

II-469

消毒処理水の染色体異常誘発性に対する酸化副生成物の寄与

徳島大学工業短期大学部 正員○伊藤 禎彦
 京都大学工学部 正員 松岡 謙
 京都大学工学部 正員 住友 恒

1. はじめに

上水の消毒方法を検討する上で、塩素とその代替消毒剤に関する基礎情報を蓄積することが求められている。本文は、塩素、二酸化塩素、クロミン、オゾンを取りあげ、その処理水の変異原性と副生成物との関係について検討したものである。特に本文では、有害性が推定される酸化副生成物としてカルボニル化合物とトリ化合物を取りあげた。変異原性試験としては、画像解析を導入した染色体異常試験を行った。

2. 実験方法

まず琵琶湖南湖表流水をXAD-2樹脂に通水した後、吸着成分をジエチル・エーテルで抽出し、乾固した残渣を蒸留水に再溶解して濃縮湖水を作製した。濃縮湖水の水質は、pH7.11, E_{260} 10, $KMnO_4$ 消費量1650mg/lであり、これを200mMリン酸緩衝液とし、pH7.2 $\pm$ 0.1に調整した。この試料に消毒剤を加えて処理¹⁾した後、脱消毒剤も添加せず、そのまま染色体異常試験の試料とした。染色体異常試験には新生ハイニース・ハムスター雌の肺細胞(細胞名CHL/1U, 大日本製薬)を使用した。生成する異常染色体のうち画像解析により交換型異常染色体を検出、定量化した²⁾。

カルボニル基の選択的還元剤として水素化ホウ素ナトリウム($NaBH_4$)がある。カルボニル基が還元されればその分だけ吸光度が減少するので、還元前後の吸光度差を測定することによりカルボニル基量を見積もることができる³⁾。 $NaBH_4$ を0.2%となるように添加して48時間放置し、 E_{260} の初期 E_{260} に対する減少量を求めた。トリ基は、スズと塩酸で還元し、生成したアミンをフェニルピクリルドラゾで呈色させて測定した⁴⁾。この方法では主として芳香環を有するトリ基を測定している。

3. 実験結果

各消毒処理水の染色体異常試験結果を図1に示す。横軸は消毒剤の消費量をmg-Cl/lまたはmg- O_3 /lで表示してある。縦軸は50細胞の染色体像を画像解析した結果、検出された交換型異常染色体の数を表す。この処理水中のカルボニル基量を測定し、染色体異常誘発性との関係を示したものが図2である。含有カルボニル基量が多い程染色体異常誘発性も強いことがわかる。また同量の含有カルボニル基量であっても、塩素処理水の染色体異常誘発性が他の3種と比較して強いのが特徴である。含有トリ基量と染色体異常誘発性との関係を示したものが図3である。トリ処理水を除く3種については、含有トリ基が多い程染色体異常誘発性も強かった。トリ処理水中のトリ基は、この測定方法では定量されなかった。この測定方法では主として芳香環を有するトリ基を測定しているが、トリによって芳香環の開裂が進むためと推察される。そこで、パラフィン系のトリ基を測定したところ、トリ処理による生成は認められたものの、含有トリ基量と染色体異常誘発性との関係は認められなかった。

次に塩素処理水(処理時pH4.9, 消費量600mg-Cl/l)およびトリ処理水(処理時pH8.1, 消費量2900mg- O_3 /l)を還元処理した場合、染色体異常誘発性がいかに変化するかを調べた。 $NaBH_4$ を所定濃度となるように添加し、48時間放置した。

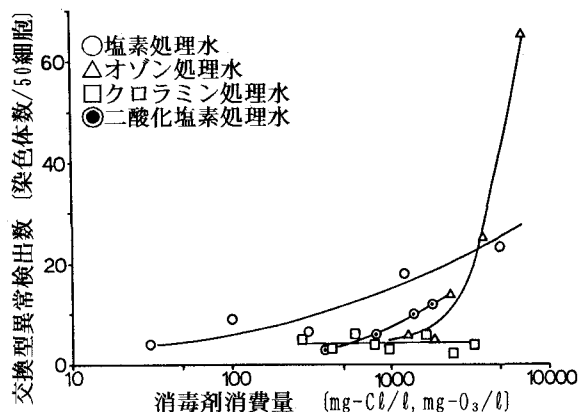


図1 消毒処理水の染色体異常誘発性

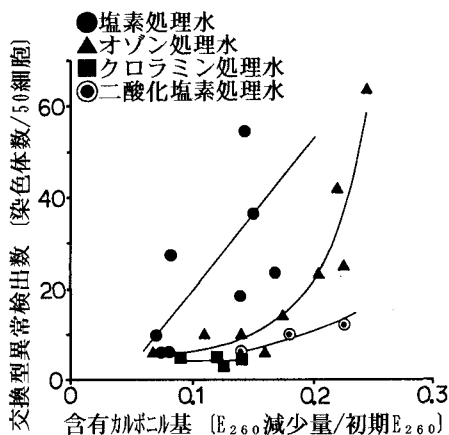


図2 消毒処理水中の含有カルボニル基量と染色体異常誘発性との関係

このときのpHは、 NaBH_4 未添加試料も含めて塩素処理水は 6.5 ± 0.4 、 O_3 処理水は 9.0 ± 0.4 に調整した。結果を図4に示す。ともに NaBH_4 還元によって染色体異常誘発性は大きく低下していることがわかる。0.2% NaBH_4 処理によって α - CD 基はほぼ還元されたとみなされ、またこのとき β - CD 基は還元されずに残存していると考えられる。また図2の α - CD 基炭素量を β - CD 反応法⁴⁾で定量したところ、 O_3 処理における最高生成量はおよそ 200mg-C/l に相当⁵⁾し、 β - CD 基に比べて α - CD 基の生成量ははるかに多いことがわかった。以上の実験結果をまとめると、まず O_3 処理水については、1) 含有 α - CD 基量が多い程染色体異常誘発性も強いこと、2) β - CD 基の生成量は α - CD 基に比べてはるかに少なく、また含有 β - CD 基量と染色体異常誘発性との関係は認められなかったこと、3) α - CD 基の選択的還元処理によって試水の染色体異常誘発性が大きく低下したこと、から α - CD 基が染色体異常誘発性に大きく寄与していると考えられた。同様に他の消毒処理水についても、生成した α - CD 化合物は染色体異常誘発性に寄与すると予想される。一方、図4で、塩素処理水については α - CD 基が還元されて染色体異常誘発性が低下したことが予想されると同時に、有機塩素化合物が還元された可能性も否定できない。

塩素処理水の染色体異常誘発性に対する有機塩素化合物の寄与について考察するため、塩素処理水を Al 処理し、副生成物の変化と染色体異常誘発性の変化とを調べた。塩素消費量 600mg-Cl/l 、処理時pH5.0の試水を、pH10に調整して放置した。所定時間経過後のクロロホルム濃度および染色体異常誘発性を図5に示す。クロロホルムが生成することからわかるように、 Al 処理条件下では、加水分解によって有機塩素化合物の構造が変化する。それに伴って染色体異常誘発性は大きく低下した。そしてこの間、含有 α - CD 基量は殆ど変化しなかった（図6）。すなわち含有 α - CD 基量が同じでも、構成する有機塩素化合物の種類が異なれば、染色体異常誘発性も大きく異なることがわかる。図2において、塩素処理水の染色体異常誘発性が強かったのは、 α - CD 化合物に加えて有機塩素化合物が寄与しているためと考えている。

4. まとめ

- 1) 消毒処理水の染色体異常誘発性に対する α - CD 化合物の役割は重要であると考えられた。
- 2) 染色体異常誘発性に対する β - CD 化合物の寄与は小さいと推定された。
- 3) 塩素処理水の染色体異常誘発性については、 α - CD 化合物の寄与の他、処理水中の有機塩素化合物の種類が大きく影響すると思われた。

最後に本稿執筆にあたりご配慮頂いた徳島大学工業短期大学部村上仁士教授、及び実験にご協力頂いた京都大学大学院益田信一君に謝意を表す。

参考文献 1) 住友恒、松岡誠、伊藤誠彦、消毒処理水の染色体異常試験—塩素と代替消毒剤の比較研究 (2)—、水道協会雑誌、投稿中 2) 住友恒、伊藤誠彦、画像解析を導入した染色体異常試験法の開発、衛生工学研究論文集、Vol. 26, pp. 107-115, 1990 3) 熊田恭一、土壌有機物の化学第2版、学会出版センター、1981 4) 日本分析化学会編、分析化学便覧、丸善、1985 5) 益田信一、上水の消毒による酸化副生成物に関する研究、京都大学特別研究、1992

