

異なる紫外線強度による大腸菌不活化後の光回復

The effect of UV intensity on photoreactivation following UV disinfected *E.coli*

0330112 高梨悦子 大瀧雅寛

Etsuko TAKANASHI and Masahiro OTAKI

お茶の水女子大学 環境工学研究室

1. はじめに

現在上下水道で中心となっている塩素消毒の代替法の一つとして紫外線消毒が検討されている。紫外線消毒は装置が単純、維持管理が容易、副生成物が生成しにくい等の長所がある。実プラントへの適用にあたっての主な検討課題として、処理水中に存在する濁質による透過光の減少や微生物の光回復などが挙げられる。光回復とは紫外線照射によって不活化された細菌が、その後自然光などの可視光照射 (300 nm 以上) を受けると遺伝子損傷が修復されて増殖能を回復するという現象である。

*E.coli*K12(NBRC3301)の光回復実験において、濁質が共存しない場合、低圧ランプに比べてパルスランプでは光回復速度係数が著しく小さくなるのが既存の研究¹⁾により明らかになっている。一方で濁質が共存する場合には、このようなパルスランプの効果が見られなくなるということも報告されており、このことから光回復反応の紫外線強度依存性が考えられている。

本研究では、*E.coli*K12(NBRC3301)を用いて紫外線強度が不活化速度やその後の光回復の変化へ与える影響について実験を行うこととした。

2. 実験方法

紫外線照射装置の概略図を Fig.1 に示す。紫外線光源としてパルスキセノンランプ ((株) 岩崎電気社製)、可視光の光源として蛍光灯 (National 製、15 W) を用いた。紫外線線量は照射回数で、可視光の線量は照射時間により調節した。紫外線強度はランプとリアクターの間に金網を置き、その枚数の増減により透過光強度を調節した。またパルスランプ照射強度を安定させるため、実験開始前に事前に 10 回以上照射を行った。

*E.coli*K12(NBRC3301) (濃度約 10^7 CFU/mL) 20 mL を内径 5.2 cm のシャーレ (水深は 0.94 cm となる) に入れ、UV

ランプ下からの水面までの距離を 19.8 cm に設置し、スターラーで攪拌しながら紫外線、もしくは可視光を照射した。また、紫外線照射後に可視光照射なし (他の条件は同一) でも行い対照実験とした。

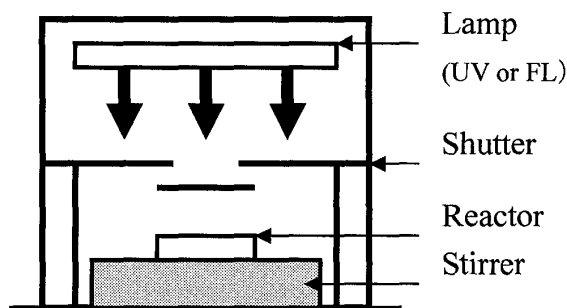


Fig.1 The schematic diagram of the experimental apparatus

3. 不活化率の算定

既存の研究²⁾からパルスランプによる微生物の不活化は照射回数 n における一次反応式で表されることがわかっている。

$$\ln(N/N_0) = -k \cdot D \cdot n \quad (=2.3 \log(N/N_0))$$

N_0 : 紫外線照射前の *E.coli* K12 濃度 (CFU/mL)

N : 紫外線照射後の *E.coli*K12 濃度 (CFU/mL)

k : *E.coli*K12 の不活化速度定数 (cm^2/mWs)

D : パルスランプ一回あたりの線量 ($\text{mJ}/\text{cm}^2/\text{times}$)

n : パルスランプ照射回数 (times)

4. 結果と考察

4.1. パルスランプによる不活化

Fig.2 にパルスランプによる不活化実験結果を示す。横軸は紫外線照射回数 (times)、縦軸は生存率 $\log_{10}(N/N_0)$ とした。Fig.2 より、金網枚数で調節した紫外線強度が大きくなるのに従い、死滅速度も速くなるのがわかる。

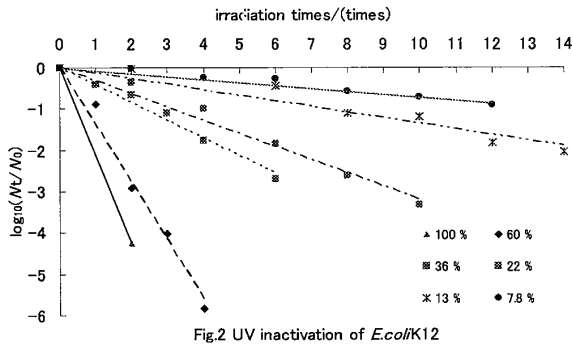


Fig.2 UV inactivation of *E.coli*K12

既存の研究²⁾で 360 nm 光を光回復の指標とできることがわかっている。また、金網0枚時の紫外線線量率を 100% とすれば、金網1枚で 60%に減少することが Iodide/Iodate 化学線量計¹⁾により求められた。これより線量率が 100, 36, 7.8 %となる 0,2,5 枚において不活化処理を行った後、光回復させた。

4.2. 可視光による光回復と対照実験

パルスランプを用いて、生存率が各々の線量率条件において 10^{-2} 程度 (Fig.2 参照) になるまで照射した後、続いて可視光を照射した。光回復結果を Fig.3~Fig.6 に示す。いずれの場合も波長 360 nm における可視光線量率の測定結果は 0.02 mW/cm^2 であった。図に示されるように、どの場合においても光回復反応が見られることがわかった。

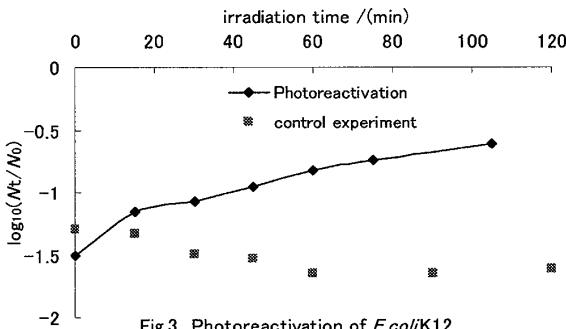


Fig.3 Photoreactivation of *E.coli*K12 following UV inactivation(100%)

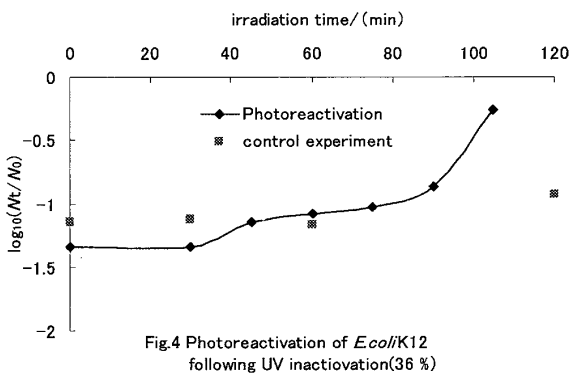


Fig.4 Photoreactivation of *E.coli*K12 following UV inactivation(36%)

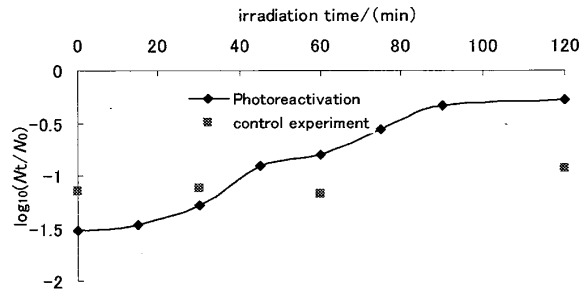


Fig.5 photoreactivation of *E.coli*K12 following UV inactivation(7.8%)

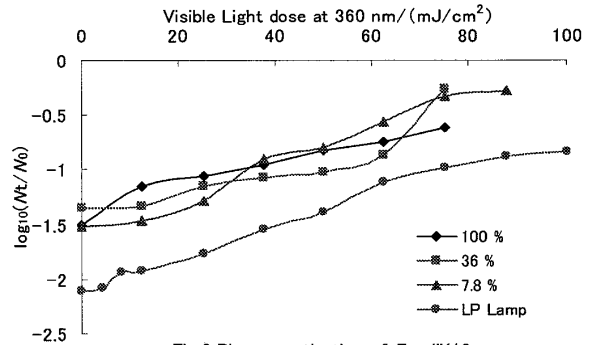


Fig.6 Photoreactivation of *E.coli*K12

Fig.6 に、それぞれの紫外線強度の場合での光回復現象を比較し、また低圧ランプを用いて同様の実験をした場合とも比較した。既存の研究結果を参照すれば、線量率を低くすると光回復速度が大きくなると推測できたが¹⁾、各光強度で顕著な差は見られず、これと異なる結果となった。低圧ランプの場合では光回復開始時点の不活化率がパルスランプの場合と異なるため、単純に比較できなかった。今回用いた微生物では光回復能力が以前よりも低い種となっていたため、差が見られなかったことも理由として考えられる。

5. まとめ

光強度の大きなパルスランプにおいて、通常の強度で不活化した場合とその約 10 分の 1 の強度で不活化した場合を比較すると、不活化率 $-\log 2$ 程度ではその後の光回復現象に顕著な差が見られなかった。

6. 参考文献

- 1) 高田麻以：紫外線消毒された大腸菌の光回復および代謝活性への濁質の影響，2006
- 2) 大瀧雅寛，鹿島田浩二，石渡淳，赤井田悟史，大垣眞一郎：紫外線照射処理および紫外線—光触媒処理における細菌の光回復，環境工学研究論文，第 34 巻，1997