

京大 工 正員 内藤 正明
 京大 工 学生員 ○ 早川 哲夫
 京大 工 正員 平岡 正勝

1. はじめに

水処理施設の性能向上が切望されるにつれて、プラントそのものの開発とともに、廃水処理プラントの制御が、次第に現実のものとして考察の対象となるに至った。すでに、我が国においても、廃水処理プラントに計算機が導入され、オンライン制御の体制がととのいつある。しかし、現在までのところ、その基礎となるべき理論的裏付けが確立されてはいない。従って、水処理プラントの制御の基本的考え方から、その動特性の把握、最適制御に至るまでの一連の研究が必要になってくる。ところで、処理プラントの制御に関する研究は、現在、殆んど見られないといっていい状態である。

2. 問題設定

従って、ここでは、まず第一歩として、動特性の把握から始めることにする。そのために、現実のプラントから、非定常データを収集し、これから非定常モデルの同定を行なう。

次に、このモデルに基づいて、処理プラントのリアル・タイム制御方針を検討する。

《対象プロセス》

対象とするプロセス及び一般的な形での定式化は、図-1 のとおりとする。即ち、典型的な活性汚泥プロセスに、貯留槽を加えたものを考える。

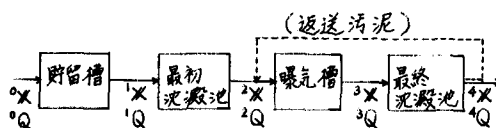


図-1 対象とする廃水処理プロセス

《プロセス方程式》

各単位操作に対し、集中定数系モデルとして、槽列モデルを採用する。

$$\text{水質に対して;} \quad \frac{1}{N} \frac{dV}{dt} X_i = iX_{i-1} \cdot iQ - iX_i \cdot iQ - iK \cdot \left(\frac{dV}{dN} \right) \cdot iX_i \quad (1)$$

$$\text{水量に対して;} \quad \frac{dV}{dt} = iQ - iQ \quad (2)$$

但し $j = 1, 2, \dots, 4$ 単位操作番号 ; $i = 1, 2, \dots, dN$ for j th plant
 $N, W, {}^1N, {}^2N$ 槽列モデルの槽数, iX ; 水質, iK ; 除去速度係数(マトリクス)
 iQ ; 流量, V ; 槽の容量

《評価関数》

$$\text{設計問題としては} \quad J_A = W_{11} \cdot {}^1V^a + W_{22} \cdot {}^2V^b + W_{33} \cdot {}^3V^c + W_{44} \cdot {}^4V^d \quad (3)$$

(各プロセスの建設費, 維持費)

$$\text{制御問題としては} \quad J_B = \int_0^T \sum_{j=1, 2, \text{ or } 4} (iX - iX^*) W (iX - iX^*) dt \quad (4)$$

但し W_{kk} ; Cost 係数, W ; 水質評価の荷重係数, iX^* ; 基準水質

ここでは、(3)式のコスト、(4)式の水質変動をそれぞれ最小にすることを目的とする。

《設計・制御変数》

$^1V, ^2V, ^3V, ^4V, \quad ^2N, ^3N, ^4N \quad \dots\dots$ 設計変数

$^1Q, \quad \dots\dots$ 制御変数

以上の一般的な基礎式に基づいて、以下では具体的な適用例について述べる。

3. 適用例

まず、プロセス方程式のモデルパラメーターを推定するために、実際の鳥羽下水処理場での 24 hrs. 連続実測による水質データを採取する。これに基づくモデル・パラメーターは表-1 のとおりである。現在までには、未だパラメーターを最終的に決定する段階に至っていないが、表-1 中の*印のものを選び、以下の検討に用いる。

曝気槽	モデルの階数(N)	反応係数(K)	パラメーター推定評価
曝気槽	Run1	17	0.264
	Run2	6*	0.286*
	回分	—	0.318
終沈	Run1	8*	0.000*
	Run2	1	0.000

表-1 (但し $\bar{X}(t)$; 実測データ)

次に同定されたモデルの特性を知るため、バッキ槽の水質変動応答をモデルによりシミュレートしてみる。この場合、周波数応答手法を用いるために、モデルを線形化すると次のようになる。

$$\begin{cases} \frac{V}{N} \frac{d\Delta X_i}{dt} = \Delta Q_{i-1} \cdot \bar{X}_{i-1} - \Delta Q_i \cdot \bar{X}_i + \bar{Q}_{i-1} \cdot \Delta X_{i-1} - \bar{Q}_i \cdot \Delta X_i - K(V_i/N) \cdot \Delta X_i \\ \Delta Q_{i-1} = \Delta Q_i \end{cases} \quad (5)$$

但し $\Delta X_i = X_i - \bar{X}_i$, $\Delta Q_i = Q_i - \bar{Q}_i$ (時間平均値まわりの変動)

これから、出口水質変動は、伝達関数形で次のようになる。

$$\Delta X(S) = G_{11}(S) \cdot \Delta X(S) + G_{12}(S) \cdot \Delta Q(S) \quad (6)$$

$$G_{11}(S) = \left\{ \bar{Q} / \{S(^3V/^3N) + \bar{Q} + K(^3V/^3N)\} \right\} ^3N \quad (7)$$

$$G_{12}(S) = \sum_{i=1}^N [(\bar{X}_i - \bar{X}_{i+1}) / \{S(^3V/^3N) + \bar{Q}_i + K(^3V/^3N)\}] \cdot G_{11}(S)_{^3N=i-1} \quad (8)$$

(6)~(8)式にもとづき、バッキ槽出口水質変動を計算したものを実測結果と比較した一例を、図-2 に示す。

これは、予期以上によく一致している。次に、処理プラント制御の一例として、以下の考察をする。即ち、現実のプラントは、貯留槽を欠いているので、初沈にこの機能をもたすことにし 2Q を制御することにより、 $^4X(t)$ の時間変動を最小にすることを検討する。まず 2Q を次の周期関数で変化させるとした。

$$^2Q(t) = Q' \sin(\varphi t - \epsilon) + \bar{Q} \quad (9)$$

但し Q' : 平均値からの最大振幅

$\bar{Q}$: 2Q の算術平均

(9)式で与えられた 2Q について、 $^4X(t)$ の

時間変動を最小とするような Q', φ, ϵ を求めると、 $Q' = 2000$, $\varphi = \pi/12$, $\epsilon = 2.0$ の値が得られた。なお、本研究は、この種の検討の第一歩であり、データ数も少なく、今後の発展が必要である。また研究を進めるに当り、木村哲雄氏の多大なる協力のあった事を記し、ここに謝意を表します。

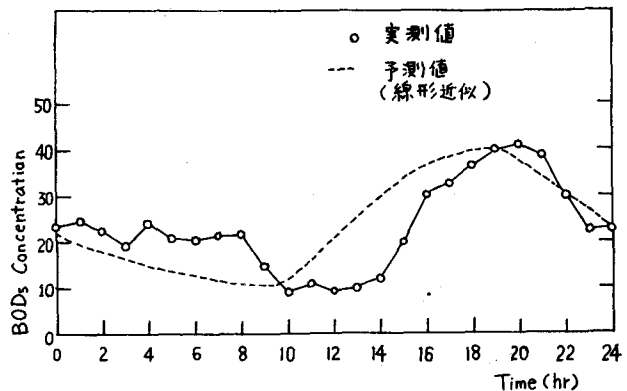


図-2 実測値と予測値の比較