

都市下水道流域における晴天時の汚濁負荷流出シミュレーションについて

愛媛大学工学部 正 員 渡辺 政広
 (有)大協設備商会 正 員 〇大西 雅俊
 愛媛大学大学院 学生員 藤田 和博

各地の都市下水道流域で、近年、雨天時における放流水域の水質汚濁を軽減・防止するための各種対策が本格的に検討・実施され始めているが、こうした対策の効果を詳細に予測し、把握するためには、実用的かつ高精度の汚濁負荷流出モデルを開発しておく必要がある。

本報告では、既に提案されている多くのシミュレーション・モデルの中から、土研モデル¹⁾を取り上げ、主として晴天時シミュレーションの適用性について、名古屋市の白川排水区²⁾を対象に検討した。

1. 調査対象流域の概要と汚濁負荷流出特性²⁾

調査対象流域として、図1に示す名古屋市の白川排水区（自然排水，合流式，流域面積 35.9 ha）を選んだ。本排水区は、典型的な商業区域で、流域のおよそ 80 % が不浸透流出面より構成されている。

合流式下水道における晴天時および雨天時の汚濁負荷流出特性については、既に多くの観測結果が報告されている。本流域において観測された幾つかの流出特性を、手短に述べる。① 降雨初期に高濃度の汚濁負荷が発生する現象，すなわちファースト・フラッシュ現象がしばしば発生する。② BOD 負荷の発生場は主として管渠内，一方，SS のそれは主として地表面上であると考えられる。③ 降雨 1 mm 当りの汚濁負荷流出量は，前期無降雨日数が大きいほど増加する傾向を示す。④ 晴天時の BOD および COD について，発生負荷量 (gr/s) と限界流量を差し引いた流量 (m³/s) とは，両対数紙上で，傾きが 1 の直線関係を示す。一方，SS については，傾きが 2 の関係にある。

2. 晴天時の汚濁負荷流出モデル（土研モデル）¹⁾

(1) 基礎式

BOD，COD および SS の発生負荷量に関する運動方程式および連続式は，それぞれ式 (1)，(2)，式 (3)，(4)，および式 (5)，(6) のように表される。

$$L_{DB} = C_{DB} \cdot P_{DB}^2 \cdot (Q - Q_c) \cdots \cdots (1), \quad dP_{DB}/dt = D_{DB} - L_{DB} \cdots \cdots (2)$$

$$L_{DC} = C_{DC} \cdot P_{DC}^2 \cdot (Q - Q_c) \cdots \cdots (3), \quad dP_{DC}/dt = D_{DC} - L_{DC} \cdots \cdots (4)$$

$$L_{DS} = C_{DS} \cdot P_{DS} \cdot Q (Q - Q_c) \cdots \cdots (5), \quad dP_{DS}/dt = D_{DS} - L_{DS} \cdots \cdots (6)$$

ここに， L_{DB} ， L_{DC} ， L_{DS} ：発生負荷量 (gr/s)， C_{DB} ， C_{DC} ， C_{DS} ：負荷流出係数 (1/gr/m³，1/gr/m³，s/m⁶)， P_{DB} ， P_{DC} ， P_{DS} ：滞積負荷量 (gr)， D_{DB} ， D_{DC} ， D_{DS} ：補給負荷量 (gr/s)， Q ：流量 (m³/s)， Q_c ：限界流量 (m³/s)， t ：時間 (s)。また，添字 D は晴天時，添字 B，C，S はそれぞれ BOD，COD，SS に関する諸量であることを表す。

(2) 負荷流出係数 (C_{DB} ， C_{DC} ， C_{DS}) および初期滞積負荷量 ($P_{DB,0}$ ， $P_{DC,0}$ ， $P_{DS,0}$) の算定方法

雨天時の汚濁負荷発生シミュレーションを行うため，晴天時の流量および発生負荷量ハイドロより，上記変数の適値を算定する手順を，以下に手短に述べる。

1) C_{DB} および $P_{DB,0}$ ：① $P_{DB,0}$ は，晴天時の 1 日 BOD 発生負荷量 (gr) の 1/2 に等しいとする。② C_{DB} の近似値を C_{DB}' とし，(雨天時のピーク BOD 濃度) = $C_{DB}' \times P_{DB,0}^2$ となるよう， C_{DB}' を定める。③ これらの C_{DB}' と $P_{DB,0}$ を用い，晴天時の負荷発生シミュレーションを行う。④ これより得られる P_{DB} の安定値を P_{DB}^* とする。⑤ $C_{DB}' \times P_{DB}^{*2} = C_{DB} \times P_{DB,0}^2$ が成立する C_{DB} 値が求める適値である。

2) C_{DC} および $P_{DC,0}$: 1) と同様の方法を用いれば、これらの適値を求めることができる。

3) C_{DS} および $P_{DS,0}$: ① $P_{DS,0}$ は、晴天時の1日SS発生負荷量(gr)の1/2に等しいとする。② C_{DS} の近似値を C_{DS}' とし、(晴天時の平均SS濃度) = $C_{DS}' \times P_{DS,0} \times (Q - Q_c)$ となるよう、 C_{DS}' を定める。③ これらの C_{DS}' と $P_{DS,0}$ を用い、晴天時の負荷発生シミュレーションを行う。④ これより得られる P_{DS} の安定値を P_{DS}^* とする。⑤ $C_{DS}' \times P_{DS}^* = C_{DS} \times P_{DS,0}$ が成立する C_{DS} 値が求める適値である。

3. 適用性に関する検討

1) 雨天時ピーク濃度と負荷流出係数の関係：上記2. (2) の算定法における雨天時ピーク濃度の違いが負荷流出係数 C_{DB} および C_{DS} の適値にどのような影響を及ぼすかを、対象流域での9つの雨天時発生負荷量ハイドロを用いて調べた。図2は、昭和51年6月17日の晴天時データに対する結果を示す。これらより、ピーク濃度の違いは適値に全く影響を及ぼさないことが分かる。

2) 晴天時シミュレーション：上記の晴天時負荷量ハイドロをもとに算定した負荷流出係数の適値を用いて行った晴天時シミュレーション結果を実測発生量ハイドロと対比した。1例を図3、4に示す。これらより、上述した算定法と本モデルにより、実用し得るシミュレーション結果の得られることが分かる。

終わりに、本研究を推進するにあたり、建設省土木研究所下水道研究室の榊原隆氏より多くの貴重な助言を頂いた。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献：1) (社)日本下水道協会：合流式下水道越流水対策と暫定指針—1982年版—，1982年。2) 建設省土木研究所下水道研究室：土木研究所資料第1478号—合流式下水道の雨天時下水に関するデータベース（その1：自然排水区），1979年。

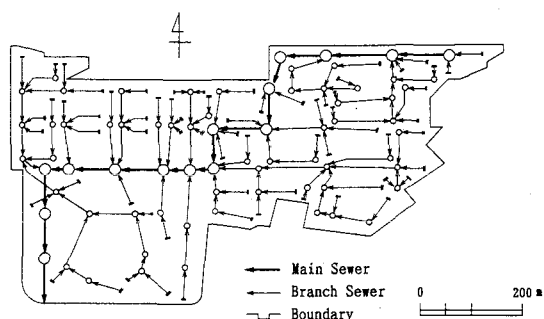


図1 解析対象流域（名古屋・白川排水区）

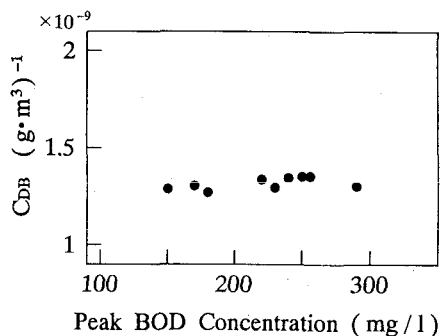


図2 ピーク濃度と負荷流出係数の適値

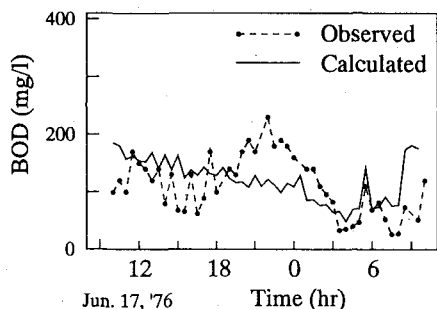


図3 シミュレーション結果と実測結果の比較 (BOD)

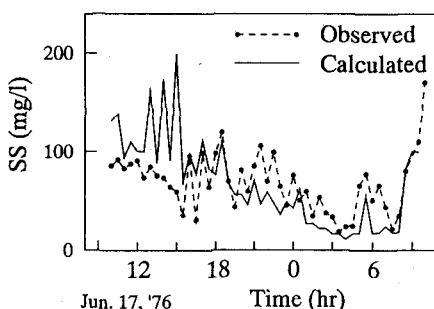


図4 シミュレーション結果と実測結果の比較 (SS)