

白水コン 正員 白 堀 良 一  
正員 諸 頭 達 夫  
正員 加 藤 善 盛

### 1. まえがき

下水道の建設は急テンポで進められつつあり、多くの処理場が運転を開始している。しかし、いざ運転開始にこぎつけても設計時に予想した処理状態に達し得ない場合も多々ある。これらの原因としては種種考へる事が出来るが処理水質の向上、処理施設の増設にあたっては現況の処理水質の悪化が何に起因しているのかを明らかにしてから対策を立てねばその効果は上らない。本報では下水処理場水処理施設に於ける水質低減を線型と仮定して、放流水BOD濃度を流入条件、流出条件(過去の放流水質)、設計条件(曝気時間、水面積負荷など流入条件に依じて来た値をとり増減を考へる以外変化させる事が出来ないもの)、操作条件の複雑なからみ合いの結果として記述を行なう。ある程度長い時間遅れでそれらの条件が放流水BOD濃度に影響を及ぼしているのなら、その時間遅れの後に放流水BOD濃度がとる値は予測できるはずであり、操作条件によって流入条件、流出条件、設計条件の悪化をカバーできるなら、ある程度の制御も可能であろう。

### 2. モデル式の作成及び変数の選択

以上の考へに基づき、次のようなモデル式により重回帰分析を行った。

$$\text{放流水BOD濃度}(t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{放流水BOD濃度}(t-1) + \sum \beta_{2i} \cdot \text{流入条件}(t-T_{2i}) + \sum \beta_{3j} \cdot \text{設計条件}(t-T_{3j}) + \sum \beta_{4k} \cdot \text{操作条件}(t-T_{4k}) + \varepsilon \quad \text{---(1)}$$

ここで  $\beta_0$ : 定数  $\varepsilon$ : 誤差  
 $\beta_1, \beta_{2i}, \beta_{3j}, \beta_{4k}$ : 偏回帰係数  $T_{2i}, T_{3j}, T_{4k}$ : 時間遅れ

月オーダーでの水質安定化を目標とし、又、水処理施設全体を1つのプロセスと見なして回帰式を導いた。説明変数のうち流入条件、放流条件としては水質の絶対値でなく、負荷量、比率などを採用した。これは水量をも含んで考へられる事、又、説明変数の数を減少させる事が出来るためなどの理由からである。

表-1に採用した説明変数をその変動係数と共に示した。流入水のBOD/COD比は工場排水の影響を考へた為であり、水温は生物処理への影響及び季節変動を見ようとしたためである。放流条件として1ヶ月前の放流水BOD濃度を採用したのは過去の履歴の影響を考へた為であり放流水BOD/SS比を採用したのは、溶解性、非溶解性どちらのBODが除去された場合、放流水BOD濃度が低下するのを見ようとしたためである。操作条件として最初沈殿池汚泥引抜き率を採用したのは、対象とした処理場に於て、汚泥の引抜きが不足しているとの定性的な指摘があったからである。空気倍率でなく流入BOD当り空気量を採用したのは放流水BOD濃度の変動パターンに流入BOD当り空気量の方がよく似ていたためである。MLSS濃度は活性汚泥法に於ては重要な因子とされているが、対象とした処理場に於てもこれが高く、日頃から問題とされていた。

フィードバックが無く、物理現象のみの流れの場合、流入水質は移送、拡散、分散等の現象により滞流時間オーダーでの時間遅れをもち

表-1. 説明変数-補表

| 項目         | 単位      | 変数   | 条件   | 変動係数 |
|------------|---------|------|------|------|
| 放流水BOD濃度   | mg/l    | 目的変数 |      | 0.78 |
| 放流水BOD濃度   | mg/l    | 説明変数 | 放流条件 | 0.78 |
| 放流水BOD/SS比 |         | "    | "    | 0.74 |
| 流入BOD量     | kg/d    | "    | 流入条件 | 0.46 |
| 流入水BOD/SS比 |         | "    | "    | 0.31 |
| 水温         | °C      | "    | "    | 0.21 |
| 初度水面積負荷    | m³/m²/d | "    | 設計条件 | 0.34 |
| 曝気時間       | hr      | "    | "    | 0.22 |
| 終端水面積負荷    | m³/m²/d | "    | "    | 0.26 |
| 固形物負荷      | kg/m²/d | "    | "    | 0.49 |
| 初度汚泥引抜き率   | %       | "    | 操作条件 | 0.53 |
| 流入BOD当り空気量 | m³/kg   | "    | "    | 0.87 |
| 返送率        | %       | "    | "    | 0.37 |
| BOD-SS負荷   | kg/kg-d | "    | "    | 0.81 |
| MLSS濃度     | mg/l    | "    | "    | 0.45 |
| SVI        | cc      | "    | 評価因子 | 0.49 |

て流出側に伝播される。しかし、現実の処理場は返送汚泥、余剰汚泥の投入などフィードバックがあり、時間遅れが伴う生物反応が主要な部分を占め、沈殿池に於ても沈殿、再浮上、まき上げ、偏流など複雑な現象が起きている。従って説明変数、目的変数間の影響遅れ時間を算出してそれぞれのデータを対応させなければならない。放流水BOD濃度と他の説明変数との影響遅れ時間を決定するのに使用した相互相関関数 $R_{xy}(t)$ の一例を図-1に示した。

### 3. 計算結果と解釈

土検定により有意性を認められた4つの説明変数のみを採用した場合の構築式は次の様になった。

$$\begin{aligned} \text{放流水BOD濃度}(t) = & -48.635 + 0.006 \times \text{流入BOD量}(t) \\ & + 0.003 \times \text{MLSS濃度}(t-5) \\ & + 1.001 \times \text{終沈水面積負荷}(t-5) \\ & + 13.616 \times \text{放流水BOD/SS比}(t-4) \quad \cdots (2) \end{aligned}$$

説明変数として採用された項目を見ると次のような事がわかる。

- (1) 流入BOD量。すなわち処理場内部のみの問題ではなく、流入負荷量の増加、変動が放流水質に影響を及ぼしている。従って今後、周辺状況をも考慮した流入負荷量の予測とそれに見合った増設計画が必要である。
- (2) MLSS濃度を低くかつ安定した状態に保つ事は固有技術的にも重要とされているが、やはり今回の解析でも同じ結果が得られており、放流水BOD濃度を低く安定させるにはMLSS濃度の管理、制御が重要である。
- (3) 最終沈殿池水面積負荷が放流水BOD濃度に影響するとは、水量変動及び終沈の汚泥の状況によりキャリオーバーが起っている事を示している。水面積負荷は曝気時間で置換して考える事が可能であり、曝気時間の短縮によるSVIの上昇、それに伴うキャリオーバーの発生と、曝気槽容量をも含めて施設容量が不足している事が推察される。

- (4) 放流水BOD/SS比が大きくなるほど、放流水BOD濃度が高くなるとは先述したように溶解性BODが占めていない事を示すものである。しかし、(3)をもあわせ考えると放流水BOD濃度の上昇は溶解性、非溶解性を問わず、BOD全体の除去がうまく行われていないために起っているのだと言える。

放流水BOD濃度の計算値と実測値を図-2に、又、終沈水面積負荷の確率密度分布を図-3に示した。

### 4. あとがき

月オーダーでの影響時間遅れを考慮した重回帰分析を行い、将来の放流水質の予測、制御を目指しているのだが、説明変数の数によりデータの入手は可能なものであり、必ずしも説明変数を減らす必要はない。今後の課題として本報では月オグダの時系列データから出発しているが更に日、時間オグダについての構造式を検討し時間遅れの物理的影響を吟味し又増設を伴った放流水質を予測、制御して行く必要がある。施設の増設時期についても従来は、予測値を点推定値として求め、それに対して施設の拡充を行ってきた。しかし、本来、水質値、負荷量などは確率変数なのであり、それらの変動に応じて放流水質も変動しているのだから確率密度を用いて増設時期を求めるのも一つの方法であろう。最後に本報をまとめるにあたりデータの使用を許して下さい。下水処理場各位及び有効なる助言を下された当該データ解析士の諸氏に謝意を表す。

〈参考文献〉 奥野忠一他：多変量解析法、NSC研究年報Vol.4, No.1

