

凝集沈澱プロセスにおける原水水質と PAC 注入率の関連分析

首都大学東京 正会員 稲員とよの・○橘田一貴

首都大学東京 正会員 小泉 明・荒井康裕

首都大学東京 学生会員 関 丙大

(株) 日水コン 正会員 榊原康之

1. はじめに

わが国の水道普及率は97.5%に達し、ライフラインとしての整備は高水準となっている。今後は、水道施設を適切に維持管理することが課題となる。良質な水道水を安定的に供給し続けるためには、浄水処理プロセスをより正確に把握し、管理することが求められる。現在の浄水場の運転管理として、過去の経験から流入水質を基に薬品注入量等の操作を行っている場合が少なくない。そこで、過去の運転記録を統計的に分析し、水質と運転方法の関係を明らかにする¹⁾ことは、安定した水道水質の確保や技術継承に役立てることができると考えられる。本研究では、判別関数を用いて原水水質と薬品注入の関係を類型化するモデルの構築を試みる。

2. 分析対象データについて

分析対象とする N 浄水場は、計画最大給水量 3 万 m³/日、計画給水人口約 11 万人の規模である。この浄水場では、時間単位で記録された運転管理データ(表 1 参照)が整備されており、本稿では、N 浄水場の 2007 年 5 月から 2008 年 4 月までの時間データを用いて分析を行った。水源としている河川では、夏季には降雨やダム放流の影響を受け、原水水質が大きく変化することがあるが、冬季は比較的变化が小さい特徴を有している。これを考慮し、期間を 2 つに分けて分析を行った。水温の時系列や凝集効果から、1 ヶ月の平均水温が 10℃を目

表1 分析に用いた要因

変数名	要因[単位]
a	原水濁度[度]
b	原水pH
c	原水アルカリ度[mg/L]
d	処理水量[m ³ /h]
e	河川流量[m ³ /s]
-	水温[℃]
-	PAC注入率[mg/L]

安とし、これより水温が高い5月から 10 月を通常水温期(以下、通常期)、これより水温が低い 11 月から 4 月を低水温期(以下、低温期)とした。それぞれの期間には、凝集沈澱プロセスにおける薬品注入量に違いが見られ、図 1、2 に示すように、通常期よりも低温期の方が PAC 注入率のばらつきが小さいと言える。

そこで、どのような情報をもとに PAC 注入率を設定しているかを把握するため、判別分析を適用する。判別分析とは、いくつかの群ごとに得られている多変量データに基づき、ある新しい一つのサンプルがどの群に属するかを判定、予測するものである。この判定を行うための基準となる関数が線形判別関数である。本分析における群としては、凝集沈澱プロセスにおける PAC 注入率が高い群と低い群とに分けるものとする。

はじめに、分析対象とするサンプルの抽出を行う。

時系列データから、PAC 注入率が年間平均値+標準偏差(46.2mg/L)より高い値を示す時間帯がある日を A 群、年間平均値より低い値(30.4mg/L)を示す日を B 群として日単位で抽出した。これより、通常期は両群それぞれ 12 日、低温期は両群それぞれ 8 日分のサンプルを用いて以下の分析を行った。

キーワード 凝集沈澱、判別関数、PAC 注入率、原水水質、時間遅れ

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 TEL042-677-2789

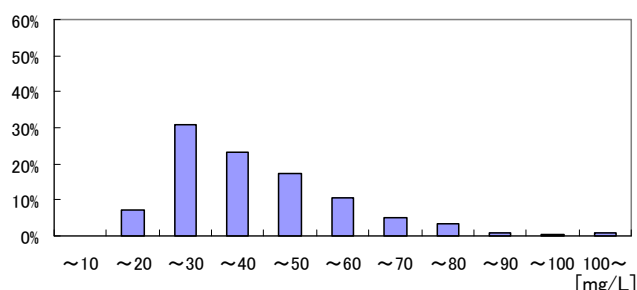


図1 通常期の PAC 注入率のヒストグラム

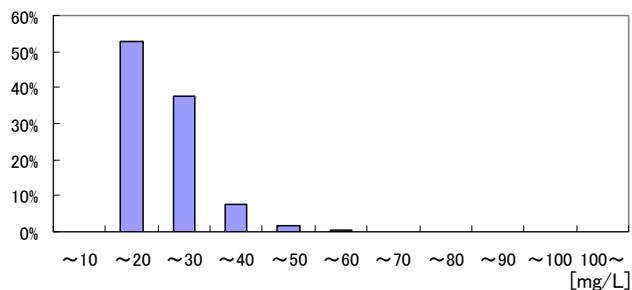


図2 低温期の PAC 注入率のヒストグラム

3. 判別モデルの作成

原水水質がどのような場合に、PAC 注入率が高く、または低くなっているかを分類する判別関数モデルを作成し、PAC 注入量の調節に顕著な影響を与えている要因について検討する。まず、各要因の1年間の平均と標準偏差でデータの基準化を行い、要因の選択方法として以下に示す2段階による変数増加法を用いる。

【Step1】 抽出された日における PAC 注入率について、(1)式に示すように、各時刻の1時間前の値を入力要因とした判別関数を作成する。同様に、2～6時間前の入力要因についてそれぞれ行う。

$$Z = A_i a_i + B_i b_i + C_i c_i + D_i d_i + E_i e_i + Const. \quad \cdots (1)$$

ここで、 Z : 判別得点、 A_i, B_i, C_i, D_i, E_i : i 時間前の各変数の係数 ($i : 1, 2, \cdots, 6$)

a_i, b_i, c_i, d_i, e_i : i 時間前の各要因 (前掲表1) を基準化した値、 $Const.$: 定数

作成された6つの関数の係数について、符号の適合性を考慮して要因ごとに係数の絶対値の大きい変数を一つずつ選び、順次追加していく変数増加法を適用した。

【Step2】 大きな時間遅れを伴って影響する要因について、時間遅れの間の変化傾向を考慮するため、6時間前と1、2時間前の値の差をそれぞれ算出して新たな変数として考慮する。これらの要因について、符号の適合性と判別率を判断しながら、step1 で選択された要因に順次追加する方法で分析を行う。

作成する式については、1つの要因に対して最大で1つの変数(時間遅れ)を用いるものとする。まず、step1 の分析で要因を選択し、選択されなかった要因について step2 の分析を行うものとする。step2 で用いた要因は、通常期では原水 pH(b)、原水アルカリ度(c)及び河川流量(e)、低温期では原水 pH(b)及び処理水量(d)である。

分析の結果、表2に示す判別式が得られた。通常期は、3時間前原水濁度、6時間前と1時間前の河川流量の変化量の2要因が選択された。河川流量の変化量は、値が正のときに流量が減少傾向、負のときには流量が増加傾向となる。よって、得られた判別式は、河川流量が増加傾向にあると判断された場合に PAC 注入率が高いことを示している。低温期は、1時間前原水濁度、1時間前河川流量、6時間前と1時間前の原水 pH の変化量の3要因が選択された。なお、原水 pH の変化量は、値が正のときに pH は減少傾向、負のときには pH は増加傾向となる。ここで、低温期に着目すると、原水 pH が増加傾向(負)のときには PAC 注入率が高くなっていたと推察される。

表2 PAC 注入率の判別モデル

モデル	判別式	判別率
通常期	$Z=1.171a_3-0.153e_{61}-0.740$	0.747
低温期	$Z=6.231a_1+2.831e_1-0.040b_{61}-5.359$	0.948

次に、A 群及び B 群の沈澱水濁度は、図3に示す通り1度を下回っており、良好な処理水質であることが確認できる。また、図4より、PAC 注入率当りの凝集沈澱効率 [(原水濁度－沈澱水濁度) / PAC 注入率] は、2群による明確な差異が認められた。

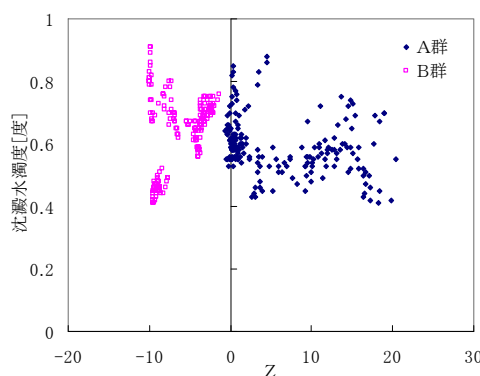


図3 Z と沈澱水濁度の関係

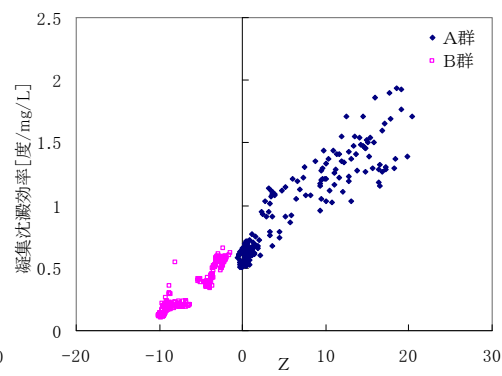


図4 Z と凝集沈澱効率の関係

4. おわりに

本稿では、凝集沈澱プロセスにおいて、PAC 注入率の調節が原水水質のどのような変化を考慮して行われるかについて判別分析を用いて分析し、PAC 注入率の高低による水質の類型化を行った。今後は、沈澱水濁度との関連も含め、さらに分析を行っていく。

【参考文献】

1) 沼田篤男、渡辺晴彦、小泉明、森正幸：統計的アプローチによる沈澱池の運転方法の形式知化に関する一考察、環境工学研究論文集、第46巻、2009、pp.129-136