

愛媛大学工学部 正員 渡辺政広, 豊国永次

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、これまで検討を進めてきているが、本報告では、流域モデリングとそれに伴う流出シミュレーション結果の適合性について、まず実流域を対象に検討し、次いで流出面構成の異なる仮想流域を対象に検討した結果を述べる。

1. 実流域(松山市街地域)に対する検討

(1)流域モデリング法の概要: まず現地調査結果をもとに規格化された代表流出面 (Table-1) と流路網(小支線, 支線, 幹線)から構成される Modular Model (基準化モデル, Fig.1) と考える。次に Modular Model の各流出面を統合し、小支線に接続する等価斜面を想定すると、これらの斜面と流路網からなる流域 Model II が構成される。同様にして、支線に等価斜面が接続する流域 Model II, また、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 (Fig.1)。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をもとに算定できる。Fig.1 に松山市街地域の 1 幹線排水区域に対する各流域モデルを示す。

(2)流域モデリングと流出シミュレーション結果に関する検討: 上述の各流域モデルを用い、雨水浸透については浸透域と不浸透域に分けて取扱う U.R.L 法を適用して流出シミュレーションを行ない、流出ハイドログラフの適合性について検討した。まず 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.2 のように、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しうる事が分る。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しうる特性が確認される。次に Modular Model, Model II, Model I による流出シミュレーション結果の 1 例を Fig.3 に示す。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 してゆくにつれ、流量ピークは低下し、またピークも後退し、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。特に雨水浸透効果の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となる。いま各流域モデルに対する流量ピークの適合性を平均誤差 $(\overline{F})_{Op}$ および $\alpha(F)_{tp}$ の形で表示すると Fig.4, 5 のようである。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 Model

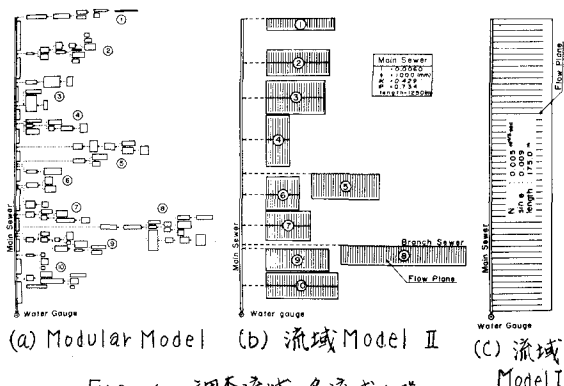


Fig. 1 調査流域の各流域モデル

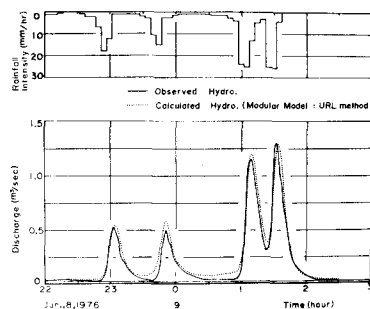


Fig.2 Modular Modelによる流出シミュレーション結果

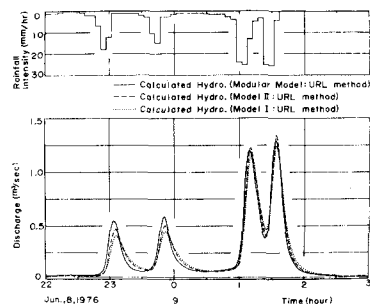


Fig.3 各流域モデルの流出シミュレーション結果

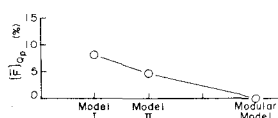


Fig.4 流量ピーク適合性

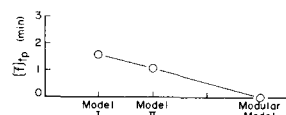


Fig.5 ピーク時刻適合性

Iを用いても出水前期と除きかなり良い結果が得られることが分かるが、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、浸透域の流出に及ぼす特性が出水前期と過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。そこで不浸透域の占有割合が異なる場合について検討が必要となる。

2. 流域構成が異なる場合に対する検討 (数値実験的検討)

(1)流域モデリング: 検討の対象とする流域は、Fig.6に示すような前述の調査流域を矩形に単純化した流域とする。各支線区域は、不浸透域が90%を占めるA-blockと浸透域が80%を占めるB-blockからなるものとする。さらにA、B-blockを構成する各小支線区域の流出面構成は、それぞれ属する支線区域のそれと同一で、各block内では均一であるとする(Table-1)。このように流域内に配置された各種流出面と小支線、支線がよび幹線のなるModular Modelをまず構成する。

次にModular Modelを順次lumpした流域モデルとして、支線に等価斜面(A or B-block)が接続するModel II、さらに幹線に単一の等価斜面が接続するModel Iをそれぞれ構成する。これら流域モデルを用いて、流域構成が異なる(流域内A-blockの構成比が $\frac{9}{11}$, $\frac{4}{11}$, $\frac{2}{11}$)各ケース(Fig.6)について検討を行なう。

(2)各流域モデルによる流出シミュレーション結果に関する検討: 流域構成が異なる各ケースについて、各流域モデルに対する流出シミュレーションを行ない、Fig.7に示すような流出hydrograph(幹線下流端)をえら。これらの結果をもとに流域構成が異なる場合、各流域モデルに対する流出シミュレーション結果の適合性、ならびに流出特性、再現性等について検討した結果を述べる。(i)まずA-blockが $\frac{9}{11}$ なるケースのhydrographは、Model II、Iとも出水前期に若干適合度が低下しているが、それ以後はModular Modelに近しいものとなる。このケースの不浸透域率は先述の調査流域のそれに近く、Model II、Iの適合性は実流域の場合に近似している。(ii)A-blockが $\frac{4}{11}$ および $\frac{2}{11}$ のhydrographは、流出前期においてModel II、Iとも適合度がかなり低下する(Model Iの $(F)_{qp}$ は30~40%に及ぶ)。これは降雨初期には、各種流出面に発生する凹地貯留、雨水浸入、表面流出の不均一性が顕著に現れ、これら不均一性をlumpして取扱うことに起因するものと考えられる。(iii)一方流出の後半では、流域モデル内の流出状態が次第に均一化してくるため、Modular Modelに近似したhydrographとなる($(F)_{qp}$ は2~3%程度に低下する)。

以上、雨水浸透効果の小さくなる流出後期では流域構成にほとんど関係なく、簡単な流域モデルでもかなりの精度が得られるが、流出前期では流域構成に関係して適合度の低下が著しい場合があり、Model IIあるいはModular Modelによる解析が必要となってくる。

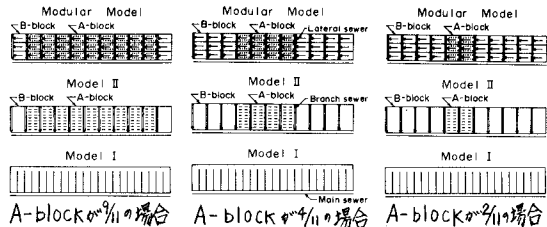
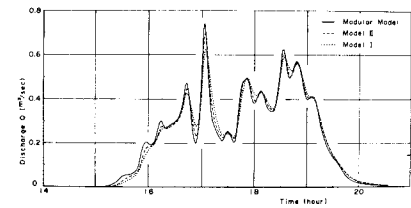


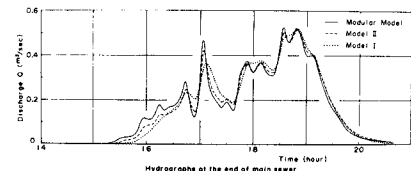
Fig.6 数値実験に用いた各流域モデル

STRIP	DESCRIPTION	LENGTH	SLOPE	ROUGHNESS	B-block	A-block
					SUBAREA WITH NEW IMPERMEABLE PLANES	SUBAREA WITH NEW INFILTRABLE PLANES
I	Commercial Roofing (1) Jap. style Impermeous	l_1 (3.88m)	i_1 (0.36)	N_1 (0.01)	A_1 (11.1%)	B_1 (37.9%)
II	Commercial Roofing (2) building, Impermeous	l_2 (6.0)	i_2 (0.01)	N_2 (0.01)	A_2 (3.5)	B_2 (19.4)
III	Street Pavement Impermeous	l_3 (3.51)	i_3 (0.03)	N_3 (0.02)	A_3 (4)	B_3 (32.7)
IV	Grass, bare land (1) back garden	l_4 (2.0)	i_4 (0.001)	N_4 (0.25)	A_4 (2.2)	B_4 (8.1)
V	Grass, bare land (2) Park, Ground of School	l_5 (18.0)	i_5 (0.001)	N_5 (0.25)	A_5 (21.8)	B_5 (1.9)

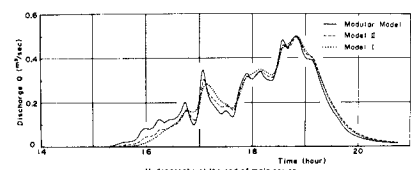
Table-1 代表流出面とA、B-blockの構成



A-block が $\frac{9}{11}$ を占有する場合



A-block が $\frac{4}{11}$ を占有する場合



A-block が $\frac{2}{11}$ を占有する場合

Fig.7 数値シミュレーション結果(幹線下流端)