

B-15

パルスキセノンランプ及び低圧 UV ランプによる

水中微生物不活化速度の比較評価

お茶の水女子大学人間文化研究科

○奥田敦子

同上

田中 愛

同上

大瀧雅寛

東京大学大学院工学系研究科

大垣眞一郎

1. はじめに

現在日本の水処理において病原細菌、ウィルスの消毒方法は塩素消毒が中心である。しかし近年水質の悪化に伴い、塩素注入量が増加することで、トリハロメタン等の発ガン性物質が生成するという問題が生じている。紫外線殺菌処理は、装備が単純・維持管理が容易・副生成物は生成しにくい等の長所を持っており、塩素の代替消毒法として検討されている。

本研究では、最近水処理への適応が検討され始めているパルスキセノンランプ（以下、パルスランプ）を用いて種々の水中微生物の不活化実験を行い、従来型の殺菌ランプ（低圧水銀灯、以下低圧 UV ランプ）と比較し、パルスランプの不活化能力を定量的に評価する手法を確立する。

2. 実験材料と方法

2. 1 パルスランプについて

パルスキセノン照射装置は1秒間に数回の割合でパルス発光させ、被照射物に照射を行う装置である。パルスキセノン照射装置に使用されるパルスランプの特徴について以下に述べる。

- ・ 断続的に高照度のエネルギーを照射できる。
- ・ パルス発光であるため被照射物の温度上昇がない。
- ・ 広い波長域を持つ（図1）。

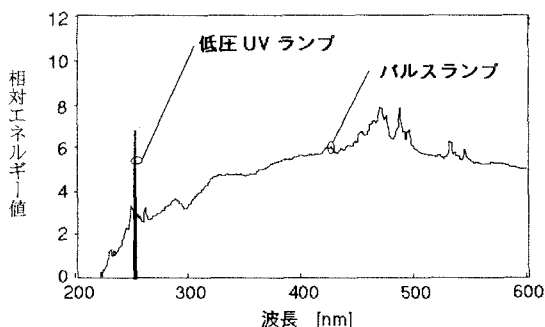


図1 パルス及び低圧 UV の照射波長スペクトル

注) 相対エネルギー値とは各々のランプにおける相対値でありランプ間の比較を示すものではない

2. 2 紫外線による不活化実験の対象微生物

紫外線による不活化実験の対象微生物としてウィルス及び細菌の各種微生物を実験に用いた。ウィルス指標微生物としては、RNA 大腸菌ファージである $Q\beta$ と DNA 大腸菌ファージである T4 を用いた。細菌指標としては、光回復能を持つことが確認されている H 大腸菌 *E.coli*(IFO3301) と光回復能が小さい大腸菌 *E.coli* K12 F⁺(A/ λ)を用いた。

光回復とは、紫外線によって核酸内の塩基に生じた二量体が、細胞内に存在する光回復酵素の近紫外光による活性化で元の塩基状態に戻り、複製能力を回復することを言う²⁾。

紫外線照射実験時は、大腸菌の実験では大腸菌が 10^7 CFU/ml 含まれた リン酸塩緩衝液 100ml (200nm~800nm での吸光度の最高値 0.036cm^{-1}) を、ファージの実験ではファージ 10^8 PFU/ml の液体

培地（ポリペプトン 10.0g、酵母エキス 5.0g、塩化ナトリウム 5.0g、グルコース 1.5g、硫酸マグネシウム 0.2g、硫酸マンガン 0.05g、超蒸留水 1000ml）1ml と希釈液 99ml を混合し（200nm~800nm での吸光度の最高値 0.01cm⁻¹）、供試液とした。

2. 3 実験手順

紫外線照射装置の概略図を図 2 に示す。光源として市販の低压 UV ランプ（㈱東芝社製、STANLEY 殺菌ランプ GL6 20W、1 本）、及びパルスランプ（㈱岩崎電気社製、1 本）をそれぞれ用いた。リアクターには蓋をせず、スターラーで一定速度に攪拌しながら紫外線を照射した。一定量紫外線を照射した後シャッターで紫外線を遮り、試料を採取した。

Qβ と T4 の濃度は宿主菌として *E.coli* K12 F⁺(A/λ) を用いる二層寒天法によるブラック法で、*E.coli*(IFO3301) と *E.coli* K12 F⁺(A/λ) の濃度はデスオキシコレート塩培地（㈱栄研化学社製）を用い二層寒天法により測定した。

3. 実験結果及び考察

殺菌効果のある紫外線のうち実際に被照射物に到達した紫外線の線量率を評価するため、本研究では生物的紫外線線量測定法³⁾を用いた。この方法は大腸菌ファージの一種である RNA ファージ Qβ の不活化率を測定して、殺菌に使われた有効紫外線線量率を算定するものである。ファージ Qβ は次式に従って不活化する事がわかっている。

$$Nt/No=e^{-f \cdot u}$$

Nt:紫外線照射 t(s)後の Qβ 濃度(PFU/mL)
 No: 紫外線照射前の Qβ 濃度(PFU/mL)
 f : Qβ の不活化速度定数=0.17(cm²/mWs)
 u : 有効殺菌線量率(mW/cm²) t:紫外線照射時間(s)

図 3 に示したように DNA ファージである T4 は、両ランプにおいて、一次反応的に不活化する事がわかった。また有効殺菌紫外線線量で比較した場合、両ランプにおける不活化速度は、ほぼ同じであることがわかった。

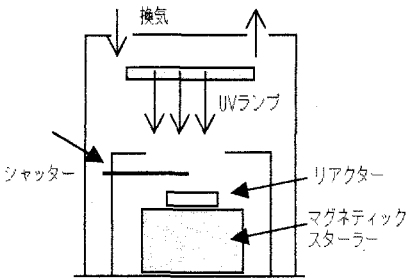


図 2 実験装置概略図

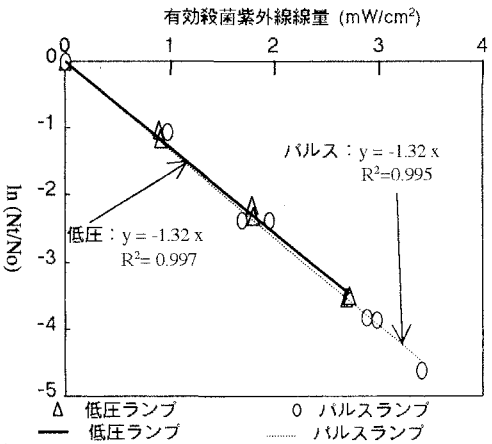


図 3 低压ランプ、パルスランプによる T4 不活化結果

また、*E.coli* K12F⁺(A/λ)の不活化実験結果では低圧ランプ、パルスランプでの不活化速度にわずかに差は出たものの、ほぼ同じ値を示した(図4)。

一方、*E.coli*(IF03301)の不活化実験結果ではT4、*E.coli* K12 F⁺(A/λ)の不活化実験結果と異なり低圧ランプ、パルスランプでの不活化速度に差が生じた(図5)。

これらの結果が生じた原因としてパルスランプは可視光領域にも広い波長スペクトルをっており、相対照射エネルギー値も比較的高い値を示しているため大腸菌が不活化されたと同時に光回復も起こり、パルスランプによる大腸菌の不活化速度が、低圧ランプの不活化速度よりも小さくなったのではないかと考えられる。

4. まとめ

今回の実験結果から、不活化能力に関して両ランプに微生物の種によって差が見られることが分かった。また *Qβ*を用いた生物的紫外線線量測定法の結果がそのまま適応できないランプ及び生物種があることが示唆された。その原因は可視光照射による光回復が主な原因と考えられるが、今後両ランプによる不活化機構の相違なども含めて、さらなる検討が必要である。

謝辞

この研究は(財)畜産環境整備機構より畜産環境特別対策事業助成金を受けている岩崎電気(株)との共同研究成果によるものである。

<参考文献・引用文献>

- 1) 小熊ら「水中共存物質が大腸菌の光回復に及ぼす影響」、第53回土木年次学術講演会、pp.250, 1998
- 2) 大瀧ら「紫外線照射処理及び紫外線-光触媒処理における細菌の光回復」、環境工学研究論文集、vol.34, pp.75-82, 1997
- 3) Kaniiko et.al "RNA coliphage *Qβ* as a bioindicator of the Ultraviolet disinfections efficiency", Wat.Sci &Tech, vol.21, pp.227-231, 1989

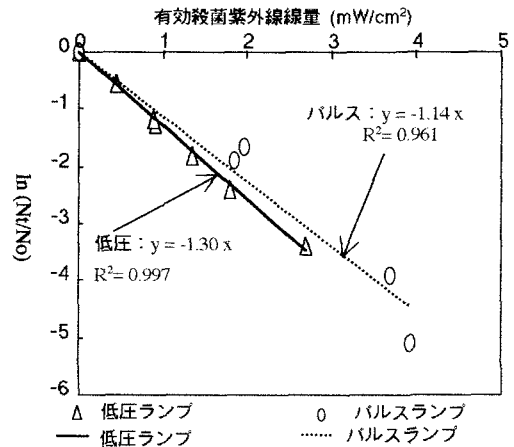


図4 低圧ランプ、パルスランプによる
E.coli K12 F⁺(A/λ)不活化結果

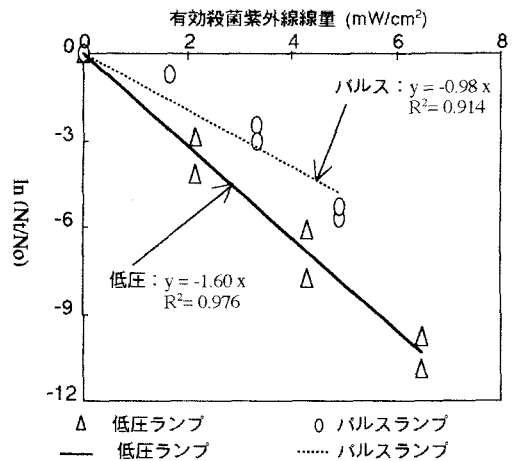


図5 低圧ランプ、パルスランプによる
E.coli(IF03301)不活化結果