

II-334

下水道維持管理計画に関する基礎的研究
——データサイズを考慮した処理場データの解析——

東京都立大学工学部 正員 小泉 明
東京都立大学工学部 正員○稲員 とよの
オルガノ 備 大山 茂

1. はじめに

前報¹⁾では下水処理システムのモデル化に 伝達関数ARIMA(Auto Regressive Integrated Moving Average)モデル²⁾を提案した。このモデルは処理システムの入出力応答を、外乱や操作変数を考慮しつつマクロ的に記述するモデルで、処理場の合理的な管理・制御方法を検討する第一歩となるものである。本報では、解析に用いるデータサイズが要因間の関係にどのような影響を与えるかを分析し、本モデルの他の処理場への適用性にも着目して検討を加える。なお本研究の対象は、以前にモデル化を行ったA処理場と同様に¹⁾、活性汚泥法で都市下水を中心に処理しているB処理場とする。データは2年分の日データで、管理月報の中から選び、欠測日は補間して14変数730個のデータを使用した。

2. 要因関連に対するデータサイズの影響の分析

データサイズを、1, 3, 6, 12, 24ヶ月とし、2年分のデータをそれぞれのサイズで等分割したケースについて相関係数を計算した。これらをデータサイズに対しプロットした図を、水温と処理水CODの場合について図1に示す。平均値（図中の大きな丸印）に着目すると、データサイズが長くなるにつれ相関係数が大きくなる傾向が見られる。全ての要因について同様の図を作成した結果、図1のような右上がりの傾向にあるもの（以下Aパターンと呼ぶ）、ほぼ平行なもの（Bパターン）、右下がりの傾向にあるもの（Cパターン）に分類できた。これを図2に示す。斜線部分は相関係数がほとんどのデータサイズで0.5以上のもので、強い関連を持った要因グループを示している。ところで有意水準 $\alpha\%$ の相関係数 r_{α} は次式より求められる。

$|r_{\alpha}| = t_{\alpha} / \sqrt{n-2+t_{\alpha}^2}$ ただし、 n :サンプル数、 t_{α} :自由度 $n-2$ の t 分布 $\alpha\%$ 点 (2.1)
したがって、サンプル数が多い程相関係数の有意水準は低くなるが、Aパターンはこれとは対比的にサンプル数の増加に伴い相関が高くなる傾向を示している。

これは、気温や水温といった季節性の高い要因については、1ヶ月のデータでは無相関にちかい場合でもデータが半年、一年と増えるにしたがってある傾向を持つ様になるためである。このような要因について1年分のデータを散布図に表わすと、月別データ群がはっきりと分離され、データサイズの影響を明確に捉らえることができる。以上より、全要因は互に相関の高いいくつかのグループに分類できること、また、季節性の強い要因の相関係数はデータサイズの影響を受けやすいので注意が必要であることが明らかとなった。

つぎに、処理システムのモデル化に用いるデータサイズを1ヶ月とし、モデル要因選択のため、先に計算した相関マトリックスから要因関連図を作成した。出力を表わす要因として 処理水CODを選択し、

図1 データサイズ別相関係数（水温と処理水CODの場合）

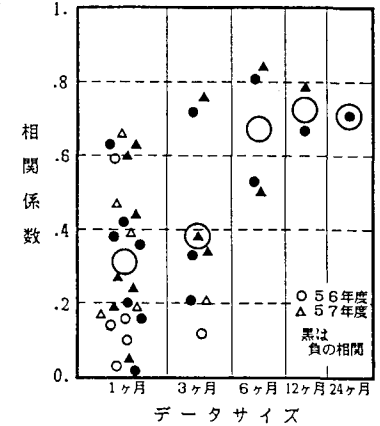
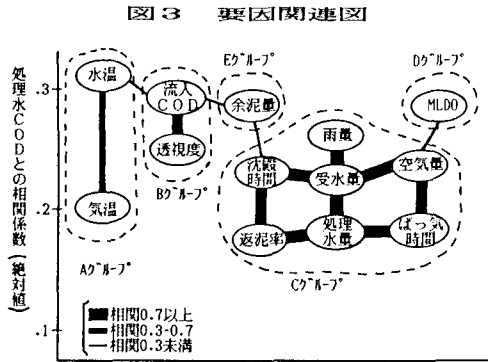


図2 相関係数によるパターン分類図

	気温	水温	流入透視度	流入COD	処理水COD	M.L.D.O	受水量	雨量	処理水量	返送汚泥率	空気量	曝気時間	沈殿時間	余剰汚泥量
気温		A	A	A	A	A	A	B	C	C	A	B	B	A
水温			A	A	A	A	A	B	C	C	A	B	B	A
流入透視度				B	A	C	A	A	A	A	A	B	B	B
流入COD					A	C	A	A	B	C	B	B	B	B
処理水COD						C	A	B	B	C	A	B	B	A
M.L.D.O							C	B	B	B	C	B	B	B
受水量								B	B	C	B	B	B	B
雨量									B	C	B	B	B	B
処理水量										B	B	B	B	B
返送汚泥率											C	C	C	B
空気量												B	B	B
曝気時間													B	B
沈殿時間														B
余剰汚泥量														

図3に示す要因関連図より、5つのグループに変数を分類できた。すなわち、気温の状態を表わすAグループ、流入水質を表わすBグループ、処理場の状態を表わすCグループ、酸素量を表わすDグループ、余泥量のEグループ、の5グループである。このうち、AグループはARIMAモデルの雑音項として考慮できるので省略し、システムへの入力を表わす要因としてBグループから流入CODを選び、残りのグループから操作量を表わす要因としてばっ気槽MLDOを選んだ。以上の結果より、処理水COD、流入COD、ばっ気槽MLDOを用いて処理システムのモデル化を行う。なおB処理場の要因関連図は、A処理場の2年分のデータによる要因のグループ化¹⁾とほぼ同じ結果となっている。



3. 下水処理システムのモデル化

まず、出力要因は入力および制御要因と出力要因自身の履歴の影響を受けていると考えられるので、下記のような伝達関数ARIMAモデルを用いることとした。

$$Y_t = \mu + \{ (a_1 - a_2 B) / (1 - a_3 B) \} X_t + a_t \quad (3.1)$$

ただし、 Y_t : 処理水COD, X_t : 流入COD/ばっ気槽MLDO, a_t : ランダム誤差, B : 後退演算子
 μ, a_1, a_2, a_3 : 係数

このモデル式を、B処理場のデータに各月毎に適用し、それぞれの月の係数を推定した。得られたモデル式は、たとえば昭和57年10月の場合下記の様になり、

$$Y_t = 4.33 + \{ (.060 + .053 B) / (1 + .426 B) \} X_t + a_t \quad (3.2)$$

X_t および X_{t-1} にかかる係数が非常に小さく、入力および制御要因の影響が、ほとんど出力要因に表われない式となっている。これを以前著者らがモデル化したA処理場と比較してみると、同じデータサイズ、同じ要因を用いたモデル式でも、A処理場では係数 a_1 および a_2 が十分大きいことが分かった。そこで、両処理場の処理状態を比較してみると、表1のようになる。表中の値はそれぞれの変数の平均値であるが、最大値および最小値もA、B処理場の比較において同様の傾向を示している。すなわち、両処理場は同程度の水質の下水を同じ方式で処理しているが、ばっ気槽および沈殿池の滞留時間がB処理場はA処理場の1.5倍と長くなっている。つまり、比較的余裕のあるB処理場においては、出力要因に対する入力および制御要因の影響は強くなり、伝達関数ARIMAモデルの係数も(3.2)式の様にな小きくなると考えられる。これに対し、A処理場は周辺地区の人口過密化により受水量が急激に増加したため、処理水量を昼夜で調節したり、ばっ気槽MLDOを一般の処理場より少し高めに制御するなど、きめ細かい制御が必要となっているのが現状である。処理システムのモデル式の相違は、このような各処理場の特性を反映していることが明らかとなった。

表1 処理場の比較

項目	B処理場	A処理場
流入COD (mg/l)	54.7	70.0
MLDO (mg/l)	3.9	5.4
曝気時間 (分)	264.	173.
沈殿時間 (分)	176.	117.
処理方式	ステップ・IF レーション法	ステップ・IF レーション法

4. おわりに

本研究では、下水処理システムのマクロ的にみた特性は、現在処理場で測定されている管理月報の日データにより把握できることを示した。その際、季節性の強い変数の相関係数の評価についてはデータサイズを考慮する必要があることが明らかとなった。また 提案した伝達関数ARIMAモデルは、特性の異なる2つの下水処理場の差異を表示することができ、他の処理場にも適用可能であることを示唆している。なお、処理システムの逐次的制御にも本モデルは適用可能と考えられるが、この点については処理場の時間データを使って現在検討を進めている。

- (参考文献) 1)小泉,稲川,佐々木:下水道維持管理計画に関する基礎的研究ーARIMAモデルによる処理場データの解析ー,土木学会第41回年次学術講演会講演概要集,PP.769-770,1986
 2)Box,G.E.P. & Jenkins,G.M.:Time Series Analysis,Holden-Day,1976