

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

地表水を対象とした浄水処理の濁度管理技術を補完する紫外線処理の適用に関する研究

分担研究項目「原水条件および処理効果の検証」

研究分担者 立命館大学 神子直之

研究要旨

実際の浄水場の地表水原水を用い、メンブランフィルターろ過で濁度を変化させ、濁度がどう大腸菌および大腸菌群の紫外線による不活化に作用するのか調べることを目的とした。低圧水銀ランプを光源として用いた回分式による紫外線照射を行い、X-MG メンブランフィルター法による大腸菌および大腸菌群の照射前後の濃度を測定した。その結果、肩およびテーリングは見られず、片対数で直線の不活化曲線になった。大腸菌は大腸菌群よりも紫外線耐性が大きかったが、平均紫外線量で整理するるとろ過前後での不活化速度の変化は顕著では無かった。5 μm メンブランフィルターで捕捉される大腸菌、大腸菌群の不活化速度を推定したところ、ろ過前とほぼ同じであった。本研究のような照射時間が比較的長い回分式実験においては、濁度成分は微生物の不活化速度に大きく影響しないことがわかった。

A. 研究目的

地表水を原水として用いている浄水場においては、原水濁度の変動や高速ろ過プロセス等による除濁性能の変動により、紫外線照射槽に流入する水の濁度が一定とならない。そこで本分担課題においては、実際の浄水場の地表水原水を用い、メンブランフィルターろ過で濁度を変化させ、濁度がどう大腸菌および大腸菌群の不活化に作用するのか調べることを目的とした。さらに、原水中の大腸菌および大腸菌群を公称孔径5 μmの膜を通過する菌、膜で捕捉される菌に分け、それぞれの紫外線耐性を比較し、濁質存在下での紫外線照射の効果がどのような機序でなされているのか明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

試料には、地表水を原水とする浄水場の原水を用いた。原水の一部を公称孔径5 μmのメンブランフィルターでろ過し、これも試料として用いた。試料の濁度、254nm吸光度を測定した後、低圧紫外線ランプの中央直下で、スターラーバーを入れて石英ガラスで蓋をした水深6.7cmのフラットシャーレ中で試料に紫外線を照射した。試料

表面における紫外線照度は1.464mW/cm²であった。

大腸菌および大腸菌群の測定には、X-MG メンブランフィルター法を用いた。

（倫理面への配慮）
なし

C. 研究結果

ろ過による水質変化の一例を表1に示す。

表1 ろ過による水質変化

	ろ過前	ろ過後	除去率 (%)
大腸菌濃度 (CFU/100mL)	100	20	80.0
大腸菌群濃度 (CFU/100mL)	9400	3200	66.0
濁度(NTU)	7.3	1.2	83.6
紫外線透過率 (%)	85.5	91.8	-

この結果からわかる通り、公称孔径5 μmのメンブランフィルターでろ過を行うことにより、大腸菌、大腸菌群、濁度のそれぞれが66～84%除去された。このことは、

対象となる微生物の実質の紫外線耐性が濁質の影響を受けないと仮定するのであれば、同じ表面紫外線照度、同じ照射時間では、ろ過後の水のほうが生残率が小さくなるのが予想される。

不活化実験を行った結果を Fig.1、 2 に示す。

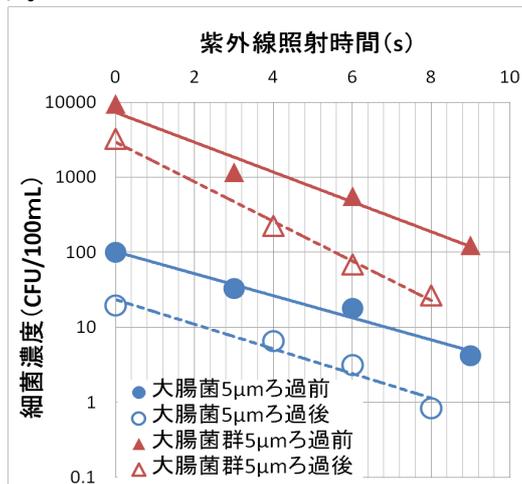


Fig.1 ろ過前後の大腸菌および大腸菌群における紫外線照射時間と細菌濃度の関係

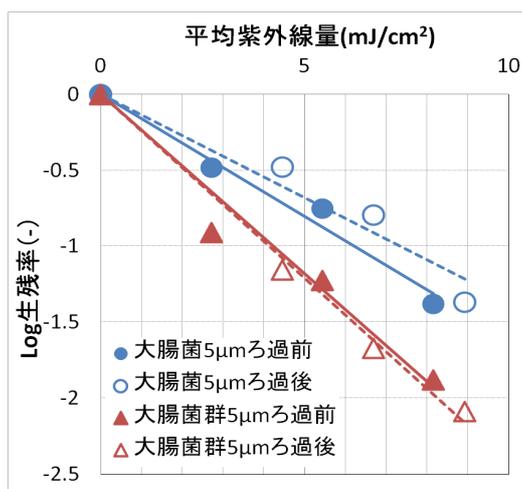


Fig.2 ろ過前後の大腸菌および大腸菌群における平均紫外線量と log 生残率の関係

まず、ここで測定した水における大腸菌および大腸菌群という細菌指標の不活化は、肩を持たない不活化直線で表されることがわかった。また、実験を行った範囲ではテーリングは観察されなかった。

また、Fig.1 でろ過前後の大腸菌、大腸菌群の結果を比較すると、大腸菌と大腸菌群のどちらもろ過後の傾きが大きくなっており、濁度成分の除去によって紫外線照射槽内の平均紫外線量が大きくなっていることと符合する結果である。

Fig.2 における、log 生残率の結果は、大腸菌および大腸菌群のどちらも、平均紫外線量が同じであれば同様の生残率になっていることがわかる。また、今回の実験においては、大腸菌の紫外線耐性は大腸菌群よりも大きく、不活化されにくい傾向が見られた。

すなわち、試料の吸光度を測定して考慮し、平均紫外線量を用いることで、大腸菌および大腸菌群の log 生残率を概ね予測できることが示された。

D. 考察

ろ過の前で濁度は減少し、同時に大腸菌および大腸菌群が減少している。ここで減少した理由は濁質に吸着した菌の除去であると推察できる。その場合、濁質に吸着している大腸菌および大腸菌群は濁質の陰になりやすいと考えられ、ろ過で除去された菌の紫外線耐性が透過したものに比べて大きいことが推察された。そこで、下記の式を仮定する。

$$S_{5\mu} = S_{A0} \cdot \exp\left(-\frac{It}{D_A}\right) - S_{B0} \cdot \exp\left(-\frac{It}{D_B}\right)$$

ここで、 S は細菌濃度、 D は不活化速度定数、 It は紫外線量を表し、下付きの文字は、 A がろ過前、 B がろ過後、 5μ は公称孔径 $5\mu\text{m}$ で捕捉された成分、 0 は紫外線照射前の初期値であることを表す。

つまり、ろ過で捕捉された成分における紫外線量 It 照射後の細菌濃度 $S_{5\mu}$ は、ろ過前の試料に紫外線量 It 照射後の細菌濃度からろ過後の試料に紫外線量 It 照射後の細菌濃度を差し引いたものになると仮定する。実験においてろ過前後の D を実測できるので、これを用いて捕捉された成分における生残濃度を算定することができる。この計算の結果を、平均紫外線量に対して大腸菌および大腸菌群の実測値のプロットと同時に Fig.3、 4 に示した。

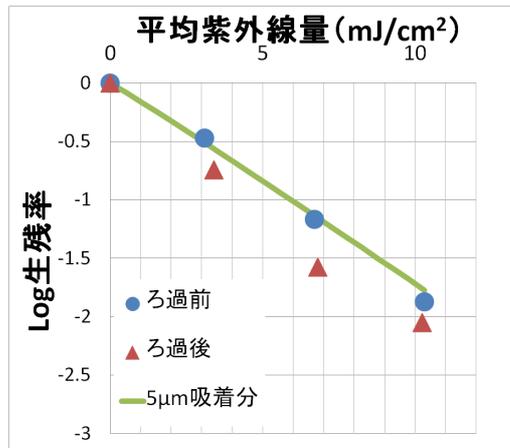


Fig.3 ろ過で除去された大腸菌における平均紫外線量と log 生残率の関係

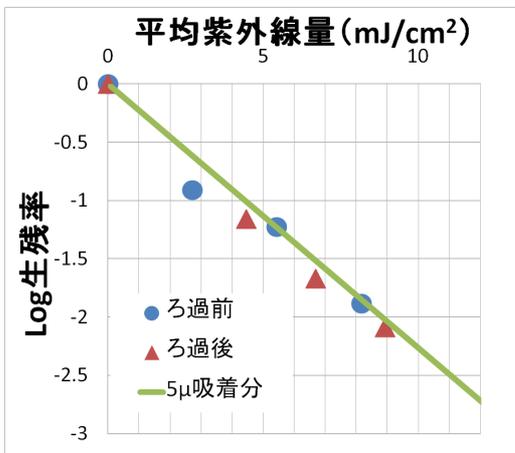


Fig.4 ろ過で除去された大腸菌群における平均紫外線量と log 生残率の関係

これらの結果より、ろ過で除去された大腸菌および大腸菌群における紫外線耐性はほぼ変わらず、濁度成分による防護効果は本実験系においては顕著でないと考えられ、予想と異なる結果となった。

しかし、これが照射時間の長い回分式の系で得られた結果なので差が出ないのか、照射時間が短い流水式の系においても差が出ないのかどうか、今後の課題としたい。

E. 結論

表流水を原水とする浄水場の原水を用い、ろ過による濁度除去、紫外線透過率の上昇、大腸菌と大腸菌群という測定方法の差がどのように不活化効果に影響するのか、

低圧水銀ランプを用いた回分式紫外線照射槽を用いて調べた。

その結果、大腸菌および大腸菌群の不活化プロセスは肩およびテーリングを持たない一次反動的な曲線で表され、平均紫外線量で整理すると、濁度成分の不活化速度への影響は見られなかった。

また、5 µmろ過で捕捉された大腸菌および大腸菌群の不活化速度はろ過前後とほぼ同じであった。濁質による細菌の防護効果は、比較的照射時間の長い回分式においては観察されにくい可能性が示された。

F. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

石田晃啓, 神子直之, 小川敬士, 「濁質を含む水に対する紫外線消毒の適用性」, 第49回日本水環境学会年会, p.476, 2015年3月18日, 金沢.

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他