

都市域の雨水管水質、負荷流出特性とそのモデル化に関する研究

関西大学工学部
関西大学工学部

正員 和田安彦
正員 〇三浦浩之

1. はじめに 分流式雨水管の雨天時流出負荷、水質は都市部での生産活動の進展、交通量や物質の輸送量の増大に伴って次第に悪化している。このため分流式雨水管の水質、負荷特性の把握とモデル化に関する研究が行われており、筆者らも2つのモデル(3段流出モデル、堆積負荷運動評価モデル)に関して発表した。その後さらに研究を進めた結果、当モデルの実用性を考慮して改良を行い、その適合性やモデル構成要素の特性について研究した成果を述べる。

2. モデル構成 (1) 2段流出モデル 3段流出モデル($Q_s = a \cdot Q^2 + b \cdot S \cdot Q + c \cdot S \cdot Q$)では係数bの設定が難しく、その項の流出に対する寄与度も低いのでこれを省略したモデルを構成した。

$$Q_s = a \cdot Q^2 + b \cdot S \cdot Q \dots (1), S = S_0 - Q_s \dots (2)$$

(Q_s : 流出負荷量, Q : 流量, S : 堆積負荷量, S_0 : 初期堆積負荷量, a, b : 係数)

(2) 堆積負荷運動評価モデル 堆積負荷運動評価モデル式は次式で表わされる。

$$Q_{s,i} = K \cdot S_{i-1}^2 \cdot Q_i^2 \cdot Q_{i-1}^{-P} \dots (3), S_i = S_{i-1} - Q_{s,i} \dots (4)$$

(K, P : 係数, i : タイムステップ)

P の設定においては従来経験的に望ましい値として $P=0.1, 0.2, 0.3$ の何れかを選択していたが、表現し切れない降雨もあるため、 $P=0.01 \sim 0.99$ として P の自由度も高め、再現性の向上を図った。

3. モデルの係数に関する特性 (1) 係数の影響度

1) 2段流出モデル 係数 a, b に関する流出分を分離して図化したものが図-1である。これより、①係数 b に寄与する流出項が流出負荷量の大部分を占めている。②総流出負荷量が多い時には係数 a がほぼ0となり、 b 項だけでほぼ負荷量、平均流量、流出状態を表わし得る。③総流出負荷量が少

ない時には b 項に加えて a 項の流量比(例流出負荷量により)負荷流出状態を表す。②堆積負荷運動評価モデル 係数を変化させて負荷の流出状態の違いを表わしたのが図-2である。これより、①係数 K の増減に正比例して流出負荷量も増減する。②係数 P が大きいとワンステップ前の流量の影響度が高くなり、流量の増減率が小さいと流出負荷量の変化量は少ない。③ P が小さいと前流量の影響度が低く、現流量の増減に即応して流出負荷量も敏感に増減している。

(2) 降雨特性との関連性 各モデルの諸係数と降雨特性との関連性も相関係数により表わしたものが図-3~6である。これより指摘しうることもモデル別に示す。

① a : 総流出水 降雨量との相関

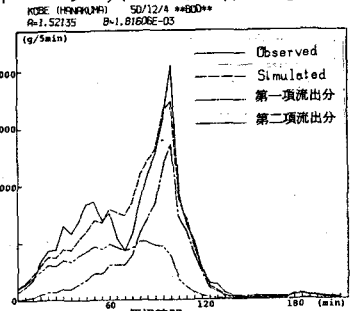


図-1 2段流出モデルの係数影響度

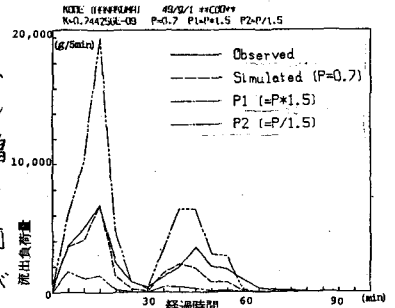


図-2 堆積負荷運動評価モデルの係数影響度

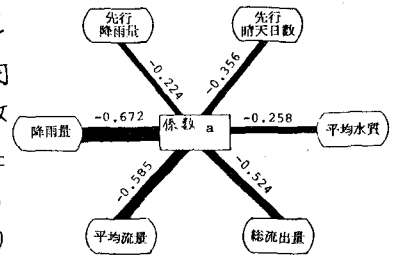


図-3 係数aと降雨特性

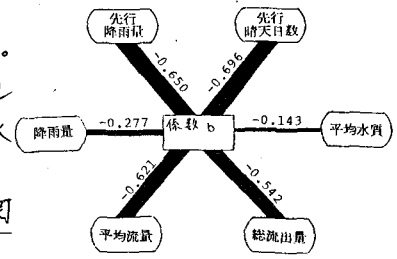


図-4 係数bと降雨特性

Yasuhiko WADA, Hiroyuki MIURA

性が高く、雨水の流出状況に強く影響されている。②b: 先行晴天日数、先行降雨量、平均流量、総流出量との相関性が高く、非点源負荷が堆積するまでの過程に強く影響されている。

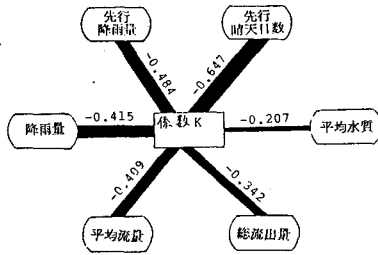


図-5 係数Kと降雨特性

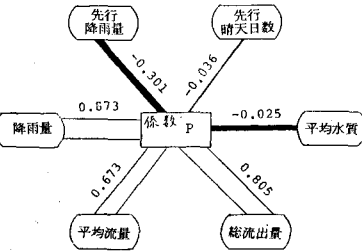


図-6 係数Pと降雨特性

2) 堆積負荷運動評価モデル ① K; 先行晴天日数、先行降雨量および降雨量、平均流量との相関性が高く、非点源負荷の堆積過程を中心に降雨状況からも影響される。② P; 降雨量、総流出量、平均流量との相関性が高く、先行降雨量との関連もあるため、先行降雨と比較した上での雨水流出状況に影響されている。

4. モデルの検討 各モデルの係数を多変量解析を応用することにより推定して、シミュレーションを行った結果を図-7, 8に示す。

(1) モデルの比較検討 1) 水質項目 両モデルともにBOD, COD, SSの流出状態を良好に表わし得ており(相関係数 $r=0.80\sim0.92$)、特に2段流出モデルは浮遊性物質を的確に再現している($r=0.94$)。2) 降雨パターン ① 2段流出モデルはピークが明確な降雨時の負荷流出状態を高精度で表わし得る($r=0.95$ 以上)が、ピーク差の生じることがある。これに対してはモデルの顕在化していない降雨時ではフラッシュの再現に構成において流量、堆積負荷量にかかるべきものの誤差が生じている。② 堆積負荷運動評価モデルもさらに研究することが考えられる。③ 堆積負荷運動評価モデルもピークが明確な降雨時の再現精度は(3)今後の課題 今後の課題としては①大降雨良好($r=0.85\sim0.95$)、ピークの顕在化していない大時の再現精度の向上、②係数推定法の定式化、降雨時でもかなりの精度($r=0.80$ 以上)で再現し③堆積負荷量算定精度の向上等がある。

(2) 再現性の向上 1) 2段流出モデル; 小降雨時化、

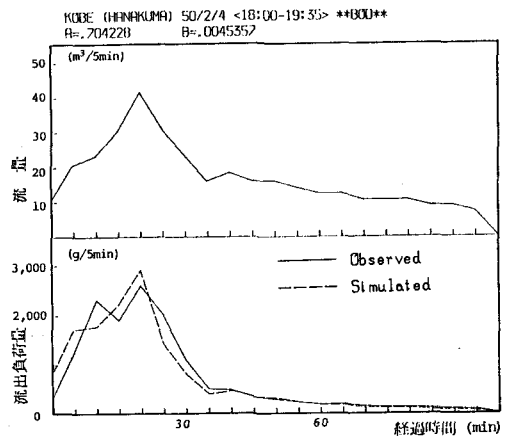


図-7 2段流出モデルのシミュレーション図

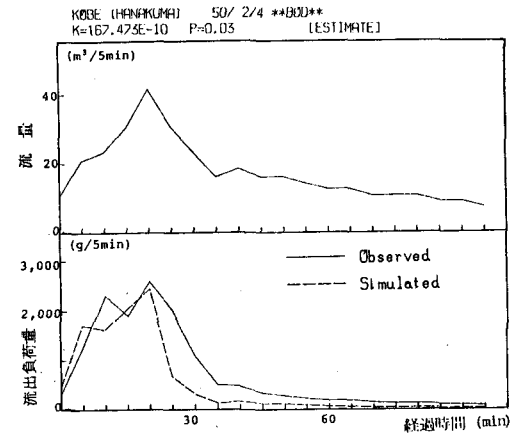


図-8 堆積負荷運動評価モデルのシミュレーション図

にはフラッシュのピーク値をやや過小評価する傾向がある。これに対しては小降雨時には流量変化と流出負荷量の類似性が弱いことより、他の降雨パターンよりも堆積負荷量にウェイトを置くモデル構成とすることが考えられる。2) 堆積負荷運動評価モデル; 大降雨型、小降雨型の降雨時にはフラッシュのピーク値再現に小さな誤差を生じることがある。これに対してはモデルの顕在化していない降雨時ではフラッシュの再現に構成において流量、堆積負荷量にかかるべきものの誤差が生じている。② 堆積負荷運動評価モデルもさらに研究することが考えられる。③ 堆積負荷運動評価モデルもピークが明確な降雨時の再現精度は(3)今後の課題 今後の課題としては①大降雨良好($r=0.85\sim0.95$)、ピークの顕在化していない大時の再現精度の向上、②係数推定法の定式化、降雨時でもかなりの精度($r=0.80$ 以上)で再現し③堆積負荷量算定精度の向上等がある。

1) 和田, 三浦; 水環境ヒエメントのための分流式雨水管のモデル

第10回環境問題シンポジウム講演論文集, 土木学会