

II-451

下水道整備進捗下にある都市河川水質の変化とその影響要因

立命館大学大学院 学生員 中出 裕嗣

立命館大学大学院 学生員 市木 敦之

立命館大学 正員 山田 淳 松下電工 吉富 雅春

1. はじめに

下水道の整備効果については水質予測モデルを用いた検討がいくつか行われている¹⁾が、継続的な汚濁物流出調査の困難さ等の理由から、下水道整備効果を実際の受水域水質から定量化した例はほとんどない。筆者らは、下水道整備進捗下にある都市中小河川における調査を継続し、その結果から昨年度の本会において、下水道整備と汚濁物流出量の関係を定式化して示した^{2), 3)}。しかし、受水域の水質は下水道整備による傾向変動の他に、季節や先行降雨といった流域内の汚濁ポテンシャルに関わる要因にも支配されていると考えられる。ここでは行政機関による晴天時測定結果（「京都府公共用水域水質測定結果」、1980～1990年）と研究室で実施した降雨時調査結果（1980～1991年で14回）を用いて、汚濁物流出に及ぼす影響要因を考察し、併せて下水道整備効果を検討した。

2. 対象流域の概要

研究対象としたのは、京都市北西部に位置する天神川と京都市東部に位置する山科川である。天神川では、上流域が山地と住居地、中流域が住居地、下流域が工業地と住居地と、流域の土地利用が比較的明瞭に区別されており、山科川では、上流域が山地、その他は住居地域を主体に工業地域や田畑が混在している。両流域とも、過去10数年間に、人口や土地利用の変化はほとんどないものの、下水道は急ピッチで整備されてきた。下水道の排除方式は、天神川では右岸が分流式、左岸が合流式であり、山科川では分流式である。

表-1 分散分析による影響要因の検定結果

項 目	天 神 川				山 科 川			
	普及率	季節	雨量3	雨量1	普及率	季節	雨量3	雨量1
流量	◎	△	△		○	△	△	
水質								
SS	△				△			
T-COD	◎	△	○		○		△	
T-N	◎				○			
T-P	◎		○		○			
NH ₄ -N	◎	○	△		○			
負荷量								
SS	△		△		○			
T-COD	◎			△	◎			
T-N	◎				○			
T-P	◎		△		○			
NH ₄ -N	◎	△	△		○	△		

◎：有意差大、○：有意差中程度、△：有意差小
普及率：下水道普及率、季節：2カ月単位で6期
雨量3：3日間降雨量（前日+2日前/2+3日前/3）
雨量1：前日降雨量

3. 晴天時流出特性とその影響要因の検討

晴天時の汚濁物流出に及ぼす影響要因を明らかにするために、ここでは、両河川の流量、水質、負荷量に関する分散分析を行った。普及率は2年単位、季節は2カ月ごと6期、先行降雨については、前日雨量による場合と重み付き3日間雨量について、2mmと10mmで分けた3水準で検討した。計算は2元配置の分散分析として行ったが、いずれも交互作用が見られなかったため、主効果のみの検定結果をまとめて表-1に示した。整備進捗の効果は負荷量において顕著であり、T-CODにおいて特に大きく人為的な攪乱の多いSSではやや不明瞭である。しかし、水質においては天神川で改善されたものの、山科川ではT-CODを除いて改善が明確でなく、非特定汚染源の特性が異なっていることを表している。両河川における下水道普及率と晴天時水質の関係を図-1に示す。天神川での水質改善効果は下水道普及率が75%を越えたあたりから顕著になるが、流量の減少傾向と相まって、負荷量は下水道の進捗に応じてドラスティックに削減されている。山科川では、天神川より減

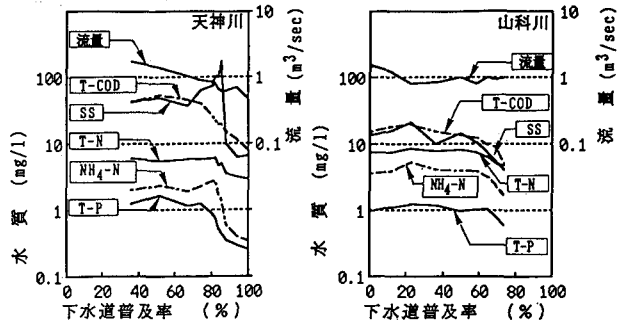


図-1 下水道普及率と水質の関係

少幅が小さいものの同様の傾向を示しており、今後普及率の増加によって削減が加速されるものと期待される。次に、季節特性としては、流量が4月～9月の降水期に多く、水質が冬期から春期にかけて高いために、いずれも有意差がみられるが、負荷量としてはNH₄-N以外に差が見られず、負荷供給が安定していることがわかる。さらに、先行降雨については、中間流出の影響があつて3日間雨量が多いほど流量が大きくなっているが、天神川の水質ではSS、T-CODが一般的な希釈型、N、P系が2mm以下と10mm以上の区分で高くなる特殊な型となっている。

4. 降雨時流出特性の変化

降雨時調査結果からそれぞれ晴天時分を差し引いた一降雨積算値について(1)式で回帰して下水道整備効果を検討できる⁴⁾ことから、天神川について調査降雨を期間Ⅰ(1980～1984年)、期間Ⅱ(1985～1991年)に分けて回帰分析を行った結果を図-2に示す。小降雨時の懸濁性負荷について削減効果がみられるが、期間Ⅰに比べて期間Ⅱではデータにばらつきが大きくなっている。下水道整備に伴って、流出負荷量に及ぼす流域内の汚濁ポテンシャルの影響が大きくなってきていることが考えられるため、(2)式のように先行雨量で表現した汚濁ポテンシャルの項を加え、 $i=30$ とした時の期間Ⅱの回帰分析結果から流出負荷量を推定して図-2に加えた。実測値と推定値に差がないことから、(2)式で汚濁ポテンシャルの影響を検討できることがわかる。

$$\Sigma L/A = a \cdot (\Sigma Q/A)^n \quad \text{----- (1)}$$

$$\Sigma L/A = k \cdot S^{-m} \cdot (\Sigma Q/A)^n \quad \text{----- (2)}$$

$$S = 1 + \Sigma (R_i/i) / \Sigma (1/i) \quad \text{-- (3)}$$

ここに $\Sigma L/A$: 積算比負荷量

$\Sigma Q/A$: 積算比流量

S : 汚濁ポテンシャル

(先行雨量で表現)

a, k : 係数, m, n : 指数

R_i : 先行 i 日目の日降雨量

汚濁ポテンシャルの影響は、水質項目によっても異なると考えられるため、(3)式の重み付き先行降雨量を求める先行日数 i を変化させて、指数 m の変動を求め図-3に示した。 m の値は、DM (溶解性物質) や S-COD では $i=10 \sim 15$ で最大となるのに対して、懸濁性の強いSSやT-CODでは $i=25 \sim 30$ で最大となっており、負荷の物性による差が認められる。各水質項目について m の最大値を比較すると、 $SS < DM < S-COD < T-COD$ となる。 m の値が大きいくほど汚濁ポテンシャルの影響が大きいくと考えられるため、SSには無限供給性があり、懸濁態有機物には汚濁ポテンシャル依存性があると判断される。

5. まとめ

下水道整備による汚濁削減効果を受水域側から検討した。その結果、環境基準点の晴天時測定結果を用いる場合、下水道整備進捗による傾向変動、季節による周期変動ならびに先行降雨による不規則変動などを検討、評価すべきであること、また、整備につれて、降雨時流出負荷に与える汚濁ポテンシャルの影響が強まっていくことが明らかとなった。なお、本稿をまとめるにあたり、衛生工学研究室の諸君の協力を得た。

<参考文献> 1) たとえば 和田他 : 土木学会論文集No.429, II-15, 1991.5 2) 足立他 : 第46回土木学会年講1991.9 3) 吉富他 : 第46回土木学会年講1991.9 4) 海老瀬 : 国立公害研報告, 第50号, 1984

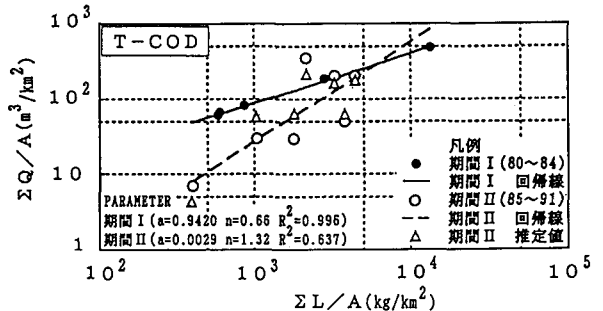


図-2 先行降雨量(先行30日間)を考慮した積算比負荷量と積算比流量の関係

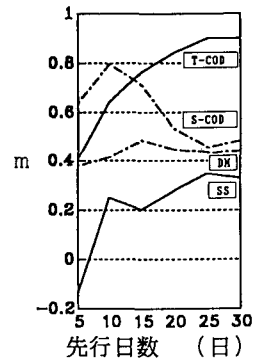


図-3 先行期間と m の変化