

金沢大学工学部 正会員 高瀬信忠
同 上 正会員 宇治橋康行

1. まえがき 市街地域は降雨に対する応答特性の著しく異なる浸透域と不浸透域が混在して構成され、さらにこれらの区域から発生する地表面流出を排除するため、大小の排水路が設けられている。このような市街地の流域特性に応じて詳細な流域モデルを用い、最小単位の小区域で発生する流出現象及び雨水の流下過程と厳密に表現追究することは不可能に近い。そこで本報告では、市街地の雨水流出特性を考慮しながら、実用的見地からこれを単純化して取り扱う貯留型モデルとその実流域への適用結果について述べる。

2. モデル構成 1) 降雨損失モデル 降雨損失は浸透域、不浸透域のそれぞれに分けて考える。不浸透域に対する降雨損失は凹地貯留のみを考え、浸透域に対しては凹地貯留と(1)式の Horton の浸透能力方程式に従う浸透損失を考える。なお凹地貯留の満了されてゆく過程は Linsley 等の示した(2)式の近似式を用い、凹地貯留からの浸透損失は考えない。

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) \exp(-mt) \quad \text{--- (1)}, \quad S_d = D \{ 1 - \exp(-P_e/D) \} \quad \text{--- (2)}$$

ここに、 $f(t)$: 浸透能、 f_0 : 初期浸透能、 f_c : 最終浸透能、 m : 定数、 t : 時間、 S_d : 凹地が満了されてゆく過程での凹地貯留量、 D : 凹地貯留量、 P_e : 日累加雨量である。

2) 地表面流モデル 地表面流の追跡は浸透域と不浸透域に分けて行ない、それぞれ貯留方程式と貯留量の連続式を用いる。浸透域、不浸透域それぞれの貯留方程式は以下のように考えて求める。すなわち、市街地域を浸透域不浸透域及び排水路網特性に応じて多数の小区域に分割すれば、各小区域は1つの貯留域でありそこからの流出量は独立に直接排水路網に流出すると思える。このとき全不浸透域から排水路網に流入する全流出量と全不浸透域における貯留量との間に定常降雨のもとで一価の貯留流出関係が成り立つと仮定し、全不浸透域をこれに等しい貯留方程式を持つ1つの斜面に置ける。置換斜面上の流れは kinematic wave 近似が可能で、Manning の抵抗則に従う流れであるとし、斜面は、斜面傾が幹線下水路長に等しく、斜面長は全不浸透域の面積に等しくなるようにした矩形斜面とする。このとき斜面上の貯留方程式及び貯留量の連続式は次式で表わされる。

$$S_i = \frac{k_i l_i l_c^{1/p}}{(1+P)} \bar{q}_i^p \quad \text{--- (3)}, \quad \frac{dS_i}{dt} = r_e - \bar{q}_i \quad \text{--- (4)}$$

ここに、 S_i は斜面全域の貯留量、 l_i は斜面長、 l_c は斜面幅、 $\bar{q}_i$ は斜面全域からの流出量、 r_e は有効降雨、 P 、 k_i は定数で $P=0.6$ 、 $k_i = (N_i/\sqrt{L_i})^{0.6}$ (N_i は斜面の粗度係数、 L_i は斜面勾配)、赤字は不浸透域を表わす。

浸透域に対しても全く同様にして貯留方程式及び連続式が導かれる。粗度係数 N は実測値に適合するように定める。

3) 排水路網モデル 排水路網における追跡計算は、支線排水路網と幹線下水路に分けて地表面流の場合と同様に貯留方程式と連続式を用いて追跡計算を行なう。支線排水路網における貯留方程式は、

下水管が満管になるまでを対象として、下水管渠での流れに kinematic wave 理論を用いて求めた。すなわち、流域に一定強度の降雨が降り続いた状態での各下水管渠での貯留量を kinematic wave 理論を用いて求め、これを支線排水路網全体にわたって積分して全貯留量を求め、各支線排水路の末端流量を加えてその貯留量に対する流量とした。この計算を数種類の流量に行ない、両対数紙上にプロットして直線の勾配と切片から貯留方程式を求めた。幹線下水路に対しても同様に、下水管満管時までを対象として、横が

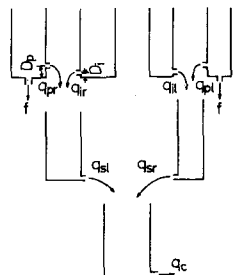
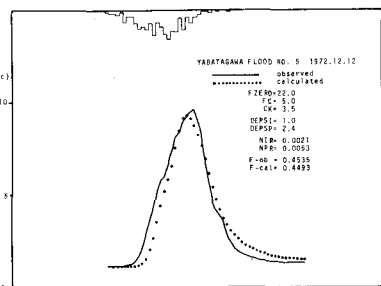


図-1 流出モデルの構成

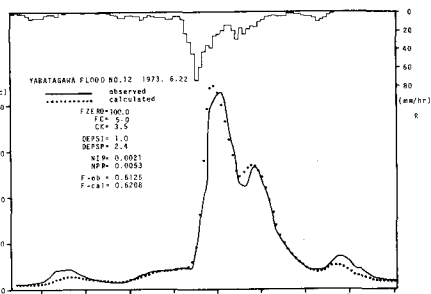
このようなモデル構成をタンクモデル時に表現したものが図-1である。（図-1は左右岸に分けて表現してある）

なお、実際の計算においては貯留方程式を連続の式に代入し、これを差分化した後差分法を用いて計算をした。

3. 谷端川流域及び
桃園川流域への適
用結果 谷端川流
域の諸元は、流域
面積 5.41 km^2 、幹線
下水路長 3489 m 、
平均地盤勾配 1.44%
不透透面積率 53.1%

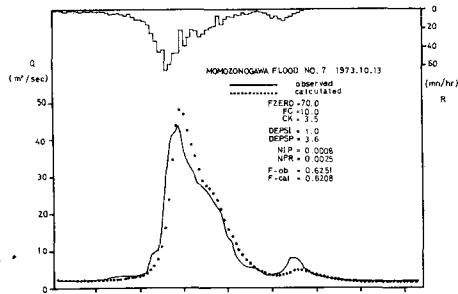


(a)

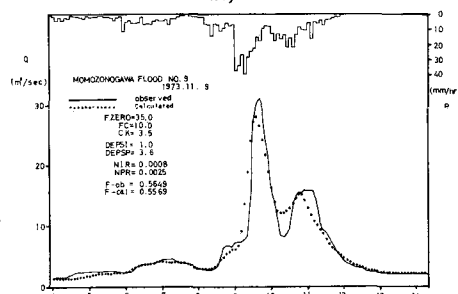


(b)

桃園川流域は、流
域面積 4.45 km^2 、幹線下水路長 3798 m 、平均地盤勾配 1.72% 、不透
透面積率 49% となっている。しかし不透透面積率については土木
研究所より刊行された両流域の昭和47年~49年の洪水資料の流出
率と比較して見ると、公表されている不透透面積率は過大である
と思われるので上記の値の85%を不透透面積率とした。本モデル
に含まれる未知パラメータは浸透域及び不透透域の凹地貯留 D_p, D_n 、
浸透能定数 f_0, f_c, m 、置換斜面の粗度 N_L, N_F の計7つであり、
パラメータの同定には Powell の共役方向法を用い、洪水規模の異
なる3~4個のデータを選んで計算した。その結果、初期浸透能を除
いてほとんど同じ値が同定されたので、初期浸透能以外はこれ
らの平均値を用いて計算した結果を図-2, 3に示す。図より明ら
かのように両流域とも計算値と実測値はよく一致しておりモデル
の再現性は良好である。得られた粗度について見ると、不透透域
の粗度が約3倍、浸透域で約2倍倍倍谷端川流域の方が大きく、
両流域は流域条件が似ていると考えられるにも関わらずかなりの
差が見られる。次に得られた粗度を用いて kinematic wave 理論に
基づいて求めた不透透域の雨水伝播時間、すなわち不透透域から排水
路への流入時間、を図示したものが図-4である。図中黒丸は東京都、
名古屋市など4都市で観測された流入時間である。⁴⁾ 図より明ら
かに、谷端川、桃園川両流域における本モデルで得られた粗度を用いて求
めた雨水伝播時間は、実測値の平均的な値にあり、不透透面積率が50%
前後であっても、都市域における洪水流出成分の大部分は不透透域から
のものであり、流入時間も不透透域のみに支配されていると考えられ
る。今後さらに本モデルの解析対象を増すとともに、詳細な流域調査を
通じて粗度と流域条件及び暴雨の流入時間とについて検討していく必要
があると思われる。



(a)



(b)

図-3 実測値と計算値の比較(桃園川)

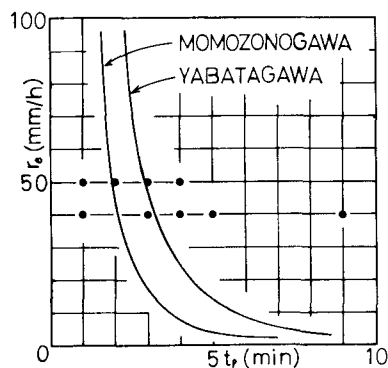


図-4 不透透斜面の雨水伝播時間

(参考文献) 1) R.K. Linsley 他: Applied Hydrology, McGrawhill, pp.268~271, 1949 2) 畑成志, 吉良八郎: 分布貯留型モデルによる流域表現と流出変化の予測, 農業土木学会論文集 Vol. 68, pp.21~28, 1977, 3) 土木研究所: 都内谷端川・桃園川排水区水文観測資料, 1975, 4) 稲島久雄, 横尾将臣: 合理式を構成する諸要素の系統的検討(一報), 第24回土木学会年次学術講演会講演集, pp.331~334, 1969