

残塩濃度低減化シミュレーションによる追塩シナリオの検討

首都大学東京大学院 学生会員 ○清水 和輝 ・ 正会員 稲員とよの
 首都大学東京大学院 正会員 國實 誉治 ・ 学生会員 金 敏哲
 首都大学東京大学院 フェロー 小泉 明
 東京都水道局水質センター 北澤 弘美 ・ 日本水道協会工務部 佐藤 親房

1. はじめに

近年,水道需要者のニーズは多様化・高度化しており,「安全でおいしい水」を供給するためには残留塩素(以下,残塩)濃度の低減化が求められる.しかし,水需要変動の影響を受け時々刻々変化している流況の中,残塩濃度の変化を正確に把握することは困難である.給水区域全域において適正化を図るためには,送水・配水過程における残塩濃度の挙動を捉え,きめ細かな残塩濃度管理が重要課題となる.そこで本稿では,浄水場から配水管網末端までを考慮し,水道GISを援用して残塩濃度低減化シミュレーションを行うことで,送配水システムにおける残塩濃度低減の可能性について定量的に評価するとともに,将来を見据えた浄水場・給水所における残塩濃度管理方法について検討する.

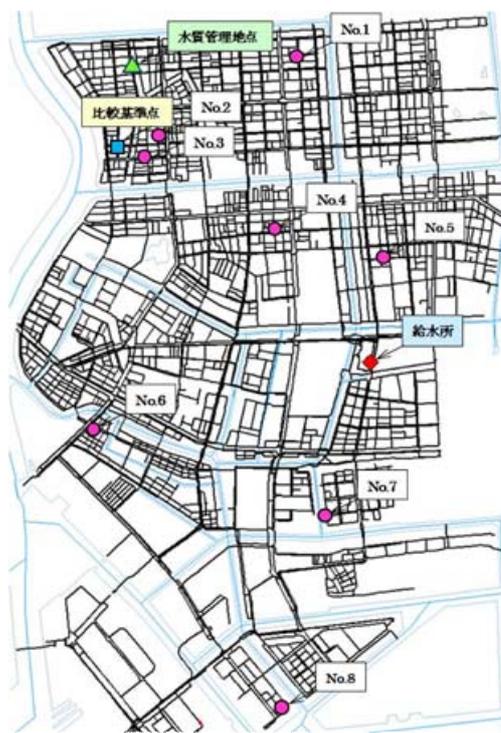


図1 豊住配水区域管網図

2. 対象地域と使用データ

対象地域は,東京都東部に位置する東南幹線の送水系統とそれに属する西瑞江・葛西・江東・豊住配水区域で,平成25年4月より高度浄水処理100%導入の予定となっている.残塩濃度と水温の実測調査が実施された平成18年度において残塩消費の大きな夏期を分析対象とした.

図1に豊住配水区域内の水質管理地点と,調査地点(8箇所の消火栓)を示す.また,図1内の比較基準点は,管網解析ソフト水道GISによる滞留時間解析の結果,区域内の全4478節点における滞留時間分布において下位5%となる地点で,残塩濃度低減化の目安とする地点である¹⁾.浄水場オンライン時間データより三郷・金町残塩濃度と送水量を,給水所オンライン時間データより給水所総配水量,直送配水量,残塩濃度,水温,貯水量及び給水所引入れ量を分析に用いた.

図1内の比較基準点は,管網解析ソフト水道GISによる滞留時間解析の結果,区域内の全4478節点における滞留時間分布において下位5%となる地点で,残塩濃度低減化の目安とする地点である¹⁾.浄水場オンライン時間データより三郷・金町残塩濃度と送水量を,給水所オンライン時間データより給水所総配水量,直送配水量,残塩濃度,水温,貯水量及び給水所引入れ量を分析に用いた.

3. 配水区域内における低減可能幅の推定

一般に,送配水過程における残塩減少は一次反応速度モデルに従うと言われている.

$$C_{TP} = C_0 \cdot \exp(-K \times TP) \quad \dots(1)$$

$$K = k_b + k_w \quad \dots(2)$$

ただし,TPは経過時間[hr],C₀は初期残塩濃度[mg/L],C_{TP}はTP経過後の残塩濃度[mg/L],Kは包括残塩濃度減少速度係数[hr⁻¹],k_bは水質成分由来残塩減少係数[hr⁻¹]²⁾,k_wは管壁成分由来残塩減少係数[hr⁻¹]である.

残塩減少係数を水道GISに入力し,配水区域全域を対象とした残塩濃度解析を行い,高度浄水処理100%導入時における区域内の残塩濃度分布について分析を行った.各配水区域において全域平均で0.5~0.56mg/Lと高い残塩濃度分布となっていることが分り,配水区域全域を対象とした残塩濃度低減化

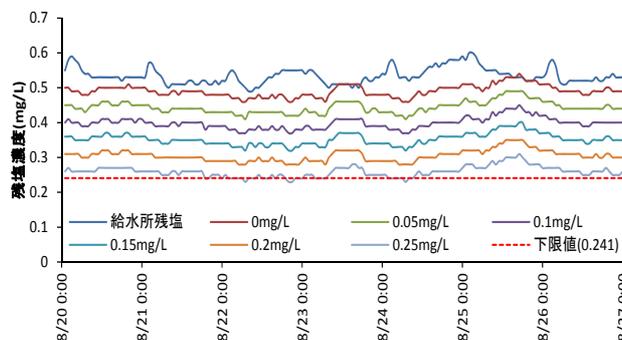


図2 各低減幅における比較基準点の残塩濃度時系列

【キーワード】送配水システム 残留塩素 水道GIS 高度浄水処理 追加塩素

【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.& FAX.042-677-2789

が有用であると判断した。ここで、低減化の検討にあたり、管網末端に位置する比較基準点において下限値を設定することとする。安全性を考慮し、0.20mg/Lに配水区域内残塩濃度推定モデルの誤差を加えた値を下限値とした。低減幅毎の残塩濃度時系列を豊住配水区域について図2に示す。図2より、低減幅を0.25mg/Lとした場合に、比較基準点における基準値を下回る時間帯が存在するため、豊住給水所出口における残塩濃度低減可能幅は0.20mg/Lと判断された。また、他の配水区域において同様の分析を行ったところ、低減可能幅は西瑞江で0.20mg/L、葛西で0.25mg/L、江東で0.15mg/Lと推定された。

4. 給水所における追塩のシナリオ分析

得られた各給水所における残塩濃度低減可能幅を用いて、浄水場出口における残塩濃度低減化分析を行い、塩素削減量を試算した。ここでは、追加塩素装置をどの給水所にも設置可能であると仮定し、各給水所を低減目標とした計4つの追塩シナリオを設定した。低減化を検討する際、各給水所入口の残塩濃度を判断基準とし、比較基準点における残塩濃度下限値を確保可能な給水所出口最小残塩濃度に給水所内残塩減少量を加算することで、給水所入口最小残塩濃度を算定し、浄水場における残塩濃度低減幅を分析した。低減化シミュレーションのイメージを図3に示す。

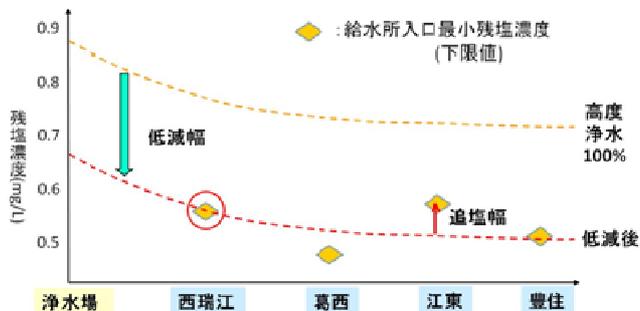


図3 低減化シミュレーションのイメージ

表1 各シナリオにおける塩素削減率の比較

シナリオ	①	②	③	④
浄水場低減可能幅(mg/L)	0.15	0.25	0.10	0.20
現状の添加量(kg/day)	308.9			
総低減量(kg/day)	45.7	65.2	32.5	57.6
削減率(%)	14.8	21.1	10.5	18.6

※シナリオ①：西瑞江を低減目標，シナリオ②：葛西を低減目標
シナリオ③：江東を低減目標，シナリオ④：豊住を低減目標

シナリオ①では西瑞江給水所入口最小残塩濃度を低減の制約条件として、三郷・金町浄水場出口の初期残塩濃度を0.05mg/L ずつ低減していったところ、0.20mg/L 低減した時に給水所入口最小残塩濃度を下回る時間帯が生じたため、浄水場出口における残塩濃度低減可能幅は0.15mg/Lと推察された。その際、江東給水所において下限値を下回っていたため、不足分である0.05mg/Lを追塩で補うものと考えた。他のシナリオについても同様な分析を行ったところ、表1に示す浄水場における低減可能幅及び必要となる追塩量を得た。さらに、総低減量(浄水場低減量と給水所追塩量の差分)を求め、シナリオの比較を表1に示す。

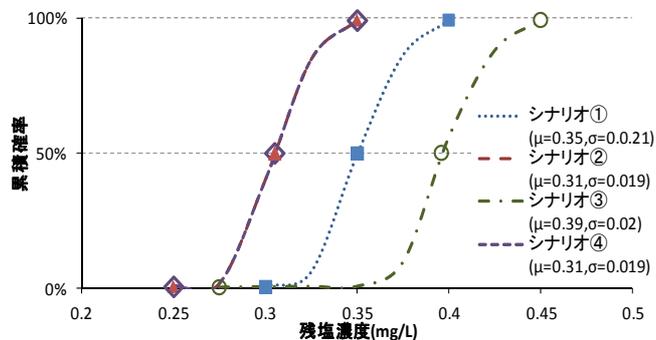


図4 豊住配水区域内残塩濃度分布

表1より、江東給水所入口最小残塩濃度を低減の制約条件とする(追塩は不用となる)シナリオ③で塩素削減率約 11%であるのに対し、シナリオ②では約 21%と最も高い塩素削減効果を示している。最後に、各シナリオにおける低減後の配水区域内残塩濃度分布を図4に示す。図4を見ると、シナリオ②とシナリオ④において、残塩濃度の低減化とともに平準化効果大きいことがわかる。以上より、本研究で対象とした東南幹線において、給水所で追塩を行う場合、シナリオ②が最も効果的であることが明らかとなった。

5. おわりに

本稿では、浄水場及び給水所における残塩濃度管理の一助とするため、水道 GIS を用いて浄水場から管網末端までを対象とした残塩濃度低減化シミュレーションを行った。高度浄水処理と追塩を併用することで、現状の塩素量を最大で 2 割程度削減可能であることを明らかにすると共に、残塩の低減化と平準化を同時に実現可能な残塩濃度管理方法を明らかにすることができた。今後は、秋期、冬期についても同様の分析を進めていく必要があると考えている。

【参考文献】

- 1) 和田賢太郎, 稲員とよの, 荒井康裕, 小泉明, 増子敦, 石井美樹, 秋山正茂: 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) 稲員とよの, 小泉明, 荒井康裕, 佐藤親房, 尾崎勝, 渡辺映一: 送水管路におけるフィールド調査に基づく残留塩素減少モデルに関する研究, 環境工学研究論文集, 第 45 号, pp.605-612, 2008