

東京大学 正員 市川 新
 ○ 建設省 正員 高野 匡裕
 東京大学 志村 近史

降雨初期に雨水吐から流出される汚水がかなりの高負荷を含むことは、これまで指摘されてきていることであるが、その対策を考えた場合、十分な機構説明がされているとはいえない。本研究では、下水道計画における重要な問題点である雨天時下水の処理を行なうにあたっての基礎的は研究として、負荷流出機構のモデル化を中心に、雨天時下水の特徴、並びに汚濁源に関する検討を行なった。モデルの検討及びシミュレーションにあたっては、全国の10都市(右流式)における建設省土研研究所による測定データを利用した。

1 負荷流出の事例(横浜市)

昭和51年9月9日の降雨について、流量、負荷流出速度の時間変動を図-1に示した。

BODの負荷流出速度は降雨開始後1時間程の間、晴天時を大きく上回っているが、それ以降は晴天時を下回っている。降雨初期の流出負荷の増大は著しく(晴天時の約30倍)、始めの1時間で約70 Kgの流出があり、測定期間中(6時間)の総流出量の約60%を占める。同様に初期30分間では約40 Kgの流出があり、これは40%弱を占めている。また、流量、流出負荷がピークをとる時間を見ると、BODとCODでは負荷濃度-負荷流出速度-流量の順で、それぞれの時刻も一致していることから、これら二つの指標では同様の流出機構を持っていることがわかる。それに対してSSでは、流量のピークの後に濃度、負荷ともに最大値をとり、流出負荷の増大自体はBOD、CODに比べて著るしいことから、独自の流出形態であると思われる。

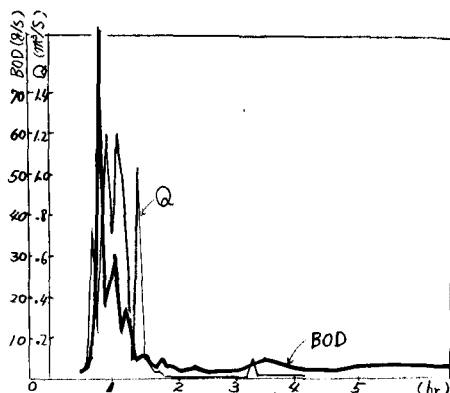


図-1

2 雨天時負荷流出シミュレーションモデル

BODについて、雨天時の負荷流出を推定するため、堆積負荷評価モデルを用いてシミュレーションを行なった。このモデルは流出負荷が流量及び堆積負荷量に比例するというもので、次の式によって表現される。

$$\text{運動方程式} \quad Q_s = K S^m Q^n (Q - Q_0) \quad (1)$$

$$\text{連続式} \quad \frac{dS}{dt} = DWF - Q_s \quad (2)$$

ここで、 Q_s は負荷流出速度、 S は堆積負荷量、 Q は流量、 Q_0 は限界稀流量であり、 DWF は晴天時の負荷流出速度、 K 、 m 、 n は定数である。

3 式の導入と定数の決定

(1)式における n の値を決定するために、横浜市における晴天時のデータから負荷流出速度と流量の関係をプロットしたところ、ほぼ直線関係が得られた(図-2)。従って $n=0$ とすることが妥当であると言える。また、直線が原点を通らないことから限界稀流量 Q_0 の存在することがわかる。次に雨天時のデータで同様のプロットを行なったのが図-3である。曲線は、図-2の結果に基づき $Q_s = K'(Q - Q_0)$ という関係を表わしたものである。図

からわかるように Q の増加とともに実測値と曲線のひらきが大きくなっており、 K' が漸減していることがわかる。これは負荷の供給源である管内堆積量の減少によると考えられるので $K' = K S^m$ という関係が導入され(1)式が得られる。

図 - 2

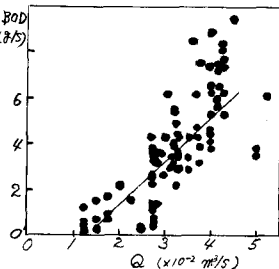
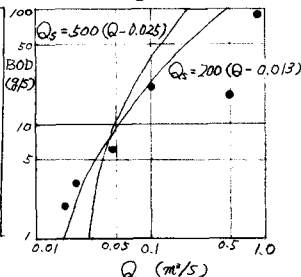


図 - 3



4 K , S_0 値の推定と m の決定

(1) 式と $S = S_0 + \Delta S$ という関係から

$$\{Q_0 / (Q - Q_0)\}^{1/m} = K^{1/m} \Delta S + K^{1/m} S_0 \quad (3)$$

が得られるが、ここで m の値は K と初期負荷堆積量 S_0 を与えて始めて決定される。 ΔS 並びに左辺は実測値であるので、並に m を適当に与えてやれば、最小自乗法により K , S_0 が求まる。その際に最もよい相関を与える m を試行錯誤により求めることにした。そこで m を 0.2 から 5.0 まで 0.2 きざみで変えてみたところ、0.2 から 2.0 までは次第により相関を示すようになるが、2.0 より大きい m を与えてもそれ以上に高い相関を示すことはなかった。また、相関係数のかわりに誤差の二乗和について検討しても同様の結果であったので、 m の最適値として 2.0 と与えることにした。

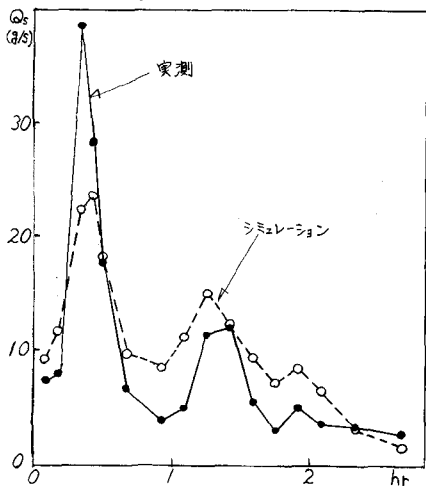
5 シミュレーション

以上のことからモデルの式は

$$dS/dt = -K S^2 (Q - Q_0) + DWF \quad (4)$$

と決定されたので、この式に基づき K , S_0 の算定並びに負荷流出シミュレーションを行なった。BOD についての一例を図-4 に示す。この例では、初期の流出負荷の増大を十分には再現できなかった。(横浜市、昭和51年2月7日の降雨の例)

図 - 4



6 K , S_0 に関する考察

(4) 式において負荷流出と実際に左右するのは K , S_0 の値である。そこで本節では K , S_0 の値に影響を与える要因、特に管渠勾配と先行晴天日数について考察をした。

まず、 S_0 と先行晴天日数の関係をみるために先行降雨係数 APF ($APF = \sum (R_i/t)_{mm/h}$; R_i は i 日前の降雨量 (mm)) を導入した。前節で求めた S_0 と APF の関係をプロットしたのが図-5 である。また K と管渠勾配の関係を表わしたのが図-6 である。 S_0 と APF の間には負の相関、 S_0 と先行晴天日数、 K と管渠勾配の間には正の相関があることがわかる。

図 - 5

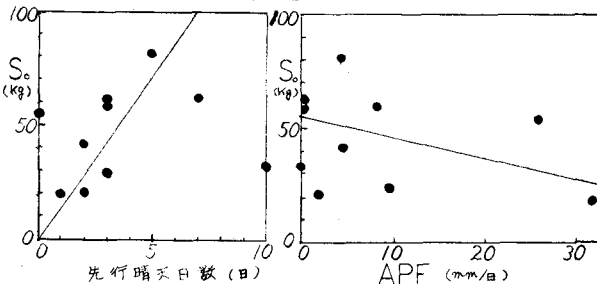
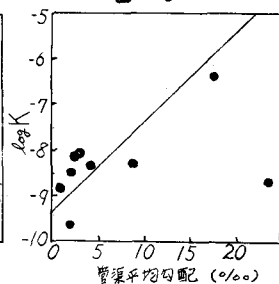


図 - 6



7 まとめ
BOD の負荷流出は(4)式でかなりよく再現される。今後、 K , S_0 に関するより精密な研究が必要となろう。