

東京大学工学系研究科 ○鹿島田浩二

東京大学工学系研究科 大瀧 雅寛

東京大学工学系研究科 山本 和夫

東京大学工学系研究科 大垣眞一郎

1 はじめに

現在日本では、浄水場および下水処理場において広く塩素消毒がなされている。しかし、浄水場ではトリハロメタン等の有害副生成物の問題、また下水処理場においては、放流後の環境に与える影響等の問題から、塩素処理の見直しがなされている。そのような中で、紫外線による消毒は、塩素に替わる代替消毒法として注目されている。しかし、紫外線消毒には消毒後の可視光線による光回復の問題があり、この光回復については未だ不明な部分が多い。紫外線消毒を実用するにあたって、光回復について定量的な解析を試み、現象を深く理解することが本研究の目的である。

光回復とは、紫外線によって不活化された微生物が、可視光線を受けることによって再び活性を取り戻す現象で、1949年にケルナーによって発見された¹⁾(図1)。著者らは既に、糞便性大腸菌群における、可視光線の強さが光回復量や光回復速度に与える影響について調べた²⁾。今回は、今までの研究で指標として用いてきた糞便性大腸菌群の組成を調べ、細菌種による不活化および光回復の挙動の違いについて調べた。

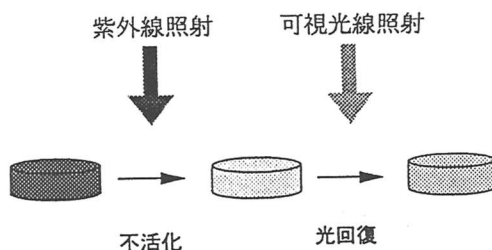


図1 不活化と光回復

2 実験方法

実験は次の1,2をおこなった。

1. 糞便性大腸菌群の紫外線照射および光回復による細菌種の組成の変化を調べる。

2. 1.によって予測される、細菌種による紫外線照射による不活化および光回復の挙動の違いを、単離した細菌株によって調べる。

2-1 組成の変化

細菌種の同定は、腸内細菌同定キットAPI20Eを用いた。サンプルは下水処理場流入水中の糞便性大腸菌群で、原水、紫外線照射後、光回復後の3つのサンプルから、それぞれ無作為に50個の菌を選び、細菌種の同定を行なった。

2-2 単離株による実験

2-1によって単離、同定した細菌種(ただし*Klebsiella*については純粋株を購入した)を用いて、紫外線による不活化および光回復実験を行なった。計測方法としては、デソキシコール酸塩寒天培地(大腸菌群測定用)を用いた。

紫外線は低圧紫外線ランプを用い、シャーレ内の試料に照射した。光回復には市販の15W蛍光灯2本を使用した。可視光線の強さは波長360nmの光の線量率で評価し、試料表面で0.15mW/cm²であった。

3 実験結果

3-1 組成の変化

実験結果を図2に示す。同定はすべての細菌を種のレベルにまで同定できなかったので、属のレベルにおいて分類した。紫外線照射および可視光線照射によって若干の組成の変化が見られたが、サンプル数が少ないため統計的には有意な結果とはならなかった。

3-2 単離株による実験

3つの単離株の不活化実験の結果を糞便性大腸菌群の結果³⁾と比較したのが図3である。*C. freundii*は自身が含まれる糞便性大腸菌群に比べて不活化速度がかなり大きいことがわかる。これは、1の実験において、紫外線照射後に*C. freundii*が検出されなかったという結果と一致する。一方、*E. coli*も、自身が大半をしめる糞便性大腸菌群よりも不活化速度が大きかった。

また、*Citrobacter freundii*、*E. coli*および*Klebsiella pneumoniae*の蛍光灯による光回復実験の結果を図4～図6に示す。

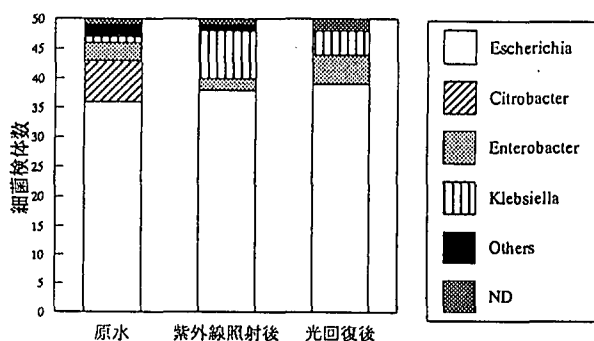


図2 下水処理場流入水中の糞便性大腸菌群組成の変化

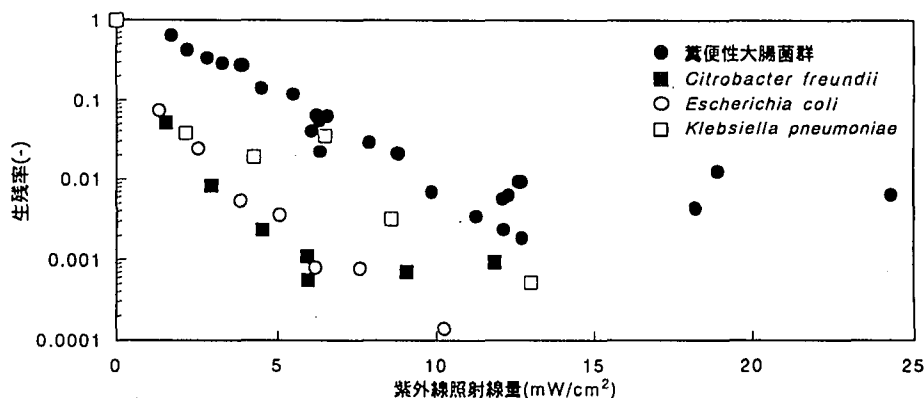


図3 不活化速度の比較

光回復後の生存率 S_m と紫外線照射直後の生存率 S_o の関係式は次式を満たすことが知られている³⁾。

$$S_m = S_o^a$$

a は細菌固有の係数で、 a が小さいほど光回復により消毒効果が低減されることを示す。各細菌について a を求めると、*C. freundii*で0.0348、*E. coli*で0.524、*K. pneumoniae*で0.271である。これは糞便性大腸菌群での結果0.22³⁾と

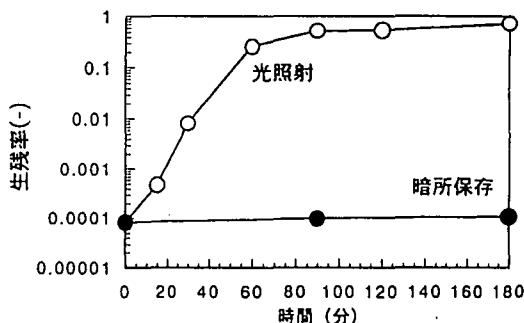


図4 *Citrobacter. freundii* の光回復実験

紫外線照射量 6.16mWs/cm² 可視光線線量率 0.15mW/cm²

比較して、*C. freundii* はかなり小さく、*K. pneumoniae*で同程度、*E. coli* では若干大きい。

4 検討

1および2の実験により、糞便性大腸菌群に含まれる種によって、紫外線による不活化および光回復の挙動に違いがあることが分かった。しかし、その特徴は、実験1と2で若干異なっている。その特徴を表2にまとめた。

実験2で、糞便性大腸菌群に含まれる3つの菌種が、全て糞便性大腸菌群自体より不活化されやすいという結果が出ている。これは複数の細菌や他の物質の存在が、紫外線による細菌の不活化の障害となっている可能性を示している。

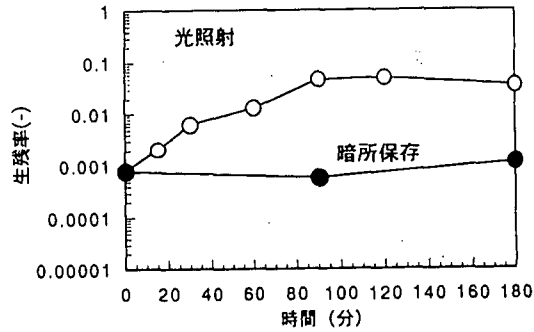


図5 *E. coli* の光回復実験
紫外線照射量 6.16mW s/cm^2 可視光線線量率 0.15mW/cm^2

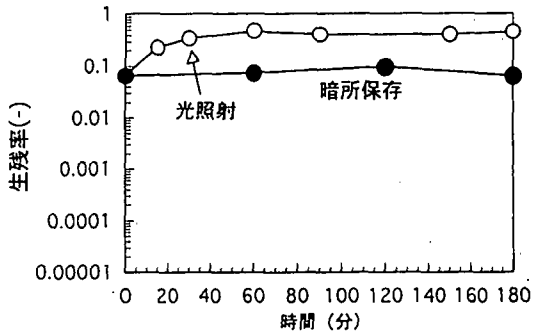


図6 *Klebsiella* の光回復実験
紫外線照射量 6.20mWs/cm^2 可視光線線量率 0.15mW/cm^2

表1 細菌種による不活化および光回復の特徴
糞便性大腸菌群を標準とする

	不活化		光回復	
	実験1	実験2	実験1	実験2
<i>E. coli</i>	中	大	中	やや大
<i>C. freundii</i>	大	大	不明	大
<i>K. pneumoniae</i>	小	やや大	中	中

5 まとめ

糞便性大腸菌群に含まれる細菌でも種によって紫外線による不活化および可視光線による光回復の挙動は異なることがわかった。その特徴は表1に挙げられるとおりである。これらの結果から、光回復を考慮した紫外線消毒の効果の算定には、細菌の挙動の違いを考慮する必要があると結論される。

参考文献

- 1) 武部啓 (1983) DNA修復、東京大学出版会
- 2) 鹿島田浩二他 (1995) 紫外線照射水処理における光回復の評価、水環境学会誌 第18巻第1号
- 3) 神子直之、大垣真一郎 (1987) 下水処理水の紫外線消毒効果に及ぼす光回復の影響、土木学会第42回 土木学会年次学術講演会講演梗概集Ⅱ-374.