

VII-157

下水道維持管理計画に関する基礎的研究

－オキシデーションディッチの時系列変動特性－

東京都立大学工学部 学正員 ○古賀 淳 一

東京都立大学工学部 正員 稲貝 とよの

東京都立大学工学部 正員 小泉 明

1. はじめに

我が国の下水道普及率は50%を超え、今後さらに、中小都市における下水道の整備を積極的に推進して行く必要がある。しかしながら小規模下水道の場合、建設費や維持管理費のスケールメリットが利かないという問題がある。また、中小都市においては必ずしも全処理施設に管理技術者が常駐するとは限らず、どのような測定情報を用いれば流入下水の変動に対応し、効率的かつ安定した処理を行えるかといった運転管理方法の検討が求められる。そこで、本稿では、近年小規模下水道に増加しているオキシデーションディッチ法（以下OD法と呼ぶ）による処理場の維持管理データを用いた統計的分析を試み、OD法の入出力応答モデルを作成して、その時系列変動特性を明らかにする。

2. 処理システムの時系列分析

対象とするA処理場は計画処理人口約1万人、計画処理面積約100ha、年平均流入下水水量約2,200 m³/日であり、OD法としては大規模なものに属する処理場である。この処理場は北陸地方に位置するため降雪量が多く、周辺には多くのスキー場があるため冬季には多くの観光客が訪れる。

分析に使用するデータは、処理場の管理月報からの日データを用い、表-1に示す7要因について1991年4月1日から1992年3月31日までの1年分とする。各要因について時系列図を作成したところ、流入CODについては顕著な日変動が認められるものの、それ以外の要因については全般的に日々のランダム変動は小さく、また一年周期の季節変動も明確でなかった。ただし、流入下水水量については、冬季に比較的大きな日変動が認められ、これは主に観光客の影響によるものであると思われる。

各要因の日変動特性を分析するため、1年のデータを曜日別に分類し、週平均値のデータを加え、種々の統計指標を用いて要因毎に比較検討した（表-1）。図-1に示す流入CODの度数分布の比較では、月曜及び日曜のデータについて多少扁平に押し潰したような分布が見られるものの、他の曜日及び週平均については80～100mg/lを中心とする山形の分布を示している。なお、この分布形は測定データ全体（日データ）の分布ともほぼ一致している。

この他の統計指標についても、特定の曜日の時系列が測定系列と平均的にあるいは変動幅について大きく異なる要因は見られなかった。つまり、分析の対象とした測定データの範囲内では、週単位のデータでも日データと同程度に処理システムの状態を把握可能と判断された。モデルに用いるデータ数は少ないほど計算が容易となるので、つぎに週平均値系列を用いてモデル化を試みる。

表-1 曜日別分析総括表

項 目	月	火	水	木	金	土	日
時系列図	水温						
	pH		△			△	
	下水水量					△	○
	流入COD	○		○			
	MLDO				○		
	MLSS						
	処理水COD						
度数分布	水温						
	pH						△
	下水水量						△
	流入COD	○					△
	MLDO		△				
	MLSS						
	処理水COD						
平均値と標準偏差	水温						
	pH	△	△		△		
	下水水量	△				△	△
	流入COD	△					△
	MLDO				△		
	MLSS						
	処理水COD						

注) 無印……週平均値系列と比べて変動が無いもの
 △印……週平均値系列と比べて変動が多少認められるもの
 ○印……週平均値系列と比べて変動がやや認められるもの

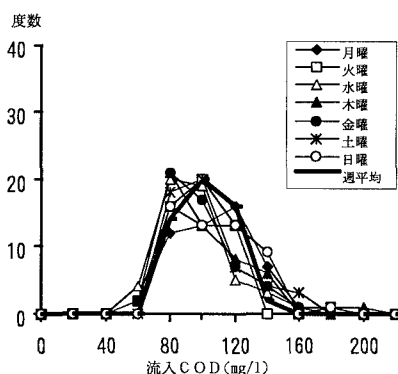


図-1 曜日別度数分布

3. 対象システムのモデル化

まず、週平均値系列に対する自己相関分析より、データサイズが1年間でも定常時系列と見なせることが分かった。また、相互相関コログラムによる分析より、要因相互間に時間遅れを伴った影響が認められた。下水処理システムは複雑な生物反応を含んでいるため、システムの出力に表われる入力の影響はある程度長期的なものであると考えられる。そこで、このような出力に対する直接的な影響のほか、システムに内在化して継続する間接的影響をも表わすことができる数学モデルとして伝達関数ARIMAモデルを用いることにした。

モデル化に用いる伝達関数ARIMAモデルの一般式を以下に示す。

$$Y_t = \mu + \{\omega(B)/\delta(B)\}X_{t-b} + \{\theta(B)/\phi(B)\}a_t \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 t ：時間の指標、 Y_t ：出力要因、 X_t ：入力要因、 b ：時間遅れ、 a_t ：ランダム誤差、 μ ：定数項を示し、 $\omega(B)/\delta(B)$ ：伝達関数荷重 [$\omega(B)=\omega_0-\omega_1B-\omega_2B^2\cdots-\omega_pB^p$, $\delta(B)=1-\delta_1B-\delta_2B^2\cdots-\delta_rB^r$]、 $\phi(B)$ ：自己回帰演算子 [$\phi(B)=1-\phi_1B\cdots-\phi_pB^p$]、 $\theta(B)$ ：移動平均演算子 [$\theta(B)=1-\theta_1B\cdots-\theta_qB^q$]、 B ：後退演算子 [$BY_t=Y_{t-1}$]である。モデルに用いる出力要因は処理水CODを採用し、出力要因を記述するための入力要因は、処理システムの状態量を表わす要因と流入CODを組み合わせ、流入COD、流入COD/MLDO、流入COD/MLSS、流入COD/(MLDO・MLSS)という4種類を候補として選定した。なおデータサイズは1年で、データ数は52個となる。伝達関数荷重項の次数は、動的1次系を仮定して $r=s=1$ とし、自己回帰項、移動平均項の次数は、 $p=q=0$ 、 $p=1$ 、 $q=0$ 、 $p=0$ 、 $q=1$ の4ケースに絞って計算を行うことにした。

4種類の入力要因についてモデルを推定し、入力要因毎に残差分散の最も小さいモデルとして、表-2に示すモデルをそれぞれ選択した。入力要因が流入CODのみのモデルは、重相関係数は高いものの的中率が低く、図-2より推定値の系列としての再現性も定性的に良くない。一方、流入COD/MLDOを入力要因とすると、的中率が最も高いモデルが得られ、重相関係数も十分に高く、系列としての再現性も非常に良い。そこで各種評価項目を総合的に考慮して、入力要因(X_t)が流入COD/MLDOである次式を選択した。

$$Y_t = -0.377 + \frac{0.026 - 0.007B}{1 - 0.845B} X_t + (1 + 0.552B)a_t \quad \dots\dots\dots (2)$$

得られたモデル式は、定量的にも定性的にも適合性が高く、図-3からも処理場における出力を十分に記述可能であると判断された。

4. おわりに

本稿ではOD法による下水処理を行っている処理場の管理月報の曜日別データの比較により、週単位のデータでも処理システムの状態を把握できることが明らかとなった。また、処理システムからの出力の変動傾向を良好に記述できるモデルを作成することができた。

なお、今後本稿で得られた結果を処理場の維持管理シミュレーションに応用して行きたいと考えている。

表-2 モデルの評価

モデル	流入COD	流入COD/ MLDO	流入COD/ MLSS	流入COD/ (MLDO・MLSS)
評価項目	$q=1$	$q=1$	$p=1$	$p=1$
残差分散	0.74	0.71	0.61	0.60
重相関係数	0.72	0.68	0.57	0.55
的中率	0.63	0.80	0.76	0.74
定性的判断	△	◎	○	○

注) 定性的判断で、◎は非常に良好、○は良好、△は良好でないことを示す。

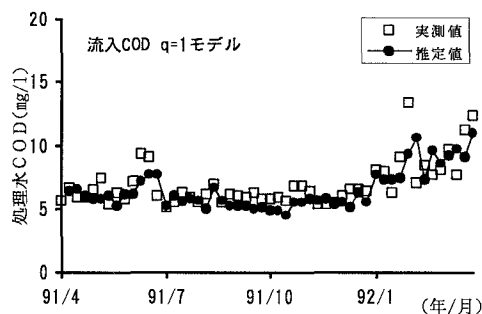


図-2 実測値と推定値（その1）

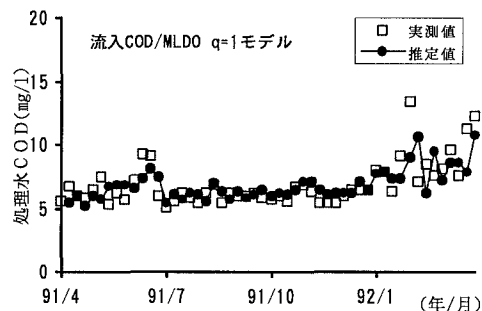


図-3 実測値と推定値（その2）