

森林伐採や植栽状況の相違を考慮した土砂生産予測に関する研究

アジア航測株式会社(信州大学総合工学系研究科) ○黒岩 知恵

信州大学農学部

平松 晋也・福山泰治郎

1. はじめに

近年、我が国では、森林の管理不足により無植栽地や未間伐地が増加しており、これらの影響を受けて流域の土砂生産形態も変化しつつある(例えば、黒岩・平松, 2010)。

本研究は、合理的な土砂生産予測手法を確立するための一助として、三重県宮川ダム上流域を対象とし、土砂生産(表層崩壊)の素因として「森林伐採や植栽状況」と「斜面勾配」に着目し、これらと崩壊との関係を長期的に把握することを目的とした。さらに、これらの指標に降雨量を加味した「崩壊面積率予測式」を新たに構築し、その適用性を検討した。

2. 対象流域の概要

本研究では、図-1に示すように、宮川ダム上流域内の4次谷以上の河川からなる8流域(①~⑧)を対象流域として抽出した。

2.1 自然環境

対象流域は日本有数の多雨地域であり、1965~2007年の年間総雨量と年最大日雨量の流域平均値は、それぞれ3,109mm/year, 344mm/dayである。地質は、8流域とも、主に秩父古生層の粘板岩・砂岩からなる。流域の地形は、垣外俣谷(②)において最も急峻で平均斜面勾配は32.4°であり、次いで、大和谷(①), 父ヶ谷(③), 宮川本川中流部(⑥)であり、これら3流域の平均斜面勾配は28°以上となっている。

2.2 荒廃状況

1965~2004年までの計9時期の空中写真を用いた崩壊地判読により、崩壊地は、父ヶ谷(③), 不動谷(④)および大和谷(①)に多く分布しており、累加崩壊面積率はそれぞれ1.42, 0.96, 0.92%であることが確認された(図-2)。また、大和谷(①)と父ヶ谷(③)では、近年土砂生産が活発化(崩壊が多発)している。

2.3 森林伐採や植栽状況

流域面積に対する伐採面積と無植栽面積の比率の経年変化を図-3に示す。図-3b)より、1980年代までは、全流域において森林伐採が行われていたが、近年は比較的アクセスのよい下流域の桑木谷(⑦)と宮川本川下流部(⑧)に伐採範囲が限定されていることがわかる。8流域の中で最も伐採が盛んに行われたのは父ヶ谷(③)であり、2004年までの累加伐採面積は660haと、流域の44%を占める。図-3a)より、森林伐採後の植栽は1970年代までは積極的に行われていたが、1980年代以降は衰退し、近年は無植栽地が急増していることがわかる。無植栽地は、父ヶ谷(③)と大杉谷(⑤)に多く分布しており、2004年時点の累加無植栽面積率はそれぞれ16, 10%である。

3. 斜面勾配と表層崩壊との関係

対象とした8流域における斜面勾配と崩壊面積率との関係をとりとまとめたところ、全流域において、両者の間には正の相関性が認められ、斜面勾配の増加に伴う崩壊面積率の増加具合は流域ごとに異なることが確認された。

上記事項を勘案し、流域の斜面勾配を30°以下, 30~35°, 35~40°, 40~45°, 45°以上に5区分し、各区分に対して崩壊危険度の重みを与えて、斜面勾配と1965年から2004年までの累加崩壊面積率との関係をとりとまとめたものを図-4に示す。図中の斜面勾配指標は、斜面勾配5区分ごとに、流域面積に対する面積割合を算出し、この面積割合に崩壊危険度の重みづけである上記の点数を乗じて、これらを合計することにより算出した。図-4より、両者の間には正の相関性が認められ、斜面勾配指標の増加とともに、崩壊面積率も増加傾向を示していることがわかる。

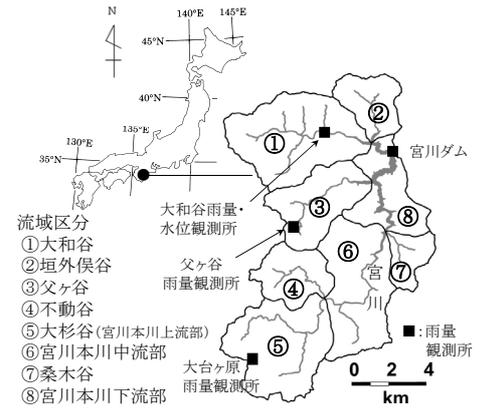


図-1 対象流域の位置

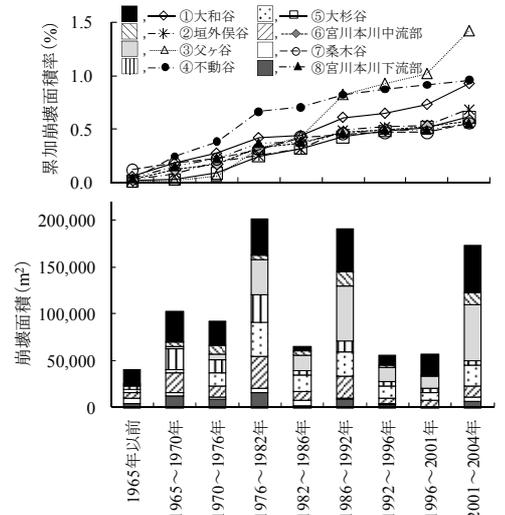


図-2 崩壊面積・累加崩壊面積率の推移

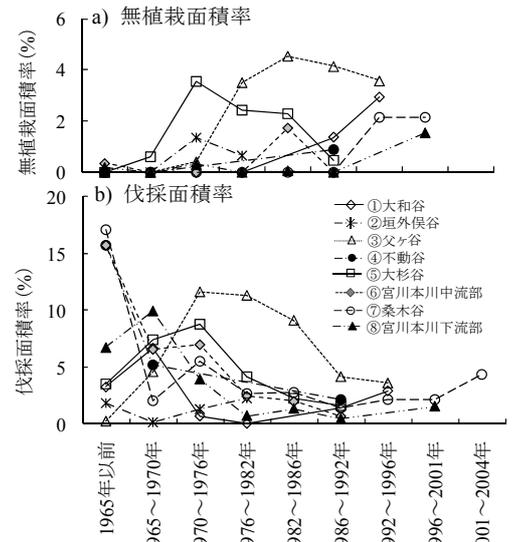


図-3 伐採面積率・無植栽面積率の推移

しかしながら、父ヶ谷 (③) では、斜面勾配指標に対して、累加崩壊面積率が 1.42%と極端に大きな値を示した理由としては、同流域の無植栽地が 8 流域の中で最も多いことから、森林伐採後に無植栽のまま放置された斜面の不安定化による影響が挙げられる。また、垣外俣谷 (②) では、斜面勾配指標は 2.2 と最大値を示しているが、累加崩壊面積率は 0.68%と低くなったのは、同流域では現地確認により露岩が多数確認されたことから、潜在的な崩壊斜面が少なかったためであると考えられる。

#### 4. 森林伐採や植栽と表層崩壊との関係

既往研究 (黒岩・平松, 2004) により、宮川ダム上流域を対象として構築された「植栽の有無を指標とした斜面安定性変動予測モデル」を用いて、“森林伐採や植栽の影響による流域の崩壊危険度：崩壊可能面積率指標 APhr(t)%”を算出し、APhr(t)と崩壊面積率との関係を取りまとめたものを図-5 に示す。

図-5 より、各流域ともに APhr(t)と崩壊面積率との間には正の相関性が認められる。また、父ヶ谷 (③) では、8 流域の中で唯一 APhr(t)が 20%以上を示し、当該流域の崩壊は、他の 7 流域に比べて森林伐採や植栽状況に強く支配されていることがうかがえる。

#### 5. 流域の立地環境を指標とした崩壊面積率予測

表層崩壊 (崩壊面積率) の素因として、斜面勾配 (図-4) と森林伐採や植栽状況 (APhr(t)%；図-5) を、誘因として降雨量 (年最大日雨量：Rd(mm/day)、年最大日雨量記録日の最大時間雨量：Rh(mm/hr)) を抽出し、重回帰分析を行うことにより、新たに「崩壊面積率予測式」を導出した。各流域の崩壊面積率：s/a(%)は、(1)式で近似可能となる。

$$s/a = 4.87 \cdot 10^{-4} \times (Rd - 325)^{0.2} \times Rh^{0.61} \times e^{0.085 \cdot APhr(t)} \times I^{1.434} \dots (1)$$

(1)式による崩壊面積率の再現計算結果を示す図-6 より、若干過少評価される傾向が見受けられるものの、実績値と計算値は概ね同値を示していることがわかる。しかしながら、父ヶ谷 (③) における 1992～1996 年の計算崩壊面積率は、実績値の 3 倍を示す結果となったが、これは、当該期間には、流域の立地環境の変化に伴って崩壊危険度が高まっていたものの、実際には、これより前の 1986～1992 年に流域内の不安定箇所が崩壊したことから (図-2)、実績崩壊面積率は 0.10%と低くなったものと考えられる。

図-7 は、1961 年から 2004 年までの期間を対象として、崩壊面積率予測式：(1)式により算出した①～⑧の 8 流域の崩壊面積を合計して得られた宮川ダム上流域の崩壊面積 (計算値) の経年変化を取りまとめたものである。図中には、森林伐採や植栽状況と年最大日雨量を指標とした既往予測式 (黒岩・平松, 2004) による計算崩壊面積も併記した。図-7 より、今回提示した斜面勾配の影響を加味した(1)式は、既往予測式よりも再現精度が向上し、崩壊が多発した 1979 年と 1990 年の 2 時期には既往予測式と同様にその再現精度が若干劣るものの、過去 40 年以上もの長期間にわたる崩壊現象の増減傾向を精度よく再現していることがわかる。

#### 6. おわりに

今後、本研究により提示した崩壊面積率予測式の再現精度や汎用性を向上させるためには、崩壊面積率ならびに降雨量・斜面勾配・森林伐採や植栽状況などのより詳細なデータを取得し、予測式に反映させていく必要がある。また、今後は、流域の土砂生産域から土砂流出の場へと視野を広げ、本研究で有用性が確認された崩壊面積率予測式と河床変動計算とをリンクすることにより、流域の立地環境を考慮した流出土砂量 (ダム堆砂量) の再現・将来予測を試みる予定である。

最後になりましたが、本研究に際し、三重県松阪建設事務所宮川ダム管理室より資料提供いただきました。ここに記して謝意を表します。

#### <参考文献>

- 黒岩知恵・平松晋也 (2004)：森林伐採や植栽を指標とした崩壊面積予測手法に関する研究，砂防学会誌 vol.57, No.2, p.16-26
- 黒岩知恵・平松晋也 (2010)：三重県宮川ダム上流域における 2004 年台風 21 号による土砂生産に関する一考察，砂防学会誌 vol.63, No.4, p.16-21

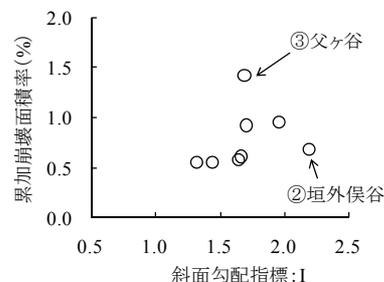


図-4 斜面勾配と累加崩壊面積率との関係

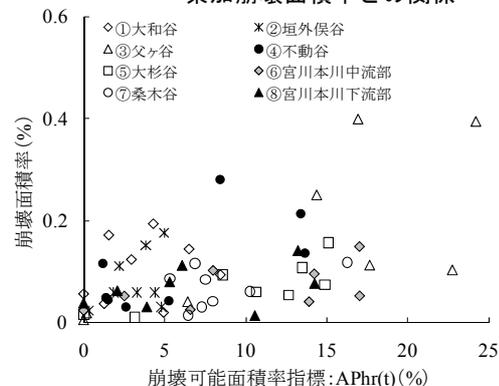


図-5 APhr (t) と崩壊面積率との関係

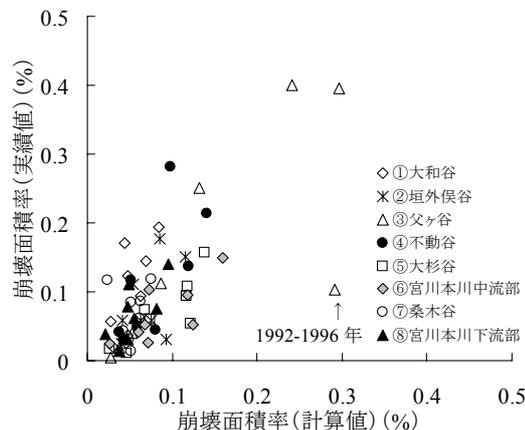


図-6 崩壊面積率の再現計算結果

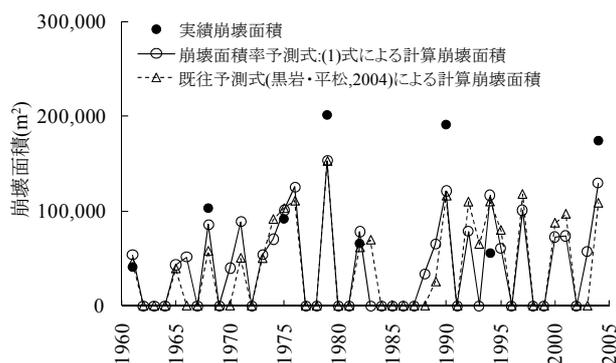


図-7 宮川ダム上流域の崩壊面積の再現計算結果