

# 戸隠浄水場水系のハロ酢酸対策について

浄水課水質担当 山岸

## 1 目的

戸隠浄水場水系の中田給水栓水において、夏季にかけてジクロロ酢酸・トリクロロ酢酸濃度が図1のとおり高い傾向にある。原因としては、浄水場から給水栓までの配水経路が長い（概ね10km超）ため、滞留時間が長いことが原因の一つと考えられるが、浄水場から給水栓までの各種水質および他事業体の状況を調査することにより対策方法の検討を行った。

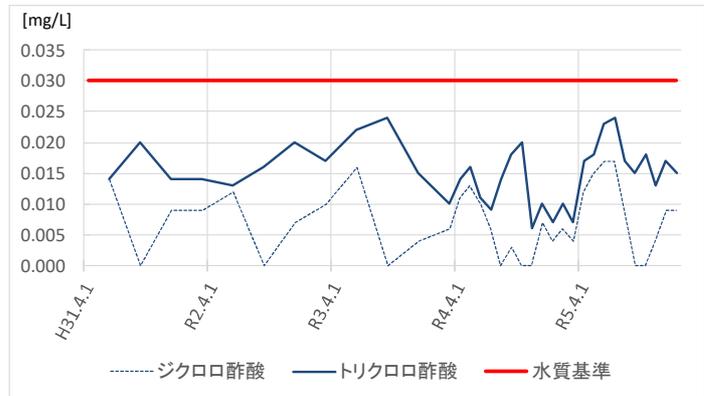


図1) ハロ酢酸の濃度推移(中田給水栓) [mg/L]

## 2 調査内容

令和5年7月～10月にかけて下記(1),(2)の水質調査およびアンケート調査を行った。

### (1) 活性炭除去効果調査

戸隠浄水場の活性炭吸着塔の処理前後の水質を調査し、活性炭処理がハロ酢酸前駆物質の除去に有効に作用しているかを調査した。ハロ酢酸前駆物質の指標項目としては、高い相関性<sup>1)2)</sup>が確認されているTOC、色度、E260を用いた。

### (2) 配水過程での水質変化調査

配水過程(図2)でのハロ酢酸等の濃度推移を調査した。

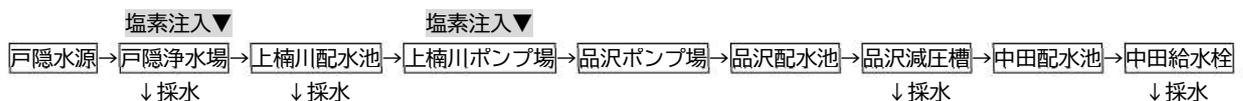


図2) 配水系統図

### (3) 粒状活性炭処理導入状況調査

主に中核市の水道事業体を対象に粒状活性炭処理の導入状況のアンケート調査を実施した。

## 3 調査結果

### (1) 活性炭除去効果調査

活性炭処理による各項目除去率は、3回の平均でハロ酢酸生成能が19～20%、色度が38%、TOCが23%、E260が9%であった。例年の活性炭交換時期が11月前後であるため活性炭の処理能力低下も考えられたが、図3のとおり、これまでの検査結果において活性炭の交換後でハロ酢酸の前駆物質の指標物質の著しい改善は見受けられなかった。よって、データは無いが、ハロ酢酸生成能においても活性炭交換後で除去率の改善は無いものと思われる。

表 1) 活性炭処理による各項目の除去率

| 採水日  | 活性炭生成能    |            |             | 色度  | TOC | E260 |
|------|-----------|------------|-------------|-----|-----|------|
|      | 700<br>酢酸 | ジ700<br>酢酸 | トリ700<br>酢酸 |     |     |      |
| 7/25 | 25%       | 27%        | 24%         | 38% | 9%  | 7%   |
| 8/14 | 33%       | 26%        | 32%         | 45% | 36% | 15%  |
| 9/20 | 0%        | 7%         | 0%          | 31% | 23% | 4%   |
| 最大値  | 33%       | 27%        | 32%         | 45% | 36% | 15%  |
| 最小値  | 0%        | 7%         | 0%          | 31% | 9%  | 4%   |
| 平均値  | 19%       | 20%        | 19%         | 38% | 23% | 9%   |

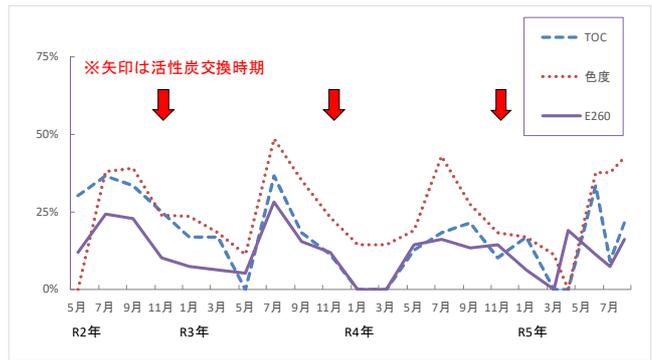
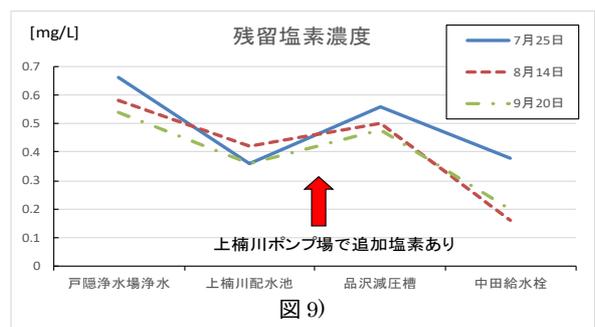
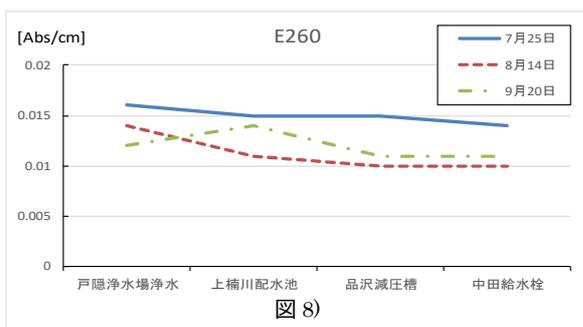
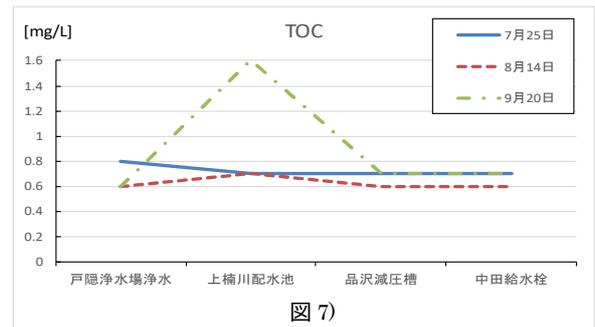
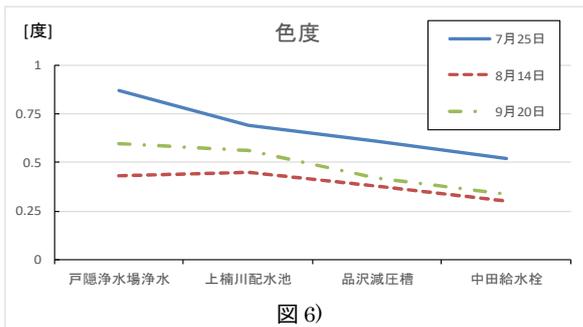
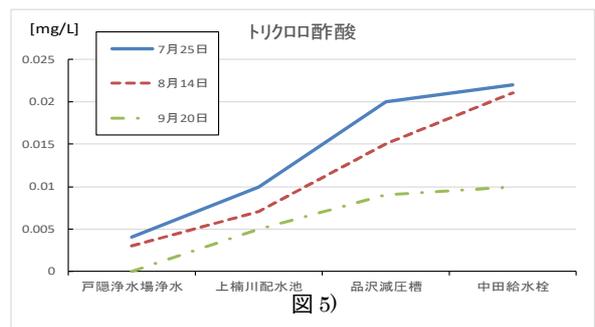
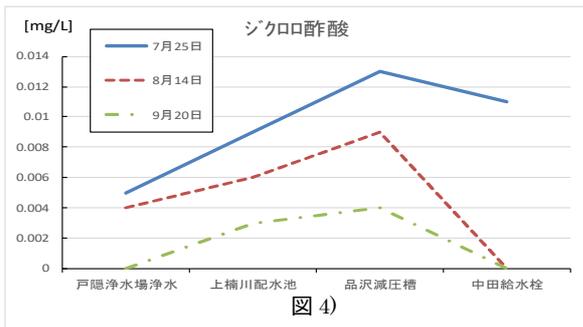


図 3) 戸隠浄水場の活性炭処理除去率

(2) 配水過程での水質変化調査

700酢酸は、戸隠浄水場浄水以降全て定量下限未満であった。ジ700酢酸(図 4)は、品沢減圧槽まで上昇傾向にあったものが、それ以降は減少傾向にあった。一方トリ700酢酸(図 5)は、中田給水栓まで上昇傾向が見られた。色度(図 6)は、戸隠浄水場から中田給水栓までほぼ一様に減衰傾向を示した。TOC(図 7)、E260(図 8)、については、今回の結果からは顕著な傾向は確認されなかった。なお、上楠川配水池の 9 月 20 日における TOC の値に著しい増加があったが、原因は不明である。残留塩素濃度(図 9)は、戸隠浄水場から中田給水栓までほぼ一様な傾向を示した。



(3) 粒状活性炭処理導入状況調査

【資料-粒状活性炭処理導入状況について(まとめ)】 のとおり

## 4 考察

### (1) 活性炭除去効果調査

ハロ酢酸の低減化技術としては、前駆物質の低減化と生成抑制による手法があり、その効果としては文献<sup>3)</sup>によると以下の表 2 のとおりとされる。

表 2 によると、粒状活性炭処理によるハロ酢酸低減効果は他の処理と比較しても優位な 80%とされている。しかし、表 1 のとおり現行の粒状活性炭処理によるハロ酢酸生成能の除去率は 20%を下回っていること、図 3 のとおり活性炭交換後もハロ酢酸の前駆物質指標濃度に改善は見られないことから、現状の活性炭処理ではハロ酢酸の前駆物質であるフミン質等の有機物除去には有効に機能していないことが示唆された。

表 2) 制御プロセスによる消毒副生成物低減効果の目安

| 制御プロセス      | 期待される効果 | ハロ酢酸低減効果 |
|-------------|---------|----------|
| 凝集強化処理      | 前駆物質低減  | 40～60%   |
| 粉末活性炭処理     | 前駆物質低減  | ～60%     |
| 粒状活性炭処理     | 前駆物質低減  | 80%      |
| オゾン-生物活性炭処理 | 前駆物質低減  | 80%以上    |
| ナノろ過処理      | 前駆物質低減  | 80%以上    |
| 生物処理        | 前駆物質低減  | 20～30%   |
| 中間塩素処理      | 生成抑制    | 20～40%   |
| 残留塩素濃度低減処理  | 生成抑制    | 20～30%   |

### (2) 配水過程での水質変化調査

ハロ酢酸は、浄水場の時点で検出されなかったが、長野市のみならず国内の浄水場でも浄水で検出されることはほとんどない。反応性が高く、すぐにジハロ酢酸およびトリハロ酢酸に変化したものと思われる。トリハロ酢酸は、浄水場から給水栓まで上昇傾向を示した一方で、ジハロ酢酸は品沢減圧槽まで上昇しそれ以降下降傾向にあったが、これは、ジハロ酢酸の酸化が進行しトリハロ酢酸に変化したものと推量される。

色度は、浄水場から給水栓まで減少傾向がみられた。これは、色度が水中の溶解性物質およびコロイド性物質が呈する黄色ないし黄褐色の程度を示すものであり、配水過程での残留塩素との反応により無色のハロ酢酸に変化したことが一つの要因であることを示していると考えられる。

TOC は、顕著な傾向は確認されなかったが、増加要因としては配水池等での水圧が解放された箇所からの異物等の混入や、管路に堆積した夾雑物の混入等が考えられる。

戸隠浄水場での塩素注入量を低減し、上楠川ポンプ場での追加塩素注入量調整により、残留塩素濃度低減によるハロ酢酸低減化が図れると考えたが、表 2 よりその効果は、20%～30%であることから、維持管理性や他の分岐配水システムへの影響を鑑みると、その労力に見合った有効性は低いと思われる。

### (3) 粒状活性炭処理導入状況調査

【資料-粒状活性炭処理導入状況について(まとめ)】 のとおり

## 5 まとめ

戸隠浄水場水系におけるハロ酢酸対策および施設の運転管理について、以下のことが望まれる。

### ①粒状活性炭の変更

今回の調査で有機物、カビ臭除去の高い有効性が確認された大阪ガスケミカル製の石炭系活性炭を採用する。なお、メーカーホームページによるとフミン質除去に有効な石炭系粒状活性炭は、粒径の大きい LGK-400 と粒度の小さい LGK-700 の 2 種類あるが、戸隠浄水場は粒状活性炭の前段にろ

過がないため、濁質の目詰まりの観点から粒径の大きい LGK-400 を選択する（三ヶ野浄水場と同じもの）。

#### ②粒状活性炭交換時期の変更

現状の活性炭交換時期は、原水の水質が安定する 11 月頃に行っているが、ハロ酢酸濃度が上昇を始める初夏頃には機能低下が進行している可能性があるため、その直前（5 月～6 月）を目途に実施することで活性炭の効果を最大限に活用できる。

#### ③活性炭再生利用の検討

現状、毎年新炭に交換しているが、再生利用でコスト的なメリットがあれば導入を検討する。戸隠浄水場は活性炭吸着塔が 1 系統しかないため、活性炭再生中の浄水処理をどうするかが課題であるが、水質の安定する冬季に実施するなどの方法がある。なお、現状も活性炭交換中は、活性炭吸着塔を迂回させている。

#### ④戸隠水源の取水方法の改善

今回の調査結果からは逸れるが、戸隠水源の水質改善のため、現状停止している瑪瑙沢口からの取水を再開することが望ましい。【資料-戸隠水源の瑪瑙沢（めのうさわ）流入口について】

#### 【参考文献】

- 1) 野呂 健介ら，函館市の緩速ろ過方式浄水場における消毒副生成物濃度予測および指標項目等の把握調査，令和元年度全国会議（水道研究発表会），pp.806-807
- 2) 中村洋ら，原水の E260 を利用した消毒副生成物生成量の予測に関する研究，衛生工学シンポジウム論文集, 9,2001, pp.242-244
- 3) 伊藤禎彦ら，水の消毒副生成物，技報堂出版，2008, p.255

## 戸隠水源の瑠璃沢（めのうさわ）流入口について

浄水課

令和3年12月より熊の塔沢口の水門自動化が完了し、熊の塔沢口からの流入となっている。これに伴い、瑠璃沢口からの流入は廃止された。

これは、濁水発生時の口操作を容易にするためであり、瑠璃沢口が管理棟から遠い位置にあり、濁水発生時に速やかな操作が難しいことが要因となっていた。

貯水池の水は水温上昇の防止、水処理障害生物の発生抑制の観点から、滞留時間をなるべく短くし、池全体の水が常に入れ替わっている状態を作ることが必要である。熊の塔沢口は越流堰に近く、流入した水が貯水池の水の入れ替わりに十分寄与しないまま越流してしまっている。戸隠水源の水質管理上、瑠璃沢は瑠璃沢口から流入させ、貯水池の水の入れ替わりを促進させることが望ましい。しかし、年間を通じて瑠璃沢から流入させる場合、維持管理上の負担が著しく大きくなることから、従前の運用方法のように期間的な瑠璃沢口からの流入を再開する等、できる限り瑠璃沢からの流入を実施することが望まれる。

## 【これまでの瑠璃沢口運用状況】

- ・平成22年～：出水期(定義:6月1日から10月31日まで)に限って常時閉とする運用
- ・平成27年～：春から秋にかけて、常時閉とする運用
- ・令和3年12月～：常時閉とする運用

