

小区画降雨-流出試験結果の検討

*山本 博(農研機構 近中四農研)

1. はじめに

降雨にともなう土壌の侵食については土壌の削剥と流出の研究が、1930年代より小区画での降雨-流出試験を通して多方面から進められてきたが、統一的理解が得られているわけではない。侵食作用としての雨滴と水流について、区画内での働き方についてもよくわかってはいない。これは、降雨-流出現象の雨水の排出に基づいた検討が不十分なためと思われる。そこで、本稿では小区画での降雨-流出試験の既往の測定データをもとに水文学的に現象の解明を試みる。

降雨-流出試験に用いられる小区画 plot の形態について、Fig. 1 のように定義する。区画の水平距離を水平長 L 、傾斜方向の距離を斜面長 L_s 、区画の幅、高さをそれぞれ W 、 H とし、勾配を $S=\tan$ とする。ここに θ は傾斜角。地表面には細かく見ると土壌塊のつくる凹凸による一連の階段上の形態がある。この平均的な高さを h とすると、区画斜面は段の平均長さ l とする小ステップで構成される。

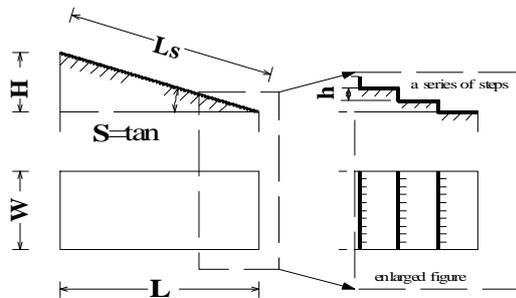


Fig. 1 降雨-流出試験に用いられる小区画の形態。

2. 方法

1) データ: 既往のそれぞれの測定試験に用いられた小区画斜面の形態、土壌の土性、母材、降雨条件を Table 1 にまとめる。斜面長は 3~20m、幅は 0.3~8m、勾配は 0.02~0.45 の範囲で 1 ないし 4 つの段階に設定した例をとり上げた。土性は HC から SL の広い範囲にわたる。降雨は人工降雨による試験と自然条件下での試験の両方がある。

2) 用いた水文量: 測定データから、降雨量 P (mm)、降雨強度 i (mm h^{-1})、流出水量 R (mm)、流出強度 r

(mm h^{-1})、流出率 f 、流量 Q ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)、流出水のストリームパワー ($\text{J m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、および単位幅あたりの土砂流出量 q_s ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$) 水文量を整理、または算出した。

Table 1 試験条件。

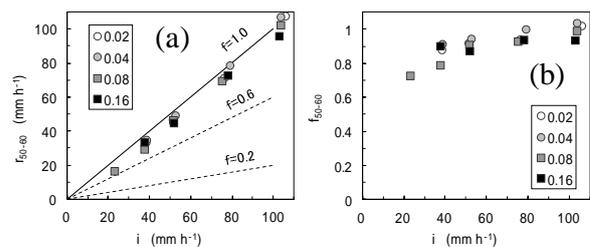
Experiment number	Slope form			Soil texture*	Parent material	Rain-fall***	Data source
	L_s	W	S				
1	3.7	1.11	0.02, 0.04, 0.08, 0.16	SiL		A	Neal(1938)
2	3	1	0.09, 0.18, 0.27, 0.36	L-SL	Volcanic ash	A	佐久間・岡部(1966)
3	3	1	0.09, 0.18, 0.27, 0.36	LC-SiC	Silt stone	A	佐久間・岡部(1966)
4	1.2	0.5	0.18	SiL	Volcanic ash	A	山本ほか(2002)
5	20	2	0.45	HC	Shale	N	種田(1950, 1951), 種田・五十崎(1953)
6	19.8	6	0.45	CL**	Phyllite**	N	Holy & Vaska(1970)
7	11.5	8	0.18, 0.25, 0.35, 0.44	SL	Granite	N	山本ほか(1995)

* 国際法による, ** 私信, *** A:人工降雨, N:自然降雨

3. 結果および考察

1) 降雨強度の増大に伴う流出強度、および流出率の変化:

降雨強度 i と流出強度 r の関係の例を Fig. 2(a) に示す。この図で流出率が 0.9 程度の大きな値をしめすことがわかる。(b) 図の降雨強度 i と流出率 f の関係では、小さい降雨強度で流出率が低下することがわかる。

Fig. 2 降雨強度と流出強度、および流出率の関係。Neal(1938)の例。勾配 S ごとに記号を変えてある。

重填土の例 (Fig. 3(a)) では、降雨強度の増加とともに流出率の小さい値から 0.6 付近まで増加し、その後ほぼ一定となる。花崗岩風化土の砂壤土(b)では、少なくとも降雨強度 30mm h^{-1} の範囲まではほぼ 0.1 以下の低い流出率を示す。

降雨に伴う流出変化は、降雨強度の小さい範囲までを考慮すると、S 字状の変化曲線をとると判断される。

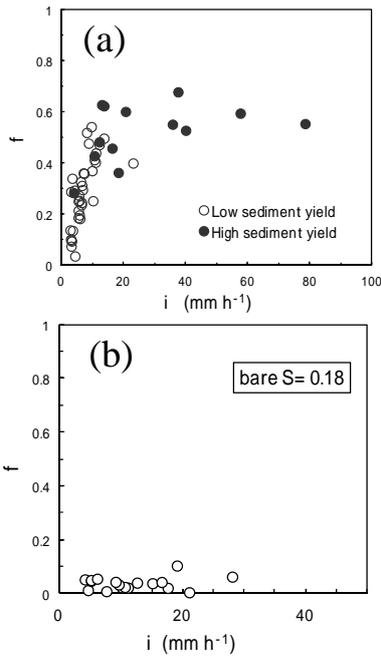


Fig. 3 降雨強度と流出強度 および流出率の関係 .
 (a): Holy and Vaska(1970), (b): 山本ほか(1995) .

2) 流出率の経時的変化 :

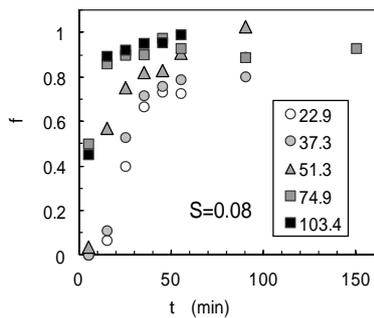


Fig. 4 流出率の経時的変化 . Neal(1938)の例 .

勾配 $S=0.08$ の斜面で強度 $23\sim 103\text{mm h}^{-1}$ の降雨を負荷した場合の流出率の経時変化を Fig. 4 に示す . 流出率は初期に小さく、流出率の 1 に向かって S 字状の曲線を描くように増加する . これは降雨強度の増加に伴う流出率の変化曲線と類似する .

3) 土砂流出量の増加からみた降雨流出の特徴 : ストリームパワー と土砂流出量 q_s の関係を Fig. 5 に示す . の増加とともに、 q_s が増加するが、その増加パターンは流出率の変化傾向にあわせてことなる .

流出率が小さい値から 0.6 に達する範囲では、 q_s は の約 1 乗に比例して増加する . 流出率が 0.6 以上の流出では q_s は の 1.3~2 乗に比例して増加し、河川での土砂輸送と類似する . これらから前者の流出は、雨水の薄層流による流出で、後者のそれは、リル網を介した流出形態をとることが推察される .

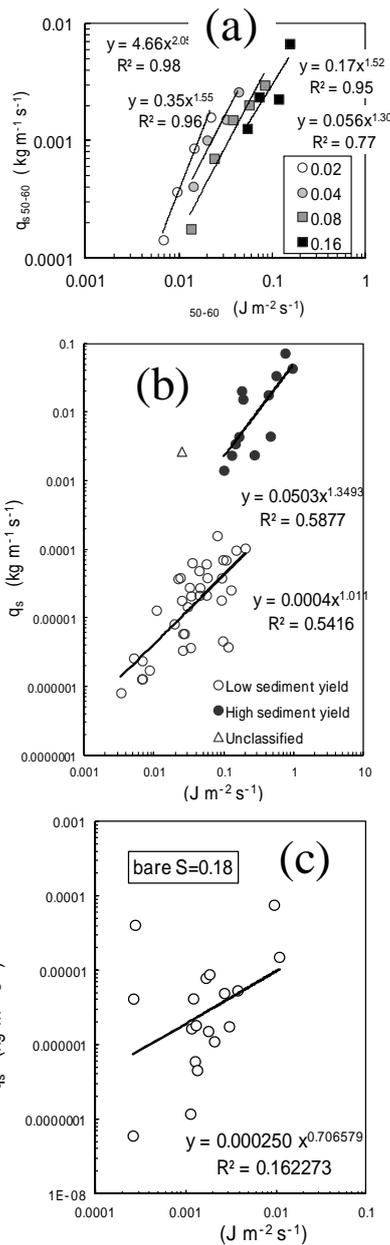


Fig. 5 ストリームパワーと土砂流出量の関係 .

(a): Neal(1938), (b): Holy and Vaska (1970), (c)山本ほか(1995) .

主な文献 : Holy, M. and Vaska, I.(1970) Relation between surface runoff and soil-loss caused by water erosion. Proc. International Water Erosion Symposium, Praha, 1, 229-246. Neal, J. H. (1938) The effect of the degree of slope and rainfall characteristics on runoff and soil erosion. Research Bulletin, Univ. Missouri Agric. Expt. Sta., 280, 47p. 佐久間敏雄・岡部福夫 (1966) 人工雨による土壌浸食の研究 . 土木試験所報告 , 40 号 ,13-56 .山本博・遲澤省子・石原暁・花野義雄 (1995) 四国の急傾斜畑地におけるマルチングの土壌侵食防止効果 . 土壌の物理性 , No.71 , P41-46 .