

# [46] GMDH による下水処理場の放流水質の推定モデル (第3報) 自動制御のための透視度予測モデル

寝屋川南部広域下水道組合      〇山村 優 北岸 秀司  
 " " 山下 輝 幸 大石 美喜雄  
 近畿大学 理工学部      馬場 鉄一 山 脇 重信  
 岐阜薬科大学      小 瀬 洋 喜

## 記号表

|                      |   |
|----------------------|---|
| TRSE : 放流水の透視度       | $A_0 \cdot A_j$ : 最小2乗法で決定された係数                                 |
| $Z_1$ : 曝気槽の水溫       | $Y_i^*$ : 実測値   |
| $Z_2$ : 曝気槽のDO       | $Y_i$ : 推定モデル $f(Z_{1i}, Z_{2i}, \dots, Z_{7i})$ による予測値         |
| $Z_3$ : MLSS濃度       | $G_i$ : 補正された推定モデルによる予測値  |
| $Z_4$ : SVI          | G : 予測誤差(相対誤差)  |
| $Z_5$ : 曝気槽流入水量      | $Z_{1i}, Z_{2i}, \dots, Z_{7i}$ : 入力変数                          |
| $Z_6$ : 曝気槽流入水の電気伝導度 | $f(Z_{1i}, Z_{2i}, \dots, Z_{7i})$ : R-フィルター型GMDHによつて決定された数学モデル |
| $Z_7$ : 曝気槽流入水のSS    | $\xi$ : 2乗平均誤差  |
| $Z_8$ : 曝気槽流入水のTOD   |   |
| $Z_9$ : 曝気槽流入水のTOC   |   |

## 1. 緒言

著者らは先に下水処理場の管理の自動化を目標として、下水処理場の放流水の透視度、SS、TOD、TOC について流入水質と運転条件をパラメーターとしてR-フィルター型GMDHにより数学モデルの同定を行った。<sup>1)</sup> また、この数学モデルにつきシミュレーションを行い、その結果と実プラントにおけるデータとを比較検討し得られた数学モデルが実プラントに適用できることを報告するとともに、将来の透視度、SS予測については実測値と予測値に大きな差を生じる場合、両者の変動パターンが類似している事より最小2乗法によつて補正を行い、誤差を縮め、目的の期間において使用可能なことを報告した。

本報では、1977年4月～1979年10月までのデータに基にシステム状態の異なる期間において、R-フィルター型GMDHにより透視度予測モデルを数種作成し、同モデルにより透視度予測を行い検討した結果、システムの状態が変わらない限り得られた数学モデルが使用でき、下水処理場の自動化を行う場合の出力方程式として使用できることを認めたので報告する。

## 2. 研究方法および結果

### 2.1 対象施設

寝屋川南部広域下水道組合 川俣終末処理場

### 2.2 入出力データ

1977年4月～1979年10月の間の全分析値のうち、入力データとして $Z_1 \sim Z_9$ 、出力データとしてTRSE がすべてそろっているものを選択した。

### 2.3 R-フィルター型GMDHによるTRSE予測のための数学モデルの同定

R-フィルター型GMDHを用いて数学モデルを同定するには、用いるデータの個数または期間を選択しなければならない。本報では、第1報で用いた4月～8月のデータによる数学モデルに加え、流入条件や管理目標値の年間変化のファクターを反映できるように1年分のデータを使用して作成された下記の数学モデルを用いて比較検討を行なった。

- (1) 1977年4月～8月のデータによる数学モデル（以下M77Pという）第一報で用いたもの。
- (2) 1977年4月～1978年1月のデータによる数学モデル（以下M77Aという）1978年2月、3月は活性汚泥がバルキング現象をおこしていたので、この間のデータは用いなかった。
- (3) 1978年4月～8月のデータによる数学モデル（以下M78Pという。）
- (4) 1978年4月～1979年3月のデータによる数学モデル（以下M78Aという。）

Table 1 The parameters selected by R-filter type ODM and number of selecting layers

| Model | Z <sub>1</sub> | Z <sub>2</sub> | Z <sub>3</sub> | Z <sub>4</sub> | Z <sub>5</sub> | Z <sub>6</sub> | Z <sub>7</sub> | Z <sub>8</sub> | Z <sub>9</sub> | Number of layers |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| M77P  | ○              | ○              | ○              | ○              | ○              |                |                |                |                | 4                |
| M77A  | ○              | ○              | ○              | ○              | ○              |                |                |                |                | 3                |
| M78P  | ○              |                |                |                |                | ○              | ○              | ○              | ○              | 3                |
| M78A  | ○              |                |                |                |                | ○              | ○              | ○              | ○              | 4                |

○: used parameter

上記の4種の数学モデルを同定する時に用いられた入力因子、層数をTable 1に示す。層数は3～4層となり、数学モデルがシンプルな形をしていることがわかる。またこれらの数学モデルには、Z<sub>1</sub>、Z<sub>3</sub>、Z<sub>4</sub>、Z<sub>6</sub>、Z<sub>9</sub>が3モデル以上でパラメーターとして用いられており、重要なファクターとなつていていると考えられる。

#### 2.4 4種の数学モデルによる1977年4月～1979年10月のTRSR予測

モデルM77P, M77A, M78P, M78Aによつて1977年4月～1979年10月のTRSR予測を行った結果の実測値と予測値のグラフをFig.1～Fig.8に示す。なお、グラフはバルキング前後で区分した。また、バルキング（1978年2月、3月）を境にした前後の予測誤差GをTable 2に示す。バルキングをおこす前の状態にもとづいて作成したモデルM77P, M77AによるTRSR予測は、1977年4月～1978年1月までは、誤差Gは2.1%、17.3%となり、実測値に対する予測値の追従性も良好であるが、バルキング後の1978年4月～1979年10月ではGは37.9%、34.2%と大きくなった。しかし実測値と予測値の大きな流れのパターンは一致している。バルキング後の状態にもとづいて

Table 2 Prediction errors of each model

| Model | 1977/4～1978/1 | 1978/4～1979/10 |
|-------|---------------|----------------|
| M77P  | 21.1          | 37.9           |
| M77A  | 17.3          | 34.2           |
| M78P  | 53.2          | 11.6           |
| M78A  | 48.6          | 8.7            |

作成したM78P, M78Aによる予測では、1977年4月～1978年1月のGは53.2%、48.6%と大きい処理の極端な変化は定性的に予測できる傾向がある。一方1978年4月～1979年10月ではGは11.6%、8.7%と小さく、追従性も良好である。M78Pで1979年1月～3月の追従性が良くないのは、同定に用いたデータのZ<sub>8</sub>が、測定器のトラブルにより4、5月分について1回ずつしか得られず、データ不足となったためと考えられる。以上により4種の数学モデルはバルキングを境にして予測能力が変化したことが示された。

#### 2.5 対象下水処理場での1977年4月～1980年3月の各年度の入力データ比較

2.4において認められた予測能力のちがいは、バルキングを境にして活性汚泥の質が変化したためではないかと考えられた。そこで確認のため入力項目Z<sub>1</sub>～Z<sub>9</sub>について、期間A（1977年4月～1978年3月）、期間B（1978年4月～1979年3月）、期間C（1979年4月～1980年3月）の各1年分ごとの度数分布図をつくり、流入水質、運転条件の変化を比較検討した。なお、運転条件をあらわすZ<sub>2</sub>～Z<sub>4</sub>についてはバルキングの時期並びにシステムの劣化および修繕のために曝気曝移転が行われた1979年1月～1980年3月のデータは削除した。

流入水の性質について検討した結果では、Z<sub>2</sub>が期間Cでやや多く、Z<sub>7</sub>が期間Cでやや低く、Z<sub>1</sub>が期間Bで低くなっていたが全体的に流入水質の変化は3年間においてほとんどなかった。運転条件を示す項目についてみるとFig.9～Fig.11に示したようにZ<sub>2</sub>（DO）は期間A、期間B、期間Cと進むに従つて低い値で運転されておりZ<sub>3</sub>（MLSS）は期間Aでは900～2300mg/lと広い範囲で平均的に運転されていたが期間Bでは1300mg/l、期間Cでは1700mg/lを中心に狭い範囲で制御されていた。その状態はZ<sub>4</sub>（SVI）にもみとめられる。このように3つの期間において流入水質はほとんど差はなかったが、運転条件ではバルキング後にMLSSの定値制御とDOの低域運転が良好な状態で維持されていたことがわかる。この事は期間Aと期間B、Cの活性汚泥の状態が著しく違う事を示すもので、バルキングを境にして予測能力が異なった原因と考えられる。したがって、本報の方法で予測を行う場合には、活性汚泥の状態変化を考慮しなければならない。

#### 2.6 補正数学モデルによる予測

第2報において、予測誤差は大きいと予測値と実測値の大きな流れのパターンが類似している場合は、下記の

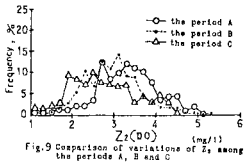


Fig. 9 Comparison of variations of  $Z_n$  among the periods A, B and C

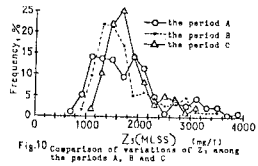


Fig. 10 Comparison of variations of  $Z_n$  among the periods A, B and C

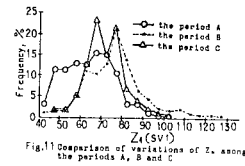


Fig. 11 Comparison of variations of  $Z_n$  among the periods A, B and C

Fig. 7 Comparison of predicted values of TRSe by the model NETA with measured values before building



Fig. 8 Comparison of predicted values of TRSe by the model NETA with measured values before building

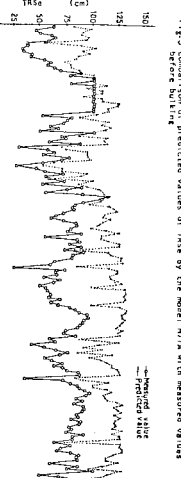


Fig. 5 Comparison of predicted values of TRSe by the model NETA with measured values before building



Fig. 1 Comparison of predicted values of TRSe by the model NETA with measured values before building



Fig. 8 Comparison of predicted values of TRSe by the model NETA with measured values after building

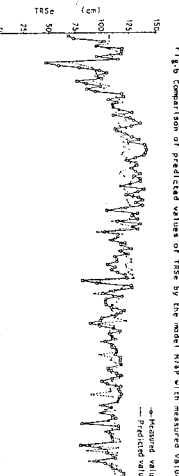


Fig. 6 Comparison of predicted values of TRSe by the model NETA with measured values after building

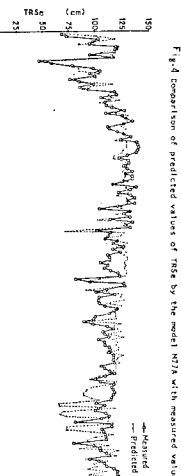


Fig. 4 Comparison of predicted values of TRSe by the model NETA with measured values after building

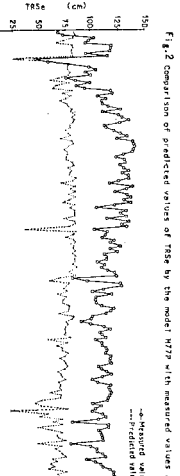


Fig. 2 Comparison of predicted values of TRSe by the model NETA with measured values after building

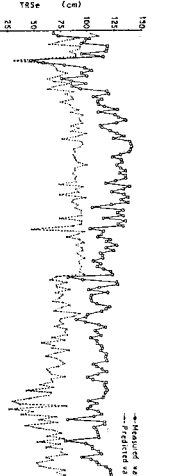
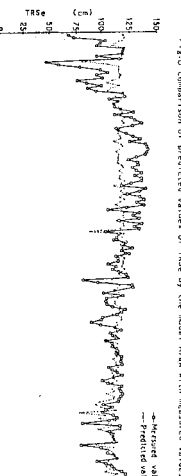


Fig. 12 Comparison of predicted values of TRSe by the model NETA with measured values after building



ような最小2乗法を用いて $\epsilon$ が最小になるように補正すれば対象期間で使用可能になることを報告した。

$$\epsilon = \sum (Y_i^* - G_i)^2$$

$$G_i = A_0 + A_1 Y_i$$

$$Y_i = f(Z_{1i}, Z_{2i}, \dots, Z_{ni})$$

この方法を利用し、モデルM77Aを期間B、期間Cに使用できるように、期間Bのデータに基づいて係数 $A_0$ 、 $A_1$ を求め補正数学モデルRM77Aを作成し、期間B、期間CでのTRSE予測を行った。RM77AによるTRSE予測値と実測値のグラフをFig.12に示す。係数 $A_0$ は627、 $A_1$ は0.690となり、期間B、Cにおける予測誤差は、1.01%と良好であり、処理は極端に悪化した1978年6月中旬、1979年6月下旬、1979年10月上旬、同中旬の透視度も、この補正によって予測できる事が認められた。

### 3. まとめ

第1報<sup>1)</sup>において、下水処理場よりの放流水質を予測するための数学モデルを同定できるR-フィルター型GM DHの有用性を報告し、第2報<sup>2)</sup>では得られた数学モデルが実プラントに適用できることを報告し、あわせて同モデルの予測誤差が大きくなった場合の補正方法も報告した。

本報では、1977年4月～1979年10月までのデータを用い、そのうちの特定期間のデータを基にして、R-フィルター型GM DHにより4種類の数学モデルを作成し、これにより同期間のTRSEを予測し、比較検討した。その結果、バルキングをおこなっていた期間を境にして予測能力が変化している事が認められた。この予測能力の変化の原因を検討するために、1977年4月～1980年3月までの期間の入力データを1年毎に区分し、度数分布図を作成し、比較検討した結果、流入水質に変化は認められなかったが、バルキングを起こした時期を境にして、MLSS制御についての運転方法が変わり、SVIの安定性も異なっており、活性汚泥の処理能力が異なると考えられた。これが予測能力が変化した原因と推定される。対象下水処理場においては本報の数学モデルは活性汚泥の状態が変化しない限り使用可能であり、活性汚泥の状態変化はSVIおよび数学モデルの予測誤差を監視することによって検知することができることを認めた。さらに活性汚泥の状態が変化した時にデータ不足で新しい数学モデルが作成できない場合にも、最小2乗法により数学モデルを補正すれば補助的手段として補正数学モデルの使用が可能である。

### 謝 辞

本研究を実施するにあたり、御指導をいただいた大西春樹氏、ならびに御協力、御援助を賜った川俣処理場の職員各位に感謝いたします。

### 文 献

- 1) 山村 優，北岸秀司，山下輝幸，井上順平，山脇重信，馬場鉄一，小瀬洋喜(1979) GM DHによる下水処理場の推定モデル。水質汚泥研究，2，4，203～213
- 2) 山村 優，北岸秀司，山下輝幸，井上順平，山脇重信，馬場鉄一，小瀬洋喜(1980) GM DHによる下水処理場の放流水質の推定モデル(第2報)——推定モデルの実プラントへの適合性の検討——。水質汚泥研究，3，1，1～8