

紫外線照射処理による大腸菌の不活化における濁質の影響 The effect of turbidity on inactivation of *E.coli* by UV disinfection

0030112 佐藤あゆみ 大瀧雅寛
Ayumi SATO and Masahiro OTAKI
お茶の水女子大学 環境工学研究室

1.はじめに

紫外線消毒は設備が単純、維持管理が容易、副生成物が生成しにくい等の長所から、現在上下水道で中心となっている塩素消毒の代替法として検討されている。実プラントへの適用にあたっての主な検討課題の一つとして、共存する吸光物質や濁質、さらに細菌の光回復の影響が挙げられる。光回復は紫外線照射によって不活化された細菌が、その後自然光等の可視光照射(300nm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ウイルスでは見られない現象である。またウイルス不活化における濁質の影響については、吸着や遮光により不活化効率が悪化するという結果が得られている²⁾が、細菌における影響についても調べる必要がある。そこで本研究では様々なランプを用いた場合の *E.coli* K12 の不活化実験および不活化後の光回復による生存率の変化を実験し、濁質共存下において細菌の不活化効率へどのような影響があるかを調べることにした。

2.実験方法

紫外線及び可視光照射装置の概略図を Fig.1 に示す。紫外線の光源として低圧 UV ランプ(東芝製殺菌ランプ, 20W)、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(日立, 20W)を用いた。またモデル濁質として上水濃縮汚泥を濁度 234NTU に希釈したものをを用いた。

<実験 1> : 不活化実験

E.coli K12 試料(濁度 0NTU, 濁度 234NTU)15mL を内径 5.4cm のシャーレ(高さは 0.8cm となる)にそれぞれ入れ、UV ランプ下 19.8cm に設置しスターラーで攪拌しながら紫外線を照射した。UV 線量率計での

測定値は液面においておおよそ 0.4 mW/cm² であった。

<実験 2> : 光回復実験

パルスランプを用いて初期濃度の 1/100 程度まで不活化させた *E.coli* K12 試料(濁度 0NTU) 15 mL を内径 5.4cm のシャーレに入れ、蛍光灯下 10.7cm に設置し、スターラーで攪拌しながら可視光を照射した。このときの光回復に効果があるとされる 360nm の線量率は 0.02mW/cm² であった。

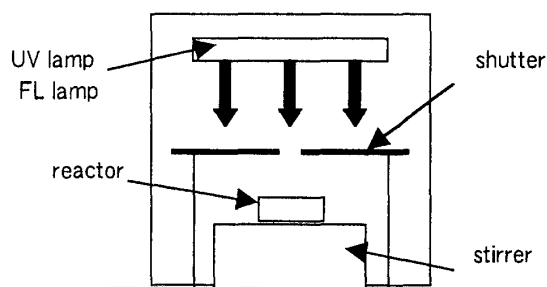


Fig.1 The schematic diagram of the experimental apparatus

3.結果と考察

不活化速度係数の理論値の算定方法

Lambert-beer 則と 254nm 吸光度を用いて次式(1)から理論平均線量率 I_{avg} が算定される。

$$I_{avg} = I_0 \times (1 - e^{-2.3AL}) / 2.3AL \quad (1)$$

I_{avg} : リアクター内の平均線量率

I_0 : 液面における線量率

A : 吸光度 L : 光路長(液面高さ)

見かけ不活化速度係数の比はこの線量率の比と同じと考えられるので速度係数の理論比が決まる。各試料の吸光度と 234NTU 場合の吸光度より算定した UV 線量率理論値と実測値比率を Table.1 に示す。

Table.1 Calculated and observed germicidal intensity rate and absorbance of samples

	LPUV	PXe	
	254nm	254nm	360nm
Abs in 0NTU(1/cm)	1.5	1.6	0.21
Abs in 234NTU(1/cm)	2.0	2.1	0.72
calculated ratio of rate constants	0.77	0.78	0.66
observed ratio of rate constants	0.60	0.94	-
observed/calculated	0.78	1.2	-

Fig. 2 に低圧ランプによる *E.coli* K12 の不活化実験結果を示す。既存の研究¹⁾より(2)の一次式に従うことがわかっている。

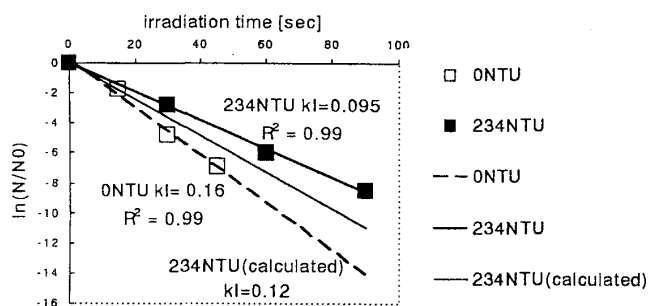
$$\ln(N/N_0) = -k \cdot I \cdot t \quad (2)$$

N : 紫外線照射後の *E.coli* K12 濃度(CFU/ml)

N_0 : 紫外線照射前の *E.coli* K12 濃度(CFU/ml)

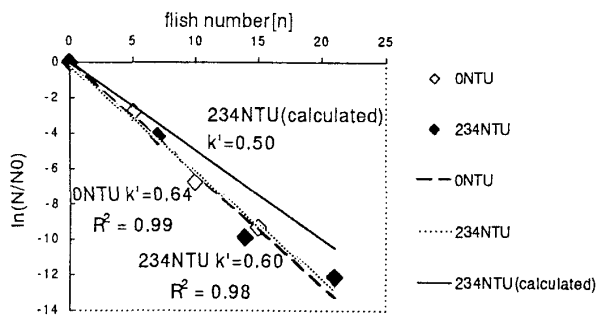
k : *E.coli* K12 の不活化速度定数 (cm^2/mJ)

I : 紫外線照射率 ($\text{mJ}/\text{s} \cdot \text{cm}^2$) t : 照射時間(s)

Fig. 2 Turbidity effect on inactivation of *E.coli* K12 by LPUV

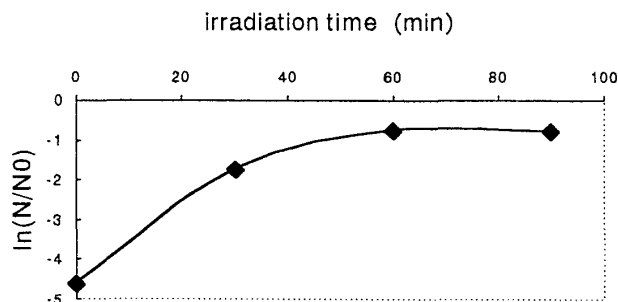
低圧ランプでは理論値よりも殺菌線量が低下することが示された。ウイルスを用いた既存の研究²⁾でも同様の結果が得られており、大腸菌の濁質への吸着が影響していると考えられる。低圧ランプの濁質の影響についてはウイルスと大腸菌はほぼ同様であった。

Fig.3 にパルスランプによる *E.coli* K12 の不活化実験結果を示す。パルスランプについては(3)の一次式に従う。

Fig.3 Turbidity effect on inactivation of *E.coli* K12 by PXe

パルスランプでは理論値よりも高い殺菌効果が得られたことが示される。これは低圧 UV ランプを用いた実験結果ともウイルスを用い

た既存の研究³⁾結果とも異なる。Fig.4 に可視光照射による UV 不活化後の大腸菌の濃度変化を示した。なお N_0 は UV 不活化前の濃度を示している。この図より今回使用した大腸菌は光回復能力を持つものであると確認された。従って、パルスランプにおける *E.coli* K12 の不活化では同時に光回復も起こっている可能性があり、実際の不活化効果は得られたデータよりも大きいと考えられる。

Fig.4 Photoreactivation rate of *E.coli* K12

濁質が共存する場合は UV 光量とともに可視光量も減少する。Table.1 より 254nm (紫外線光) と 360nm (光回復光) における吸光度の差は可視光域の吸光度の増加割合の方が大きい。従って不活化効率の減少分より回復率の減少分が小さくなることにより見かけの不活化率の差が少なくなったのではないかと考えられる。

3.まとめ

E.coli K12 の不活化において試料中の濁質による影響は、低圧ランプについてはウイルスと同様であったが、パルスランプについては異なる結果が得られた。これはパルスランプの照射する光が低圧ランプよりも広い波長域を持つために、不活化と同時に光回復も起こっているためではないかと考えられる。

4.参考文献

- 1) 大垣真一郎：大腸菌ファージを用いた紫外線照射装置の評価
- 2) 役山由里子、大瀧雅寛：濁質共存下における大腸菌ファージの紫外線消毒効率評価、2002