土木学会第50回年次学術講演会（平成７年９月）

Ⅱ－481　オキシデーションディッチ法のモデル化に関する一考察

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
東京都立大学工学部　学生員　○古賀　淳一

１．はじめに

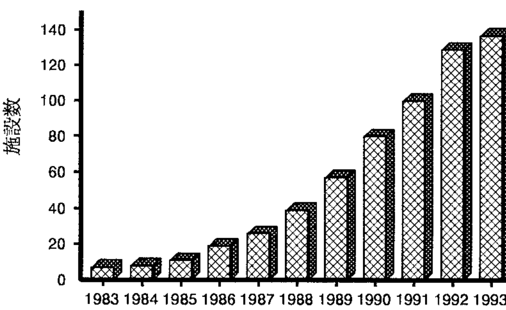
近年、我国の下水道整備は急速に中小市町村にまで拡大しつつある。中小市町村に下水道を普及させるにあたって、終末処理場にオキシデーションディッチ法（以下ＯＤ法と呼ぶ）を採用する自治体が増加している。ＯＤ法は、無終端水路の曝気槽と機械式曝気装置が特徴であり、低負荷で運転するため流入下水の負荷変動に対して安定した処理ができ、処理場用地を広く確保する必要があるものの、維持管理が容易であることから、小規模な下水道に適したプロセスであると位置づけられる。

本稿では、実施設のＯＤ法の維持管理データを用いて、伝達関数ＡＲＩＭＡ（Auto Regressive Integrated Moving Average)モデルによる処理システム全体のモデル化を行なう。

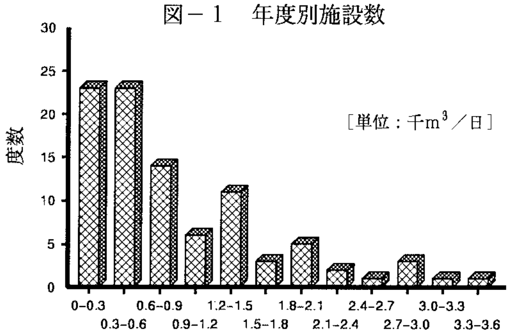
２．ＯＤ法による処理場と使用データについて

平成４年度版下水道統計によれば、ＯＤ法を採用する処理場は全国に１３７ヶ所ある。これより得られた図－１の年度別施設数のグラフを見ると、ＯＤ法は１９８６年ごろから急速にその数が増加してきていることがわかる。筆者らはその中から主要なデータの欠測している処理場、もしくはまだ本格的に稼働していないと見なされる処理場を除く９４ヶ所について、統計的分析を行った。処理場の規模については、発生汚泥量、処理水量、処理人口、処理面積といった要因のヒストグラムがいずれも右下がりの形状を示し、平均値よりも低い値に高い頻度を持つ結果となった。つまり、小規模な処理場が大部分を占めていることが分かる。その中から処理水量のヒストグラムを図－２に示す。

モデル化による分析には、家庭汚水を主として処理している小笠原村母島の下水処理場を対象とし、管理月報に記載された水温、流入ｐＨ、流入下水量、返送汚泥率、ＳＶ30、ＭＬＤＯ、流入ＣＯＤ、処理水ＣＯＤの８要因の週データ１２４０個（９０年４月から９３年３月迄の３年間）を使用する。分析対象期間の各要因の平均値と標準偏差を表－１に示す。この処理場では亜熱帯性気候の為、年中暖かく、各要因の季節変動はほとんど見られない。流入下水量は１００ｍ³／日に満たず、当処理場は全国のＯＤ法による施設の中でも非常に小さなものであるといえる。



図－１　年度別施設数



図－２　処理水量のヒストグラム

表－１　平均値と標準偏差

要因	平均値	標準偏差
水温（℃）	27.1	2.7
流入ｐＨ	7.2	0.4
流入下水量（ｍ³／日）	86.2	14.9
返送汚泥率（％）	127.1	0.3
ＳＶ30（％）	25.7	12.5
ＭＬＤＯ（mg/ℓ）	1.4	1.2
流入COD（mg/ℓ）	93.1	4.9
処理水COD（mg/ℓ）	9.0	0.9

３．下水処理システムのモデル化

モデル化には伝達関数ＡＲＩＭＡモデルを用いる。このモデルは一般的に次式で表される。

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

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、$\omega(B)/\delta(B)$：伝達関数荷重 $[\omega(B)=\omega_0-\omega_1 B-\omega_2 B^2\cdots\cdots-\omega_s B^s]$；$[\delta(B)=1-\delta_1 B-\delta_2 B^2\cdots\cdots-\delta_r B^r]$、$\phi(B)$：自己回帰演算子$[\phi(B)=1-\phi_1 B-\phi_2 B^2\cdots\cdots-\phi_p B^p]$、$\theta(B)$：移動平均演算子 $[\theta(B)=1-\theta_1 B-\theta_2 B^2\cdots\cdots-\theta_q B^q]$である。なお、Bは後退演算子であり、たとえば$BY_t$は$Y_{t-1}$を表す。モデルの出力要因には、処理水ＣＯＤを用い、出力要因を記述する入力要因には、処理水ＣＯＤと各要因との相互相関係数を計算し相互相関が高い流入ＣＯＤを選定した。また、データ系列には傾向変動や季節変動は見られず、定常であるとみなされるのでデータサイズを１年間とした。

モデル化にあたり、まず伝達関数荷重項のみのモデルを考え、次数 r,sを４つのケースについて検討し、自由度調整済み重相関係数R^*の値が一番高かったr=s=1を選び、これに自己回帰項及び移動平均項を加え、次数 p,qを４つケースについて検討した。この結果、r=s=1, p=1におけるケースが有意水準５％のカイ２乗検定で有意、R^*も0.73となり最も良い結果が得られた（表－２）。このモデル式と実測値とモデルにより得られた推定値をプロットしたグラフを図－３に示す。

表－２　次数の検討（91年4月～92年3月）

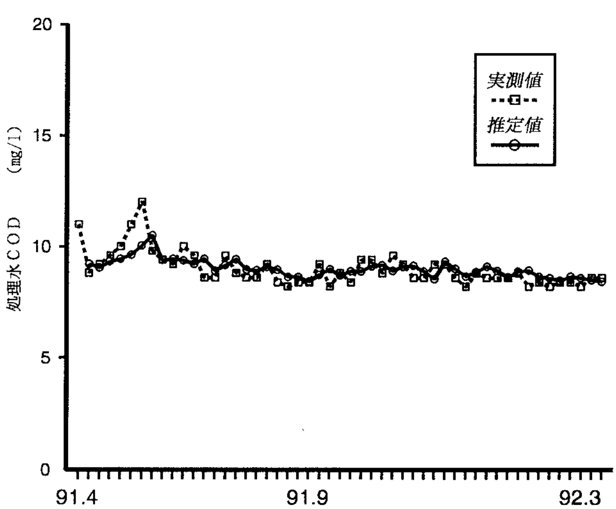
次数	r=s=0	r=0 s=1	r=1 s=0	r=s=1
残差分散	0.433	0.388	0.352	0.399
χ^2値	21.3★	26.9★	38.0	31.3
R^*	0.526	0.604	0.651	0.667

次数	r=s=1 p=q=0	r=s=1 p=1 q=0	r=s=1 p=0 q=1	r=s=1 p=q=1
残差分散	0.339	0.285	0.432	0.287
χ^2値	13.1★	14.4★	18.6★	13.0★
R^*	0.667	0.730	0.540	0.728

注）★印はχ^2値が有意水準5%をパスしたもの

$$Y_t=-5.39+(0.041-0.033B)/(1-0.95B)X_t+1/(1-0.43B)a_t \quad \cdots\cdots (2)$$

モデル式の係数をみると伝達関数荷重項の分子の係数が小さく、入力要因の直接的影響が出力要因の値にあまり現れないことを示している。また、モデル式に伝達関数項の分母と自己回帰項が含まれていることから出力要因の値は自身の過去の値の影響を含むものである。この過去の値の影響は、時間と共に減衰しながらも現在の値に影響を及ぼしていくから、出力要因の値はあまり鋭敏な変動を示すものではない。これらのことは、ＯＤ法が流入水質の変動に強く、安定した処理水質が得られるシステムであることと一致している。さらに、入力要因がＭＬＤＯや返送汚泥率といった要因を含まず、流入ＣＯＤのみであるモデルを得られたことは、ＯＤ法の運転管理の容易さを示したといえる。



図－３　実測値と推定値

４．おわりに

本稿では、実施設のＯＤ法の処理プロセスをモデル化することを試みた。この結果、流入変動に対応でき、維持管理が容易であるとされるＯＤ法の特徴を捉らえたモデルが得られた。但し、結果は季節変化の少ない亜熱帯性気候にある処理場固有の結果であるともいえる。ＯＤ法が北海道・東北地方に多く分布していることも考え、今後はさらにいろいろな処理場についても検討を進める必要があると考えている。

［参考文献］

１）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，No293，PP.48-58，1988
２）W．ヴァンデール：時系列入門－ボックスージェンキンスモデルの応用－，多賀出版，1988