

II-54

雨天時における合流式下水道からの越流水汚濁負荷解析

岐阜県

正員 加藤 一郎

名古屋大学工学部 正員 松林宇一郎, 高木不折

1. まえがき

近年、合流式下水道の越流水による公共水域の汚染が問題になっている。これを解決するためには、まず、降雨による流出汚濁負荷の時間的変化を具体的に把握することが必要である。この解析法にはSTORMやSWMM等があるが、わが国では昭和50年頃建設省土木研究所によって調査研究、開発された「土研モデル」がよく用いられている。汚濁負荷の問題では、一般に基礎となる水質の観測がネックとなってモデルの検討、定数解析を困難にしている。本研究では、昭和50-52年にA市のB排水区で実施された観測データを土研モデルに適用し汚濁負荷のシミュレーションを行ない、その過程で定数や初期値の決定法の検討、解析結果と実測値との比較を基にモデル構造についても検討した。

2. 対象流域

対象流域は図-1に示す典型的な都市域の排水区である。

(39.3ha) 不浸透面積率は約79%である。下水道は合流式であり、図中丸印の地点で集水され、下水処理場に送られる。水位(=流量)や水質(BOD, COD, SS)の観測はこの直下流地点で行われている。観測は晴天時と雨天時に実施されており、晴天時は30分間隔、雨天時は5分間隔で観測されている。

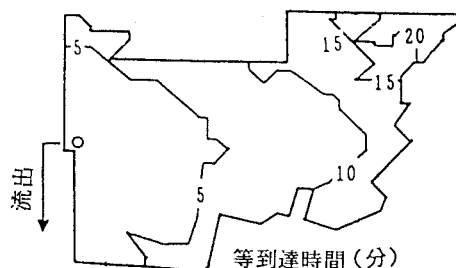


図-1 流域の概況

3. 雨水流出解析

雨水の流出解析は修正RRL法を用いた。等到達時間域は下水管の満管流速をもとに各地点の到達時間を求め、それを内挿して5分間隔で求めた。図-1に等時線を併記している。浸透域面積は公園や校庭などをデジタイザーにより計測した。表-1に結果を示す。両域での浸透損失、凹地貯留については表-1に記した値を用いた。修正RRL法では、各地点の有効降雨を表-1の到達時間に応じて集水し(流入ハイドログラフ; P)これを連続式(1)と貯留関数(2)により流出ハイドログラフQに変換する。ここで、Sは貯留量、Kとnは貯留関数の定数であり、実測値を用いた解析を通じて同定した。(K=0.08, n=1.1)解析結果は図-4に示す。

表-1 等到達時間浸透・不浸透面積及び貯留・浸透特性

到達時間	0-5分	5-10	10-15	15-20	20-25	凹地貯留	浸透損失
浸透域	4.89	2.12	1.15	0.14	0.06	1.5mm	10mm/h
不浸透域	8.89	12.50	6.55	1.68	1.54	5.0mm	-

(単位:ha)

$$\frac{dS}{dt} = P - Q \quad \dots(1)$$

$$S = KQ^n \quad \dots(2)$$

4. 汚濁負荷解析

対象とした汚濁物質はBOD, COD, SSの3種である。このうちBODは家庭、飲食店、会社等を起源とし、SSは主に地表面起源、そしてCODはその両方である。土研モデルでは、各汚濁種について地表・管渠の貯留量を P_s , P_p として汚濁負荷収支と汚濁流出負荷～貯留量関係を定式化している。図-2はCOD, SSを対象としたモデルの概念図を示す(BODでは地表を無視する)。この土研モデルでは地表から下水道への負荷の流入は破線の様になっており、下水管での貯留変換は受けない構造になっている。このため、負荷の流出が実測より早すぎてしまうという問題があった。そこで本研究では実線のように取り扱った。変更後の基礎式を式(3)～(5)に示す。ここに、 P_p , P_s :管渠内および地表面堆積量(g), D_L :家庭等からの汚水負荷量(g/s), L_w :流出負荷量(g/s), L_s :地表から下水管渠への流入負荷量

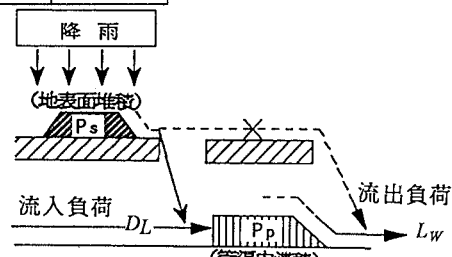


図-2 汚濁負荷モデル

(g/s), a_2, a_3 : COD, SSの地表への補給負荷量 (g/s),
 A : 流域面積 (km^2), r_e : 有効降雨 (mm/h), Q : 流出流量
 (m^3/s), r_c, Q_c : 負荷の流出の始まる限界雨量と流量, C ,
 K : 負荷流出定数で添え字(1, 2, 3)はBOD, COD, SSを意味
 する. L_s はここで新たに定義したものである.

実際の解析においては, P_p, P_s の初期値と諸定数を決める必
 要がある. 土研モデルでは, 晴天時の観測値を用いて管路内の現
 象に関する定数解析を行ない, 次に雨天時データにより残りの定
 数を決めるという手順をとる. 本研究では, 定数として取り扱わ
 れている D_L, P_p の日変化等を検討した. 図-3はBODの P_p の
 日変化を4ケースの晴天時データについてみたものである. 日中
 は日毎の変化が大きいが夜はいずれも一定のパターンを示すこと
 がわかる. そこで, 本研究では18時から翌日の8時までは平均を取
 り, 8時-18時は直線で結んで, これを雨天時の初期貯留量に用いた.
 D_L についても4ケースの平均値によりパターン化した.

雨天時の定数解析について, まず, COD,
 SSの初期地表面堆積負荷量 P_{s0} は, これら
 が1度の降雨で流出してしまうと考えると総
 流出負荷量から逆算できる. また, P_{s0} が降
 雨前2日間の補給負荷量 a の蓄積によって形
 成される仮定することにより, a を推定した.
 その他の定数は実測値に合うように決定した.

5. 解析結果

図-4は昭和51年7月19日の解析結果を示す. このデータ
 も定数解析に用いられているので, これによって単純に
 合う, 合わないを議論できないが, 一般的な傾向は指摘
 できる. 図は上段から降雨, 実流量とRRLの結果の比
 較および $3Q_s$ 値, 以下BOD, COD, SSについて実
 測流出負荷, 計算流出負荷および, オーバフロー負荷量
 を示している. 図から, まず, 流量についてはRRL法
 でかなりの精度で推定できることがわかる. BODにつ
 いては計算結果はファーストフラッシュが早く出すぎ,
 後半の流出を再現できないという傾向がみられる. これ
 は, オーバフローでいうとその主要部で流出負荷量が過
 小評価されるという結果になっている. この傾向はパラ
 メータの調整でも改善できず, 今後, モデル構造の検討
 が必要とされる. SSについてはピークの位置や変動
 が実測値とよく一致している. なお, このケースはピー
 ク部で過大評価しているが他の例では良好な結果とな
 っている. CODについては両者の中間的性質をもってい
 るが, 概ね許容できる結果となっている.

6. まとめ: 本研究では, 実測流量, 汚濁負荷量もち

いて土研モデルにより汚濁負荷解析を行った. その過程で, モデル構造の改善と定数や初期堆積量の推定法
 の提案を行なった. 結果をみると, 特にBODの解析に問題があることがわかった.

$$\text{BOD}; \frac{dP_p}{dt} = D_L - L_W \quad \dots(3.1)$$

$$L_W = C_1 P_p^2 (Q - Q_c) \quad \dots(3.2)$$

$$\text{COD}; \frac{dP_p}{dt} = D_L + L_s - L_W \quad \dots(4.1)$$

$$\frac{dP_s}{dt} = a_2 - L_s \quad \dots(4.2)$$

$$L_W = C_2 P_p^2 (Q - Q_c) \quad \dots(4.3)$$

$$L_s = \frac{1}{3.6} K_2 P_s (r_e - r_c) A \quad \dots(4.4)$$

$$\text{SS}; \frac{dP_p}{dt} = D_L + L_s - L_W \quad \dots(5.1)$$

$$\frac{dP_s}{dt} = a_3 - L_s \quad \dots(5.2)$$

$$L_W = C_3 P_p Q (Q - Q_c) \quad \dots(5.3)$$

$$L_s = \frac{1}{3.6} K_3 P_s (r_e - r_c) A \quad \dots(5.4)$$

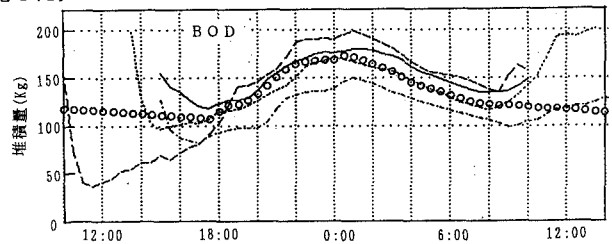


図-3 初期貯留量のパターン化

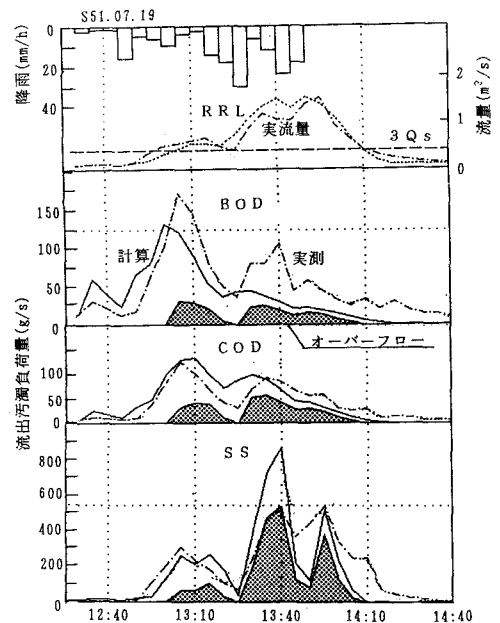


図-4 解析結果