



| | |
|------------------|--|
| Title | 合流式下水道からの雨天時汚濁負荷流出現象の影響解析 |
| Author(s) | 山田, 和弘; 那須, 基; 藤生, 和也 |
| Description | 第11回衛生工学シンポジウム (平成15年11月6日 (木) -11月7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 一般セッション . 1 上下水道事業と施設管理 . 1-1 |
| Citation | 衛生工学シンポジウム論文集, 11, 57-60 |
| Issue Date | 2003-10-31 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/7045 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 11-1-1_p57-60.pdf |



1-1 合流式下水道からの雨天時汚濁負荷流出現象の影響解析

○山田 和弘、那須 基、藤生 和也（国土交通省国土技術政策総合研究所）

1. はじめに

本研究では標記解析に関し、山口・中村モデル（土研モデル）¹⁾にて窒素、リン、大腸菌群を計算できるようにするため実態調査を行い、同モデルの改良を試みた。

日本では、合流式下水道の改善策等を検討する際の雨水・負荷量モデルとして、修正 RRL 法および山口・中村モデルが広く用いられてきた。従来の山口・中村モデルは集中型であり流末での雨水流出量および汚濁負荷量の算出を目的としているため、複雑な管網を有する排水区や局所対策（オンサイト貯留など）を評価することが困難である。

また、これまで合流改善対策については BOD、COD、SS のいずれかを指標とする場合が大半であり、山口・中村モデルにおいては栄養塩類（窒素、リン）、大腸菌群については計算方法が確立されていない。

そこで、集中型の山口・中村モデルを分布型に改良を行うとともに、窒素、リン及び大腸菌群の計算方法について検討した。

2. 調査方法

合流式下水道で整備された自然排水区を対象とし、場所の異なる 2 排水区において調査を実施した。調査地区はいずれの地域も商業地域、住宅地域を中心とした都市型地区であった。調査対象排水区と調査地点の概要を図 1 に示す。

調査地点は各々の排水区内に 2 箇所設定した。各調査地点にはデータロガー付き水位計を設置し、近傍のビル屋上に雨量計を設置した。各々の排水区で晴天時調査 2 回、雨天時調査 1 回を実施した。

流量は各調査地点の水位を、水位流量曲線により換算し算出した。水位流量曲線は雨天時調査において、各調査地点で管内流速を電磁流速計により実測して作成した。

採水は人力にて行い、晴天時は 1 ないし 2 時間間隔で採水を行った。雨天時調査では、降雨初期に最短 5 分間隔で採水を行い、降雨の状況に合わせて適宜間隔をのばした。分析項目は BOD、COD、SS、T-N、T-P、大腸菌群数の 6 項目である。

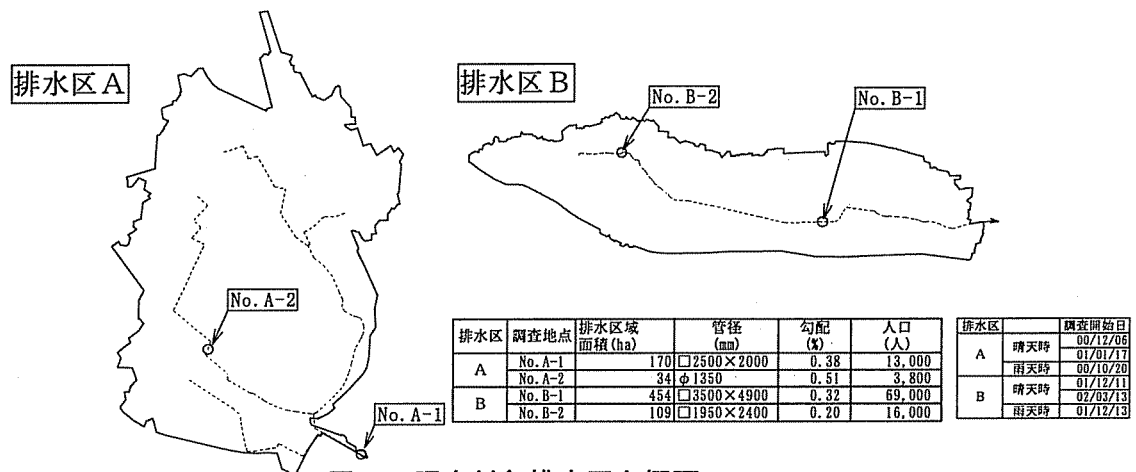


図 1 調査対象排水区と概要

3. 調査結果

晴天時及び雨天時の T-N、T-P、大腸菌群数及び BOD についての調査結果の一部を図 2 に示す。

晴天時は平均水質の経時変化は、午前中にピークがあり、夕方から深夜にかけて漸減傾向であった。平均水質の最大値と最小値の比は、T-N、T-P で 2～3 程度であるのに対し、大腸菌群数は 6～10 程度であり、水質の日間変動が他の水質項目より大きかった。雨天時は BOD などの他の水質項目と同様に明瞭なファーストフラッシュが観測された。ピーク後は流量の増大とともに希釈され、流量のピーク付近では晴天時の平均水質を下回った。大腸菌群数においては 3,000 個/ml（下水道放流水質基準値）を下回った。ファーストフラッシュのピークの出現傾向として大腸菌群数は他の項目と比べ 20～30 分程度早く現れた。

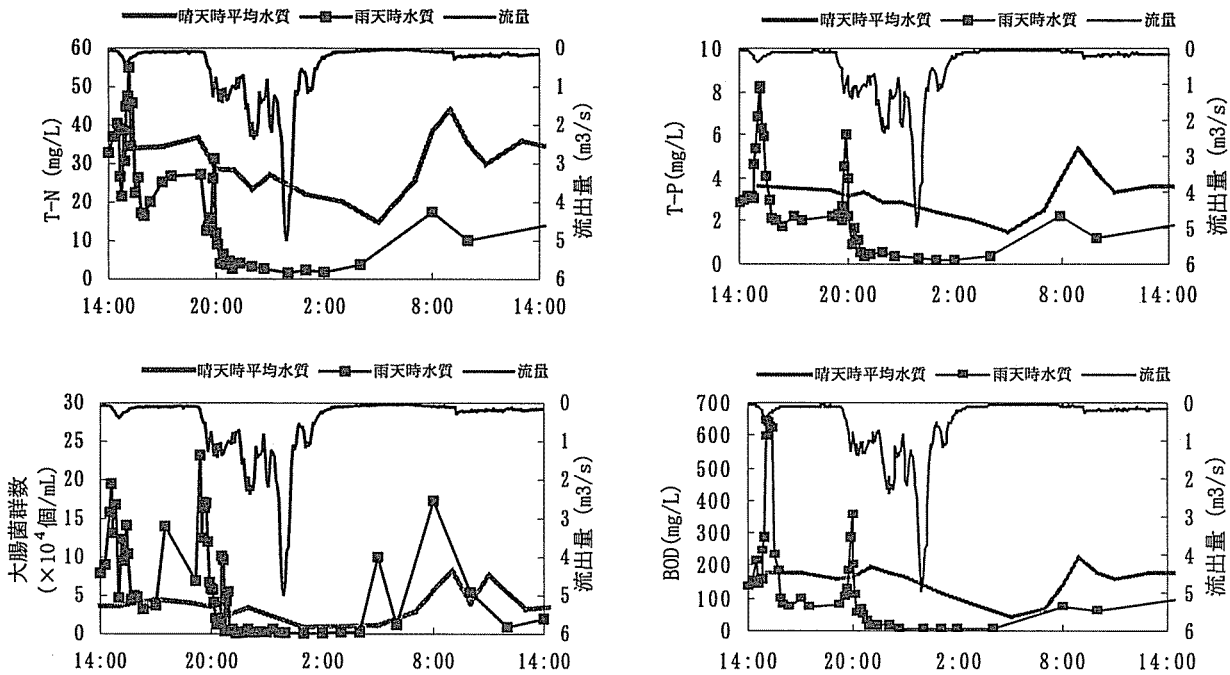


図 2 調査結果 (排水区 A)

雨天時負荷流出量の総量と、これと同じ時間における晴天時負荷流出量の総量との比を計算した (表 1)。T-N、T-P は BOD と同程度の値であり地表面からの流出が比較的小さいと考えられる。これに対し大腸菌群数は COD や SS について高い数値であったため、地表面からの流出負荷をいっそう考慮する必要があると考えられる。

一般に雨天時における流量と汚濁負荷量の関係は、グラフ上で時計回りのループ形状を描くといわれている²⁾。T-N、T-P、大腸菌群数での流量と汚濁負荷量との関係も他の水質項目と同様に時計回りの履歴曲線 (ループ) を描いた (図 3)。T-N、T-P のループ形状は BOD の形状に類似しており、流出特性は BOD の流出特性に近いものであることがわかる。しかし、大腸菌群のループ形状は BOD のものより扁平度が小さく、またファーストフラッシュが早く生じることもあわせて考えると、大腸菌群が地表面や管内堆積物中の流出されやすい部分に多く存在し BOD とは異なった可能性を示すものと考えられる。

表 1 汚濁負荷流出量の比較

| 調査地点 | 雨天時負荷流出量 晴天時負荷流出量 (-) | |
|------|-----------------------------|------|
| | A-1 | A-2 |
| BOD | 1.24 | 2.48 |
| COD | 1.36 | 5.35 |
| SS | 3.30 | 9.64 |
| T-N | 0.92 | 2.05 |
| T-P | 1.35 | 2.50 |
| 大腸菌群 | 3.44 | 4.05 |

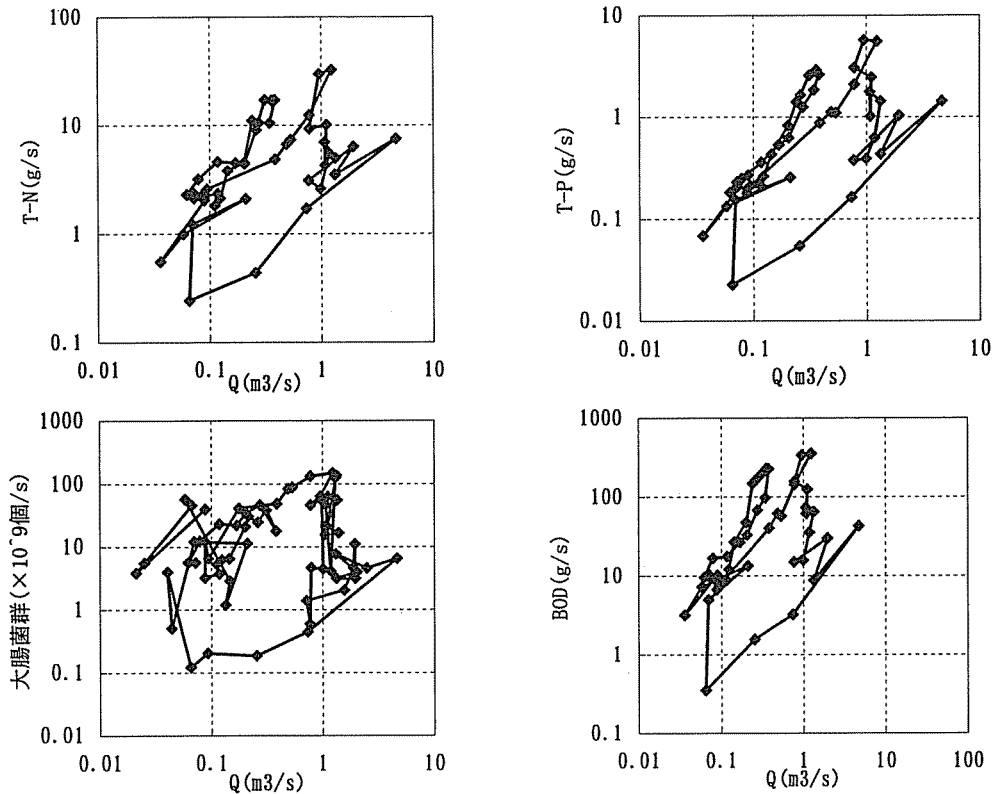


図3 汚濁負荷量と流量の関係（排水区A）

4. 分布型モデルの検討

4.1 モデルの基本形

集中型の山口・中村モデル（集中型土研モデル）を基本として、これを分布型モデルに改良することを検討し、以下のように表現した。分布型モデルの基本構成要素として、流域モデルと管路モデルの2つのモデルを組み合わせることとした。

ここで、流域モデルは分割された小流域に対応し、管路モデルは幹線管きよにおける堆積物は無視できるとの仮定の下、各流域で発生した負荷量を完全混合モデルにより流下させるものである。

これらのモデルは以下のように表現できる。

<流域モデル>

(運動式)

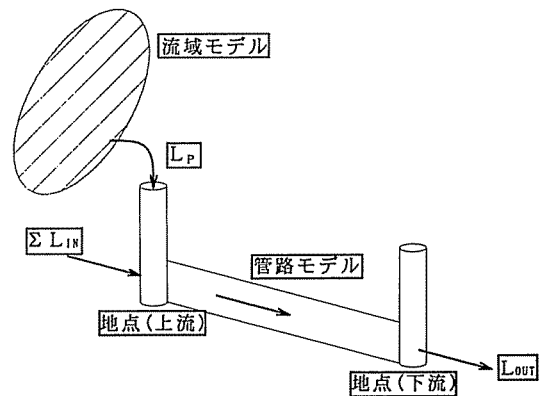
$$L_p = C \cdot P_p^m \cdot Q^n \cdot (Q - Q_c) \quad (1)$$

$$L_s = K \cdot P_s \cdot (r_e - r_c) \cdot A / 3.6 \quad (2)$$

(連続式)

$$dP_p/dt = D_L + L_s - L_p \quad (3)$$

$$dP_s/dt = a - K \cdot P_s (r_e - r_c) / 3600 \quad (4)$$



| | |
|-----------------|------------------------------|
| L_p | : 負荷流出量 (g/s) |
| L_s | : 発生負荷量 (路面等) (g/s) |
| P_p | : 堆積負荷量 (管きよ内) (g) |
| P_s | : 残存負荷量 (路面等) (kg/ha) |
| D_L | : 晴天時発生負荷量 (汚水) (g/s) |
| C | : 負荷流出係数 ($1/g \cdot m^3$) |
| K | : 負荷流出係数 ($1/mm$) |
| Q | : 流量 (m^3/s) |
| Q_c | : 限界流量 (m^3/s) |
| r_e | : 有効降雨強度 (mm/hr) |
| r_c | : 限界有効降雨強度 (mm/hr) |
| A | : 負荷発生に關する排水区域面積 (ha) |
| a | : 補給係数 |
| L_{OUT} | : 負荷流出量 (管路モデル下流端) (g/s) |
| ΣL_{IN} | : 上流管きよからの負荷流入量 (g/s) |
| C_c | : 管きよ内水質 (g/m^3) |
| S | : 管きよ内水量 (m^3) |
| $Q(B)$ | : 管路モデル下流端流量 (m^3/s) |

図4 分布型山口・中村モデル

の基本ユニット

<管路モデル>

(運動式)

$$L_{out} = C_c \cdot Q_{(B)} \quad (5)$$

(連続式)

$$d(S \cdot C_c) / dt = \Sigma L_{IN} + L_P - L_{OUT} \quad (6)$$

なお、式(3)については集中型の山口・中村モデルと式形が異なり、路面からの負荷流出が P_P に寄与するとしている。

4.2 計算結果

以上の分布型モデルと流量計算にはMOUSE(流出解析モデル)を用い、十分に実績を持つBODを対象として、雨天時調査の再現計算を行った結果を図5に示す。ここでは実測値との比較に加え、集中型モデルによる計算結果との比較も行っている。

計算の結果、分布型モデルにおいては、BOD負荷量について集中型モデルと同程度の再現が可能であると思われる。しかし、分布型モデルの適用検討段階においてモデル定数の与え方、小流域分割の考え方を更に確立していくとともに、他の流域の調査結果への適用の検証についても、今後進めていく必要がある。

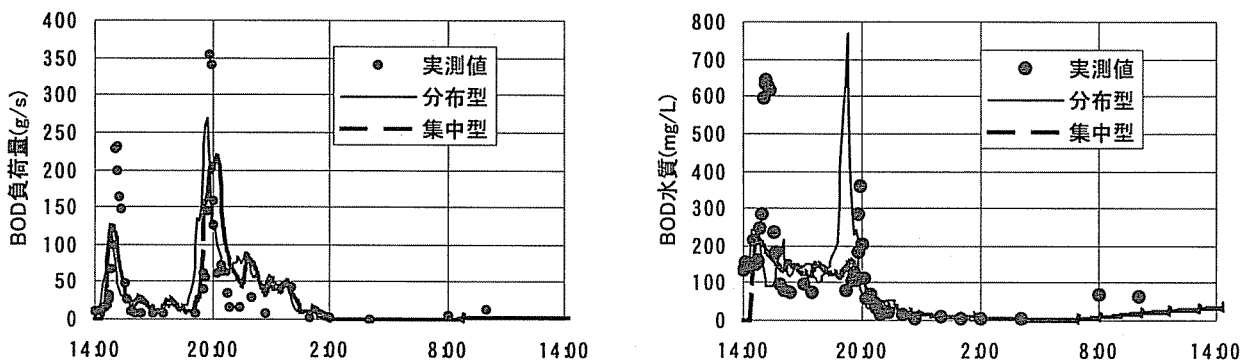


図5 分布型山口・中村モデルによる計算結果(排水区A)

5. まとめと今後の課題

- 1) 合流式下水道整備地区でのT-N、T-P、大腸菌群の実態調査を行い、都市部における流出負荷量及び流出特性を把握することができた。
- 2) 雨天時にはT-N、T-P、大腸菌群についてもBODなどの他の水質項目と同様なファーストフラッシュの傾向があることがわかった。
- 3) 雨天時における汚濁負荷の流出モデルの構築を試み、これまでの集中型モデルを分布型モデルに改良できる可能性を示唆することができた。

今後は、更にデータの蓄積に努めるとともに、合流式下水道からの流出負荷量をシミュレートできる計算手法について検討していく必要がある。また、大腸菌群は他の水質項目と違い微生物であるため、下水道施設内での増殖・死滅等を考慮したモデル構築のための検討が必要である。

<参考文献>

- 1) 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、土木研究所資料第1019号、1975
- 2) (社)日本下水道協会：合流式下水道越流水対策と暫定指針、1982年版
問い合わせ先：国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水道研究室 山田 和弘
〒305-0804 茨城県つくば市旭1、yamada-k924h@nilim.go.jp、TEL:029-864-3343、FAX:029-864-2817