II－20　特性曲線による出水解析法の検討

九州大學工学部　正員　上田年比古

出水解析における特性曲線法（水理学的方法）は，理論的根拠がかなり明確であるが，なお適用上，問題点があるので，その2,3の検討を行った結果をのべる。

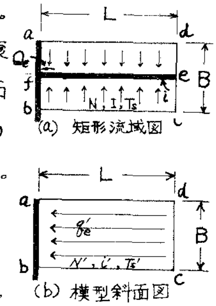

図-1

1. 等価粗度係数と流域の模型化について　特性曲線法では，計算の複雑化を防ぐため，実際の斜面と小支川とで混成された流域を一つの斜面（模型斜面としておく）とみなして，矩型流域化して計算を進める。この場合，模型斜面の粗度は流出現象を等価ならしめる所謂等価粗度を用いる。いま図-1(a)のabcdを実際の斜面と小支川とで混成された小流域とし，これらを一つの斜面とみなしたものを図-1(b)のabcdとし，図-1(a),(b)ともに，その下流端でさらに大きい支川abに流入するものとする。いま(a),(b)図ともに同一の2等辺三角形降雨があったとして，(a)図の小支川下流端流量Q_eが支川abに平均に流入するとした場合の単位巾当りの流量Q_e/Bと，(b)図の模型斜面下流端流量q_e'とが等しくなるような(b)図の斜面の粗度について考察し，等価粗度の検討を行ってみた。その結果を図-2に示している。計算は連続と等流の運動方程式から，特性曲線上を数値積分によってもとめ，下流端の流量曲線を算定した。ここにr_0は標準降雨，aは降雨強度の時間的増減率すなわち$r=at$，t_dは降雨時間，T_sおよびT_s'はr_0によって流域が定常状態になっている場合，等流式の成立を仮定してえられるところの，斜面上流端の雨水の影響が斜面下流端に達する時間であり，

図-1(a)のdeについて，　$T_s=\left(\frac{lN}{\sqrt{I}}\right)^{\frac{3}{5}}/r_0^{\frac{2}{5}}$　----(1)

図-1(b)のdaについて，　$T_s'=\left(\frac{LN'}{\sqrt{i'}}\right)^{\frac{3}{5}}/r_0^{\frac{2}{5}}$　----(2)

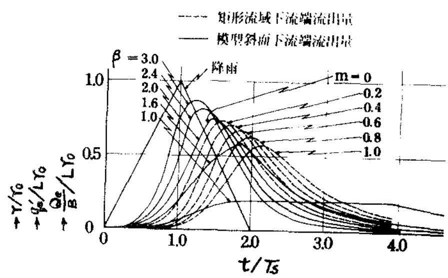

図-2

$\beta=\left(\frac{a}{r_0}\right)^{\frac{2}{7}}t_d/T_s'^{\frac{5}{7}}$，　$m=\frac{T_r}{T_s}$

またT_rは上記の定常状態の場合，等流式の成立を仮定してえられるところの，河道上流端の雨水の影響が下流端に達する時間であり，

図-1(a)のefについて，　$T_r=L/(Fr_0)^{1-\frac{1}{p}}K^{\frac{1}{p}}$　....(3)

ここにFは図-1のabcdの面積であり，K, pは河道efの断面形，粗度および勾配に関する定数で，流量をQ，断面積をA，粗度をn，勾配をiとしたとき，

$$Q=\frac{\sqrt{i}}{n}AR^{\frac{2}{3}}=\frac{\sqrt{i}}{n}kA^{p}=KA^{p}\qquad\text{---- (4)}$$

で定義されるものである。図-2は

$$a=r_0/T_s,\quad t_d/T_s=2.0\qquad\text{..... (5)}$$

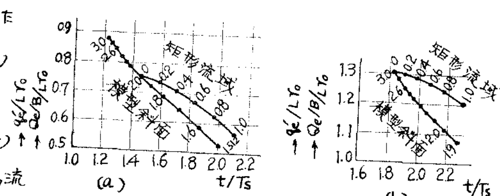

図-3

の降雨に対するものであり，図-1(a)の流域下流端流量は，その流域のmに対する点線の曲線で，模型化された図-1(b)の斜面下流端流量は，その模型斜面に対するβの実線の曲線である。したが

つて、図の各mに対する実線曲線($m=0$の曲線のみ実線)に一致する実線の曲線があれば、その曲線のβに対するN'が与えられた図-1(a)の流域および降雨に対する等価粗度といえる。いま図-2の両曲線を比較すると、$m=0$と$\beta=2.0$の曲線が一致し、mが大きくなるにつれ、両曲線の相異は大きくなってくる。次にこの両曲線のpeakをとりだして比較すると図-3(a)となる。同様にして、$a=r_0/T_s$, $t_d/T_s=3.0$の2等辺三角形降雨について求めると、図-3(b)となる。これらの図から、$m=0$をのぞいて、一般に図-1(b)の模型斜面の流出は図-1(a)の流域の流出よりpeakの時刻が同じ場合peakの大きさは低くなる。したがってmが0に近い場合以外には等価粗度は存在しないといえる。$m=0$の場合とは、図-1(a)の河道の流速が∞の場合であり、このときの等価粗度を求めてみると、$\beta=2.0$のβの式中に(5)式を入れれば、

$T_s=T_s'$ …… (6)　　∴ $N'=\left(\frac{B}{2}/L\right)\sqrt{\frac{i'}{I}}\,N$ ……… (7)

以上のことから考えれば、特性曲線法によって出水解析を行う場合、河道流下時間を斜面流下時間に比して無視できる程度の小流域まで分割して、流域の模型化を行なわねばならないといえる。

(7)式によって、等価粗度N'は実際の斜面の粗度N以外にも斜面勾配、斜面長などに関係する。たとえば筑後川上流の志賀瀬川($F=51.63\,Km^2$, $L=14.0\,KM$, $B=3.69\,Km$)と北里川($F=46.38\,Km^2$, $L=12.7\,Km$, $B=3.65\,Km$)では、従来の方法で矩形化した場合、北里川の本川が流域の片側を流れているため、その模型斜面長が前掲の括弧内に示すように、非常に長くなり、同じ粗度$N=1.5$を用いた算定結果は図-4,5となって、北里川では非常に扁平化する。いま両者の流出現象を考えると、両流域とも多くの支川でおおわれていて、実際の斜面はほとんど変らず、しかも流出が主として斜面によってきまることから考えれば、両曲線(無次元化したもの)はそれ程大きい差異はないと考えられる。図に現われたこの相異は、模型流域の斜面長が異なっても同じNを用いたためと考えられる。したがって等価粗度とともに樹枝状構造模型など流域の模型化法についても検討が必要である。

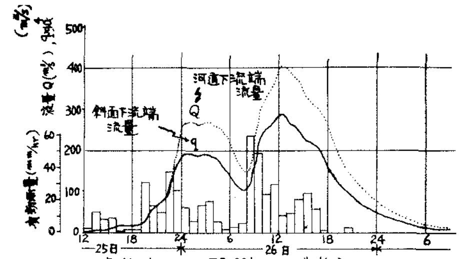

図-4 志賀瀬川(昭和28年6月洪水)

2. 貯留効果と有効降雨のとり方について

特性曲線法では運動方程式として等流式を用いているため、河道断面の不整にもとづく貯留効果が入っていないが、特性曲線法ではこの効果をすべて等価粗度Nに入れているためNは非常に大きな値をとらねばならず、このため到達時間が非常に長くなって、特に初期の降雨変化は算定流量に現われない。有効降雨の時間的分布が扁平となる流出係数一定とした有効降雨のとり方は、この効果の導入をある程度補ったものと考えられ、一定の降雨強度を差引いて有効降雨をとる方法に比べて、適合度がよいようである。これについての計算結果は講演時にのべる。

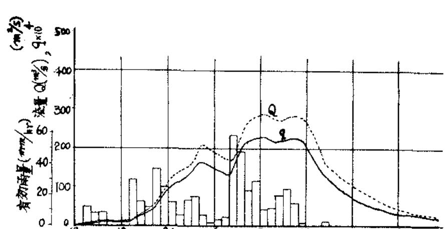

図-5 北里川(昭和28年6月洪水)