

B-40 合流式下水道上流部の小排水区域における 晴天時24時間水質・水量の変動特性

○金 元載^{1*}・真名垣 聡²・古米 弘明²・中島 典之³

¹東京大学工学系研究科都市工学専攻（〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1）

²東京大学大学院工学系研究科附属水環境制御研究センター（〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1）

³東京大学環境安全研究センター（〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1）

* E-mail: wjkim@env.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

合流式下水道雨天時越流水（CSO）の流出特性を定量的に把握するためには、晴天時下水の流出特性や管路内堆積物状況を評価することが重要である¹⁾。それらを考慮することにより、雨天時の水質・流量の変動を正しく理解できると考えられる。本研究では、より精度の高いCSO汚濁負荷解析のための基礎データ取得を目的として、合流式下水道上流部の小排水区域を対象に、晴天時下水の平日24時間連続調査を行った。管路内水位と流量、物理化学的、微生物的水質の変動特性を明らかにし、特に、健康関連微生物の流出濃度及び負荷量の変動特性について詳細に解析を行った。

2. 調査対象地域及び調査方法

1) 調査対象地域

本調査対象地域は、A市合流式下水道の上流部の小排水区域である。この地区は典型的な住宅地域であり、生活パターンを直接的に反映した排水の流出特性を調査するには適していると考えられる。調査地域の管路図及び概要を図1に示した。サンプリングは対象排水区域の最下流点にある公園内雨水滞水池への分水施設で行った。

2) 調査方法

本調査は平成17年12月20日（火）の正午から翌日の正午までの24時間実施された。なお先行降雨は12月4日の総降雨量3.5mmの小雨であった。

サンプリングは分水施設のマンホール部（管径：1200mm）で30分毎に実施した。サンプリング用ステンレス製バケツを使用し、管路内の同じ水深で採水するように注意した。サンプルは十分攪拌しながら容器に分取し、サンプル保存用ボックスに冷蔵保存した。

水位は、圧力式のセンサーを利用して30秒ごとに測定し、5分間分の測定値（データ数10）の平均を取り、

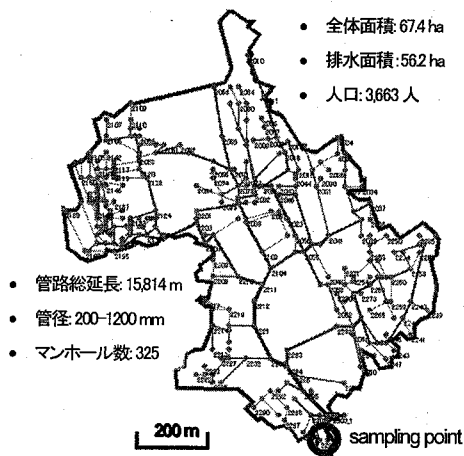


図1. 調査対象排水区域の管路図

代表値としてデータロガーに記録保存した。別途、2時間毎に実測した水位と流速（浮子法）から水位・流量曲線を求め、5分ごとの水位データを流量に換算した。

3) 分析方法

水温、pH、DO、電気伝導度は現場でマルチセンサー（HORIBA U-10）を用いて測定した。実験室ではSSとVSS、CODと溶存態COD（DCOD）（測定機器：HACH、DR2000）、TOCとDOC（測定機器：島津、TOC-V_{CSH}）、全窒素（TN）と溶存窒素（DTN）（測定機器：島津、TOC-V_{CSH}+TNM-1）を分析した。溶存態水質項目（DCOD、DOC及びDTN）は孔径0.45μmのメンブレン（材質：Cellulose Acetate、ADVANTEC社製）でろ過して測定した。

健康関連微生物項目として大腸菌群（total coliform group; T.C.）と大腸菌（*E. Coli*）はクロモカルト・コリフォーム培地法（培地：Merck社製）を、糞便性大腸菌群（fecal coliform group; F.C.）はデスオキシコー

レイト培地法（培地：Pearlcore 社製）を用いて測定した。ウイルスの指標である大腸菌ファージ（coliphage）は宿主として *E. Coli* K 12 F⁺ (A/λ) を利用して重層法を用いて測定した。以上の項目は2枚のシャーレの計数値を平均して濃度を算出した。

腸管系ウイルス（Enteroviruses; EV）の分析には real time-PCR 法（Applied Biosystems, 7500 Real Time PCR System）を利用した²⁾。

3. 結果と考察

1) 24時間流量変動特性

水位及び流量の変動を図2に示した。夜明け前（5:00）に最も低くなり、その後、急増して朝8時頃に最大値となった。5分間隔の最大流量及び最小流量の比は5.1であった。夕食後や入浴時間帯にあたる21:00-23:00にも2つのピークが発生している点も興味深い。

2) 24時間水質変動特性

表1及び図3に測定水質項目の24時間での濃度範囲とその時間変動を示した。一般水質項目（SS、COD、TOC、TN など）の場合は、3:00-5:00 に最小値を示し、7:00-9:00 に最大値を示す傾向が認められた。従来から知られているように、食事、洗濯、入浴、就寝などの生活用水の利用パターンと関係しているものと考えられる。しかし、24時間の濃度変動パターンは水質項目によって異なった。SSとVSSは他の水質項目に比べて最大濃度が観測された時間帯が遅く、流量ピーク（8:05）以後に本格的流出が始まることがわかった。これは、SSがその時間帯に発生した生活排水のみでなく、水理条件によって管路内堆積物からも供給されることを想像させる。すなわち、低流量時には下水中の懸濁粒子の沈降・堆積が進行しており、朝の高流量時にはそれらが巻き上がってSS濃度の増加に寄与していることが考えられる。

図4に微生物項目の24時間の流出濃度の変動を示した。大腸菌群数、大腸菌数、糞便性大腸菌群数などの細菌類項目も朝の時間帯に流出濃度が増大する傾向を示した。一方、大腸菌ファージや腸管系ウイルスでは、朝8時頃に明確な濃度ピークが観察されなかった。

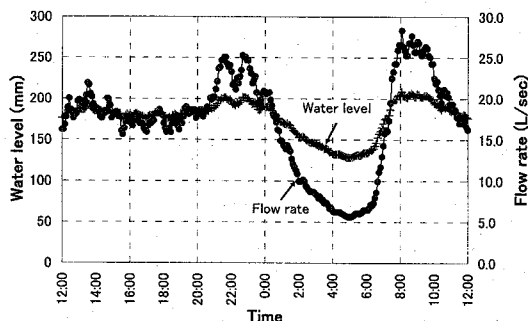


図2 水位と流量の24時間変動特性

表1. 水質項目別の平均値および最小・最大値と発生時間

水質項目	Mean	Min. (Time)	Max. (Time)
pH	8.01	7.52 (03:30)	8.48 (08:30)
DO (mg/L)	4.46	3.44 (04:00)	5.36 (10:00)
Conductivity (μS/cm)	0.585	0.490 (21:30)	0.697 (07:00)
Sewage Temp. (°C)	15.4	13.9 (14:00, 10:00)	17.6 (00:30)
Flow rate (L/sec)	17.1	5.6 (05:00)	28.3 (08:05)
SS (mg/L)	121.6	40.2 (05:00)	230.6 (09:00)
VSS (mg/L)	101.0	25.8 (05:00)	194.6 (09:00)
COD (mg/L)	331	105 (04:00)	696 (13:30)
DCOD (mg/L)	123	67 (04:30)	189 (07:00)
TOC (mg/L)	66.5	37.6 (04:00)	100.9 (08:00)
DOC (mg/L)	40.6	26.0 (04:30)	60.0 (07:00)
TN (mg/L)	39.2	23.8 (05:00)	64.4 (07:00)
DTN (mg/L)	33.8	21.5 (21:30)	58.3 (07:00)
T.C. (CFU/mL)	103,800	37,500 (16:00)	340,000 (07:30)
F.C. (CFU/mL)	51,700	22,500 (04:00)	121,500 (08:00)
<i>E. Coli</i> (CFU/mL)	35,800	8,000 (03:00)	84,000 (11:00)
Coliphage (PFU/mL)	6,500	400 (16:00)	42,200 (06:00)
Enterovirus (PDU/mL)	39.9	6.0 (02:00)	173.7 (20:00)

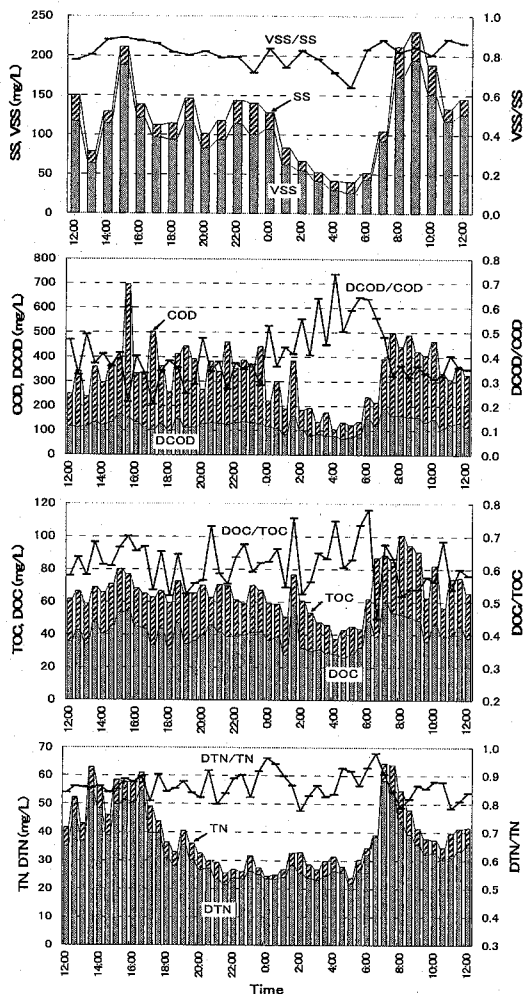


図3. 一般水質項目の24時間水質変動特性(上から、SSとVSS、CODとDCOD、TOCとDOC及びTNとDTN)

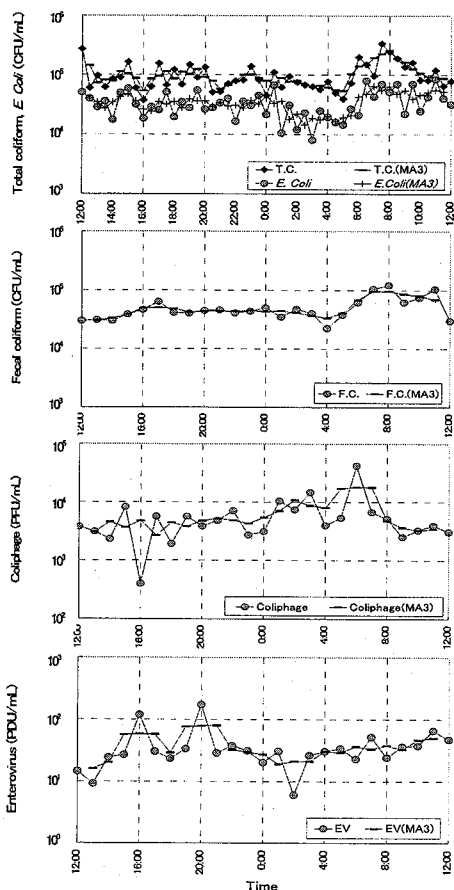


図4. 微生物項目の24時間流出濃度の変動(図中のMA3は3項移動平均値を示す)

3) 24時間流出負荷量の変動特性

水質項目別の流出負荷の24時間変動を図5に示した。COD, SS, TOCの流出負荷は、朝8時頃に明確に増加する特徴を示した。また、昼間以降には小刻みな変動を保ち続けているが、SSでは図2に示されるように朝以外に流量増加が認められた昼過ぎと夕方過ぎにも増加傾向が見受けられる。なお、最小負荷量に対する最大負荷量の比は、COD, SS, TOCでそれぞれ19.6、27.5、11.2倍であった。

TNや細菌類の微生物項目では、朝8時頃の明確なピーク以外にははっきりとした傾向は見受けられない。6～10時の負荷量の24時間合計負荷量に対する寄与率などを計算することで、COD, SS, TOCとの違いを定量的に議論可能と考えられる。大腸菌ファージでは、他の項目よりも早く朝6時ごろにピークがあるという特徴が見られた。一方、腸管系ウイルスでは16時、22時ごろに負荷のピークが認められた。これらのピークがどのような原因によるものか今後の検討が必要である。

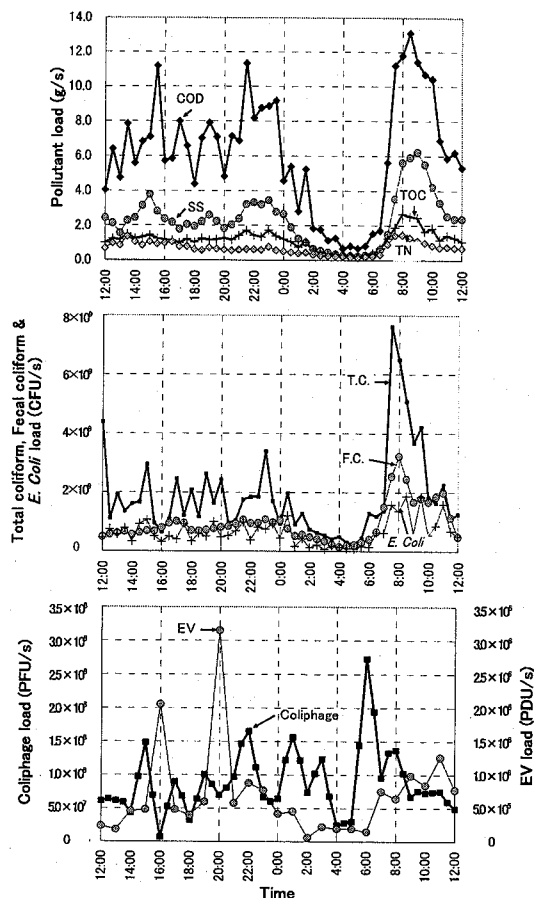


図5. 24時間流出負荷量の変動特性

4. まとめ

合流式下水道の小排水区域を対象として、晴天時下水の24時間の水質及び流量変動を調査した結果、SS, COD, TOCなどの濃度や負荷量の変動とヒトの排泄現象と深く関係するTNや健康関連微生物の変動とは一部異なる点が見えた。特にウイルス類では夜明け前における負荷量の低下傾向の存在を除き、変動傾向が他と非常に異なる。また、突発的なピークも観察されたことから再調査などにより現象解明をすることは意義深い。今後、公共用水域へのCSO由来の健康リスクを検討するためには、微生物はSS等とは流出挙動が異なることに留意して汚濁負荷解析モデルを構築する必要があると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 糸井優輔、古米弘明、中島典之:合流式下水道雨天時汚濁解析のための管路内堆積物局在状況の推定手法、環境システム研究論文集、Vol. 32, pp183-190, 2004
- 2) Katayama H., Shimasaki A. and Ohgaki S. (2002) Development of a virus concentration method and its application to detection of Enterovirus and Norwalk virus from coastal seawater. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(3), 1033-1039