

二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性の特性

徳島大学工学部 正 員 伊藤 禎彦

徳島大学工学部 正 員 村上 仁士

日本上下水道設計(株) 正 員 戸田 博之

徳島大学大学院 学生員 〇 福原 勝

1. はじめに

筆者らは、二酸化塩素処理水の変異原性は塩素処理水のその1/2程度であるが、その変異原性は二酸化塩素処理水の方が塩素処理水より安定であり、両者の有害性を比較するには給配水過程を考慮する必要性がある点を指摘した¹⁾。本文は、給配水過程を想定し、二酸化塩素が残留した状態における二酸化塩素処理水の変異原性と含有副生成物の変化過程について、実験的検討を行ったものである。変異原性試験としては、チャイニーズ・ハムスター肺細胞(CHL)を用いた染色体異常試験を行った。

2. 実験方法

試料水は、市販フミン酸を自然水中有機物のモデルとして用いた。フミン酸溶液のTOCは、1,140mg/ℓであり、pH7に調整している。二酸化塩素処理は、フミン酸溶液16mlに2MのpH6.98リン酸緩衝液2mlを添加し、これに15%亜塩素酸ナトリウム水溶液と9%塩酸を反応させて作製した約40,000mg/ℓの二酸化塩素水溶液を2ml添加して行った。二酸化塩素処理水は、密封、20℃、暗所で静置した。副生成物の分析は、クロロホルムと低分子アルデヒド類は電子捕獲型ガスクロマトグラフ(ECD)を用いてそれぞれ溶媒抽出法とPFBOA誘導体化法で測定し、カルボニル化合物量はバニリン反応法により測定した。

二酸化塩素処理では、その二酸化塩素処理水中に亜塩素酸イオン(ClO_2^-)が蓄積して細胞毒性が強く、そのままでは染色体異常試験が行えない。そこで、二酸化塩素処理水の亜塩素酸イオンを減少させるため、所定の時間反応させた二酸化塩素処理水を、5N塩酸を用いてpH7からpH2.5に再度調整した後に、5日間静置して、亜塩素酸イオン濃度を110mg/ℓ以下に低減させたものを染色体異常試験の試料とした。

3. 実験結果および考察

図2は、二酸化塩素処理後、二酸化塩素が残留した状態における染色体異常誘発性の変化過程を調べたものである。二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性は、二酸化塩素添加1日後から、緩

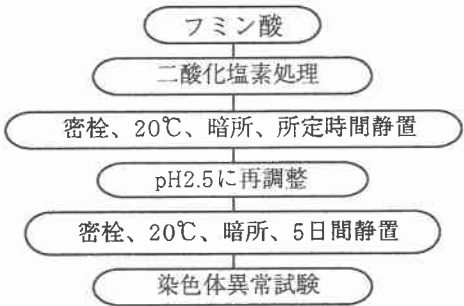


図1. 二酸化塩素処理水の染色体異常試験手順

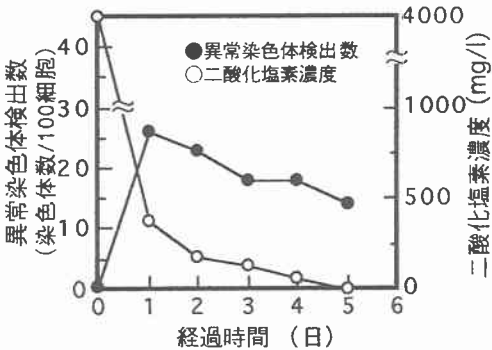


図2. 染色体異常誘発性と二酸化塩素濃度の経日変化

表1. 塩素処理水と二酸化塩素処理水の加水分解速度定数

	残留消毒剤なし	残留消毒剤あり
塩素	1.8日 ⁻¹	0.56日 ⁻¹
二酸化塩素	0.29日 ⁻¹	0.15日 ⁻¹

やかに低下している。この間、二酸化塩素処理水中に、 ClO_2/TOC 比で約1/3～1/20の二酸化塩素が残留している。このことから、二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性は、消毒剤が残留している状態においても安定なものでなく、次第に低下していく性質があることがわかる。つぎに、二酸化塩素処理水と塩素処理水の染色体異常誘発性の安定性について、染色体異常誘発性そのものに対する加水分解速度定数を求めて比較、検討を行った。表1は、残留消毒剤がある場合と、残留塩素がない場合において加水分解速度定数を求めたものである。表1から、残留二酸化塩素がある場合での二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性は、ない場合のそれに比べて、約2倍安定であることがわかる。また、残留消毒剤がある場合、二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性は、塩素処理水より約3.7倍安定であることがわかった。

図2に示した二酸化塩素処理水中に含まれる副生成物の挙動を調べた結果を示す。図3から、二酸化塩素処理によるクロロホルムの生成量は最大でも $179\mu\text{g}$ であり、塩素処理水の1/100程度の生成量であった。また、二酸化塩素添加1日後から、その濃度は変化していない。このことから、二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性には、クロロホルムではなく、他の有機塩素化合物、あるいは酸化副生成物が寄与していると考えられることができる。図4は、酸化副生成物の中で、変異原性物質を含むと考えられるカルボニル化合物を測定したものである。カルボニル化合物は、添加直後に短時間に生成し、その後緩やかに減少していた。このカルボニル化合物の低下傾向は、染色体異常誘発性の低下傾向と一致している。カルボニル化合物のうち、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの変化を調べたものを、図5に示す。カルボニル化合物は、二酸化塩素処理水中で、加水分解によって低分子化されていると考えられることから、カルボニル化合物、特に高分子のカルボニル化合物が二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性に寄与している可能性がある。

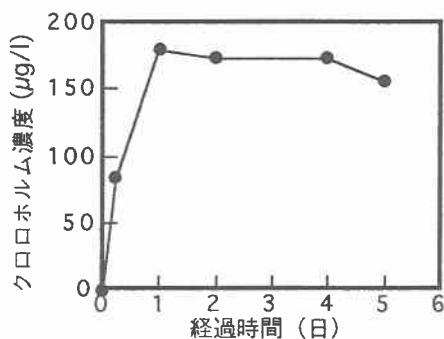


図3. クロロホルムの経日変化

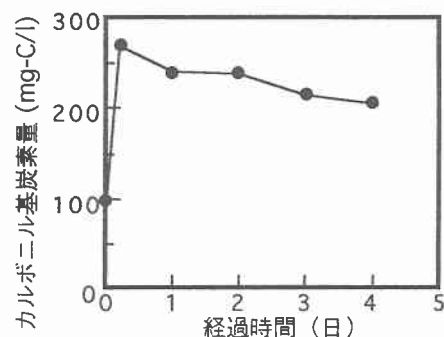


図4. カルボニル化合物の経日変化

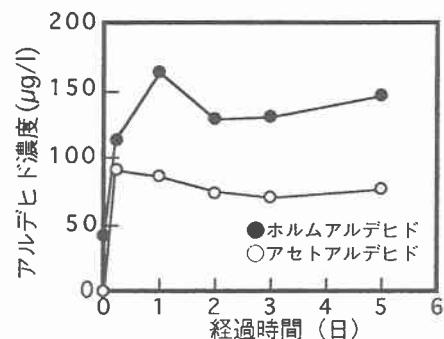


図5. アルデヒドの経日変化

4. まとめ

- (1) 二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性は、二酸化塩素が残留している状態でも低下する。
- (2) 消毒剤が残留した状態において、二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性は、塩素処理水により約3.7倍安定である。
- (3) 二酸化塩素処理水中の副生成物は、時間の経過とともに変化している。また、副生成物のうち、カルボニル化合物の染色体異常誘発性に対する寄与は大きいと考えられた。

参考文献 1) 伊藤 禎彦ほか; 二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性とその安定性, 環境工学研究論文集, 31巻, pp.215-224, 1994.