

VII-84

塩素および二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性の変化過程

日水コン	正会員	福原 勝
京都大学工学研究科	正会員	伊藤 慎彦
徳島大学工学部	フェロー会員	村上 仁士
徳島大学工学部	学生会員	鈴江 弘典

1. はじめに

筆者らは、塩素および二酸化塩素を取りあげ、その処理水の変異原性は安定なものではなく、加水分解によって低下し、その低下速度が処理水間で異なることを示した¹⁾²⁾。そこで本研究では、消毒剤注入後の変異原性について、その生成から低減に至る変化過程を詳細に調べた。変異原性試験としては、チャイニーズ・ハムスター肺(CHL)細胞を用いた染色体異常試験を行った。

2. 実験方法

試料水は、試薬フミン酸をモデル物質として用いた。フミン酸溶液のTOCは1140mg/lである。塩素処理は、フミン酸溶液16mlに2Mリン酸緩衝液2mlを添加し、さらに次亜塩素酸ナトリウム溶液2mlを添加した。反応は、密栓し、20℃、暗所で静置して行われた。この間、処理水のpHは 7.0 ± 0.1 とほぼ一定であった。二酸化塩素処理は、フミン酸溶液16mlに2Mリン酸緩衝液2mlを添加し、これに亜塩素酸イオン溶液と塩酸を反応させて作製した二酸化塩素溶液2mlを添加した。反応は、密栓し、20℃、暗所で静置して行われた。処理水の初期pHは7.0で、その後やや低下したもののいずれも6.5以上の中性域に保たれていた。処理水の染色体異常試験は、図1に示した手順²⁾で行った。

3. 実験結果と考察

塩素を添加した直後からの処理水の染色体異常誘発性の変化を調べた結果を図2に示す。このときの処理水中の残留塩素濃度を測定した結果を図3に示す。添加塩素濃度が3500mg/l以上の試料では、塩素添加2～3日まで残留塩素が500mg/l以上存在し、染色体異常試験を行うことができなかった。

塩素処理水の染色体異常誘発性は、塩素を添加した直後から緩やかに生成し、最大となる点を経て低減へと至る。添加した塩素濃度が高いほど、処理水の染色体異常誘発性は強くなるとともに、生成し最大となるのに要する時間は長くなる。塩素の添加によって染色体異常誘発性が増大していくのは2,3日以内であるといえる。添加濃度1000mg/lの試料では、2時間で添加したすべての塩素が消費されるが、その染色体異常誘発性が最大となるのには1日を要する。このように、塩素処理水の染色体異常誘発性は、塩素の消費とともに速やかに生成するのではなく、塩素を消費した後で、緩やかに生成するといえる。一方、添加濃度が3000mg/l以上の試料では、 Cl_2/TOC 比で0.2以上の塩素が処理水中に残留しているにもかかわらず、その染色体異常誘発性は次第

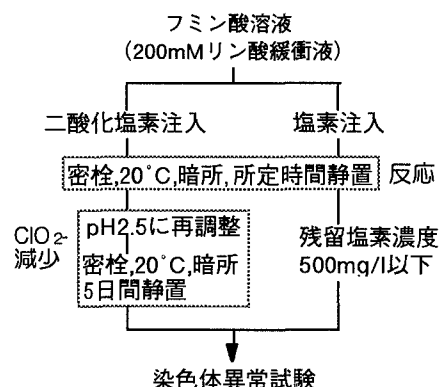


図1 処理水の染色体異常試験の手順

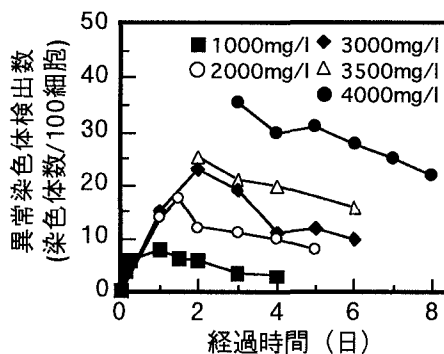


図2 塩素添加後の処理水の染色体異常誘発性の変化

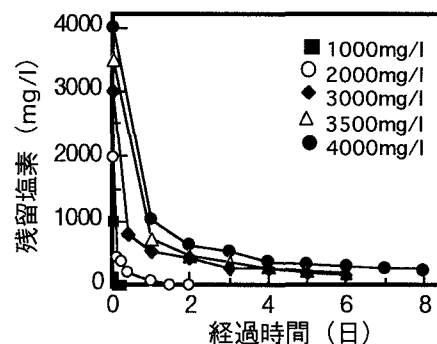


図3 塩素処理水中の残留塩素濃度の変化

に低減していった。残留塩素が有機物と反応して変異原物質を生成するよりも、すでに生成している変異原物質が加水分解によって減少する速度の方が大きいためと推察できる。

二酸化塩素を添加した直後からの処理水の染色体異常誘発性の変化を調べた結果を図4に示す。このときの処理水中の残留二酸化塩素濃度を測定した結果を図5に示す。図2と図4を比較すると、塩素処理水の染色体異常誘発性は二酸化塩素処理水のその1.5倍程度となっている。二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性は、二酸化塩素を添加した直後から増大し、最大となる点を経て低減へと至る。添加した二酸化塩素濃度が高いほど、処理水の染色体異常誘発性は強くなる。また、添加濃度が2000mg/lまでの処理水では、染色体異常誘発性が最大となるのに要する時間は10時間以内と変化はなかった。このことから、二酸化塩素処理水中の染色体異常誘発性は、塩素処理水と比べて速やかに生成すると考えられる。一方、添加濃度4000mg/lの処理水では、二酸化塩素が処理水中に残存しているにもかかわらず、その染色体異常誘発性は緩やかに低減していった。

図2および図4のうち、処理水の染色体異常誘発性が低減する過程に限定して、塩素および二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性そのものの低下速度定数を求める。一次反応を仮定すれば、処理水の染色体異常誘発性Pの加水分解は、次式(1)で表される¹⁾。

$$d[P]/dt = -K_{obs} \cdot [P] \quad (1)$$

ここで、[P]:処理水の染色体異常誘発性、 K_{obs} :加水分解速度定数測定値(日⁻¹)である。図2と図4から、低減過程における染色体異常誘発性の低下速度を求めた結果を図6に示す。図6は、低下速度定数 K_{obs} を、処理水中の残留消毒剤の量(残留消毒剤/TOC)に対してプロットしたものである。 K_{obs} と残留消毒剤/TOCとの関を次式のような指数型で整理し、この曲線を図6に示した。

$$\text{塩素処理水: } K_{obs} = 0.475 \exp\{-2.89 \times (Cl_2/TOC)\} \quad (2)$$

$$\text{二酸化塩素処理水: } K_{obs} = 0.330 \exp\{-3.04 \times (ClO_2/TOC)\} \quad (3)$$

(2)(3)式の相関係数はそれぞれ、0.757と0.795であった。これより、染色体異常誘発性の低下速度が処理水間で異なること、残留消毒剤濃度が高いほど、処理水の染色体異常誘発性の低下速度が小さくなることがわかる。また、その低下速度は、二酸化塩素処理水の方が1.5倍小さく、より安定であるといえる。

4. まとめ

塩素処理水と二酸化塩素処理水の染色体異常誘発性が緩やかに生成し、最大となった後、低減する過程を把握した。しかも、塩素処理水と二酸化塩素処理水では、染色体異常誘発性の強さのほか、その生成速度やその後の低減過程での低下速度が異なることがわかった。したがって、二酸化塩素の導入にあたっては、これらの特性を把握し、適切に使用することが重要と考えられた。

参考文献 1) 伊藤禎彦・村上仁士：塩素処理水の染色体異常誘発性に対する加水分解の影響，環境工学研究論文集，Vol.30，pp.219-226，1993。 2) 伊藤禎彦・村上仁士・戸田博之・福原勝：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，Vol.31，pp.215-224，1994。

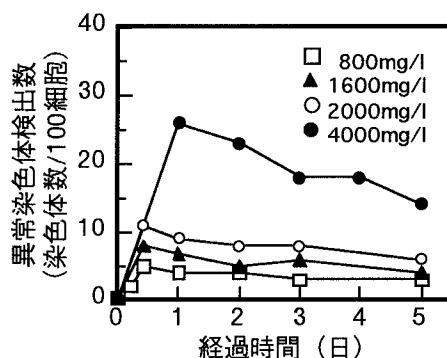


図4 二酸化塩素添加後の処理水の染色体異常誘発性の変化

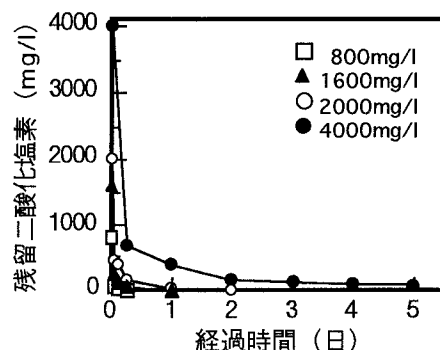


図5 二酸化塩素処理水中の残留二酸化塩素濃度の変化

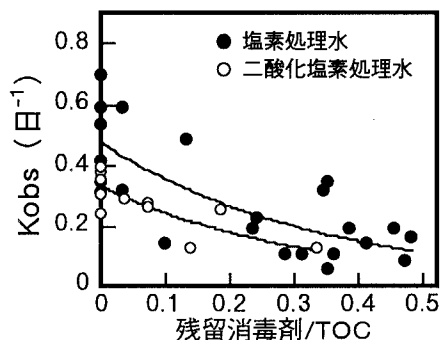


図6 処理水の染色体異常誘発性の加水分解速度定数