Ⅲ−4　水文資料の少ない河川における高水流量の推定

京都大学防災研究所　正員　工修　○長尾正志
京都大学大学院　学生員　高木不折
京都大学大学院　学生員　藤田哲夫

治水計画において，もっとも基本となるのは計画高水流量であり，高水流量はその生起の超過確率を基準として決定されるのが普通である。しかるに水文資料の少ない河川ではこうした超過確率を直接求めることがむずかしく，従来はある超過確率の日雨量から高水流量を求めていた。しかし問題となる超過確率はあくまで流量に対するものであるはずで，同一の日雨量でも降雨の時間的分布状態によって洪水の最大流量が異なってくる。したがって，水文資料が少ない場合にはこうした超過確率の評価がもっとも問題となるわけである。本研究は，こうした意味において日雨量の記録と若干の流量記録および時間雨量記録のある河川における高水流量の超過確率を合理的に推定しようとしたものである。

さて，洪水時の最大流量は，合理的な出水解析法を用いるならば，その流域の特性を考慮しながら，一連降雨の総雨量と，その時間的分布形状によって一義的に定まるといってよい。さらに，流域特性，総雨量および降雨の時間的分布形状という三者の間には，厳密には，相互に物理的な関連があるであろうが，現在のところ，互いに偶然的な事象と考えてよいだろう。よって最大流量 Q_{max} は，これらの三つの変量によって定まることになる。

さて，最大流量 Q_{max} は特性曲線法を用いた理論によれば，つぎの式で与えられる。

① $Q_{max} = (1/3.6)\, r_{mp} \cdot A$,　Q_{max} : m^3/sec,　r_{mp} : mm/hr,　A : km^2

ここに，r_{mp} は最大流量の流達時間 t_{pc} (hr) 内の平均有効降雨強度，A は流域面積である。さらに，上式中の r_{mp} は，総雨量，降雨の分布形状および流域特性によって定まる。これらの関係を表わす式の一つは，確率論的に誘導された降雨配分の式で与えられる。すなわち総雨量として24時間雨量を考えるとつぎのようである。

② $(1 - R_{t_{pc}}/R_{24})^{\frac{24}{t_{pc}}-1} = (t_{pc}/24)\,\beta$

ここに，$R_{t_{pc}}$ は t_{pc} 時間内の最大雨量で損失降雨を無視すれば，近似的に，$r_{mp} t_{pc}$ と書ける。また，β は片側危険率であるが，降雨の時間的配分を示す因子であると考えてもよい。もう一つの関係式は最大流量発生条件を示すものである。すなわち，特性曲線法を用いた解析より，つぎの関係がえられている。

③ $K_0 = t_{pc}\, r_{mp}^{0.4}$

ここに K_0 は流域の粗度，勾配および流下距離によって定まる値である。以上述べた三つの関係式より t_{pc}，r_{mp} を消去すれば次式がえられる。

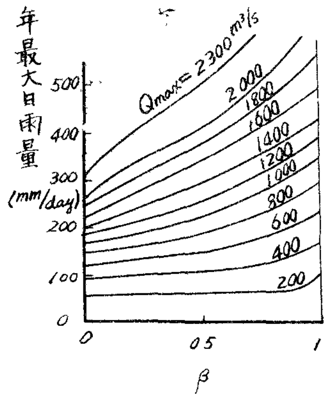
④ $R_{24} = K_0 \xi^{0.6} / \{1 - (K_0\beta/24\xi^{0.4})^{K_0/(24\xi^{0.4} - K_0)}\}$,　$\xi = 36\, Q_{max}/A$

上式において，K_0 および A は流域についての定数と考えてよいから，最大流量 Q_{max} は，日雨量 R_{24} および降雨の時間的分布形状を示す因子 β とで表わされることになる。

さて確率高水の推定に際しては④式で与えられる Q_{max} に対する超過確率の評価が重要

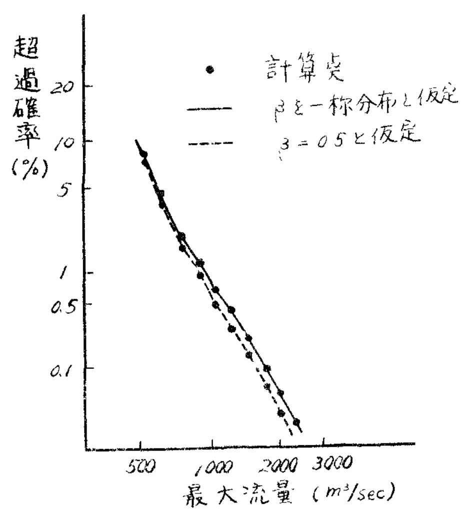
となるが，R_{24}およびβも確率変量である。しかも資料から直接に確率が評価できるのはR_{24}およびβであるので，結局のところQ_{max}の超過確率は二変数確率の問題として解析できることになる。ある高水流量$Q_{max}=Q_1$の超過確率としては，図-1に示すような面においてQ_1曲線で区切られる領域の中で，Q_1より大きな高水流量を生ずるような降雨のあらゆる状態の生起確率として与えられることになる。

以上述べた方針にしたがって，びわ湖東岸の野洲川流域のある地点における確率高水流量の算定をこころみた例を説明しよう。まず，2，3の出水記録によって③式の関係を求めたのち，④式を用いて最大流量Q_{max}を年最大日雨量R_{24}および降雨分布の因子βで具体的に示したのが図-1である。



つぎに，R_{24}とβの確率分布および両者の間の相関について考えねばならないが，このうちR_{24}の確率分布としては，ここでは下限値b，上限値∞の対数正規分布を使用した。ついで，βの確率密度分布を推定しなければならないが，この分布に関しては，現在，理論的に不明な点が多い。そこで，実際の資料の中から24時間継続した降雨をとり出して，その分布状況からβを算出し，その確率分布を調べねばならないが，彦根の降雨記録を利用した結果では，ほぼ一称な分布に近いようであった。つぎにR_{24}とβとの間の相関を調べたが，両者の間には相関があるとは認められなかった。

以上によって，図-1におけるいろいろの高水流量に対応する超過確率を求めることができる。すなわち，R_{24}軸に平行な直線でQ_1曲線の上の領域を細かく分割し，各領域ごとに超過確率を計算したのち，それを加算すればよい。こうして求めた結果を示したものが，図-2の実線である。また，平均的な意味で$\beta=0.5$の一定値として従来のように日雨量のみを確率変量とした場合の結果が同図の中で破線で示されている。



この図から本例では，流量が大きい範囲に対しては，降雨配分の危険率βを0.5とした場合の超過確率が，βの一称分布を仮定したものより，わずかに小さな値を与えていることがわかる。なお，

なお，以上の計算では，$R_{24}\sim\beta$面で，R_{24}軸に平行に細分し各分割領域の超過確率を加算したが，βの分布が一称でない場合には，加重平均によって超過確率を計算しなければならない。