II−25　　地形特性からみた洪水予知に関する研究

京都大学防災研究所　正員　石原安雄
〃　〃　○長尾正志
大阪府　〃　古沢裕

近年流域面積が数百 km^2 以下の小流域，すなわち水源地に洪水調節を含む多目的ダムが数多く建造されたが，こうしたダムにおいて洪水調節を有効に行なうにはまず才1に洪水を予知することが必要である。一方，洪水の流出機構はかなり明確にされ，中間流出と表面流出の間の相違が明らかにされてきている。本研究はこうした点に着目し，さらに流域の地形特性を考慮したときの洪水の予知問題を雨量法を用いて検討しようとしたものである。

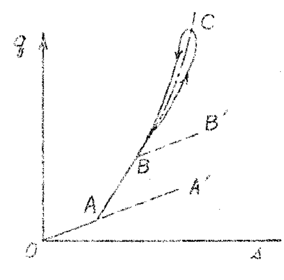
1.　流域貯留量と流出量との関係

流域貯留量と流出量との間の関係を1：1と仮定して計算を行なう方法を一般に貯留法といっているが，こうした方法がいかなる場合に適用しうるものであるかを検討しよう。いま流出高の単位で表わした流量を q，単位面積当りの貯留量を s，有効降雨を r_e とすると，(1)式が成立する。そこで s を q のみの関数として，$T = ds/dq$ とおくと(2)式がえられる。(1)および(2)式が貯留法の基本式であって，$s = s(q)$ または $T = T(q)$ と仮定すれば，r_e が与えられたときに流出量 q が計算できるわけである。

$$\frac{ds}{dt} = r_e - q \quad \cdots\cdots (1)$$

$$T\frac{dq}{dt} = r_e - q \quad \cdots\cdots (2)$$

ところで最近の研究によると，地下水流出および中間流出に関しては s と q との間の関係はほぼ直線で表わされると考えてよい。この関係を図示したものが図−1であって，OAA' が地下水流出，$A'ABB'$ が中間流出に対応している。洪水の場合に A 点が A' 線上のどこにくるかは初期流量によって変わる。中間流出は AB に沿って増加しほぼ飽和した B 点から表面流出が始まる。表面流出はその性質上必ずループを描くはずであるが，ループの大きさは降雨状態を一定とすれば，流域の斜面勾配が大きいほど小さくなるはずである。したがって，少なくとも表面流出に関しては厳密には貯留法を適用できないが，実用上からは単位図法とともに非常に便利なものであるので，この方法がいかなる流域特性のときに適用できるかを検討したわけである。



図−1

使用した資料はわが国の河川の最上流にある多目的ダムにおけるもので，48〜320 km^2 の面積をもつ18の流域である。5万分の1の地形図で河川次数は3〜5次であり，また同じ地形図を用いて流域の種々の地形解析を行なった。

ところで，水平分離によってえられた流量 q_d，（以下では簡単のために直接流出分を表わす添字 d を省略して q と記す。）と W-index法によって初期損失のみを除いた雨量 r を用い，有効降雨 r_e を $r_e = r\cdot(\int q\,dt / \int r\,dt)$ によって算出し，(1)式によって q に対応する直接流出分の貯留量 s との関係

を計算した結果，　図-1に示すように明瞭にループを描くものと，ほぼ一本の曲線に沿うかまたは上昇期と下降期とがほぼ平行した曲線を示す場合とがあることがわかった。そこでループの程度によって流域を分類し，先に求めた地形解析の結果とを比較検討したところ，多少の例外はあるが流域の平均斜面勾配 $\tan\theta$ が約 0.5 ～ 0.6 以下の場合はループが顕著であり，他は明瞭なループを描かないことが判明した。したがって，流域の平均斜面勾配がこの限界以上の場合にのみ，(1)または(2)式によって洪水流出の全貌が近似的に計算できるわけである。なお，この場合の平均斜面こう配は，5万分の1の地形図の上で1 Km 間隔の格子点を中心として半径 5 mm の円を描いたのち，円内における標高の最高と最低の差を円の直径(250 m)で除した値の平均値として求めたものである。

2. 洪水の予知法

顕著なループを描かない場合には，(1)または(2)式を用いてよい。そこで，表面流発生時の値に添字0を付けて示すと，表面流は Manning 型の流速公式に従うと考えられるので，近似的に次式が成立する。

$$s - s_0 = K\cdot(q - q_0)^{3/5}\ ,\ K \text{は定数} \cdots (3)\ ,\quad T \equiv \frac{d(s-s_0)}{d(q-q_0)} = \frac{ds}{dq} = \frac{3}{5}K(q-q_0)^{-2/5} \cdots \quad (4)$$

したがって，直接流出分 q と有効降雨 r_e とを用いて，貯留量 $s = \int (r_e - q)\,dt$ およびその微分係数 $T = (r_e - q)/(dq/dt)$ を算出しておき，$\log q \sim \log T$ の曲線より q の大きいところで(4)式にもっとも適合する K，q_0 を求める。さらにその q_0 を用いて図-2 に示すように $\log(q-q_0) \sim \log(s-s_0)$ 曲線を描き(3)式の関係を検討する。この両者を同時に満足するものとして(3)または(4)式を確定すると，中間流出領域における s と q との関係は　$q \sim s$ 関係で $(q_0,\ s_0)$ 点まで比例的な関係として与えられる。図-3 はこうして求められた $q \sim T$ の関係である。また，この関係は hydrograph のてい減部の記録のあるときには，中間流出分のてい減係数からも求められるので，検証の材料となる。

以上のようにして，直接流出全域に対する $q \sim s$，または $q \sim T$ の関係が求められると降雨から流出量を計算することは極めて容易である。なお，$q \sim T$ 関係を用いる場合，淀川の洪水予報に用いられているように，雨量とある時刻の流量とを与えて次の流量を推定することができるので，洪水予知の場合には便利であろう。なお，ループを描く場合には T を適当に仮定することによって予知計算が可能であるが，さらに簡単かつ合理的な計算法は今後の研究課題である。

図-2

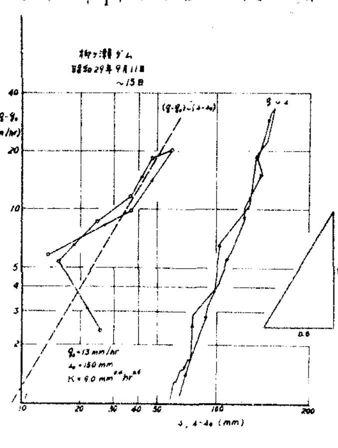


図-3