

○京大防災研究所 正員 角屋 睦
建設省土木研究所 正員 佐合純造

1. はじめに 自然丘陵山地斜面では表面流はほとんど発生しないという考え方もあるが、どこまでを流路と定義すれば斜面の流水を中間流だけで扱えるか、流域モデルの lumping に伴う数値モデル定数の変化、中間流モデルと瞬間単位図法における線形貯水池モデルの関係などについて検討した結果を報告する。

2. 研究対象流域と流域モデル 京都市西部に位置する小畑川上流部支流下狩川流域(1.3 km²)を対象流域とした。この流域の上流部、全流域面積の1/3, は古生層で粗木林, 中下流部2/3は洪積層(大阪層群)及び一部が沖積層で竹林が多い。1/2.5万の地形図には図1の実線部分だけ河道(1.5 km)が記載されている。現地踏査の結果より判断して, 1/1万地形図上の等高線の幅奥行比 $w/l=1$ の点までを降雨時の流路(図1点線)とみなすことにした。この流路網を Strahler 方式で次数化すると, 下流は4次河道となり, 地形4則はほぼ成立している。

この1次河道流域を基準として長方形流域モデル(1次モデル)を構成すると, ブロック数は68, 非対称の片斜面数は136となる。さらに2次河道を基準とした2次モデルのブロック数は17, 3次4次モデルのそれはそれぞれ5, 1個である。これらの斜面勾配は谷線法で測定した。谷線長・ブロック斜面長・及びこれらを勾配で除した特性長・河道長・斜面面積などは対数正規またはガンマ分布, 斜面及び河道勾配は正規分布で表現できる。図2に1次モデルの片斜面長分布を例示する。

3. 有効降雨 検討には, i) 単峰型大出水(昭44.6, $Q_p=9\text{ m}^3/\text{s}$), ii) 複峰型中出水(昭46.9, $Q_p=5\text{ m}^3/\text{s}$), iii) 単急峰型中出水(昭46.9, $Q_p=4\text{ m}^3/\text{s}$), iv) 小出水(昭45.9, $Q_p=2\text{ m}^3/\text{s}$)を選び, 地下水流出低減部を指数低減として降雨終了時刻まで逆推し, 立上り点と結ぶ方法で直接流出高を近似的に求め, 図3の累加雨量～累加損失雨量曲線から, 有効降雨を推定した。

4. 雨水流モデルの適応性とモデル定数 (1) 中間流モデル: 斜面流をすべて中間流とする方法を検討した。まず1次流域モデルについて検討の結果, 大小出水に応じて等価透水性 k_s/η を変えざるを得ないことが分った(図4)。そこであらためて $w/l=2$ を細流先端とする流域の1次モデル(ブロック数136)を作成し検討したが, 上述の欠点を大きく改善できなかった。なおこの段階でも, 洪水到達時間に対する流路のウェイトは, $l_e=10\sim15\text{ mm/hr}$ の出水で30%強の程度であり, 流出現象は依然斜面のそれに左右されるとみてよい。流路構成の再検討, 他の小出水による吟味が必要であったかとも思われるが, 大出水に適合する k_s/η は中出水にもよく適合した。流域モデルの基準次数を上げるに従い, 大中出水のピーク付近の適合度は悪くなるが, ほぼ最適と思われるモデル定数の変化を図5に示す。

(2) 表面流モデル: i) 斜面流をすべて表面流とするモデルを検討

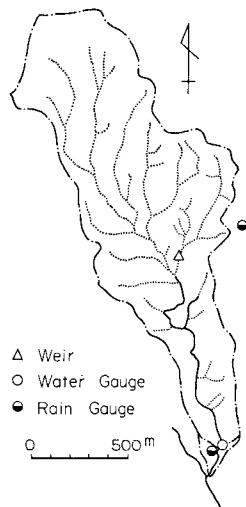


図1 下狩川流域の流路

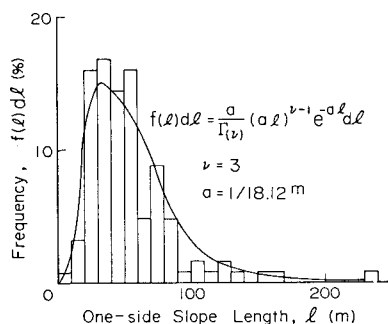


図2 1次モデル片斜面長分布

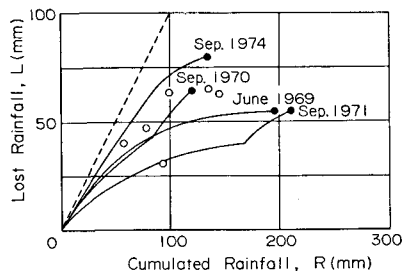


図3 損失雨量曲線

した。1次モデルでは小出水の適合性はやや悪いが大中小出水にはよく、流域モデル基準次数引上げに伴う適合度向上傾向が強い。準最適等価粗度の変化を図5に示す。ii) 中間流に表面流上乗せモデルを適用すると、2次モデルでは大小出水ともに同一定数で好結果を得た。労力と計算時間の都合上1次モデルの検討はできなかった。iii) 上流古生層斜面を中間流のみ、中下流洪積層斜面を表面流のみとするモデルの適用結果は、全域表面流とする結果よりよい。iv) ピーク流量発生は雨水到達時刻より早く、洪水到達時間の推定法に再検討が必要と思われる。

5. 中間流モデルと線形貯水池群モデルの関係

平野らは流出解析に斜面長分布を考慮するすぐれた着想を示した。河道効果を無視して斜面流を中間流とすると、

$$Q(t) = A \int_0^{\infty} U(\tau) f_e(t-\tau) d\tau \quad (1)$$

$$U(\tau) = \int_0^{\infty} \varphi(T) f_t(\tau) dT \quad (2)$$

ここにA: 流域面積, $\varphi(T)$: 雨水到達時間Tの確率分布。

$\varphi(T)$ は斜面長 l_s または l_s/S (斜辺勾配S) の分布に定数 T/k_s または T/k_s を乗じて求まる。いま $\varphi(T)$ に形状母数 ν , 尺度母数 α のガンマ分布を用いると、

$$U(\tau) = \int_0^{\infty} \frac{\alpha^\nu}{\Gamma(\nu)} T^{\nu-2} e^{-\alpha T} dT = \frac{1}{\nu-1} \sum_{i=1}^{\nu} \varphi(\tau, i) \quad (3)$$

これはIUHが $(\nu-1) \sim 1$ 個の直列線形貯水池を並列に連結して表わせることを示し、Dooqeのモデルの別表現に相当し、それに物理的意義を与えたことになる。

さてCase 1) l_s , 2) l_s/S , 3) 谷線長 l_v , 4) l_v^2 (谷線勾配 S_v) の分布にガンマ分布をあてはめ (図2), 流出解析を行った結果の一例を図6に示す。これらの結果が、斜面流を中間流のみとした4 (1) の精度を上廻り得ないのは当然であろう。

6. むすび 小流域を対象として、流出現象に及ぼす斜面の役割を検討し、雨水流モデルの適応性、流域モデル構成と数理モデル定数の関係などを研究した成果の一部を述べた。大流域になるほど河道の効果が大きくなることは自明であるが、それらについてはあらためて考察をする予定である。

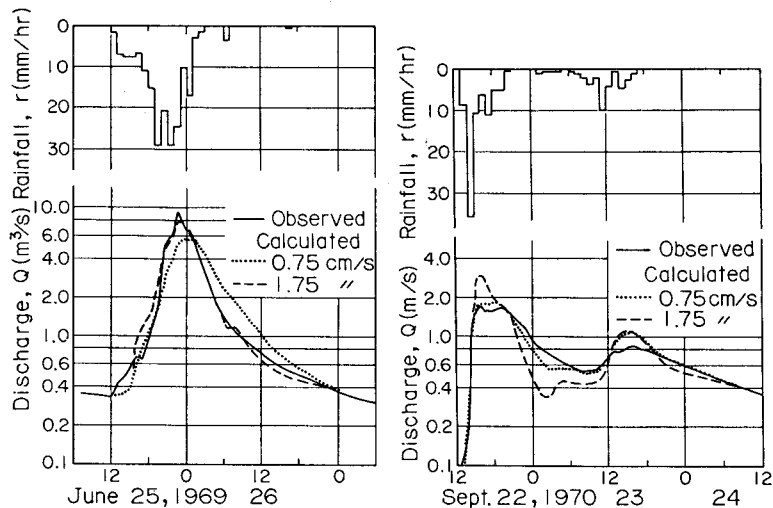


図4 中間流モデルの適応性 (1次流域モデル)

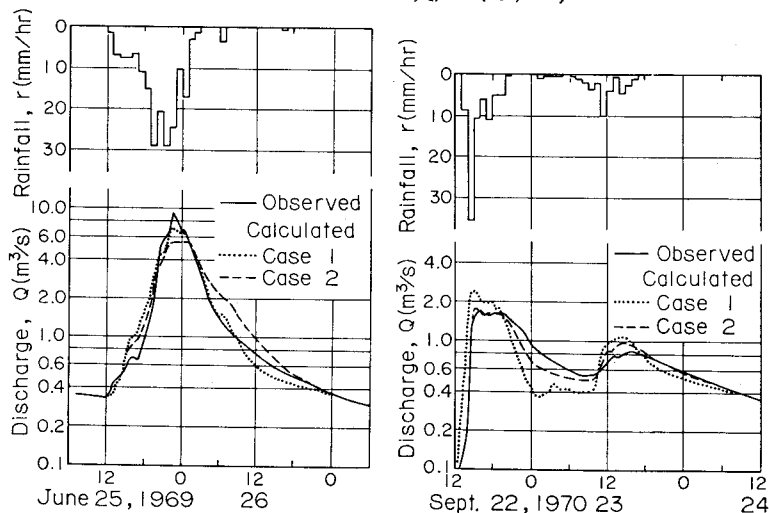


図5 線形貯水池群モデルの適応性 (1次流域モデル)

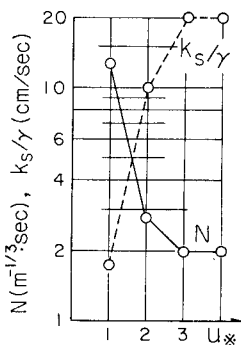


図6 モデル定数の変化