

日水コン 正員 加藤善盛  
同上 " 向井松正  
同上 " 白湯良一

### 1. はじめに

水処理プロセスは流入条件や、操作条件等種々の要因変動の影響を受けており、処理効率、処理水質はこれらの影響下で変動している。したがって処理プロセスの制御性を問題とする場合、これらの変動の中で制御可能な部分を分離しつつ種々の誤差に起因する変動を含めた制御の困難な部分の評価も行なう必要がある。このことは換言すれば処理効率や処理水質レベルに対する操作因子等の要因効果を定量的に把握することに他ならない。

従来、種々の因子の処理効率に与える影響を実験的に調査する場合、ある注目する因子の条件を変化させ、他の因子については条件を固定するという方法がとられる場合が多いが、実験条件では種々の因子が同時に作用している訳であるから要因効果の評価にこのような方法を用いることは危険な場合がある。これをさける1方法として実験計画法による実験またはデータ解析のアプローチがあろう。

本報告は、活性汚泥法のパイロットプラント実験データに分散分析法を適用することにより、流入条件、操作条件等が処理効率及び処理水質レベルに及ぼす要因効果を定量的に把握しようとしたものである。

影響因子は数多く挙げることができるが、ここでは代表的な流入の条件として水温、流入水質（BOD濃度）を取りあげ、設計または操作要因としてエアレーション時間とMLSSレベルの計4因子について効果の推定と有意性検定を行なった。

### 2. プラント実験の概要

パイロットプラントの規模は、処理水量一系あたり約10 m<sup>3</sup>/日のもので、実際都市下水を対象とした標準活性汚泥法である。本解析に用いたデータは50年5月～50年11月までの約7ヶ月の期間収集した流入量一定（日単位で変動させた）データである。水質分析は流入下水、初沈後水、処理水、初沈汚泥、余剰汚泥、返送汚泥の24時間コンポジットサンプルについて行なった。尚本プラントは家庭排水が大部分を占め、多少工場排水を含む合流式下水道の終末処理場設置されたものである。

実験条件の範囲を表-1に示す。

表-1 実験条件とその範囲

| 実験条件        | 範 囲                           | 実験条件               | 範 囲          |
|-------------|-------------------------------|--------------------|--------------|
| 1 エアレーション時間 | 2.7 ~ 14.6 hr                 | 9 流入BOD            | 33 ~ 136 ppm |
| 2 MLSS      | 580 ~ 3075 ppm                | 10 流入SS            | 14 ~ 256 ppm |
| 3 返送率       | 8.9 ~ 114.8%                  | 11 S <sub>DI</sub> | 29 ~ 376     |
| 4 水 温       | 12.5 ~ 26.1℃                  | 12 汚泥令             | 2.0 ~ 108 日  |
| 5 BOD-SS負荷  | 0.016 ~ 0.955                 | 13 余剰汚泥量           | 0 ~ 160 l    |
| 6 BOD-容積負荷  | 0.028 ~ 0.72 g/gd             |                    |              |
| 7 返送汚泥濃度    | 14.10 ~ 13580 ppm             |                    |              |
| 8 終沈水面積負荷   | 5.9 ~ 51.0 m <sup>2</sup> /gd |                    |              |

表-2 要因と水準

| 要 因          | 水 準                           | 中 央 値    |
|--------------|-------------------------------|----------|
| A; エアレーション時間 | A <sub>1</sub> 2.7 ~ 4 hr     | 3.7 hr   |
|              | A <sub>2</sub> 5 ~ 7          | 5.9      |
|              | A <sub>3</sub> 8 ~ 14         | 10.1     |
| B; 水 温       | B <sub>1</sub> 12 ~ 16℃       | 14.6℃    |
|              | B <sub>2</sub> 17 ~ 22        | 19.3     |
|              | B <sub>3</sub> 22 ~ 26        | 24.0     |
| C; MLSS      | C <sub>1</sub> 580 ~ 1300 ppm | 901 ppm  |
|              | C <sub>2</sub> 1400 ~ 1700    | 1587     |
|              | C <sub>3</sub> 1700 ~ 3000    | 2350     |
| D; 流入BOD     | D <sub>1</sub> 47 ~ 60 ppm    | 53.3 ppm |
|              | D <sub>2</sub> 61 ~ 89        | 73.5     |
|              | D <sub>3</sub> 90 ~ 130       | 108.2    |

### 3. 影響要因とその水準

影響要因はすでに述べた通りである。各要因はすべて3水準とした。4因子3水準であるから、各水準の組合せは  $3^4 = 81$  個となるが、実験データが採取された後のいわゆる後分類となるため4因子を一度に取り上げると各水準組合せの一部が欠測となるため、各3因子について三元配置によるデータ分類を行ない<sup>1)</sup>

分散分析の結果、有意性のない因子は要因効果の推定からはずし、あらためて残りの要因を加えて分散分析を行なうこととした。各要因名と水準を表-2に示す。

#### 4. 各要因効果の有意性検定と効果の推定

各水準組合せ毎の原データの一例を表-3に示す。表の値は各ブロック中1〜8個のくり返しデータの平均値である。分散分析表の一例を表-4に示す。以下表においてF値の欄の(\*)は5%の危険率で効果が有意であることを示し(\*\*)は1%の危険率で有意性のあることを示している。

表-3 各水準毎のBOD除去率の平均値(%)

| C \ B          | A <sub>1</sub> |                |                | A <sub>2</sub> |                |                | A <sub>3</sub> |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | B <sub>3</sub> | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | B <sub>3</sub> | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | B <sub>3</sub> |
| C <sub>1</sub> | 43.5           | 73.1           | 80.9           | 66.2           | 70.9           | 70.1           | 57.7           | 83.7           | 80.8           |
| C <sub>2</sub> | 65.5           | 69.5           | 58.2           | 68.2           | 69.6           | 81.3           | 90.5           | 90.6           | 93.4           |
| C <sub>3</sub> | 70.2           | 51.2           | 43.3           | 70.6           | 82.5           | 68.9           | 88.4           | 92.6           | 91.7           |

表-4 BOD除去率に関する分散分析表

| 要因                 | df | S      | V       | F <sub>計算値</sub> | F <sub>検定値</sub> |
|--------------------|----|--------|---------|------------------|------------------|
| m                  | 1  | cf=273 | 273     |                  |                  |
| A                  | 2  | 2496   | 1125    | 18.9*            | 13.7*            |
| B                  | 2  | 230    | 115     |                  |                  |
| C                  | 2  | 194    | 97      |                  |                  |
| A×B                | 4  | 65     | 16      |                  |                  |
| A×C                | 4  | 667    | 167     | 2.35             |                  |
| B×C                | 4  | 729    | 182     | 2.36             | 2.21             |
| C(A×B)             | 6  | 782    | 130     |                  |                  |
| e <sub>2</sub>     | 67 | 4732   | 71      |                  |                  |
| e <sub>1</sub> (e) | 85 | 6975   | 76=82.1 |                  |                  |

表-4からBOD除去率に対する3因子の効果の中でエレーション時間の主効果のみが1%の危険率で有意であり、水温の効果は本実験条件の範囲、12.5℃〜26.5℃で有意性は認められない。またMLSSレベルについても580〜3075 mg/lの範囲で同様に効果の有意性は認められない。この結果はMLSS制御を細くやつても効果がそれほど期待できないことを示している。以下同様に項目毎に三元配置による分散分析を行なった結果をまとめたのが表-5である。結論を簡潔的に述べると、

表-5 要因効果の有意性検定結果(F値)

| 項目     | A     | B      | C     | A×B | A×C | B×C   |
|--------|-------|--------|-------|-----|-----|-------|
| BOD除去率 | 13.7* |        |       |     |     |       |
| 処理BOD  | 9.4*  |        |       |     |     |       |
| SS除去率  |       | 3.13*  |       |     |     |       |
| 処理KSS  | 3.18* | 5.89** | 4.84* |     |     | 3.69* |

i) 水質指標によって要因効果の表われ方が異なる。即ちBODに関してはエレーション時間の効果が大きく、SSに関しては水温の効果が大きい。ii) SSの除去率については水温の主効果のみが5%の危険率で有意であるが、処理水のSS濃度については、水温の主効果が最も大きく、エレーション時間、MLSSの主効果が存在しか水温の効果はMLSSレベルによって異なるという交互作用が認められる。

さらにBODに関して主効果の認められなかった水温とMLSS因子のかわりに、流入BOD濃度を取り等分散分析を行なった結果除去率についてはエレーション時間の主効果及びエレーション時間と流入BOD濃度の交互作用が1%の危険率で有意となり、処理水BODでは両主効果が1%の危険率で有意であった。

一般平均を除いた残りの変動に対する誤差変動の寄与率を求めた結果、18〜34%となり<sup>2)</sup>、全変動の約1/3が制御困難な部分と解釈される。

図-1は、各分散分析の結果最も要因効果の大きかったエレーション時間について、水準を更に細分化しその効果の推定を行なったものである。(図中矢印の範囲は95%信頼限界を示す)この結果から、対象とした下水のBODは、表-1に示したMLSSと水温の条件にかかわらず明瞭な一次反応パターンで除去されていることがわかる。

#### 5. おわりに

活性汚泥処理実験プラントデータに対し、後分類による分散分析法を適用し、エレーション時間、水温、MLSS濃度、流入BOD濃度の各要因効果の分離を試みた。その結果、BODを指標として処理効率をみた場合、エレーション時間が最も大きな効果を有し、MLSSの正確な制御の効果はそれほど期待できないことがわかった。またSSを指標とした場合には水温の効果が大きく季節変動に影響されると推定される。最後に共同研究者の1人である当社培殖課長に謝意を表し、さらに手法について有効な助言をいただいたデータ解析プロジェクトチーム各位にお礼を申し上げます。

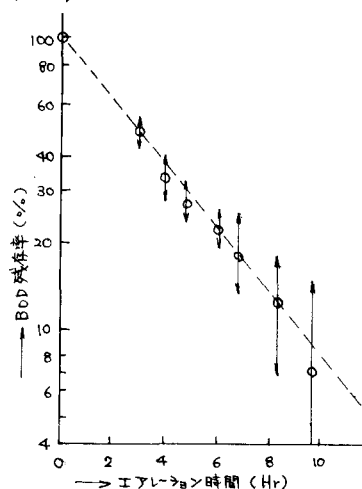


図-1 BOD除去曲線

(参考文献)<sup>1)</sup> 田中一:統計解析、丸善(1966)、<sup>2)</sup> NSC研究報 Vol.4, No.1 (1976)