

ファジィ機能診断システムによる活性汚泥法の運転支援

岩堀 恵祐*、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

** 榊竹中工務店 〒104-8182 東京都中央区銀座8丁目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

活性汚泥法ファジィ自動制御システムの中で、操作員の判断を運転や維持管理に役立てることを目的としたファジィ機能診断システムの基本構成と機能について概説した。パイロット規模の活性汚泥処理装置を用いたファジィ計測制御システムの検証実験では常に、機能診断システムで運転を支援したところ、糸状性バルキングと汚泥解体という汚泥状態の急激な変化が3回ほど認められたが、診断結果に基づいて操作変量を変更し、支障無く実験を継続できた。したがって、ファジィ機能診断システムは、処理障害や汚泥状態の変化に対して有効に機能し、活性汚泥法の運転を支援できるシステムであることが確認できた。

キーワード

ファジィ推論、活性汚泥法、運転支援、機能診断、処理障害

1. はじめに

著者ら¹⁾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あたり、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(ファジィ計測制御システム)と、流入水や処理水の状況、曝気槽や最終沈殿池での汚泥状態、曝気槽内の生物相などの情報を運転・維持管理に役立てようとする方法(ファジィ機能診断システム)の両者に分けてシステム構成することを提案した。これを踏まえ、パソコンで稼働できる両システムを構築するとともに、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計測制御システムの効果を検証してきた²⁾。この実験期間中、活性汚泥の状態を良好に保持するため、ファジィ機能診断システムによる活性汚泥の状態把握を行って、ファジィ計測制御システムを支援した。そこで本稿では、構築したファジィ機能診断システムを概説するとともに、本システムによる活性汚泥法の運転支援の事例を報告する。

2. ファジィ機能診断システムの概要

機能診断システムの基本は運転操作員の判断(経験と勘)と既往研究の成果である。この知識は極めて多岐にわたり、しかも判断の基準に個人差があることは否めない。ここに、判断基準としてファジィ推論を活用する意味が生まれてくる。

本システムでは、入力項目の判断レベルを「目視観察」「現場測定」「微生物観察」、対象となる判断場所を「流入水」「曝気槽」「最終沈殿池」「処理水」「返流水」とした。各レベルと場所ごとに選抜された入力項目は図1の通りであり、現状に最も近いものを各項目の選択肢から入力者の主観で選ぶようになっている。また出力項目は、Pipes³⁾の分類した11種類の汚泥状態とその評価を参考に、「解体汚泥」「腐敗汚泥」「分散汚泥」「浮上汚泥」「バルキング」「スカム」および「正常な汚泥」の7種類に分類した。なお、バルキングは糸状性微生物由来の現象のみと考えた。

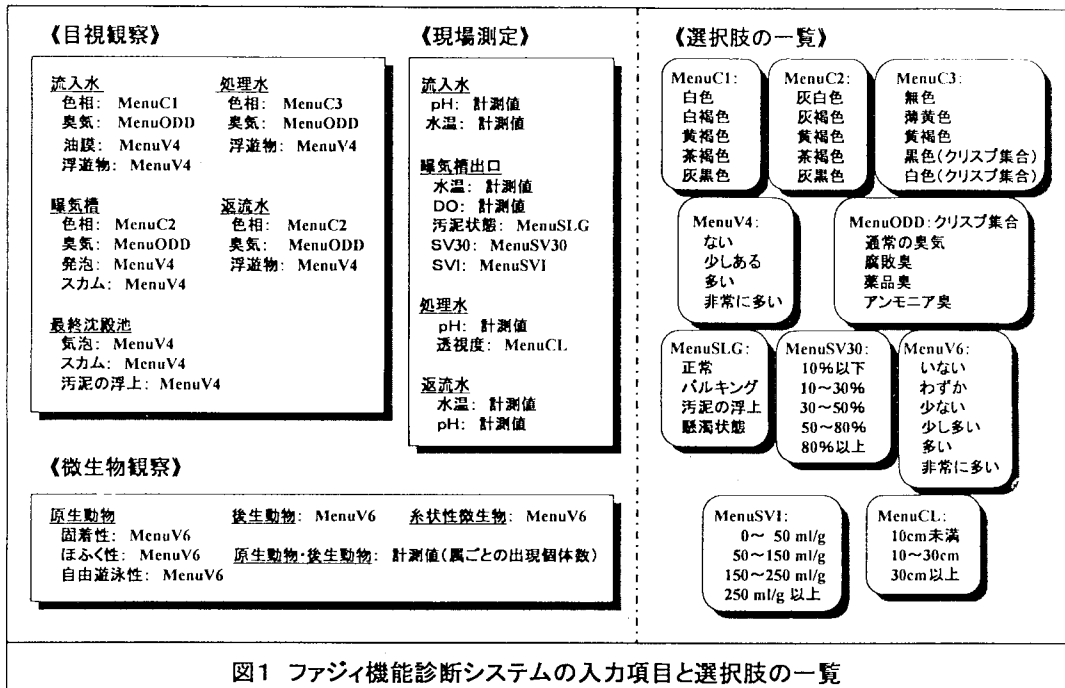


図1 ファジィ機能診断システムの入力項目と選択肢の一覧

出力項目は、推論結果から予想される処理状況、汚泥状態の良否とともに、その状態の説明と対策指針である。また、推論結果を非ファジィ化した数値も判断レベルと場所ごとに確認できるようにした。この数値は0.00から3.00の範囲で表され、相対比較を基本としている。正常な汚泥では2.00が、またその他の汚泥状態では1.00がそれぞれ基準値で、その増減で判断するようになっている。

ファジィ機能診断システムの基本フローは図2の通りである。また、メンバーシップ関数と規則の一例を図3に示した。入力項目は判断レベルごとに自由に選択でき、未入力項目には予め設定された基準値が用いられる。推論結果は判断レベルごとに独立して行われ、これらを組み合わせることで最終的な統合結果を推論するようになっている。このような階層的な構成を用いることで、判断レベルごとの比較や推論結果の確度向上を期待できる。なお、メンバーシップ関数と規則の作成には、数多くの既往研究を参考にするとともに、著者らの経験や日本全国の下水処理場を対象に著者らが行ったアンケートの結果⁴⁾を反映させている。

3. パイロット規模の活性汚泥処理装置を用いた流入水変動実験の運転支援

3.1 活性汚泥処理装置の概要²⁾

処理装置は曝気槽・最終沈殿池・汚泥貯留槽と、付帯設備であるブローア・貯水槽・制御盤から構成されている。曝気槽は有効容量190 Lで、整流壁で4分割されている。最終沈殿池は有効容量98 Lで、下部の壁面への汚泥付着の防止と沈殿汚泥の調製のため、ブラシによる緩速攪拌が可能となっている。この沈殿汚泥は、ポンプで汚泥貯留槽(有効容量73.5 L)に送られ、底部の散気装置により曝気・動揺された後、曝気槽には返送汚泥が、また最終沈殿池には越流汚泥がそれぞれ戻される。貯留槽底部から上部への汚泥循環パイプには電磁弁による汚泥引抜が可能となっている。

3.2 実験方法

肉エキス・ペプトン主体の合成下水を用いてFill and Draw方式で大量に培養した活性汚泥を、初発MLSS濃度が約1,500mg/Lと約5,000mg/Lとなるように曝気槽と汚泥貯留槽にそれぞれ投入し、流入水量23.4 L/hr(水理学的滞留時間; 8.0hrに相当)、流入T O C濃度260mg/L、曝気槽への送風量1,600L/hrで運転を開始した。最終沈殿池での活性汚泥が良好な沈殿状態を示し、所定の汚泥界面が維持されてから、汚泥貯留槽に沈殿汚泥を40L/hrで送るとともに、返送汚泥量6.9L/hr(汚泥返送比; 30%に相当)、汚泥引抜量0.71L/hrで返送・引抜の操作を開始した。この運転を約2ヶ月継続し、活性汚泥が連続培養に馴養され、定常状態が確認されてから、流入水量のステップ変動に対するファジィ計測制御法と各種の従来制御法の比

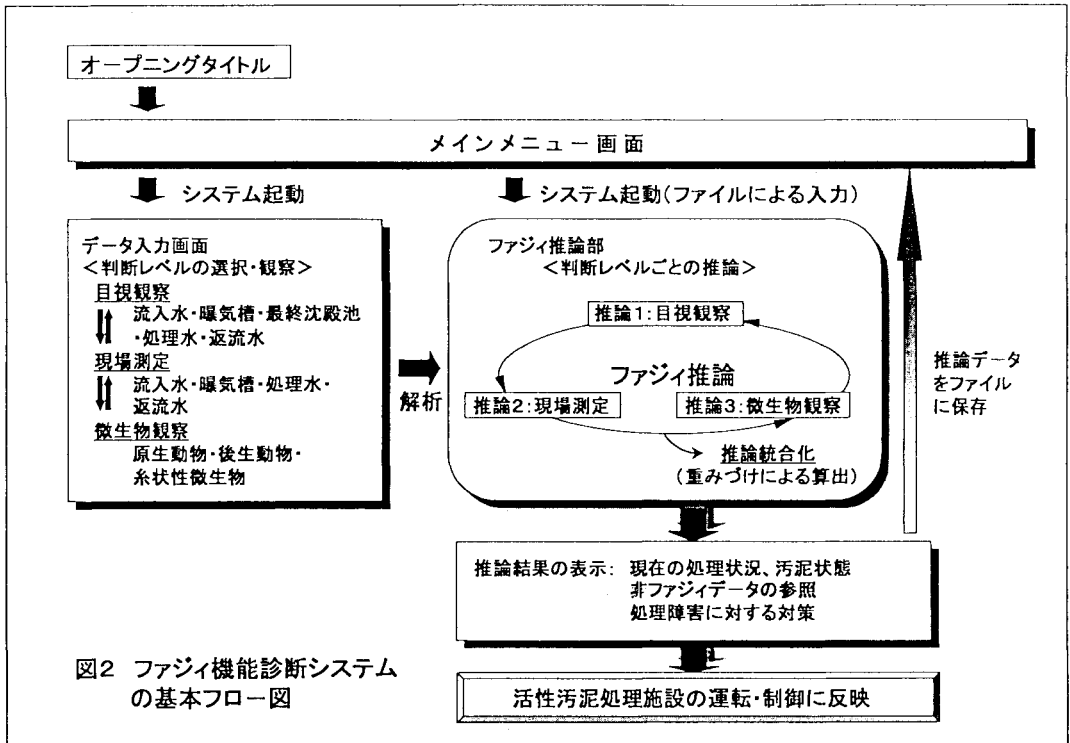


図2 ファジィ機能診断システムの基本フロー図

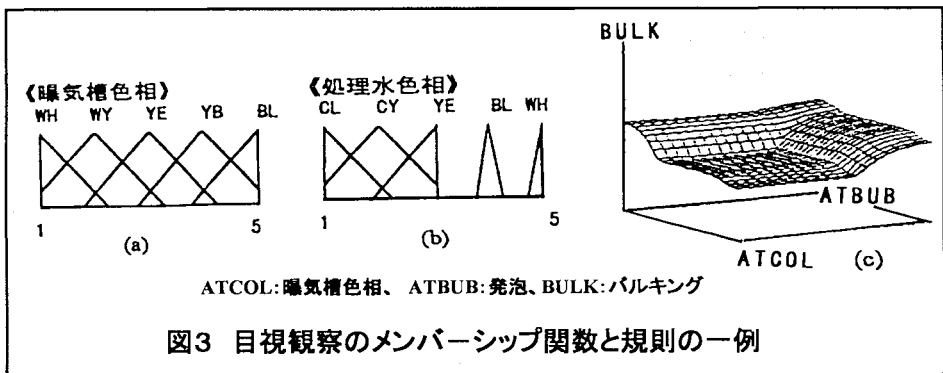


図3 目視観察のメンバーシップ関数と規則の一例

較実験を行った²⁾。従来制御法として、馴養期間と同じ定量運転、SRT一定運転(10日、5日と3日)と汚泥返送比一定運転(30%)を選んだ。各運転条件での実験期間は1日で、実験開始6時間目に流入水量をステップ状(2倍)に変動させた。実験終了後、流入水量を変動前に戻し、運転条件を定量運転に切り替え、定常状態が確認されてから、次の運転条件で変動実験を開始した。これらの継続した実験期間中、ファジィ機能診断システムによる活性汚泥の状態把握と運転支援への適用を試みた。

3.3 ファジィ機能診断システムによる運転支援の結果

本実験のような高負荷運転での短期的なステップ変動には、ファジィ計測制御法は従来制御法よりも処理水質が安定し、しかも操作変量を大幅に変動させることがなく、流入変動に対して有効であることが明らかとなった²⁾。このような高負荷運転を約70日間も継続したため、実験期間中に、汚泥状態の急激な変化が3回観察されたが、ファジィ計測制御システムでは対応できなかった。そこで、ファジィ機能診断システムにより状況診断を行った。

第1回目の処理障害発生時におけるファジィ機能診断システムへの入力データは表1のa)の通りである。この時、顕微鏡観察を行ったところ、Type0041型の糸状菌が多数観察された。診断結果と数値結果は本表のb)とc)の通りで、糸状性パルキングの可能性があると判断された。対策事例を参考に、送風量を約40%

表 1 機能診断結果の一例

a) 入力データ

〈目視観察〉		〈現場測定〉	
流入水	色相：茶褐色 臭気：通常の臭気 油膜：ない 浮遊物：ない	流入水	pH：7.3 透視度：20~30cm 水温：19.3℃
曝気槽	色相：灰白色 臭気：通常の臭気 発泡：ない スカム：ない	曝気槽	水温：18.8℃ DO：3.6mg/L 污泥状態：懸濁状態 SV ₃₀ ：80%以上
最終沈殿池	気泡：ない スカム：ない 污泥浮上：ない	処理水	pH：6.94 透視度：10~20cm
処理水	色相：黄褐色 臭気：通常の臭気 浮遊物：多い	返流水	pH：データ破棄 水温：データ破棄
返流水	色相：データ破棄 臭気：データ破棄 浮遊物：データ破棄	〈微生物観察〉	
		原生動物 固着性：わずか ほふく性：いない 自由遊泳性：少し多い 後生動物：わずか 糸状性微生物：多い	

b) 診断結果 (表示内容)

現在の処理状況は、良くありません。
現在の污泥状態は、糸状性バルキングの可能性あります。

糸状性バルキングとは、
活性污泥中に存在する *Sphaerotilus*、*Thiothrix* などの糸状性微生物が何らかの因子によって急激に増殖し、污泥の圧密性の低下から処理水質を悪化させる処理障害をいいます。

発生因子としては、
「窒素・磷に対してBOD (特に溶解性) の比率が高い」「pHが低い」
「流入水のSSが小さい」「曝気槽の空気倍率が大きい」「MLSS濃度が大きくBOD負荷が小さい」などが考えられます。

糸状性バルキングに対しては、
①疑似AO法、嫌気-好気法などに曝気構造を改善する
②凝集剤や薬剤を投入する
③SRTを短縮する
④最初沈殿池にバイパスを設ける
⑤余剰污泥を大量に引き抜く

などの措置を講じて下さい。

c) 数値結果 (表示内容)

	正常污泥	解体污泥	腐敗污泥	分散污泥	浮上污泥	膨化污泥	スカム
目視観察	1.78	1.15	0.91	1.10	1.03	1.28	0.98
現場測定	1.72	1.27	1.22	1.22	1.23	1.29	1.03
微生物観察	0.85	1.27	1.00	1.26	1.00	1.56	1.56
統合 (相対値)	1.45 (-0.55)	1.23 (+0.23)	1.04 (+0.04)	1.19 (+0.19)	1.09 (+0.09)	1.38 (+0.38)	1.19 (+0.19)

減少させ、汚泥引抜量を2倍に増加したところ、SVIが1,000mL/gから500mL/gに低下し、また曝気槽前段の送風量を絞り、回分運転に切り替えたところ、糸状性バルキングは解消され（SVIは100mL/g程度）、ステップ変動の実験を支障無く継続できた。この間に要した時間は約2週間であった。同様に、第2回目と第3回目とも状況診断を行ったところ、前者も「糸状性バルキング」、後者は「解体汚泥」と判断された。第1回目と同じように、対策を講じたところ、前者で約1週間、後者で約5日間で障害は解消され、ステップ変動実験を継続できた。

以上の処理障害の発生要因を考えると、図4に示したように、水温の急変時に処理障害が発生していることがわかる。つまり、季節の変わり目などの水温や環境条件の変化は活性汚泥の生物相や汚泥活性、処理状況に与える影響が大きいといえる。著者ら⁵⁾は、スカム原因菌*Nocardia amarae*（新名*Gordna amarae*）の細胞表面疎水性が水温により変化することを報告している。この事例からも、水温の急激な変化により、活性汚泥微生物が大きく影響されることは明らかであるが、残念なことに、これらを計測でき得る計測器はまだ開発されていない。このように、計測できがたい現象の多い活性汚泥法では、ファジィ機能診断システムの利用価値は重要であり、その有効性を確認できた。

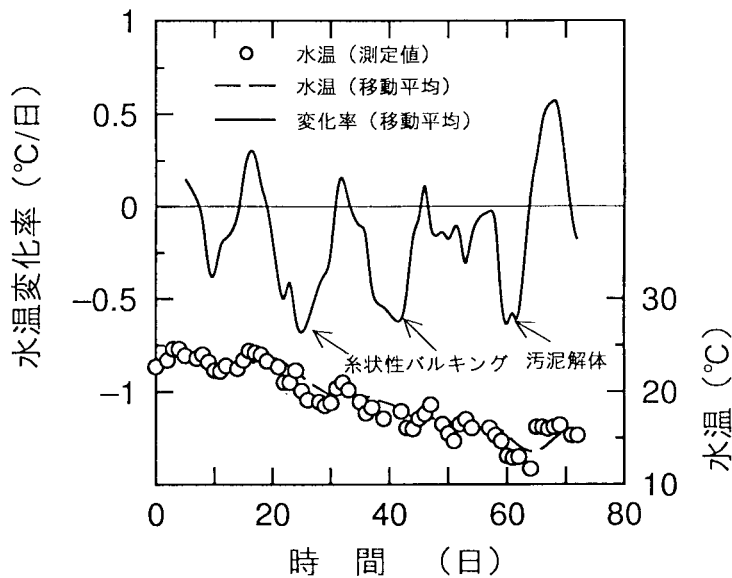


図4 曝気槽水温とその変化率

4. まとめ

パイロット規模の活性汚泥処理装置を用いた流入変動実験に対するファジィ計測制御システムの検証実験では、ファジィ機能診断システムにより運転を常に支援したところ、糸状性バルキングと汚泥解体という汚泥状態の急激な変化が3回ほど認められたが、診断結果に基づいて操作変量を変更し、支障無く実験を継続できた。したがって、ファジィ機能診断システムは、処理障害や汚泥状態の変化に対して有効に機能し、活性汚泥法の運転を支援できるシステムであることが確認できた。

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、1(3)、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, May 31-June 4 (1998)
- 3) Pipes, W. O.: Bulking of Activated Sludge, Advances in Applied Microbiology, 9, 185-234(1967)
- 4) Fujita, M., Iwahori, K., Kawaguchi, Y., Sakai, Y.: A Survey of Operating Problems Associated with Sewage Treatment Plants in Japan, Japanese J. Wat. Treat. Biol., 32(4), 257-269(1996)
- 5) 岩堀恵祐、徳富孝明、藤田正憲：細胞表面性質からみたスカム原因微生物*Nocardia amarae*の界面付着特性、第30回日本水環境学会講演集、281(1996)