

北海道大学工学部 正会員○亀井 翼、正会員 丹保憲仁、田村聡志

1. はじめに

フミン質を含む水の塩素消毒によってトリハロメタン (THM) 類やその他の有機塩素化合物が生成し、その健康影響等が問題になっている。その一方、殺菌や脱臭味等にオゾンを用いる場合にも、オゾン酸化物の人体影響が危ぐされて、我が国ではオゾン処理の後に、活性炭吸着を後置することを厚生省が指導している。オゾンが広範囲に塩素処理の代替剤と成り得るだけに、そのオゾンの反応生成物が塩素反応生成物に比してどの程度人体に悪影響を及ぼすかの検討がせまられている。これらの研究の第1段階としてフミン質を含む代表的な自然水である泥炭地着色水を原水として、塩素処理、オゾン処理を行なった場合に生成する成分の変異原性を環境変異原性試験の最も一般的な方法である Ames 試験により検討した。

2. 成分の分画、濃縮の基本的考え方

環境変異原性試験を行なうにあたって、どのような存在状態の成分が最も大きな変異原性を有するかが水処理による有機成分の除去とのかかわりで重要になってくる。そこで本論では、グロスの変異原性試験と共に成分の親水性の程度に応じて分画を試み、その成分群の存在量と変異原性の両者を評価する試験を行なった。通常の浄水処理では凝集により高分子成分が除かれ、生物分解成分はほとんど存在しないと考えると、問題となる成分は活性炭吸着等の対象となるのは低分子の生物難分解性成分である。この場合、吸着剤と水の間の分配に関する親水性の大小が処理を論ずる際の主たる関心事となる。そこで、低分子成分の疎水性の大小に応じた分画を行ない、最も疎水性の大きい塩化メチレン抽出成分、中程度の親水性を持つメタノール抽出成分、及び、その他の親水性の高い成分等に分けて考えることにする。環境変異原性試験に供しようとする水道原水中の有機成分総量は高々数 ppm程度であり、塩素処理、オゾン処理によって生成する反応生成物はその部分の微量である。通常、Ames試験において1つの plate に添加する試料は 200 μ l 程度である。10 mg/plate程度で変異原陽性となるような弱変異原成分をも検討の対象とすれば、どうしてもある量の有機成分を確保するために試水の濃縮操作が不可欠となる。後述するようにその濃縮倍率は通常の水質試験のための濃縮倍率をはるかに上回る高倍率である。したがって、いかなる方法によって収支を明確にしつつ必要倍率にまで濃縮を行なうかが第一の問題となる。

また、高倍率の濃縮試料が得られたとしてもそれは様々な種類の有機成分の混合物である。また、濃縮方法によっては有機成分を高濃度で含有する。含有有機物の Ames 試験を行なうにあたっては最小限、無機成分を除くことは必要である。さらに加えて有機物相互間での作用も問題となる。例えば微量の高変異原物質が存在しても量的に大きな割合を占める無害物質により効果が薄められ、多量の試料を用いてもグロスサンプルでは、判別がつき難い場合も考えられる。また逆に、変異原性を持たない多量成分が菌株に対して殺菌作用を示し、変異原性成分が存在するにもかかわらず、その評価を不可能にする。したがって総合的な試料について試験を試みる一方、水中に有機物を、ある判定基準によって分類し、それぞれの成分について試験をすることが上述の問題点を解決するために必要となる。この場合、成分分画を物質の自然系、処理での挙動や、生体代謝と関連付けたり、性格付けたりすることを工夫すれば、その成果は更に直接的に水質制御や環境汚染防除の工学的指標となりうる。

筆者らは上述の様々なことを考え合わせて、親水性、疎水性の大小による物質群の挙動を念頭に置きつつ図1に示すような成分分画を行ない、各画群の Ames 試験に用いた菌株 (Salmonella TA 100, TA 98) は国立衛生試験所から分与されたもので、試験方法は Ames の原法を一部改良した矢作の方法を更に修正した石館、能美、宮田らの方法を用いた。

3. 塩素処理とオゾン処理

1.0 μm のメンブレンフィルターを通過した TOC濃度が 20 mg/l の石狩泥炭地井水に $\text{Cl} / \text{TOC} = 10$ となるように次亜塩素酸ナトリウム溶液を添加し pH 7、20℃で 24 時間反応後、残留塩素を消去した。オゾン処理はあらかじめ 6.4 倍に減圧濃縮した泥炭地井水を、オゾン化空気流量 0.63 l/min、 O_3 濃度 12.2 mg/l の条件で 2 時間通気して行なった。

4. 変異原試験の結果

塩素処理水、オゾン処理水を XAD-2 カラムに通水後、 CH_2Cl_2 、 CH_3OH 及び 0.1N-NaOH の順で溶離された画群について Ames 試験を行なった結果を整理したものが図 2、3 である。いずれの菌株の場合でも CH_2Cl_2 抽出成分の変異原性が最も強い。 CH_2Cl_2 抽出成分が全有機物 (TOC 換算) に占める比率が塩素処理水で 4%、オゾン処理水では 1% 程度であることを考えると、オゾン処理水の変異原性は塩素処理水に比較して弱いといえる。

5. まとめ

塩素処理水では CH_2Cl_2 抽出区分の変異原性が最も高く、次に CH_3OH 区分であった。オゾン処理水の CH_2Cl_2 抽出区分は生成量も少なく、かつ塩素処理水に比べ変異原強度も弱く、オゾン処理水の変異原性は塩素処理水に比べ弱いといえる。終わりに、変異原試験法を御指導下さった国立衛生試験所変異原性部 石館、能美、宮田氏に感謝の意を表します。

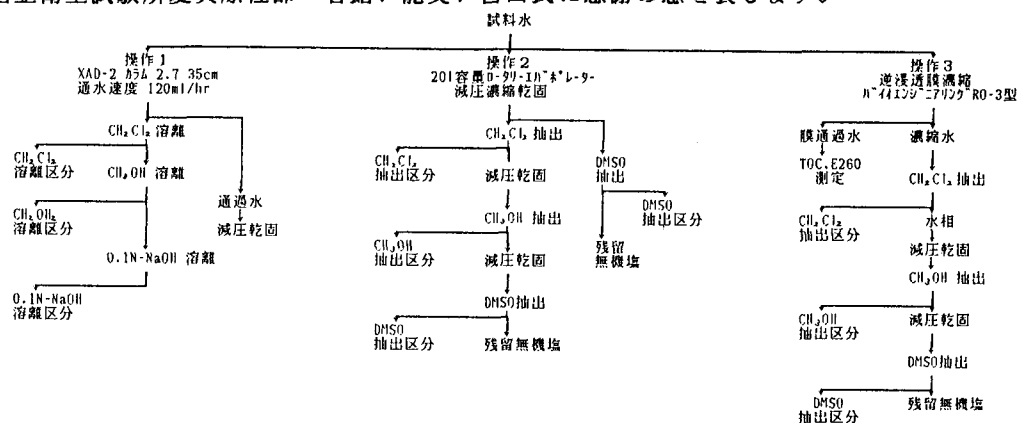


図1 試料濃縮・分画の基本操作

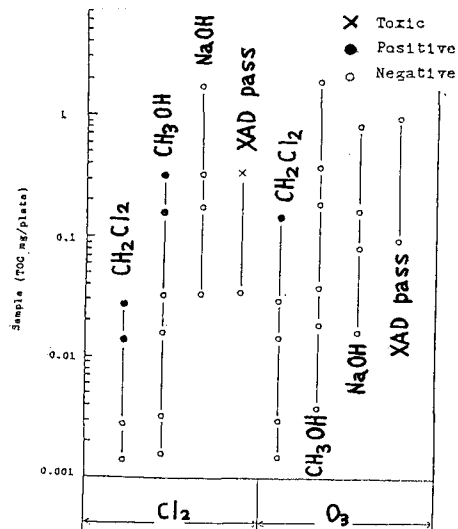


図2 塩素処理水、オゾン処理水の各画分
変異原強度の比較 (TA100)

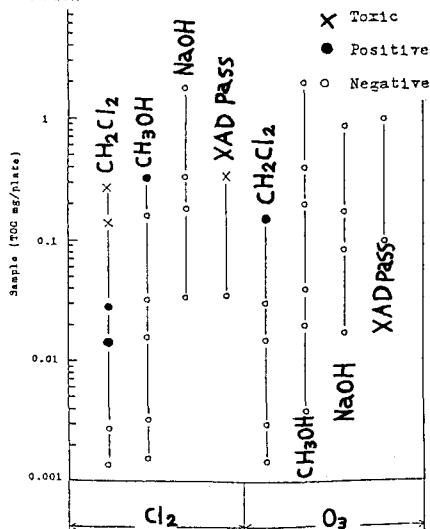


図3 塩素処理水、オゾン処理水の各画分
変異原強度の比較 (TA98)