

住友重機械工業(株)

正○荻井めぐみ

国立公衆衛生院衛生工学部

正 金子 光美

国立公衆衛生院衛生工学部

正 河村 清史

1. はじめに

従来、わが国では塩素による消毒が上水道において法的に義務づけられている。しかし、トリハロメタン生成の問題や、消化器系感染微生物に対する消毒効果が問題視されている昨今、塩素以外の消毒方法の検討と共に、従来の塩素消毒方法のあり方の再検討が要求される。本報告は、大腸菌を指標として、塩素消毒、オゾン消毒、紫外線消毒および紫外線と塩素の併用による消毒について検討したものである。

2. 実験方法

実験は、消毒方法と水質条件を考慮していくつかのケースについてパッチテストによって行なった。いずれの場合も試水には滅菌再蒸留水を用いた。また濁質条件を、滅菌済のカオリンあるいは活性汚泥を用いて1 mg/l および10 mg/l に設定した。殺菌手順は図1に示すように、各水質条件に設定した試水に大腸菌 *E. coli* O-51 を注入し、消毒剤の添加あるいは紫外線の照射を行ない、経時的に大腸菌数を定量することとした。定量はデスオキシコレート寒天培地法を用いた。有効塩素濃度はオルトトリジン法、オゾン濃度はヨウ素滴定法によって測定した。

3. 結果と考察

塩素消毒、オゾン消毒の2種の化学的消毒方法、紫外線消毒の物理的消毒方法について比較検討する。結果の例として、濁度が0 mg/l の場合について菌数残存率の変化を図2に示す。

紫外線による殺菌がほぼ $-dN/dt = kN$ のように進行するのに対し、オゾン消毒あるいは塩素消毒における菌数減少パターンは上式の k 値が漸減するように進行することが示される。殺菌効果は、接触時間の短い間では塩素0.1 mg/l 、紫外線107 $\mu\text{W/cm}^2$ 、オゾン0.5 mg/l と塩素1.0 mg/l 、紫外線255 $\mu\text{W/cm}^2$ 、オゾン1.0 mg/l の順に大きくなる。

各種消毒方法の相互比較と濁質の影響をみるため、一定接触時間後の残存率の逆数の対数値 $\log N_0/N$ の変化を接触時間20秒を例として図3に示す。濁質の影響は、カオリンよりも活性汚泥で大きいこと、またこの傾向はオゾンの場合に最も顕著であり、濁度0 mg/l で最も高い殺菌効果を示しているが、活性汚泥の存在により、最も低い殺菌効果になることが認められる。さらに、濁度の影響は、0 mg/l と1 mg/l の間で大きく、1 mg/l と10 mg/l の間で小さいことが認められ、とくに紫外線消毒の場合は、カオリン、活性汚泥ともに、1 mg/l と10 mg/l の間の差はほとんど認められない。この傾向は他の接触時間を例にとっても認められた。

上述のような濁質影響の原因を探るため、濁質による大腸菌吸着率とその殺菌効果への影響と、残留塩素への効果をみた。各濁質が10 mg/l の条件下で、所定時間攪拌接触後、遠心分離(800 rpm, 30 min)し、上澄液の大腸菌数の減少量から、濁質

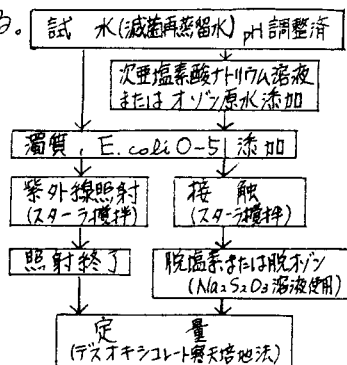


図1 殺菌手順

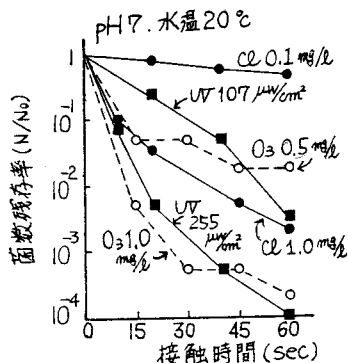


図2 各種消毒法による殺菌効果

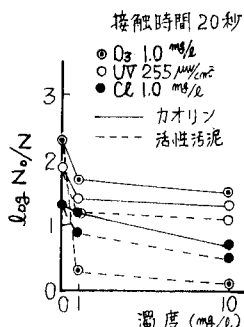


図3 各種消毒法における濁質影響

の大腸菌吸着量を算出した。吸着率は、各濁質との接触時間にほぼ比例して増加し、カオリン、活性汚泥ともに接触時間1分で1~5%, 10分で25~30%, 15分で30~50%程度の吸着率を示した。明らかに吸着率の異なる1分と15分の接触時間後の試水に対して、塩素による殺菌効果の差異の有無を検討した。結果を図4に示す。各濁質と1分間攪拌接触させある程度吸着させた後に塩素処理した結果には顕著な差異が認められない。このことから、濁質は大腸菌を吸着するが塩素による攻撃を防げないと考えられる。なお、濁質による塩素の酸化消費について検討したが、活性汚泥10mg/lの条件下では、15秒後ですでに遊離型残留塩素は初期の1.0mg/lから0.3mg/l程度に低下し、その後はほぼ横ばいになることが認められた。以上の考察から、塩素消毒、オゾン消毒の濁質による効果低下は、ウイルスやファージでみられたような濁質による微生物と絡み込みによるものより、消毒剤の有効量の低下によるものと考えられる。

つぎに、濁質0%の場合の紫外線と塩素の併用と単独使用における殺菌効果の比較を図5に示す。紫外線107μmを用いると、接触時間5秒から20秒では、塩素0.5%併用で塩素単独の1.0%と同程度の効果がみられたが、接触時間40秒から60秒では、塩素0.1%併用でも塩素単独の1.0%以上の効果がみられる。

紫外線と塩素の併用処理における、各塩素濃度での相乗効果の度合をみるため、S値を指標とし図6に示す。S値とは併用処理した場合の殺菌率から紫外線単独処理による殺菌率と塩素単独処理による殺菌率を引いた値つまり相乗効果の度合を示す値である。すべて0または正の値を示しており、併用処理による相乗効果が期待できる。また塩素濃度の違いによって、塩素濃度が高いほど短い接触時間で相乗効果が大きいという結果が得られている。たとえば、併用する塩素濃度が1.0%のとき、最大の相乗効果は接触時間10秒で得られ1.5log程度であるのに対し、塩素濃度が0.5%のときは接触20秒で最高0.5log程度であることが認められる。

4. おわりに

大腸菌E. coli O-51を指標として、各種の消毒方法の検討を行なった。得られた結果を要約する。

- ①各消毒方法における殺菌効果は、塩素0.1%, 紫外線107μm, 塩素1.0%, 紫外線255μm, オゾン1.0%の順に大きくなった。
- ②濁質への大腸菌吸着による塩素の殺菌効果の低下はいさいと考える。
- ③化学的酸化剤は、接触時間の経過とともにその有効量を減じるのに対して、紫外線照射は、試水が十分に同一エネルギーを受けるため菌数減少パターンが直線的であった。
- ④紫外線と塩素の併用によって相乗効果が認められた。ただし相乗効果の度合は、塩素濃度と接触時間の組み合わせによって異なる。
- ⑤殺菌効果からみて、水の消毒プロセスに紫外線照射を組み込むことは検討に価することがわかった。
- ⑥今後、溶存有機物質を含んだような試水について、塩素と紫外線を併用することの効果を調べたり、紫外線消毒のための具体的なアプローチが必要である。

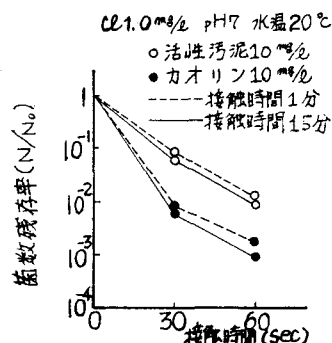


図4 濁質への大腸菌吸着と塩素殺菌効果

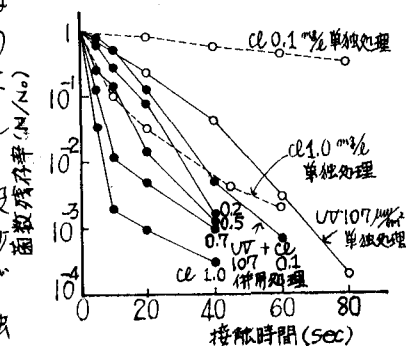


図5 紫外線と塩素の組み合わせによる殺菌効果

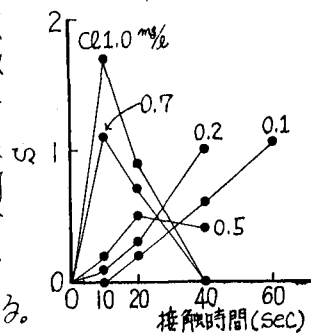


図6 紫外線と塩素の組み合わせによる相乗効果の度合