

## 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

INACTIVATION OF MICROORGANISMS  
BY UV IRRADIATION AND VARIOUS UV LAMPS

奥田敦子 大瀧雅寛

Atsuko OKUDA and Masahiro OTAKI

お茶の水女子大学大学院・ライフサイエンス

## 1. はじめに

現在日本では、下水処理として塩素処理が行われている。しかし、塩素処理は残留塩素の生態系への影響やトリハロメタン等の副生成物の存在が問題視されている。

そこで塩素処理に替わる消毒法の一つとして紫外線消毒が検討されるようになってきている。ここでは紫外線処理による水中微生物の不活化機構と紫外線照射時に使用される紫外線ランプの特性について述べる。

## 2. 紫外線照射による不活化機構

生物の細胞内の核酸、すなわち DNA と RNA は 5 種類の塩基 (アデニン-A, シトシン-C, グアニン-G, チミン-T, ウラシル-U) から構成される。一般に炭素同士の単結合は 230nm より長い波長側では吸収を持たないから、紫外線による核酸の化学変化は、核酸に含まれる二重結合への光子吸収が原因と考えられる。ランプより照射された波長 254nm を主体とする紫外光は DNA 及び RNA の塩基に吸収される。吸収された光量子エネルギーにより二量体 (T<sup>A</sup>T, C<sup>A</sup>C, T<sup>A</sup>C, U<sup>A</sup>U) が形成される。このような二量体が形成されると、核酸がその複製能を失う。これを微生物の不活化と呼ぶ。つまり紫外線消毒は微生物を殺すというよりは、増殖させなくするという原理に基づくものである。

## 3. 紫外線照射ランプの種類について

紫外線処理には主に低圧 UV ランプや中圧 UV

ランプが使用されているが、他にパルスランプの実用化も検討されている。それぞれのランプの特徴は以下のようなになる。

低圧ランプ・中圧ランプ及びパルス UV の照射スペクトルを光源計 (大塚電子製) を用いて測定すると図 1 のようになる。ただし、縦軸は相対強度を示しており、絶対値を示すものではない。

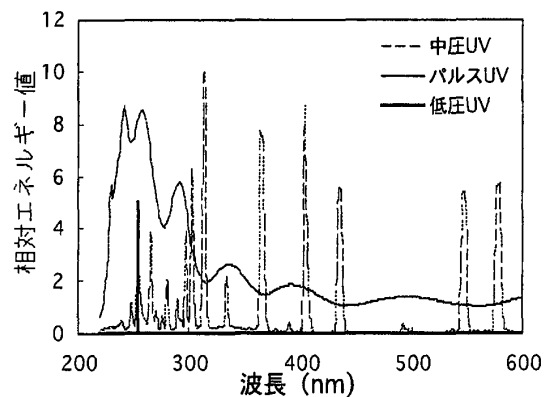


図1 パルス UV ランプ及び従来型 UV ランプの照射波長スペクトル

殺菌に効果があるとされている波長は主に 300nm 以下の波長である。

低圧ランプは  $5 \times 10^3$  mmHg の低圧水銀を封入したもので、254nm のみの単波長照射になる。

中圧ランプは低圧ランプより高い圧力の水銀を封入したものでランプ 1 本当りの 250~260nm の波長の紫外線の照射強度が低圧ランプより大きく、また 200~400nm の広範囲にわたっても比較的大きなエネルギー値を示している。中圧ランプは低圧ランプと比較すると次のような利点があるといわ

れている。

- ・ 低圧ランプは 50℃ 付近を境に照射強度が高温・低温領域で低下する。一方中圧ランプでは 0~90℃ の温度範囲で照射強度に変化がない。
- ・ 低圧ランプでは数本のランプを反応槽内に収納しなければならず、1 つの照度計でモニターするのが難しいが、中圧ランプは 1 つの反応槽内に 1 本のランプを収納すればよいことからモニターが容易になる。

また、他のランプと比べてより短い波長のスペクトルが観察されるパルスランプは、瞬間的に高照度のエネルギーを照射でき（従来の連続発光型の紫外線照射装置〈低圧ランプ・中圧ランプ〉の約 50 倍）、パルス発光であるため被照射物の温度が上昇しない、装置が単純であるという特徴を持つ紫外線照射ランプである。パルスランプと従来型 UV ランプの照射エネルギーの時間変化を図 2 に示す。

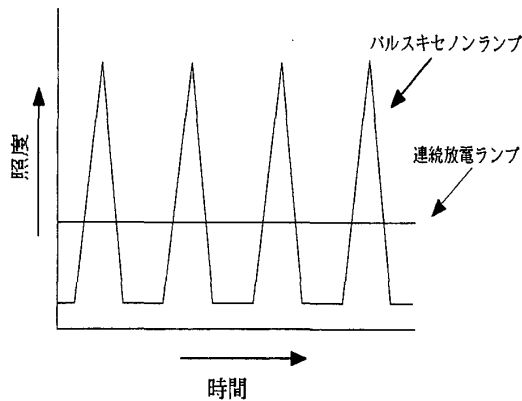


図 2 パルス UV ランプと連続放電ランプの照射エネルギー時間変化

次にパルスキセノンランプへの入力による照射波長スペクトルの変化についての実験結果を図 3 に示す。入力エネルギーを変化させても 240nm 以上の波長スペクトルには変化が生じず、240nm 以下の波長スペクトルは入力の増加に従って照射強度が増加しており、入力エネルギー比が、出力エネ

ルギー比に比率していないという特徴をもつことがわかった。

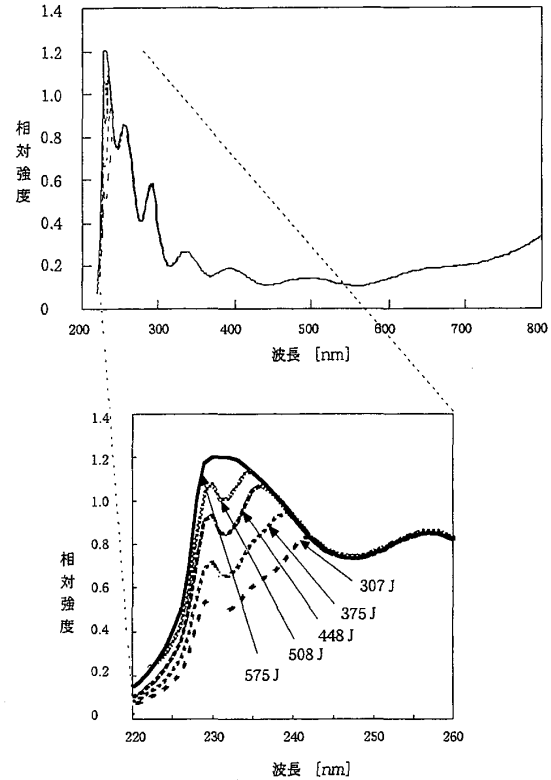


図 3 パルス UV の照射波長スペクトル

#### 4. おわりに

水の紫外線処理においては照射ランプ一つをとっても照射波長域などそれぞれに特徴があり、微生物の不活化に与える影響に差異が生じることも考えられる。また、微生物には 300nm 以上の光のよって起こる光回復という問題があるのでそれぞれの紫外線ランプが光回復に対して与える影響についても今後検討しなければならない。

#### <参考文献・引用文献>

- 1) 大瀧 雅寛：UV 処理 日本水道協会 1997
- 2) 田中 愛：パルス UV 照射による水中微生物の不活化に関する研究 2000 年度卒業論文
- 3) 大垣 眞一郎：紫外線照射による消毒技術の基礎概念 造水技術 vol.15 No.1 1989
- 4) 藤田 賢二：ヨーロッパにおける水処理-1- 紫外線照射 造水技術 vol.14 No.1 1988
- 5) 藤田 賢二：紫外線照射による水の消毒 造水技術 vol.15 No.1 1989