III—12　　総合單位図に関する研究（第2報）

金沢大学工学部　正員　金丸昭治
京都大学工学部　正員　梅田貞夫

雨量から河川の流出曲線を求める方法は古くから研究され，いわゆる従来の單位図法をはじめ，アナログコンピューターによる方法など，数多くの計算法が提案され，それぞれの立場で注目すべき成果をえているが，これらの計算法を適用するには過去の出水記録を必要とするために，出水記録のない河川に対して適用することは非常に困難である。このような河川の出水を推定するために考えられたものが總合単位図であって，これは数多くの河川について單位図を求め，それらの河川，流域の有する諸要素と單位図の要素との関係を明らかにしたものである。これを用いれば，出水記録がなくても，問題とする河川の諸要素からその河川の單位図を求め，流出を算定することができる。しかしながら，過去の研究によれば，従来の單位図法をそのままわが国の河川に適用することは不適當であり，ある種の修正を必要とすることが認められている。以上のことを考慮して，任意の流域の地図と地被状態に関する調査資料とから下流端の流量を算定出来るような，いわゆる總合單位図の作成を目的として，次に述べるような新らしい計算法を採用して降雨から流出を算定することにした。

一般に，流域内にはその面積に比例する雨水が供給され，これが流路を流れて下流端に達するのであるから，流路に沿った流域面積の分布状態が下流端の流出曲線に大きな影響を与えるはずである。流路に沿った下流端からの距離をx，流域面積をAとすれば，xとdA/dxとの関係を示すグラフが流域面積の分布状態を示すことになる。ところで，流域内の各地点から下流端までの流下速度が等しければ，上の関係図が單位流出量曲線の基礎となるはずであるが，天然の流域では各地点からの流下速度が異なるために，xとdA/dxとの関係図をそのまま利用することはできない。そこで，ある地点からの平均流下速度v_xがその流域の最上流端($x=L$)からの平均流下速度v_Lに等しいとした場合に，下流端への到達時間が等しくなるようにxをXに，dA/dxをdA/dXに変換し，このXとdA/dXとの関係図を利用することにした。すなわち，この関係図を利用すれば，Xなる位置に微小面積ΔA_xに比例する雨水が供給され，どのXからも等しい流下速度で下流端に達すると考えてよいことになる。したがって，XおよびdA/dXは次のようにあらわすことができる。

$$X = x\cdot v_L/v_x, \qquad dA/dX = (dA/dx)\, v_x/v_L$$

v_x/v_Lは流路の勾配と流域面積の分布状態による影響を考慮して，次の式から求める。

$$\frac{v_x}{v_L} = \left(x\int_0^L \frac{1}{\sqrt{i_x}}dx \Big/ L\int_0^x \frac{1}{\sqrt{i_x}}dx \right)\left\{ \frac{1}{\Delta A_x^{1/3}}\frac{1}{L}\int_0^L \frac{1}{A_x^{1/3}}dx \Big/ \frac{1}{\Delta A_L^{1/3}}\frac{1}{x}\int_0^x \frac{1}{A_x^{1/3}}dx \right\}$$

ここに，i_xは下流端から流路に沿ってxだけ上流の地点における流路勾配，A_xはその地点から上流にある流域面積である。上式において，（　）は流路勾配による影響を示し，｛　｝は流路に沿った面積の分布状態，すなわち，支川の分布状態による影響を示している。

次に，單位流出量曲線を求めるためには，Xを時間Tに，dA/dXをdA/dTに変換しなけ

ればならない。これは，$T=X/v_L$，$dA/dT=v_L dA/dT$ のように変換されるが，これを計算するには v_L の値が必要である。そこで，流域の最上流端にある微小面積 ΔA_L に降った雨水が，下流端まで他の支流からの流入もなく単独で流下する場合の平均速度を v_{L0} として，v_L は次の式によって計算する。

$$v_L = v_{L0}\left[\frac{1}{\Delta A_L^{1/3}}\Big/\frac{1}{L}\int_0^L \frac{1}{A_x^{1/3}}dx\right]$$

ここに，〔　〕は支川合流による影響を考慮したものである。この v_L を用いれば，T および dA/dT はそれぞれ次のようにあらわすことができる。

$$T=\frac{L}{v_{L0}}\Big/G(x),\qquad \frac{dA}{dT}=v_{L0}\frac{x}{L}G(x)\frac{dA}{dx},$$

$$\text{ただし}\quad G(x)=\left[\int_0^L \frac{1}{\sqrt{i_x}}dx\cdot\frac{1}{\Delta A_L^{1/3}}\right]\Big/\left[\int_0^x \frac{1}{\sqrt{i_x}}dx\cdot\frac{1}{x}\int_0^x \frac{1}{A_x^{1/3}}dx\right]$$

上の T と dA/dT との関係を図示したものが単位流出量曲線である。ところが，v_{L0} が流路への流出高の変動によって変動するはずであって，ここに降雨強度の変化および山腹斜面の影響が導入されることになる。最上流端から下流端まで流下するに要する時間を T_L とすれば，$v_{L0}=L/T_L$ であり，L と T_L との関係は次の式で与えられる。

$$L^2=\left\{\omega^2\cdot\Delta T-6\mu\log\left(\frac{T_L-\Delta T}{T_L}\right)\right\}\frac{T_L\,(T_L-\Delta T)}{\Delta T}$$

ここに，ω は m/sec. 単位では，

$$\omega=C_L\left(\frac{r_t}{3.6}\right)^{\frac{1}{3}},\qquad \text{ただし，}\quad C_L=\frac{3}{2}\left\{g\Big/\left(\frac{1}{L}\int_0^L\frac{1}{C\sqrt{i_x}}dx\right)^2\right\}^{\frac{1}{3}}\frac{1/\Delta A_L^{1/3}}{\frac{1}{L}\int_0^L\frac{1}{A_x^{1/3}}dx}$$

で与えられ，ΔT は単位時間，μ は河相係数とよばれ，10^7(C.G.S.)程度の定数とする。r_t は流路への流出高(mm/hr.)，g は重力の加速度，C は河床の粗度，流路の彎曲などによる影響を示す無次元量であって，一般の河川では10として取り扱うことにした。

以上のようにすれば，流域の地図を用いることによって，$G(x)$ および C_L が計算され，いろいろな r_t に対する T と dA/dT との関係図，すなわち単位流出量曲線が求められるのであるが，流出の算定にこの方法を採用するためには，有効雨量 r_e がどのような時間的配分で流路に流出するかを明らかにしなければならない。すなわち，$r_e=r_1+r_2+\cdots\cdots+r_n=\sum_{t=1}^{n} r_t$（$r_e$，$r_t$ ともに1時間雨量）を満足する r_t を求める必要がある。ここに山腹斜面の影響があらわれるわけであって，これは既成の単位図との相関を利用して明らかにされるはずである。二，三の河川について計算した結果からは，r_e の開始時刻から2～3時間後に流路への流出高が最高に達し，以後徐々に減少することが認められたのであるが，地被状態の違いがこの時間的配分率にかなり大きな影響を与えるようである。

以上の結果から，地図と地被状態に関する若干の資料とを用いて流出の算定を可能にする見通しがついたのであるが，残された問題が多く，今後もここで提案した計算法をさらに詳しく検討するとともに，他の多くの河川について計算し，山腹斜面の影響を一層明確にして，出水記録が皆無の河川についても，かなり高い精度で流出の算定ができるよう研究を進めていくつもりである。