

愛媛大学工学部 正員 豊国永次
同 正員 渡辺政広

本報告では、複雑な市街地域の流出システムを、流域調査結果を基に流出面要素、各種流路要素を規格化し、これらの規格化した流域の流出に關与する諸要素と、解析目的に応じて作られる各等価流域モデルのパラメーターとの関係を、Kinematic Waveとしての雨水伝播時間の立場から結びつけて市街地域の流域モデルを統一的に把握しようとしたもので、こうした方法を私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 流域モデルの構成

一般に市街地は建物、道路などの不透流流出面、緑地、裸地などの浸透流流出面とこれからの雨水を受ける下水路網とからなる。実流域は複雑で各種各様の流出面の集合 (Fig. 1-a) であるが、現地調査結果をもとに幾つかの代表的な流出面に分類し (Table 1)、実流域がこうした規格化された流出面で構成され、さらに流路システムについても実流域の幹線、支線、側溝の尺々の規模、流路延長を考慮して配列、規格化した流域 (Modular basin, Fig. 1-b) を考えることができよう。次にこのModular basinにおいて側溝に接続する流出面を統合して単一の等価流出斜面を想定する (Fig. 1-c)。この等価流出斜面は排水区域の単位区画を構成し (Fig. 3-c)、流路システムはModular basinと同様に側溝から始まる。このようなモデルを流域Model IIIと呼ぶ。次にこの流域Model IIIにおいて側溝に接続する流出面を統合して支線に対して単一の等価流出面を想定すると、Fig. 3-bの流域Model IIが構成され、さらに支線に接続する流出面を統合して幹線に対して単一の等価流出面を想定すると、Fig. 3-aの流域Model Iが構成される。

II 各流域モデル間の流出パラメーターの関係

Modular basin (あるいは実流域) と流域Model IIIとの関係; 流路システムは近似的に等しいので、Fig. 2に示される単位区画内の流出面について、各流出面からの雨水伝播時間を考慮し、この時間内の流出総量が等しくなる等価流出面としてModel IIIを考え、雨水流の伝播をKinematic Waveとして取扱うと、次式が導かれる。

$$t_{eIII} = \left(\frac{N_s}{\sqrt{\sin \psi}} \right)^p = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A_e} \left(\frac{l_i}{l_e} \right)^p t_{ei}, \quad t_{ei} = \left(\frac{N_i}{I_i} \right)^p \quad (1)$$

ここに N_s , $\sin \psi$, l_e , A_e は各等価流出面の粗度、勾配、長さ、面積であり、 N_i , I_i , l_i , A_i は各流出面に対するものである。

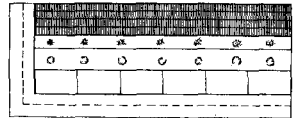
各流域モデル間の諸関係; 流域モデルIII, II, Iの等価粗度 N_s , N_e , N と流域構成諸量の関係は、周知のように、各モデルの最遠端



(a) Prototype basin

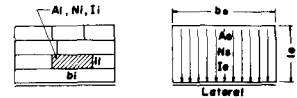


(b) Modular basin



(c) Equivalent basin

Fig. 1 市街地域のモデル化



からの雨水滞留時間が等しいとすると容易に求まり、これらの関係とModular basinの関係と結びつけると、集流域を模倣化したModular basinからModel Iまで統一的に把握することができる。ここにModel II, Iの等価粗度 N_0 , 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々次式のように表示され,

$$N_0 = \left(\frac{\sqrt{\sin \theta} B N}{m L} \right)^P \sum \frac{A_i / \sqrt{N_i L_i}}{A_e \sqrt{L_e}} + \frac{K_0 (r_e L / m)^{P_0} (\sin \theta)^{P/2}}{(B/m)^{1-P_0}} \quad (2)$$

$$N = \left(\frac{\sqrt{\sin \theta}}{m} \right)^P \sum \frac{A_i (N_i L_i)^P}{A_e \sqrt{L_e}} + \frac{K_0 (L/m)^{P_0} (\sin \theta)^{P/2}}{(m)^{P_0-1} B^{1-P_0}} r_e^{P-P_0} + \frac{K B^P (\sin \theta)^{P/2}}{(L/m)^{1-P}} r_e^{P-P_0} \quad (3)$$

θ は斜面足数,
 r_e は有効雨量強度

K_0 , P_0 及び K , P は夫々末端排水路, 支線水路の足数, 市街地の流出面特性に応じた N 値を算出することができる。

III 松山市街地域への適用とその結果に対する検討

まずFig. 4に示す下水管の排水系統ならびに地目, 勾配等を考慮してModel I, II, IIIを作成する(Fig. 5, Model I)。

次にModular化をはかるため各区域の代表流出面のtypeと諸元

を決める。ここでは和風家屋, 洋風ビル, 道路(駐車場を含む) Fig. 5 松山市街地の流域モデル(Model I)

空地I(小規模の庭地, 空地等), 空地II(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, 勾配, 粗度, 占有面積率等の諸元を現地調査を行なつて決定した(Table 1はFig. 5のVII区域)。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(3)式で各区域のModel Iに対する等価粗度と算定すると, 空地の多い区域IIの $0.032 \text{ m}^2/\text{sec}$ から建物の密集する区域IVの 0.003 まで, 従来各区域とも一足として試算的に求められた値 0.01 に対し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Simulation(case I)と, 市街地排水流域(Gauge 2), 1幹線排水区(Gauge 3)について行ない, 実測資料及び流域全般 $N=0.01$ 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. 6, 7のようで, 本法によるhydroは応答性が鋭敏で, 適合性も向上する傾向がみられる。詳細には流出初期ならびに小規模の流出時適合度の低下がみられるが, これには初期損失雨量評価の改良, 一層詳細な流域モデル(Model II, III)を用いれば, さらに適合度の向上が期待できる。なおFig. 8は1幹線区域における洪水到達時間と有効降雨強度との関係を示しもので, kinematic wave法の妥当性がうかがえる。以上, 流域の構成諸量と流域モデルを直接関連づけた本法は, 市街地の雨水流出を一貫して解析, 把握することができる。なお下水管の満管, 低地域では氾らんが発生する場合にはこ

れらの機構の導入が必要で今後の課題である。 Fig. 8 有効降雨強度と洪水到達時間

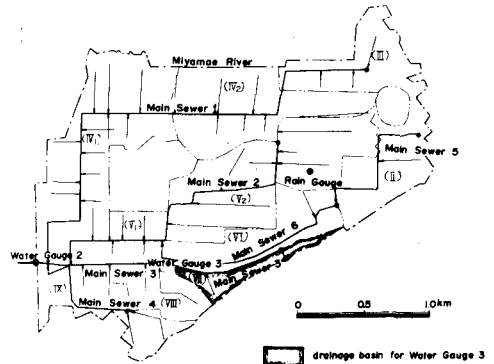


Fig. 4 松山市街地排水流域

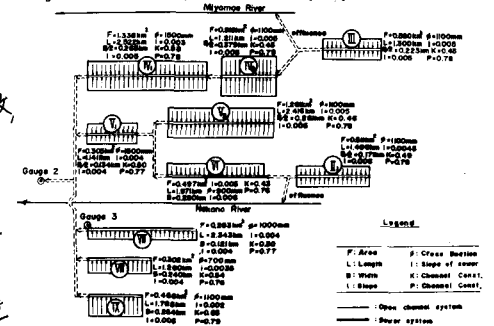


Fig. 5 松山市街地の流域モデル(Model I)

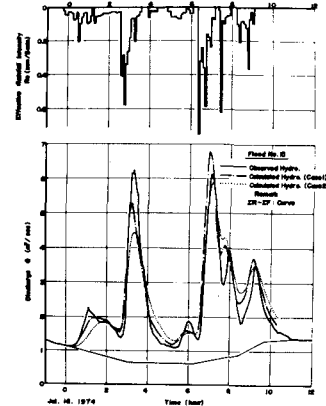


Fig. 6 流出hydro. (全排水流域)

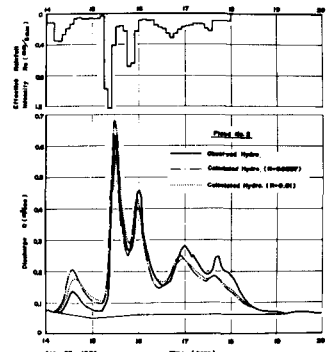


Fig. 7 流出hydro. (VII区域)