

1. まえかき 単位図法の仮定は、大きくわけて次の2つになると考えらる。①継続時間が同じで、強度の異なる矩形降雨による表面流出の時間的配分は同じ。(比例仮定としておく) ②単独降雨による流量曲線を重ね合わせて、連続降雨による流量曲線がえられる(重ね仮定としておく)。

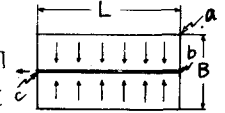


図-1 矩形模型流域図

これらの2仮定は流出現象の線形性を仮定したものに外ならない。ここでは図-1の模型流域に矩形降雨があつた場合の下流端流量曲線を等流式の特性曲線法によつて算定して、上記の2仮定を検討し、単位図法の適用条件などについて若干の考察を試みたものである。

2. 降雨時間と到達時間との大小関係による分類 t_s と q_s を降雨始めに斜面上流端a(図参照)を発生する特性曲線が斜面下流端bに達する時刻とその時刻の流量とし、 t_{sd} を t_s と t_d との時間差(q_s の継続時間となる)、 t_{rps} を斜面からの流入量 q_s のとき、河道上流端の雨水の影響が下流端に到達する時間として、 t_d と到達時間との長さの關係により流出を次のように分類する。すなわち [A-1] と $t_d < t_s$ で $t_{sd} > t_{rps}$, [A-2] と $t_d < t_s$ で $t_{sd} < t_{rps}$, [B] と $t_d = t_s$, [C-1] と $t_d > t_s$ で $t_{sd} < t_{rps}$, [C-2] と $t_d > t_s$ で $t_{sd} > t_{rps}$ とする。この場合 [A-1] と [C-2] では河道下流端の流量曲線は peak が継続する。また [C-2] は流域全体が定常状態に達した場合である。図-2 は [A-1] ~ [C-2] のあらわれる条件を示している。図中の Y_0 は標準降雨強度、 Y_c は矩形降雨強度、 T_s および T_r は Y_0 に対する特性曲線の斜面到達時間および河道到達時間、 l, N および I は斜面の延長、粗度および勾配、 L, n, i および F は河道の延長、粗度、勾配および流域面積、また K, p は河道断面形に関する定数であつて、 A を流域、 R を水深とすれば、 $AR^{2/3} = K A^p R^{1-p}$ により定義されるものである。図-2 は $m = \frac{T_r}{T_s} = 0.1$ の場合であるが、 T_r が大きくなるにつれ、②線は変わらないが、①、③線は②線からはなれてゆく。図-2 により、 T_s, T_r が小さい程、また Y_c, t_d が大きい程 [C-2] になりやすいといえる。

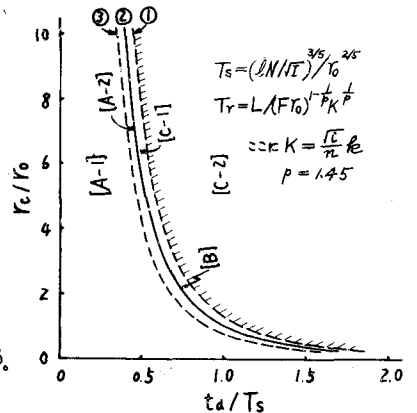


図-2 [A-1] ~ [C-2] のあらわれる降雨および流域条件 ($F.F.L m = T_r/T_s = 0.1$ の場合)

3. 線形仮定の検討 まず比例仮定をみるため、矩形降雨の継続時間と同じにして、強度を変えて河道下流端の流量曲線を求めると図-3となる。これを流量配分図の単位にするため、 $\frac{Q}{FY_c}$ としてものが図-4である。もし比例仮定が成立すれば、図-4の各曲線群は一致しなければならぬ。次に重ね仮定をみるため、2つの矩形降雨が連続した場合の計算を行うと、図-5となる。図の流量曲線のうち、実線は矩形降雨1つの流量曲線、矢線は実線の流量曲線の重ね曲線、鎖線は連続降雨の流量曲線である。

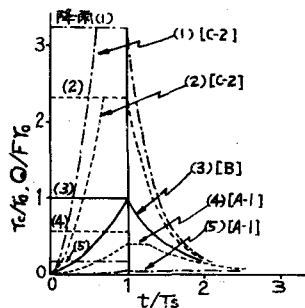


図-3 降雨強度の変化による流量曲線の変化 ($m=0$)

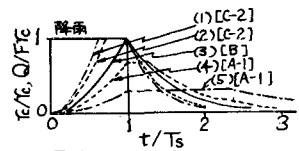


図-4 比例仮定の検討 ($m=0$)

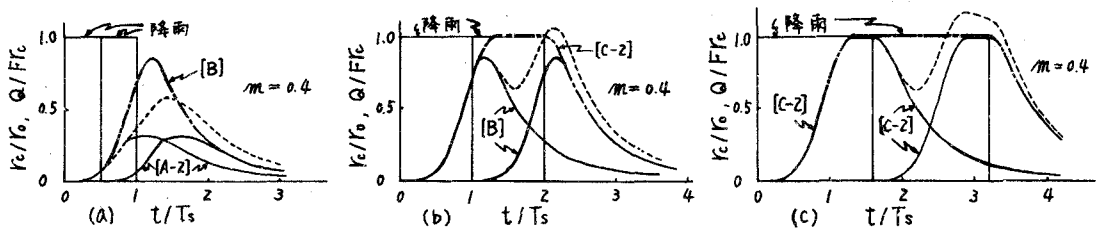


図-5 重畳仮定の検討

もし重畳仮定が成立すれば、図の点線の曲線は鎖線の曲線と一致しなければならない。

図-4.5からみると、[C-2]の流量曲線であれば、ほぼ比例仮定、重畳仮定を満足するが、[C-1]より[A-1]になるにつれ非線形性が強くなる。すなわち[C-2]曲線が単位図として用いられるものといえる。[C-1]～[A-1]曲線では、降雨強度が大きくなると、流量配分図のpeakは大きく、その出現時刻は早くなり、また連続降雨の流量曲線は単独降雨の流量曲線の重畳曲線よりpeakは大きく、その出現時刻は早くなる。

次に以上の結果は特性曲線法によるものであるが、特性曲線法に含まれない河道の不整に基づく貯溜効果について考えてみる。貯溜効果は流量が大きい程大きくあらわれてpeakを減少させるから流出現象の非線形性を打消すように作用することが想定される。したがって、貯溜効果が大きい程[C-2]より[A-1]の方へ進んだ状態でも線形性をもつてはならないかと考えられる。

4. 単位図法の検討 以上のことから、単位図法の適用条件について考察すると、いま単位図の単位時間を Δt_0 、矩形降雨に対する流量曲線の線形性がほぼ成立する最小限の矩形降雨の継続時間と Δt_2 、流出曲線にほとんど変化を与えない範囲で降雨の柱状化を行うことのできる最大限の区分時間と Δt_1 とすれば、

$$\Delta t_1 \geq \Delta t_0 \geq \Delta t_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

が単位図法成立の条件（この場合の単位図法は降雨強度などで単位図を変形させたりしない本来の意味のもの）となる。 Δt_2 は特性曲線法によれば、前述のように、その矩形降雨の強度に対する到達時間であり、貯溜効果を考えれば、これより短い時間となるものと考えられる。(1)式が成立するためには、 Δt_1 を大きくとりうる点で、降雨の時間的变化が小さいこと。 Δt_2 を小さくとりうる点で、①到達時間が短いこと、および②貯溜効果が大きいことが必要である。①のためには、降雨強度が大きく、また流域が小さく流れ易いことが必要であり、②のためには、河道断面が流れ方向に不整であること、また流域が大きいことが必要である。①と②とは流域の大きさと逆のことが要求されるが、貯溜効果などの程度、流出現象の線形性に影響を及ぼすのかをわからなければ、流域の大きさに関する結論はえられず、この点については今後の研究にまたねばならない。

次に図2の[C-2]の条件からわかるように、一般には Δt_2 はかなり長く、 $\Delta t_1 < \Delta t_2$ と考えられるが、この場合は Δt_1 で矩形化された各降雨に流出の非線形性を考慮して単位図の適用を行わねばならない。このためには、その降雨の強度のみならず、その前後の降雨分布をも考慮して、適用する単位図を変えてゆかねばならないと考える。

文献 1) 岩垣雄一・高橋琢馬：降雨および流域特性が流出関係に及ぼす効果について、京大防災研究所創立5周年記念論文集、昭31//