下水の臭素消毒により生成するトリハロメタン，ハロ酢酸およびハロアセトニトリル

金沢工業大学大学院環境土木工学専攻　○学生会員　福島　一
金沢工業大学環境建築学部環境化学科　正会員　土佐光司
金沢工業大学環境建築学部環境土木工学科　正会員　鹿田正昭

1. はじめに

下水の消毒は，放流先の衛生を保つために重要である。しかし，現在，広く行われている塩素消毒では，下水中のアンモニアと塩素が結合し，水中生物に対して毒性のあるクロラミンが生成されることが知られている。また，塩素注入後に生成するトリハロメタンなどの消毒副生成物が，生態系に悪影響を与えることも懸念される。これらの問題を解決するには，消毒副生成物が少ない消毒方法を開発する必要がある。

本研究では，臭素系消毒剤を用いた下水の消毒を行い，消毒副生成物として，トリハロメタン，ハロ酢酸およびハロアセトニトリルを GC/MS で測定した。また，同じ試料について，塩素消毒を行い，同様に消毒副生成物を測定し，臭素消毒における副生成物濃度との比較を行った。

2. 実験方法

2.1 試料

金沢工業大学内の浄化槽活性汚泥混合液を静置し，活性汚泥を沈殿させた後，上澄水を採取した。この上澄水を活性汚泥処理水として，消毒対象の試料に用いた。試料とした活性汚泥処理水の主な水質は，pH が 4.5，BOD が 56.45 mg/L，SS が 87 mg/L，アンモニア性窒素が 4.16 mgN/L であった[1)]。

2.2 消毒剤の注入

次亜塩素酸ナトリウム，1-ブロモ-3-クロロ-5,5-ジメチルヒダントイン（BCDMH）を用いて，試料の消毒を行った。注入範囲は，次亜塩素酸ナトリウム 0～40mgCl/L，BCDMH0～36mgBCDMH/L とした。

消毒剤を試料へ注入後，20℃に保ちながらスターラーで撹拌し，10 分間消毒を行った。消毒後，アスコルビン酸ナトリウムを加えて残留ハロゲンを処理した。

2.3 GC/MS による測定[2),3)]

消毒した試料中のトリハロメタン，ハロアセトニトリルおよび抱水クロラールは，tert-ブチルメチルエーテル（MTBE）を用いて抽出した。また，ハロ酢酸は，硫酸酸性条件下，MTBE を用いて抽出し，ジアゾメタンによるメチル化を行った。抽出物に，内部標準物質として 1,2,3-トリクロロプロパンを注入し，GC/MS で測定した。測定対象物質は，トリハロメタン 4 種類，ハロアセトニトリル 9 種類，抱水クロラール，ハロ酢酸 9 種類の計 23 種類とした。

3. 結果と考察

3.1 消毒副生成物質測定結果

次亜塩素酸ナトリウム消毒では，クロロホルム，ジクロロ酢酸およびトリクロロ酢酸が検出された。BCDMH 消毒では，クロロホルム，ブロモホルム，ジブロモアセトニトリルおよびジブロモ酢酸が検出された。

次亜塩素酸ナトリウム消毒では，クロロホルムの検出量が他の消毒副生成物より多かった。BCDMH 消毒では，臭素系消毒副生成物の検出量が多かった。

キーワード　消毒副生成物，次亜塩素酸ナトリウム，BCDMH
連絡先　〒921-8501　石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1　金沢工業大学環境化学科　土佐光司　ＴＥＬ076-248-9426

3.2 総トリハロメタン，総ハロ酢酸の比較

ハロアセトニトリルは検出量が少なかった。そこで，総トリハロメタン量，総ハロ酢酸量を算出し，両消毒方法を比較した。図 1 に次亜塩素酸ナトリウム消毒の総トリハロメタン量，総ハロ酢酸量を示した。注入率 20 mgCl/L 以上になると，総トリハロメタン量，総ハロ酢酸量ともに増加した。この原因は，クロロホルムの検出量が急激に増えたこと，ジクロロ酢酸，トリクロロ酢酸が定量下限値以上で検出されたことである。しかし，注入率 32 mgCl/L でクロロホルムの検出量が減ったため，総トリハロメタン量も同時に減少した。

図 2 に BCDMH 消毒の総トリハロメタン量，総ハロ酢酸量を示した。低注入率から，臭素系消毒副生成物が検出されたため，総トリハロメタン量，総ハロ酢酸量が増加した。しかし，次亜塩素酸ナトリウム消毒のような急激な増加は観察されなかった。

消毒剤注入率が低い場合では，BCDMH 消毒，すなわち臭素消毒のほうが，より高濃度の副生成物質が生成された。下水のようなアンモニアの存在下では，塩素は消毒力の低いクロラミンとなるため，臭素の消毒力は，塩素の数倍から十倍程度であるとされている。両消毒方法を比較するには，これらを考慮した上で，同程度の消毒力の注入率において，消毒副生成物質濃度を比較・検討する必要がある。

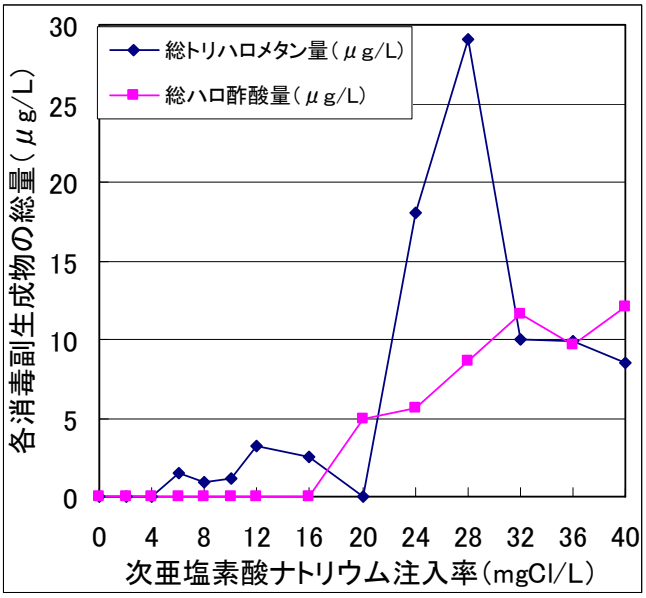

図 1. 次亜塩素酸ナトリウムの各消毒副生成物の総量

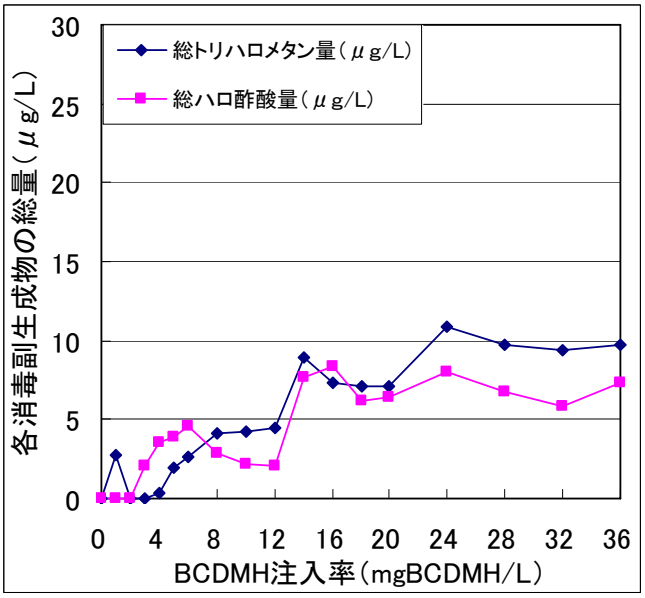

図 2. BCDMH の各消毒副生成物の総量

4.まとめ

次亜塩素酸ナトリウム消毒では，低注入率の範囲内では，消毒副生成物は少なかった。しかし，一定の注入率以上になると，急激に消毒副生成物濃度が増加した。BCDMH 消毒では，低注入率から臭素系消毒副生成物が検出された。今後は，繰り返し測定を行って，データの信頼性を高める必要がある。

謝辞

本研究を遂行するにあたり，根岸延之，草葉浩二，中山潤一の各氏には，多大なご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

1）下水試験方法・上巻（日本下水道協会，1997） 2）上水試験方法 2001 年度版（日本水道協会，2001）
3）猪飼誉友、本多幸康、富田伴一：水道水中の有機ハロゲン系消毒副生成物の一斉分析（第 54 回全国水道研究発表会，2003）