

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○鳥井 宏之  
 京都大学防災研究所 正会員 城戸 由能  
 京都大学防災研究所 正会員 中北 英一

## 1. はじめに

将来的な水資源および水環境の保全と利活用のためには、河川流域における水・物質循環を水系一環としてとらえ、その経年的な変化や将来予測をおこなうことが必要である。一方、近年の下水道の整備により生活排水・工業排水の浄化処理が進み、河川水系に放流される汚濁負荷は減少しているが、不透化が進んだ都市域では、雨天時の直接流出量が増大し、これに伴う汚濁物質の流出量が増加している。本研究では、雨天時に都市域から流出した雨水が河川水質に与える影響を評価できるモデルの構築を目的として、現在合流式下水道越流水対策として整備された幹線管渠による貯留が一部供用開始されている鴨川水系の下水道排水区域を対象として、雨天時に河川に流入する雨水量および汚濁負荷量を算定するとともに、対象範囲の一部で水質解析を行った。

## 2. 対象範囲

解析対象区域は鴨川の北山大橋から深草地点の河道および流入する下水道整備区域である。解析範囲を図1に示す。京都市内には、北大路以北および東山麓に一部の地域に分流式下水道、他の区域には合流式下水道が整備されており、分流式区域では雨水のみが直接河川に放流され、合流式区域では汚



図1 解析範囲図

水と雨水が混合した下水が遮集量を越えた場合に越流水として放流される。京都市の発表では鴨川沿いにある30数箇の越流口から年間30回程度の越流が確認されており、鴨川の大きな負荷源となっている。

## 3. 解析方法

本研究では京都市上下水道局作成の下水道排水区に関する詳細な管路網情報を基にして、下水道排水区からの雨水・汚濁物質の流出については Kinematic Wave Model および表面負荷流出モデルを用いた流出解析を行った。河道流下過程については、京都府京都土木事務所から提供いただいた鴨川河川縦断面図および雨量・水位観測データを基にして、Dynamic Wave Model および移流分散を基礎として沈降・巻き上げを考慮した一次元水質モデルを適用した。

## 4. 解析結果

### 4.1 雨水流出再現計算結果

下水道排水区の雨水・汚濁物質流出解析を行った。結果の一例を図2に示す。本研究では京都盆地全域の下水道排水区域を対象とした流出解析を目指しており、枝管の全てをモデル排水区として分割した場合の計算負荷が大きくなるため、各枝管の排水区域（支流域）を統合する必要がある。図2に示した計算例では支流域の統合が過剰となり各排水区の管路・斜面の情報が平滑化されすぎたために観測値と計算値の最大流出量発生時間にずれが生じたと考え

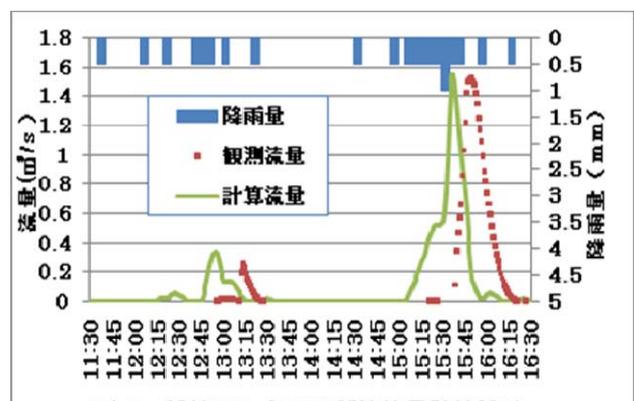


図2 越流口における越流流量計算結果

られる。そこで、支流域の統合が最大流出量の発生時間に与える影響について考察した。賀茂川右岸北部にある合流式下水道の堀川7号幹線の集水区を既往研究<sup>1)</sup>では262個の支流域に分割しており、これを本研究ではまず10個の支流域に統合した(図2)。この集水区を詳細な下水管路網接続構造に基づき新たに37個の支流域に分割して再現計算を行った。結果を図3に示す。37個の分割数の場合、支流域を262個に分割した場合の最大流出量およびその発生時刻との差異は小さく、37個に統合したモデル排水区でも十分な流出解析が行えることが明らかとなった。

#### 4.2 河道流解析および河川・河床間隙水水質解析

鴨川の荒神橋から深草地点を対象として Dynamic Wave Model を用いた河道流の解析を行った。結果を図4に示す。汚濁負荷流出解析を前提として比較的流量の低い降雨イベントを対象としているため、深草地点の時間的な流量増減は再現できたが、最大流量は観測値と比較して過小評価となった。本研究では河川水質解析における流量・流速の再現性を重視すべきであり、観測および長期の降雨イベントを対象とした解析を通して再評価を行う。

河道水質解析では河床間隙水について河川水質と連動したモデル化を行った。基礎式を以下に示す。

$$\frac{\partial C_B}{\partial t} + u_B \frac{\partial C_B}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left( A \cdot D_B \frac{\partial C_B}{\partial x} \right) - k_1 u_x C_B + \frac{k_3 C}{u_x h} - k_4 C_B$$

ここで、 $C_B$ ：対象物質の地中水中濃度、 $C$ ：河川水中濃度、 $u_B$ ：地中水流下方向流速、 $A$ ：河川底質ボックス断面積、 $D_B$ ：地中水中分散係数、 $u_x$ ：河川流速、 $h$ ：河川水深、 $k_1$ ：巻き上げ係数、 $k_3$ ：沈降係数、 $k_4$ ：土壌吸着定数である。解析結果を図5に示す。北山大橋から北大路橋間の範囲で適用した結果、無

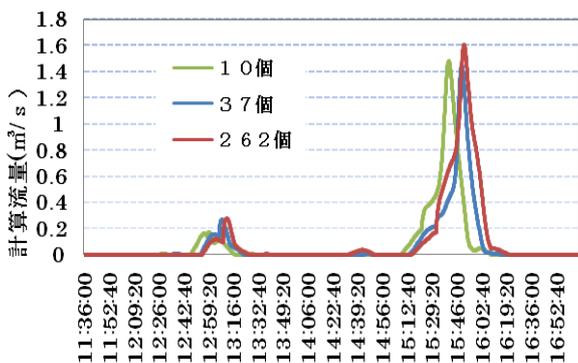


図3 支流域分割数別の流出特性比較結果

降雨時に河川からの沈降による河床間隙水中のT-N(総窒素)濃度の上昇、降雨流出開始後、流量増加するにつれて巻き上げによる濃度減少と河川水質濃度の上昇といった現象を再現できた。

#### 5. 結論

下水道枝管集水区域を統合したモデル排水区における雨水および汚濁物質の流出解析を行った結果、支流域を統合したことにより斜面勾配が平均化され流下距離が短く評価されたため、最大流出量発生時刻が早く計算された可能性がある。盆地全体のモデル化を進めるにあたり、排水区の適切な統合方法についての今後検討を進める。さらに合流式下水道越流水が及ぼす河川水質への影響および河川水質と河床との相互関係を考慮し、晴天時・雨天時を連続させた水質解析の準備を行った。このモデルでは表流水と地下水間の水・物質移動の収支が算定評価できることが特徴であり、このモデルの再現性を観測に基づいて評価した上で、盆地水系全体の水・物質流動およびその収支の解析を実施する予定である。

#### 参考文献

- 1) 深尾大介：都市域における非特定源からの雨天時汚濁物質流出解析，京都大学大学院工学研究科修士論文，2005。
- 2) 京都府土木事務所：水位観測記録（2002/04/01～2003/01/28）

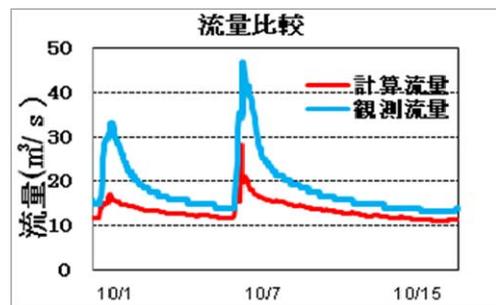


図4 河道流解析結果

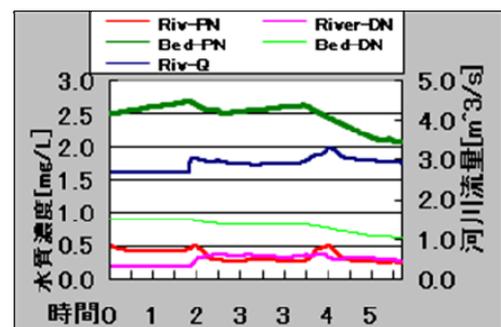


図5 河川・河床間隙水水質解析結果