

# A<sub>2</sub>O 高度処理施設における凝集剤（PAC） 注入量の削減に関する研究

（公財）三重県下水道公社 ○森 政美、匹田茂樹、北本博康、大熊和行

## 1. はじめに

三重県北勢沿岸流域下水道（南部処理区）は、四日市市（南部）、鈴鹿市、亀山市の3市を計画区域とし、2014年度末における処理人口は123千人（水洗化率81.9%）で、四日市市（準工業地域）に立地する南部浄化センターでは、2014年度実績値で平均39,010m<sup>3</sup>/日の汚水を処理し、年間9,163tの脱水汚泥を排出（全量セメント原料として再資源化）している。

近年、下水道終末処理場の運用上の重要課題のひとつとして、良好な水環境の維持・創造等を推進しつつ、コスト削減を図ることが求められている。このため、りんの生物学的処理を補完するため、好気槽末端でポリ塩化アルミニウム（PAC）を注入し凝集沈殿処理を行っているが、PAC注入量を削減することを目的として、放流水全りん濃度（T-P）の自主管理値を法定基準値、過去5ヶ年の日平均値の年最大値および年平均値との差等を勘案し1.2mg/Lと定め、PAC注入量等を説明変数としたT-P日平均値予測モデルを検討したので報告する。

## 2. 調査・研究方法

### (1) PAC注入停止時の最終沈殿池越流水T-Pの時間変動調査

PAC注入方法としては最終沈殿池越流水T-Pがピークとなる時間帯をねらって注入する方法が効果的と考えられることから、代表池においてPAC注入停止時の最終沈殿池越流水T-Pの時間変動を調査した。調査は、2014年4月24日10時～25日8時、5月22日10時～23日8時の2日間、各2時間間隔で採水し、T-Pを公定法により測定した。

### (2) 解析対象データの収集期間、抽出条件および抽出件数

解析対象データの収集期間、抽出条件および抽出件数を表1に示す。抽出条件は、予測精度を考慮し、日処理水量が日最大処理能力の95%以下の日とした。また、PAC注入停止時の最終沈殿池越流水T-Pの時間変動調査結果から、当日PAC注入時間が16～19時の3時間の日とした。

表1. 解析対象データの収集期間、抽出条件及び抽出件数

| データ収集期間 | 平成26年7月31日～27年9月30日  |
|---------|--|
| データ抽出条件 | ①日処理水量が日最大処理能力(46,800m <sup>3</sup> )の95%(44,460m <sup>3</sup> )以下の日 |
|         | ②前日19時から当日16時までの間PACが注入されなかった日                                       |
|         | ③当日PAC注入時間が16時から19時の3時間の日  |
| データ抽出件数 | ①表3の①～⑦のデータが揃った件数:218件(予測モデルⅠ)                                       |
|         | ②表3の①～⑧のデータが揃った件数:142件(予測モデルⅡ)                                       |

### (3) T-P日平均値を予測するためのT-P 16～24時平均値予測モデルの検討

T-P日平均値を予測するのは、PAC注入時間を16～19時の3時間としたことから、15時におけるT-P（計装値）が出力された時点とした。T-P日平均値は、表2の上欄に示すT-P日平均値予測式により演算することができるが、この予測式では、T-P 16～24時平均値を予測する必要があることから、表3に示す予測モデルⅠおよびⅡについて重回帰分析（変

表2. T-P日平均値、T-P 16～24時平均値の予測モデル基本式

| 予測式区分              | 予測モデル基本式   |
|--------------------|--|
| T-P日平均値予測式         | $[T-P日平均値] = ([T-P 1 \sim 15時平均値] \times 15 + [T-P 16 \sim 24時平均値] \times 9) / 24$ |
| T-P 16～24時平均値予測モデル | 予測モデルⅠ又はⅡ(表3参照)のうち予測精度が高いモデルを選択  |

数増減法)により T-P 16~24 時平均値を予測し、比較検討した。

解析には、Microsoft Excel 2013 および株式会社ハルボウ研究所製 HALBAU7 を供した。

表3. 重回帰分析(変数増減法)で検討した説明変数

| 基準変数                 | 説明変数                 | 予測モデル I | 予測モデル II | 留意事項   |
|----------------------|----------------------|---------|----------|--|
| T-P 16~24時平均値 (mg/L) | ①PAC注入量(L/day)       | ○       | ○        | ⑥の値は④の値から⑤の値を差し引いたものであり、多重共線性により解析不可となるため、説明変数として④~⑤を設定した場合は⑥を設定せず、⑥を設定した場合は④~⑤を設定せず、解析を行った。 |
|                      | ②T-P 15時値(mg/L)      | ○       | ○        |  |
|                      | ③T-P 1~15時平均値(mg/L)  | ○       | ○        |  |
|                      | ④T-P 1~15時最大値(mg/L)  | ○       | ○        |  |
|                      | ⑤T-P 1~15時最小値(mg/L)  | ○       | ○        |  |
|                      | ⑥T-P 1~15時値較差(mg/L)  | ○       | ○        |  |
|                      | ⑦T-P 14~15時上昇値(mg/L) | ○       | ○        |  |
|                      | ⑧9時過ぎの生物反応槽流入水温(°C)  |         | ○        |  |

### 3. 結果および考察

#### (1) PAC 注入停止時の最終沈殿池越流水 T-P 時間変動調査結果

代表池において実施した PAC 注入停止時の最終沈殿池越流水 T-P プロファイルを図 1 に示す。T-P の時間変動は一峰性を示し、ピークは当日 22 時頃から翌日 2 時頃に出現することが明らかとなった。このため、最終沈殿池の滞留時間(約 5 時間)を考慮し、PAC 注入時間は原則として 16~19 時の 3 時間とした。

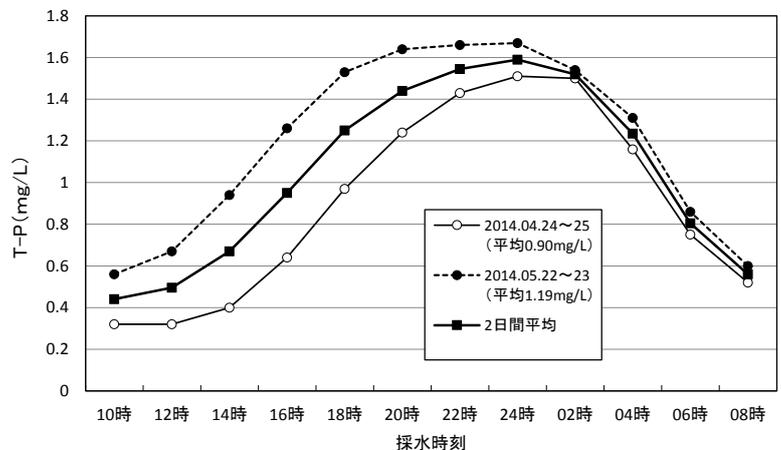


図 1. 代表池PAC注入停止時の終沈越流水T-Pプロファイル

#### (2) T-P 16~24 時平均値予測モデルの検討結果

T-P 16~24 時平均値の予測モデルは、重相関係数が有意に大きく、説明変数の偏相関係数の符号が合理性のある場合が妥当であることから、これにより決定した結果を表 4 に示す。重相関係数は、予測モデル I で 0.7024、予測モデル II で 0.7110 といずれも有意(危険率 0.0000)な結果が得られたが、後者のほうがやや良好な重相関が認められたことから、これを予測モデルとして採用した。

表4. T-P 16~24時平均値とT-P 15時値、PAC注入量等との重回帰分析結果

| 予測モデル | データ件数 | 基準変数                 | 説明変数                | 偏回帰係数     | 標準偏回帰係数  | 偏相関係数   | 重相関係数  | 危険率    |
|-------|-------|----------------------|---------------------|-----------|----------|---------|--------|--------|
| I     | 218   | T-P 16~24時平均値 (mg/L) | T-P 15時値 (mg/L)     | 1.2727    | 0.48919  | 0.5200  | 0.7024 | 0.0000 |
|       |       |                      | T-P 1~15時値較差 (mg/L) | 0.29265   | 0.40133  | 0.4692  |        |        |
|       |       |                      | PAC注入量 (L/day)      | -0.000836 | -0.09176 | -0.1156 |        |        |
|       |       |                      | 定数                  | 0.317     | -        | -       |        |        |
| II    | 142   | T-P 16~24時平均値 (mg/L) | T-P 15時値 (mg/L)     | 1.2321    | 0.47888  | 0.5152  | 0.7110 | 0.0000 |
|       |       |                      | T-P 1~15時値較差 (mg/L) | 0.26455   | 0.35760  | 0.4179  |        |        |
|       |       |                      | PAC注入量 (L/day)      | -0.000602 | -0.05763 | -0.0772 |        |        |
|       |       |                      | 生物反応槽流入水温(°C)       | -0.008464 | -0.08263 | -0.1135 |        |        |
|       |       |                      | 定数                  | 0.545     | -        | -       |        |        |

#### (3) 予測モデル II による T-P 16~24 時平均値および T-P 日平均値の予測式

予測モデル II による T-P 16~24 時平均値および T-P 日平均値の予測式、ならびに予測時刻および適用条件を表 5 に示す。当該モデルの妥当性を検証するため、解析対象日における T-P 日平均実測値と表 5 に示す予測式により算出した T-P 日平均演算値との相関分析を行ったところ、図 2 に示すとおり、良好な相関(相関係数 0.9336)が認められた。

表5. 予測モデルⅡによるT-P 16～24時平均値、日平均値の予測式

|               |   |
|---------------|---|
| T-P 16～24時平均値 | $[T-P 16\sim 24\text{時平均値}] = 1.2321 \times [T-P 15\text{時値}] + 0.26455 \times [T-P 1\sim 15\text{時較差}] - 0.000602 \times [\text{PAC注入量}] - 0.008464 \times [\text{生物反応槽流入水温}] + 0.5455$  |
| T-P 日平均値      | $[T-P \text{日平均値}] = ([T-P 1\sim 15\text{時平均値}] \times 15 + (1.2321 \times [T-P 15\text{時値}] + 0.26455 \times [T-P 1\sim 15\text{時較差}] - 0.000602 \times [\text{PAC注入量}] - 0.008464 \times [\text{生物反応槽流入水温}] + 0.5455) \times 9) / 24$<br>$= 0.6250 \times [T-P 1\sim 15\text{時平均値}] + 0.4620 \times [T-P 15\text{時値}] + 0.09921 \times [T-P 1\sim 15\text{時較差}] - 0.0002258 \times [\text{PAC注入量}] - 0.003174 \times [\text{生物反応槽流入水温}] + 0.2046$ |
| 予測時刻          | 15時のT-P(計装値)が出力された時点  |
| 適用条件          | 処理水量が日最大処理能力46,800m <sup>3</sup> の95%(44,460m <sup>3</sup> )以下の日であって、前日19時～当日15時までの間PACが注入されなかった日   |

#### (4) PAC 注入量の削減状況等

本研究は、PAC 注入方法の予備検討を含めると 2014 年度当初から実施しているところであり、T-P 日平均値を予測するための T-P 16～24 時平均値予測モデルの構築は完了したものと考えているが、引き続き予測精度の妥当性の検証等を行うこととしている。このような状況ではあるが、これまでの取組による PAC 注入量の削減状況を 2013 年度と 2014 年度（ただし、2015 年 3 月は運用池を変更したため集計から除外した。）で比較検討した。その結果、2013 年度 4～2 月の 11 ヶ月に対する 2014 年度同月の PAC 削減率は約 26%であった。なお、放流水の T-P 年平均値は、2013 年度 0.5mg/L、2014 年度 0.6mg/L と僅かな上昇に止まった。

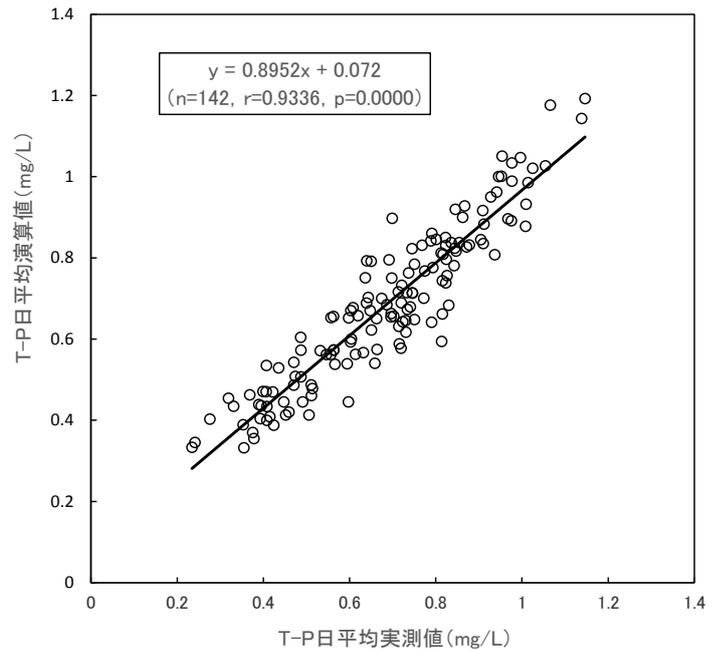


図2. T-P日平均実測値と予測モデルⅡ演算値との相関

#### 4. 結論

- (1) PAC 注入時間は、PAC 注入停止時の最終沈殿池越流水 T-P プロファイルと最終沈殿池滞留時間を考慮し、原則として 16～19 時の 3 時間とした。
- (2) 15 時の T-P (計装値) が出力された時点で、T-P 日平均値の予測モデルとして、重回帰分析法 (変数増減法) により、次のとおり設定した。

$$[T-P \text{日平均値}] = ([T-P 1\sim 15 \text{時平均値}] \times 15 + (1.2321 \times [T-P 15 \text{時値}] + 0.26455 \times [T-P 1\sim 15 \text{時較差}] - 0.000602 \times [\text{PAC 注入量}] - 0.008464 \times [\text{生物反応槽流入水温}] + 0.5455) \times 9) / 24$$

なお、T-P 日平均実測値と当該予測モデルによる T-P 日平均演算値との相関分析を行ったところ、相関係数は 0.9336 と有意で、実用に供することが可能であることが示唆された。

- (3) 当該予測モデルの運用にあたっては、PAC 注入量は、1 池 10L/h、1 日当たり 120L/day (1 池 10L/h × 4 池 × 3 時間 (16～19 時)) を基本とし、T-P 日平均予測値が自主管理値 (1.2mg/L) を上回る場合は、注入量を 1.5 倍、2 倍等に増加させることとした。
- (4) 今後は、当該予測モデルを本格運用するとともに、その科学的妥当性についても検証していく予定である。