

都市下水道流域における雨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

愛媛大学大学院 学生員 ○藤田 和博

(有)大協設備商会 正 員 大西 雅俊

放流水域の水質汚濁を軽減・防止する対策について、都市下水道流域で実施される諸対策については、今後、一層のきめ細かさが要求されてくるものと予測される。これに対応して、下水道流域の汚濁負荷流出モデルについても、今後は、高精度でミクロな解析が必要になってくるものと考えられる。

本報告では、わが国で広く用いられている土研モデルを取り上げ、その適用性ならびに適用上の問題点などについて、名古屋市の白川排水区を対象に検討した結果を述べる。

1. 調査対象流域の概要¹⁾

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，調査対象流域に選んだ。本排水区は，典型的な商業区域で，流域のおよそ 80 %が不透流出面より構成されている。

2. 雨水流出モデル（修正 RRL モデル）²⁾

汚濁負荷流出に先立って行われる雨水流出解析に，ここでは，後述する土研モデルと組み合わせてしばしば用いられている修正 RRL モデルを採用する。

3. 汚濁負荷流出モデル（土研モデル）²⁾

汚濁負荷の発生場は，BODについては管渠内，COD および SS については管渠内と地表面（流出面）上であるとして取り扱う。これら 3 項目の発生負荷量に関する運動方程式および連続式は，式（1）～（16）のように表される。なお，以下において，添字 B, C, S は BOD, COD, SS に，添字 D, W は晴天時あるいは管渠内，雨天時あるいは地表面（流出面）上に関する諸量であることを示す。

$$1) \text{ BOD: } L_{DB} = C_{DB} \cdot P_{DB}^2 \cdot (Q - Q_c) \dots\dots\dots (1)$$

$$d P_{DB} / d t = D_{DB} - L_{DB} \dots\dots\dots (2)$$

$$2) \text{ COD: } L_C = L_{DC} + L_{WC} \dots\dots (3); L_{DC} = C_{DC} \cdot P_{DC}^2 \cdot (Q - Q_c) \dots\dots\dots (4)$$

$$L_{WC} = (1/3.6) \cdot C_{WC} \cdot P_{WC}' \cdot (r_e - r_{ec}) \cdot A_{WC} \dots\dots (5)$$

$$d P_{DC} / d t = D_{DC} - L_{DC} \dots\dots\dots (6), \quad d P_{WC} / d t = D_{WC} - L_{WC} \dots\dots\dots (7)$$

$$; D_{WC} = D_{WC}' \cdot A_{WC} \dots\dots (8), \quad P_{WC} = 1000 \times P_{WC}' \cdot A_{WC} \dots\dots (9)$$

$$3) \text{ SS: } L_S = L_{DS} + L_{WS} \dots\dots (10); L_{DS} = C_{DS} \cdot P_{DS} \cdot Q \cdot (Q - Q_c) \dots\dots\dots (11)$$

$$L_{WS} = (1/3.6) \cdot C_{WS} \cdot P_{WS}' \cdot (r_e - r_{ec}) \cdot A_{WS} \dots\dots (12)$$

$$d P_{DS} / d t = D_{DS} - L_{DS} \dots\dots\dots (13), \quad d P_{WS} / d t = D_{WS} - L_{WS} \dots\dots\dots (14)$$

$$; D_{WS} = D_{WS}' \cdot A_{WS} \dots\dots (15), \quad P_{WS} = 1000 \times P_{WS}' \cdot A_{WS} \dots\dots (16)$$

ここに， L_{DB} ， L_C ， L_{DC} ， L_{WC} ， L_S ， L_{DS} ， L_{WS} ：発生負荷量（gr/s）， C_{DB} ， C_{DC} ， C_{DS} ， C_{WC} ， C_{WS} ：負荷流出係数（1/gr/m³，1/gr/m³，1/mm，s/m⁶，1/mm）， P_{DB} ， P_{DC} ， P_{WC} ， P_{DS} ， P_{WS} ：滞積負荷量（gr）， P_{WC}' ， P_{WS}' ：単位面積当りの滞積負荷量（kg/ha）， D_{DB} ， D_{DC} ， D_{WC} ， D_{DS} ， D_{WS} ：補給負荷量（gr/s）， D_{WC}' ， D_{WS}' ：単位面積当りの補給負荷量（gr/s/ha）， Q ：流量（m³/s）， Q_c ：限界流量（m³/s）， r_e ：有効降雨強度（mm/hr）， r_{ec} ：限界有効降雨強度（mm/hr）， A_{WC} ， A_{WS} ：降雨による負荷発生に関与する面積（ha）， t ：時間（s）。

4. 適用性に関する検討

土研モデルを前述した排水区に適用し，その適用性ならびに適用上の問題点などについて検討した。

ここに、実測データ²⁾は、昭和 50～52 年における晴天時は 4、雨天時は 9つのデータを用いた。

1) 修正RRL法について：昭和 50～52 年の 9 出水を対象に、修正RRL法による流出シミュレーション結果を実測結果と対比した。1例(総雨量 14.5 mm)を図1に示す。全般的に、シミュレートされた流量ハイドロは、流出期間を通じて、やや扁平化する傾向が見うけられる。しかし、全体的には、本法によって十分実用しえる流量ハイドログラフが得られていると言える。2) 晴天時データの違いが雨天時汚濁負荷量ハイドロに及ぼす影響について：土研モデルでは、ある晴天時(通常、1日間)の負荷量ハイドログラフをもとに、管渠に関する2つのパラメータ、初期滞積負荷量および負荷流出係数を決定する。ここでは、採用した晴天時データの違いがシミュレーション結果にどのような影響を及ぼすかを検討した。検討結果の1例(表1の晴天時データを用いた場合)を図2に示す。これらより、3項目のいずれに対しても、その影響はしばしば無視しえない程度にまで及ぶことが分かった。3) 有効降雨の取扱いについて(図3)：上述した式(5)および(12)における有効降雨 r_e には、通常、雨水流出モデルによる算定結果が用いられる(Case a)。これに対し、雨水流出モデルにより計算された流量 Q を降雨強度に換算し、これを r_e として用いる方法³⁾(Case b)が提案されている。ここでは、この方法の適用性について検討した。これらより、この方法を用いた負荷量ハイドログラフは、一般に、実測ハイドロに比べてかなり扁平化してくること、特にSSに対し、こうした傾向が顕著であることが分かった。

最後に、本研究を推進するにあたり、建設省土木研究所下水道部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。3) 史明・石崎・吉野・山口：水環境の保全と再生，pp. 213～232，山海堂，1987年。

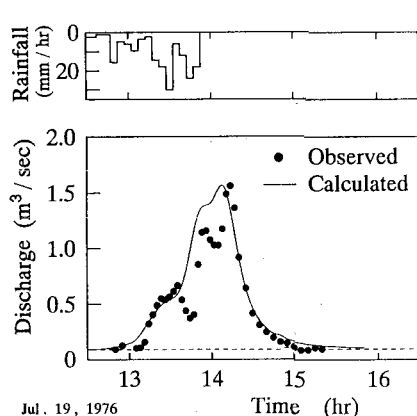


図1 雨水流出シミュレーション結果と実測結果の比較

表1 晴天時データの負荷流出特性

晴天時 データ Case	1日発生負荷量			平均濃度		
	BOD (kg)	COD (kg)	SS (kg)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)
I	890.2	421.6	745.9	154.1	73.0	129.1
II	881.4	347.8	570.9	133.6	52.7	86.5
III	585.0	241.9	395.4	94.1	38.9	63.6

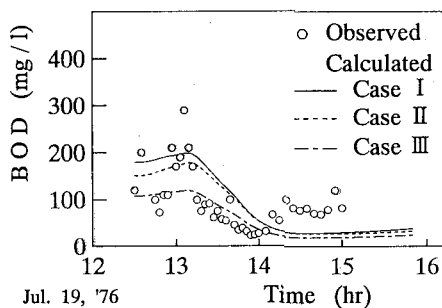


図2 晴天時データと負荷発生量ハイドロとの関係

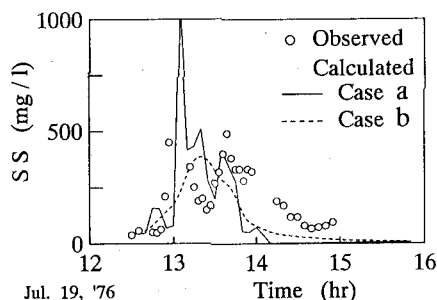


図3 有効降雨の評価法とシミュレーション結果