

岐阜大学工学部 正会員 河村 三郎

岐阜大学工学部 学生員 ○加藤 雅史

1・緒言 本研究は、すでに発表¹⁾されている斜面侵食量の計算法を使用して山地流域の生産土砂量を推算する手法を研究したものであって、各地の流域に適用して、その適合性を調査している。

2・斜面侵食の計算法^{1),2)} 斜面侵食の計算法としては、これまでに多くの式が提案されているが、土砂水理学的観点から研究された式は非常に少なく、ほとんどの式が実験データや回帰分析によるものである。ここでは、土砂水理学的観点から得られた次式を使用する。

$E_v = (4.76 C_n C_e / d) q_i^{1.5} L^{0.7} S^{0.2} \dots (1)$ ここに、 E_v ：単位時間単位面積当りの容積侵食量 ($m^3/s/m^2$)、 C_n ：裸地面積率 (= 裸地部分の面積 / 全面積)、 C_e ：侵食性係数、 q_i ：斜面上への降雨流入量、 L ：斜面長(m)、 d ：平均粒径(mm)、 S ：斜面勾配、である。 q_i は降雨強度を i (mm/hr)、裸地斜面の流出係数を f とすると、

$q_i = 2.778 f i * 10^{-7} (m^3/s/m^2) \dots (2)$ で与えることができる。侵食された土の単位重量を W_s (kgf/ m^3) とし、式(2)を代入すると、侵食量 E_s (kgf/hr/ m^2) は

$E_s = (8.73 * 10^{-7} C_n C_e W_s / d) (f i)^{1.5} L^{0.7} S^{0.2} \dots (3)$ となる。 W_s を (N/m^3) 単位とするとときは、 E_s は ($N/hr/m^2$) 単位となる。この式を実際斜面に適用するとき、特に問題となるのは、侵食性係数 C_e の与え方である。

(a) 流域斜面の表層土が d_{50} (50% 粒径) $< 1mm$ であるような場合については次式で与える。

$$C_e = 0.17 C_n (1 + 3.67 R_d) / (CR / DR) : CR / DR > 0.0425 \dots (4)$$

$$C_e = 4 C_n (1 + 3.67 R_d) : CR / DR \leq 0.0425 \dots (5)$$

ここに、 C_n ：土の締固め係数 (盛土斜面で締固めしないとき、及び休耕中の畑などでは、 $C_n = 1.5$ 、締固めしたときは $C_n = 1.0$ 、切土斜面のときは $C_n = 0.5$ とする)。リル密度 (R_d) は、次式で定義する。 $R_d = n B_r / B \dots (6)$ ここに、 B ：斜面幅、 B_r ：リル流路一本の平均幅、 n ：斜面幅 B 中のリル流路の本数である。分散比 (DR) と粘土比 (CR) は、それぞれ次式で与えられる。

$$DR = Suspension(\%) / (Silt(\%) + Clay(\%)) \dots (7)$$

$$CR = Clay(\%) / (Sand(\%) + Silt(\%)) \dots (8)$$

(b) 流域斜面の表層土が $d_{50} \geq 1mm$ では表-1に示した C_e/d の表から C_e/d の値を与える。

3・降雨強度と流出係数との関係 流出係数 f は、実験斜面のデータから得られた次式を使用する。

$$f = 0.05 i : i < 10 \text{ mm/hr} \dots (9)$$

$$f = 1 - 0.89 i^{-0.22} : i \geq 10 \text{ mm/hr} \dots (10)$$

4・裸地・崩壊地面積の算出 裸地・崩壊地面積は、図-1のような画像解析システムを使用して求める。画像資料は航空写真である。

5・侵食土砂量の計算手順 降雨毎の降雨強度とその頻度を使用して、

単位面積当り ($1m^2$) の侵食量 E_{sj} (kgf/ m^2) を次式によって計算する。

$$E_{sj} = \sum_{j=1}^n E_{sj} (t_j / 2) \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n) \dots (11)$$

全侵食量 $E_{s \dots}$ (kgf) は、次式によって与える。

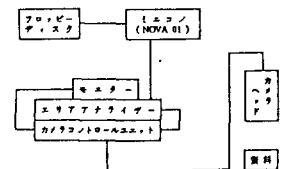


図-1 画像解析システムの構成

$E_{1,2,3,\dots,j} = A \cdot E_{1,2,3,\dots,j} = A \sum_{j=1}^n E_{1,2,3,\dots,j} (t_j / 2) \dots (12)$ ここに、A：斜面の全面積(m²)。

G・区分流域の平均傾斜角と崩壊地の平均傾斜角 流域

の平均傾斜角を求める方法としては、寺田法、松井法などが使用されている。ここでは、寺田法を使用する。最初に、地形図上に適当な大きさの方眼を描き、この方眼に内接する半径rの円に含まれる等高線の本数nを方眼ごとに計測する。次に、次式を使用して方眼内の傾斜角を計算する。 $\theta = \tan^{-1} (n \Delta h / 2r) \dots (13)$ ここに、 Δh ：地形図上のとなりあう等高線間の高度差。この式で求めた傾斜角の流域平均値がその流域内の平均傾斜角である。

この解析では、1/50,000の地形図を使用し、方眼の大きさは1cm×1cmとしている。したがって、 $r = 250\text{m}$ $\Delta h = 20\text{m}$ なので式(13)は、

$\theta = \tan^{-1} (n / 25) \dots (14)$ となる。この式を使用して流域の平均傾斜角を求める。裸値と崩壊地は、いずれも斜面長を $L = 50\text{m}$ とし、崩壊地の平均傾斜角は、

流域の平均傾斜角+傾斜角分布の標準偏差に近似的に等しいので、

崩壊地の平均傾斜角 = $\bar{\theta} + S \dots (15)$ とする。

7・河川への供給土砂量 河川への供給土砂量は次式によって計算する。

区分流域末端での土砂量 = 区分流域内の生産土砂量×区分流域末端における流達率(%) / 100 $\dots (16)$

なお、流達率の計算式としては、M a n e r の曲線を使用する。 $SDR(\%) = 62 A^{-0.14} \dots (17)$

ここに、SDR(%)：流達率、A：流域面積(km²)。この式は、満砂状態のダム群流域や砂防ダム群を有する山地流域によく適合するといわれている。ダムの無い急勾配河道を有する流域では、

$SDR(\%) = 81 A^{-0.14} \dots (18)$ としてよい。

8・大井川水系寸又川流域の例 寸又川流域を千頭ダム流域、大間ダム流域、寸又川ダム流域に区分し、さらに各ダム流域内を数個の小流域に区分し、前述の計算手法を使用して求めた年平均生産土砂量(m³/yr/km²)の経年変化は、

図-2のようである。なお、寸又川流域は、砂岩・頁岩及びそれぞれの互層で、一部にはチャート・緑色岩が含まれているので、表-1により $C_e/d = 10$ とした。

文献

1) Komura, S., "Hydraulics of Slope Erosion by Overland Flow" Proc, ASCE, No. HY10, 1976.

2) 河村, "山地流域の土砂生産量の推算", 水工学シリーズ(84-A-4) 1984.

表-1 C_e/d の概略値

岩石種	岩質上の性質	風化の程度	C_e/d の概略値
火山れき凝灰岩	半固結～未固結	——	1.5
グリーン・タフ、流紋岩	固結し、柱状～不規則な節理を有する	——	0.10
花こう岩類	硬質節理体	——	15.0
花こう岩類	破砕組織を有する	——	50.0
	熱水変質を受けたもの	——	15.0
	硬質節理体	——	10.0
古生層堆積岩	硬質節理体、頁岩とチャートは割離性あり	低	2.5
		高	7.5
安山岩	硬質節理体～角れき状	低	0.1
		高	0.15
中生層堆積岩	硬質節理体、頁岩は割離性がある	低	0.7
		高	1.0
中生代～古第三紀 粘板岩・砂岩互層	片状中硬質岩体、片理面は割離性に富む	低	5.0
		高	10.0
中生代～古第三紀 頁岩・砂岩互層 (一部チャート・緑色岩)	中硬質層状岩体 層理面は割離性あり	低	10.0
		高	20.0

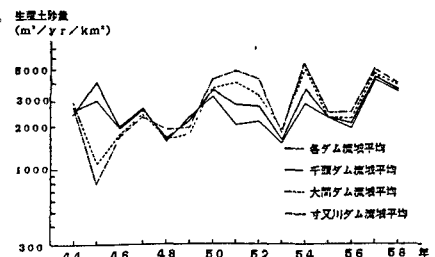


図-2 年平均生産土砂量の経年変化 (昭和40, 51, 59年の航空写真による平均)