

結合塩素処理にともなう亜硝酸態窒素生成の影響要因

首都大学東京大学院 ○正会員 山崎 公子 正会員 稲員とよの
 フェロー会員 小泉 明

1. はじめに

浄水処理において水道水中の有機物濃度が高い場合、残留塩素が遊離塩素として存在すると、有機物と遊離塩素が反応し有機塩素化合物(トリハロメタン)を生成する。トリハロメタンは人の健康に影響を及ぼすとされていることから、浄水中の有機物濃度が高い浄水場ではアンモニアを加えることにより遊離塩素を反応力の弱い結合塩素として有機物との反応を抑える処理(結合塩素処理)が行われている。遊離塩素すべてを結合塩素とするには、遊離塩素と反応する当量以上のアンモニアが必要であるが、反応終了後は塩素と結合しなかったアンモニアが水道水中に残存することになる。残存したアンモニアは送配水中に結合塩素の酸化力によりアンモニア態窒素→亜硝酸態窒素→硝酸態窒素へと反応が進行していく。したがって、反応途中では水道水中に亜硝酸態窒素が存在することとなる。平成26年4月1日より、水道水質基準に亜硝酸態窒素が追加された。従来、「硝酸態窒素+亜硝酸態窒素」の項目が基準としてあり、基準値は10mg/L以下であった。追加された亜硝酸態窒素は0.04mg/Lと低い値である。

本稿では、結合塩素処理を行っている水道事業者において、水道水中の亜硝酸態窒素生成の影響要因を把握することを目的とする。

2. 結合塩素処理浄水場の現状

東京都小笠原村には、父島・母島の2島それぞれに1か所ずつ浄水場があり、1986年より水道水中のトリハロメタン対策のため結合塩素処理を導入している。図1に浄水フローを示す。結合塩素処理の長所はトリハロメタンを生成しない、残留効果が高い、水にカルキ臭を残さないことが挙げられ、短所としては、窒素酸化物を水中に多く残留させる、消毒効果(酸化力)が弱いこと遊離残留塩素より高い濃度にする必要があることなどがある¹⁾。小笠原村ではマンガン処理のため凝集沈殿水に次亜塩素酸ナトリウムを注入し、ろ過後に硫酸アンモニウムを添加して結合塩素としている。そのため、トリハロメタン生成抑制効果は40%程度である。

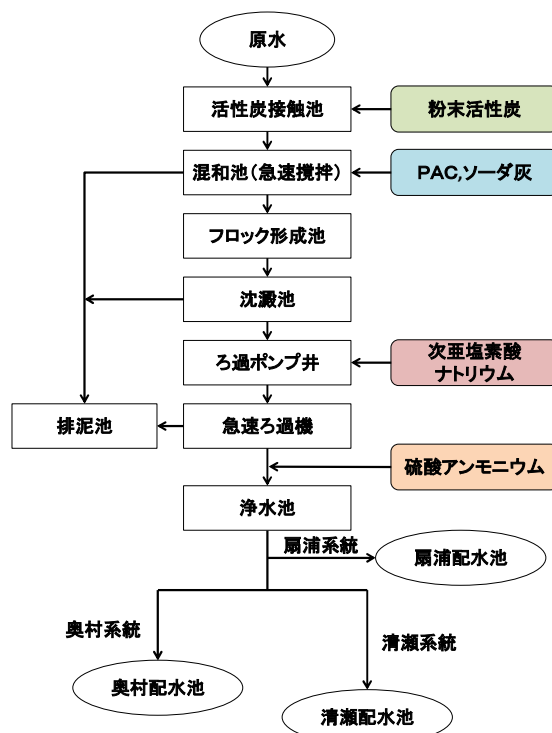


図-1 小笠原父島扇浦浄水場浄水フロー

3. 水質管理データ分析による影響要因抽出

平成26年度の管理月報、水質月報、月定期水質試験結果のデータを用いて、送水、奥村配水池、清瀬配水池、扇浦配水池での亜硝酸態窒素濃度への影響要因を分析した。亜硝酸態窒素は月1回の測定でありデータ数は12であり、原水水質、ろ水水質、薬品注入率、送水水質、各配水池水質との相関分析を行った。送水の亜硝酸態窒素については原水水質、ろ水等浄水処理過程の水質、薬品注入率及び送水水質の89項目、奥村配水池は奥村配水池水質を加えた110項目、清瀬配水池は奥村配水池と清瀬配水池水質を加えた131項目、扇浦配水池は扇浦配水池水質を加えた110項目である。薬品注入率は管理月報から水質測定日のデータを抽出して用いた。図2に水道水中の総トリハロメタン濃度の月変化、図3に水道水中の亜硝酸態窒素濃度の月変化、図4に水質試験採水日の薬品注入率の月変化を示す。

キーワード 亜硝酸態窒素, 結合塩素処理, 水道水, 硫酸アンモニウム

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京都市環境学部 TEL042-677-1111

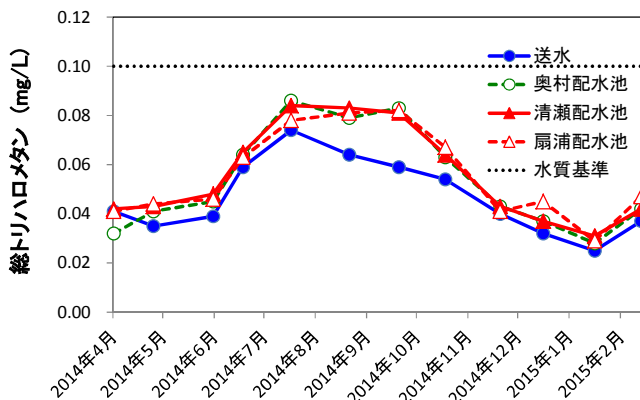


図-2 水道水中の総トリハロメタン濃度の月変化

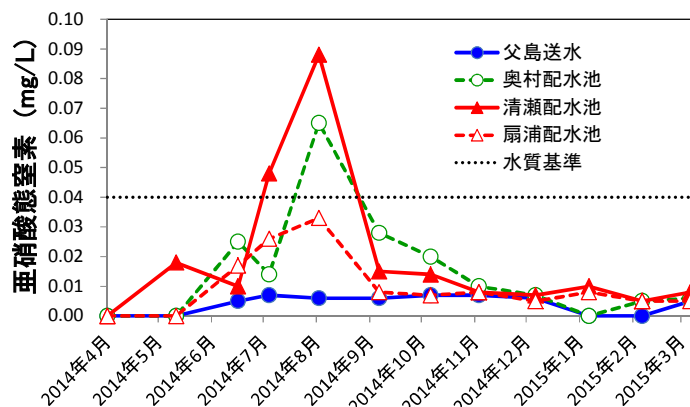


図-3 水道水中の亜硝酸態窒素濃度の月変化

送水の亜硝酸態窒素と正の高い相関関係がみられたのは、気温と水温である。気温や水温は水道水中の残留塩素消費の影響要因であり、残留塩素が消費されることによりアンモニアが硝酸まで酸化が進まず、亜硝酸態窒素として存在することになる。また、送水の総トリハロメタンとも高い相関関係にあり、残留塩素が有機物と結合して減少したことが原因と考えられる。負の相関関係が高い項目は、送水の鉄濃度とろ水の濁度であった。とくに、送水の鉄とは-0.965という高い相関係数となったが、理由は明確ではない。一部の鉄は酸化触媒として使用されることから、鉄の存在によりアンモニアの酸化が促進されたことが推定できる。

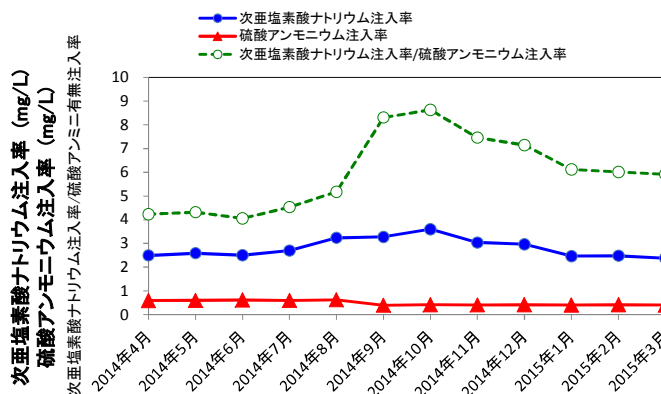


図-4 水質試験採水日の薬品注入率の月変化

奥村配水池の亜硝酸態窒素濃度と正の高い相関関係となったのは、原水マンガン濃度、送水と奥村配水池のトリハロメタン類、送水採水時の気温である。原水マンガン濃度が高いとマンガン処理のため塩素が消費されることが高い相関関係となったと考えられる。

清瀬配水池の亜硝酸態窒素濃度と正の高い相関関係が得られたのは原水のマンガン濃度、奥村配水池の亜硝酸態窒素濃度、未ろ水の色度、マンガン濃度である。負の高い相関関係となったのは奥村配水池と清瀬配水池の結合塩素濃度である。清瀬配水池は奥村配水池の分岐後に存在するため、この二つの配水池の水質変化は類似している。小笠原では、水道原水中の色度は、腐植酸が多く存在すると上昇する。したがって、トリハロメタン類を生成しやすい腐植酸が多く含まれることで、次亜塩素酸ナトリウム注入後、結合塩素処理の前に遊離残留塩素の消費が進み、結合塩素濃度が低くなったためアンモニアから硝酸への酸化が遅くなったことが原因と考えられる。扇浦配水池の亜硝酸態窒素濃度と正の高い相関関係となったのは、原水マンガン濃度、未ろ水の色度である。

次亜塩素酸ナトリウム注入率との相関係数が有意水準90%を超えたのは送水と奥村配水池の亜硝酸態窒素濃度であった。硫酸アンモニウム注入率との相関係数が有意水準90%を超えたのは清瀬と扇浦の配水池亜硝酸態窒素濃度となった。

4. おわりに

浄水場の維持管理を行う職員のヒアリング調査では亜硝酸態窒素生成の要因として次亜塩素酸ナトリウムと硫酸アンモニウムの注入率が大きく影響するとされた。しかし、今回の分析により、亜硝酸態窒素生成への影響要因としては残留塩素消費に強い影響を持つ項目が示された。今後、データ分析を進めトリハロメタン生成抑制と亜硝酸態窒素濃度の低減を共に考慮した方策を検討することが必要と考える。

参考文献

1) 小泉清: 水道水の消毒, 土木学会論文集G(環境, 水質汚濁研究 Vol. 11, No. 5, pp. 277-281, 1988