

**Pulsed Xe ランプ及び低圧 UV ランプによる
消毒処理の効果比較及び実処理への適用**
Comparison of the Inactivation to aquatic microorganisms by pulsed UV irradiation and
Low pressure UV ,and its application to practical using

奥田敦子 大瀧雅寛
Atsuko Okuda and Masahiro Otaki

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.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、装置の小型化が可能である。
- ・広い波長域を持つ (Fig1.)。

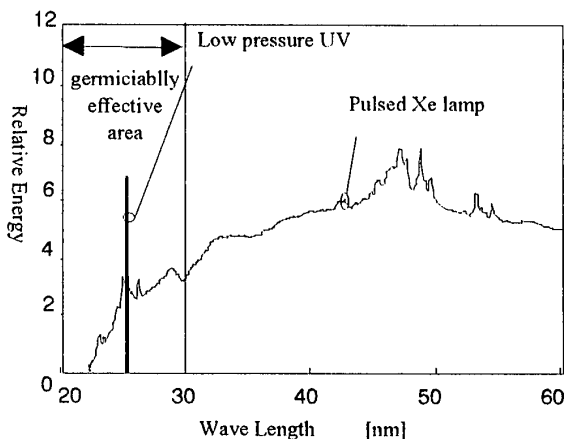


Fig1. The spectrum of Pulsed Xe lamp and Low Pressure lamp

3.紫外線による不活化実験及び光回復実験

3-1.実験手順

紫外線・可視光照射装置の概略図を Fig2.に示す。紫外線照射には市販の低圧 UV ランプ（株東芝社製、STANLEY 殺菌ランプ GL6 20W、1本）、パルスラ

ンプ（株岩崎電気社製、1本）、可視光照射には市販の蛍光灯（株）HITACHI 製白色蛍光灯、18W,2本）をそれぞれ用いた。試料を入れるシャーレには蓋をせず、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。光回復実験は紫外線を照射した後、蛍光灯を照射し一定時間ごとにサンプリングを行った。 $Q\beta$ 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測定し、*E.coli*(IFO3301)と *E.coli* K12 F'(A/λ)、*E.coli* C の濃度はデスオキシコレート塩培地（株栄研化学社製）を用いた二層寒天法により測定した。

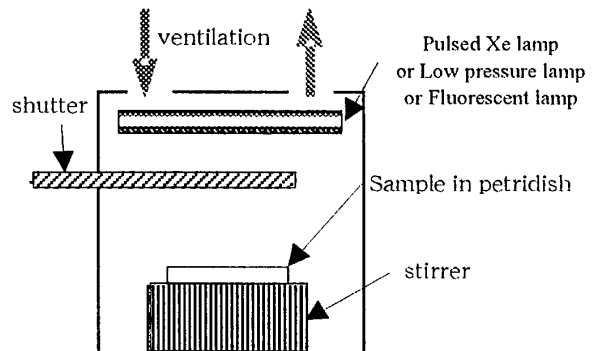


Fig2. The experimental setup of UV or visible light irradiation

3-2.実験結果と考察

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、生物的紫外線線量測定法¹⁾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 $Q\beta$ 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。

また、不活化された微生物が、可視光線や近紫外光線のもとで複製能力を回復することが確認され、これを光回復²⁾とよんでいる。光回復は最大回復率と回復速度で定量化される。

Fig.3 は Pulsed Xe ランプによる各微生物の不活化実験結果である。いずれのランプにおいても、微生物は一次反応的に不活化した。Table1.は実験結果よりもとめた不活化速度定数をまとめたものである。大腸菌は可視光照射によって一次反応的に光回復した。Table2.は実験結果よりもとめた光回復速度定数をまとめたものである。

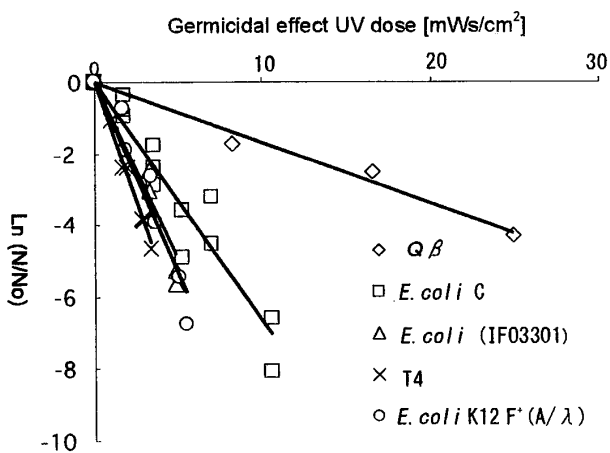


Fig3. Inactivation of each aquatic microorganisms exposed Pulsed Xe lamp

Table1. Inactivation rate constant of each aquatic microorganisms (cm²/mWs)

	T4	E.coli C	E.coli (IFO3301)	E.coli (A/λ)
Pulsed UV	1.31	0.67	0.98	1.14
Low pressure UV	1.28	0.72	1.60	1.30

Table2. Photoreactivation rate constant of each Escherichia Coliform (min⁻¹)

	E.coli C	E.coli(IFO3301)	E.coli(A/λ)
Pulsed UV	0.0043	0.0069	0.0064
Low pressure UV	0.0123	0.0248	0.0116

Table1.のように大腸菌において両ランプ間の不活化速度定数に差異が生じた。光回復実験の結果から、低圧 UV ランプと比較してパルスランプは光回復速度が小さいことがわかった。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もっ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っていることが一つの要因であることが明らかとなった。

4.流通型 Pulsed Xe ランプの消毒効果

4-1.実験手順

流通型実験装置は反応槽が二重円筒管になっており、内筒内径 30.6mm 内にパルスランプが内蔵され、外筒内径は 72.1mm、95.6mm、110.1mm の三条件で実験を行った。模擬水を三種類用意し模擬水 1 は透過率 99%とし、模擬水 2、模擬水 3 はそれぞれ透過率 60%、3%となるように適量のカオリンとフミン酸を投入した。Qβを濃度 10⁴~10⁵PFU/mL となるように投入しよく攪拌した後サンプルを採取し初期濃度とした。原水タンクより一定流量で流通型実験装置へ導入し採水口よりサンプルを採取した。

4-2.実験結果と考察

Fig4.は外筒内径 72.1mm 装置実験結果である。流通型パルスランプの実験結果より透過率 99%のデータか

ら求めた理論値よりも、透過率の低い 60%、30%におけるデータの方が大きかった。即ち、この装置は濃度の高い水処理への適用に向いている可能性が示された。

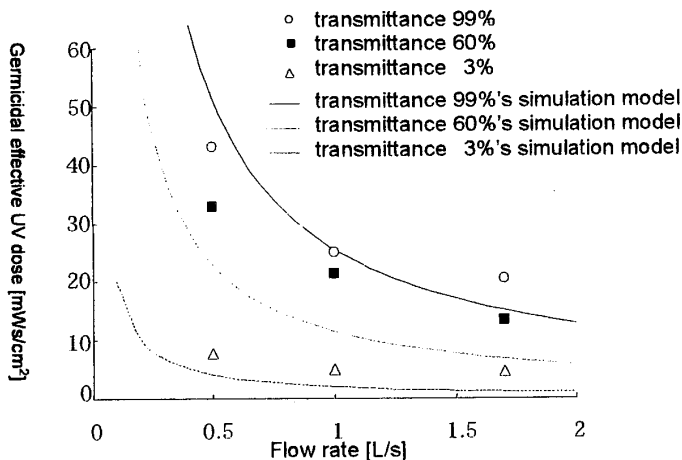


Fig.4 Germicidal effective dose and those simulation models using equipment 72.1mm in outer cylinder diameter

5. 結論

低圧 UV とパルスランプによるファージと大腸菌の不活化において、大腸菌の中に両ランプ間の不活化速度定数に差異が生じるものがあった。この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もっている為大腸菌が不活化されると同時に光回復も起こっていることが一つの要因であることが明らかとなった。また流通型パルスランプの実験結果より濃度の高い水処理への適用に向いている可能性が示された。

6.謝辞

本研究のため、実験室、分析機器等を使わせていただき、実験にご協力いただいた東京大学大学院工学系研究科の大垣先生を始め皆様の配慮に感謝します。

<参考文献・引用文献>

- 1)小熊久美子ら、第 53 回土木年次学術講演会、pp.250、1998
- 2)Koji Kashimada、Water Research vol.33、No10-11、pp.261-269、1996
- 3)大垣眞一郎 大腸菌ファージを用いた紫外線照射装置の評価、土木学会第 44 回年次学術講演会、1989

<既発表論文> 合計 5 編、0.5pt.に相当

- 1.紫外線処理による水中微生物の不活化機構と紫外線ランプについて、生活工学研究 Vol.2、No.2(2000)-0.1pt
- 2.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、第 37 回環境工学フォーラム講演集、2000-0.1pt
- 3.地球環境問題と社会の取り組み、生活工学研究 Vol.3、No.1(2001)-0.1pt
- 4.流通式紫外線照射装置の効果について、生活工学研究 Vol.3 No.2(2001)-0.1pt
5. Pulsed Xe ランプ及び低圧 UV ランプによる消毒処理の効果比較及び実処理への適用、生活工学研究 Vol.4、No.1(2002)-0.1pt (本稿)