

# 前塩素注入制御への探索的統計手法の適用

高木裕幸\*、福屋正三\*、津村和志\*\*

\* 日新電機株式会社 京都市右京区梅津高畝町47

\*\* 京都大学工学部環境地球工学教室 京都市左京区吉田本町

## 概要

浄水処理における前塩素注入制御の完全自動化を目指し、前塩素消費量予測モデル(重回帰モデル)に対して、次の2点を考慮に入れたモデルの改良を行なう為に、探索的統計手法を適用した。

(1) 非線形性 (2) 原水水質(原水塩素要求量、原水濁度)の変化における定常期と過渡期との差異  
そして、実際の非線形モデルとして局所回帰モデルを用い、従来の重回帰モデルに対して、あてはまりの良さを比較検討した。

## キーワード

上水、浄水場、前塩素注入制御、フィードフォワード制御、局所回帰モデル、統計的方法

### 1. はじめに

浄水場における前塩素注入制御は、注入後残留塩素濃度の目標値と計測値との差に基づくフィードバック制御だけでは制御に遅れが生ずる事から、フィードフォワード(予測)制御を加えた制御が一般に行なわれている。

本稿では、フィードフォワード(予測)制御として用いられる、前塩素消費量予測モデル(重回帰モデル)の改良を行なった。

### 2. 問題点

独立変数として原水の塩素要求量、濁度、アルカリ度、pH、水温と外気温度を用い、従属変数として前塩素消費率(原水1l当たりの消費量を表わす。実際は前塩素注入率実績値から注入後残留塩素濃度計測値を減じた値を用いた。単位は[mg/l])を用いた重回帰分析を行ない、前塩素消費率予測モデルを求めた。

ここで、解析用データには、1994年9月から10月の間に収集した1分周期の約5万データに異常値除去を施した1時間(60データ)平均値の計522データを用い、上記独立変数を変数増減法により絞り込んだ。

その結果、得られた重回帰モデルは次のようになった。

$$\text{前塩素消費率} = 0.81 * \text{原水塩素要求量} + 0.0051 * \text{原水濁度} + 0.071 * \text{原水水温} - 0.81$$

前塩素消費率の計測値と重回帰モデルによる予測値との散布図(図1)を観察したところ、データのバラツキに均一性が見られなかった。

よって、この原因を解明する為に、前塩素消費率と各影響因子(原水塩素要求量、原水濁度、原水水温)との散布図を観察した。すると、前塩素消費率と原水塩素要求量との散布図(図2)から、両者の間に非線形な関係が見られ、そして、前塩素消費率と原水濁度との散布図(図3)からは、両者の間に、2つのデータ群に分かれ、

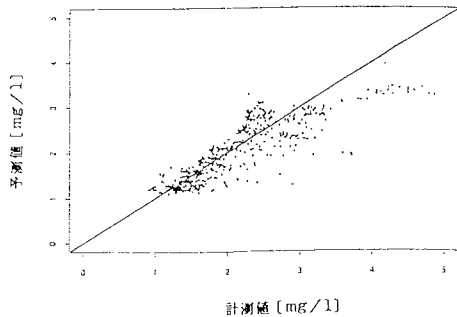


図1 前塩素消費率の計測値と重回帰モデルによる予測値との散布図

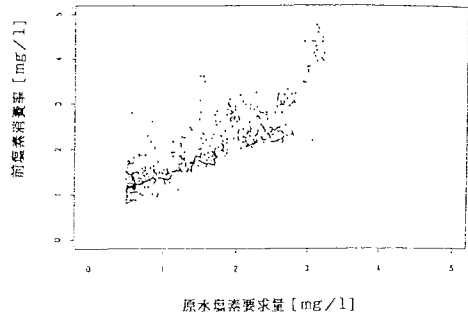


図2 前塩素消費率と原水塩素要求量との散布図

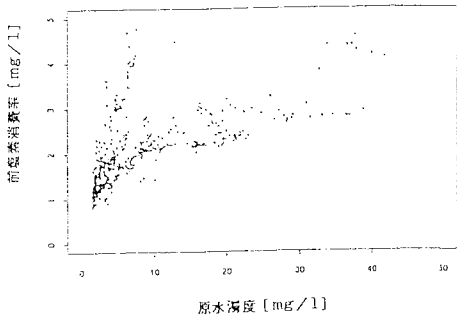


図3 前塩素消費率と原水濁度との散布図

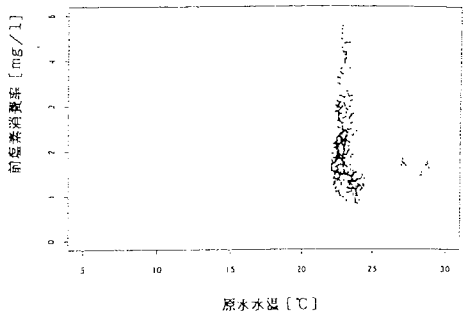


図4 前塩素消費率と原水水温との散布図

それぞれにおいて非線形な関係が見られた。又、原水水温との散布図(図4)からは、両者の間に線形や非線形で表わせるような関係は見られなかった。

以上の結果から、前塩素消費率の計測値と重回帰モデルによる予測値との散布図(図1)において、データのバラツキに均一性が見られなかった原因は、線形な関係ではない前塩素消費率と各影響因子(原水塩素要求量、原水濁度、原水水温)を重回帰モデルとして線形で表わした事と、異なる母集団を1つの母集団として扱った事にあると推測した。

### 3. モデル構造

原水塩素要求量と原水濁度との散布図(図5)を観察すると、(1)両者の間に直線関係が見られる、言わば、原水水質の長周期の変化を反映する定常期、(2)降雨等の影響で、原水塩素要求量の変化に対して、原水濁度が様々な変化を呈する、言わば、原水水質の変化における過渡期、の2つのデータ群を確認する事が出来た。

そこで、原水塩素要求量と原水濁度との散布図(図5)において分類した定常期と過渡期のデータ群により、前塩素消費率と各非線形影響因子(原水塩素要求量、原水濁度)との散布図を分類した。これを図6、7に示す。

その結果、前塩素消費率と原水塩素要求量との散布図(図6)、前塩素消費率と原水濁度との散布図(図7)においても、定常期と過渡期のデータ群に分類出来る事を確認する事が出来た。

即ち、原水塩素要求量と原水濁度との散布図(図5)、前塩素消費率と原水塩素要求量との散布図(図6)、そして前塩素消費率と原水濁度との散布図(図7)を立体合成する事で、前塩素消費率を原水濁度と原水塩素要求量の非線形モデルで表わし、且つ過渡期と定常期で分類した、前塩素消費率予測モデルを作成すべきである事が明らかになった。

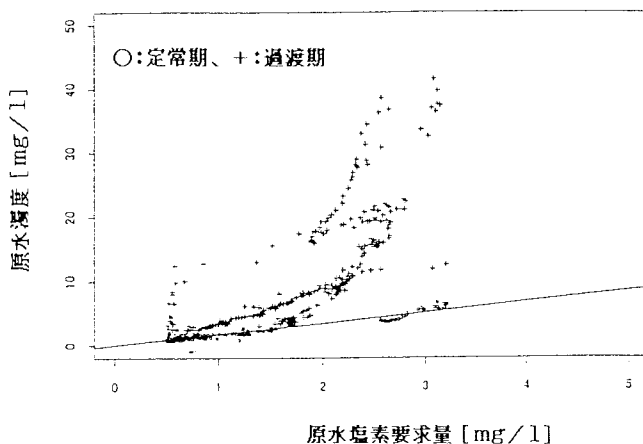


図5 原水塩素要求量と原水濁度との散布図

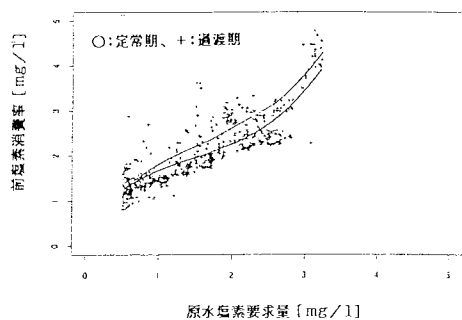


図6 前塩素消費率と原水塩素要求量との散布図

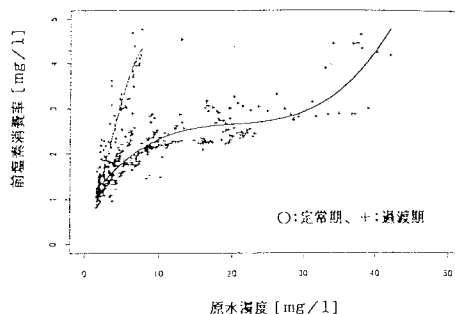


図7 前塩素消費率と原水濁度との散布図

#### 4. 局所回帰モデルによる表現

実際の非線形モデルとして局所回帰モデルを用いて解析用データを近似して、従来の重回帰モデルに対して、あてはまりの良さを比較検討した。局所回帰モデルとは、例えば、前塩素消費率、原水濁度、原水塩素要求量を、それぞれの軸とした3次元空間において、任意のデータ点の近傍では回帰関数で十分に近似出来るモデルであり、言わば、区分的重回帰モデルである。

局所回帰モデルを用いて解析用データを近似した結果を鳥瞰図(図8)の形で表わした。ここで、解析ツールとしてS言語を用いた。又、解析条件として、次数を1、各データ点で全データの10%を用いた解析とした。

その結果、鳥瞰図(図8)は、前節で構想した前塩素消費率予測モデルに近い形を成している事を確認した。そして、前塩素消費率の計測値と局所回帰モデルによる予測値との散布図(図9)を観察したところ、局所回帰モデルは重回帰モデルよりも良いあてはまりを示す事も確認した。尚、図中において、予測値と計測値との間に誤差の大きいものがあるが、これは還元水(ろ過池洗浄排水、沈殿池引抜汚泥上澄液、及び脱水ろ液で、原水とは別系統で前塩素注入点に流入する。)の影響である事が確認されている。

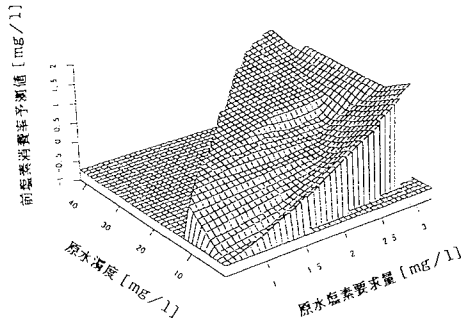


図8 局所回帰モデルによる鳥籠図

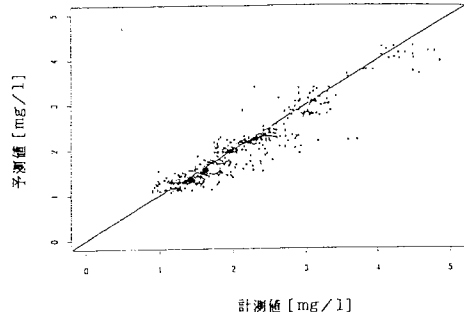


図9 前塩素消費率の計測値と局所回帰モデルによる予測値との散布図

## 5. 結論

以上の結果から、結論を次にまとめた。

- (1) 前塩素消費率と原水塩素要求量、原水濁度の間に非線形な関係が見られる事を確認した。
  - (2) 原水塩素要求量と原水濁度の間に直線関係が見られる期間（原水水質の変化における定常期）、及び降雨等の影響で原水塩素要求量の変化に対して、原水濁度が様々な変化を呈する期間（原水水質の変化における過渡期）において、それぞれデータのふるまいが異なる事を確認した。
  - (3) 前塩素消費率を原水濁度と原水塩素要求量の非線形モデルで表わし、且つ過渡期と定常期で分類した前塩素消費率予測モデルの構想図が完成した。
  - (4) 実際の非線形モデルとして局所回帰を用いて解析用データを近似したところ、局所回帰モデルは重回帰モデルよりも良いあてはまりを示す事を確認した。
- 今後、年間を通じての解析を行ない、モデルの精緻化を進めていく予定である。

(参考文献) J. M. チェンバース+T. J. ヘイスティ編, 柴田里程訳: Sと統計モデル, 共立出版