

II-203

都市化流域からの洪水流出に関する一考察

国土館大学工学部 正会員 北川善廣
早稲田大学理工学部 正会員 鮎川 登

1はじめに 流域の宅地化は、流出率の増大や洪水到達時間の短縮をもたらし、洪水ピーク流量を増大させるなど、洪水流出に影響をおよぼすが、流域の宅地化が洪水流出におよぼす影響を検討することのできる観測データを得ることは難しい。そこで、本研究では、都市化流域の洪水流出モデルによる計算結果に基づいて、流域の宅地化が洪水流出におよぼす影響および防災調節池の洪水調節効果について考察した結果について述べる。

2都市化流域の洪水流出モデル 都市化流域からの洪水流出を直接流出と地下水流出とに分けて考え、それらの流出成分をそれぞれ二段の線形貯水池モデルにより計算する流出モデル（図1）¹⁾を用いる。

面積 A の流域からの継続時間 t_r の一定強度 R_e の降雨による流出量 $Q(t)$ は、二段の線形貯水池モデルによると、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} t \leq t_r: Q(t) &= \beta \cdot A \cdot R_e \left\{ 1 - \left(1 + \frac{t}{K} \right) \exp \left(- \frac{t}{K} \right) \right\} \\ t > t_r: Q(t) &= \beta \cdot A \cdot R_e \left\{ \left(1 + \frac{t-t_r}{K} \right) \exp \left(- \frac{t-t_r}{K} \right) - \left(1 + \frac{t}{K} \right) \exp \left(- \frac{t}{K} \right) \right\} \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 K は貯留係数、 β は単位換算係数である。

貯留係数 K は、地下水流出については $K_g = \text{const.}$ とし、直接流出については次式で与える。

$$K_d = t_c / 4 \quad (2)$$

$$t_c = \begin{cases} t_{co}, & t_{co} = \beta_1 \{ L / (\alpha R_{ed}^{2/3}) \}^{3/5} & : t_r \geq t_{co} \\ t_r + \beta_2 \{ 3 / (5\alpha) \} (L - \beta_3 \alpha R_{ed}^{2/3} t_r^{5/3}) / (R_{ed} t_r)^{2/3} & : t_r < t_{co} \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 R_{ed} は直接流出に対する有効雨量、 L は流域斜面長、 $\alpha = \sqrt{\sin \theta} / N$ 、 θ は流域斜面の傾斜角、 N は流域斜面の等価粗度であり、 β_1 、 β_2 、 β_3 は単位換算係数である。

直接流出に対する有効雨量 R_{ed} は、次式で算定する。

$$R_{ed} = f_d \cdot R, \quad f_d = \begin{cases} f_{d1}: \Sigma R \leq R_c \\ f_{d2}: \Sigma R > R_c \end{cases} \quad (4)$$

ここで、 f_d は直接流出率、 f_{d1} は1次直接流出率、 f_{d2} は2次直接流出率、 R は雨量、 ΣR は累加雨量、 R_c は流出率が f_{d1} から f_{d2} に変わるときの累加雨量である。

地下水流出に対する有効雨量 R_{eg} は次式で算定する。

$$R_{eg} = f_g \cdot R, \quad f_g = f_g' (1 - f_d) \quad (5)$$

ここで、 f_g は地下水流出率であり、 f_g' は一定とする。

3流域の宅地化が洪水流出におよぼす影響 流域が山林、畑、水田および宅地として利用されている面積 0.62~6.78 km² の小流域（都市化流域）について流出計算を行った結果と宅地がすべて山林であったとした場合（自然流域）について流出計算を行った結果に基づいて流域の宅地化が洪水流出におよぼす影響について検討した。なお、雨量としては、二つの実績降雨（総雨量161mmと135mm）を用いた。また、流出モデルのパラメータは表1に示す値を用いた。

3.1 流出率 都市化流域の流出率 f_u と自然流域の流出率 f_n の比 f_u/f_n と宅地面積 A_r と流域面積 A の比 A_r/A の関係を示すと、図2のようになる。

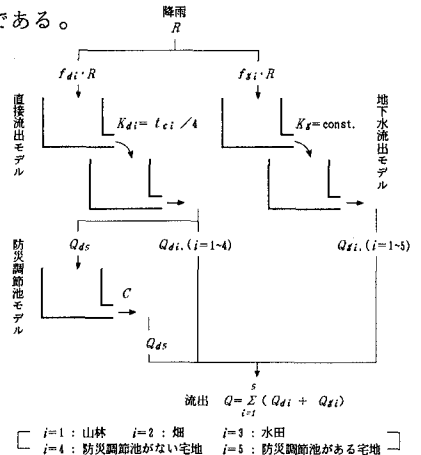


図1 流出モデル

表1 流出計算に使用したパラメータの値

土地利用形態	直接流出率			等価粗度 N	地下水流出率 $f_g' = 0.5$
	f_{d1}	f_{d2}	R_c (mm)		
山林	0.15	0.30	100	0.3	地下水流出の貯留係数 $K_g = 120 \text{ min}$
畑	0.15	0.35	50	0.2	
水田	0	1.00	20	1.0	
宅地	0.65	0	∞	0.007	

3.2 流出の遅れ時間 都市化流域の流出の遅れ時間（降雨ハイドログラフの重心と流出量ハイドログラフの重心の時間差） T_{Lu} と自然流域の流出の遅れ時間 T_{Ln} の比 T_{Lu}/T_{Ln} と A_r/A の関係を示すと、図3のようになる。

3.3 ピーク流量 都市化流域のピーク流量 Q_{pu} と自然流域ののピーク流量 Q_{pn} の比 Q_{pu}/Q_{pn} と A_r/A との関係を示すと図4のようになる。

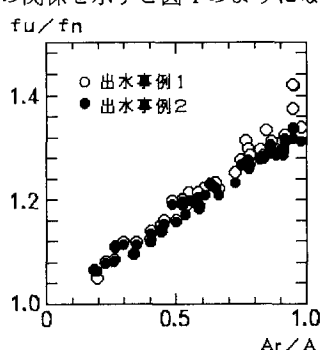


図2 f_u/f_n と A_r/A の関係

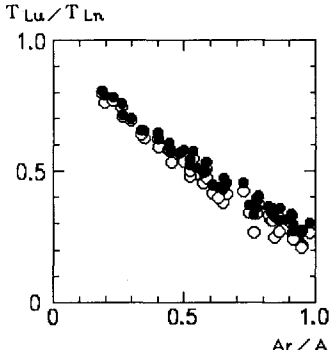


図3 T_{Lu}/T_{Ln} と A_r/A の関係

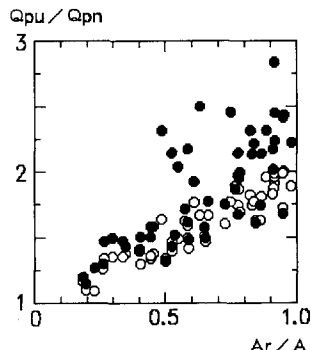


図4 Q_{pu}/Q_{pn} と A_r/A の関係

3.4 ピーク流量における宅地からの流出が占める割合 都市化流域のピーク流量 Q_{pu} のうち宅地からの流出分 Q_{pr} が占める割合 Q_{pr}/Q_{pu} を求め、 A_r/A との関係を示すと、図5のようになる。図5によると、 Q_{pr}/Q_{pu} は A_r/A よりも大きくなり、都市化流域のピーク流量においては宅地からの流出分の寄与が大きくなることがわかる。 Q_{pr}/Q_{pu} と A_r/A の平均的な関係は $A_r/A < 0.9$ の場合に

$$Q_{pr}/Q_{pu} = 1.05 (A_r/A)^{0.55} \quad ; \quad A_r/A < 0.9 \quad (6)$$

と表示され、流域の宅地化率が25%、50%、75%のときのピーク流量のうち宅地からの流出の占める割合は、それぞれ、約50%、70%、90%になると推定される。

4 防災調節池の洪水調節効果 防災調節池の洪水調節効果を計算した結果¹⁾に基づいて、防災調節池の設置による洪水ピーク流量の低減量 ΔQ_{pd} と都市化流域からの流出のピーク流量 Q_{pu} の比 $\Delta Q_{pd}/Q_{pu}$ と防災調節池の集水面積 A_d と流域面積 A の比 A_d/A の関係を示すと、図6のようになる。 $\Delta Q_{pd} = \gamma (A_d/A_r) Q_{pr}$ とし、式(6)の関係をを用いると

$$\Delta Q_{pd}/Q_{pu} = 1.05 \gamma (A_d/A_r)^{0.45} (A_d/A)^{0.55} \quad (7)$$

となる。図6には、 $\gamma = 0.8$ とし、 A_d/A_r をパラメータとして、式(7)の関係を示した。図6によると、防災調節池の設置によるピーク流量の低減率 $\Delta Q_{pd}/Q_{pu}$ は A_d/A より大きくなることがあることがわかる。なお、参考のために本研究で対象とした各流域の A_d/A_r と A_r/A の関係を示すと、図7のようになる。

5 おわりに 本研究の遂行にあたり、貴重な資料を提供して下さいました関係各位に謝意を表します。
参考文献 1) 駐川・北川：都市周辺の中小河川の洪水流出解析，土木学会論文集No. 443/II-18, pp. 1~8, 1992. 2

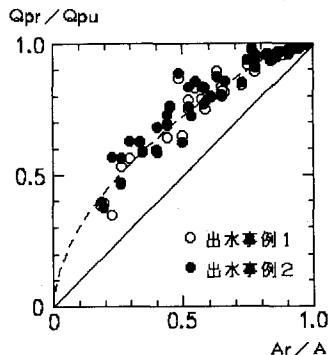


図5 Q_{pr}/Q_{pu} と A_r/A の関係

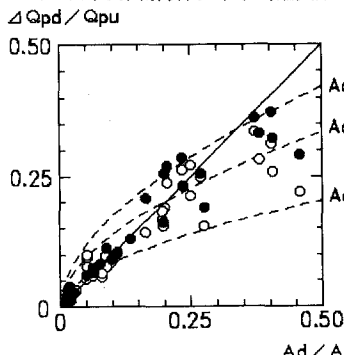


図6 $\Delta Q_{pd}/Q_{pu}$ と A_d/A の関係

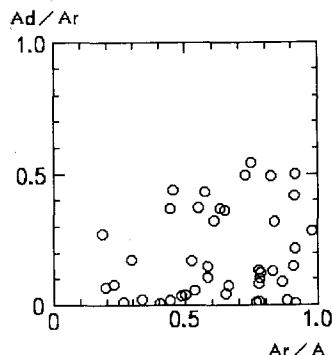


図7 A_d/A_r と A_r/A の関係