

臭素系消毒剤 BCDMH による下水の消毒副生成物に関する研究

金沢工業大学環境系環境質保全コア 正会員 土佐光司

金沢工業大学環境系環境質保全コア 正会員 安田正志

1. はじめに

下水の浄化処理に消毒は不可欠である。現在、塩素消毒が最もよく用いられているが、その過程で生成される消毒副生成物の環境影響が懸念されている。下水の消毒副生成物の環境影響には、放流先河川の生態系への影響と放流先河川水を原水とする水道水への影響が考えられる。

本研究の目的は、臭素系消毒剤を用いた下水消毒を実施し、従来の塩素消毒との比較でその副生成物の毒性を評価することである。そこで、低濃度での長期間摂取が問題となる変異原性物質を取上げ、サルモネラ菌を用いた Ames 変異原性試験を行った。また、消毒下水中の副生成物を GC/MS を用いて一斉分析を行い、未知の消毒副生成物の生成について検討した。

2. 実験方法

2.1 消毒剤と下水の接触

塩素消毒では、所定の濃度に調製した次亜塩素酸ナトリウム水溶液を、有効塩素濃度が 2.5 mgCl/L となるように都市下水に注入し、室温 20℃でスターラーで攪拌して消毒剤と都市下水を接触させた。臭素系消毒剤としては、1-ブromo-3-クロロ-5,5-ジメチルヒダントイン (BCDMH) を使用した。BCDMH 消毒では、BCDMH 濃度が 5.0 mg/L となるように都市下水に注入し、塩素消毒と同様に反応させた。この注入量は、遊離ハロゲン濃度で 2.5 mgCl/L に相当する。なお、コントロールとして消毒剤を添加しない都市下水を同様に操作した。

2.2 GC/MS による副生成物の一斉分析

都市下水と消毒剤の接触後、アルカリ性および酸性にてジクロロメタンで生成物を抽出した²⁾。抽出物は窒素気流で 500 倍に濃縮し、GC/MS 分析に供した。別に、消毒剤を加えずに同様の操作を行い、コントロールとした。

2.3 変異原性試験

消毒剤と接触した下水に、アスコルビン酸溶液を加え、残留ハロゲンを中和した。中和後、CSP800 を用いた吸着脱離法により試料を 250～1000 倍に濃縮し、DMSO 中に回収後、ろ過滅菌した。消毒下水の変異原性試験は Ames 変異原性試験で行った¹⁾。使用した菌株は TA100 および TA98 である。

3. 結果と考察

3.1 GC/MS による副生成物の一斉分析

塩素消毒下水、BCDMH 消毒下水およびコントロールのトータルイオンクロマトグラムを比較した (データは示していない)。酸性抽出では 10.0 min に、BCDMH を投入したもののみ存在し、コントロールにも塩素消毒下水にもないピークが観察された。このピークをマススペクトルから同定したところ、反応が終了した BCDMH そのものであると考えられた。確認のため、純水に BCDMH を添加しジクロロメタンで抽出したものについて、同様に GC/MS 分析を実施した結果、同一保持時間に強いピークが出現し、同様のマススペクトルが得られた。

キーワード: 1-ブromo-3-クロロ-5,5-ジメチルヒダントイン, BCDMH, 消毒, 変異原性, 都市下水

連絡先: 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1 金沢工業大学環境システム工学科 Tel:076-248-9426 FAX:076-294-6736

3.2 変異原性

BCDMH 消毒下水の変異原性試験結果の例 (接触時間 24hr, TA100) を図 1 に示した。-S9 では, コントロールも BCDMH 消毒下水も濃縮倍率とともに復帰率が低下した。下水中に消毒前から存在した変異原性物質以外の毒性物質による生育阻害が示唆される。+S9 では, コントロールも BCDMH 消毒下水も復帰率はほぼ一定で 1 前後であった。すなわち, BCDMH 消毒による下水の変異原性の増減は明確ではなかった。

BCDMH 消毒下水の変異原性試験結果の例 (接触時間 24hr, TA98) を図 2 に示した。-S9 ではコントロールよりも BCDMH 消毒下水のほうが復帰率が増加した。一方で, コントロールでは濃縮倍率とともに復帰率が低下しており, 変異原性物質以外の毒性物質による生育阻害が考えられる。したがって, BCDMH の添加により変異原性が増加したという可能性だけでなく, 生育阻害物質が消毒で分解されたことにより復帰率が増加した可能性もある。また, 復帰率は 2 未満であり, 明確に変異原性を示したとはいえない。+S9 では, コントロールよりも BCDMH 消毒下水のほうが復帰率は低く, 濃縮倍率とともに増加する傾向が認められた。

塩素消毒下水と BCDMH 消毒下水の変異原性試験結果の比較例 (接触時間 1hr, TA98) を図 3 に示した。塩素消毒下水の復帰率が他に比べて若干高い傾向がみられる。復帰率はいずれの場合も濃縮倍率の上昇とともに減少傾向を示した。この場合も, 下水中に消毒前から存在した変異原性物質以外の毒性物質による生育阻害が示唆される。

都市下水中には種々の変異原性物質およびその他毒性物質が含まれていることが広く知られている。都市下水の消毒による変異原性の変化を検討するにあたっては, これら消毒前から存在する毒性物質の消毒による変化をも考慮する必要がある, 単純に変異原性の増減をもって消毒副生成物の影響を判定すべきではないと考えられる。

4. まとめ

臭素系消毒剤 BCDMH により都市下水を消毒し, その副生成物を Ames 試験および GC/MS 一斉分析により塩素消毒と比較した。BCDMH 消毒下水の変異原性は, 消毒前の下水や塩素消毒下水と比較して, 特に高くはなかった。また, GC/MS による副生成物の一斉分析では BCDMH 特有の消毒副生成物はほとんどみられなかった。

参考文献

- 1) 建設省都市局下水道部・厚生省生活衛生局水道環境部監修, 「下水試験方法」, 日本下水道協会 (1997)
- 2) Standard Methods; for the Examination of water and Wastewater 19th ED., APHA (1995)

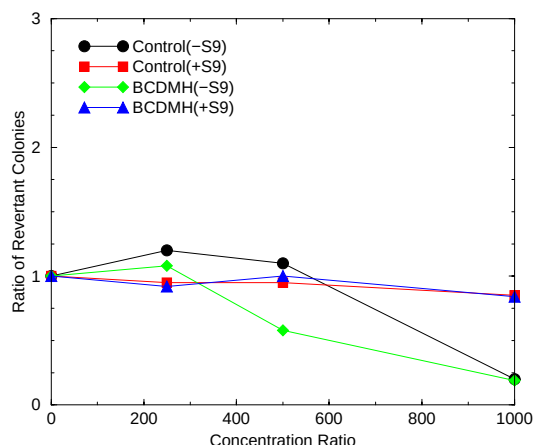


図 1: BCDMH 消毒下水の変異原性 (24hr, TA100)

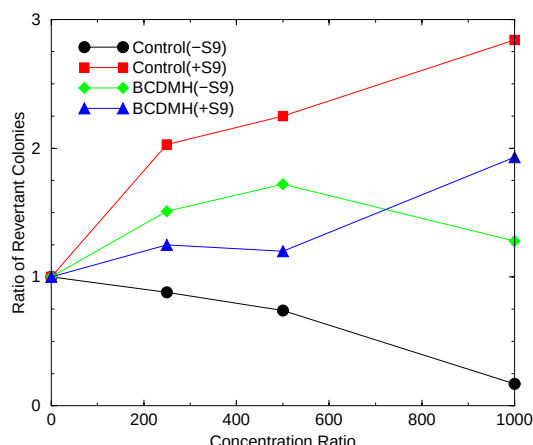


図 2: BCDMH 消毒下水の変異原性 (24hr, TA98)

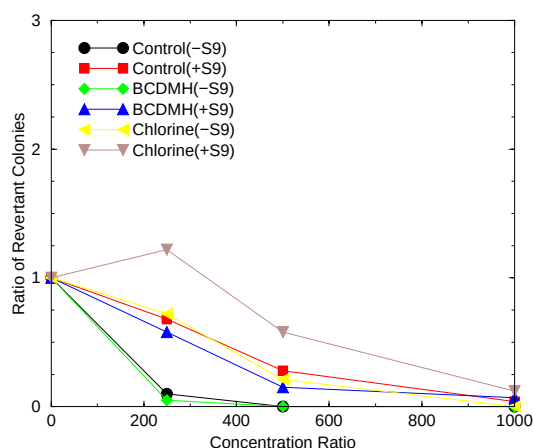


図 3: 塩素消毒と BCDMH 消毒の比較 (1hr, TA98)