

愛媛大学 農学部 正 小川 滋

I. まえがき

前報¹⁾で、山地小流域の出水解析について、水理学的検討をおこなない、kinematic wave法における水理学的モデルの抵抗係数としてのモデルパラメーターは、その水理学的根拠がほとんどないことを示し、新たに出水モデルを提案した。このモデルは、山林地表層部において、表層部の下層から上層に向って、透水係数が大きくなるとし、それによって、出水の非線形性があらわれるとしたモデルである。今回は、このモデルについて、水路実験をおこなない、流出実験とのシミュレーションをおこなった。

II. 出水モデル

山林地斜面における出水の場である地表面付近の特性は、表層部(活性層)の有効孔隙、表層厚、透水性などとして考えられる。これらの特性は、山林地では、一般に不均一であり、平面的な分布も一様ではない。このため、表層部での雨水の流れは、"water-path" (水みち) が形成され、斜面下流方向に集中しながら下流していくものと考えられる。この数学モデルとしての表現を次のようとする。まず、"water-path" の集中した形状を、矩形として水深の関数であらわれ、 $A_x = d r_x^{m+2}$ (A_x : 有効断面面積, r_x : 有効水深, d, m : 定数) — (1) とおく。さらに、地中の流れとして、有効流速 (V_x) を、 $V_x = k_0 \sin \theta$ (k_0 : 透水係数) — (2) とするが、この k_0 が、下層から上層に向って大きくなることを考え、水深の関数として、 $k_0 = \beta r_x^n$ (β, n : 定数) — (3) とおく。以上により、運動の式は、次式で与えられる。 $A_x = K Q^p$, [$K = d (1/\alpha \cdot \beta \sin \theta)^p$, $p = m+2/m+2$] — (4) また、連続の式は、そのような "water-path" を形成する単位斜面幅 (U_x) について、次のようである。

$$\frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial x} = U_x \cdot U_x \quad (Q: \text{流量}, U_x: \text{有効降雨強度}) \quad (5)$$

III. 水路実験による検討

図-1に示すように、幅50cm、長さ3m、高さ50cm 三面アクリル水路に、3種類の砂を、各10cm 厚さで、3層にしきつめ、表層部斜面のモデルとした。実験砂は、下層より、実験砂A ($d_{50} = 0.46\text{mm}$)、実験砂B ($d_{50} = 0.90\text{mm}$)、実験砂C ($d_{50} = 1.20\text{mm}$) である。今回の実験は、まず、(3)式の透水係数の変化が、水路実験上のモデルでどのように表現されるかについて、 β, n を決定し、さらに、それをもとに、流出実験の結果とのシミュレーションをおこなうこととした。水路上流端と下流端に長さ25cmの空間を設け、その部分に注水排水をおこなない、定水位を保つ水位調節装置をとりつけることにより、下層より順次水位を上昇させ、それぞれの水位における透水係数も、下流端よりの透水量を測定することにより求めた。また、各水深(深さ)における有効孔隙量を図-2に示すような装置によって求め、有効水深に変換した。図-2は、直径10mmのアクリル管で、上方より水を注入し、下方より排水する装置であり、測定方法は、あらかじめ、飽水状態にして置き、砂表面上に、若干の水深をもつて排水を止め、その砂表面上の水を着色し、排水を始め、着色水の水位降下分の排水量を測定し、水位降下分の有効孔隙量とした。実験水路における砂のしめ固めなど、実験水路における3層のモデルは、水理実験的には、均質な3層のモデルとは、なうなかつたため、非常にバラツキのある結果となった。さらに有効孔隙量の測定も、水路と等価である保証がなかったため、実験資料の整理の方法としては、かなり、粗くなった。以上のことを考慮して、実験結果から得られた、 $k_0 \sim r_x$ の定数、 β, n を最小自乗法で求めると、図-3のようになる。すなわち、 $\beta = 0.0197$,

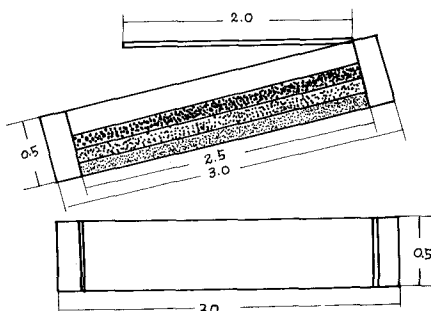


図-1. 実験水路 (m単位)

$n = 0.624$ であるが、実験砂Aの層については、透水係数は、同じ値をとるということから、 $k_0 = 0.00125$ (m/s) とした。

Ⅳ. 流出実験と検討

前の実験で示された、水路の水理的特性を示す、 β , m のパラメータの値が、実際の降雨流出における特性を示すものと考えられる。このことについて、水路の上にとりつけた人工降雨装置をもちいて、流出実験をふくは、ハイドログラフのシミュレーションをふくは比較した。この水路での流れを、一次元の流れとして、(3)式についての運動の式と考えた。つまり、 $\alpha = 1$, $m = -1$ の場合と考えることもできる。すなわち、 $A_x \rightarrow h_x$, $Q \rightarrow q$ (単位幅流量) となり、(4)式は、つぎのようである。

$$h_x = K q^p \quad (K = 1/\beta \sin \alpha, p = 1/m + 1) \quad (6)$$

$$\text{また、連続の式は、} \frac{\partial h_x}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = y_e \quad (7) \text{である。}$$

(6), (7)式によって、 q を求めると、流出量は、水路幅 ($W = 0.5m$) として、 $Q = q \cdot W$ である。計算値と実験値を比較すると、図-4、図-5のようである。図-4については、一定降雨強度 $40mm/hr$ を、2時間連続させたものであり、図-5は、順次、降雨強度を変化させたものである。一応の降雨流出の特性の傾向については、計算値によって再現されているものと考えらる。しかし、降雨強度の変化するものについて、とくに、適合が悪くなる点については、さらに、精度的な問題として考えられねばならないだろう。この

水路実験については、3種類の砂の3層によって規定される水理的特性についての検討をふくは、この3層がさらに9層となる場合についての考察を加える予定であったが、実験的な問題、すなわち、水路底面と砂層間の空隙、しめ固めや不均一性などのため、実際は、ある範囲の平均粒径の異なる不均質な3層構造となったため、各水深における透水係数、有効孔隙量の測定値について、十分は信頼性が得られなかったため、図-3のような結果となった。

しかしながら、一応、実験値との比較において、ある程度の適合をみたことは、(3)式の有効性を示すものと考えてよいであろう。さらに、実際の山林地の表層斜面における土層について、水路実験的に流出実験をふくは、実際の表層部の特性が、(3)式のような形式で示すことかできるかどうかについて実験中であり、これらの結果については、講演時にのべる予定である。

参考文献 1). 小川滋; 山地小流域における出水解析について、第32回年次講演会、1977.

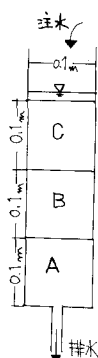


図-2

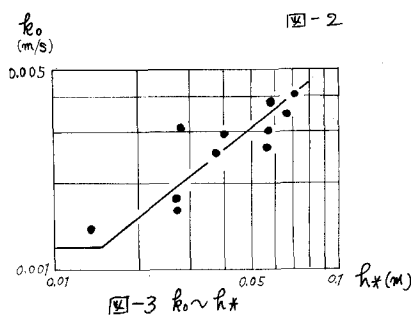


図-3 $k_0 \sim h_x$

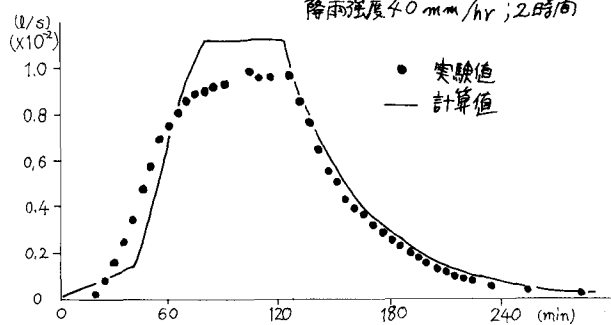


図-4 実験値と計算値の比較

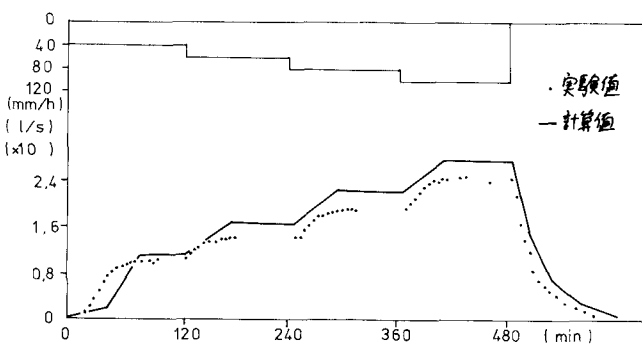


図-5 実験値と計算値の比較