

## 実測調査に基づいた配水区域における残留塩素濃度に関する一考察

首都大学東京大学院 (学) ○本間 淳 (F) 小泉 明  
 首都大学東京大学院 (正) 稲員 とよの (正) 荒井 康裕  
 東京都水道局 佐藤 親房 渡辺 映一 秋山 正茂

### 1. はじめに

近年、ライフラインとしての上水道は高い普及率になり、量的には十分に満たされている。その一方で、上水道に対して安全とおいしさといった質的要素が求められている。質的要素として水道水にカルキ臭等の影響を与える残留塩素(以下残塩とする)があり、これを可能な限り低減化することが課題とされている。残塩の低減化には送配水過程における残塩濃度減少の動態を捉え、送配水過程の終点となる管路末端での残塩濃度を把握することが必要となる。そこで本研究では給水所以下の配水管網に着目し、東京都の葛西配水区域の消火栓と給水所出口のデータを用いて、季節ごとの残塩濃度分布の比較と残塩濃度減少の推定を行った。

### 2. 使用データ

本研究では、夏季、秋季、冬季の3季節の消火栓9ヶ所と葛西給水所出口のデータを用いた。消火栓9ヶ所と葛西給水所の位置関係は図1のようになる。消火栓9ヶ所については実測調査による残塩濃度と水温の5分単位のデータを使用した。残塩濃度の実測調査は消火栓に測定機器を設置して行った。給水所出口については残塩濃度と配水量の時間単位のオンラインデータを使用した。ここで、夏季は2006年7月14日(金)から17日(月)の4日間、秋季は2006年9月22日(金)から24日(日)の3日間、冬季は2006年11月25日(土)から27日(月)の3日間のデータを用いた。

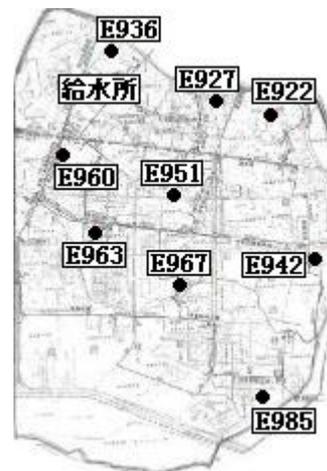


図1. 消火栓と給水所の位置

### 3. 相対ひずみ度による比較

まず、相対ひずみ度による比較を行った。各季節、地点ごとに階級の幅が0.02mg/lとなるヒストグラムを作成し、最頻値を求めた。ヒストグラムの例として図2に夏季における測定地点E936の結果を示した。最頻値と平均と標準偏差から式(1)のように相対ひずみ度を求めた。相対ひずみ度は正になるとデータが平均値に対して低い方に多く分布していること示し、負になると平均値に対して高い方に多く分布していることを示す。

$$S_k = (M_a - M_o) / S \quad \dots(1)$$

$S_k$ : 相対ひずみ度,  $M_a$ : 平均残塩濃度[mg/l]

$M_o$ : 最頻値[mg/l],  $S$ : 標準偏差

相対ひずみ度を求めた結果が表1のようになった。季節ごとによる相対ひずみ度の大きさに明確な差異は見られず、全体として相対ひずみ度が負になる傾向が見られた。このことから、葛西配水区域の消火栓では平均

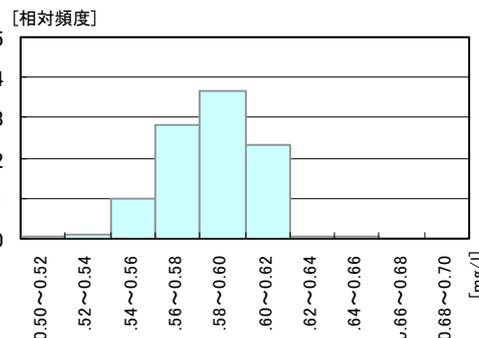


図2. ヒストグラムの例

表1. 各季節の相対ひずみ度

地点名	E922	E927	E936	E942	E951	E960	E963	E967	E985
夏季	-0.488	0.011	-0.214	0.497	-0.328	-0.361	-0.204	-0.452	-0.055
秋季	-0.491	0.160	-0.173	-0.045	-0.599	-0.316	-0.609	0.026	0.263
冬季	-0.456	-0.118	-0.240	-0.471	-0.464	-0.258	-0.515	-0.089	-0.085

残塩より高くなる傾向にあると考えられる。残塩濃度管理を平均値で考える場合は濃度分布の偏りを考える必要がある。

### 4. 残塩濃度減少の推定

残塩濃度と滞留時間の関係を表す式には式(2)の指数関数の残塩減少モデルがある。そこで、式

(2)の両辺を対数に変換し、残塩濃度と滞留時間で線形回帰し、初期残塩濃度と減少係数を推定した。

キーワード 配水管網, 残留塩素消費, 回帰分析, 相対ひずみ度

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 042-677-2789

$$C = C_0 \cdot \exp(-k \cdot t) \quad \dots(2)$$

$C$ :残塩濃度[mg/l] ,  $C_0$ :初期残塩濃度[mg/l]

$k$ :減少係数[1/hr] ,  $t$ :滞留時間[hr]

線形回帰に用いる残塩濃度には、各測定地点並びに給水所で測定された5分単位(給水所は時間単位)データに基づき、これらの1日平均を計算して与えることとした。同様に滞留時間には、各期間の給水所配水量を時間係数に換算した上で、配水本管モデルを用いて日ごとに管網解析ソフトによって求めた。そして、残塩濃度に異常な傾向がある地点を除外し、前述の平均残塩と滞留時間(夏季:31組、秋季:27組、冬季:27組)で線形回帰し、**図3**から**図5**のような結果が得られた。データ(図中の○と△印)に付随する縦線の範囲は $2\sigma$ を示し、実線が回帰曲線、破線が予測値の99%信頼区間になっている。図中には自由度調整済み相関係数  $R^*$ と線形回帰によって推定された式(2)の初期残塩濃度  $C_0$ と減少係数  $k$ 、分散分析によって得られた有意性、全測定地点の平均水温を記した。

季節ごとの傾向としては、夏季と秋季に比べ冬季では $2\sigma$ の範囲も99%信頼区間の範囲も狭くなった。一般に冬季は水使用量が少なく、残塩濃度の変動も小さいためにこのような結果になったと考えられる。

今回得られた3季節の相関係数の値はどれも高い値にはならなかったが、分散分析の結果からは3季節とも概ね統計的には有意であることが示された。

次に、減少係数は水温が高いほど大きくなることが既に判明しているが<sup>1), 2)</sup>、今回得られた減少係数と平均水温で比較を行った。今回の結果でも冬季、秋季、夏季の順に減少係数が大きくなっており、水温が高いほど残塩消費が増す傾向が表れている。

### 5. おわりに

本研究では、東京都の葛西配水区域を対象として、季節ごとの相対ひずみ度を用いた残塩濃度分布の比較と残塩減少モデルを用いた残塩濃度の推定を行った。相対ひずみ度を用いた残塩濃度分布の比較では季節ごとの差異は見られず、全体として平均より高い値を取る時間が長いことが分かった。残塩減少モデルを適用した結果、相関係数は高くないものの、残塩減少モデルの適用に対して概ね統計的に有意であることが分かった。

なお、本研究では消火栓までの残塩減少の考察を行っているが、今後さらに本研究で得られた結果を踏まえて、給水栓までの残塩減少についての検討も必要であると考えている。

#### 【参考文献】

- 1) 小泉、稲員、梶原、荒井、佐藤、酒井、坂本:送水系統における残留塩素消費の基礎的検討、第57回全国水道研究発表会講演集、pp.358-359、2006
- 2) 小泉、稲員、吾妻、荒井、佐藤、渡辺、坂本、安達:大口径送水管路における残留塩素濃度に関する調査結果、第59回全国水道研究発表会講演集、pp.264-265、2008

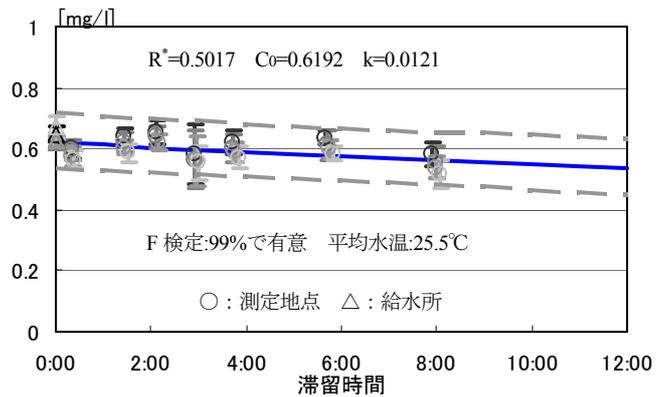


図3. 夏季の回帰曲線と信頼区間

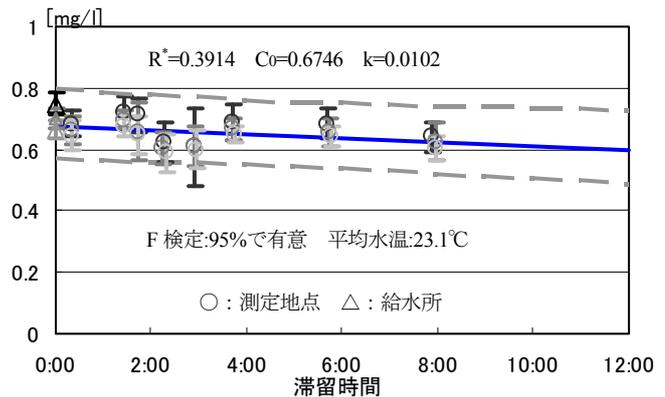


図4. 秋季の回帰曲線と信頼区間

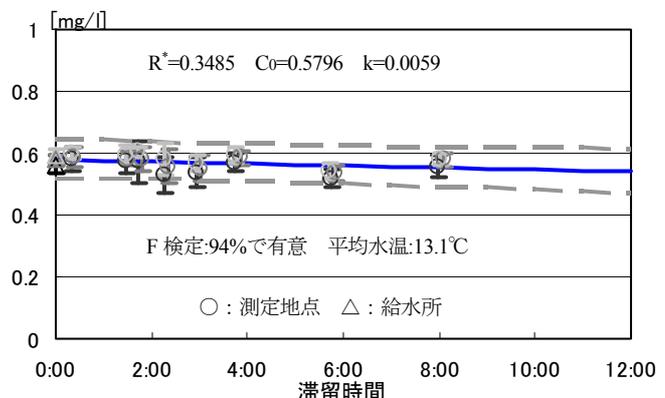


図5. 冬季の回帰曲線と信頼区間