

## 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 合流式及び分流式下水道の流入変動分析

東京都立大学工学部 学生員 大山 雅之  
 東京都立大学大学院 正会員 稲員 とよの  
 東京都立大学大学院 フェロー 小泉 明  
 横浜市下水道局 古賀 淳一

### 1. はじめに

都市における下水道システムは、公衆衛生の保全や雨水のすみやかな排除という大きな役割を担っている。近年、環境への関心が高まるにつれ、より高度な処理を安定して行い放流先水域の水質を保全していくことが求められてきている。下水は、社会活動による汚水と自然現象による雨水により構成され、それぞれ異なった要因により影響を受けていることで、複雑な変動を示している。今後、合流式下水道における越流負荷量の削減や、高度処理の導入による処理水質の向上に向けて、下水処理場への流入変動特性の把握が重要となる。そこで本稿では、横浜市における下水処理場を対象として、規模及び合流式・分流式の違いによる下水処理場への流入特性を分析し、流入水量・水質のモデル化を試みる。

### 2. フーリエ級数による季節変動分析

ここでは、都市地域に位置する合流式の4下水処理場と分流式の3下水処理場を対象とし、5年間の月平均データを用いる。

合流式及び分流式下水道の流入量について、有限フーリエ級数による季節変動係数と降水量の月別指数(平均を1として基準化したもの)を図1に示す。この図より、合流式の流入量の季節変動は降水量の月別指数と同じ動きを示している。一方、分流式では合流式と比べ、変動幅は小さいが変動パターンは降水量と似通っており、分流式でありながらも降雨の影響を受けていることが認められる。このことから、分流式でも降雨の影響を考慮した計画及び運転管理を行う必要があると考えられる。

流入CODでの季節変動係数(図2)においても同様に、合流式の地区では月による変化が大きく、降水量の多い夏期に低い値をとっており、降水量の少ない冬期に高めの傾向を示していることから、降雨の影響により薄められていることが確認できた。一方、分流式の下水道を用いている地区では季節的な変化は小さく降雨の影響は考えられるものの明確ではない。

全窒素では合流式に比べ分流式での季節変動が小さいという傾向は表れているが、合流式であっても降雨の影響は明確ではなかった。また、全リンに関しては、合流式・分流式ともに統一的な変動パターンは見られず、それぞれの処理場によって異なった変動パターンを見せている。

これらより、降雨の影響は合流式で顕著に表れ、分流式では弱まった形で表れている。要因間で比較すると、流入量で一番強く影響を受け、COD、全窒素、全リンと次第に影響が弱まっていることが明らかとなった。

以下では、変動を詳しく調べるため、対象とする処理場として合流式の神奈川と分流式の西部の2処理場を取上げ、上記流入要因の中で測定頻度の高い流入量及びCODの日データを用いた分析について述べる。

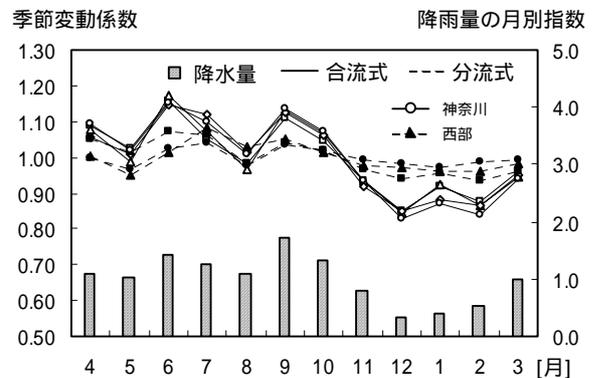


図1 流入量の季節変動係数

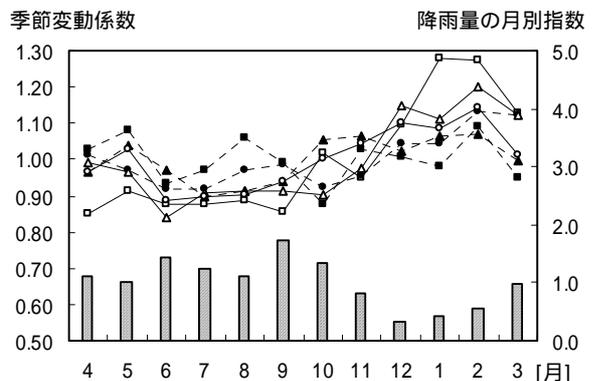


図2 流入CODの季節変動係数

【キーワード】時系列分析 下水道システム 季節変動 有限フーリエ級数 伝達関数 ARIMA モデル

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

### 3. 自己相関及び相互相関分析

季節変動分析より、流入量、流入 COD とともに降雨の影響を受けていることが確認できた。次に、降雨の影響度合及び時間遅れを分析するため、降雨の影響を強く受ける季節として、2001年7月から9月の流入量、COD を選び、自己相関及び相互相関分析を行う。

自己相関コレログラムでは、合流式・分流式ともに流入 COD は自己回帰傾向を有しており、流入量を含め、全要因について定常時系列であると判断された。また、相互相関コレログラムより、降雨の影響は合流式・分流式にかかわらず、流入量では速やかに弱まるのに対し、COD においては合流式では時間遅れ0で強い相関を示し、分流式では2日遅れてピークが表れている(図3)。以上より、流入量とCOD では下水処理場により異なった影響の表れ方をしていることが明らかとなった。

### 4. 流入水量・水質の時系列モデル

相関分析の結果をふまえ、流入水量・水質に対し、降水量を説明要因とした伝達関数 ARIMA モデルを作成する。

流入量では、相互相関が強く出ていることから降水量を説明要因とし、ARIMA 項を省略したモデルにおいて合流式で自由度調整済み重相関係数  $R^*=0.958$  と高い精度を得た。一方、分流式では同モデルの精度は  $R^*=0.789$  と低いため、ARIMA 項を追加することにより  $R^*=0.866$  という良い適合性を得ることができた。

合流式の COD では、自己回帰傾向が認められたことより説明要因 ( $x_t$ ) 及び ARIMA 項を含んだモデルで  $R^*=0.910$ 、分流式の COD は相互相関コレログラムにおいて時間遅れを示したため、同モデルに説明要因として1日前の降水量 ( $x_{t-1}$ ) を用いることにより  $R^*=0.859$  と適合性の良いモデルを作成することができた。

また、1月から3月の冬期に対しても同様のモデルを適用したところ、夏と同程度の適合性の良さを確認することができたことも付加しておく。

### 5. おわりに

本稿では、下水処理場における流入要因の季節変動の分析を行い、降水量を説明要因とした流入要因の時系列モデルを提案した。季節変動を有限フーリエ級数で分析し定量的に捉えることで、対象とする複数の下水道システムにおける流入要因と降水量との相関関係を明らかにすることができた。また、提案した流入要因時系列モデルを2箇所の下水処理場における季節モデルとして作成した結果、適合性の良いモデルであることが示された。本分析で得られた流入要因の動的特性は、下水道計画及び運転管理において有用な情報を提供し得るものと考えている。なお、今後の課題として、さらなるデータの収集・蓄積を行い、窒素及びリンに関する同様な分析や降雨の影響を考慮した処理水質の変動分析等を進めていきたいと考えている。

#### 【参考文献】

- 1) 小泉明, 稲員とよの, 荒井康裕, 具滋茸: 水道水使用量の時間変動解析, 環境システム研究, Vol.26, 1998
- 2) Toyono INAKAZU and Akira KOIZUMI: Analytical Process for Transfer Function ARIMA Model of Sewage Treatment System, MEMOIRS OF FACULTY OF ENGINEERING, TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY, No.44, 1994
- 3) 小泉明, 稲員とよの, 古賀淳一: オキシデーションディッチの入出力応答モデル, 下水道協会誌, No.402, 1996

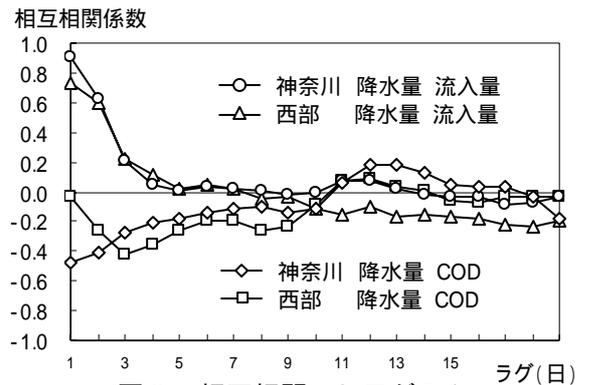


図3 相互相関コレログラム

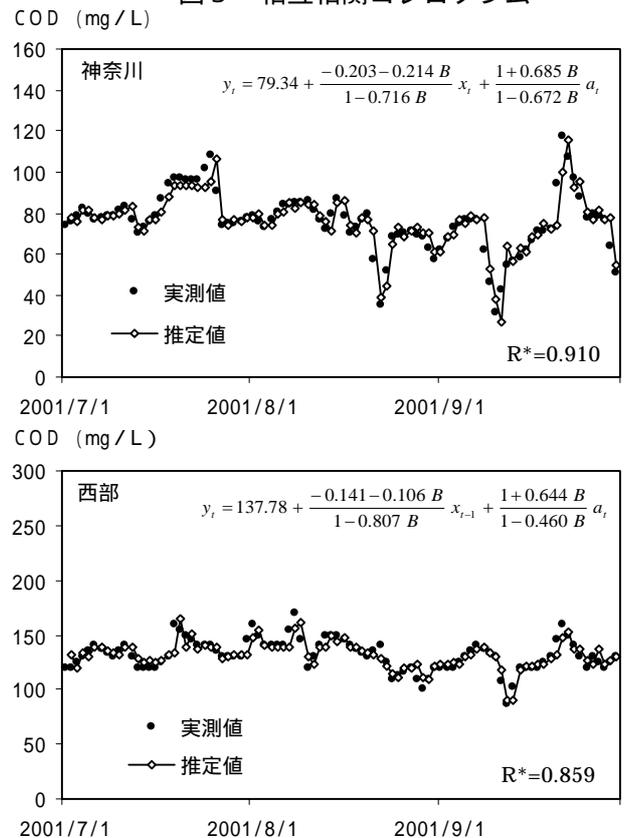


図4 CODの推定値と実測値の比較