

都市流出システムの流域モデリングについて

愛媛大学工学部
愛媛県

正員 豊國永次, 渡辺政広
正員 永井康生

都市流出シミュレーションを対象とした流域モデリング法を提示してきているが、本報告では、都市流出システムの流域モデリングについて、松山市街地を調査対象として、表面流システムならびに管渠システムを構成し、表面流、雨水損失、管渠システムに関する各種パラメータを求めた結果について述べる。

1. 流域モデリング

調査流域の概要；調査対象とした松山市街地の1幹線排水区域 ($A = 0.234 \text{ km}^2$) を図1に示す。本流域は幹線管渠延長1,250 mの細長い形状で、不浸透域が流域の84.4%を占める市街地である。幹線下流端(3号水位計地)で昭和49年より、水位・流量観測が行われている。

流域モデリング；調査流域を現地調査し、各工種の流出面を表1に示す5つの代表流出面に規格化した。これら規格化された流出面と管渠システム(幹線、支線、小支線の各管渠)からなる基準流域モデル(Modular Model)をまず構成した(図2)。本モデルは実用上、実流域に最も近い流出システムをとり、117個の単位流出区画からなる。次に基準流域モデルの各流出面ならびに小支線、支線の各管渠を順次、等価流出面へと統合して *lumping* を進め、各種等価流域モデル(Model III, II, I)を構成した。図3に示す流域Model IIは、流出面を支線区域単位に等価流出面とし、支線、幹線の管渠からなる実用的な流域モデルである。ここに代表流出面(表1)の占有割合は、和風屋根42.1%, 洋風ビル11.4%, 道路・駐車場31.0%, 草地・裸地(1)11.2%, 草地・裸地(2)4.4%である。

2. 流出システムとそのパラメータ

表面流システムとそのパラメータ；基準流域モデル(図2)の表面流システムは表1に示す5工種の流出面より構成されており、各流出面よりの流出はそれぞれ直接、単位流出区画の管渠へ流入する。実用上の流域Model II(図3)の表面流システムは、基準流域モデルの各流出面ならびに小支線管渠と統合した等価流出面(

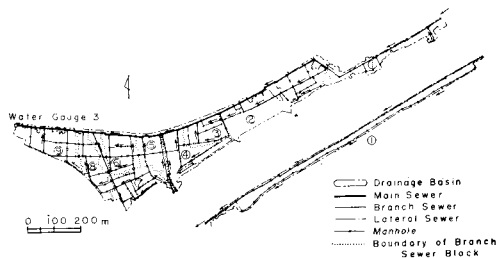


図1 調査流域とその管渠システム

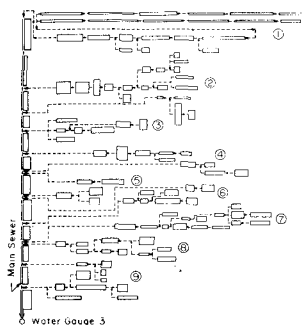


図2 調査流域の基準流域モデル (Modular Model)

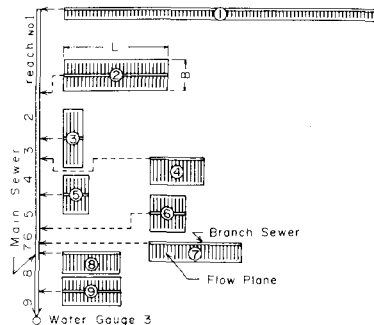


図3 調査流域の流域Model II (等価流域モデル)

表1 代表流出面とその諸元

STRIP	DESCRIPTION	LENGTH (m)	SLOPE	ROUGHNESS (m ^{-1/3} sec)
I	Composition roofing (1) Jap. style Impervious	3.88	0.36	0.01
II	Composition roofing (2) Building Impervious	6.00	0.011	0.01
III	Street and Pavement Impervious	3.51	0.031	0.02
IV	Grassed, bare land (1) back garden Pervious	2.00	0.001	0.25
V	Grassed, bare land (2) Park, ground of school Pervious	18.00	0.001	0.25

表2 等価流出面の諸元と等価粗度(Model II)

Block NO	A (km ²)	L (m)	B (m)	sin θ	N ₁ (m ^{-1/3} sec)
①	0.064	259	37	0.064	0.053
②	0.037	420	103	0.093	0.013
③	0.178	79	223	0.082	0.029
④	0.020	218	101	0.107	0.065
⑤	0.151	104	105	0.082	0.020
⑥	0.199	144	137	0.054	0.026
⑦	0.255	372	137	0.112	0.025
⑧	0.183	233	79	0.091	0.032
⑨	0.254	239	106	0.072	0.073

9個)より構成され、これらはそれぞれ支線管渠に直結されている。各等価流出面の諸元ならびに流出パラメータは、支線区域内での各流出面ならびに小支線管渠の諸量をもとに、表2のように算定された。

管渠システムとそのパラメータ；基準流域モデルの管渠システムは、管路の諸元（直径 ϕ 、こう配 i 、長さ L ）ならびに接合方式（段差、マンホール）など、形状にはほぼ等しい幹線、支線、小支線の各管渠を用いて構成した。Model IIの管渠システムは幹線および支線の各管渠よりなり、小支線管渠は等価流出面に含まれる。これらの諸元は表3および表4に示すようで、幹線管渠では幹・支線の各合流点周で、また支線管渠では各支線区域内で規格化して与えた。なお幹線と支線管渠との接合型は、管渠システムで発生する背水とそれによる貯留効果を考慮し得るよう、形状にはほぼ等しい形とした（図4）。表3、4からも明らかなように、調査流域の管渠こう配は3~8/1000と急で、管渠システムの流出をkinematic waveとして十分に取扱え得ることが推測される。

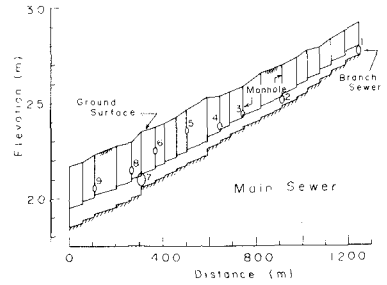


図4 幹線管渠システムの縦断面図

表3 幹線管渠の諸元

Reach NO	ϕ (mm)	i (%)	L (m)	K	P
1	500	6.8	335	0.433	0.722
2	600	7.0	186	0.437	0.736
3	600	6.6	80	0.448	0.739
4	700	3.2	145	0.579	0.723
5	700	6.4	135	0.452	0.727
6	700	6.0	60	0.462	0.725
7	1000	3.2	40	0.594	0.732
8	1000	4.8	160	0.512	0.729
9	1000	3.3	113	0.587	0.734

表4 支線管渠の諸元

Block NO	ϕ (mm)	i (%)	L (m)	K_0	P_0
①	400	8.2	259	.401	.729
②	350	7.1	420	.415	.725
③	300	4.5	79	.495	.732
④	350	4.7	218	.479	.723
⑤	300	7.5	104	.406	.728
⑥	300	4.5	144	.497	.733
⑦	700	4.7	372	.503	.731
⑧	350	3.9	233	.525	.723
⑨	350	4.7	239	.487	.729

表5 代表流出面の雨水損失特性

STRIP	DESCRIPTION	PERMEABILITY	DEPRESSION	
I	Composition roofing (1)	Impervious	Depressionless	A_{1a}
II	Composition roofing (2)	Impervious	Depression	D_{1b}
III	Street Pavement	Impervious		A_{1b}
IV	Grassed, bare land (1)	Pervious	Depression	A_p
V	Grassed, bare land (2)	Pervious		B_p

3. 雨水損失モデル

都市域の雨水損失と各流出面の損失特性と考慮して算定する方法（URL法）を調査流域に適用し、降雨流出資料をもとに雨水損失の各パラメータを算定し、さらにそれらの適用性を調べた。

雨水損失パラメータ；URL法では各種流出面を不透流域と浸透流域に大別し（表5）、和風屋根を除く不透流域流出面では凹地貯留 D_{1b} を、浸透流出面では凹地貯留 D_p と浸透損失 f （補給能モデル）を考慮し、それぞれ雨水損失を算定する。昭和55、56年の降雨流出資料をもとに、まず浸透能と常に下回る強度の降雨とその流出資料より、流域の雨水損失 L と降雨量 R の直線関係を定め（図5）、 $(D_{1b})_{max} = 5 \text{ mm}$ を得た。次に浸透能と常に上回る強度の降雨とその流出資料をもとに、 L と降雨継続時間 t との曲線関係を数次の試算を行って定め（図6）、 $(D_p)_{max} = 6 \text{ mm}$ 、 $f_u = 20 \text{ mm/hr}$ 、 $f_c = 5 \text{ mm/hr}$ 、 $t_c = 1.5 \text{ hr}$ を得た。

適用性に関する検討；昭和57年の数出水について、上述した各特性値による雨水損失の算定結果と実測値と対比して検討した（図7）。これよりここに得られた各特性値、並びに本法の有用性が指摘できる。

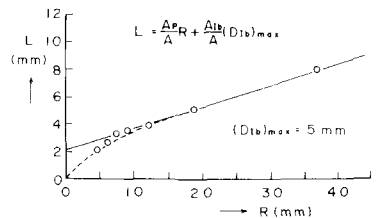


図5 $(D_{1b})_{max}$ の算定結果

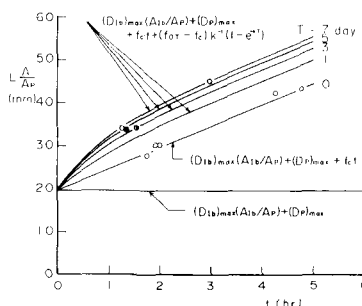


図6 各種パラメータの算定結果

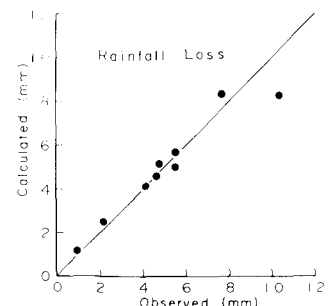


図7 雨水損失特性値の検証