配水区域内の残塩濃度分布の評価に関する一考察

首都大学東京　○学生会員　　和田　賢太郎
首都大学東京　正会員　稲員とよの・荒井康裕
首都大学東京　フェロー　小泉　明
東京都水道局　　田村聡志・石井美樹

１．はじめに

現在、わが国の水道普及率はほぼ100%に達しており、安定した水の供給が可能な状況にある。一方で、多くの需要者が水道水の異臭味を気にしており、より高品質な水の供給が求められている。水道水質中、残留塩素(以下、残塩と呼ぶ) は、アンモニア性窒素等と反応してカルキ臭の原因となる。そこで本稿では、配水区域を対象とした実測データを基に、水道 GIS を用いて残塩濃度の分布を把握し、給水所出口での残塩濃度低減化を検討することを目的とする。

２．対象区域と使用データ

対象区域は葛西配水区域で、高度浄水と通常浄水のブレンド水を三郷･金町浄水場から受水し、各家庭に配水している。測定期間は 2006 年の高温期・中温期・低温期の 3 期間である。今回の分析では残塩が大きく消費される高温期の 7 月 14 日から 16 日の実測データを用いる。図 1 に示す配水区域内の 9 箇所の消火栓において実測調査が行われた。なお、図中の比較基準点は過去の研究[1)]において、水道 GIS による滞留時間解析の結果、区域中、全 3358 節点での滞留時間が下位 5%となる地点であり、水質管理地点は残塩濃度等のモニタリング計器が設置されている地点である。使用データは、実測データから残留塩素濃度、水温及び電気伝導度である。また、オンライン時間データから葛西給水所総配水量・直送配水量・残塩濃度・水温・貯水量及び東南幹線送水量を用いた。

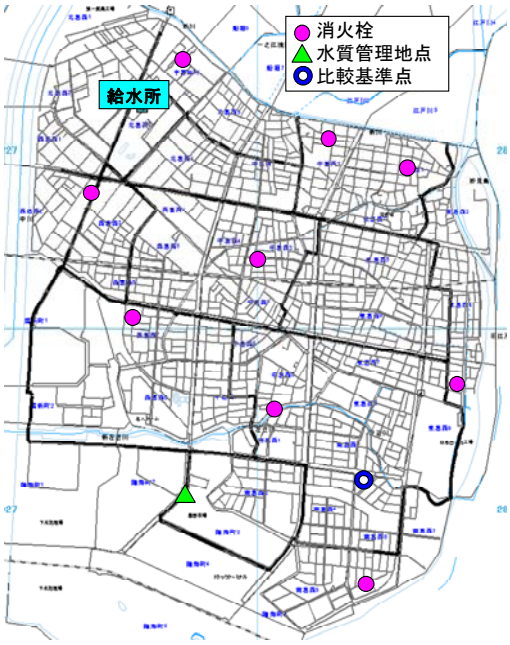

図１　葛西配水区域管網図

３．残留塩素濃度減少モデルの推定

一般に、送配水過程における残塩濃度の時間変化は、1 次反応速度モデルで表される。

$$C_{TP} / C_0 = \exp(-k \times TP) \qquad \cdots(1)$$

ただし、C_0は初期残塩濃度[mg/L]、C_{TP}は TP 経過後の残塩濃度[mg/L]、k は包括残留塩素濃度減少速度係数（以下、包括残塩減少係数と呼ぶ）[hr^{-1}]、TP は経過時間[hr]である。

また、k は(2)式のように水質成分由来残塩減少係数 k_b[hr^{-1}]と管壁由来の残塩減少係数 k_w [hr^{-1}]に分けられ、k_b は既往の研究[2)]により(3)式で表されることが報告されている。

$$k = k_b + k_w \qquad \cdots(2)\ , \qquad k_b = B \times (TOC / C_0) \cdot \exp(-Ea / RT) \qquad \cdots(3)$$

ただし、TOC は TOC 濃度[mg/L]、R は気体定数、T は水温[K]、B 及び Ea は係数である。

ここで、(3)式を対象区域における水質(TOC 濃度及び水温)に適用したところ、夏期で k_b は平均 0.00630hr^{-1} と推定された。また、口径の大きい配水管については k_w が小さく省略可能であり、Φ150 以下の管では k_w=0.004hr^{-1} と推定された。

【キーワード】残留塩素　配水管網　低減化　水道 GIS　1 次反応速度モデル
【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　TEL.0426-77-2789

得られた包括残塩減少係数 k を対象区域の水道 GIS モデルに適用し、残塩濃度の算定結果を 9 箇所の消火栓における実測値と比較したところ、平均絶対誤差 0.027mg/L と実用可能なモデルであることが確認できた。推定の概要を**表 1** に示す。

表 1　残塩減少係数モデルの推定概要

水 温 (℃)	24.2
TOC濃度 (mg/L)	0.70
水質由来係数k_b(hr^{-1})	0.0063
管壁由来係数k_w(hr^{-1})	0.0040
平均絶対誤差(mg/L)	0.027

4．高度浄水処理に伴う残塩低減化の検討

得られたモデルによる管網中の全 3358 節点の残塩濃度を検討した結果、全期間全域での平均で 0.61mg/L と高い残塩濃度を示したため、給水所出口での残塩濃度を低減化した場合の解析を行うことで、配水区域全体の残塩濃度低減化を試算した。その際、管網末端近くに位置する比較基準点での下限値として、0.2mg/L にモデルの平均絶対誤差 0.027mg/L を加えた、0.227mg/L を仮定した。各低減幅の場合の比較基準点における残塩濃度時系列を**図 2** に示す。**図 2** より、低減化幅を 0.35mg/L とした場合に、比較基準点において下限値を下回ったため、給水所出口での残塩濃度低減可能幅は 0.30mg/L と判断された。このとき、全期間全域での平均残塩濃度は 0.32mg/L となった。全節点における、現状及び低減化後の残塩濃度分布を図 3 に示す。図 3 より、残塩濃度は低減化されるとともに、分布幅も狭くなり平準化される様子が確認できる。

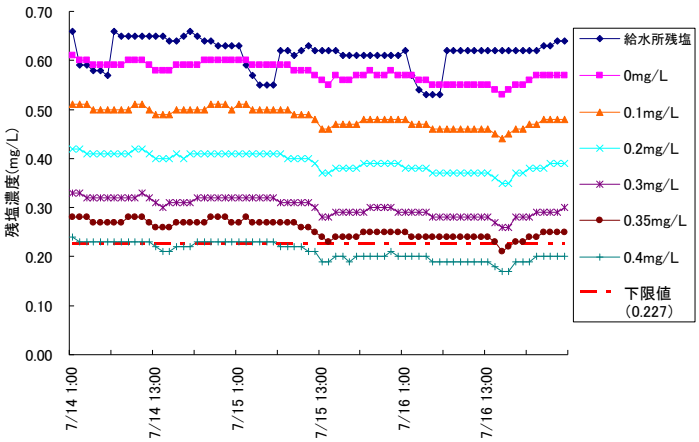

図 2　各低減化幅の比較基準点残塩濃度

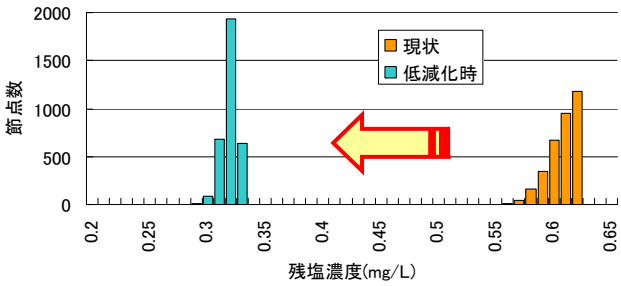

図 3　残塩濃度ヒストグラム

高度浄水処理が 100%導入された場合に TOC が現状の半分になると仮定したシナリオを設定し、同様のシミュレーションを行った。また、このときの k_b は 0.00315hr^{-1} である。シミュレーション結果の概要を**表 2** に示す。高度浄水 100%導入時における残塩濃度シミュレーション結果は、現状のシミュレーション結果に比べ、配水管網の比較的下流の節点において 0.01～0.02mg/L 高い残塩濃度となるが、低減可能幅については前述と同様に 0.30mg/L となった。

表 2　シミュレーション結果概要

残塩濃度 (mg/L)	現状水質		高度浄水100%	
	残塩現状	低減後	残塩現状	低減後
全域平均値	0.61	0.32	0.62	0.32
水質管理地点	0.60	0.31	0.61	0.32
比較基準点	0.58	0.30	0.60	0.31

5．おわりに

本稿では、より高品質な給水の実現にむけ、水道 GIS を用いた配水区域における残塩濃度分布の把握、及び高度浄水処理の推進を伴った残塩低減化に関する考察を行った。今回対象とした配水区域では、口径の比較的小さい管について管壁由来の残塩減少を考慮する必要があるが、配水管の材料改善が進んだことにより従前に比べ残塩消費が少なくなっていると推察された。また、高度浄水 100%導入を想定した残塩濃度シミュレーションより、給水所出口における残塩濃度を 0.30mg/L 程度低減可能と推定された。今後は、他の配水区域における分析によりモデルの汎用性を検証し、残塩濃度の低減化可能性について検討を進めて行きたい。

【参考文献】
1）和田、小泉、稲員、荒井、増子、今井、秋山：配水区域における滞留時間分布からみた水質管理地点の評価に関する一考察、第 61 回全国水道研究発表会概要集、pp.344-345、2010
2）佐藤、吉沢、及川、尾崎、苧阪、稲員、小泉：送配水系統における実用的な残留塩素濃度予測式、水道協会雑誌 第 77 巻 第 11 号、pp.4-14、2008