

Ⅶ-27 都市下水道流域における雨水・汚濁負荷流出モデルとその実流域への適用

愛媛大学大学院 学生員 ○魚谷牧夫, 重田尚秀, 堀江展弘
愛媛大学工学部 正 員 渡辺政広

1. はじめに

都市下水道流域における越流水問題を解決するためには、都市域における各種流出面（表-1）上と下水道管渠システム内における雨水と汚濁負荷の流出を精度高く解析しえる計算モデル、すなわち、図-1 に示すような、雨水と汚濁負荷の分布型非定常流出解析モデルが必要となる。

本文では、上述の流出解析モデルを A 市の市街地流域に適用し、その実流域への適用性について検討した結果を報告する。

2. 調査・解析対象流域の概要

調査・解析対象とした流域は、集水面積 0.28 km^2 、不浸透流出面が流域の 78% を占める（表-1）典型的な市街地流域である。下水道管渠・水路システムは図-2 に示すようで、下水道管渠・水路の総延長は 8.4 km である。

汚濁負荷の流出解析の対象とした水質項目は、SS、BOD、COD の 3 項目で、流域下流端で採水した雨水流出水の汚濁濃度は下水試験方法に従って測定した。降雨量は、流域近傍に設置した 0.5 mm 転倒マス型雨量計（30 分間強度）により観測した。また、流域の下流端では、流速と流水断面積を測定して流出流量（ハイドログラフ）を観測した。

3. 雨水・汚濁負荷流出モデル

3.1 雨水流出モデル

(1) 雨水損失モデル（Effective Rainfall, 図-1）

浸透損失には Horton の浸透能式を、凹地損失には Linsley

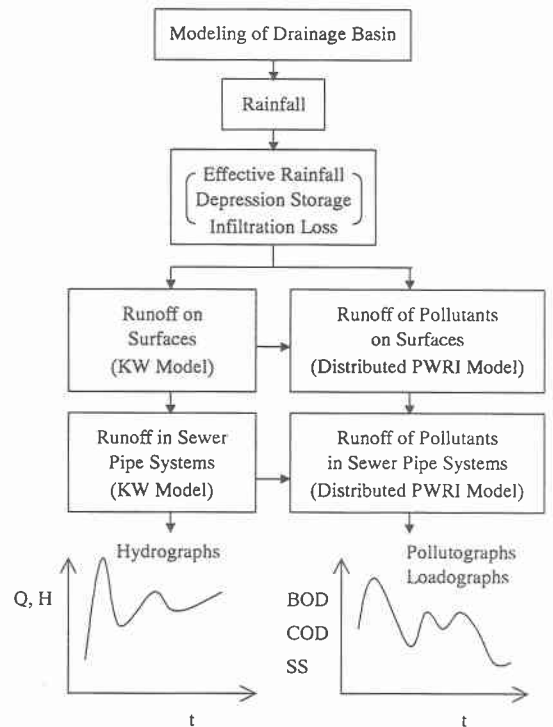


図-1 分布型非定常解析モデル

表-1 都市域における代表的な流出面

主要流出面	浸透・不浸透	雨水損失	面積率(%)
和風屋根	不浸透性	なし	28.46
洋風ビル	不浸透性	凹地貯留	12.59
駐車場・道路	不浸透性		36.72
小規模な草地・裸地	浸透性	凹地貯留 浸透損失	20.20
大規模な草地・裸地	浸透性		2.02

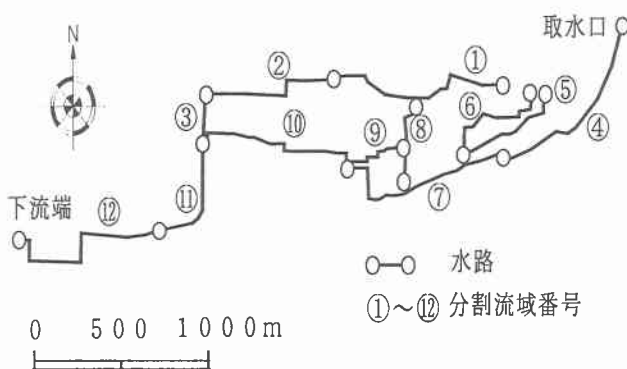


図-2 流域の分割と模式図

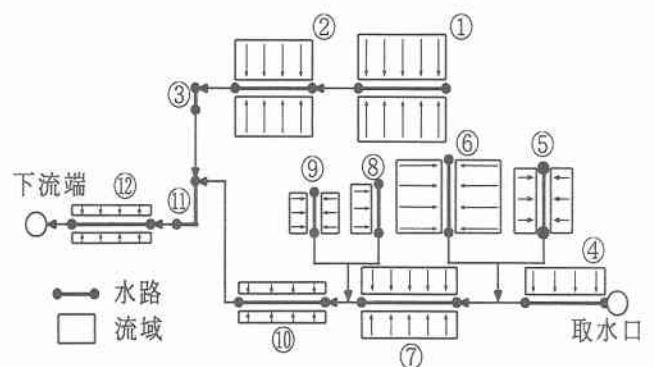


図-3 流域の分割と模式図

らの指数関数型の近似式を適用する。

(2) モデルの基礎式 (Runoff on Surfaces, Runoff in Sewer Pipe Systems, 表-1 および図-1)

5 つの流出面上の流れならびに下水道管渠内における流れは、いずれも、kinematic wave 流れとして取り扱う。

(3) モデルの適用性

調査・解析対象流域 (図-2) を、下水道管渠の分合流、流域の土地利用状況、などを勘案し、図-2 および図-3 のように、12 の区域に分割し、雨水流出計算を行った。流域踏査を行って算定した流出面および下水道管渠・水路の諸定数を、表-1～表3 に示す。

雨水流出の計算ハイドロを実測ハイドロと対比した一例を、図-4 に示す。計算値は実測値に対し必ずしも良い一致を示していないが、時間的な流出変化の特性はよく再現しており、本モデルにより、実用しえる流出ハイドロの得られるであろうことが分かる。

3.2 汚濁負荷流出モデル

(1) モデルの基礎式 (Runoff of Pollutants both on Surfaces and in Sewer Pipe Systems, 図-1)

a) 流出面上での汚濁負荷流出: 5 つの流出面上での汚濁負荷の流出の式、連続式は、SS の場合、次式のように表される。

$$L_{WS} = \alpha_S C_{WS} P'_{WS} r_e^b A_W \tag{1}$$

$$\frac{dP_{WS}}{dt} = -L_{WS} ; \quad P_{WS} = 1000 \times P'_{WS} A_W \tag{2}$$

ここに、 L_{WS} : 発生負荷量(gr/s), C_{WS} : 負荷流出係数(1/mm), P_{WS} : 滞積(残存)負荷量(gr), P'_{WS} : 単位面積当たりの滞積負荷量(kg/ha), A_W : 降雨による負荷発生に関与する流出面の面積(ha), r_e : 有効降雨強度(mm/hr), α_S : 単位換算係数, b : べき指数, t : 時間(s), である。

b) 管渠内での汚濁負荷流出: 下水道管渠内における汚濁負荷の流出の式、連続の式は、SS の場合、次式のように表される。

$$L_{DS} = C_{DS} P_{DS} Q (Q - Q_c) \tag{3}$$

$$\frac{dP_{DS}}{dt} = D_{DS} - L_{DS} + L_{WS} + \sum(L_{DS}) \tag{4}$$

ここに、 L_{DS} : 発生負荷量(gr/s), C_{DS} : 負荷流出係数(s/m⁶), P_{DS} : 滞積負荷量(gr), D_{DS} : 補給負荷量(gr/s), $\sum(L_{DS})$: 上流の下水管渠よりの流入汚濁負荷量の合計, Q : 計算流量, Q_c : 限界流量(m³/s), である。

(2) モデルの適用性

汚濁負荷流出の実測例が僅か 1 例 (図-5) あるのみであり、現在、検討を進めているところである。

表-2 代表流出面の緒元

主要流出面	斜面長(m)			斜面勾配	粗度係数
	住宅区域	商業区域	業務区域	(=sin θ)	(m ^{1/3} ・s)
和風屋根	4.0			0.35	0.01
洋風ビル	6.0	7.5	9.0	0.01	0.01
駐車場・道路	3.5	4.5	6.5	0.03	0.02
小規模な草地・裸地	3 (2~4)			0.001	0.25
大規模な草地・裸地	30 (20~40)			0.001	0.20

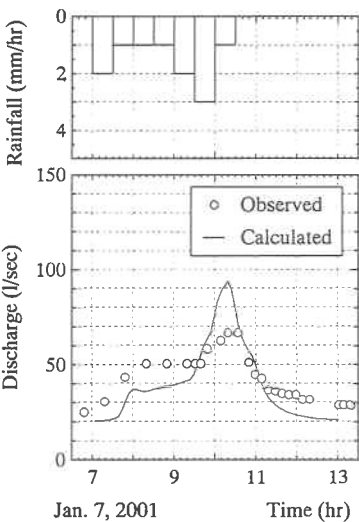


図-4 計算値と実測値の比較 (雨水流出モデル)

表-3 水路定数

区域	K	P
1	0.576	0.655
2	0.501	0.723
3	0.704	0.723
4	0.614	0.692
5	0.469	0.712
6	0.477	0.721
7	0.520	0.684
8	0.469	0.669
9	0.495	0.726
10	0.565	0.723
11	0.462	0.697
12	0.524	0.729

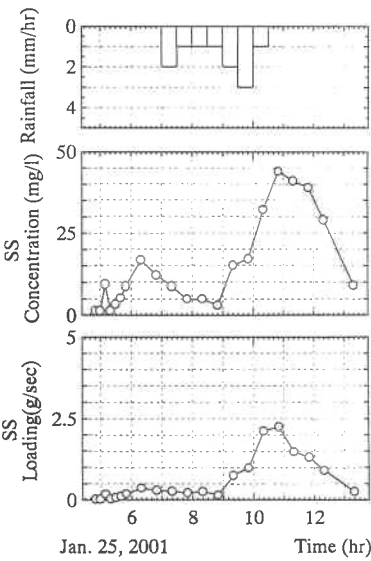


図-5 汚濁負荷流出の観測結果