

京都大学工学部地球工学科 学生会員 ○深尾大介

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 岡 太郎

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、河川や湖沼の水質はあまり改善されていない。その原因の一つとして雨天時に流出する汚濁物質が挙げられる。特に、大気からの降下物や自動車のタイヤ屑などの様々な汚濁物質が都市の地表面や屋根面に堆積し、降雨に伴い直接河川等に流出してくることが問題となっている。本研究では、住宅地の屋根面・道路面・排水路を汚濁物質の発生源として区別した懸濁態汚濁物質の流出解析をおこない、その削減対策を評価した。

2. 水文観測と水質分析

本研究では、宇治市の北部に位置する北御蔵山団地を対象流域とした。流域面積は約 0.18km² で、ほぼ全域が一戸建て住宅で占められている。汚水は分流式の下水道で処理されているが、一部の家屋が未接続のため、晴天時にも家庭排水が流出している。住宅地に着目するのは、工業・商業施設などがなく、比較的汚濁物質の発生源を特定しやすいためである。

本研究では、主に懸濁態汚濁物質の流出に着目した。これは、住宅地における主要な発生源である道路面・屋根面・排水路に堆積している汚濁物質が降雨初期に主として懸濁態で流出するためである。また、化学物質の多くが疎水性で、土壌粒子などの懸濁態物質に付着して流出するため、ろ過や凝集沈殿など処理方法が比較的容易であり、削減対策を講じやすいことも理由に挙げられる。

観測地点として、採水が可能で流水断面が特定できるポイントを選び、水位計と雨量計を設置した。また、随時プロベラ式流速計により、流速を測定して断面流量を求め、水位－流量曲線を作成した。さらに、自動採水を行い水質分析の試料とした。

水質分析項目として、有機汚濁物質の指標である TOC(Total Organic Carbon：全有機態炭素)を用いた。採水した 1 ㍓の試水うち、250m ㍓をガラス繊維ろ紙(GA-100、保留粒子径 1 μm 相当)を用いてろ過し、

懸濁態対応の全有機態炭素計(島津製作所製：TOC-V/CSN)を用いて原水とろ過後試水の有機態炭素量を測定し、その差を懸濁態 TOC とした。

3. 発生源別の汚濁物質の測定

対象流域から流出する懸濁態汚濁物質を、主に屋根面に堆積する大気降下物と道路面・排水路に堆積する汚濁物質に分類して調査した。大気降下物については、防災研究所および宇治川水理実験所にアクリル板を設置して計 4 個の試料を採取した。また、道路面と排水路では対象流域内でそれぞれ 4 回と 7 回、スコップ・ハケ等により試料を採取した。調査期間は 2002 年 9 月～12 月である。調査期間内の先行晴天日数は平均 4.3 日、最大 14 日であり、この間の汚濁物質の堆積量はほぼ時間に比例していると考えられる。発生源別の単位面積または単位長さあたりの日堆積負荷量の推定値を表 1 に示す。

表 1 発生源別の汚濁物質堆積量の推定

	堆積負荷量		
	総 TOC	懸濁態 TOC	溶存態 TOC
屋根面 (TOC-mg/m ² ・日)	1.20	0.60	0.60
道路面 (TOC-mg/m ² ・日)	2.94	2.65	0.28
排水路 (TOC-mg/m・日)	80.48	29.59	50.89

4. 雨水と汚濁物質の流出解析

都市計画基本図と現地調査に基づいて、対象流域の地形・地被を調べ、流域をブロック分割し、雨水流出量を Kinematic runoff model を用いて解析した。

懸濁態汚濁物質については、降雨の直接流出に伴って流出すると考え、雨水流の流速によって汚濁物質が流出する過程を以下の式¹⁾で表現した。

$$\text{運動式} \quad \frac{dP(t)}{dt} = K \cdot u(t) \cdot P(t) \quad (\text{式 1})$$

$$\text{連続式} \quad P(t) = P_0 - \int_0^t K u(\tau) P(\tau) d\tau \quad (\text{式 2})$$

ここで、 P ：汚濁物質堆積量、 u ：流速、 K ：定数、 P_0 ：初期汚濁物質堆積量である。

屋根面と道路面からの汚濁物質の流出と、排水路

底に堆積した汚濁物質の巻き上げに上式を用い、流出した汚濁物質が排水路を流下する過程には移流モデルを用いた。

屋根面・道路面・排水路の発生源ごとの初期堆積汚濁物質量は、表1に示した発生源別の懸濁態 TOC の堆積量比率に基づいて、観測により得られた全流出汚濁物質量を配分して与えた。また、発生源ごとに汚濁物質が雨水により流送される強度に差があると考え、屋根面・道路面・排水路別に汚濁物質流出モデルと巻き上げモデルの比例定数を決定した。2002 年 10 月 1 日のハイドログラフ、ハイドログラフと懸濁態 TOC のポリュートグラフを図1に示す。計算値は降雨初期の懸濁態汚濁物質の流出特性を十分再現できているので、このモデルを用いて汚濁物質削減対策の評価を行った。

5. 汚濁物質削減対策の評価

住宅地における発生源別の汚濁物質削減対策として、まず各戸ごとに貯留装置を設置して屋根面からの初期流出雨水を貯留した場合の削減効果を検討した。全住宅屋根面への初期 2mm の降雨を貯留した場合の計算結果を図2に示す。汚濁物質総流出量は約 10%，最大流出量は約 30%減少した。次に、対象流域の上流側と下流側に分けて路面清掃を行った場合の計算結果を図3に示す。清掃間隔を 15 日以上とし、回転ブラシ付き路面清掃車が 1 回通った場合を想定し、清掃効率として 0.50 を与えた²⁾。いずれの場合も汚濁物質総流出量は約 25%，最大流出量は約 20%低減したが、上流側・下流側で対策を行った場合に顕著な違いは見られなかった。

6. 結論

住宅地の屋根面・道路面・排水路から流出する懸濁態汚濁物質の流出解析を行い、発生源対策の効果を評価した。その結果、屋根面からの雨水を初期貯留した場合に、特に降雨初期の高濃度の汚濁物質を削減できることを明らかにした。

参考文献

- 1)日本下水道協会：水質汚濁防止から見た雨天時流出水の解析とその対策に関する調査、東京都委託報告書 pp.1-154、1976。
- 2)建設省土木研究所：都市域からの雨天時汚濁流出調査報告書、土木研究資料、第 1019 号、pp.1-127、1975。

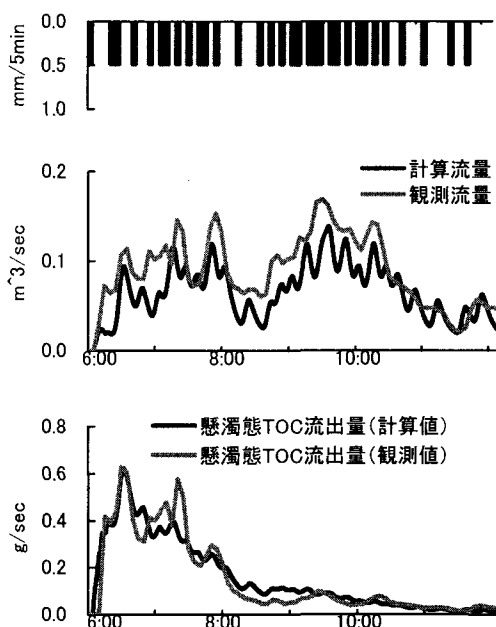


図1 10月1日のハイドログラフと懸濁態 TOC のポリュートグラフ

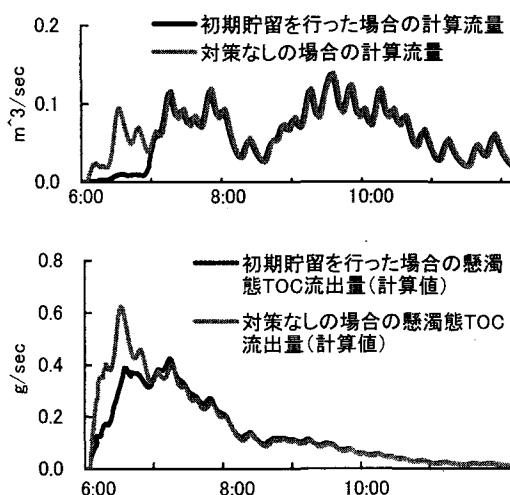


図2 初期貯留を行った場合のハイドログラフとポリュートグラフ

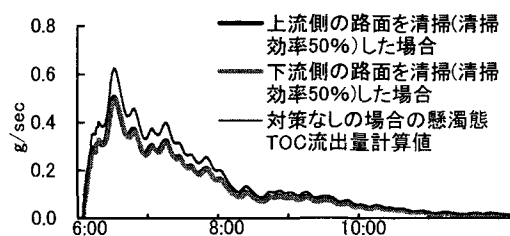


図3 路面清掃を行った場合のポリュートグラフ