

6 崩壊地の履歴と発生について

財団法人 砂防地すべり技術センター ○安養寺信夫
鹿 児 島 県 土 木 部 砂 防 課 矢 澤 昭 夫
建設省 土木研究所 砂防研究室 水山 高久

1. はじめに

砂防計画における生産土砂量の予測は、災害発生の主原因となる流出土砂量推定の前提となるもので重要である。土砂の生産はその位置から山腹崩壊、溪岸崩壊、河道侵食などに区分される。これを予測するためには生産場の条件と発生外力の規模や頻度などとの関係を知る必要がある。しかし、土砂生産、移動現象の生起は稀であるため具体的な資料に乏しく、これらの間の明瞭な関係を見出すことは困難である。これまで、崩壊を雨量のみ、または雨量と地形条件から推定することが一般的で崩壊地の履歴が考慮されたことは少なかった。筆者らは同一流域における崩壊発生には降雨などの外力のほかに、崩壊発生場の地形条件と発生履歴が関連すると想定し、天竜川上流小渋川流域を具体例として崩壊資料を検討したので報告する。

2. 崩壊の発生状況

天竜川上流域では昭和36年、57年、58年に大雨による災害が発生した。これらの大雨による崩壊発生状況は空中写真判読によって調査されている¹⁾²⁾。各災害時の総雨量は昭和36年が450~575mm、昭和57年が100~270mm、58年は270~360mmであった。なお、昭和45年にも総雨量370mm程度の降雨があったが崩壊調査はなされていない。

昭和36年災害は小渋川中下流部の鹿塩川、四徳川に集中して崩壊が多発し、領家カコウ岩の分布する四徳川流域では2次流域の崩壊地面積率 C_2 （崩壊地面積/流域面積%）が20%を超えるケースもあり、降雨による崩壊としてはかなり大きな値である。昭和57、58年災害は連年にわたるものであったが、36年と比較して降雨量が少ないこともあり2次流域の C_2 が10%を超えるものはない（図-2）。

打荻³⁾、吉松⁴⁾によると崩壊地面積率は、崩壊有効雨量（総雨量と崩壊無効雨量の差）の n 乗（ $n = 1.5$ or 2 ）に比例する。

$$C_2 = K \cdot (R - r_c)^n \quad (1)$$

ここに、 K ；定数（吉松はこれに起伏量比 R_r を加えた）、 R ；ひと雨総雨量、 r_c ；崩壊無効雨量（mm）である。彼等は昭和36年災害の資料も取り扱っているが、全流域を総括しているため平均化した

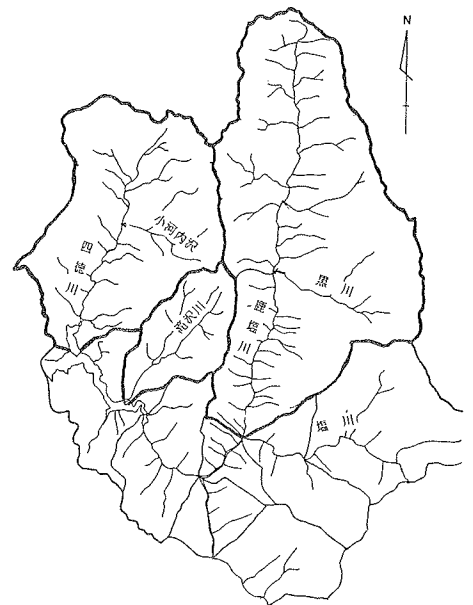


図-1 調査流域位置

結果から(1)式の関係を導いている。ここで取り扱った四徳川、滝沢、鹿塩川流域に限ってみれば、各災害時を通して降雨量と C_2 には一定の比例関係はなさそうである(図-3)。小渋川全流域の平均でみると(図-4)、概略の傾向として C_2 は降雨量のほぼ二乗に比例しているようにみえる。図-3、4に示した C_2 は継続部分も含む全崩壊面積率を表わし、 C_3 は当該降雨によって発生した新規・拡大崩壊地面積率を表わしている。砂防計画において崩壊生産土砂量を扱う際には当然 C_3 を予測することになるが、 C_3 は降雨量に対して単純な増加関数にはなっていない。これらから崩壊生産土砂量を推定するためには、外力としての降雨量以外の要因を考慮する必要があると考えられる。

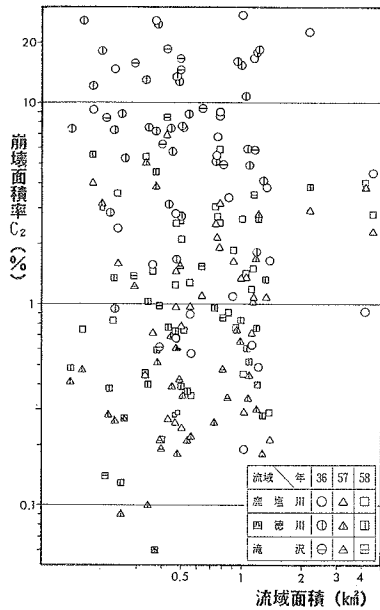
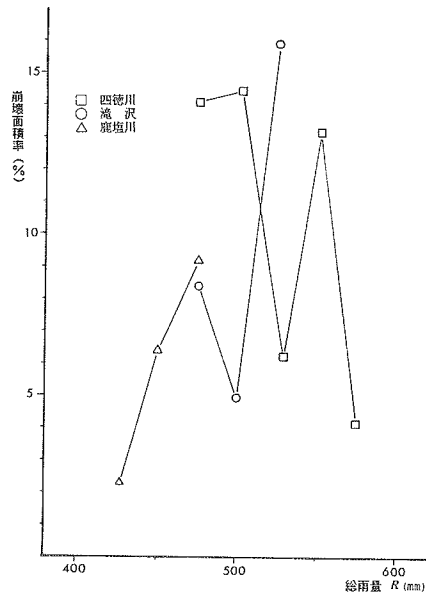
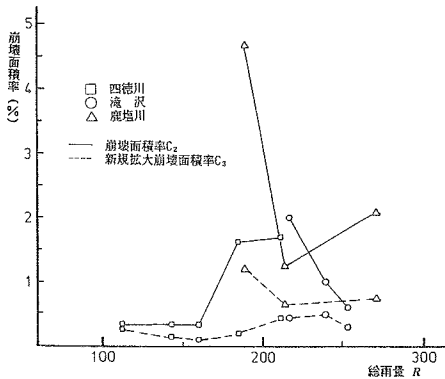


図-2 各災害時の崩壊面積率 C_2

(1) 昭和36年災害



(2) 昭和57年災害



(3) 昭和58年災害

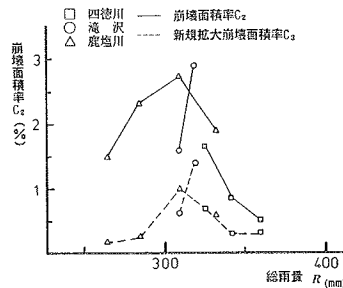


図-3 各災害ごとの雨量Rと崩壊面積率 C_2 の関係

3. 履歴を考慮した予測の概念

豪雨性山腹崩壊の発生は、外力である降雨量（総降雨量，最大降雨強度，降雨継続時間など）に強く関係している。ひと雨による平均的な C_2 は降雨量の増加関数として捉えられるが、個々の流域ごとの C_2 の相違は説明できない。詳細には地質や地形の相違による表土層の発達程度の違いや斜面傾斜などを考慮する必要があるが、流域ごとに崩壊ポテンシャルの変化が異なると仮定すると、同程度の降雨量に対する C_2 のバラツキを説明できる。

小洪川の資料をみると、昭和36年災害後約20年間は崩壊を発生させるような降雨が無く

全体として崩壊地面積は縮小傾向にあった。そこへ、57年、58年に連続して豪雨が発生したが、58年よりも降雨量の少なかった57年においてある程度の崩壊が生じ、崩壊ポテンシャルが低下したため、58年には降雨量に対してさほど大きな崩壊が発生しなかったと考えられる。図-5(1)において降雨量100~200mm(57年)から300mm(58年)、450~550mm(36年)と雨量の増加に伴って C_2 が増加しているが、58年の降雨に対しては C_2 が小さい傾向がある。すなわち、前年の災害がなければ58年の降雨によって実際以上の崩壊が発生し C_2 を引き上げたと考えられる。いま、58年の降雨に対する C_2 は前年の C_2 の影響を受けていると仮定し、 $C_2'(58) = C_2(57) + C_2(58)$ として補正すると図-5(2)のようになる。図のようにRに対して C_2 は直線とならず、豪雨に対する崩壊発生率には限界があるとする、降雨に対する崩壊面積率ポテンシャルは例えば次式のロジスティックカーブのような形になると推察される。

$$C_2 = (b + \exp(-aR))^{-1} \quad (2)$$

ただし、 a 、 b は係数でRは降雨量の関数である。

つぎに、2次流域ごとの崩壊地の縮小率をみる。図-6に示したのは鹿塩川の一部であるが、図中に減少直線で表した傾きを全資料について調べると、無変化のものを除いて昭和36~52年、52~57年、57~58年の各時期ごとに2つのパターンがありそれぞれの平均値は各時期ともに近似した値となった。 $C_2 = b \cdot 10^{aR}$ の形で図の傾きを表す $a = -(0.045 \sim 0.058)$ と $a = -(0.109 \sim 0.158)$ の2つである。このことは地質条件や気象条件が同程度の地域内では崩壊地面積の縮小率はほぼ一定になることを示していると考えられる。ただし、崩壊地の復旧あるいは縮小をどのように定義づけるかは崩壊の定義と併せて検討課題である。また、36年に大きな C_2 となった流域ではその後の変化率が小さく、逆に C_2 が小さかった流域では57年58年には降雨量が小さいが変化率が大きくなっている(図-7)。これは、斜面における崩壊ポテンシャルの変化を表していると考えられ、このような履歴を探ることが崩壊の免疫性の問題に関する一つの手掛りになると考えられる。

これらから、履歴を考慮した崩壊面積率の予測は基本的に次式のような形をとると考えられる。

$$C_2(t) = C_P(R(t)) - C_2(t_0) + r(t) \quad (3)$$

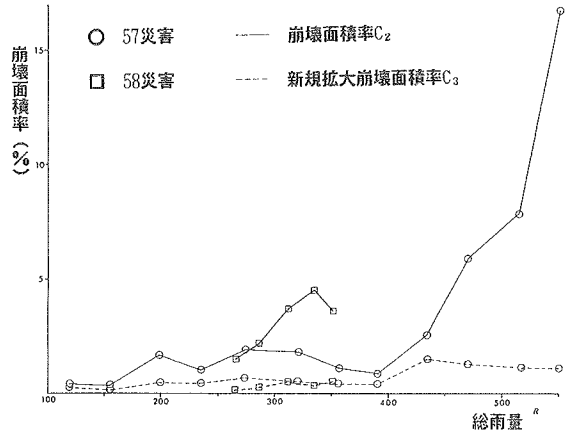


図-4 小洪川全流域のRと C_2 の関係

ただし、 $C_p(R(t))$ は降雨関数 $R(t)$ に対する崩壊ポテンシャルを示し、(2)式のような形が例として考えられる。 t は時間で初期値 t_0 からの経過年数を表す。 $r(t)$ は崩壊地の縮小率を示す。

以上のように豪雨による崩壊発生予測は過去の崩壊履歴を検討し、それを考慮した外力に対する崩壊面積率を考えることにより小流域ごとの予測に有効と考えられる。今回は1地域のみ事例解析であり、まだ詳細に検討すべき余地が多くあるため今後さらに研究を進めたい。

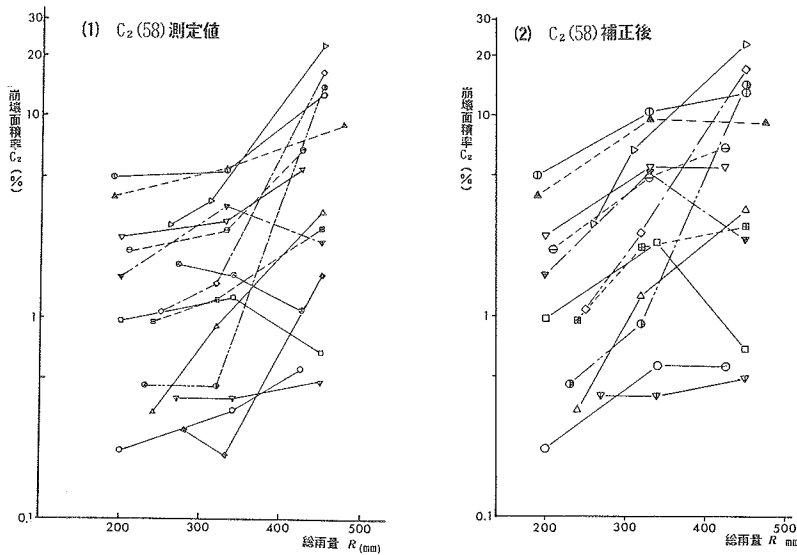


図-5 2次流域ごとのRとC₂の関係 鹿塩川

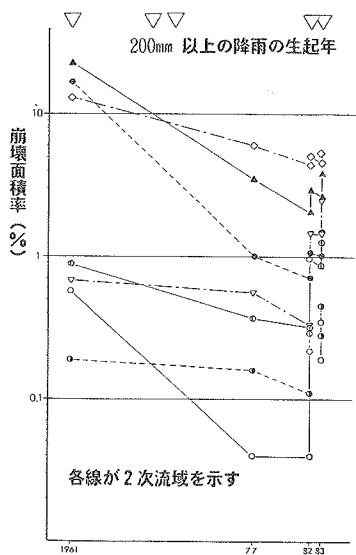


図-6 2次流域の崩壊面積率時系列

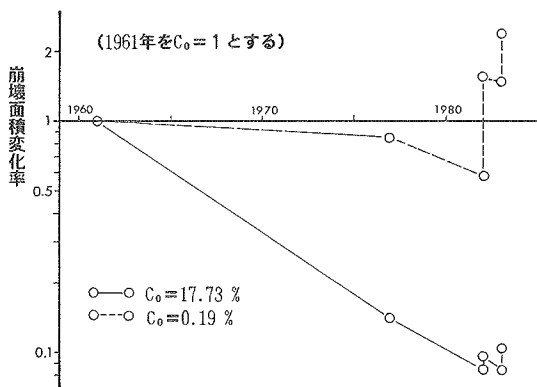


図-7 崩壊面積の時系列変化率

参考文献) 1) 村野; 土研報告130, 1967, 2) 天竜川上流工事事務所; 小洪川土砂動態調査報告書, 1986
3) 打荻; 新砂防79, 1971, 4) 吉松; 新砂防102, 1977