

(9) 降雨の流出特性に関する水理学的研究

正員 京都大学工学部 工博 岩垣 雄一

降雨の流出特性に関係する要素と大別すれば、降雨特性として強度、継続時間、時間的ならびに地域的分布、流域特性として面積、形状、勾配、地質、地被状態および湿润の初期状態などが考えられる。これらの要素が出水にどのような影響を及ぼすかと明らかにすることは、現在における水文学上の重要課題の一つであらう。これと解決する一つの方法は、雨水の流出機構をできるだけ解析的に取扱ひ、それぞれの要素をひとつひとつ分離して考察することである。著者はさきに、河川上流部における雨水の流出を横から流入する流れの組合せであるとする考え方から、特性曲線を利用した出水の解析法を提案し、この方法が実験の結果ともよく一致し、かつ実際河川に対しても充分実用されうることと明らかにした。ここではこの特性曲線法を用い、降雨は単一で強度が一定、流域は矩形でその中央に1本の流路があり、その流路の両側の斜面から雨水が流入するような模型流域の場合について、降雨強度 r 、継続時間 T_d 、流域面積 a 、矩形流域の縦横比 r 、流路の粗度係数 n 、斜面の等価粗度係数 n' 、流路および斜面の勾配 $\sin \theta$ および $\sin \theta'$ 、流路の断面形（径深 R と流積 A の関係を $R = K'A^2$ とおき K' と K で断面形を代表させる）のそれぞれの要素が、基底流出を除いて算出された hydrograph あるいは単に最大流量 Q_m およびその逡れの時間 T に対してどのような影響を及ぼすかを、つぎのような数値によつて調べてみた。すなわち、hydrograph の特性に対しては、

標準値； $a = 10 \text{ km}^2$, $\sin \theta' = 1/30$, $K = \{n/(\sin \theta)^{1/2} n'^{2/3}\}^{3/(2Z+3)} = 1$ (m-sec 単位), $p = 3/(2Z+3) = 0.7$ (m-sec 単位), $T_d = 1 \text{ hr}$.

parameter とした要素の値； $r = 10, 2.5, 1.1$, $n' = 0.2, 0.4 \text{ m}^{-1/2} \text{ sec}$, $r = 10, 20, 30 \text{ mm/hr}$ と採用して流量 Q と時間 t との関係を出し、また最大流量およびその逡れの時間に対しては、

標準値； $a = 20 \text{ km}^2$, $\sin \theta' = 1/30$, $K = 1.2$, $p = 0.7$, $n' = 0.4$, $r = 20 \text{ mm/hr}$, $T_d = 3 \text{ hr}$.

parameter とした要素の値； $a = 5, 10, 20, 40 \text{ km}^2$, $K = 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8$, $r = 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 \text{ mm/hr}$, $T_d = 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ hr}$.

を用いて、 Q_m/Q_{ms} (Q_{ms} : 定常になつたときの最大流量) ならびに T/T_d と r との関係を出した。

(1) hydrograph の特性

特性曲線法による計算は、斜面と流路とを分離して取扱うので、斜面および流路における流れの相互の関係に応じて hydrograph の特性が異なり、とくに peak 付近の特性は降雨あるいは斜面から流路への流入の継続時間によつて決定される。いま T_s と流域斜面における流れが定常となるのに要する時間、 T_{qm} と流路への最大流入量 q_m の継続時間、 T_{cqm} と流入量が q_m のとき流路上流端の影響が下流端に到達するのに要する時間とすれば、降雨の継続時間 T_d と T_s および T_{qm} と T_{cqm} の大小関係によつて、hydrograph の一般特性

状とつぎのように分類することが出来る。

A, $T_d < T_s$: 斜面上の流れが非定常の場合

A-1, $T_{qm} > T_{qpm}$: peak が継続する。

A-2, $T_{qm} < T_{qpm}$: peak が継続しない。

B, $T_d = T_s$: 斜面上の流れが定常になつたとき降雨が終る場合で peak は継続しない。

C, $T_d > T_s$: 斜面上の流れが定常になつてもなお降雨がある場合

C-1, $T_{qm} < T_{qpm}$: peak が継続しない。

C-2, $T_{qm} > T_{qpm}$: 流域全体が定常になつた場合で、降雨強度が変らなければ降雨が継続しても最大流量は増加しない。

図-1 は 1 例として $r=10$, $n'=0.4 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$, $T_d=1 \text{ hr}$ で r が 10, 20, 30 mm/hr の場合の hydrograph と図示したものであるが、これは上記 A の場合に属し、降雨強度によってその性状が著しく変わることを示している。

(2) 最大流量およびその遅れの時間

hydrograph の形を代表する量としては色々のものが考えられるが、ここでは最大流量 Q_m とその遅れの時間 T と取上げて、これらに及ぼす上記の各要素の効果を調べた。図-2 はその 1 例として、降雨の継続時間 T_d を変化させた場合の最大流量と定常流量の比 Q_m/Q_{ms} と矩形流域の縦横比 r との関係を示したもので、降雨の継続時間が短いと Q_m/Q_{ms} の値は r にあまり影響されないが、継続時間が長いと r の値に著しく影響を及ぼすことが見出される。

なおこの他のそれぞれの要素が Q_m/Q_{ms} および T/T_d に及ぼす効果については講演時に述べる。

以上の成果は単位図法の適用性その他の検討に対して大きい意義をもつものである。

最後にこの研究に対して終始御指導を賜つた石原教授ならびに計算を手伝つて頂いた高樟琢馬君に感謝するとともに、文部省科学研究費による研究の一部であることを付記して謝意を表す。

図-1 矩形模型流域の hydrograph (降雨強度の効果)

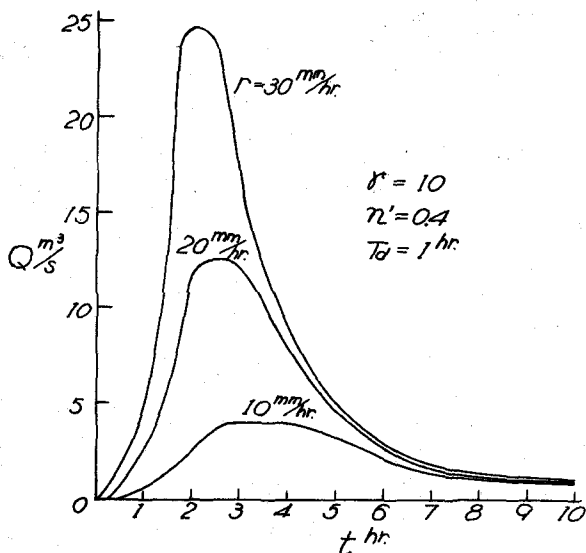


図-2 最大流量と定常流量の比 Q_m/Q_{ms} と r との関係 (降雨の継続時間の効果)

