

# パルス UV 照射による水中微生物の不活化に関する研究 Inactivation of aquatic microorganisms by pulsed UV irradiation

9630117 田中愛 指導教官 大瀧雅寛

## 1. 目的

現在日本では、水処理における病原細菌、ウイルスの制御手法としては塩素注入によるものが中心である。しかし、近年の水環境の悪化に伴い、水質が低下し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。そこで塩素処理に代わる代替消毒法が検討されており、その一つである紫外線殺菌処理は、・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を持っている。本研究では、最近新たに開発されたパルス UV ランプを用いて種々の水中微生物の不活化実験を行い、従来型ランプ（低圧 UV ランプ）と比較することにより、パルス UV 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. 実験方法及び装置

### 2-1. パルス UV について

パルス UV は以下の様な特徴を持つ。

- ・断続的に高強度の照射が可能である。
- ・広い波長域を持つ。(図1)
- ・パルス発光のため、被照射物の温度上昇が少ない。

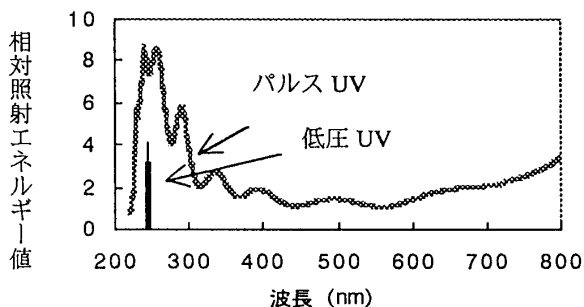


図1 パルス及び低圧 UV の照射波長スペクトル

### 2-2. 紫外線線量率の定量法

#### 2-2-1. 生物的紫外線線量計<sup>1)</sup>

紫外線ランプの線量率の定量には通常紫外線線量計が用いられるが、紫外線線量計は波長 254nm 付近の光量のみを測定するものである。従って、254nm 以外の殺菌効果のある波長域を持つ紫外線ランプの照射エネルギーを評価するには不十分である。また実際に被照射物に照射されるエネルギー量は、試料中の吸光物質の阻害や照射光分布などにより線量計による測定値で正確に評価することが難しい。そこで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計測定法を用いた。この方法は、大腸菌ファージ（大腸菌を宿主とするウイルス）の一種である RNA ファージ Qβ に照射を行い、その際の不活化率から殺菌に使われた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ことがわかっている。

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-f \cdot u \cdot t} \dots \dots \dots (1)$$

N<sub>t</sub> : 紫外線照射 t(s)後の Qβ 濃度(PFU/mL)

N<sub>0</sub> : 紫外線照射前の Qβ 濃度(PFU/mL)

f : Qβ の不活化速度定数 = 0.17(cm<sup>2</sup>/mWs)

u : 有効殺菌線量率(mW/cm<sup>2</sup>)    t : 紫外線照射時間(s)

従って照射前後の Qβ 濃度と照射時間より有効殺菌線量率 u が算定される。

#### 2-2-2.

#### ファージ Qβ による紫外線線量率の算定<sup>2)</sup>

##### 1) 対象微生物について

対象微生物としてウイルス及び細菌の各種微生物を用いた。ウイルス指標性微生物として大腸菌ファージ Qβ を用いた。Qβ の濃度は宿主菌として *E.coli*

K12(A/λ)を用いるブラック形成法で測定した。

細菌指標としては、大腸菌 *E.coli* K12(IFO3301)及び *E.coli* C を用いた。両 *E.coli* とも濃度はデスオキシコートレート培地を用いるコロニー形成法で測定した。大腸菌の場合は可視光による光回復が考えられるため、試料採取後は全て暗所にて作業を行った。

2) 実験手順

光源に低圧 UV ランプ ((株) 東芝社製、STANLEY 殺菌ランプ GL6、20W、2本)、パルス UV ランプ ((株) 岩崎電気社製、1本) を用いた。試料 100ml を高さ 2 cm、底直径 10 cm の円筒型リアクターに入れ、スターラーで一定速度で攪拌しながら紫外線を照射した。低圧 UV ランプは点灯後 30 分以上放置し、照射線量率が安定した後を使用した。

3. 実験結果及び考察

低圧 UV ランプによる各種微生物の不活化結果を図 2 に示す。ファージ Qβ の不活化結果から、低圧 UV ランプの有効殺菌線量率は、0.27mW/cm<sup>2</sup> と算定された。図 2 は横軸に有効殺菌線量を、縦軸には生残率の自然対数値をプロットしたものである。

パルス UV ランプによる各種微生物の不活化結果を図 3 に示す。ファージ Qβ を用いた生物学的線量計測定法によれば、パルス UV ランプの一回照射当たりの有効殺菌線量は 1.66mWs/cm<sup>2</sup> と算定されることになる。この値を用いれば、他の微生物種の不活化速度は低圧 UV ランプの場合と同じとなることが予想される。

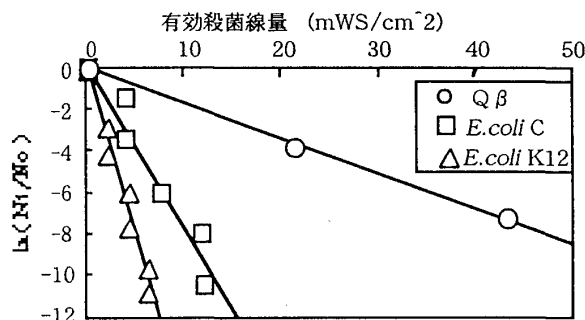


図 2 低圧 UV による各種微生物不活化結果

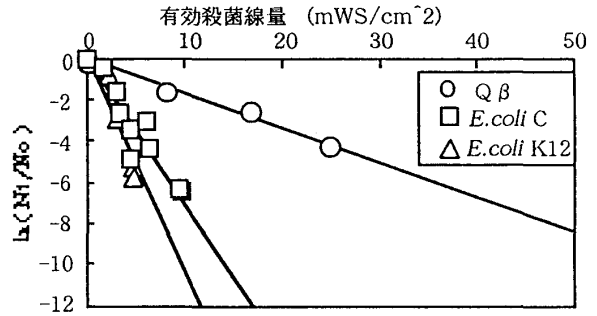


図 3 パルス UV による各種微生物の不活化結果

図 2、3 より両ランプの *E.coli* とファージ Qβ の不活化速度は以下のようにまとめられる。

表 1 各ランプにおける *E.coli* の不活化速度

	<i>E.coli</i> C	<i>E.coli</i> K12
パルス	0.71 (cm <sup>2</sup> /mWs)	0.98 (cm <sup>2</sup> /mWs)
低圧	0.76 (cm <sup>2</sup> /mWs)	1.60 (cm <sup>2</sup> /mWs)

*E.coli* C においては不活化の差があまりないものの、*E.coli* K12 については低圧の方が早く不活化する結果になった。図 1 に示したように、パルス UV は可視光領域にも広い波長スペクトルを持っている。*E.coli* K12 は可視光照射により光回復することが知られており<sup>3)</sup>、そのためパルス UV による不活化速度が小さくなったという可能性が考えられる。なお、*E.coli* C に関しては光回復をするか知られていないため、今後の研究課題である。

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わかった。従って、生物学的紫外線線量計を用いた線量率の定量法がパルス UV ランプに適応可能であるかは判断できないとともに、両ランプによる不活化機構が異なる可能性も示唆された。今後、不活化速度の比に差が生じたことを裏付けする実験が必要である。

5. 参考文献

- 1) 小熊久美子ら、第 53 回土木年次学術後援会、pp250、1998
- 2) 大腸菌ファージ測定マニュアル、東大都市工版
- 3) 小熊久美子ら、第 33 回日本水環境学会年会講演集、pp.510、1999