

II. 厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）  
「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」  
分担研究報告書

送配水管における水質等の変化の予測及び実証（実証）

研究分担者 氏名：長岡裕 所属：東京都市大学工学部

研究要旨

小規模水道事業者の基幹管路において、求められる監視項目と監視方法の提案を目的に、実証フィールドである、河川水を原水とする膜ろ過方式の小規模浄水場（S 浄水場）から延長約 3km ダクタイル鋳鉄管の送配水管系統において、原水、浄水、消火栓 7 箇所から 3 回採水し、水質分析を行った。また、微粒子の存在濃度に関連するろ過抵抗を測定するとともに、膜に捕捉される微粒子の元素組成及び有機物の官能基の定性・定量分析を試みた。なお、同系統は令和元年 10 月の台風 19 号によって被災したため、その後の調査が不可能となった。そこで、平成 29、30 年度に実施した採水調査の精度向上を目的として、同年 12 月より、同じく膜ろ過方式の小規模浄水場（K 浄水場）から延長約 6km ダクタイル鋳鉄管の送配水管系統において、原水、浄水、消火栓 5 箇所等から 2 回採水し、水質分析及び定性・定量分析を試みた。その結果、管路内において微細なたんぱく質を含む粒子が発生しており、それらも一つの原因となって、水道水の配水管内での流下に伴う水中の残留塩素濃度が低減することや、減少速度は水道水の水温に強く影響されることが示された。また、荒井研究分担者によって構築された NN モデルによる残留塩素濃度減少速度の推定値は、実測値と整合するものとなり、同モデルの実用性を実証することができた。

A. 研究目的

小規模水道事業者の基幹管路である小規模送配水管系統の実証フィールドにおいて、水質測定等を行い、管内での水質変化等を実証することにより、管路網管理の向上に向けた、監視項目と監視方法について提案することを目的としている。

併せて、測定結果は、荒井研究分担者が構築する NN モデルの実証と実用性を裏付けることを目指すものである。

B. 研究方法

図 1 に、S 浄水場系統における調査地点の概要を示す。河川水を原水とする膜ろ過

方式の小規模浄水場から延長約 3km のダクタイル鋳鉄管（150mm）の送配水管系統において、原水、浄水、消火栓等 7 箇所から採水を行った。なお、この系統には配水池が 1 箇所存在している。

図 2 に、K 浄水場系統における調査地点の概要を示す。河川水を原水とする膜ろ過方式の小規模浄水場から延長約 6km のダクタイル鋳鉄管の送配水管系統において、原水、浄水、消火栓 5 箇所、末端に位置する公園の給水栓の合計 8 箇所から採水を行った。なお、この系統には配水池が 2 箇所存在している。



図 1 S 浄水場系統の採水場所

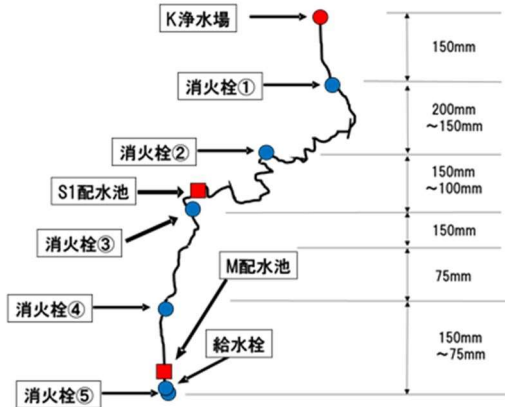


図 2 K 浄水場系統の採水場所

採水調査は、S 浄水場の送配水管系統を対象とし、令和元年 8 月～11 月までに 3 回採水し、現地における残留塩素濃度の測定等を行い、実験室内において試料水を孔径 0.5  $\mu$ .PTFE 膜及び 0.45 $\mu$ .45 実験膜でろ過を行い、微粒子のろ過抵抗を測定するとともに、膜に捕捉される微粒子の元素組成及び有機物の官能基の定性・定量分析を行った。なお、同系統は、令和元年 10 月の台風 19 号によって被災したため、その後の調査が不可能となった。そこで、平成 29、30 年度に実施した K 浄水場の送配水管系統における水質分析等の精度向上を目的として、令和元年 12 月～令和 2 年 2 月までに 2 回採水を行い、S

浄水場系統と同様な水質分析及び定性・定量分析を行った。

### C. 研究成果

図 3 に、S 浄水場系統における残留塩素濃度の変化を示す。浄水場から 800m 付近までは残留塩素濃度が減少する傾向を示した。一方、それより下流では一律に減少する傾向は示さなかったが、配水池下流では大きく減少する傾向が示された。

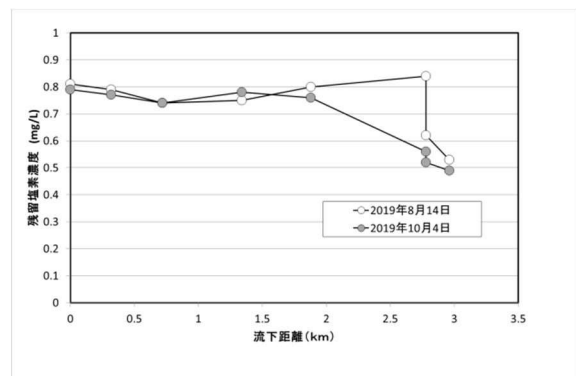


図 3 S 浄水場系統における流下距離と残留塩素濃度との関係

図 4 に、K 浄水場系統における残留塩素濃度の変化を示す。なお、図 4 には平成 29、30 年度の結果を併せて示している。管路末端付近において大きな減少速度を示しているが、全体としてはほぼ直線的に残留塩素濃度が減少していることが確認された。

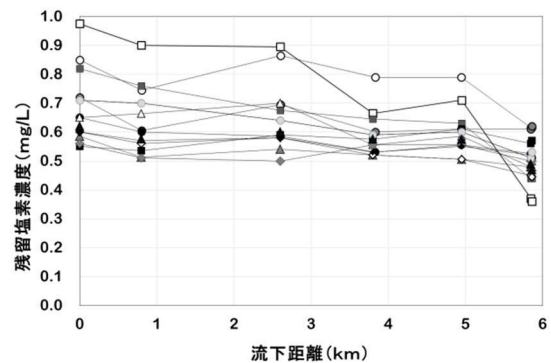


図 4 K 浄水場系統における流下距離と残留塩素濃度との関係

図 5 に、図 4 のデータを直線近似して得られた残留塩素減少速度 (mg/L/km) と浄水場出口における水温との関係を示す。また、同図には、荒井研究分担者によりニューラルネットワークを活用して構築した残留塩素濃度減少幅を予測する NN モデルによる予測値 (平成 28 年 8 月 1 日~7 日、同年 9 月 1 日~9 月 7 日の 1 時間ごとの予測値) を基にした、残留塩素濃度減少速度の推定値を併せて示す。なお、荒井研究分担者のモデルでは、給水末端の水温データを用いているため、この水温から 4℃を減じた値を浄水場出口の値とした。水温の上昇とともに残留塩素減少速度が大きくなること、NN モデルによる推定値は、実測値と矛盾しない領域に分布していることが示され、本測定によって荒井研究分担者の構築した NN モデルの妥当性を示すことができた。

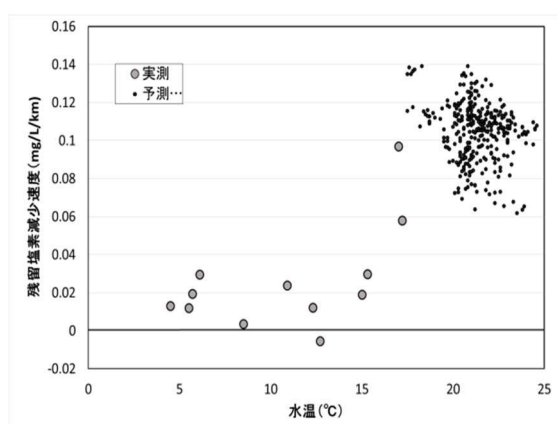


図 5 残留塩素濃度減少速度と浄水場出口水道水の水温との関係

図 6 に、令和元年 12 月に採水を行った K 浄水場系の試料水を PTFE 膜でろ過した残差物の IR スペクトルを示す。過去 2 年間のデータと同様に、波数  $1540\text{cm}^{-1}$ 、 $1650\text{cm}^{-1}$ 、 $3300\text{cm}^{-1}$  において透過率のピークが見られる。これらは、N-H 結合及びアミド結合の C=O 結合に由来するものであり、たんぱく質の存在を示しているものと考えられる。

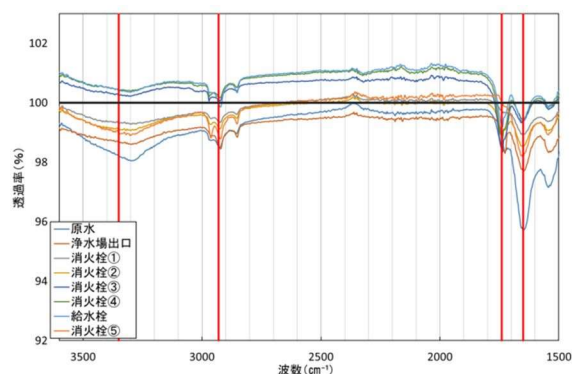


図 6 令和元年 12 月の K 浄水場系から採水した PTFE 膜上残差物の IR スペクトル

これらのピークは原水で大きく、水道水では小さい傾向があり、ある程度の定量性を示していると考えられたため、 $1650\text{cm}^{-1}$  のピークの大きさをスペクトル図より読み取り、その大きさと管路の流下距離との関係を示したものが図 67 である。図 7 の縦軸は水道水中のタンパク質の濃度と相関関係がある指標と考えられるが、原水を膜ろ過して減少したたんぱく質が管路を流下するにしたがって徐々に多くなっている様子が見られることから、管内で何らかのたんぱく質の微粒子が発生していることが伺える。

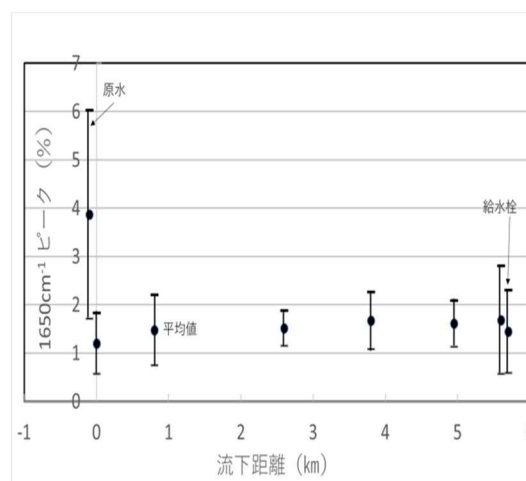


図 7 流下距離と PTFE 膜 ( $0.5\mu\text{m}$ ) 上のろ過残差物の IR スペクトルの  $1650\text{cm}^{-1}$  付近のピーク高さとの関係

## D. 考察

膜ろ過を浄水システムとして採用している小規模送配水管系統において、配水管における流下とともに残留塩素濃度が減少し、その減少速度が水温によって大きく左右されることが示された。

図 5 に示すように、荒井研究分担者によって構築された NN モデルによる残留塩素濃度減少速度の推定値は、流下方向に残留塩素濃度を測定し、その結果を直線回帰して得られた減少速度の実測値と矛盾しない値となっており、NN モデルの妥当性が示されるとともに、NN モデルの推定結果（配水系統の入口（浄水場出口）と出口（管路末端）のみの値による予測）を配水管路延長で内挿しても問題がないことを示している。

送配水管内で微小なたんぱく質粒子が発生していることが伺え、これも残留塩素濃度減少の要因であることが推察された。

## E. 結論

小規模な膜ろ過浄水場を出発点とする小規模送配水管系統において、水質分析を行った結果、送配水管の流下に伴う残留塩素濃度の減少速度が水温の影響を強く受けることを確認した。

残留塩素濃度減少速度の NN モデルによる推定値は、実測値と整合性のものとなり、NN モデルの妥当性及び NN モデルの配水管延長内での内挿が可能であることを示した。

送配水管内では、微細な粒子ある（ $0.5 \mu\text{m}$  以上）の濃度のたんぱく質が増加している傾向があることがうかがえ、それらも一つの原因となって水道水中の残留塩素濃度が減少していることが推測された。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

## 2. 学会発表

1) 長岡裕：小規模水道の送配水管における残留塩素濃度及び濁質の挙動，令和元年度全国会議（水道研究発表会）講演集、pp.484-485、2019 年 11 月

## G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

### 1. 特許取得

該当なし

### 2. 実用新案登録

該当なし