

II-520

紫外線水処理法における指標細菌の光回復について

東京大学大学院 学生員 鹿島田浩二
 東京大学工学部 正会員 大垣眞一郎
 東京大学工学部 正会員 山本 和夫
 東京大学工学部 正会員 神子 直之

1 目的

現在日本の下水処理には塩素消毒が使われているが、放流後の生態系への影響や有害副生成物の生成などの問題から塩素処理に替わる代替消毒法が注目されている。紫外線照射法はこの代替法の1つとして魅力のある方法であるが、紫外線によって不活化された生物体はその後可視光線を受けることによって活性を取り戻すことが知られており、この現象を光回復という。光回復について深く知識を得ることは今後水処理に紫外線を適用する上で不可欠である。本研究は未だ統一した評価手法のない光回復についてその挙動をより明らかにすることが目的である。

2 光回復の定式化

光回復過程は光回復後の最終的な生残率を S_m として次のように表される。

$$dS/dt = k(S_m - S) \quad k: \text{光回復速度係数}$$

これより生残率 S の時間変化は紫外線照射直後の生残率を S_0 として

$$S = (S_m - S_0)(1 - e^{-kt}) + S_0 \dots \dots \text{(式1)}$$

と表される。ここでは $(S_m - S_0)$ を最大光回復量と称す。

3 実験方法

3.1 紫外線照射

紫外線照射は図1のような二重円筒低圧水銀ランプの装置を使って行った。試料は攪拌しながら紫外線を照射した。表面の線量率は常に一定になるようにし、線量は照射時間を変えることによって調節した。紫外線の線量は大腸菌ファージ $Q\beta$ の不活化率を用いて測定した。

3.2 蛍光灯による可視光照射

可視光線は市販の15Wの蛍光灯2本を用いて図2のように当てた。試料は直接ピペットで採水して各時間の細菌濃度を測定した。光の強さは波長360nmの線量率で評価した。また対照実験として同じ条件で紫外線を照射し、可視光にあてずに暗所に保存した試料の濃度の時間変化も測定した。

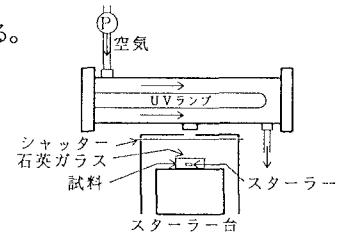
3.3 太陽光による可視光照射

紫外線を照射した後の試料をガラスの試験管にいれ、太陽光が直接当たるところや日陰など条件の異なるところに置いて実験を行った。光の強さは波長360nmの線量率を10～15分間隔で測定した。対照実験は3.2と同様に行った。

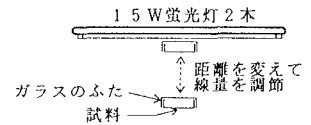
4 結果の分析と考察

4.1 不活化実験

大腸菌の純粋株 $E. coli$ K12、 $E. coli$ B及び野生大腸菌群について紫外線照射量と生残率の関係を図2に示した。3つの



紫外線照射実験



可視光照射実験（蛍光灯）

図1 実験装置

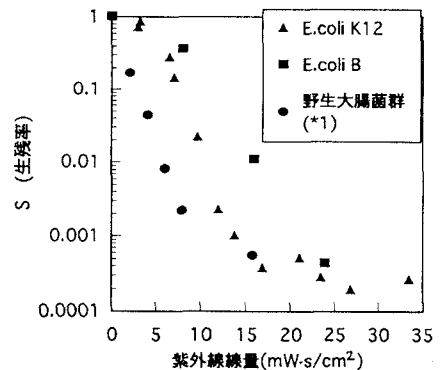


図2 不活化実験

*1 尿尿処理場流入水中の大腸菌群（浦安尿尿処理場）

試料で紫外線に対する抵抗性の違いはあるものの照射線量を増加させれば生残率は低下することが分かる。

4. 2 光回復実験

下水処理場流入水中の糞便性大腸菌群を試料として、紫外線を一定量（ 5.24 mW s/cm^2 ）照射した直後に可視光を当てて光回復実験を行った。

蛍光灯による糞便性大腸菌群の光回復の結果を図3に示す。蛍光灯照射直後から生残率は上昇し、120分ではほぼ定常状態に達した。このときの生残率の変化について理論式（式1参照）を用いて生残率曲線を求めた結果を図3に付した。

また同じ糞便性大腸菌群について太陽光を使った光回復実験の結果を図4に示す。蛍光灯を使った場合に比べて非常に敏感に反応したが、その後生残率は時間とともに徐々に減少した。波長340～490nmの可視光線には殺菌作用があることは知られており¹⁾、こうした可視光線の殺菌作用の影響であると思われる。定常状態に達するまでの結果について、蛍光灯を使った実験と同様理論式を当てはめて生残率曲線を求めた。

4. 3 可視光線の線量率が光回復に与える影響

可視光線の360nm線量率Iと光回復速度係数kの関係を示したのが図5である。2つのパラメータには正の相関関係があることが分かる。相関係数は0.9を得た。

一方同じ実験で線量率Iと最大光回復量（ $S_m - S_0$ ）の関係を図6に示した。可視光の線量の低い2つの実験では実験誤差が大きい、また太陽光では太陽光自体の殺菌作用により見かけ上の最大光回復量は小さくなる、などの因子が影響していることを考慮すれば、Iは最大光回復量には大きく影響しないと思われる。

5 結論

下水処理場流入水中の糞便性大腸菌群に関しては

1. 360nmの線量率Iを使うことによって蛍光灯と太陽光の実験を統一して表現することができた。また光回復速度係数kとIには正の相関関係がある。
2. 太陽光を当てた場合は太陽光自体の殺菌作用により見かけ上の最大光回復量は減少する。

なお、*E. coli* Bと*E. coli* K12では光回復はほとんど見られなかった。菌の種による光回復の挙動の違いが予想され、今後の検討が必要である。

参考文献

- (1) 柳田友道 (1981) 微生物科学

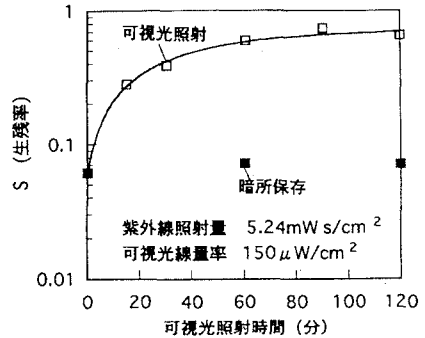


図3 光回復実験（蛍光灯）

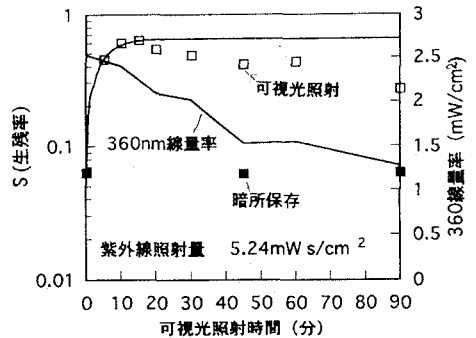


図4 光回復実験（直射日光）

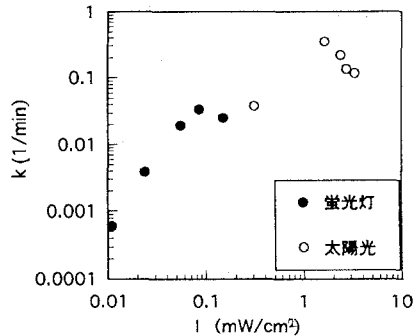


図5 360nm線量率Iと光回復速度定数kの関係

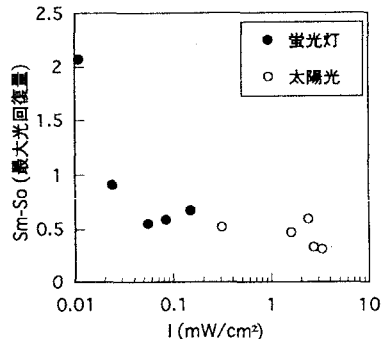


図6 最大光回復量と360nm線量率Iの関係