学会誌「EICA」第１巻第２号(1996)

ファジィ制御による回分式活性汚泥法での窒素・リンの同時高度除去

浜本洋一、尾形真也、田畑信一

株式会社　西原環境衛生研究所　技術開発部
東京都港区芝浦３－６－18

概要

窒素・リンの安定した同時高度除去のために、回分槽内の DO、ORP、pH、水位を計測し、その計測値からファジィ制御により撹拌、曝気時間を自動的に最適制御するシステムを開発した。本システムを実施設に適用したところ、従来の時間制御方式と比べて、良好で安定した窒素・リンの同時高度除去が行えた。

キーワード

回分式活性汚泥法、窒素除去、リン除去、自動制御、ファジィ制御

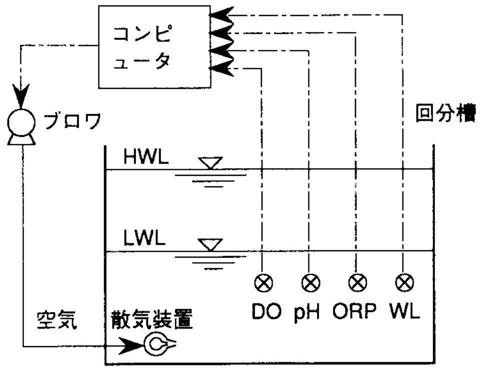
1　はじめに

閉鎖性水域の富栄養化の防止のため、湖沼に続き、海域においても窒素・リンの環境基準が設定され、全国で 88 の海域が指定された。これらの環境基準を達成するためにも、窒素・リンを安定して除去できる排水処理システムの確立が望まれている。回分式活性汚泥法は回分槽のみで構成されるので、撹拌、曝気時間を変えることにより、嫌気・好気条件を任意に設定でき、窒素・リンを同時に高度除去できるプロセスである。しかし、実際の汚水処理施設においては流入水量、流入水質が変動するので、従来の時間制御方式では常に最適な運転を行うのは容易ではなかった。

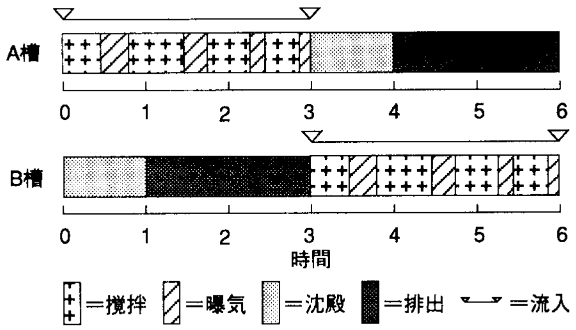
そこで、流入水量、水質の変動に自動的に対応して、従来の時間制御方式と比べてより高い窒素・リンの除去性能を得るために、今回新たに、回分槽内の DO、ORP、pH、水位を計測し、その計測値からファジィ制御により撹拌、曝気時間を自動的に最適制御するシステムを開発した。本システムを実施設に適用し、従来の時間制御方式と比べて、良好で安定した窒素・リンの同時高度除去が行えたので、その結果を報告する。

2　ファジィ制御システムの概要

図－1 に本研究でのファジィ制御システムの構成を示した。本システムでは入力情報として回分槽の DO、ORP、pH、水位の 4つの計測値をコンピュータに入力し、ファジィ制御ルールにより、回分槽の撹拌工程時間、曝気工程時間を制御した。入力情報として上記の 4 項目を選定した理由は次の通りである。①回分槽のその時点での状態をよく表す。②連続計測が可能。③センサとしての信頼性が高い。④長期間メンテナンスが不要である。⑤センサがあまり高価でない。



図−1 ファジィ制御システムの構成



図−2 回分式活性汚泥法の運転工程図

本システムを適用した回分式活性汚泥法の運転工程を図−2に示した。運転工程は撹拌・曝気工程3時間、沈殿工程1時間、排出工程2時間の1日4サイクル運転で、2槽の回分槽が半サイクルずれて、交互に流入水を受け入れる。

ファジィ制御においては3時間の撹拌・曝気工程内で各回の撹拌時間、曝気時間を制御した。撹拌・曝気工程内では入力情報からファジィ制御ルールにより1分間に1回、撹拌終了判定値または曝気終了判定値を演算し、それらの値が設定値を超えたとき、撹拌・曝気を切り換えるようにさせた。

ファジィ制御の前件部、後件部のメンバーシップ関数は三角型とし、Positive Big、Positive Small、Zero、Negative Small、Negative Bigの5段階とした。前記の4つの入力情報より、撹拌、曝気工程の終了を判定する60個のファジィ制御ルールを作成した。ファジィ推論には面積法を用いた。[1]

作成したファジィ制御ルールの一部を下記に示した。

撹拌工程時間のファジィ制御ルール

If *DO* = *Positive Big* then *撹拌終了判定* = *Negative Big*
If *DO* = *Positive Small* then *撹拌終了判定* = *Negative Small*
- -

曝気工程時間のファジィ制御ルール

If *DO* = *Positive Big* then *曝気終了判定* = *Positive Big*
If *DO* = *Positive Small* then *曝気終了判定* = *Positive Small*
- -

3 実験方法

3.1 実験施設

本システムを適用した実験施設の概要を表−1に示した。計画汚水量は535㎥／日、回分槽の容量は323㎥×2槽であった。計画処理水質は本施設が霞ヶ浦に放流しているので、T-N濃度が15mg/ℓ、T-P濃度が2mg/ℓであった。また、本施設には凝集沈殿設備が設置されているが、実験前、実験期間中も2次処理水のT-P濃度が計画処理水質を下回っていたため、凝集沈殿設備は使用されていない。

表－1 実験施設の概要

下水排除方式	分流式			
計画汚水量	535 m³/日 (日平均汚水量)			
	BOD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
計画流入水質	200	200	43	7
計画処理水質	10	15	15	2
フロー概要	前処理＋流量調整槽＋回分槽＋接触曝気槽＋凝沈＋急速ろ過＋消毒槽			
主要槽容量	流量調整槽 ― 5.6m×5.8m×3.5m (H)×2槽＝227 m³ 回分槽 ― 5.0m×13.0m×5.0m(H)×2槽＝650 m³			

3.2 実験条件

実験条件を表－2に示した。Run 1、2では時間制御、Run 3ではファジィ制御の運転を行った。撹拌、曝気時間はRun 1で撹拌30分、曝気30分を3回繰り返し、Run 2で撹拌40分、曝気20分を3回繰り返した。Run 3ではファジィ制御により撹拌、曝気時間を自動制御させた。なお、各 Run 共、スカムを減少させるために、撹拌、曝気工程の最後の10分間は撹拌装置を停止し、空気のみ送るポストエアレーションを行った。

表－2 実験条件

Run 番号	制御方法	撹拌、曝気時間	曝気時間比*
Run 1	時間制御	撹拌30分、曝気30分×3回	0.25
Run 2	時間制御	撹拌40分、曝気20分×3回	0.167
Run 3	ファジィ制御	自動制御	variable

$$ * \ 曝気時間比 = \frac{1サイクルでの曝気時間の合計（時間/サイクル）}{1サイクルの時間（時間/サイクル）} $$

4 実験結果および考察

表－3に時間制御とファジィ制御での処理水の比較を、図－3、4に処理水のT-N濃度、T-P濃度の累積頻度曲線を示した。なお、Run 1、2では2次処理水の充分なデータが得られなかったので、表－3、図－3、4の処理水の値はRun 1、2では3次処理水、Run 3では2次処理水の値を用いた。

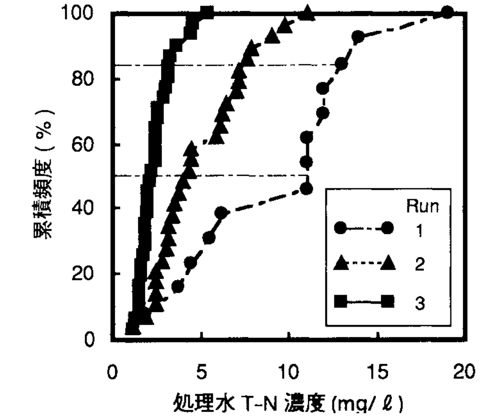
処理水のT-N濃度の累積頻度値50%で比較すると、時間制御のRun 1で11mg/ℓ、Run 2で4.2mg/ℓに対し、ファジィ制御のRun 3で2.2mg/ℓとなり、窒素除去性能は大きく向上した。また、処理水のT-P濃度の累積頻度値50%で比較すると、時間制御のRun 1で1.5mg/ℓ、Run 2で1.3mg/ℓに対し、ファジィ制御のRun 3で0.9mg/ℓとなり、リン除去性能も向上した。

これはファジィ制御により、その時の流入負荷に応じて撹拌、曝気時間を最適に制御したためであると考えられる。図－5にRun 3のファジィ制御における撹拌、曝気時間の制御例を示した。

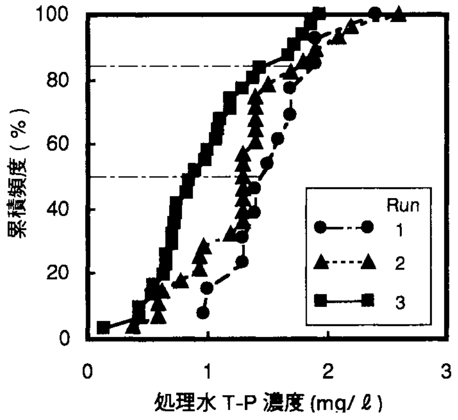
本システムで用いたセンサは1ヶ月に1回程度、センサを洗浄、校正しただけで全く問題はなかった。

表－3 時間制御とファジィ制御での処理水の累積頻度での比較

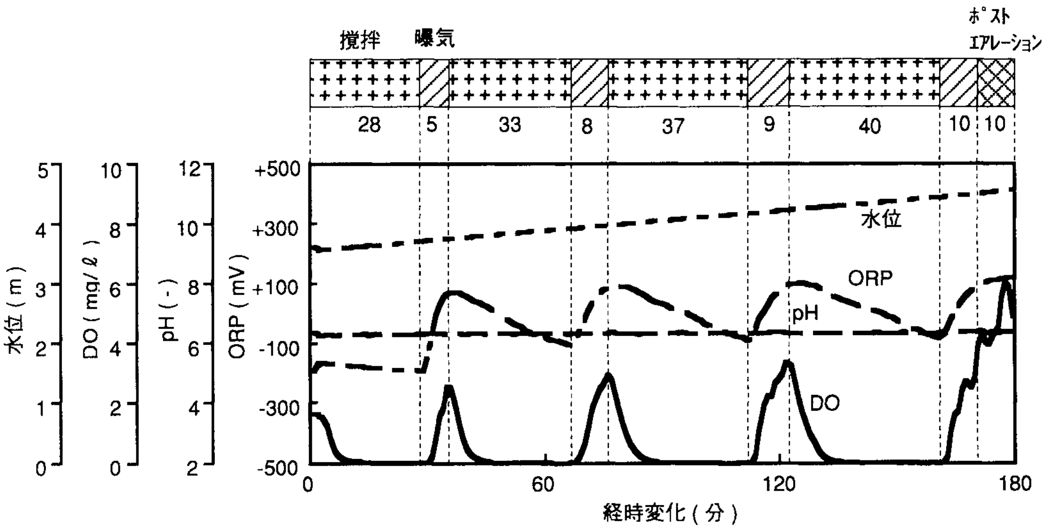
項目	BOD (mg/ℓ)		T-N (mg/ℓ)		T-P (mg/ℓ)	
累積頻度(%)	50%	84.2%	50%	84.2%	50%	84.2%
Run 1	2	2.4	11	13	1.5	1.9
Run 2	2.6	3	4.2	7.4	1.3	1.8
Run 3	3.3	5.6	2.2	3.1	0.9	1.5



図―3 処理水 T-N 濃度の累積頻度曲線



図―4 処理水 T-P 濃度の累積頻度曲線



図―5 ファジィ制御における撹拌、曝気時間の制御例 (Run 3)

5 まとめ

回分槽内の DO、ORP、pH、水位を計測し、その計測値からファジィ制御により撹拌、曝気時間を自動的に最適制御するシステムを実施設に適用した結果をまとめると次の通りである。

① ファジィ制御では従来の時間制御方式と比べて、窒素・リン除去性能が大きく向上した。

② 処理水の T-N 濃度の累積頻度値 50% で比較すると、時間制御の Run 1 で 11mg/ℓ、Run 2 で 4.2mg/ℓ に対し、ファジィ制御の Run 3 で 2.2mg/ℓ となり、窒素除去性能は大きく向上した。

③ 処理水のT-P 濃度の累積頻度値 50% で比較すると、時間制御の Run 1 で 1.5 mg/ℓ、Run 2 で 1.3 mg/ℓ に対し、ファジィ制御の Run 3 で 0.9mg/ℓ となり、リン除去性能も向上した。

④ 本システムの保守は 1 ヶ月に 1 回程度、センサを洗浄、校正するだけでよかった。

参考文献

1) 水本雅晴："ファジィ制御の改善法 (IV)"、第 6 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集、pp 9 - 13、1990