

下水処理場運転管理のシステム化に関する研究

京都大学工学部 平岡 正勝 ○津村 和志
久保田鉄工㈱ 寺尾 康

1. はじめに

下水処理場は多数の単位プロセスの集合体である。これらを全体として系統的に管理することは難しく、これまでではオペレータの経験に頼らざるをえなかった。本研究は、この管理をシステム化し、厳しさの増している水質保全や省資源・省エネルギーに対処できる管理システムを作成しようと試みたものである¹⁾。筆者らは環境システムの管理・制御は階層的に組まれるべきだと考えて研究を進めている。本研究の上位レベルの問題としては、都市における静脈系の設計と調整の問題がある。上位レベルでは、下水処理場管理だけでなく、水資源や河川の管理、上水・下水道の管理、汚泥の処理・処分方法、都市廃棄物の処理・処分方法、大気汚染制御などが相互に関連を持ってくる。このレベルでの問題は、下水処理場管理に対して、制約条件という形で反映される。また本研究の下位レベルには、単位プロセスの制御の問題がある。たとえば、このレベルにおける活性汚泥法の制御方策として、筆者らは、自己回帰モデルによる方法を提案している²⁾。各単位プロセスの制御目標値は、本研究による解析より決定される。

中位レベルにあたる下水処理場管理は、下水処理場全体の最適化を目指すものである。従来は往々にして単位プロセスを個別に見て最適化がなされたが、処理場全体としての最適化でなければ意味がない。ある単位プロセスに問題が起こるたびに、それに対して対応策を個々にたてても、結局全体としてどこかに歪を継寄せしている場合もあろう。処理場を全体として管理すべきことの必要性をしめすものに、返流水の問題がある。図1は、下水処理場におけるSS収支の例を示している。この収支図から水処理系と汚泥処理系を独立して取り扱うべきでないことは明らかである。本研究においては、下水処理場管理をシステム化するには、どのような道具立が必要になるのかについて考察した。

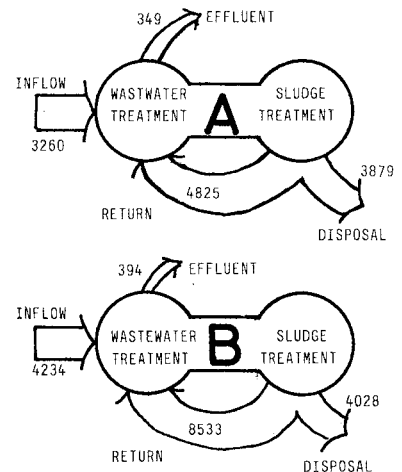


Fig. 1. SS valance in A & B wastewater treatment plant

本研究によって得られた結論は次のようにまとめることができる。
「下水処理場をシステム化するためには、3本の柱が必要である。第1の柱は、下水処理システム運転管理用モデルの作成、第2の柱は、モデルに含まれるパラメータの実測・推定技法の確立、第3の柱は、各下水処理場固有のいくつかの運転モードの確立である。」
以下3本の柱の各々について説明を行う。

2. 下水処理システム運転管理用モデルの作成

従来の下水処理場全体をモデル化しようとした研究の多くは、最適構成や最適設計を考えたもので、運転管理を目指したものではない。筆者らは、運転管理に役立つモデルは次の要件をそなえるべきであると考えた。

(1) 場内返流水の影響を考慮に入れなければならない。すなわち、水処理系と汚泥処理系は一体化して取り扱われなければならない。

(2) 単位プロセスモデルは、運転上の限界の詳細な把握と単位プロセスとの相互関係を反映しやすくするため、できるかぎり詳しい理論モデルが適している。

(3) ただし、単位プロセスモデルは、計算時間の関係から定常モデルを用いるべきである。時間的変動を考慮すべき場合は、個々の処理場の状況に対応する安全率の設定や、制約条件の修正で対処すべきである。

(4) 一方、ストリームパラメータは観測の常時実現性を考慮して、出来る限り簡単にする。

(5) 単位プロセスモデルの計算機プログラムは、将来の修正と、下水処理場ごとのシステムフローの差に対処できるよう、単位プロセスごとにサブルーチン化し、ライブラリー化しておく必要がある。

(6) モデル中のパラメータは、その不確実性の考慮ができるように、計算機プログラム上、独立した取扱が可能ないようにしておく必要がある。

以上の方針に添って作成されたモデルの概要を述べる。詳細は参考文献を参照されたい。まず対象としたシステムフローを図2に示す。これは、昭和55年度版下水道統計より、最も広く採用されているフローを選択した。

図3に計算機プログラムの全体構成をまとめる。各単位プロセスのプログラムは、ライブラリー化されており、メインプログラムで、これを呼び出す。前段プロセスからの情報は、ストリーム関係のファイルから、設計条件はCOMMON文より、パラメータや設定された運転条件はデータファイルより読み込まれる。これら情報をもとに実行された計算結果は、ストリーム関係のファイルに書き込まれる。以上の計算が、下水処理場のフローに従って順次実行されが、返流水の影響を考慮しているため、これら計算を収束させる必要がある。計算を実施した結果、逐次代入法で十分速く収束することがわかったので、これを採用した。

本研究で対象としたシステムフローのストリームパラメータを図4に示す。流入下水については量と、SS濃度のみを与える情報とし、この2つの量さえ与えられれば処理場全体の収支計算が実行できるようにした。モデルの計算が必要となる情報がストリームパラメータにないときは、これらを加工することにした。たとえば、初沈では、沈降性物質 (Settable Solid) を利用して物質収支計算を行うが、SSから沈降性物質の計算には、図5のように、SSから非沈降性物質の量を推定し、SSからこの量を引くことによって求めた。なお濃縮槽では初沈汚泥と余剰汚泥の混合による濃縮特性の変化を表すため、濃縮槽入口ではBIOMASS量の計算が出来るようにした。

次に本研究で使用した単位プロセスモデルを表1にまとめる。モデルの詳細については、本稿では省略する。

以上述べてきたモデルは、仮想の下水処理場に関する

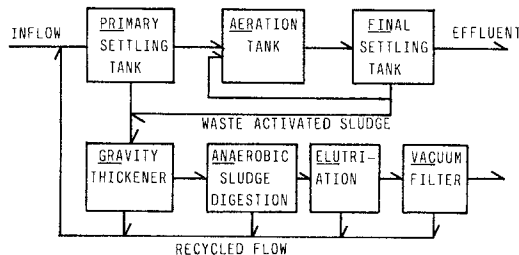


Fig. 2. System flow

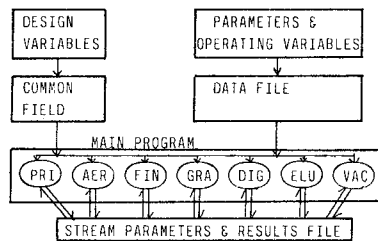


Fig. 3. Computer program structure

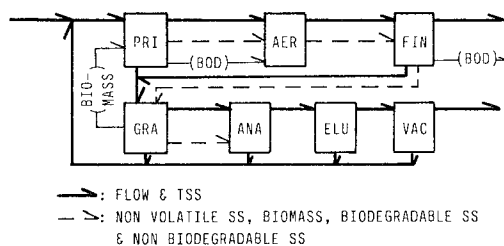


Fig. 4. Stream parameters

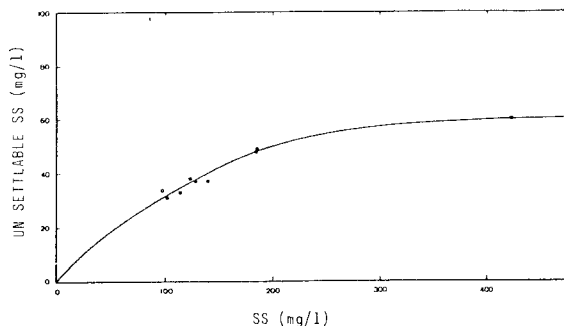


Fig. 5. Relationship between SS and un settleable solids

見ると、嫌気性消化槽のSRTが13.8日となり、運転条件の限界15日を越えている。(実際、本研究における設計条件をえたA下水処理場では濃縮槽から脱水槽へ、一部の汚泥をバイパスさせている。)そこで、この事態に対処するために、嫌気性消化槽のSRTを15日に維持出来るように図8のような運転モードを考える。汚泥流量の矢印が逆転し、これを濃縮槽で吸収することにする。このときの物質収支を図9に示す。濃縮槽への汚泥の流入が限界フラックスを越え、濃縮槽上澄液中のSS濃度が発散したため、この結果は逐次反復の回数を10回で打ち切ったものである。そこで次に、濃縮槽でこれを吸収するのではなく、濃縮槽で処理しうる汚泥量になるように、余剰汚泥の引き抜き量を減らす図10の運転モードではどうなるか、というように運転方法の検討を行ってゆく。このように運転モードは、インフォメーションフローの考え方を利用することによって具体的に示され、これと運転管理用モデルとを併用することによって、効率よく運転管理の行えるものとする。

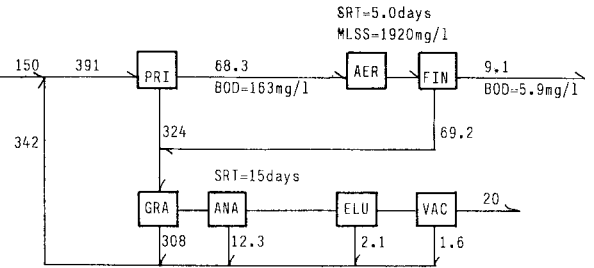


Fig. 9. SS valance (mode 2) (t/d)

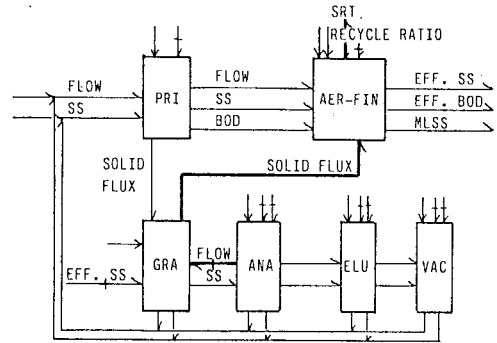


Fig. 10. Operation mode 3

5. 結論

本研究では、下水処理場の運転管理のシステム化に向けて、どのような方法をとればよいのかを考察した。その結果、

「下水処理場をシステム化するためには、3本の柱が必要である。」という結論を得た。第1の柱は、下水処理システム運転管理用モデルの作成である。このためのモデル化の要点は、(1)場内返流水の影響を考慮に入れて、水処理系と汚泥処理系は一体化して取り扱うこと、(2)単位プロセスのモデルは、できるかぎり詳しい理論モデルを用いること、(3)また単位プロセスモデルは定常モデルを用いること、(4)ストリームパラメータは、出来る限り簡単にする、(5)計算機プログラムは、単位プロセスモデルをモジュール化し、モデル中のパラメータは、変更が容易になるように工夫することである。以上の要点に注意しながらそれぞれの下水処理場に固有なモデルを作成する。第2の柱は、運転管理用モデルの実用化に必要な、モデルに含まれるパラメータの実測・推定技法の確立である。第3の柱は、各下水処理場のボトルネックの解析から得られる、適当ないくつかの運転モードの確立である。これはインフォメーションフローを利用してうまく表現できる。

参考文献

- 1) 寺尾 康 「下水処理場管理のシステム化に関する研究」、京都大学修士論文 (1984)
- 2) 平岡正勝、津村和志、藤田逸朗、金谷利憲 「合流式下水処理場における活性汚泥プロセス動特性の統計的解析」、水システム自動制御ワークショップ (1984)
- 3) 平岡正勝、津村和志、太田稔 「活性汚泥法の汚泥量制御」、水システム自動制御ワークショップ (1984)