

第Ⅱ部門 河川底泥を考慮した賀茂川の水質解析

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○井口貴正 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 京都大学大学院工学研究科 学生員 深尾大介

1. はじめに

近年、下水道整備等により家庭や工場からの汚濁物質の削減が進められているが、河川の水質改善は鈍化している。その原因の一つとして雨天時を含めた河川の流下過程での汚濁物質の挙動を十分把握できていないことが挙げられる。

河川流水中の汚濁物質の挙動を考えた場合、基本的な移流・分散に加え、分解・沈降といった生成消滅に関わる現象を考慮する必要がある。特に、懸濁態物質の沈降や河床からの溶出や巻き上げ現象については、これまで河床面を境界条件と考え、河床内部の物質移動を考慮せず、一定速度の沈降・溶出・巻き上げの現象として表現されてきた。つまり、河川水中と河床内の汚濁物質量の収支は考慮されてこなかった。本研究では、河川水と河床中の汚濁物質移動に着目し、賀茂川における現地観測調査を行った。

2. 調査概要

図1に示すように鴨川水系の中で自然地从市街地を流下する区間（出町橋～高橋）を対象として、河川および流入水の採水を行った。また、対象区間の橋の直下において土壌試料を採取した。土壌試料については1+5水抽出法に基づき、土壌試料60gに純水300gを添加して200rpmで1時間攪拌した後一晩静置し、上澄み液を分析試料とした。

これらの採取試料原水とガラス繊維ろ紙(GA-100、保留粒子径1 μ m相当)で吸引濾過した濾過後試水を有機態炭素分析装置(島津製作所：TN ユニット付きTOC-V/CSN)で全有機態炭素量(TOC)および全窒素(T-N)を測定し、原水と濾過後試水の濃度差を懸濁態炭素(POC)および懸濁態窒素(P-N)とした。また、濾過後試水についてはパーソナルイオンアナライザ(島津製作所：PIA-1000)で溶存イオンを測定した。調査期間は2003年8月～2004年12月である。その間に月1回の縦断観測を9回、降雨直前から流量低減までの連続観測を2回行った。

3. 賀茂川の水質特性

京都府・京都市が実施してきた公共用水域水質観測データ¹⁾を分析した結果下水道整備が普及した1990年代以降の水質はほぼ横這いである。対象地域は基本

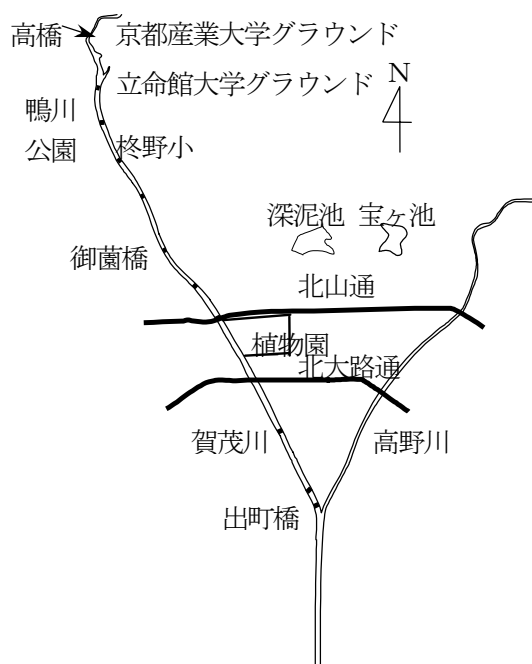


図1 対象流域

的に分流式下水道が整備されており家庭排水等の流入は考えられないが、一部農業用水路と接続されているため晴天時にも賀茂川への流入が観測された。

4. 河川水質の観測結果

縦断観測の結果、流下に伴いT-N濃度が漸増する傾向が見られた(図2)。同様の傾向は観測期間を通じて他のほとんどの物質についても見られたが、TOCだけは明確な傾向が見られなかった。また、横流入水濃度は全般的に河川水濃度よりも高く、河川水質は冬季よりも夏季の濃度が高かった。

2003年11月の連続観測の結果、窒素は降雨のあった10日～11日にかけて濃度が上がり、その後低下する傾向が見られた(図3)。2004年の11月の晴天時水質と比較すると、11月15日においても高橋では約2倍、北大路橋では4倍以上であり、降雨後4日を経過しても河川水質は晴天時水質を上回っていた。また、降雨後2、3日までは懸濁態成分の比率も高く、晴天時水質とは異なる特徴を示した。TOCについては、高橋では降雨後わずかに濃度が上昇したがその後緩やかに低減した。北大路橋では降雨に対応して懸濁態の濃度が大きく変動しており、都市域からの直接流出の影

響が大きいものと考えられる。Ca, Na, Cl の各イオンは雨天時に濃度が低下するがその後は徐々に上昇する傾向が見られた。

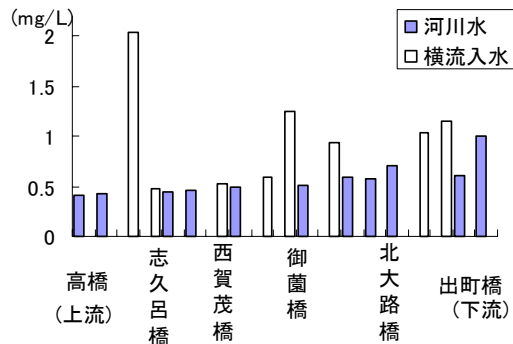


図2 2004年5月 T-N 観測結果

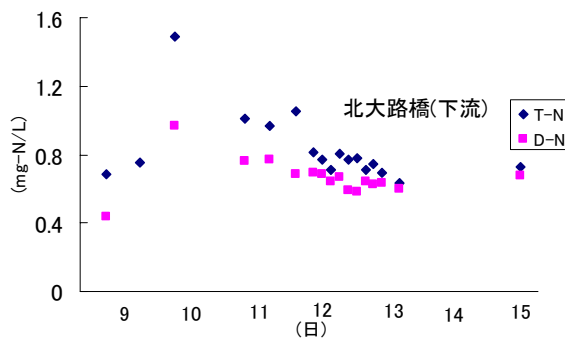
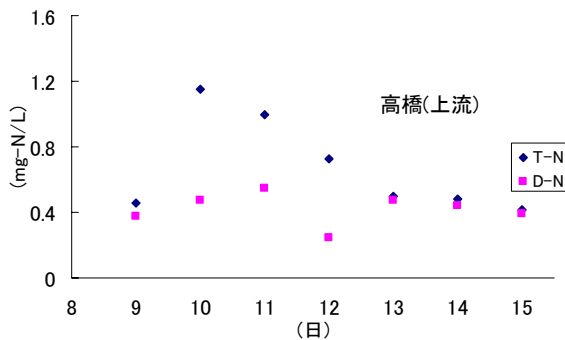


図3 高橋と北大路橋連続観測結果(2003年11月)

5. 晴天時の河川水質解析

水中に比較的多く存在し、変化傾向が明瞭であったCaイオンと富栄養化の指標となる窒素(T-N, D-N)について移流・分散を基礎とするモデルを用いて再現計算を行った。生成・消滅項として巻き上げ・分解・沈降・横流入を考慮した下式を用いた。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u_x \frac{\partial C}{\partial x} = -\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) + k_1 u_x C_B + k_2 C + \frac{k_3 C}{u_x h} + \frac{Q_s (C_s - C)}{Q} \quad (1)$$

ここで、 C は河川水濃度、 u_x は河川水流速、 A は流積、 D は分散係数、 C_B は底泥濃度、 h は水深、 Q_s は横流入流量、 C_s は横流入濃度、 k_1, k_2, k_3 は定数である。また、観測値と計算値の誤差二乗和が最小となるように定数値を決定した。再現計算では、水温による濃度変

化を考慮して2004年の5月と8月と11月の観測値を用い、底泥濃度は観測地点間を線形補完して与えた。

再現計算結果の一例として、図4に11月のCaイオン、図5にD-Nの計算結果を示す。各物質とも横流入および河床からの巻き上げを受けて流下にともない濃度が上昇する傾向はうまく表現できている。ただし5月のD-Nについては出町橋の観測値が異常に高く、十分な再現性は得られていない。この計算から、全物質を通して分解に関わる定数 k_2 は夏季より冬季のほうが高くなるという結果が得られた。

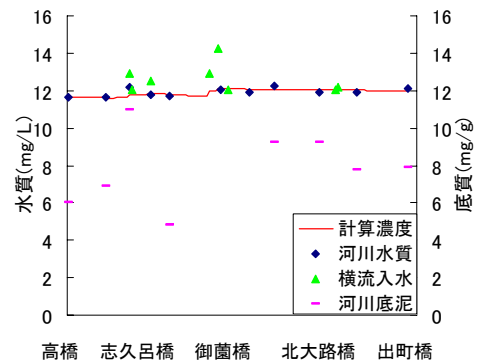


図4 2004年11月Caイオン濃度の再現計算結果

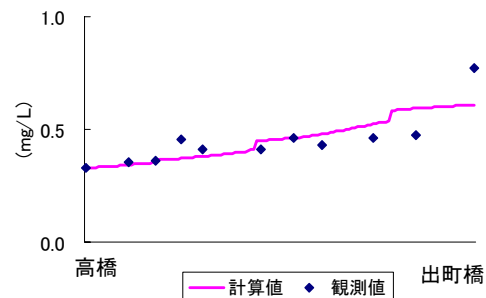


図5 2004年5月D-N濃度の再現計算結果

6. 河川底泥が水質にもたらす影響評価

11月のT-N濃度再現結果に基づいて、式(1)の各項が河川水質に及ぼす影響について評価したところ、巻き上げは横流入の合計と同程度の影響をもたらしており、影響は大きいといえる。また、沈降が横流入合計の半分程度であり、これが河床に堆積して新たな供給源となることが推定された。

7. 結論

京都市内を流下する賀茂川を対象とした観測に基づいて水質解析を行った結果、河床を介した物質のやりとりが河川水質に影響を及ぼしていることを明らかにした。

参考文献

1) 京都府：公共用水域及び地下水の水質測定結果の水質観測結果，京都府，昭和45年度～平成13年度