土砂供給源である深層崩壊に関しても、降雨量の増加に伴い、発生が多くなる可能性が示唆されている。



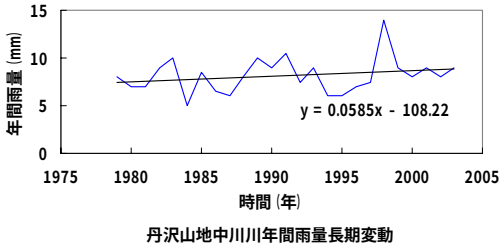


図５　比較としての丹沢山地における土砂流出などの長期変動の例（上は土砂流出、下は年間雨量）

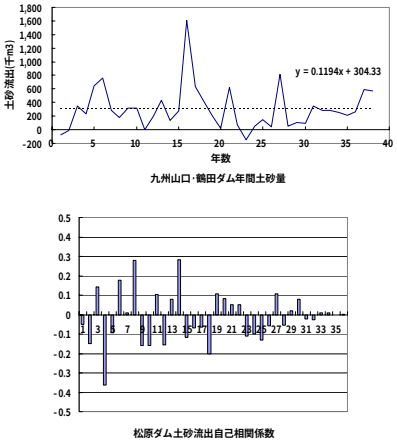


図６　他の九州山口代表例（上は土砂流出、下は自己相関で 4 年ごとに自己相関が高い：4 年周期）

引用・参考文献

厚井高志他（2008）：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、平成 20 年砂防学会研究発表会概要集、344-345。

今泉文寿他（2005）：山地流域における土砂生産と土砂流出の量的・時間的な関係、平成 17 年砂防学会研究発表会概要集、292-293。

岡野眞久他（2004）：ダム貯水池流入土砂量に基づく堆砂管理についての考察－土砂生産量強度マップの開発の事例－、ダム工学、Vol. 14、No.3、167‐176。

久保田哲也（2009）：気候変動に伴う九州における豪雨増加と土砂流出の変動、平成 21 年砂防学会研究発表会概要集、74-75。

久保田哲也（2010）：九州北部における気候変動に伴う雨量増加の崩壊発生に対する影響の事例解析、第 49 回地すべり学会研究発表概要集、144-145。

黒岩知恵他（2010）：三重県宮川ダム上流域における森林伐採や植栽と土砂生産との関係、平成 22 年砂防学会研究発表会概要集、552-553。