

II-32 山腹斜面の雨水流出機構に関する考察（2）

広島大学工学部 正員 三島隆明

広島大学工学部 正員 金丸昭治

1. はじめに、 不飽和流出現象を出来るだけ簡便で、適合性の高い方法で解析することを目的として、モデル斜面内の飽和度分布の時間的変化を詳細に測定し、その変化特性を考慮した解析方法について検討した結果についてのべる。

2. 実験装置および実験方法 プラスチック製水路（長：14.05m、幅：0.30m、深さ：0.65m、勾配：1/6）に真砂土を層厚 $d=0.45\text{m}$ で、試料の平均空隙率 $m=40.7\%$ になるように充填したモデル斜面に、人工降雨（強度 $r=20\text{mm/h}\sim 40\text{mm/h}$ 、降雨継続時間 $t_r=180\text{min}$ ）を降らせて、雨水流出実験を行なった。なお、真砂土の均等係数 $U_c=12$ 、不飽和透水係数 $k=10^{-6}\sim 1.0\text{cm/s}$ であった。¹⁾

また、飽和度の測定は、図-1の各図中に示す13断面の各位置に、鉛直方向にステンレスボルト（長さ5cm、径4mm）を5cm間隔で埋設し、ボルト間のインピーダンスを順次測定し、別途に求めてある校正曲線を用いて、飽和度 S_r を算出した。

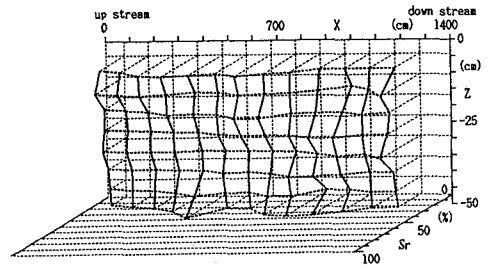
3. 結果および考察 モデル斜面内の飽和度 S_r の時間的変化の例を示したものが図-1である。また、図-2は、上流より $x=8.75\text{m}$ の断面における S_r の変化を示したものであり、この流出のハイドログラフは、図-3の(1)の $r=20\text{mm/h}$ のグラフである。

図-3の(1)の流出変化に注目すると、降雨期における流出変化は3段階に分けられる。

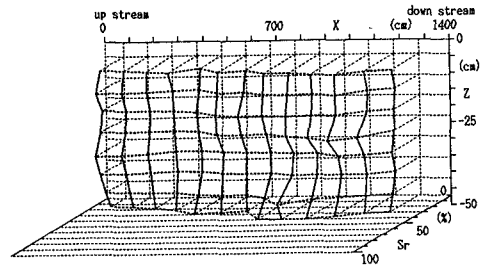
すなわち、第Ⅰ期（ $0\leq t\leq 30\text{min}$ ）は、図-1の(1)および図-2の(1)に見られるように、雨水は下方へ移動し、 $S_r\approx 30\%$ 程度の値に近付いていることが分かる。

第Ⅱ期（ $30< t\leq 120\text{min}$ ）は、図-1の(2)および図-2の(2)に見られるように、斜面全域にわたって $S_r\approx 30\%$ 程度となり、比較的小さな一定流量の流出状態が続く。

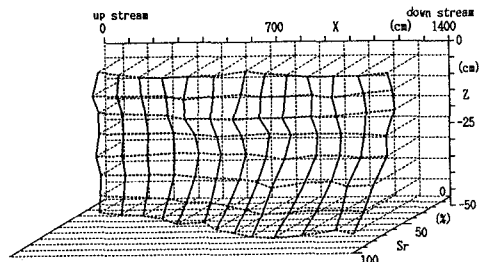
第Ⅲ期（ $120< t\leq 180\text{min}$ ）は、図-1の(2)、(3)および図-2の(2)に見られるように、 $30\%\leq S_r\leq 60\%$ に相当する部分が時間とともに斜面の底部から上部に向かって



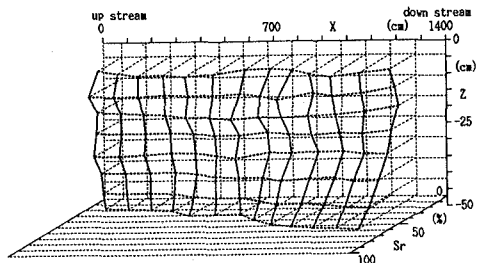
(1) $t = 0 \text{ min}$



(2) $t = 90 \text{ min}$



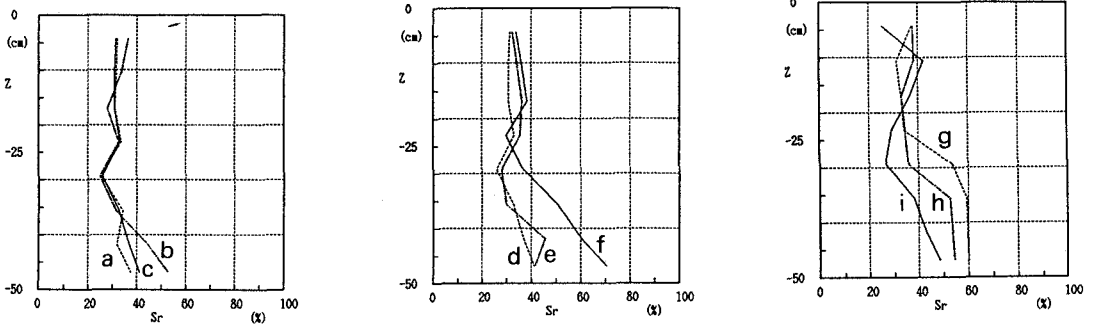
(3) $t = 180 \text{ min}$



(4) $t = 300 \text{ min}$

図-1 斜面内の飽和度分布の時間的変化

($r = 20\text{mm/h}$, $t_r = 180\text{min}$)



(1) a : $t=0\text{min}$, b : 15min , (2) d : $t=30\text{min}$, e : 90min , (3) g : $t=180\text{min}$, h : 240min ,
c : 30min (降雨期) f : 150min (降雨期) i : 300min (流量減衰期)

図-2 代表断面における飽和度の時間的变化 ($x=8.75\text{m}$, $r=20\text{mm/h}$, $t_r=180\text{min}$)

増加する。図-1の(3)から分かるように、このような状態になるのは斜面の中ほどより下流側であり、この時期には流量が漸増する。

一方、降雨終了後の流出は、まず、 $30\% \leq S_r \leq 60\%$ の部分が萎む形で減少した後に、斜面の上流部を主体に減少していく傾向があり、下流部分では飽和度の高い部分が長期間残存する。

これらの性状が主に毛管作用に起因するものであることを考え合わせると、流動層内の空隙を小さな部分、すなわち透水性の低い部分から順に、それぞれ難透水性部分、低透水性部分、中透水性部分、高透水性部分、空洞部分のように5分割し、斜面上に降った雨水はこれらの空隙の小さい部分を優先的に浸透し、しかる後に各部分が毛管水平衡状態を保ちながらDarcy則に従って飽和流動するものと考えれば好都合である。

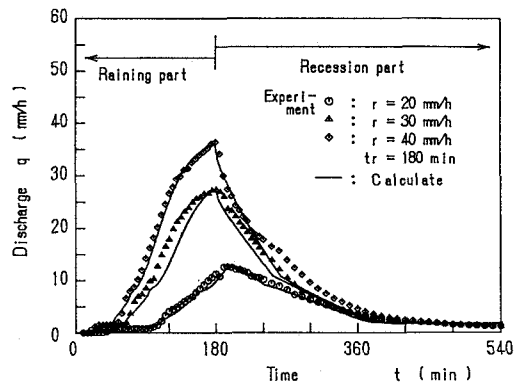
図-3は、この仮定に従って数値計算した結果と実測結果とを比較したの一例を示したものである。

いずれの場合も流出全般にわたって良好な一致を示しており、解析法の簡便さを考慮すると、この方法は十分に有効な方法と言えよう。

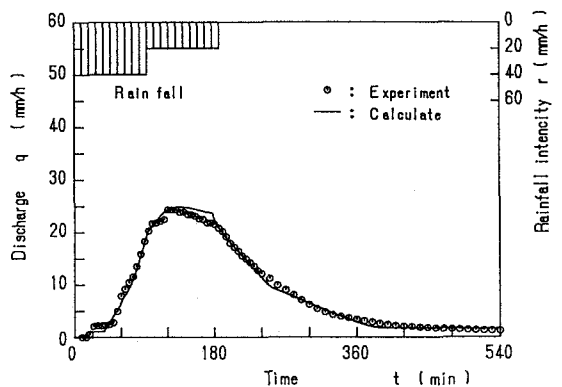
今後、層厚が比較的薄い斜面における流出などについても検討する必要がある。

なお、計算法などの詳細については講演時に述べる。

参考文献 1) 金丸, 三島, 上田, 市川 : 第41回中四講演概要集, pp100~101, 1989



(1) 一定降雨の場合



(2) 減少型降雨の場合 ($\Sigma r=90\text{mm}$)

図-3 ハイドログラフの比較