

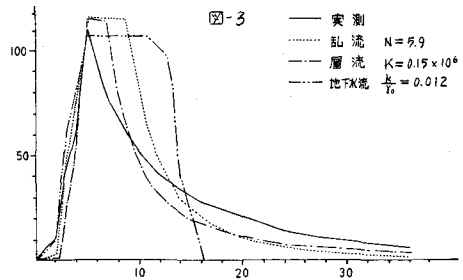
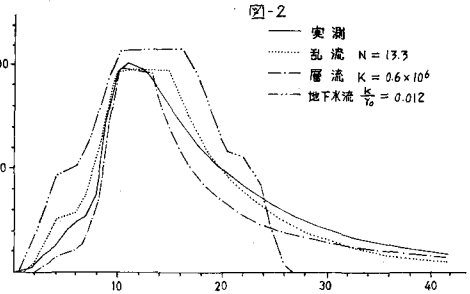
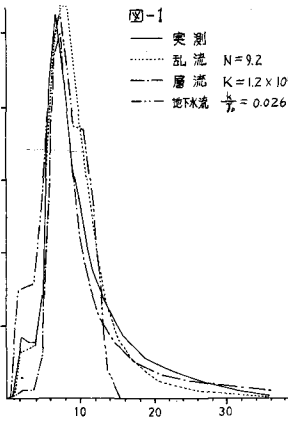
1. まえがき

前報において提案された改良モデルは、水みちにおける流れを表面流として考えていたが、実際の出水解析にあたって、その抵抗則における抵抗係数が実験的な値とかけ離れた値となり物理的な意味づけができなくなることから、さらに kinematic wave 法での各流れの条件を吟味した結果、抵抗則として Darcy 則をもちいることを適当とし、その場合の出水機構に対しての考え方、モデル化について考察し、新たに水みち出水モデルを作成し、適用した。

2. kinematic wave 法による出水モデルの検討

モデル化された矩形流域(斜面長 L , 勾配 $\sin \theta$) の単位斜面中 (U_e) における斜面の流れを kinematic wave 法で示すとつぎのようである。流速式を一般的に $V = \beta h^{N-1}$ ($h \ll U_e$) とおけば、 $Q = AV = \beta h^N \cdot U_e$ より $h = \beta' Q^{1/N}$ —(1) (運動の式), $\partial h / \partial t + \partial Q / \partial x = Y_e \cdot \cos \theta$ —(2) (連続の式)。ここで、 $Y_e \cdot \cos \theta$ は斜面に換算された有効雨量強度、 $Q = Q/U_e$, β, β' は抵抗係数、 h は水深、 V は流速、 A は流水断面積である。(1)の運動の式は、 $p=1/2$ で層流、 $p=3/5$ で乱流(いずれも表面流として)、 $p=1$ で Darcy の流れ(中間流)と考えられる。

この山試験流域について、このモデルの流れの条件を変えて出水解析をおこなった結果は、図-1~3 のようであり、14 出水に就いてそれぞれの流れの抵抗係数の値の範囲をまとめて実験値と比較したものが表-1 である。これらの結果をみると表面流としての乱流、層流とも抵抗係数の値が現実ばなれており、物理的な意味づけが困難なようである。また、前報の改良モデルも試算の結果、抵抗係数としては、乱流のモデルと大差ない結果を与えるため抵抗則の改良はできていない。Darcy 則については、本試験地における透水係数の実験値と比較的良好であらう。透水係数は



抵抗則	計算値 (m/s)	実験値 (m/s)
乱流 (Manning 則)	$n_k = 1 \sim 10$	$n = 0.4$
層流 (土屋 則)	$K_c = 10^5 \sim 10^6$	$K = 10 \sim 10^2$
中間流 (Darcy 則)	$k_c = 10^{-3}$	$k = 10^{-4}$

かんたんと考えられ 表-1

るので Darcy 則が適当と思われるが、 $p=1$ で運動の式が線型となり、出水の非線型との関連に矛盾を生じることとなる。この問題について、以下のように出水機構を考えることによって、モデル化をこころみる。

3. 水みち出水モデル

山地の出水の発生する場合は、地表付近であり、地表面の特性によって出水が影響を受けることはまちがいない。しかしながら、地表付近の特性は、表層部（活性層）の有効孔隙、層の厚さなどとして考えられるが、この表層は、山地において有効孔隙は大きく不均質で、平面的な層の分布も一様ではない。そこで地表面に到達した雨水は、下方浸透と同時に側方浸透も生起しているところがあるであろう。この側方流の生起しているところが“水みち”であり、下方浸透によって次第に下層部が飽和されてくると徐々に“水みち”に集中した側方流が集中拡大して斜面の下流へと流れると考えられる。表層内で“水みち”に集中したり、さらに下層へと浸透して地下水流となったりする過程が中間流と考えられるであろう。このような“水みち”を形成する山地の表層特性が現在未知であるので、仮定的に以下のようにモデル化をおこなう。図4のように“水みち”を生起する単位斜面中(U_e)を考え、“水みち”を表層内の流れとし、断面形は矩型で、有効水みち中(b)を有効水深(h)との関係係で $b = d \cdot h$ とおく、 d は、表層の深さ方向における水みちの形状特性を示すものであり、ここでは、 d を h の乗数として、 $d = d' \cdot h^{AM}$ とおく、また、運動の式は、Darcy則をもちい、透水係数は、“水みち”断面積と関係があると考えられる。整理すると、 $b = d' \cdot h^{AM+1}$ より $A = d' \cdot h^{AM+2}$ — (3)、 $V = k \cdot \sin \theta$ で $k = f(A) = f(h) = \beta \cdot h^{AP}$ とおけば、 $V = \beta \cdot h^{AP} \sin \theta$ — (4)、すなわち運動の式は、 $Q = d' \cdot h^{AM+2} \cdot \beta \cdot h^{AP} \sin \theta$ より $h = \gamma Q^P$ — (5)、 $\gamma = (d' \beta \sin \theta)^P$ 、 $P = 1/(AM+AP+2)$ 。また連続の式は、 $\partial A/\partial t + \partial Q/\partial x = \gamma_e' \cdot U_e$ となり結局 kinematic wave 法による運動の式、連続の式と同形となる。

4. 適用と考察

“水みち”出水モデルを各の口山流域に適用した結果は、図5~7に示すようであるが、平均斜面とは、平均斜面勾配をもちいて、実測斜面とは、実際の斜面勾配を斜面方向に変化させて計算したものである。いずれの場合も、実測ハイドログラフとの適合はかなり良好であると考えられる。また、 k などのモデル定数もかなり現実的な値を示した。しかしながら、これらのモデル定数は、仮定的な値であり、この段階においては、単に実測ハイドログラフとの適合と

いうことで値を与えたが、実際的には、これらのモデル定数が表層特性を示す“水みち”特性として定量化されるものである。それゆえ、 d 、あるいは k の乗数形が、現地の山地流域において実験的に確かめられ修正されるための準備が必要とされ、そのことにこそ、このモデルの本質的な意味があると考えられる。しかし、このモデルによって出水の斜面における流れをかなり合理的に、数値的にも説明が可能であり、すくなくとも、現在普通にもちいられている表面流としての Manning 則の流れなどと比較すると有効な出水モデルと考えてよいであろう。また、降雨の中断によって“水みち”の消長がどのようになるのかについては、このモデルに組込まれておらず、このような場合の出水については、適合がよくないようである。

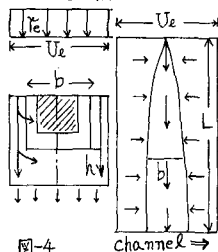


図-4

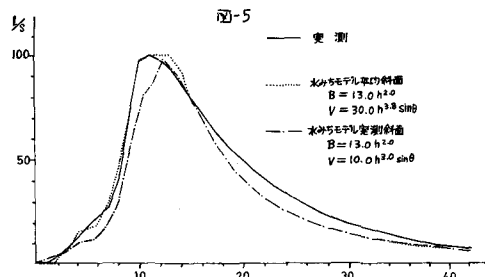


図-5

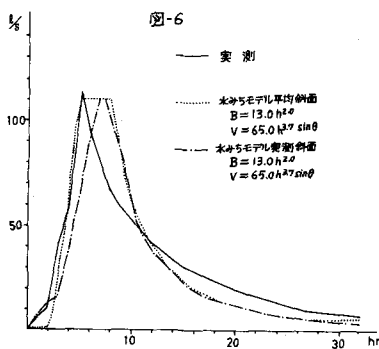


図-6

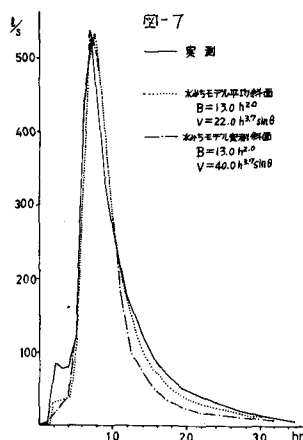


図-7