

防災調節池の洪水流出抑制効果の検討

早稲田大学大学院 学生会員 野中 樹夫
早稲田大学理工学部 正会員 鮎川 登
国土館大学工学部 正会員 北川 善廣

1. はじめに

流域の宅地開発に伴うピーク流量の増大を抑制するために数多くの防災調節池が設置されている。防災調節池は、当初は、下流の水路や河道が改修されるまでの暫定的な施設として考えられていたが、最近では都市河川の基本高水の流量配分の一部を受け持つ流域分担量を担う主要な治水施設として位置づけられるようになっている。そのため防災調節池の洪水流出抑制効果を定量的に把握することが必要である。ここでは、流域に防災調節池が設置されている場合と設置されていない場合について洪水流出計算を行い、それぞれの場合の洪水流出ハイドログラフを比較することにより防災調節池の洪水流出抑制効果を検討した結果について述べる。

2. 洪水流出モデル

防災調節池の洪水流出抑制効果を検討するための洪水流出モデルとしては、図1に示すようなモデルを用いた¹⁾。防災調節池が設置されるような流域は、林、畑、水田および宅地で構成されることが多いが、この洪水流出モデルでは、各土地利用地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、それらを合成することにより洪水流出ハイドログラフを算出する。なお、防災調節池が設置されている宅地の場合には、宅地からの直接流出について防災調節池についての洪水調節計算を行い、防災調節池のある場合の直接流出成分を計算する。

面積 A の流域からの継続時間 t_c の一定強度の有効雨量 R_e の降雨による流出量 $Q(t)$ は2段の線形貯水池モデルによると、次式で与えられる。

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

ここで、 K は貯留係数、 β は単位換算係数である。

地下水流出に対する貯留係数 K_g は、 $K_g = \text{const.}$ とし、直接流出に対する貯留係数 K_d は、kinematic wave 理論により次式で与える。

$$K_d = t_c / 4; \quad t_c = \begin{cases} \beta_1 \{ L / (\alpha R_{ed}^{1/3}) \}^{3/5} = t_{co} & : t_r \geq t_{co} \\ t_r \cdot \beta_2 (3/5 \alpha) (L - \beta_3 \alpha R_{ed}^{2/3} t_r^{2/3}) / (R_{ed} t_r)^{1/3} & : t_r < t_{co} \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 t_c は流域斜面の集中時間、 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、 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 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。

$$R_{ed} = f_d \cdot R; \quad f_d = f_{d1}: \Sigma R \leq R_c, \quad f_d = f_{d2}: \Sigma R > R_c \quad (3)$$

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 は直接流出率が 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。ただし、 f_g は地下水流出率であり、 f'_g は一定とする。

$$R_{eg} = f_g \cdot R; \quad f_g = f'_g (1 - f_d) \quad (4)$$

3. 対象流域の概要と流出計算例

研究の対象とした河川の地形は丘陵と河川沿いの低地からなり、洪水流出計算の対象地点Aにおける流域面積は112km²であり、流域の土地利用状況は林20%、畑11%、水田3%および宅地66%である。流域には約470の防災調節池が設置されており、防災調節池の全集水面積が流域に占める割

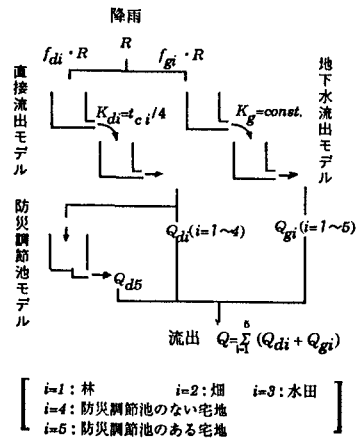


図1 洪水流出モデル

表1 洪水流出モデルのパラメータ

土地利用 形態	直接流出				地下水流出	
	直接流出率			等価粗度	流出率	貯留係数
	f_{d1}	f_{d2}	$R_c(\text{mm})$	N	f'_g	$K_g(\text{min})$
林	0.15	0.3	100	0.3	0.5	120
畑	0.15	0.35	50	0.2	0.5	120
水田	0	1	20	1	0.5	120
宅地	0.65	—	∞	0.007	0.5	120

合は18.4%、全宅地面積に占める割合は27.8%である。洪水流出モデルのパラメータとして表1に示す値を用い、2つの出水事例について洪水流出計算を行い、流量ハイドログラフの観測値と計算値を比較した結果を図2に示す。

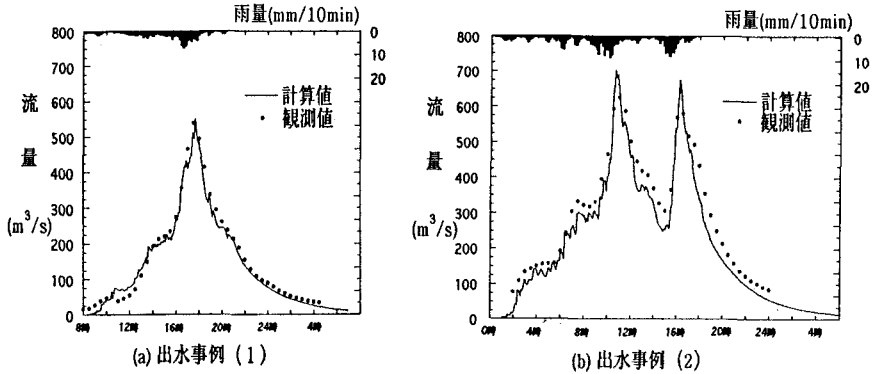


図2 洪水流出計算例

図2によると、洪水流出量の観測値と計算値はほぼ一致していることが分かる。

4. 防災調節池の洪水流出抑制効果

洪水流出計算の対象地点Aの流域には約470の防災調節池があるが、それらを集水面積の大きさにより整理すると、表2のようになる。ここでは、集水面積の大きさ別に防災調節池の洪水流出抑制効果を検討するために現在の防災調節池が全て存在する場合（ケースA）、集水面積が1ha以上の防災調節池が存在する場合（ケースB）、集水面積が10ha以上の防災調節池が存在する場合（ケースC）、および防災調節池が存在しないとした場合（ケースD）の4つの場合について、流域を42の小流域に分割して、2つの出水事例について洪水流出計算を行い、地点Aにおける流量ハイドログラフの計算結果を比較した。

その結果の一例として、出水事例(1)の場合のピーク流量付近の計算結果を示すと、図3のようになる。また、ピーク流量の低減率($(Q_{po}-Q_{pd})/Q_{po}$ (Q_{po} :調節池のない場合のピーク流量, Q_{pd} :調節池のある場合のピーク流量)を出水事例(1)および(2)の場合について求めると、表2のようになる。図3および表2によると、出水状況に応じてピーク流量の低減率は異なるが、おおよそ流域面積に占める防災調節池の全集水面積の割合程度の値を示すこと、およびこの流域では、集水面積が1ha以下の防災調節池の全集水面積が流域面積に占める割合は1.2%と小さいために、集水面積が1ha以下の防災調節池の流出抑制効果は殆どないことが認められる。

謝辞

本研究の遂行に当り貴重な資料を提供してくださいました関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 鮎川登・北川善廣：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.

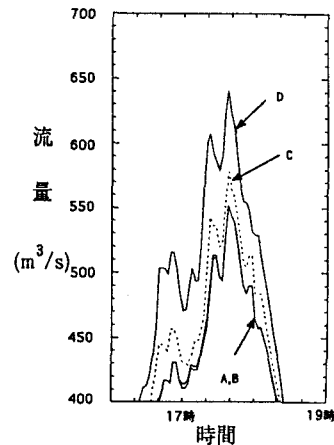


図3 防災調節池の洪水流出抑制効果（出水事例（1））

表2 集水面積の大きさ別の防災調節池の洪水流出抑制効果

集水面積	個数	全集水面積 (ha)	全集水面積/流域面積 (%)	全集水面積/全宅地面積 (%)	ピーク流量低減率(%)		
					出水事例 (1)	出水事例 (2)	
						ピーク 1	ピーク 2
0 ha以上	468	2035	18.4	27.8	14.0	19.5	20.3
1 ha以上	207	1920	17.2	26.0	13.9	18.3	19.6
10 ha以上	60	1474	13.2	19.9	9.7	8.1	13.0