

II-6

山腹斜面の水系網と流出形態について

筑波大学 農林工学系 正員 〇 杉山 博信
農林学類 平岩 昌彦

1. はじめに

出水時の流出解析では、斜面での雨水を一様に流下するものと仮想し、その流れの形態はManning則あるいはChezy則に従うものとしているのが、一般的である。ところで、出水時の山腹斜面上の表面流出起場での雨水流を直視すると、それは水みち流であって、斜面全域に一様な流れではない。そこで、本研究では斜面雨水流が水みち流であっても、それを一様流と仮想した場合の流れの形態評価について、数値実験的に検討したものである。なお、斜面モデルとして、水みち波形の明瞭な裸地斜面(CASE 1)および自然山林地の山腹斜面(CASE 2)を対象とした。

2. 山腹斜面モデルに関する考察

1) 斜面モデル 図1は斜面モデルの地形図と水みち網を示したものである。等高線は斜面の傾斜方向50cm間隔ごとの横断方向線上で、水平方向に5cm間隔に測定した凹凸値を用いて5cm間隔に描かれたものであり、また現地踏査と地形図から判断して、水みち網を併示した。なお、斜面上流端から傾斜方向への距離を示した数字を測点番号として併用した。

2) 水みち網の次酸化 Strahler方式により次酸化を行ない、地形則の適合性を吟味した。図2は地形則、すなわち河道数則、河道長則、集水面積則を当てはめた結果である。ここで、図中の N_n , L_n , A_n はそれぞれ次数 n の河道数、平均河道長および平均集水面積を表す。なお、CASE2では右斜面を次酸化の対象とした。図から判断して自然山地河川と同様に、山腹斜面の水みち網に法則性がある。この事は水みちの地形量と次数の関係は幾何級数的に表わされること、またこの斜面での解析結果の普遍性が高いことを示唆していると思われる。

3. 山腹斜面の水みちに関する考察

1) 水みち流 山腹斜面での水みち流は次式で表現されるものとする。すなわち、 $q = R g^p$ —— (1) ここで、 q : 水みち水深、 g : 単位幅流量、 R, p : 流れの形態に応じて変わる定数。いま、水みちの各地点で一定量 λ が定率的に流入されるものとする、水みち上流端より任意地点 X までのある時刻の流量 Q は、 $Q = \lambda X$ で評価される。さて、水みちの流れの形態が層流形式であると仮想すると、定数 R は $R = (3\eta/\rho g)^p$ (ここで、 η : 動粘性係数、 g : 重力加速度、 ρ : コレ配) で表わされることは、周知である。したがって、想定流量 Q の水みち水深 q は(1)式より求められる。なお以下の議論は、上述の仮定に準ずる。

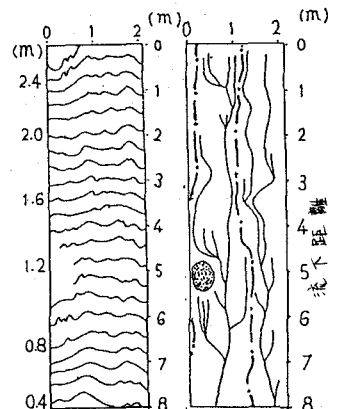
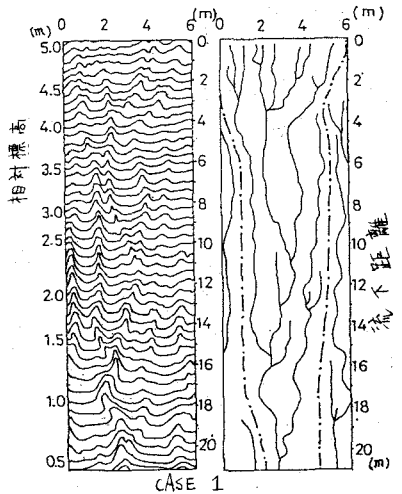


図1 地形図と水みち網(CASE2)

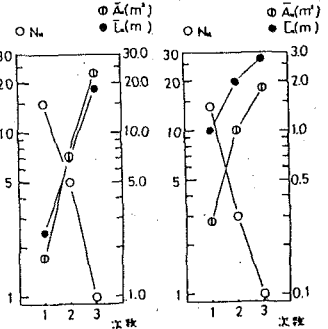


図2 地形則の吟味

2) 水みちの形状特性 図3は山腹斜面の平均的な横断形状を模式化したものである。図4は各測点の水みちにおける b/h と h の関係を、各想定流量 Q にプロットしたものであり、水みち底の断面がV字形に類似していること、 h に対する b/h の変動は小さくほぼ一定とみなせうる。なお、測点ごとに種口の一定値を示しているが、それはCASE 1では $b/h = 3 \sim 6$ (No. 3, 13, 15, 17), CASE 2ではそれは $10 \sim 17$ (No. 1, 5) の範囲内におさまるようである。さらに、両ケースとも点線で示したように変曲点を有する測点がある。これは水深の増大に伴い、水みちの流水断面がV字形から幅の広い放物線形に移行すること起因する。幅の広い放物線形では、 $b/h \propto h^\alpha$ で表現され、その指数は $\alpha = 0.3 \sim 0.8$ を示すようである。

3) 水みち面積率 水みち面積率 (W_a) を任意測点での横断方向線上の総水面積 (Σb_i) と斜面全幅 (B) の比 ($W_a = \Sigma b_i / B$)、一様平均水深 (h_e) とは各水みちでの総流水面積 (ΣQ_i) を斜面の全幅 (B) で除したものと ($h_e = \Sigma Q_i / B$) と定義する。図5は数種の想定流量の下での h_e と h の関係、図6は W_a と h_e/h の関係を示したものである。図から判断して、 h_e は $h_e \propto h^\beta$ で表現されその指数は $\beta = 2$ 、また両ケースとも若干のばらつきを無視すると、 $W_a \propto (h_e/h)^\gamma$ で表わされ、その指数は $\gamma = 1$ である。ともに、明瞭な関係式とな、ている。なお、図を省略したが、 W_a は水みちの合流直後に最大となり、斜面下流端に近づくにつれて漸減する様相を呈している。

4) 定数 p の特性 図7は水みち水深と流量の関係を示したものである。層流形態の水みち流を想定し、その水深 (h) を斜面全幅で平均して、斜面一様流と仮想することにより、定数 p が $p = 1/3$ から $2/3$ に漸近している様相が如実に示されている。このことは、水みち流が層流形態であり、 h を、斜面一様流と仮想すると、表面流は乱流則で近似されうることと示唆している。次に水みち流をManning形態に従うものとする。その結果が図8であり、定数 p は $p = 0.6 \sim 0.65$ となる。このことは、Manning形態の水みち流を想定しても、それを斜面一様流と仮想すると表面流は乱流則で近似されうることと意味している。

4. おわりに

本研究によ、て、斜面上の水みち網に法則性があること、山腹斜面での水みち流が層流およびManning形態であり、 h を一様流と仮想すると、表面流は乱流則で近似できうることが明確になった。最後に、終始ご指導いただいた京都大学防災研究所、角屋睦教授に深甚の謝意を表す。なお、本研究は文部省科学研究費による研究成果の一部である。記して感謝の意を表す。

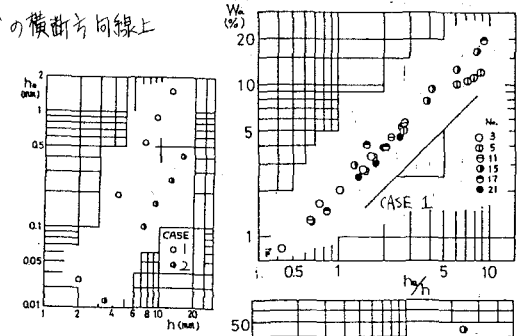
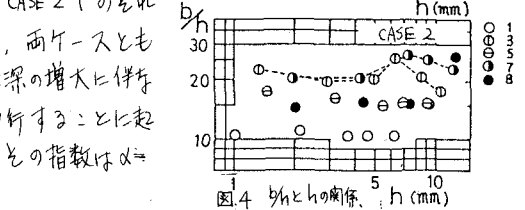
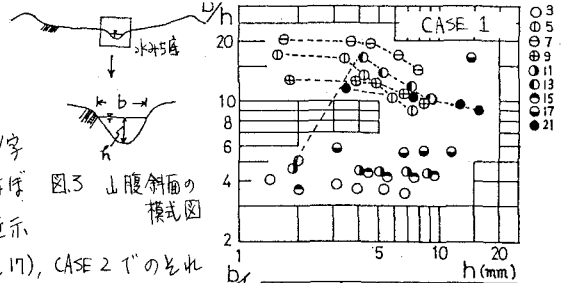


図5 h_e と h の関係

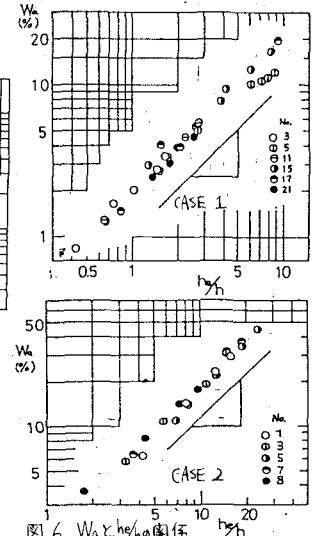


図6 W_a と h_e/h の関係

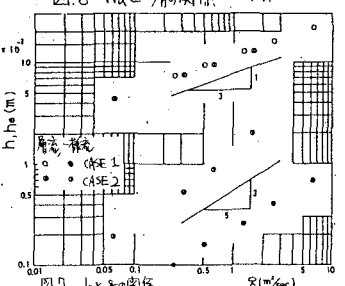


図7 h と Q の関係

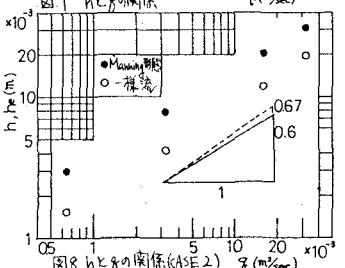


図8 h と Q の関係 (CASE 2)