

(株)日水コン 酒井 彰、○赤坂和俊  
 日本大学理工学部 田中和博、西山豊和

1. はじめに

水域には、生活排水、事業所排水に起因する点源汚濁負荷（ポイントソース、以後、PS）の他に、道路面に堆積した汚濁負荷や大気汚染物質等が降雨とともに流出している。これらの汚濁負荷は、非点源汚濁負荷（ノンポイントソース、以後、NPS）と呼ばれ、従来、PSの削減が十分でない状態においては、水域へ排出される負荷量として相対的に小さいものであった。近年、下水道の普及等に伴うPSの削減率の増加にもかかわらず、多くの水域では必ずしも望ましい水質レベルに到達していないが、NPSの雨天時流出も無視し得ない要因であると考えられている。今後、水質管理計画の策定にとって、NPSの定量化やその制御の見通しを明らかにする必要性は高いが、現在、NPSの流出に関する体系的な調査はほとんど行われていない状況である。以上のことから、下水道が制御対象としている都市域を対象にNPSの雨天時流出の実態調査を行い、雨水流出の水質特性や汚濁負荷の流出挙動について分析した。

2. 調査内容及び方法

本調査は、降雨、屋根及び道路排水を調査対象に日大構内及び大学周辺で4回行った。図-1に調査地点を示す。降雨量は、屋上設置の降雨自記記録計にて測定した。降雨も同様に、屋上で降雨採水容器（L550mm×B380mm×H250mm）にて採水した。屋根排水は、構内雨樋を通じて排水される流出雨水を採水した。道路排水は、交通量の多い本郷通りの2ヶ所（道路-A、B）を対象とし、道路側溝（L字側溝）を通じて排水される路面からの流出雨水を集水桝にて採水した。調査対象の道路は、東京都清掃局により毎日深夜に清掃されている。屋根及び道路-A、Bの対象排水区面積は、それぞれ106㎡、1076㎡、229㎡である。

測定水質項目は、金属類、有機塩素化合物等、有害物質の一部についても行ったが、今回は、BOD、COD、T-N、T-Pについて報告する。なお、流出量は、降雨量に比例するとして実測は行わなかった。

3. 調査結果

3-1 調査結果の概要

今回調査対象とした降雨は、表-1に示す通りである。表-2に降雨、屋根及び道路排水の調査時間内平均水質、流出負荷量の算定結果を示す。図-2は、8月26日のCOD濃度の時間変化を降雨強度とともに示したものである。平均水質は、降雨は良好な下水道処理水と同レベルの水質であるといえる。屋根排水は降雨と大きく変わらなかった。道路排水はCOD、T-Nで高濃度の場合があった。CODは、下水流入水質に近いオーダーで、BODは低濃度であった。リンは全般的に低濃度で、道路排水でも下水高度処理水に近い濃度レベルである。

COD流出負荷量において、屋根排水では、降雨そのものによる割合が大きいようである。道路排水では、既往の分流雨水管流出負荷量調査をもとに設定されている路面堆積負荷量の値（7kg/ha<sup>1</sup>）に比べると小さい。これは、調査時間内降雨量が小さいことに加えて、毎日行われている道路清掃による負荷削減が関連しているものと考えられる。

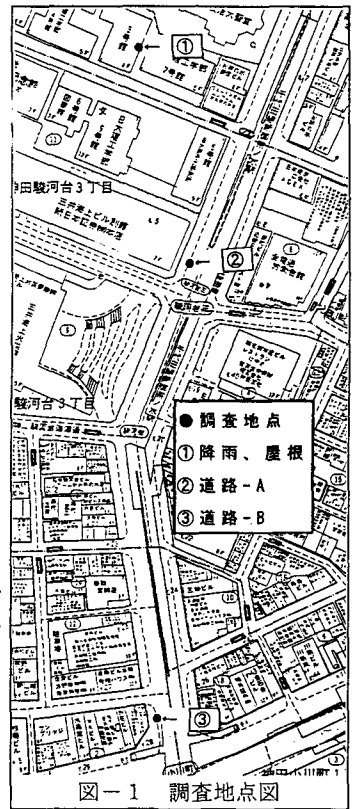


図-1 調査地点図

表-1 各調査対象降雨の諸元

調査No.	調査年月日	調査開始時間	調査時間	調査内降雨量
1	8/26	15時	1.5hr	8.0mm
2	9/7	14時	2.0hr	3.4mm
3	9/22	15時40分	2.0hr	5.0mm
4	10/7	19時	2.0hr	2.2mm

表-2 調査結果の概要

調査項目	BOD	COD	T-N	T-P
降雨	① 1.2~4.7 (2.4) ② 0.12~0.47 (0.24)	2.7~5.0 (3.7) 0.27~0.50 (0.37)	0.75~2.00 (1.39) 0.08~0.20 (0.14)	0.017~0.160 (0.031) 0.002~0.016 (0.003)
屋根	① 1.4~2.0 (1.7) ② 0.07~0.19 (0.12)	4.5~5.9 (5.4) 0.31~0.77 (0.50)	1.55~2.30 (1.99) 0.07~0.16 (0.10)	0.031~0.066 (0.044) 0.001~0.003 (0.002)
道路-A	① 3.5~18.4 (11.6) ② 0.12~0.92 (0.51)	12.2~53.8 (35.4) 0.42~2.69 (1.65)	3.60~7.50 (5.85) 0.12~0.39 (0.26)	0.090~0.400 (0.277) 0.003~0.020 (0.013)
道路-B	① 6.0~15.3 (11.0) ② 0.20~0.76 (0.47)	13.7~42.5 (29.4) 0.47~2.13 (1.28)	3.00~7.10 (4.95) 0.1030.30 (0.21)	0.120~0.500 (0.294) 0.004~0.027 (0.014)

※ ①: 水質(mg/l)、②: 負荷量(kg/ha)、①②の( )内は平均値

3-2 水質指標間の相関

表-3にCODを基準として、BOD、T-N、T-Pとの相関式及び相関係数を示す。相関式は0を切片とし、傾きはCODに対する平均的比率を示している。図-3は相関関係の一例として道路排水におけるCODとT-Nの関係を示すものである。

降雨において水質濃度レベルが低いため相関の程度も低くなっている。屋根、道路排水においては水質間の相関係数が高く、都市域におけるNPSの流出においては、CODとT-N、T-Pは、同様の流出形態をとるものと判断される。

図-4は、今回調査した道路排水と既往の分流雨水調査<sup>2)3)</sup>におけるCODとBODの関係を各降雨毎の平均水質で示したものであるが、両者で有機物指標間の比率は大きく異なることがわかる。このことから、分流雨水として流出している汚濁負荷量には、NPS以外の汚濁源が少なくないことが示唆される。

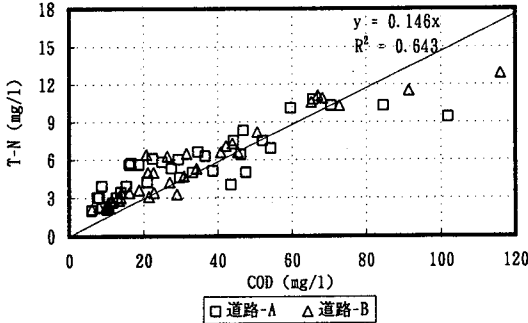


図-3 CODとT-Nの相関関係

降雨、屋根及び道路排水における溶解性の比率を表-4に示す。有機物指標において、降雨、屋根排水では溶解性比率は高いが、道路排水では低く路面からの非溶解成分の流出を裏付けている。T-Nにおいては、降雨、屋根排水での傾向はCOD、BODと同様であるが、道路排水における割合は他指標に比べて高い。これより、降雨以外の溶解性の汚濁負荷源として、例えば車両交通に起因する大気汚染物質等からの汚濁負荷流出が示唆される。T-Pについては、いずれも溶解性の割合が低い。

3-3 汚濁負荷流出挙動

NPSに起因する汚濁負荷流出挙動は(1)式のような関係式<sup>4)</sup>で表せるとされている。

$$\frac{dP_s}{dt} = -K_s \cdot P_s \cdot Q_s \quad (1)$$

表-3 CODと他水質の相関

	BOD	T-N	T-P
降雨	a 0.575 r <sup>2</sup> 0.160	0.323 -0.206	0.006 0.005
屋根	a 0.276 r <sup>2</sup> 0.849	0.229 0.948	0.003 0.783
道路	a 0.307 r <sup>2</sup> 0.731	0.146 0.643	0.008 0.686

※ a: 関係式の傾き、r<sup>2</sup>: 相関係数

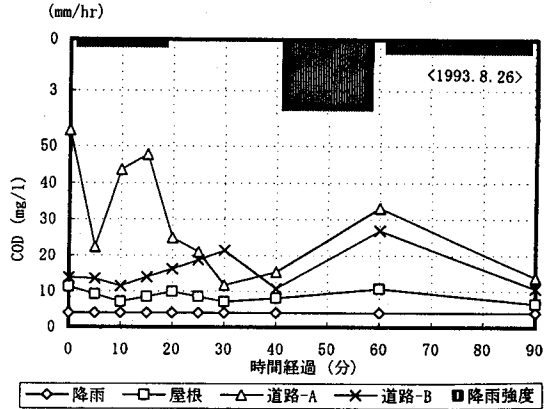


図-2 COD濃度の時間変化

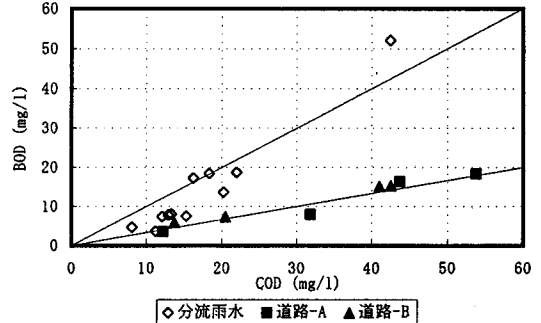


図-4 CODとBODの相関関係

表-4 溶解性比率

	BOD	COD	T-N	T-P
屋根	a 0.612 r <sup>2</sup> 0.876	0.888 0.996	0.885 0.988	0.266 0.690
道路	a 0.298 r <sup>2</sup> 0.195	0.355 0.702	0.576 0.862	0.096 -0.167

※ a: 関係式の傾き、r<sup>2</sup>: 相関係数

ここに  $P_s$ : 堆積負荷量 (kg/ha)、 $Q_r$ : 雨水流出量 (mm/hr)、 $K_s$ : 負荷流出係数 (1/mm)

ここで、 $t=0$ における堆積負荷量を  $P_{s0}$ として(1)式を解くと次式が得られる。

$$\frac{P_s}{P_{s0}} = \exp\left(-K_s \cdot \int Q_r dt\right) \quad (2)$$

上式中の  $P_s/P_{s0}$  は時刻  $t$  における負荷残存率を示す。

今回調査は、降雨初期を中心に採水し、降雨全体の流出負荷量を把握されていないため、堆積負荷量を直接推定することができない。そこで、降雨初期の水質分析結果から残存率  $P_s/P_{s0}$  が(2)式に適合するように  $P_{s0}$  を推定した。8月26日の道路-AにおけるCODの調査結果を例にこうして得られた残存率の変化を図-5に示す。このケースでは、 $P_{s0}=3.0$ kg/haと設定した結果、 $K_s=0.16$ となった。

このひと雨の平均水質は(3)式で表せる。

$$C_{ave} = \frac{P_{s0} \left\{ 1 - \exp\left(-K_s \cdot \int Q_r dt\right) \right\}}{\int Q_r dt} \times 100 + C_r \quad (3)$$

ここで、 $C_{ave}$ : ひと雨の平均水質 (mg/l)

図-6は、上記の例で得られた  $K_s$  ( $=0.16$ ) を用い、 $P_{s0}=1.0$ 、 $3.0$ kg/haとしてひと雨の平均水質を算定し、今回調査における道路排水及び既往の調査結果データ5)を合わせてプロットしたものである。これより、 $P_{s0}$ の設定が合理的に行えれば、流出水の平均水質レベルの推計は可能であると考えられる。

#### 4. おわりに

今回調査を行うことにより得られた汚濁負荷流出における水質・負荷量特性をまとめる。

- ① CODとT-N、T-Pは、同様の流出形態をとるものと判断される。
- ② 既往の分流雨水調査と比べ、流出する有機物の組成に相違があり、前者で他の負荷源からの流出があることが示唆される。
- ③ 道路排水において溶解性の窒素成分の流出がみられ、大気汚染物質由来の汚濁負荷流出の可能性がある。今後の課題を以下に示す。
- ① 今回調査が、降雨初期を主にサンプリングしたものであるため、ひと雨を通した流出状況を捉えることができなかつたため、より直接的にモデルの検証を行えるようなサンプリングを行う。
- ② 様々な地域特性に対応していくため、NPSポテンシャルに関連する要因(交通量、土地利用状況等)を抽出し、抽出された要因と関連付けて面源負荷量原単位の設定及び定量化を行う。

最後に、解析等にご協力頂いた住山真氏、そして調査分析に協力頂いた方々に深く感謝します。

#### 【参考文献】

- 1) 合流式下水道越流水対策と暫定指針-1982版-、建設省都市局下水道部監修、日本下水道協会。
- 2) 土木研究所資料第1549号、分流下水道からの雨水流出水に関するデータベース、建設省土木研究所、1980年1月。
- 3) 非特定汚染源による汚染防止対策調査検討報告書、環境庁水質保全局、1987年3月。
- 4) 土木研究所資料第1705号、下水管路施設の合理化に関する調査報告書(V)-都市域の汚濁負荷ポテンシャル-、建設省土木研究所下水道研究室、1981年8月。
- 5) NSC資料

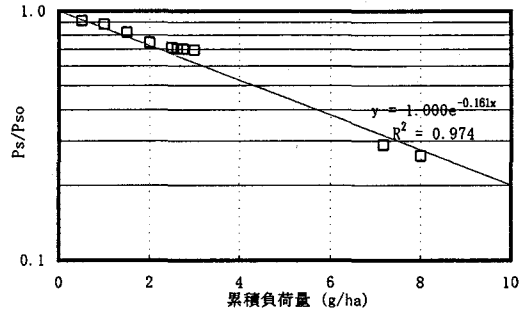


図-5 累積負荷と堆積負荷残存率の関係

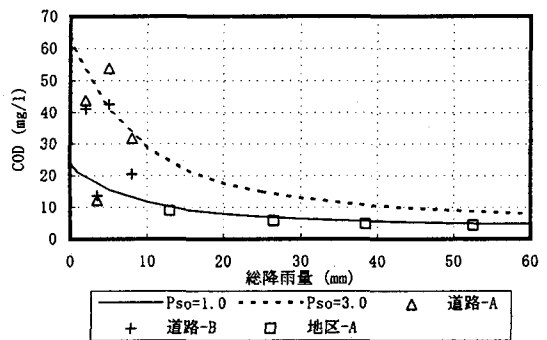


図-6 雨水流出水COD濃度と総降雨量の関係