

## 都市における下水道システムの動的特性に関する基礎的研究 初沈及び終沈 COD のモデル分析

首都大学東京大学院 学生員 片岡 麻希  
 首都大学東京大学院 正会員 稲員 とよの  
 首都大学東京大学院 フェロー 小泉 明  
 横浜市環境創造局 古賀 淳一

### 1. はじめに

平成 16 年 3 月末における下水道の普及率は全国平均で約 66.7%、政令指定都市では約 100% 近くに達している所もある。下水道の役割は年々多様化しており、より地域に適した下水道システムの整備が求められている。下水道整備の歴史が長い都市域では合流式下水道が多く、昭和 40 年以降に整備された地域では分流式下水道となっている。合流式下水道では、雨天時における未処理下水の放流が問題点として挙げられ、近年は公共用水域の水質の改善が求められている。しかし、下水道システムに流入する下水の水量・水質は降雨の影響を受けるので、変動が大きく不規則である。また、下水処理の過程で操作要因の影響も受けていることから、処理水質はこれらの要因の相互作用による出力として捉えることができる。下水処理場における適切な運転管理システムを見出すためには、処理水質の変動の特性を解明することが重要であると考えられる。本研究では、下水処理場から流出する処理水の水質に対する降雨、流入要因、操作要因の影響を分析し、合流式及び分流式下水道の処理水の変動特性を把握することを目的とし、処理水質のモデル化を試みた。

### 2. 運転管理データによる統計分析

分析の対象とした下水処理場は、横浜市の K 処理場(合流式)と S 処理場(分流式)であり、2001 年度の運転管理データの日データを用いた。なお、欠測日の場合は線形補間を行なった。本研究においては、最初沈殿池(初沈)と最終沈殿池(終沈)における COD の除去率に着目し、(1)式及び(2)式で定義した。

$$\text{初沈 COD 除去率} = (\text{流入 COD} - \text{初沈 COD}) / \text{流入 COD} \dots (1)$$

$$\text{終沈 COD 除去率} = (\text{流入 COD} - \text{終沈 COD}) / \text{流入 COD} \dots (2)$$

雨天時における流入 COD に対する降雨の影響を単相関分析により調べた結果、図 1 のような相関図が得られた。K 処理場では有意な相関が示され、流入 COD に対する降雨の影響が認められた。一方、S 処理場では相関係数は有意とならず、降雨の影響は弱いものと推察された。

K 処理場における天候別の滞留時間を表したものが図 2 である。初沈滞留時間では、雨量が 20mm を超える場合は晴天時よりも平均的には 4 割程度の低下が認められ、反応タンク滞留時間でも約 4 割の低下が読み取れた。一方、S 処理場では、晴天時に比べて雨量が 20mm を超える場合に滞留時間がわずかに低下しているのみであったので、降雨の影響はほとんどないものと考えられた。

以上のような統計分析をもとに、COD の除去率と影響要因の

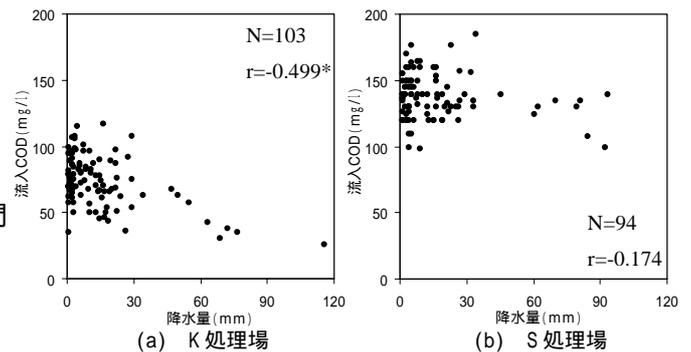


図 1 降水量と流入 COD の相関図

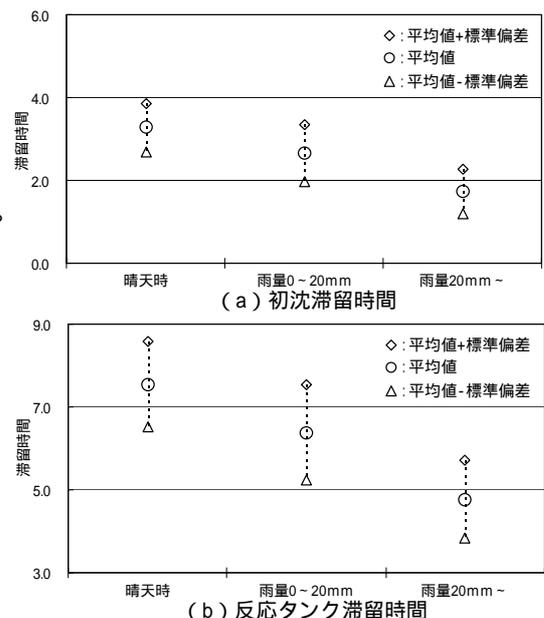


図 2 K 処理場における滞留時間の基本統計量

【キーワード】 合流式 分流式 運転管理 COD 除去率 時系列モデル

【連絡先】 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 0426-77-2789

関連性を検討した結果、K 処理場では初沈 COD 除去率に降雨、流入 COD、初沈滞留時間の影響が及んでおり、終沈 COD 除去率に降雨、流入 COD、水温の影響が及んでいることが確認できた。S 処理場では、初沈 COD 除去率及び終沈 COD 除去率に対する流入 COD の影響が大きいことが示された。

### 3. 処理水質の時系列モデル分析

処理水質の変動特性をさらに詳しく調べるため、分析の対象期間を雨量が多い7月から9月の夏季3ヶ月間として、処理水質のモデル化を試みた。

まず、モデルの説明要因を選定するため、相互相関分析を行った。図3は相互相関コレログラムの一例である。K 処理場における「MLSS×反応タンク滞留時間」と終沈 COD 除去率の関連性は、時間遅れなしで最も高くなり、数日後まで有意な相関関係が得られた。

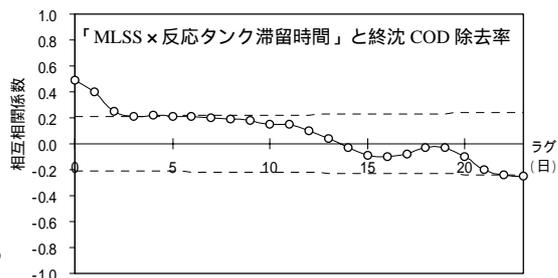


図3 相互相関コレログラム例 (K 処理場)

同様に相互相関分析を行ない、相関係数の高い要因を検討した結果、K 処理場の初沈 COD 除去率を記述する説明要因候補としては、流入 COD 及び「流入 COD × 初沈滞留時間」を、終沈 COD 除去率については MLSS 及び「MLSS × 反応タンク滞留時間」を選択した。S 処理場においては、初沈 COD 除去率では流入 COD を、終沈 COD 除去率では「DO × MLSS」を選択した。

つぎに、選択した説明要因を用いて、伝達関数 ARIMA モデルによるモデル化を試みた。初沈 COD 除去率については、K 処理場の場合は、流入 COD と降雨の影響によって変動する初沈滞留時間との合成要因を説明要因とすると、精度の良いモデルが得られた。また、S 処理場の場合は、流入要因である流入 COD を説明要因とし、適合性の高いモデルを作成することができた。

K 処理場の終沈 COD 除去率については、反応タンク中の微生物量を表す MLSS と、降雨との関連性が強い反応タンク滞留時間との合成要因により、除去率の変動を上手く再現することができた(図4)。S 処理場の場合も、モデルの説明要因に MLSS を取り入れ、微生物の生育環境に関する主要な指標である溶存酸素濃度(DO)との合成要因を用いることにより、精度の良いモデルを作成することができた(図5)。

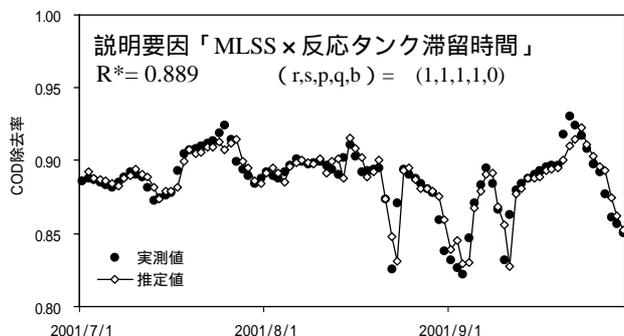


図4 終沈 COD 除去率の推定値と実測値 (K 処理場)

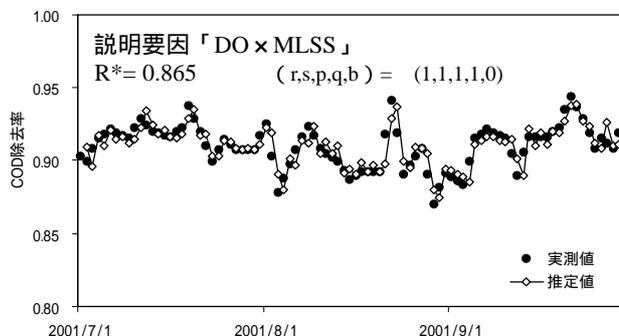


図5 終沈 COD 除去率の推定値と実測値 (S 処理場)

### 4. おわりに

本稿では、COD の除去率に着目し、その変動を流入要因及び操作要因により記述する時系列モデルを提案した。降雨の影響が懸念される合流式下水道の処理場の場合には、降雨に関する情報を加味することで、初沈 COD 除去率及び終沈 COD 除去率の変動を再現する適合性の高いモデルを作成することができた。本研究で得られたモデルを利用することにより、下水処理水の流出変動特性に関する考察を深め、運転管理計画に有効な情報を提供できるものと考えている。今後は、他の季節におけるモデル化や規模の異なる下水処理場におけるモデルの比較・検討も含め、モデルの汎用性について研究を進めていきたい。

#### 【参考文献】

- 1) W.ヴァンデル：時系列入門,多賀出版,1992
- 2) 小泉明,稲員とよの：下水処理システムの時系列分析,下水道協会誌,Vol.25,No.293,pp48-58,1988
- 3) 大山雅之,稲員とよの,小泉明,古賀淳一：都市における下水道システムの動的特性に関する基礎的研究,土木学会第59回年次学術講演会第 部門,pp11-12,2004