

II-121 流入変動を考慮した下水処理プロセスの設計

京都大学工学部 正会員 津村 和志

京都大学工学部 正会員 平岡 正勝

野村総合研究所

松野 豊

はじめに 現在の処理システムは、活性汚泥法を中心として、個々の単位プロセスについての研究は歴史も古いが、システム設計としてのオーバーオールな設計思想は確立していない。現在の設計思想の第一の問題点は、入カ側の流入条件を一定と考えた定常設計になっていることである。すなわち下水処理という性格上、すべての入カをシステムは受け入れなければならないにもかかわらず、定常設計のため外乱としての流入変動や環境因子の変化に充分対応ができていないことである。

このような下水処理の不安定性要因に対処する方策としては次の三つが考えられる。一つはシステムに設計余裕をもたせることである。現在は流入量増加への対策と合わせて、おおむねこの方策がとられている。第二の方法は処理状態を逐一とらえて制御をおこなう、自動制御の導入である。最後の方法は、流量や負荷の変動を吸収する調整槽を置き、後続プロセスを当初見込まれた定常状態に近づける方法である。本研究は、動力学モデルを用いた数値実験により、これらの効果を主として設計面からとらえて、種々の解析を行なっていくものである。

計算の前提 (1)プロセスモデル 処理系に流入する排水の成分は次の4つに分けた。全浮遊固形物濃度(TSS)、揮発性浮遊固形物濃度(VSS)、浮遊性BOD(s-BOD)、溶解性BOD(d-BOD)。これらの成分は各単位プロセスごとに物質収支がとられた。物質収支は各単位プロセスごとに動力学モデルで、主に微分方程式の形で表現された。シミュレーションにはADSL(連続系シミュレーション言語)を用いた。

各単位プロセスのモデルを簡単に説明する。最初次殿池を動力学的に表現しているモデルは数少ない。本研究ではBryant⁽¹⁾のモデルを用いた。これは次殿池を三つの機能部分(固液分離、汚泥引抜、混合)に分けてモデル化したものである。曝気槽についても本研究ではBryantが用いているモデルを使った。彼のモデルは、溶解性BODはMonod型の反応式で除去され、浮遊性BODはその濃度に比例して溶解性BODに分解されるとするものである。最終次殿池は、固液分離をおこなう清澄化機能と、汚泥返送のための濃縮機能を持つ。清澄化機能としてのSSの除去は、流出SSが終末流入SSのフラックスに比例するというPfaff⁽²⁾の式に従うとした。浮遊性BODはSSと同じ挙動をせしめとした。流出水の全BODは、溶解性BOD、浮遊性BOD、SSの効果の和とした。SSのBOD換算は、係数0.6をもちいた。濃縮機能は汚泥の沈降フラックス理論を使うTracy⁽³⁾の動力学モデルを用いた。調整槽は完全混合を仮定し、槽内の反応はないものとした。

表1. 制約条件のまとめ

条 件	設 定 範 囲
BOD-SS負荷 [$\text{kg/kg} \cdot \text{日}$]	0.15 ~ 0.45
BOD-容積負荷 [$\text{kg/m}^3 \cdot \text{日}$]	0.3 ~ 0.8
曝気槽滞留時間 [hr]	~ 12.
返送汚泥濃度 [mg/g]	5,000 ~ 15,000
最終次殿池界面 [m]	~ 3.
最終次殿池流出SS [mg/l]	~ 70.
最終次殿池流出BOD [mg/g]	~ 20.

(2)制約条件 制約条件としては、活性汚泥で正常な処理がおこなえる範囲、モデルで現象をシミュレートできる範囲、処理水質条件として許容できる範囲とし、施設設計指針の標準活性汚泥法の実作条件を参考に表1のように定めた。

(3)コスト関数 本研究ではコストを指標としてもちいるが、そのコスト関数は文献4中の値を用いた。ただし調整槽のコストは現在十分なデータが存在しないので、土木基礎コストは最初次殿池に、機械コストはエアレーションタンクに同じとした。

プロセス設計 ある流入条件に対して、制限条件を満たす設計変数の範囲をフィジカルゾーン（実行可能域）とよぶ。フィジカルゾーンは各制限条件ごとに存在する。そしてこの各制限条件ごとにこの空間を重ね合わせると処理系全体のフィジカルゾーンが求まる。工学的立場では、ある評価基準にもとづく最適点よりもゾーンを知ることのほうが重要となることが多い。ここではフィジカルゾーンの考え方を中心に設計を考えた。流入条件を図1に示す。

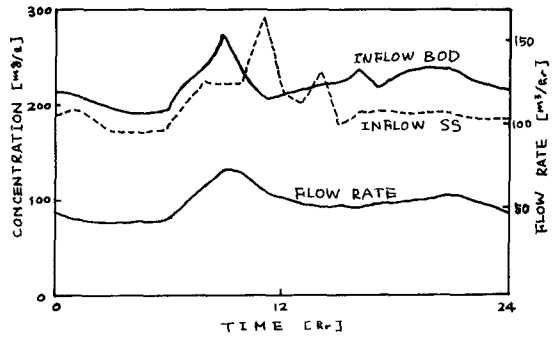


図1. 流入水質、水量の日内変動

本解析における自由度は6である。まず返送量、余剰汚泥引抜量は、それぞれ1%, 1%で、定量化制御とよこす。本研究では他に比例制御、終状態値一定制御でのフィジカルゾーンの違いを調べたが、差がなかつたので最も簡単な定量化制御を採用した。

図2は図示するために初次の水表面積を固定した場合の結果を示す。図中実線内が、調整槽のない場合のフィジカルゾーンである。図中*は定常標準設計を示している。コストを評価基準にすると、最適点は①点になる。流量均等化のために必要な最小容量の調整槽を入れた場合のフィジカルゾーンは、拡大した図中破線で囲まれた部分になる。

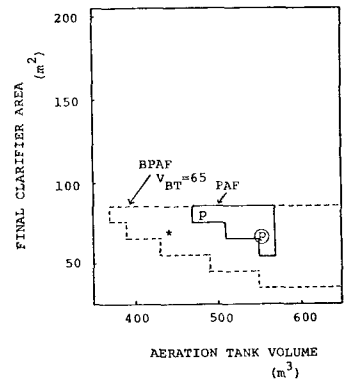


図2. 曝気槽・初次のフィジカルゾーン

図2の結果は図1の流入パターンに対する結果であるが、変動比の異なる流入パターンについて、設計がどうあるべきかを調べたのが図3である。（総負荷は一定）横軸は流量の変動比、縦軸は濃度の変動比である。左下端は流量濃度ともに変動のない場合を示す。ゾーンIは定常標準設計により対応できるゾーン。ゾーンIIは返送率一定制御をおこなった場合で、ゾーンIに一致した。ゾーンIIIは処理系に設計余裕を持たせて対応できる範囲、ゾーンIVは流量均等化に必要な最小容量を持つ調整槽を導入して対応できるゾーン。図中斜線の部分は必要最小容量以上の調整槽を必要とする部分である。ゾーンIVは設計余裕を持たせて対応できる部分であるが、コストの観点からみると、調整槽を導入のほうが有利となる。これを図4に示す。ゾーンBは流量均等化最小容量の調整槽導入が最適な部分、ゾーンCはこれより大きめの調整槽を導入したほうが有利な部分である。ゾーンAは調整槽を導入せざるえない部分である。なお本研究の詳細は文献5による。

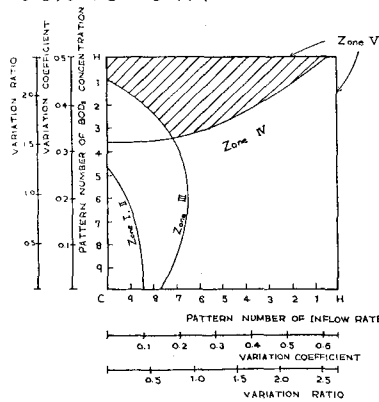


図3. 流入変動に対するフィジカルゾーン

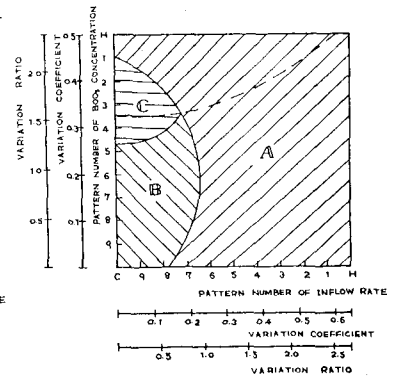


図4. 調整槽導入の有利性の図

ゾーン、図中斜線の部分は必要最小容量以上の調整槽を必要とする部分である。ゾーンIVは設計余裕を持たせて対応できる部分であるが、コストの観点からみると、調整槽を導入のほうが有利となる。これを図4に示す。ゾーンBは流量均等化最小容量の調整槽導入が最適な部分、ゾーンCはこれより大きめの調整槽を導入したほうが有利な部分である。ゾーンAは調整槽を導入せざるえない部分である。なお本研究の詳細は文献5による。

参考文献 (1) Bryant Jr, J.O. 博士論文(1972) (2) Pflantz, P., in Fourth International Conference on Water Pollution Research (1968) (3) Tracy, K.D. 博士論文(1973) (4) 下水処理場設計の省人化(日本下水道事業団試験報告書(1976)) (5) 松野修論(1981)