

土砂生産量推算式の特性の検討

岐阜大学工学部 正員 河村 三郎
 岐阜大学工学部 正員 中谷 剛
 岐阜大学大学院 学生員 ○加藤 雅史

1. はじめに 著者らは、土砂水理学的に求められた河村の式¹⁾を用い、画像解析装置を利用し、山地流域からの土砂生産量を推算する試みを行ってきた。現地への適用から、河村の式を使用した現在の手法で、ある程度、土砂生産量の推算が可能であることを確かめている^{2), 3), 4)}。現在の手法における画像解析装置は、土砂生産現象の重要な因子である、裸地面積を航空写真から求めるために利用している。しかし、コンピューター内で多数の航空写真を包括することが困難であるため、裸地部分のみを取り出す作業が必要である。この画像処理用の資料作成に多大な時間と労力を費やさなければならない。そのため、現在の画像解析の手法を改良し、時間の短縮と作業の省力化を行い、航空写真から直接多数の情報を得、生産土砂量を推算することができるシステムを考案する必要がある。しかし、システム化を行うには現在の計算手法の改良を行わなければならない。本研究はシステム化を行うにあたり、適合性の確認されている土砂生産の推算式である河村の式の特性を明らかにするものである。

2. 土砂生産量の推算式 河村は流砂に関する運動方程式と連続式、降雨を伴う雨水流の運動方程式と連続式、及び降雨を伴う雨水流の境界せん断応力の式から解析的に求めた次式^{1), 2)}を提案した。

$$E_v = \frac{476}{d} \frac{C_a C_e}{q^{1.5/8} L^{3/8} S_0^{3/2}} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 E_v : 単位時間単位面積当りの容積侵食量($m^3/sec/m^2$)、 C_a : 裸地面積率(裸地部分の面積/全面積)、 C_e : 侵食性係数、 q : 斜面上への降雨流入量、 L : 斜面長(m)、 d : 平均粒径(mm)、 S_0 : 斜面勾配、である。 q は降雨強度を i (mm/hr)、裸地斜面の流出係数を f とすると次式で与えることができる。

$$q = 2.778 f i \times 10^{-7} \quad (m^3/sec/m^2) \quad \text{----- (2)}$$

侵食された土の単位体積重量を W_s (Kgf/m^3)とし、式(1)に式(2)を代入すると、侵食量 E_i (Kgf/m^2)は次式ようになる。

$$E_i = \frac{8.73 \times 10^{-7}}{d} \frac{C_a C_e W_s}{(f i)^{1.5/8} L^{3/8} S_0^{3/2}} \quad \text{----- (3)}$$

式(3)は、a): 連続降雨毎の降雨量とそれらの継続時間が与えられている場合、b): 年総降雨量と総降雨継続時間が与えられている場合で計算が異なる。a): 式(3)によって、各降雨に対する降雨継続時間 t_j (hr)について E_{ij} ($Kgf/hr/m^2$)を計算する。単位面積当りの侵食量 E_{it} (Kgf/m^2)は次式によって計算する。

$$E_{it} = \sum E_{ij} \left(\frac{t_j}{2} \right) \quad (j=1, 2, 3, \dots) \quad \text{----- (4)}$$

b): 年総降雨量 R (mm)と総降雨継続時間 t (hr)を与え、 $i = R/(t/2)$ によって年平均降雨強度を計算する。式(3)によって E_i ($Kgf/hr/m^2$)を計算する。単位面積当りの年侵食量 E_{iy} ($Kgf/year/m^2$)は次式によって与える。

$$E_{iy} = E_i (t/2) \quad \text{----- (5)}$$

3. 推算式の特性 ①河村の式の係数の影響 式(3)の係数をそれぞれ、0～2倍まで変化させたときの生産土砂量の変化の割合を図-1に示した。流出係数 f 、降雨強度 i 、斜面勾配 S_0 の変化率が大きく、これらの係数の変化で生産土砂量は大きく影響される。②降雨に対する計算方法の違いによる影響 今、式(4)によって求めた生産土砂量を A 、式(5)によって求めた生産土砂量を B とする。それぞれの方法によって求めた土砂量 A 、 B と年総降雨量、年平均降雨強度、及び A/B の経年変化を示したのが図-2である。生産土砂量と年総降雨量の増減については相関がありそうであるが、その増減率には大きな開きがある。 A/B の値も年によって変化があり、二つの計算方法のどちらがよい結果を与えるかは明確ではない。③降雨の傾向による推算値の影響 生産土砂量が年間の降雨パターンによって、どのような変化があるかを示したのが図-3である。降雨強度が10(mm/hr)以下の降雨では土砂生産がほとんど行われていない。年平均降雨強度の累加降雨量が60%前後のときに A と B の値が一致している場合が多い。しかし、この結果だけでは生産土砂量を、降雨の傾向によって特徴付けることはできない。④斜面勾配、及び斜面長の分布による特性 実際の斜面においては、斜面勾配も斜面長もある広がりを持って分布していると考えられる。今、斜面勾配、斜面長が正規分布に従って分布していると仮定し、平均値を中心に勾配の緩急、斜面長の長短の分布特性により、推算値に対する影響を示したのが図-4、5である。斜面勾配は45°を平均として25°～65°までを考慮した場合でも増加率は1.7%、斜面長においても50mを平均として10m～90mを考慮しても減少率は2.1%であり大きな変化は見られない。ただし、以上の計算に用いたデータは以下のようである。対象流域: 大井川水系又川流域、流域面積 A :

13.66Km²、降雨データ：昭和44年～58年の寸又ロケット雨量計の記録、裸地面積率 C_a ：0.032564、斜面勾配 S_o ：45°、斜面長 L ：50m、土の単位体積重量 W_s ：2660(Kgf/m³)、侵食性係数 C_E ：この地域は風化の進んだ花こう岩地域で $C_E/d=10$ とする。

4. 考察、及び今後の課題 山地流域における斜面侵食の土砂生産は、降雨強度、流出係数、斜面勾配が重要な因子である。そのため降雨と土砂生産量の関係を調べたが、その関係をうまくあらわすことはできなかった。斜面勾配、斜面長の分布による土砂生産量への影響は、分布の形が平均値を中心として分布している場合は、その分布特性を考慮しても生産土砂量に大きな変化はなく、今後の計算では平均値で計算してよいといえる。今後、システム化を進めるには、土砂生産量の推算式の改良を含め、さらに多くの降雨データを解析し、降雨の特性と土砂生産量に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

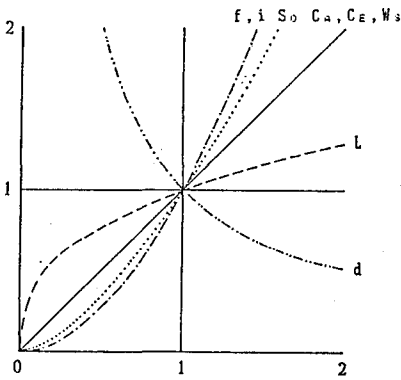


図-1 河村の式の係数の影響

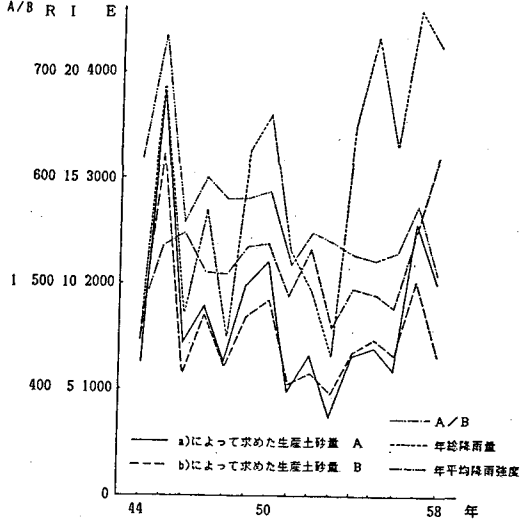


図-2 降雨と生産土砂量の経年変化

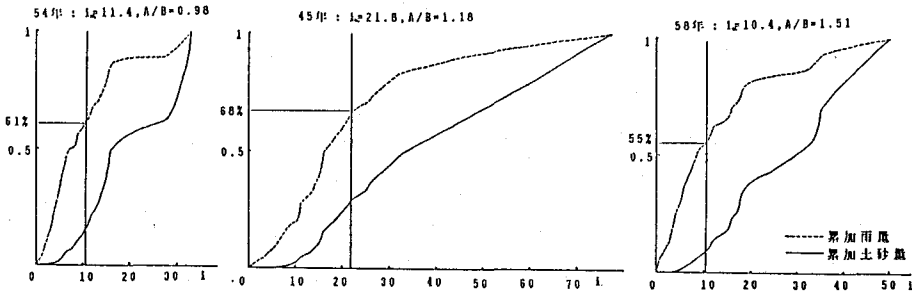


図-3 降雨強度に対する累加雨量と累加土砂量

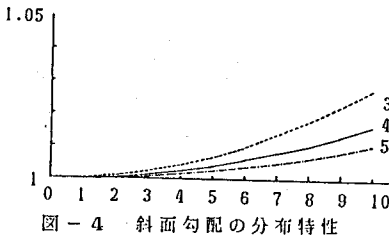


図-4 斜面勾配の分布特性

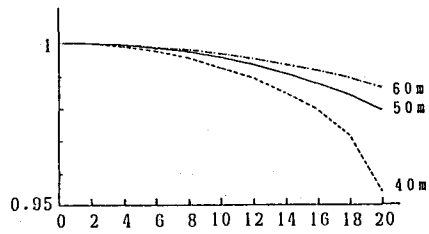


図-5 斜面長の分布特性

参考文献 1)Komura Saburo;Hydraulics of Slope Erosion by Overland Flow,ASCE HY-10,1976,pp.1573-1586.2)河村三郎；斜面侵食量の一推定法，第37回年次学術講演会概要集，1982,pp.483-484. 3)河村三郎；山地流域の土砂生産量の推算，水工学シリーズ 84-A-4, 1984.4)河村三郎，加藤雅史；画像解析による土砂生産量の計算法に関する研究，土木学会中部支部講演概要集II-29,1986.