II-60　シミュレーションによる確率流量解析例

建設省北陸地建　正員　青木佑久

河川の計画高水流量（基本高水流量）を策定する場合には，当該河川の基準点等における洪水ピーク流量の確率解析が必要になるが，本報告では，既往の流量資料が少ない場合に，既往洪水の降雨特性（総雨量，降雨の時間分布，地域分布）に基づいて多数の流域内降雨を乱数発生させ，これを流出計算して多数の高水群となし（いわゆる「洪水流出シミュレーション」），そのピーク流量を確率処理して確率高水流量列を求める方法を試みたので，その結果を報告して諸賢のご批判を仰ぐ次第である。

1. 概要

河川の計画高水流量（基本高水流量）を算定する場合に，その確率解析手法に2様の流れがある。すなわち，

① 既往降雨を確率解析して計画降雨（その時間分布形を含む）を定めて，その流出計算値を計画高水流量（基本高水流量）とする方法，および，

② 既往の実測洪水流量または流出計算による洪水流量を確率解析してその確率流量を計画高水流量（基本高水流量）とする方法，

である。①の方法は，従来，下水道あるいは中小河川において，ピーク流量のみを求める手法として広く適用されて来たものであるが，近ごろでは淀川などの大河川でもいわゆる「2日雨量引伸し方式」によって計画高水流量およびダム調節のための流量ハイドログラフの設定にも適用されるようになって来た。②の方法は，「計画高水流量は，本来，氾濫→治水の尺度として設定するものであり，氾濫と治水の対象は高水位・高水流量であるから，計画高水流量は，その名の通り，高水流量（高水位）の確率値を以って定義すべきである」との考えに基づくものであって，その例として，利根川の計画高水流量（基本高水流量）の試算に適用されている。

①の方法と②の方法とは本質的にまったく異質の方法であって，両者によって算定した高水流量は一致しない。①，②のいずれが当を得ているかは，今後，統計学行政面での検討が必要であるが，本報告では，②の立場に立った場合の一つの手法として，洪水流出シミュレーションによる確率高水流量を解析した例を示すものである。

2. 解析方法

解析事例として，北陸地方のC川の基準点Eより上流の流域（流域面積約6500 km^2）において確率高水流量を試算した例を述べる。

流出計算はすべて既成の貯留関数法（E地点より上流を14小流域8河道に分割）によって行ない，流域降雨量については，A，B，C，D，Eの各点ごとの5流域に区分割して，1流域に含まれる各小流域には同じ降雨が降るものと仮定した。

下記の乱数発生方法により500洪水を発生させた。

i）乱数による5流域の2日雨量の発生

まず，既往の全流域平均2日雨量の発生頻度分布（対数正規分布）に基づいた乱数発生により全流域平均2日雨量を求め，これを既往の2日雨量の地域分布（5流域の2日雨量比率）に基づいた乱数発生により5流域に配分して，それぞれの2日雨量を決定する。

ii）降雨の時間分布型の設定

降雨の時間分布形については，利根川の計画高水流量（基本高水流量）を試算する際に採用した「時間分布指数 ℓ」（次式）を適用して，各5流

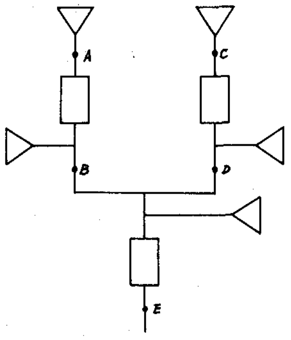


図-1 C川流出モデル図

域について、それぞれのℓの累加曲線により5降雨分布型(台風型〜前線型)に分類する。(5流域×5分布型／流域=25分布型)　25分布型について既往洪水から代表降雨を選び、その降雨の時間分布形(%表示)をもって当該流域当該分布型の降雨時間分布形とする。

$$\ell = \frac{r_1^2 + (r_1 + r_2)^2 + \cdots + (r_1 + r_2 + \cdots + r_n)^2}{(r_1 + r_2 + \cdots + r_n)^2} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{i=1}^{i} r_i\right)^2}{\left(\sum_{i=1}^{n} r_i\right)^2}$$

(r_i：各時間雨量，$i=1$：降雨開始時刻，$i=n$：降雨ピーク時刻，$\Delta t = 1\,hr$)

iii) 乱数による5流域の時間分布型の発生

まず、既往の全流域平均時間分布指数の発生頻度分布(対数正規分布)に基づいた乱数発生により、全流域平均時間分布指数を求め、これを既往の時間分布指数の地域分布(5流域の時間分布指数比率)に基づいた乱数発生により5流域に配分して、それぞれの時間分布指数を決定する。各5流域の降雨時間分布型は、それぞれの時間分布指数が属する分布型とする。

iv) 時間雨量の決定と流出計算

i)で求めた2日雨量とiii)で求めた降雨の時間分布型の時間分布形(%表示)とは互いに独立であると仮定(流域の2日雨量と時間分布指数とには有意な傾向が見当らない)して、各5流域について両者を乗じて、当該洪水当該流域の時間雨量とする。各500洪水について各流域の時間雨量をC川洪水流出計算(貯留関数)に代入して、A、B、C、D、Eその他の地点におけるピーク流量を求める。

v) ピーク流量の確率処理

既往の年間洪水発生数の分布(1〜8回／年，正規分布)に基づいた乱数発生により各年洪水発生数を定め、これによりiv)で求めた各地点におけるピーク流量についてその年最大値を確率処理して確率高水流量を求める。

500洪水は約130年分になる。

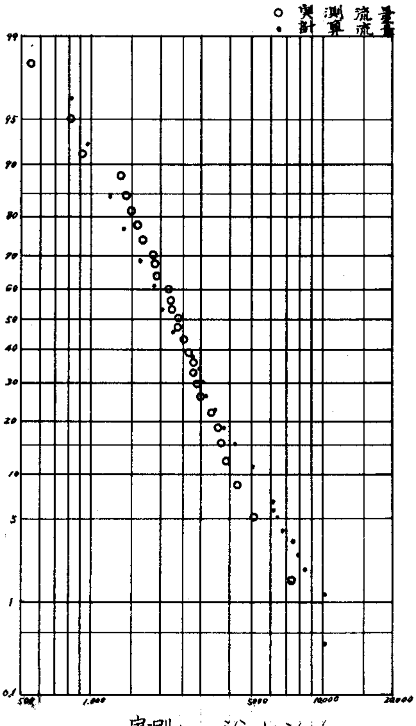
3. 解析結果

以上の手法によりC川の確率高水流量を解析した結果のうち、E地点の高水流量を例にとって図－2に示す。この図から判断しておゝむね次のことが言える。

① 2日雨量と降雨の時間分布とから求めた(洪水流出シミュレーションの)ピーク流量の確率分布は、流量の大きな部分を除いてほゞ実測流量の確率分布に相似している。

② 流量の大きな部分において流出シミュレーションのピーク流量が実測流量のピーク流量よりも大きいのは、流域・河道の貯留関数のなかに大流量時の氾濫(貯留効果の増大)を無視しているのも一因であると考えられる。

本解析は、建設省北陸地建の高木啓輔、伊藤宏美、武田宏、臼井博美、森田米郎、山名清郷、本間勝一，桜井三朗の各技官の協力によるものであり，土研水文研究室橋本健研究員の助言を得たことを付記する。



実測およびシミュレーションによる
図－2　確率高水流量(E地点)