

(京大) 正 平岡 正勝 (京大) 正 津村 和志 (タフマ) 高市 克己

1. 目的

活性汚泥法による下水処理は今日広く普及しているが、プラントの操作という観点からみた場合プロセスの機構の把握は必ずしも十分とはいえない。この原因は主に、プロセスが単に物理化学的特性のみによって構成されているわけではなく、生物的特性が大きな比重をしめるため、動特性の中に不確定な要素がはいってくるからであろう。そこで本研究では、活性汚泥プロセスを統計的ダイナミックシステムと考えて実プラントの測定データの解析を進め、モデル化をこなし、適切な操作について考えた。

図1は活性汚泥プロセスの同時記録の一例である。統計的ダイナミックシステムとは、図のように、各変数は不規則な変動をしめしてはいるが何かある法則に支配されているような、また時間的な相互関係が重要なシステムである。

2. データ収集

一般に統計的ダイナミックシステムを解析しようとする時、変動の原因としてシステムに作用する雑音源と、この作用を受けて現在われわれが当面する変動に変換するシステム構造とを分けて考える。このように分けると操作を考えた場合も、雑音源そのものを処理する方法とシステムの構造を改変する方法がある。平岡研究室ではここ数年来、流入流量の変動が活性汚泥プロセスに対する最大の雑音源だと考え、これをあつえるための調整槽による均等化の問題と取り組んできた。(Ref.1)そして本研究の解析対象となった平城処理場(奈良)では、インライン方式で調整槽が取り付けられ、流量の均等化がなされている。

そこで主雑音源の除去は一応終ったとし、次のシステム構造を調べるための実験を、昭和52年10月25日から約1週間、162時間おこなった。測定間隔は1時間、測定項目はばき槽流入水のTOD, SS, 流量、ばき槽内のMLSS, 水温, pH, DO, SV₃₀, SVI, 送気量、ばき槽流出水のTOD, SS, 返送汚泥流量、濃度、余剰汚泥引き抜き量、汚泥界面高の16変数であった。その他参考のためにBOD, TOC, 顕微鏡写真を適宜測定した。またMLSSとSV₃₀は的分析とSVIモニター(御本)による自動分析の両方をおこなった。後者のMLSS測定は透過光・散乱光比方式である。

3. 解析方法

活性汚泥プロセスを統計的ダイナミックシステムとしてとらえることはすでに述べた。統計的データを解析するにはスペクトル密度を利用する周波数領域からの接近法と、自己回帰モデルを利用する時間領域からの接近法があるが、周波数領域からの接近法では、フィードバックシステムを解析することはできない。(Ref.2) 活性汚泥システムは、基質と活性汚泥間のフィードバック、返送によるフィードバックなど明らかにフィードバックシステムだと考えられる。そこで自己回帰モデルをもちいた解析法をとる。自己回帰モデルとは、

$$X(s) = \sum_{m=1}^M A(m) X(s-m) + U(s)$$

という形のモデルである。ここにA(m)は係数行列、X(s)は変数のベクトル表現、U(s)はホワイトノイズ項である。モデルの最適な次数Mは、final prediction errorの推定値が最小になるMを採用する。

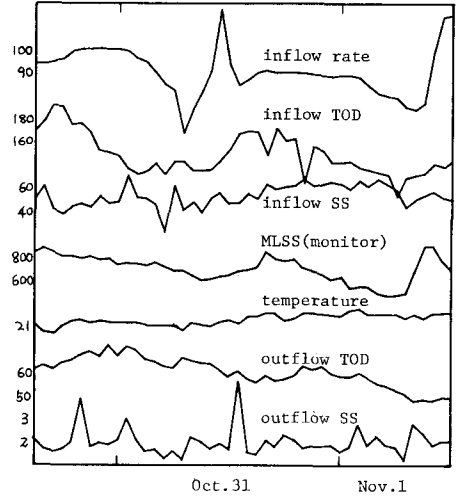


図1. 活性汚泥プロセスの同時記録の例

4. 解析結果

制御の対象となるば、き槽流水中のTODとSSのパワースペクトルを図2に示す。パワースペクトルとは、特定の周波数成分がどのぐらいの強さを持っているかをしめしたもので、図からわかるようにTODを制御するためには、6時間に1回程度までの周波数帯に注意をむければよいことがわかる。またSSにはエリヤリングの影響が予想されるので、もっと時間間隔の狭い測定をこなす必要があろう。(注、SSは通常濃度が2(mg/l)前後であるが、ときたま20程度になることがあった。これは浮上汚泥が処理水中に流れてたためでその理由は活性汚泥が終端で沈んだあと脱窒が進行しN₂の気泡が汚泥中に蓄積されるためと考えられる。それゆえ現在の解析では、この異常に高い値を雑音として除去した。図は、補正されたSSのパワースペクトルである。)

実験で測定された16変数の中から活性汚泥プロセスの機能や特性から当然必要とされる変数を含めて、いろいろの組合せで自己回帰モデルのあてはめをおこなった。その結果もっとも精度のよかった組合せは、ば、き槽流入水中のTOD、SS、ば、き槽流水中のTOD、SS、MLSS、水温、pH、DO、返送汚泥濃度であった。このモデルによる流出水TODの同定結果を図3に、モデルから計算された各変数の処理水質に対する寄与率を、周波数ごとにあらわしたものを図4,5に示す。寄与率とは、たとえばTODの周波数帯におけるパワーのうち、各変数の固有の変動によって生起されている割合を示す。なお本研究では、倉田・松下両氏の協力を得た。

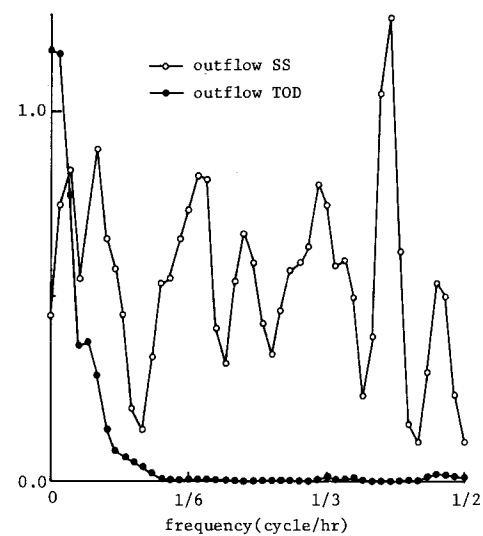


図2. 処理水質のパワースペクトル

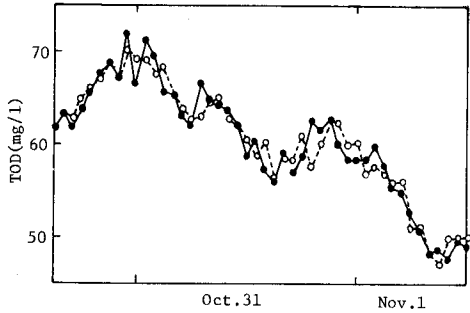


図3. 処理水中TODの実測値と計算値の対応

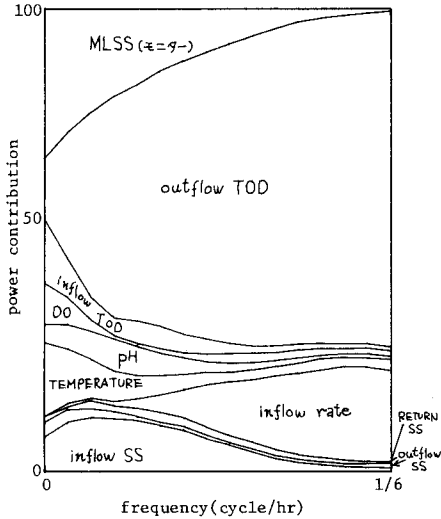


図4. 処理水中TODに対するパワー寄与率

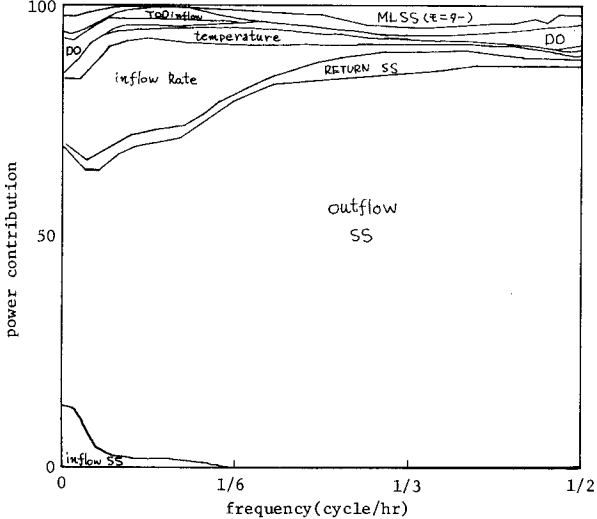


図5. 処理水中SSに対するパワー寄与率

参考文献 (1) 平岡ら：調整槽による均等化の研究，投稿中 (2) 赤池ら：ダイナミックシステムの統計的解析と制御，サイエンス社