

国立防災センター 正員 青木浩久
 〃 正員 岸井徳雄
 建設省土木研究所 正員 石崎勝義

本稿は、別報告「全国流出試験地調査による洪水流出率及び貯留関数の定数の検討」に引き続くものであり、従って自然流域～市街化流域、浸透流域～非浸透流域の基準は同一である。ここで対象とした流域は、開発状況の異なる試験地を横並び（空間的）に考察した結果であり、それぞれの試験地の都市化を縦（時間的）に追跡したものであるが、流域の都市化による流出変化を推定する場合の十分な参考資料となり得るであろう。

1. Kinematic Wave法に基づく洪水到達時間

合流式は洪水のピーク流量（とくに中小河川および都市下水道の計画高水流量等）を推定するための実用式である。

$$Q_p = (1/3.6) \times f_p \gamma A \quad (1)$$

（ Q_p : 洪水ピーク流量（ m^3/s ）, f_p : 流出係数, γ : 洪水到達時間内平均降雨強度（ mm/hr ）, A : 流域面積（ km^2 ））

(1)式中の降雨強度 γ を求めるための「洪水到達時間」は、一般に、同一流域または同一河道においても、その時の降雨量、水位、流量乃至これらの時間的変化などによって変動するものであって、一定値ではない。しかしながら、計画高水流量を策定する場合などには、これを変動値とすると実務作業が困難になるので、多くの場合、簡便実用的な手法、すなわち、①流域の形状等から推定する方法、②既往洪水の遅れ時間の平均値と比例係数して推定する方法などが用いられている。昭和47年度に土木研究所が解析した式は②の方法を用いて、これを①の関数形で表わしたものである。

角屋らはKinematic Wave法の理論に基づいて、洪水到達時間の実用推定式として、

$$t_p = CA^{0.22} \gamma_e^{0.35} \quad (2)$$

（ t_p : 洪水到達時間, A : 流域面積（ km^2 ）, γ_e : 有効降雨強度（ mm/hr ））

を提案した。(2)式中の係数 C は、理論的には流域形状、等価粗度、流域勾配および斜面と河道との流下経路の比等の関数である。全国の各流出試験地に(2)式（以下「角屋式」と略称する）を適用して、それぞれの流域について求められた係数 C の値と各分類流域（流域の開発状況）ごとに平均してみると、単純平均値で、自然流域： $C=180$ 、開発途上流域： $C=80$ 、市街化流域： $C=70$ となる。

市街化流域の C の値は自然流域の C の値のほぼ $1/2.5$ となっている。開発途上流域の C の値は、対象の試験地流域数が少ないので早計な考察はできないが市街化流域とほぼ同等の値となっている。 C の値は、浸透流域、非浸透流域ともに、自然流域>市街化流域≒開発途上流域の関係が見られる。土木研究所が遅れ時間を使って解析した結果では、都市流域（市街化流域）の T_c （洪水到達時間）は自然流域の T_c と比べて約 $1/7$ の値となる。

上述した2回の調査成果において自然流域と市街化流域の洪水到達時間の比は、土木研究所の解析式の場合では、 $7:1$ 、角屋式による場合 $2.5:1$ と大きな差がみられる。これは、両方の調査において洪水到達時間の定義が同一でないこと、解析対象試験地流域が若干異なること、解析対象洪水数に大差があることなどの相違点にも依るが角屋式の次のような特徴も一因となっている。

流域諸元を固定すれば、(2)式の t_p は、係数 C と洪水到達時間内平均降雨強度 γ_e の -0.35 乗との積に比例する。一般に、洪水到達時間が短い流域では、これが長い流域に比べて、洪水到達時間内平均降雨強度 γ が大きくなり、したがって、 γ_e も大きくなる。このことから、市街化流域では、自然流域に比べて、 C →小、および $\gamma_e^{0.35}$ →小となり、その相乗効果によって $t_p \propto \gamma_e^{0.35}$ は係数 C が小さくなる程度以上に小さくなる。角屋式の t_p によって洪水到達

時間の増減比を論ずる場合には、係数Cの増減比のみでなく有効降雨強度 r_p の増減比をも含めて論ずる必要がある。又、(2)式の係数Cを求める場合に用いる r_p は、石原・高柳が提案した定義によって求めることにしているが、実験作業において求められる r_p の値は、各洪水ごとにピーク直前の流域降雨強度の所間の変動パターンによって大きくばらつく。安定した r_p の求め方について今後の発展が望まれる。

2. 合理式の流出係数

流出係数は(1)式の C_p で定義され、とくに中小河川(都市下水道を含む)において上流にダムなどの洪水調節施設がない場合に河道(または雨水排水管)の計画高水流量 Q_p と策定した深に必要となる T_p とあり、又、流出係数の値は常に $C_p \leq 1$ となるとは限らない例も、2, 3報告されている。洪水到達時間 T_p 内平均降雨強度 r_p を算定する場合に必要な T_p は、①各試験地流域ごとに洪水の逕水時間の

の平均値の2倍と固定する方法(以下、「2 T_p 方式」と略称)、②角屋式(各試験地流域ごとの係数Cを用い、(2)式に代入して C_p を求める方法)の2方法を採用し、これによって平均降雨強度 r_p を求め流出係数を算出した。この結果を流出率と同様の方法で統計処理し、各流域ごとに整理したのが図-1である。この図から次のような傾向がみられる。①流出係数が1と試されている場合もある。②全体的に市街化流域の方が自然流域よりも値が大きい。とくに浸透流域では、その傾向が顕著であるが、非浸透流域では、その傾向が鈍い。③非浸透流域では自然流域、市街化流域ともに、浸透流域よりも値が大きい。④結果だけから判断すると2 T_p 方式の方が角屋式より平均的に11%程度大きい傾向を示している。

非浸透流域では、自然流域と市街化流域では流出係数の差異は大きくないが、市街化流域の方が自然流域よりも洪水到達時間が著しく短いので両流域に同一の降雨があった場合には、生じる洪水ピーク流量は、市街化流域の方が大きくなる。

以上のことから、流域が市街化した場合に洪水ピーク流量が少なからず増大することが推定される。とくに浸透流域においては、流出係数 $C_p \rightarrow$ 大、および洪水到達時間 T_p 内平均降雨強度 $r_p \rightarrow$ 大となる相乗効果によって洪水ピーク流量は大きく増加するのである。

以上。

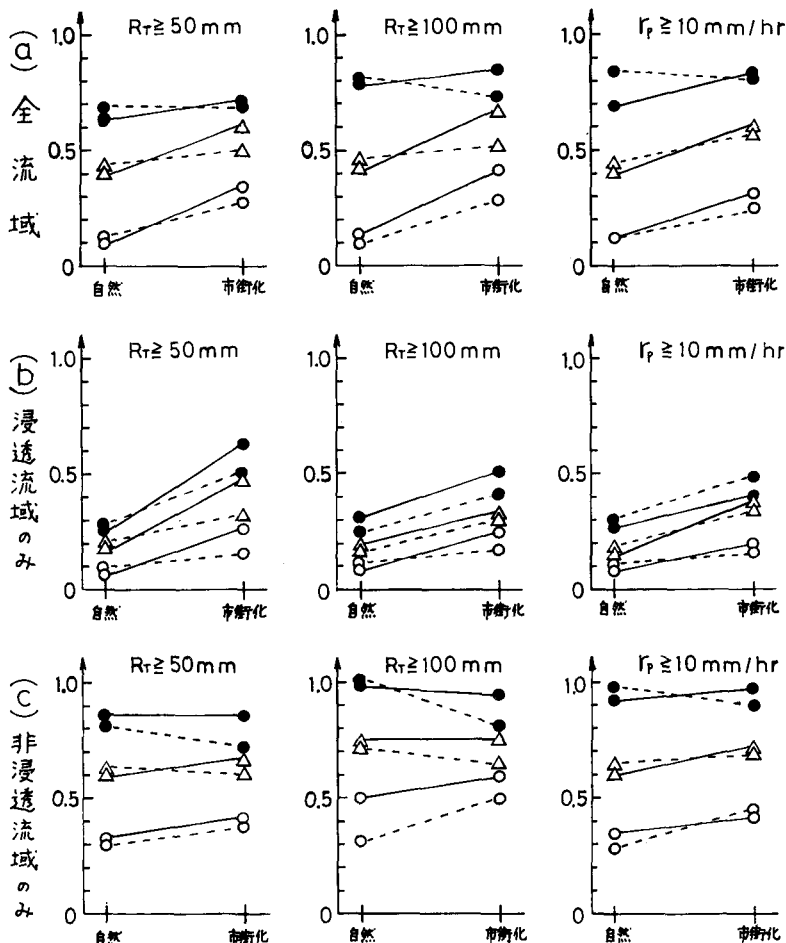


図-1 合理式の流出係数の比較

凡例 { ●—● 20%値(2 T_p 方式) △—△ 平均値(2 T_p 方式) ○—○ 80%値(2 T_p 方式)
●—● (角屋式) △—△ (角屋式) ○—○ (角屋式)
 R_r : 流域平均総雨量, r_p : 洪水到達時間内平均降雨強度