

# 活性汚泥法ファジィ自動制御システムの 実規模下水処理場における検証

岩堀恵祐\*、大石亮\*\*、市川雅英\*\*、後藤浩之\*\*、  
山川公一郎\*\*\*、藤田正憲\*\*\*\*

\* 静岡県立大学環境科学研究所 〒422-8526 静岡市谷田52-1

\*\* ㈱明電舎 〒141-8565 品川区大崎2-1-17

\*\*\* ㈱竹中工務店 〒104-8182 中央区銀座8-21-1

\*\*\*\* 大阪大学大学院工学研究科環境工学専攻 〒565-0871 吹田市山田丘2-1

## 概要

実規模の下水処理場制御系にファジィ自動制御システムを導入し、その信頼性と制御性を検証して、実用化を目指している。このシステムは、流入下水のCOD・SS計測用に改良したUV計等からリアルタイムで送信される情報をもとにファジィ演算を行い、曝気風量などの操作変量を自動調節する。約1ヶ月間の連続運転の結果、実規模の下水処理施設においても処理水質の安定と曝気風量の削減を確認でき、本システムの有効性を確認できた。また、実験期間中、制御システムにも問題はなく、UV計の信頼性も確認することができた。

## キーワード

ファジィ自動制御システム、流入変動、実規模活性汚泥プロセス

### 1. はじめに

岩堀ら<sup>1)</sup>は先に、活性汚泥法自動制御システムへのファジィ推論の適用に当たり、流入水や処理水における計測情報から、処理水の有機物や浮遊物という放流基準を安定して達成できる方法として、ファジィ計測制御システムを提案した。さらに、パイロット規模の活性汚泥処理装置を用いて、流入水量・水質変動に対するファジィ制御システムの有効性を明らかにした<sup>2)</sup>。今回、ファジィ自動制御システムの実用化を目指し、実規模下水処理場の自動制御系にシステムを導入し、約1ヶ月の実験期間にわたり本システムの評価を行ったので、その概要を報告する。

### 2. 実験材料並びに方法

#### 2.1 下水処理場の概要

標準活性汚泥法を採用している分流式の下水処理場を対象として、システムの導入と検証実験を行った。本処理場の平均的な流入特性は流入水量9,000m<sup>3</sup>/日、平均COD<sub>Mn</sub>(以下CODと称す)濃度およびSS濃度がそれぞれ82.7mg/L、112.1mg/Lである。曝気槽容積は3,860m<sup>3</sup>で、平均MLSS濃度は1,630mg/Lで運転されている。通常の運転状況では、曝気槽第4槽(最終槽)のDO濃度を1.0mg/Lに保つ、曝気風量のPID制御が行われている。今回の実験期間の前後では、通常より曝気風量を増加させて硝化を促進させる運転(以下、硝化促進運転と称す)が実施されており、この運転に対し比較検証を行った。

### 2.2 ファジィ自動制御システムの構成

処理場に導入したファジィ自動制御システムの構成を図1に示した。このシステムは、水質計測器からリアルタイムで送信される情報をもとにファジィ演算を行い、下水の安定処理のため、曝気風量などの操作変量を自動調節するようになっている。

処理場の最初沈殿池出口に設置したUV計(紫外光・可視光吸光度計)は、吸光度から換算した流入水のCODとSSの両濃度を連続測定し、計測値をプロセスコントローラに送信する。ファジィ制御用パソコンは、コントローラから受信した水質・水量データをもとに5分おきにファジィ演算を行い、その推論結果である曝気風量と返送汚泥量の設定値をコントローラ経由で制御部に送信することで、弁開度にて曝気風量を、ポンプ回転数にて返送汚泥量をそれぞれ調節する。

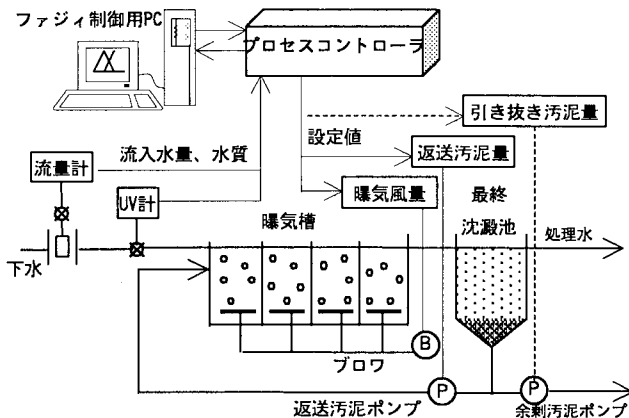


図1 ファジィ自動制御システムの構成

### 2.3 ファジィ演算

ファジィ演算とはファジィルール(制御規則)に基づいたファジィ推論を行う計算法である。前件部のメンバーシップ関数(MSF)が計測項目の測定値を複数のファジィラベルに変換し、各ラベルをルールに当てはめてファジィ推論結果を得る。その結果のラベルを後件部MSFが制御の操作量に変換する。採用した前件部と後件部のラベルを表1に示す。このとき、3入力項目のラベルの組み合わせに対応した75個のファジィルールが存在する。その中で例として、流入水浮遊物濃度が少ない(NB)場合のCOD濃度と流入水量の組み合わせで曝気風量を定めるルールを表2に示した。また、前件部MSFを図2に示した。

表1 入出力項目のラベル

項目	個数	ラベル
入力項目 (前件部)	流入水量	5
	流入有機物濃度	5
出力項目 (後件部)	返送汚泥量	7
	引き抜き汚泥量	7

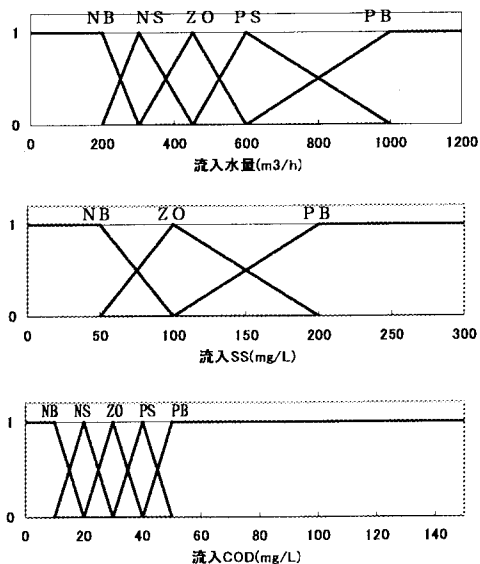


図2 前件部メンバーシップ関数例

表2 曝気風量のルール例

曝気風量 (Ga)	COD (InL S)				
	NB	NS	ZO	PS	PB
流入水量 (Qs)	NB	NB	NB	NM	NS
	NS	NB	NM	NS	ZO
	ZO	NM	NS	ZO	PS
	PS	NM	ZO	PS	PM
	PB	NS	PS	PM	PB

前件部MSFの流入水量、流入のCOD濃度とSS濃度の範囲はそれまでの水質分析による平均値と最大値を参考にし、後件部MSFは施設の能力とそれまでの運転実績からそれぞれ決めた。曝気風量については、処理水質を損なわない経験上の運転範囲（曝気風量を増やすと処理水の浮遊物濃度上昇の傾向があるため上限を決めている）に入るように調整した。

2.4 実験方法

1999年9月21日午前10時から10月20日午前10時にかけて、処理水質を損なわず曝気風量を低減することを目標に、連続してファジィ自動制御実験を行った。処理水質は流入水と同型のUV計で測定した。

3. 実験結果並びに考察

3.1 実験結果

(1)処理水質

図3にファジィ制御実験時と実験終了後の約1週間の流入水量、流入COD、SSの変化を、図4にファジィ制御実験時とその前後の処理水CODと曝気風量の変化を示し、表3にこの平均値を示した。ファジィ制御実験前の変化は図示していないが、流入水量、流入COD、SSとも各期間を通じてほぼ同様の濃度、パターンで推移した。処理水COD濃度は、実験期間中、平均で9.1mg/L、実験前で9.4mg/L、

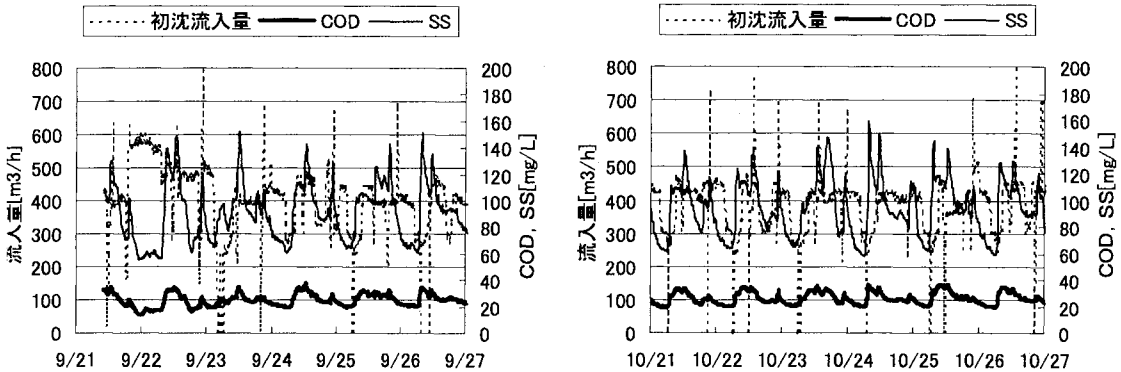


図3 流入水量、流入COD、SS（左図：ファジィ制御実験、右図：ファジィ制御実験後）

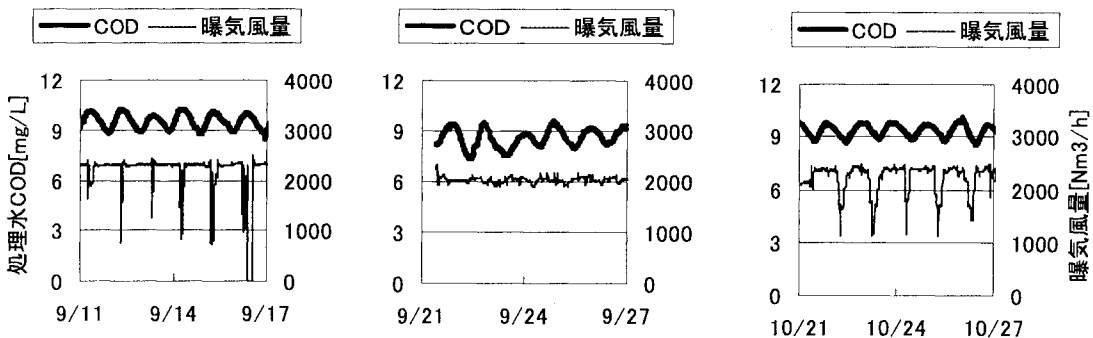


図4 各運転期間の処理水COD濃度と曝気風量  
（左から順に、ファジィ制御実験前、ファジィ制御実験、ファジィ制御実験後）

表3 運転結果比較（1ヶ月間）

	曝気風量		処理水COD		DO
	平均[m3/h]	変動係数[%]	平均[mg/L]	変動係数	平均[mg/L]
期間1	2159	10.3	9.4	8.0	1.23
期間2	2028	3.1	9.1	5.9	0.81
期間3	2228	15.4	9.2	8.3	0.94

※期間1:8/22-9/20,  
期間2:9/21-10/20,  
期間3:10/22-11/20

実験後では9.2mg/Lとほぼ変化がなかった。また、ファジィ制御実験期間中の曝気風量平均値は2,028Nm<sup>3</sup>/hで、ファジィ制御実験前の2,159Nm<sup>3</sup>/h、実験後の2,228Nm<sup>3</sup>/hと比較すると減少していた。さらに、ファジィ制御実験期間は曝気風量の変動が最も小さくなっていた。

### (2) 返送汚泥量

硝化促進運転のため、返送汚泥は55~63%と高く維持されていた。MSFを調整し、ファジィ制御実験期間でも同様の50~60%に維持することで、良好に制御された。

### (3) 窒素濃度

ファジィ制御実験期間中の10/12~10/13にかけて最終沈殿池のNH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、T-Nの変化を数時間おきに測定した(図5)。このときの曝気風量は図示しないが、流入負荷に応じて制御されていた。負荷の高い時間帯の流入水が曝気槽で処理され最終沈殿池に流入すると、T-N、NH<sub>4</sub>-Nが高くなっており、逆に、負荷の低い時間帯の流入水が曝気槽で処理され最終沈殿池に流入するとNO<sub>3</sub>-Nが高く、逆にT-N、NH<sub>4</sub>-Nは低くなっていることがわかる。

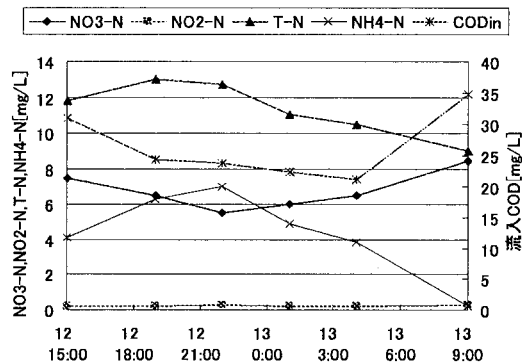


図5 窒素濃度変化

## 3.2 考察

ファジィ制御実験前後の時間平均曝気風量に対するファジィ制御実験期間中の曝気風量削減率は、表4の通りである。表4から1ヶ月間の時間平均曝気風量では、ファジィ制御実験前後、それぞれに対して6.1%、9.0%であった。処理水質は、ファジィ制御実験前後の値と比較して良好であった。また、曝気風量の変動係数は、ファジィ制御実験期間が3.1%と最も低く、曝気装置に与える負荷を低減する効果もあると考えられる。

表4 風量、処理水CODの削減率(1ヶ月間)

	曝気風量削減率	処理水COD削減率
ファジィ制御実験前との比較	6.1%	2.7%
ファジィ制御実験後との比較	9.0%	0.7%

曝気風量削減による硝化の阻害も懸念されたが、流入NH<sub>4</sub>-N負荷が高くなる時間帯には硝化速度がやや低下しNH<sub>4</sub>-Nの蓄積が確認された程度であった。結果として、硝化機能を損なわずに曝気風量の削減ができたといえる。従って、負荷の高い時間帯、低い時間帯により敏感に対応できるようMSFを調整することで硝化促進運転への対応も期待できる。

## 4. まとめ

実規模の下水処理場自動制御系にファジィ制御システムを導入し、約1ヶ月間の運転を行い、その信頼性と制御性を検討した。その結果、実規模の下水処理施設においても処理水質の安定と曝気風量の削減を確認でき、本システムの有効性を確認することができた。また、実験期間中は、制御システムにトラブルはなく、流入COD・SS計測用UV計の信頼性も確認することができた。

今後、標準活性汚泥法だけでなく硝化脱窒運転にも対応できるようルールや入出力項目などを改良し、省エネルギー化を目指したシステムの構築と検証を行いたい。

本実験に際し、ご指導、ご協力いただいた関係者各位に深く感謝する次第である。

## 参考文献

- 1) 岩堀恵祐、小田原健治、辰巳安良、山川公一郎、藤田正憲： 活性汚泥法ファジィ制御のシステム構成、環境システム計測制御学会誌EICA, Vol. 1, No. 3, pp. 9-17 (1997)
- 2) Iwahori, K., Yamakawa, K., Fujita, M.: Effect of Fuzzy Control on Influent Variations in a Pilot-Scale Activated Sludge Process, The 7th International Conference on Computer Applications in Biotechnology, pp. 541-546 (1998)