

愛媛大学 工学部 正員 豊 国 永 次
 愛媛大学 工学部 正員 渡 辺 政 広
 三井造船 正員 中 地 映 司

本報告では、複雑な市街地域を modular model 化できるものとし、これと kinematic wave 法の立場から得られる流域モデル構成ならびにその流出特性値との関係を用いて、市街地域の雨水流出を統一的に把握しようとするもので、こうした方法を松山市街地流域に適用し、実測結果と対比して吟味、検討を加えたものである。

I 調査流域の概要

松山市街地域の排水系統は Fig. 1 に示すような下水管系と一部市街地からの放流水を集める水路系(宮前川・中の川)とからなる。下水管系は6本の主要幹線とその支線、小支線から構成され、その排除方式は合流式で、降雨時雨水、下水を集めて流下するが、1号幹線で通水能力を越える流量については宮前川へ、5号幹線からの流量が6号幹線の通水能力を越える分については中の川へ、矢方放流するようになってゐる。流量観測は下水管系と水路とが合流する地点(Gauge 1)、下水管系の下流端(Gauge 2)、3号幹線のVII区域下流端(Gauge 3)で行われている。今回は松山市街地域の流出を受けもつ Gauge 2、および1号幹線区域を受ける Gauge 3 の地域について解析を進める。なお流域分割図を基にまずクロな流域モデルとして、下水路系には幹線排水路を、水路系には各水路を基にした等価流域を想定すると Fig. 2 のようになる。

II 流域モデルの構成と流出特性値の関係

市街地に対する流域モデルとしては、排水路系統図をもとに、幹線排水路に対するマクロな流域モデル(Model I)、支線排水路まで考慮した流域モデル(Model II)、末端排水路まで考慮した流域モデル(Model III)を構成することができ、さらに流出面を規格化して表現する Modular model を考えることができる。これら各流域モデル間の等価粗度 N , N_0 , N_s と流域構成諸量との関係は、水路の曲置形式(Fig. 3 (1), (2))により若干変るが、各モデルの最遠端からの雨水伝播時間が等しいとすると、周知のように例えば、Fig. 3 (2)

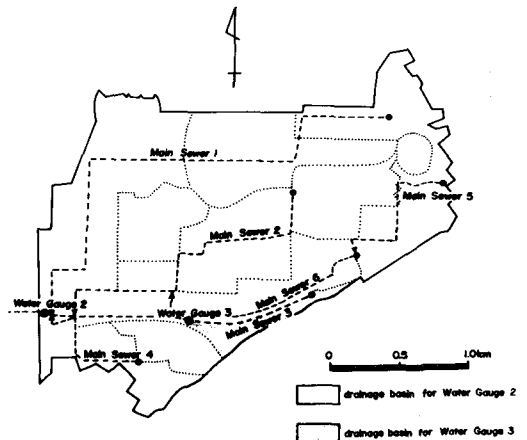


Fig. 1 松山市街地排水流域

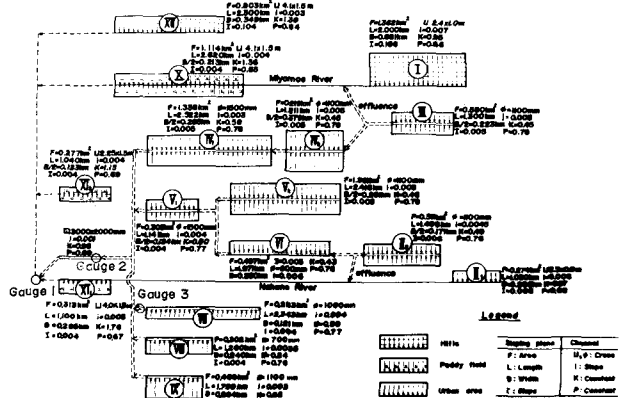


Fig. 2 松山市街地の流域モデル

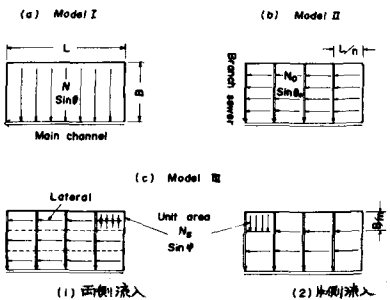


Fig. 3 等価流域モデルの関係

に対し、Model I と II, I と III の関係はそれぞれ次式のようになる。

$$N = \left\{ (\sin \theta / \sin \theta')^{P/2} N_0^P (L/n)^P + K (\gamma_e B)^{P-P} (\sin \theta)^{P/2} (L/n)^{1-P} \right\}^{1/P}$$

$$N = \left\{ (\sin \theta / \sin \psi)^{P/2} (N_0/m)^P + K_0 (L/n)^P \gamma_e^{P-P} (\sin \theta)^{P/2} / m^{P-1} B^{1+P-P} \right. \\ \left. + K (\gamma_e B)^{P-P} (\sin \theta)^{P/2} (L/n)^{1-P} \right\}^{1/P}, \gamma_e \text{ は有効雨量}$$

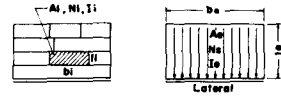


Fig. 4 Unit areaの流出面構成

P は斜面定数, K_0 , P_0 及び K , P はそれぞれ末端水路, 支線水路の定数, 一般に市街地では農屋, 建築物, 道路などの不透透流出面と緑地, 裸地などの浸透性流出面が混在した複雑な流出面で,

Model III の流出面もかなり不均一なものであるが, これを Table 1 に示すような規格化された幾つかの流出面で構成されるものとして (modular model 化), Unit area が Fig. 4 のように表示されるものとする。いま各流出面からの伝播時間を考慮し, この時間内の流出流量が等しくなるものとして Model III の等価流域と結びつけると, Model I より流域を規格化した Modular model まで統一的に把握することができ, 例えば Model I の等価粗度 N は, 流域内の流出面構成要素, 流路システムの構成要素をもとに次式のように表示され,

$$N = \left[\left(\frac{\sqrt{\sin \theta}}{m} \right)^{P/2} \left\{ \sum \frac{A_i (N_i L_i)^P}{A_e \sqrt{I_i}} \right\} \frac{1}{L_e^P} + \frac{K_0 L/n^P (\sin \theta)^{P/2}}{(m)^{P-1} B^{1+P-P}} \gamma_e^{P-P} + \frac{K B^P (\sin \theta)^{P/2}}{(L/n)^{1-P}} \gamma_e^{P-P} \right]^{1/P}$$

Fig. 2 に示される各分割区域の等価粗度係数は市街地化の程度に応じた N 値が算出できる。

III 松山市街地への適用とその結果に対する検討

まず市街地地域の各区域 (Fig. 2) に対して, 下水管系統図をもとに流路強度, 斜面長を考慮して Model III を作成する。次に流出面の modular model 化をはかるため, 代表流出面の type 及び諸元を決める手順となる。ここでは和風家屋, 洋風ビル, 道路 (駐車場も含む), 空地 1 (小規模の庭地, 空地等), 空地 2 (運動場, 公園等比較的大きい空地) の 5 つに分類し, 各流出面の斜面長, こう配, 粗度, 占有面積率等の諸元を現地調査を行なって決定した。

区域 VI, II に対する結果を Table 1 に示している。さてこれら流出面の構成諸量, 流路システムの諸量をもとに先に提示した式で各区域の等価粗度を算定すると, 空地の多い区域 II の 0.032 から建物の密集する区域 VI の 0.003 まで, 従来各区域とも一定として試算的に求められた値 0.01 に対してかなり変動していることがわかる。次に上述の各区域の N 値を用いて kinematic Wave 法による流出シミュレーション (Case 1) を, 市街地排水流域 (Gauge 2), 幹線排水区 (Gauge 3) について行ない, 実測資料および流域全般 $N=0.01$ とする hydro. (Case 2) と対比検討した。それらの結果の 1 例を示すと Fig. 5, 6 のようで, 本法による hydro. は応答性が鋭敏で, 適合性もよいことが分る。以上より流域の構成諸量と流域モデルを直接関連づけて市街地の雨水流出を統一的に把握することができ, また要求される解析精度に応じた流域モデルを組むこともできる。

AREA V.

STRIP	DESCRIPTION	LENGTH	SLOPE	ROUGHNESS	SUBAREA
I	Composition Roofing (1) Jap. style, Impermeable	3.88 m	0.36	0.01	37.9 %
II	Composition Roofing (2) building, Impermeable	9.25	0.011	0.01	19.4
III	Street Pavement Impermeable	7.55	0.031	0.02	32.7
IV	Grassed, bare land (1) back garden	3.00	0.001	0.25	8.1
V	Grassed, bare land (2) Park, ground of school	20.30	0.001	0.25	1.9

AREA II.

STRIP	DESCRIPTION	LENGTH	SLOPE	ROUGHNESS	SUBAREA
I	Composition Roofing (1) Jap. style, Impermeable	3.88 m	0.36	0.01	20.1 %
II	Composition Roofing (2) building, Impermeable	6.00	0.011	0.01	3.5
III	Street Pavement Impermeable	3.51	0.031	0.02	10.4
IV	Grassed, bare land (1) back garden	7.67	0.001	0.25	50.2
V	Grassed, bare land (2) Park, ground of school	38.75	0.001	0.25	15.8

Table 1 基本流出面の諸元 (区域 V, II)

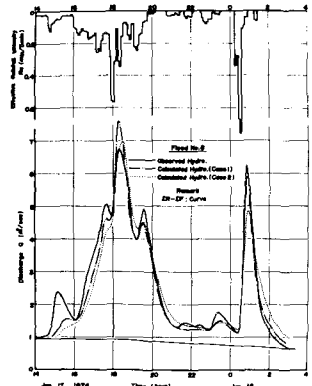


Fig. 5 流出 hydro. (全排水地域)

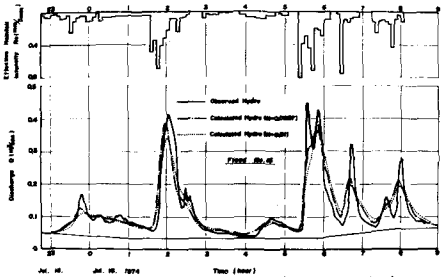


Fig. 6 流出 hydro. (VII 区域)