

簡易処理法を用いた合流式下水道の改善

広島大学工学部 正員 寺西 靖治
 〃 学生員 〇上野 忠彦
 東急建設(株) 末松 直紀
 島根県庁 稲田 佳朗

1. はじめに

公用水域の水質汚濁防止の必要性から既存の合流式下水道の雨天時対策のひとつとして、滞水池を付設することによる雨天時放流負荷量の削減が考えられるがしかし、滞水池の効果については詳細な検討がなされていない。そこで、本研究では、図-1に示すような雨天時処理システムを考え、簡易処理段階における水質制御の効果を検討するために、最初沈殿池の水質予測を完全混合モデルを用いて検討する。併せて、負荷量の変動についても検討を加える。

2. 調査対象区域および調査方法

調査対象区域は、広島市南部の市街地に位置し、その大部分は勾配が緩やかな平坦地で裸地が多く、用途別にみると住宅地域が過半数を占め、工業および商業地域も数ヶ所存在する。終末処理場は南西部に位置し、現況で処理面積=640.0 ha、処理人口=96,100人、晴天時最大汚水量=54,500 m³/日、雨天時最大汚水量=275,500 m³/日である。最初沈殿池の形式は長方形平行流式2階層(系1、系2)で沈殿時間=2.6時間、水面積負荷=30.7 m³/ha/日である。ポンプ場はA町系とB町系の2つがある。流出量は越流堰通過後にあるセンサーと簡易放流路にあるセンサーから系1、2の流出量と簡易放流量の和により求める。本研究では、簡易処理による効果が大きいSSを対象として、流入SS濃度はA町系およびB町系ポンプ場からの流入SS濃度を負荷量平均し、流出SS濃度は系2の越流堰通過直後のSS濃度として求める。

3. 解析方法

SS濃度の減少速度が濃度の1次反応として表わすと、

$$dC/dt = -KC \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 C = SS濃度 (M/L³)、 t = 時間 (T)、 K = 1次反応速度係数 (1/T)

表-1 最初沈殿池の除去率

沈殿時間 t_D (hr)	除去率 $(C_i - C_o)/C_i$	C_o/C_i	$C_o/C_i - 0.3$
0.	0.	1.	0.70
0.5	0.36	0.64	0.34
1.0	0.47	0.53	0.23
1.5	0.53	0.47	0.17
2.0	0.58	0.42	0.12
2.5	0.60	0.40	0.10
3.0	0.62	0.38	0.08
3.5	0.63	0.37	0.07
4.0	0.64	0.36	0.06
4.5	0.65	0.35	0.05
5.0	0.66	0.34	0.04

$t = 0$ のとき $C = C_i$,

$t = t_0$ のとき $C = C_o$ とし

て、(1)式を解くと、

$$C_o/C_i = \exp(-K \cdot t_0)$$

----- (2)

ここに、 C_i = 流入SS濃

度 (M/L³)、 C_o = 流出SS濃度 (M/L³)、 t_0 = 沈殿時間 (T)

一方、既存の最初沈殿池に関する沈殿時間と除去率の関係は

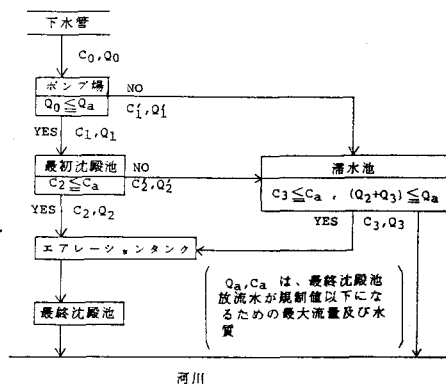


図-1 雨天時処理システム

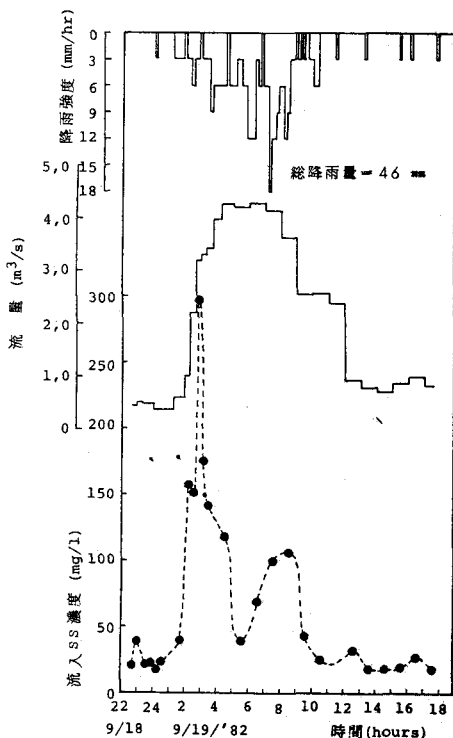


図-2 流量及び流入水質の経時変化

ら、表-1を求め、回帰分析により次式を得る。

$$C_0/C_2 = 0.30 + 0.346 \cdot \exp(-0.448 \cdot t_0) \quad (r = 0.986) \quad \text{--- (3)}$$

したが、て、(2)、(3)式よりKについて解くと、

$$K = -\frac{1}{t_0} \ln(0.30 + 0.346 \cdot \exp(-0.448 \cdot t_0)) \quad \text{--- (4)}$$

次に、水質特性に完全混合モデルを適用して、最初沈殿池内のマス・バランスを考えると次式で示される。

$$V \cdot dC_0(t)/dt = Q(t) \cdot \{C_2(t) - C_0(t)\} - K \cdot C_0(t) \cdot V \quad \text{--- (5)}$$

ここに、V = 最初沈殿池の容積 (L³)、Q(t) = 流量 (L³/T)

(5)式を積分して、その解を求めると、次式のようになる。

$$C_0(t) = \exp\left[-\int_0^t \left(\frac{Q(t)}{V} + K\right) dt\right] \cdot \left\{ \exp\left[\int_0^t \left(\frac{Q(t)}{V} + K\right) dt\right] \cdot \frac{Q(t) \cdot C_2(t)}{V} dt + C_0(t=0) \cdot \exp\left[-\int_0^t \left(\frac{Q(t)}{V} + K\right) dt\right] \right\} \quad \text{--- (6)}$$

実測データに適用できるように(6)式を連続型から離散型に変換すると、次式が得られる。

$$C_0(t_i + \Delta t) = \exp\left[-\left(\frac{Q(t_i)}{V} + K(t_i)\right) \cdot \Delta t\right] \cdot \left\{ \frac{Q(t_i) \cdot C_2(t_i)}{Q(t_i) + K(t_i) \cdot V} \cdot \left\{ \exp\left[\left(\frac{Q(t_i)}{V} + K(t_i)\right) \cdot \Delta t\right] - 1 \right\} + C_0(t_i) \right\} \quad \text{--- (7)}$$

ここに、t_i = i番目のデータの初期時間(T)、Δt = 時間間隔(T)

また、各間隔の平均SS濃度をC₀(t_i + Δt/2)とすると、

$$C_0(t_i + \frac{\Delta t}{2}) = \frac{Q(t_i) \cdot C_2(t_i)}{Q(t_i) + K(t_i) \cdot V} - \left\{ \frac{Q(t_i) \cdot C_2(t_i)}{Q(t_i) + K(t_i) \cdot V} - C_0(t_i) \right\} \cdot \frac{1}{\Delta t} \cdot \left\{ 1 - \exp\left[-\left(\frac{Q(t_i)}{V} + K(t_i)\right) \cdot \Delta t\right] \right\} \cdot \frac{V}{Q(t_i) + K(t_i) \cdot V} \quad \text{--- (8)}$$

4. 結果と考察

雨天時における最初沈殿池の流量と流入SS濃度および降雨強度の実測値を図-2に示した。図-2の実測値から(7)式、(8)式を用いて得られる流出SS濃度の予測値、さらに流出SS負荷量の予測値とそれぞれの実測値を図-3、図-4に示した。流出SS濃度について実測値には顕著な1次ピークが見られないが、予測値にはピークがおよそ40分遅れに表れているのは流入SS濃度に1次(first-Hush)、2次ピークがあるためである。流出負荷量について予測値が実測値に較べ1次ピークが高くなるのは、流出SS濃度の予測値が高いためである。この理由として、流入SS濃度はデータの処理上、各区分内で一定とすることから降雨初期のように変化が激しい区分では、採水時の流入SS濃度を各区分の平均濃度とすることは影響が大きく、採水間隔をもっと小さくする必要がある。処理場にあるSS測定用センサーによる流出水の水質変動を図-5に示した。このグラフでは流出SS濃度の予測値にみられる1次ピークも表れている。

5. おわりに

本研究の結果を要約すると、1)濃度予測値は実測値では明確でない1次ピークがみられ、他はやや低値であった。2)負荷量予測値は実測値よりピーク時にかなり高くなるが、他はほぼ一致した。3)SSセンサーの水質変動は濃度予測値の分布にかなり近似した。したが、て、雨天時には、流量が大きいために最初沈殿池内は完全混合に近い状態で、同様に滞水池の場合も水質予測が可能と思われる。(参考文献)1)衛生工学ハンドブック・合田健・朝倉書店 PP.599

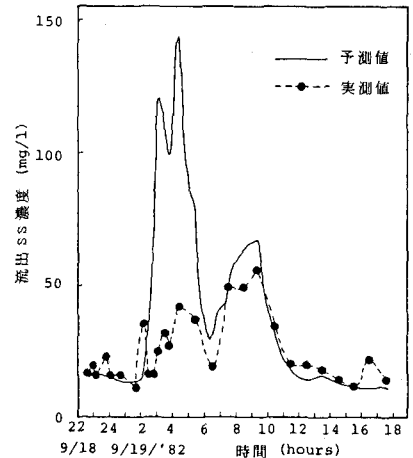


図-3 流出SS濃度の経時変化

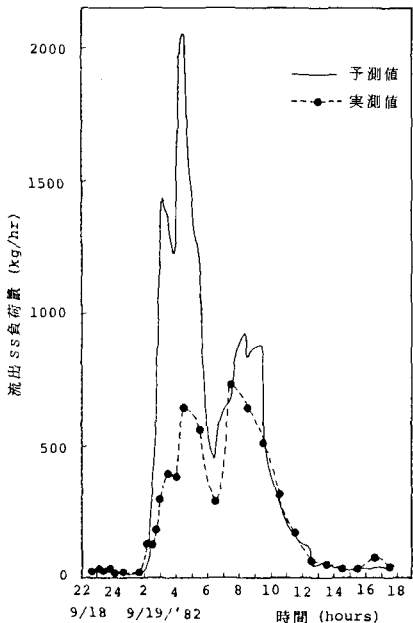


図-4 流出SS負荷量の経時変化

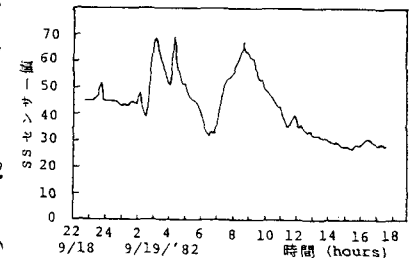


図-5 SSセンサーの水質変動