

下水処理プロセスの運転支援を目的とした シミュレーション技術の利用

小西隆裕*, 市川雅英*, 久住美代子*, 豊岡和宏*, 大石亮*

* (株)明電舎 製品開発研究所 開発第五部
東京都品川区大崎 2-1-17

概要

富栄養化防止を目的として循環法等の高度処理法を採用する処理場が増加している。しかし、既存の設備を改良して循環法を実施する場合は十分な滞留時間の確保が困難で、条件(負荷, 水温等)の変動によって処理が良好に進まず、細かい運転管理が必要だとされている。そこで、シミュレーション技術を利用して、処理状態を予測することで、運転管理に役立てることができないかを検討した。

尚、本検討にあたり、パソコンとOSにWindows95*を採用した環境上で動作するシミュレーションシステムを開発した。

キーワード

下水処理プロセス, 循環法, 運転支援, パソコン, シミュレーション

1 はじめに

富栄養化対策として窒素, リンに関わる排出規制が年々厳しくなっており、循環式硝化脱窒法などの高度処理法を採用する処理場が増加している。一方、これらの処理法は高度な窒素, リン除去が可能な反面、従来法より運転管理が難しいとされている。これは、リン除去に関しては凝集剤の添加で解決できるが、特に窒素除去に関わる微生物群の活性を維持することが最も重要な課題とされているためである。このような現状であるが、シミュレーションを利用することで現時点の処理状況や処理条件の変動による将来の予測が可能となれば、複雑な運転管理も省力化できる可能性がある。

但し、シミュレーション技術を利用するにも計算結果の精度はもとより、システムの操作性が優れたものでないと有効な手段とはなり得ない。幸いなことに、ここ最近のパソコンの性能の急激な進歩とWindows95*など使い勝手の良いOSの誕生によりこの点も解決できる方向にある。本報告では、これらを活用して開発したシミュレーションシステムの概要について示し、そのシミュレーション実行例について検討を加えた。

2 反応モデル

本システムでは図1のような概念の反応モデルを用いた。詳しい内容は省略するが、以下の仮定を設けたことを付け加える。

- ①浮遊性物質はBOD資化細菌と硝化細菌からなる。
- ②脱窒菌はBOD資化細菌と同一とする。
- ③亜硝酸菌と硝酸菌はまとめて硝化細菌とする。

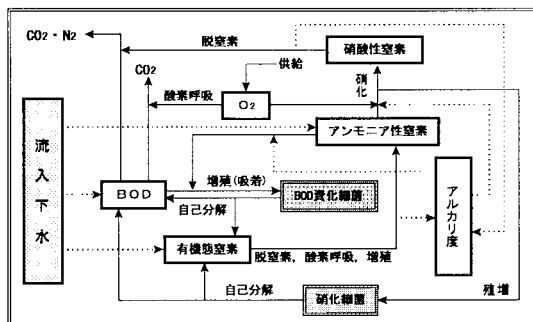


図1 反応モデル概念図

- ④自己分解で溶解性のBODと有機態窒素が生成する。
- ⑤溶解性BODは酸化分解及び脱窒反応で除去される以外に無酸素消費の吸着反応でも除去される。

3 システム構成

3.1 システムのハードウェア

OSとしてWindows95**がインストールされた32ビットCPUのパーソナルコンピュータ、解像度が1024*768ピクセル以上のディスプレイ及びインクジェット式カラープリンタ。

3.2 開発ツール

一般に市販されているWindowsアプリケーション開発用のC++言語ソフト。

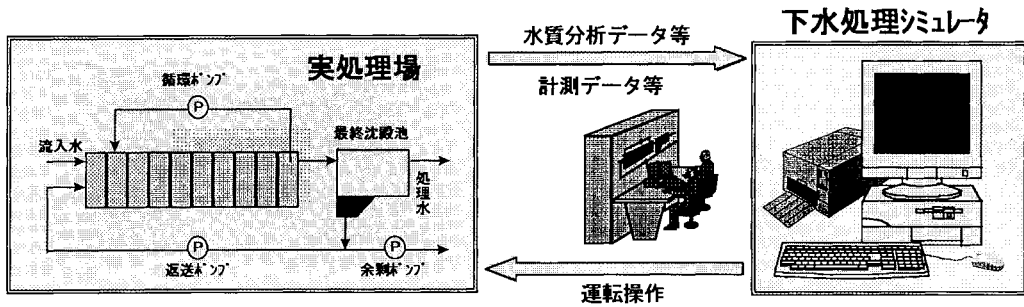


図2 システム構成の概念図

4 システム機能

4.1 特徴

- ・活性汚泥法の各種変法(2段階法を含む)のシミュレーションが可能。
- ・シミュレーション条件の設定が容易。
- ・シミュレーション実行中に条件の途中変更が可能。
- ・最長90日までの長期のシミュレーションが実行可能。

4.2 メインメニュー画面

- ・メニューを設定条件の属性別に体系化し(表1)、明瞭化させた。
- ・シミュレーション条件がメニューバーと処理場イメージメニューの双方から設定ができる(図3)。
- 処理場イメージの各部分をクリックすると条件設定画面が表示される。
- ・実測条件の設定と模擬条件の設定の両方が可能。

4.3 出力画面

- ・シミュレーション結果のトレンド出力表示窓を8箇所(図4)とする。
- ・各出力窓に最高3項目のトレンドを表示させる。
- ・シミュレーション結果は演算進行に従って逐次表示される。
- ・各項目の演算結果は反応槽各槽で表示を切り替えることができる。

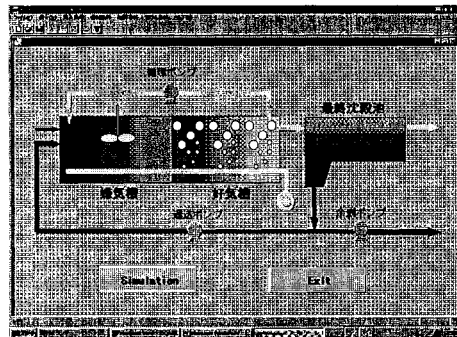


図3 メインメニュー画面

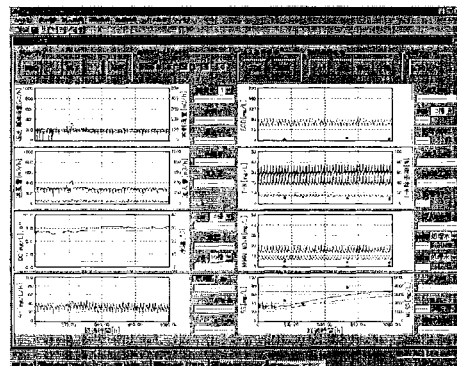


図4 出力画面例

・シミュレーションの開始、一時停止、再開などの操作が自由にできる。

表1 メニューコマンドの体系表

ファイル(F)	表示(V)	流入条件(I)	運転条件(O)	施設条件(P)	システム条件(S)	ヘルプ(H)
設定開く 名前を付けて保存 上書き保存 印刷 スタイル プリンタの設定 システムの終了	ツールバー タスクバー	流入量設定 流入濃度設定	送風(プロフ)設定 送風(ポンプ)設定 簡理(ポンプ)設定 余剰(ポンプ)設定	処理場構造 送風量分配 センサー位置 反応槽水温 終沈流出SS	動力学的パラメータ 計算方法 システム出力確認 初期状態	キーワードで検索 ヘルプの使い方 バージョン情報

5 シミュレーションの実行例

本システムを用いて実処理場のシミュレーションを実行した。処理場の流入条件、運転条件などをそのままシステムにも設定して実測値と計算値を比較した。

5.1 シミュレーション条件の設定

5.1.1 施設条件

表2に条件の一覧を示す。また、反応槽の水温に関しては、開始後初期は26℃であったが最終的には31℃に上昇した。システムへの設定方法は1年の水温データをファイルで読み込んで行った。

5.1.2 流入条件

表3に示す条件をシステムに設定した。流入下水量は流量計の実測データが保存されているので、それをそのままファイルで読み込んだ。各水質項目の流入濃度は実測の分析結果から1日周期のパターン変動で流入する項目と一定の項目に分類して、それぞれ本システムのデータ入力インターフェイスを使って設定した。

表3 流入条件(反応槽への)

	時間変動	値
流入量	有	200~300 m ³ /h
T-N	有	20.6 mg/L
NH ₄ -N	有	15.7 mg/L
BOD	有	66.7 mg/L
SS	無	67.4 mg/L
溶存酸素	無	0.0 mg/L
アルカリ度	無	180 mg/L

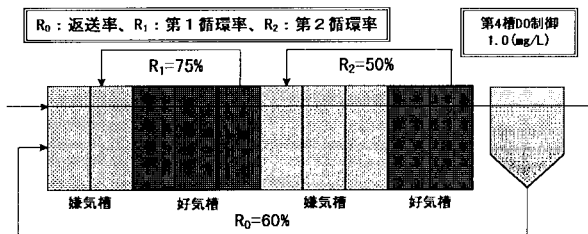


図5 運転条件

5.1.3 運転条件

図5に実際の運転条件を示す。これを本システムに設定した。本例では4槽目でDO制御を行い、設定値は1.0(mg/L)としたがこのDO制御を例として設定の手順を以下に示す(図6参照)。

- ①メニューをプルダウンし、送風設定を選択する。
- ②DO制御のON-OFFの選択をする。
- ③制御ポイントを選択する。
- ④設定値を入力する。
- ⑤[OK]ボタンをクリックして設定を確定させる。

以上のように容易に条件の設定ができる。尚、DO制御をしない場合は、送風量が設定でき、定風量で運転される。

5.1.4 システム条件

システム条件とは本システムの数値計算上必要な条件である。例えば、使用した反応モデルの動力学的パラメータ値、数値解析法(ルンゲ-クッタ法、オイラー法等)の選択、及び計算時間刻み等の設定である。本例では45

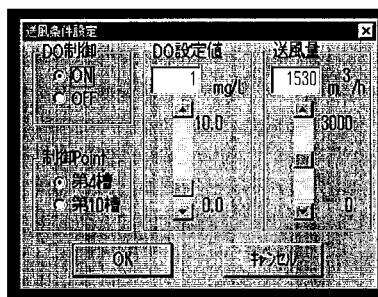


図6 DO制御設定例

日間のシミュレーションを1分刻みでルンゲクッタ法を用いて行った。

5.2 シミュレーション結果

実測の水質値を表4に、シミュレーション結果を図7に示す。

5.2.1 流入量及びポンプ運転量

流入量及び各種ポンプの運転量は実際の条件を示している。

5.2.2 水温、DO、pH

水温は条件設定で入力した一日当たりの平均値がそのまま表示されている。この値は本システム内の計算エンジン部分で各反応速度に影響を与える。DOは4槽目で1.0(mg/L)で制御したためにほぼ一定となった。pHはアルカリ度から換算した結果である。この二者はほぼ実際の計測値に一致した。

5.2.3 窒素関連

流入 T-N は平均 20(mg/L)程度で毎日同じパターンで流入するとした。処理水 T-N はほぼ 6~7(mg/L)程度で、除去率としては 60~80(%)の間を上下した。処理水の組成としてはほぼ全てが NOx-N になっており、硝化は 100(%)完了している。実測の水質結果でも処理水に NH3-N は残存しておらず、収束的にも説明できる。これ以上の T-N 除去率を得るためには、脱窒速度を高める必要があるが C/N 比から考えて困難である。

5.2.4 汚泥量

MLSS が次第に大きくなる様子をシミュレーション結果はよく表しているが、流出 SS もそれに従って増加している。しかし、実測の流出 SS はその傾向を示さない。これは、本システムで最終沈殿池から回収されるスカムを考慮していないため、その分が最終沈殿池から流出する SS に加算された結果である。

6 まとめ

下水処理プロセスの運転支援を目的とした高い操作性を持つシミュレーションシステムを構築することができた。今後は、更に動力学パラメータのチューニングを進める予定である。また、実測値が大きく変動する期間のシミュレーションも実行して出力値がそれに追従するかどうかの検証も実施する。

【参考文献】

1) 市川、久住、小西、豊岡：「循環式硝化脱窒法の動力学モデル検討」、第32回下水道研究発表会講演集、p472~474

**米国 Microsoft Corporation の登録商標

表4 実測水質値

月	日	時	処理水				10槽目 MLSS
			BOD	T-N	NH ₄ -N	NO _x -N	
7	19	10	2.6	5.7	0.1	5.1	2329
7	25	10		6.5			1966
8	9	10	3.2	5.1	0.1	4.4	3799
8	23	10	2.1	4.7	0.5	4.2	3363

単位：(mg/L)

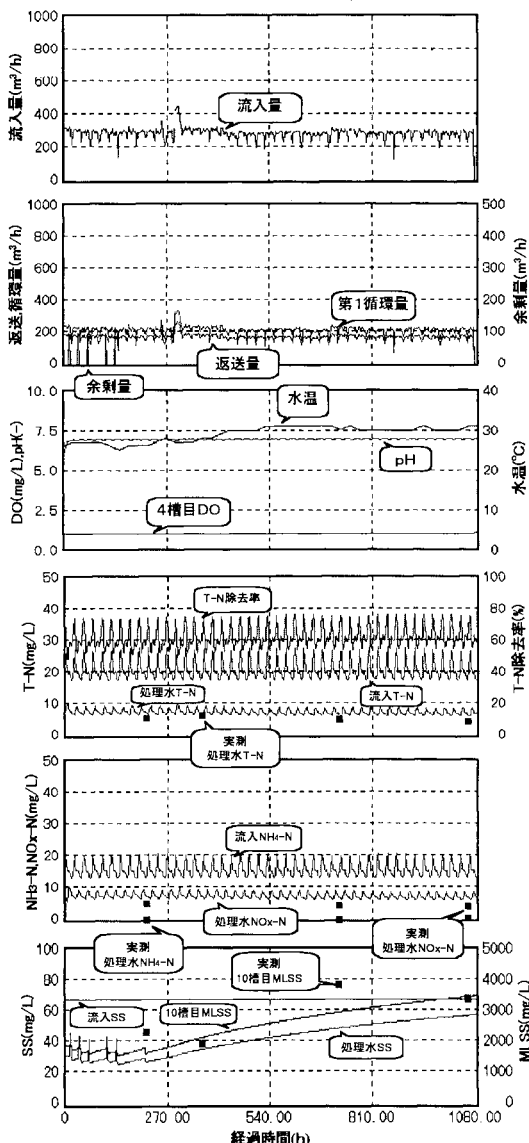


図7 シミュレーション結果