〈論 文〉

GMDHによる下水処理場の放流水質の推定モデル(第3報)

— 測定データ数の少ない場合における、分流式および合流式
下水道の小規模終末処理場の水処理システムのモデリング —Prediction Model by GMDH for Effluent Quality
from Sewage Treatment Plant (3) — Modeling of Water
Treatment System of Small Scale of Sewage Treatment
Plant in Separate and Combined Sewage System.—山村 優*, 北岸 秀司*, 山下 輝幸*, 大石 美喜雄*
Masaru YAMAMURA Hideshi KITAGISHI Teruyuki YAMASHITA Mikio OISHI
山脇 重信**, 馬場 鋈一**, 小瀬 洋喜***
Shigenobu YAMAWAKI Eiichi BAMBA Youki OSE

Abstract

In the previous paper, modeling of large scale of sewage treatment plant by Group Method of Data Handling (GMDH) was presented to predict effluent quality of the sewage treatment plant.

In this paper, modeling of small scale of two different types of sewage treatment plants, that is separate (M Sewage Treatment Plant) and combined sewage system (T Sewage Treatment Plant), has been carried out with small number of data sets (about 30-40) measured once or twice a month. In both of the systems, large variations of influent flow rate and influent quality are often observed. BOD and COD prediction model for T Sewage Treatment Plant, SS and COD prediction model for M Sewage Treatment Plant, were obtained.

These models can be used as an output equation of automatic control of the sewage treatment system.

(記号表)

Z_1 : 曝気槽の水溫
 Z_2 : 曝気槽のDO
 Z_3 : MLSS 濃度
 Z_4 : SVI

Z_5 : 流入水量
 Z_6 : 流入水のSS濃度
 Z_7 : 流入水のBOD濃度
 Z_8 : 流入水のCOD濃度

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、曝気槽流入水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。¹⁾ また、得られた数学モデルにつきシミュレーション

* 寝屋川南部広域下水道組合 (〒578 東大阪市若江西新町1-11-21) Neya River Basin-Wide Sewage Works Association (1-11-21 Wakae Nishishinmachi, Higashiosaka city, Osaka, Japan 578)

** 近畿大学理工学部 (〒577 東大阪市小若江3-4-1) Department of Electrical Engineering, Faculty of Science and Technology Kinki University (3-4-1 Kowakae, Higashiosaka city, Osaka, Japan 577)

*** 岐阜薬科大学 (〒502 岐阜市三田洞東5-6-1) Gifu Pharmaceutical University (5-6-1 Mitahora higashi, Gifu, Japan 502)

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事を報告した。²⁾さらに、長期間の透視度予測を行ない、システムの状態が変化しない限り、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なう場合の出力方程式としてこのモデル式が使用できることを報告した。³⁾

下水処理場は分流式、合流式下水道によって特性が異なるばかりでなく、分流式、合流式下水道のそれぞれにおいても、気象環境、地域性、下水処理場の規模の大小等によっても特性が大きく異なる。先の第1～2報では、合流式下水道の比較的大規模な終末処理場である川俣処理場（計画処理水量：171,000 m³/day）について、約200のデータを用い（1日1回測定）GMDHを適用したが、本報では、統計的手段である重回帰分析を適用できない少数のデータ（月に1～2回測定）を使用し、分流式および合流式下水道の小規模終末処理場であるM終末処理場（計画処理水量：8,000 m³/day）、T終末処理場（計画処理水量：16,000 m³/day）にGMDHを適用したところ、少ない測定資料からも有用性の高い推定モデルが得られ、GMDHによる推定モデルを一般化し得ることが認められたので報告する。

2. R-フィルター型GMDHのアルゴリズム

R-フィルター型GMDHのフローチャートを Fig. 1 に示す。

Fig. 1 Flow-chart of R-filter type GMDH

第K層での演算を想定すると

ステップ1：入力項目 n 個のうち $Z_{k-1.i}$ と $Z_{k-1.j}$ の2つの入力がフィルターを通り、(1)式によって H_{kl} として出力される。

ステップ2： H_{kl} は基本関数 B_{kl} によって Z_{kl} として出力される。この時(2)式の係数 $B_{0kl}, B_{1kl}, B_{2kl}$ は最小2乗法によって推定される。

ステップ3： Z_{kl} と Y^* （実測値）との相関係数が(3)式によって算出され l 個の相関係数のうち、大きいものから順に n 個の部分記述が選択される。

ステップ4：第 $K-1$ 層での最大の相関係数 $\bar{R}_{k-1.l}$ と第 K 層での最大の相関係数 $\bar{R}_{kl}$ が比較され、 $\bar{R}_{kl} > \bar{R}_{k-1.l}$ の場合のステップ1にもどり、計算がくり返され、 $\bar{R}_{kl} \leq \bar{R}_{k-1.l}$ の場合は完全記述を行ない、予測をし、計算が停止する。

3. R-フィルター型GMDHの適用

3.1 入出力データ

3.1.1 入力データ

T終末処理場、M終末処理場の沈砂池で、月1～2回計測された $Z_1 \sim Z_8$ の項目を用いた。

3.1.2 出力データ

入力データと同時に計測された放流水のSS、BOD、CODを用いた。

3.1.3 同定用データと予測用データの分割

Table 1 Identification errors, the number of layers and the parameters selected by R-filter type GMDH

Plant	Output	Identification errors (%)	Layers	Selected parameter							
				Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈
T	SS	36.0	4	○	○	○		○	○	○	
	BOD	18.8	3	○				○	○	○	○
	COD	13.5	7	○	○	○		○			○
M	SS	18.1	4	○	○	○	○	○		○	○
	BOD	24.1	3	○	○	○		○		○	○
	COD	16.8	1	○				○			

T終末処理場のデータについては、1978年1月～1979年7月までのデータ19個を同定用とし、1979年8月～1980年3月までのデータ14個を予測用とした。

M終末処理場については、1977年4月～1979年3月までのデータ24個を同定用とし、1979年4月～1980年3月までのデータ19個を予測用とした。

3.2 R-フィルター型GMDHによる同定

R-フィルター型GMDHによって、T終末処理場、M終末処理場の同定用データを用いてSS、BOD、COD推定モデル式を同定した。その時の同定誤差、層数および選択された因子を **Table 1** に示す。

先に汚泥処理システムの同定を行った場合、Basic型GMDH、Sequential GMDHにおける層数は、ほとんどが15以上（最高51）となり、モデル式が複雑（高次）な形をしていたが⁴⁾、本報における層数はすべて7以下となり、モデル式がSimple（低次）な形をしている事がわかる。因子は、T、M両終末処理場共、どの項目においてもZ₁（曝気槽の水温）、Z₅（流入水量）が選択され、これらが処理場の運転に重要な役割をしていると考えられる。同定誤差は、T終末処理場においてはBOD、CODモデルがそれぞれ18.8%、13.5%と小さく、M終末処理場についてはSS、CODモデルが18.1%、16.8%と小さくなった。

放流水質は、T終末処理場においてはSS：平均7.4 mg/ℓ、BOD：平均11.8 mg/ℓ、COD：平均10.4 mg/ℓと良好であり、M終末処理場についてはSS：平均6.7 mg/ℓ、BOD：平均12.1 mg/ℓ、COD：平均11.0 mg/ℓと良好な処理が行われていた。

以上の事から、得られた推定モデルは良好な処理が行われている場合の水質の安定化を計るために用い得ると考えられる。したがって、入力の影響が出力によく表われる推定モデル、すなわち、同定誤差が小さいT終末処理場のBODモデル、CODモデル、M終末処理場のSS

Table 2 Prediction errors

Plant	Output	Prediction errors (%)
T	BOD	32.1
	COD	30.4
M	SS	49.1
	COD	19.1

モデル、CODモデルが有用であろうと考えられる。

3.3 各モデル式による予測

各モデル式による予測誤差を **Table 2** に示す。

3.3.1 T終末処理場における放流水のBOD、CODの予測

1979年8月～1980年3月までの放流水のBOD、CODの予測結果を **Fig. 2**、**Fig. 3** に示す。

BOD、COD予測においては、それぞれ32.1%、30.4%と同程度の予測誤差を示した。一方、グラフにおける実値と予測値のフィッティングは、COD予測モ

Fig. 2 Comparison of predicted values with measured values of BOD in T Sewage Treatment Plant.

Fig. 3 Comparison of predicted values with measured values of COD in T Sewage Treatment Plant.

Fig. 4 Comparison of predicted values with measured values of SS in M Sewage Treatment Plant.

Fig. 5 Comparison of predicted values with measured values of COD in M Sewage Treatment Plant.

デルにおいては、きょくたんな処理の変化に追従できなかったが、BOD予測モデルにおいては大きな変動を予測でき良好な結果が得られた。

3.3.2 M終末処理場における放流水のSS, COD予測

1979年4月～1980年3月までの放流水のSS, CODの予測を行なった。結果を Fig. 4, Fig. 5 に示す。

SSの予測誤差は49.1%と大きくなったが、CODの予測誤差は19.4%となり良好であった。一方、SS予測における実測値に対する予測値の追従性は、小さな実測値の変化には追従していないが、処理の著しい悪化については予測可能であった。また、COD予測については、T終末処理場における放流水のCODモデルと同様、処理のきょくたんな変動には追従できなかった。

4. ま と め

R-フィルター型GMDHを用いて分流式および合流式の終末処理場の推定モデルを作成し検討した結果、合流式のT終末処理場においてはBOD, COD推定モデルが、また、分流式のM終末処理場においてはSS, COD推定モデルが有用であることが認められた。これらの推定モデルを使用して予測を行なった場合、T終末処理場では、BOD, CODともに予測誤差は約30%程度であったが、グラフにおける実測値と予測値のフィッティングは、BODが良好であった。M終末処理場では、CODの予測誤差は20%弱であったが、実測値の大きな変動に対し、予測値の追従性はやや低かった。先に報告した合流式下水道の川俣終末処理場について作成された推定モデルの予測誤差および追従性と本報の推定モデルの予測誤差および追従性を比較すると、本報の推定モデルの予測精度が若干低くなった。この原因は、測定回数が月に1～2回であったため水質把握が十分でなかったことによるが、さらに、T, Mの両終末処理場における放流水の透視度が50 cm以上は定量的に計測されておらず、川俣処理場における推定モデルのうち、一番良好な結果を得た透視度推定モデルが作成できなかったこと、流入水のサンプリング場所が曝気槽入口ではなく沈砂池であり、最初沈ん池の影響が加わったことなどが考えられる。分流式のM終末処理場の放流水質の予測精度は合流式のT終末処理場のそれよりも低かったが、分流式下水道の方が合流式下水道より流量変動、水質変動が激しく、定常状態のデータが得られにくいためだと考えられる。しかし、少ない測定データを入力とした時にも、この程度の追従性が得られたことは、分流式、合流式下水道の特性を把握し、最適な計測地点、計測項目を検討することによって、さらに精度のよい推定モデルを作成することが可能であることを示している。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、貴重なデータをご提供くださった岐阜県土木部下水道課に感謝いたします。

(原稿受理: 昭和57年2月9日)

— 引 用 文 献 —

- 1) 山村優, 北岸秀司, 山下輝幸, 井上順平, 山脇重信, 馬場鎭一, 小瀬洋喜(1979) GMDHによる下水処理場の放流水質の推定モデル。水質汚濁研究, 2, 4, 203 ~ 213
- 2) 山村優, 北岸秀司, 山下輝幸, 井上順平, 山脇重信, 馬場鎭一, 小瀬洋喜(1980) GMDH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 -。水質汚濁研究, 3, 1, 1 ~ 8

- 3) Masaru Yamamura, Hideshi Kitagishi, Teruyuki Yamashita, Mikio Oishi, Shigenobu Yamawaki, Eiichi Bamba and Youki Ose, (1981) PREDICTION MODEL BY GROUPING METHOD OF DATA HANDLING(GMDH) FOR EFFLUENT QUALITY FROM SEWAGE TREATMENT PLANT PREDICTION MODEL OF TRANSPARENCY OF EFFLUENT FOR AUTOMATIC CONTROL。Wat. Sci. Tech. Vol. 13, Munich, 319-325
- 4) E. Bamba, S. Yamawaki, M. Yamamura, H. Kitagishi, T. Yamashita, M. Oishi and Y. Ose (1981) A DYNAMIC MODEL IDENTIFICATION OF THE SLUDGE DEWATERING PROCESS. Wat. Sci. Tech. Vol. 13, Munich, 593-598