

都市流域のモデル化に関する検討

愛媛大学 工学部 正 員 豊国次, 〇渡辺政広
愛媛大学 大学院 学生員 小山正幸

都市域の流域モデリングならびに複雑な雨水流出を系統的にかつ簡便に解析しうる方法について、これまで調査流域を設定して検討を進めてきているが、本報告では、都市域における雨水損失についての取扱いならびに流域モデリングに伴う lumping 効果について、調査流域を対象に検討した結果を述べる。

都市域の雨水損失についての取扱い

(1) 都市域における雨水損失の特性(松山市街地域)とその算定法: 都市域の雨水損失が Table 1 に示す各種流出面の雨水損失よりなるものとする。降雨強度 r が浸透能力を上回る降雨が継続し、凹地が全て満にされるようになると、流域の雨水損失 L は式 $(A/A_p)L = (A_{ib}/A_p)D_{ib} + D_p + \int_0^t f(t)dt \dots (1)$ のように表わされる。また浸透域から流出が発生しない降雨 ($r < f$) に対しては、(1) 式は式 $L = (A_p/A)R + (A_{ib}/A)D_{ib} \dots (2)$ のようになる。ここに $f(t)$ には補給能力モデルと、凹地が満にされてゆく過程には Linsley らの指数関数形の近似式を用いることとする。こうした条件を満足する降雨流出資料を基に、まず(2)式の関係を示す直線 (Fig. 1) を描いて D_{ib} あるいは D_i と、次に(1)式の関係を示す曲線群 (Fig. 2) より D_p , f_c , f_{os} , α をそれぞれ求めることができる。松山市街地域についてこれら特性値を求めると、 $D_i = 2^{mm}$ ($D_{ib} = 5^{mm}$), $D_p = 7^{mm}$, $f_c = 2^{mm/hr}$, $f_{os} = 15^{mm/hr}$, $\alpha = 1.1/hr$ と、従来の研究結果に近い値が比較的容易に得られた。上述のように各流出面の雨水損失特性を考慮して取扱う雨水損失の算定法を、以下 URL 法と仮称することにする。

(2) 雨水損失の取扱いと流出シミュレーション結果: 有効降雨と流域平均的に取扱う場合(累加雨量 R - 累加損失雨量 L の関係を利用する方法)と各流出面の雨水損失特性を考慮して取扱う場合 (URL 法) について、これらによる違いが流出ハイドログラフにどのように現われるか、を検討した。対象流域は松山市街地域の 1 幹線排水区域 ($0.219 km^2$) で、流出シミュレーションには流域 Model II, I (Fig. 5(b), (c)) を用いた。まず支線区域別に流域モデリングした Model II による流出シミュレーション結果の 1 例を、実測結果と対比して Fig. 3 に示す。有効降雨と流域平均的に取扱う場合の流出ハイドログラフは全般的に扁平化しており、雨水損失効果の大きい出水前期の適合度は出水後半に比べ、かなり低下する傾向が見受けられる。URL 法を適用した場合は、有効降雨が各流出面の雨水損失特性ならびにそれらの占有面積率を基に支線区域別に算定されており、それによる流出ハイドログラフは出水期間を通じて実測結果に一層近似した鋭敏な応答を示す。特に出水前期の適合度は前者に比べ、かなり向上する。次に Model II を lump した Model I による流出シミュレーション結果をみると、全般的にハイドログラフの扁平化が進む傾向がみられる。また Model II の場合と同様に URL 法を適用することにより、Fig. 4 に示すようにシミュレーション結果の精度向上がうかがえる。

STRIP	DESCRIPTION	PERMEABILITY	DEPRESSION
I	Composition Roofing (1)	Impervious	Depressionless
II	Composition Roofing (2)	Impervious	Depression
III	Street Pavement	Impervious	
IV	Grassed, bare land (1)	Pervious	Depression
V	Grassed, bare land (2)	Pervious	

Table 1 各種流出面と雨水損失

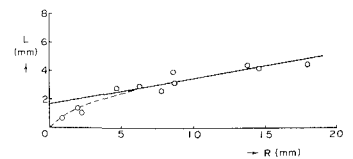


Fig. 1 (2) 式の関係

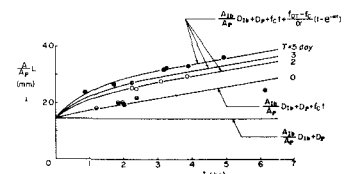


Fig. 2 (1) 式の関係

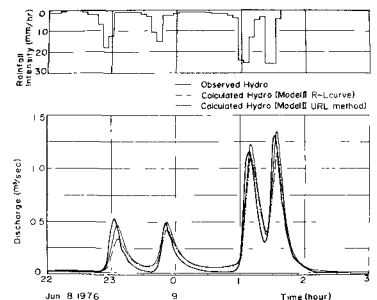


Fig. 3 雨水損失の取扱いと流出シミュレーション結果

これより流域内の不均一性に基づく有効降雨の場所的分布を考慮した取扱いならびにこれらを含む流域モデリングの重要性が指摘される。

流域モデリングに伴う lumping 効果に関する検討

(1) 流域モデリング法の概要: まず現地調査結果を基に各種流出面を規格し、こうした規格化された代表流出面と実際の流路網(側溝、支線、幹線)から構成される Modular Model を考える。次に Modular Model の各流出面と統合して側溝に接続する等価斜面と想定すると、これら等価斜面と実際の流路網から成る流域 Model II が構成される。さらに Model II の等価斜面と側溝と統合して支線に接続する等価斜面を想定すると、これら等価斜面と支線および幹線から成る流域 Model III が、また Model II の等価斜面と支線と統合すると、幹線に等価斜面が接続する流域 Model I がそれぞれ構成される。ここに Modular Model は実流域にほぼ近似した不均一性を、また流域 Model II、III はそれぞれ側溝および支線区域単位で不均一性を包含しており、流域 Model I は流域が均一と仮定できるとするマクロな流域モデルである。これらのモデルは Kinematic Wave とし

ての立場から相互に関連づけられ、各モデルの流出パラメータは実流域を構成する各種流出面および流路の諸量と基に算定できる。前述した1幹線排水区域に対する各流域モデルおよびこれらの諸定数と Fig. 5 に示す。

(2) lumping 効果に関する検討: 上述の各流域モデルを用い、URL法を適用して流出シミュレーションを行ない、lumping の影響が流出ハイドログラフにどのように現われるか、を検討した。まず実流域に近似した Modular Model による流出シミュレーション結果を実測結果と対比すると Fig. 6 のようで、出水の全体を通じ高い精度で実測ハイドログラフをシミュレートすることが分る。また幾つかの計算結果からも、lump されたモデルでは再現し得ない局所的な出水をもシミュレートする特性が確認される。次に Modular Model, Model II および Model I による流出シミュレーション結果の1例を Fig. 7 に対比して示す。これらより Modular Model から Model II, I と順次、流域モデル内の不均一性を lump してゆくとつれ、流量ピークは低下し、またピークも緩慢となって、ハイドログラフが全般的に扁平化してゆく特性がみられる。特に雨水損失効果が大きい出水前期でこうした扁平化が顕著となるが、出水後半になると僅小になる。

実用上からは、この調査流域(不浸透域率82%)に関する限り、簡便な流域 Model I を用いても出水前期を除きかなり良い結果が得られることが分るが、この調査流域では、不浸透域の流出特性が支配的であることと、浸透域の流出に反ばる特性が出水前期を過ぎると不浸透域のそれに近似することによるものと考えられる。さらに、浸透域の占有割合が異なる場合についての検討が必要である。

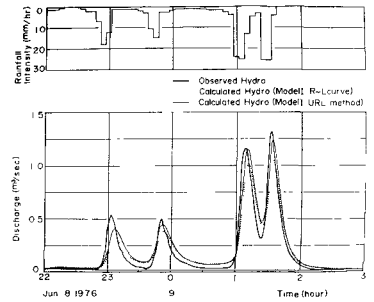
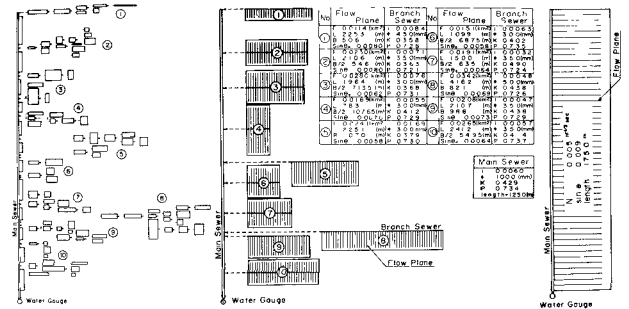


Fig. 4 雨水損失の取扱いと流出シミュレーション結果



(a) Modular Model

(b) 流域 Model II

(c) 流域 Model I

Fig. 5 調査流域の各流域モデル

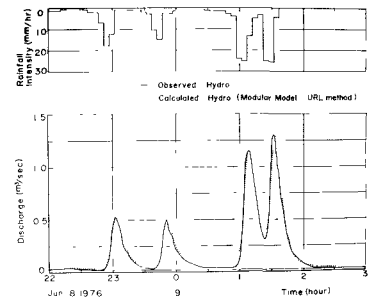


Fig. 6 Modular Modelによる流出シミュレーション結果

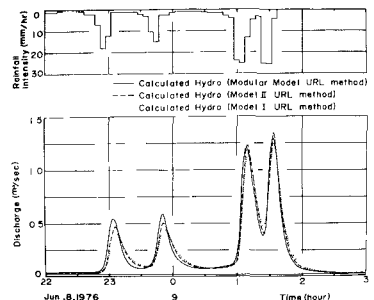


Fig. 7 流出シミュレーション結果の比較検討