

紫外放射光源による殺菌技術

東芝ライテック株式会社
田内亮彦

1. 紫外放射殺菌について

紫外放射は波長によって UV-A (315~400 nm)、UV-B (280~315 nm)、UV-C (100~280 nm) の分類がある。太陽光に含まれる紫外放射の内 UV-C はオゾン層で吸収され、地表に到達する UV-A、UV-B は日焼けの原因となるが、殺菌効果は低い。波長の短い UV-C は 1 光子あたりのエネルギーが高く、また細菌やウイルスが持つ DNA や RNA に効率良く吸収されることで DNA の遺伝子情報を破壊し、細胞分裂や増殖を抑制し殺菌（不活化）することができる。DNA の吸収波長特性の最大値が 260 nm 付近であることから、殺菌用の光源には、水銀の 254 nm 輝線光を効率良く発光する低圧水銀ランプや、低圧水銀ランプより発光効率は低いもののランプからの放射密度が高く、260 nm 周辺にブロードな発光をもつ中圧・高圧水銀ランプが広く使用されている。また近年では、深紫外放射領域の LED 開発も進んでおり、将来的な水銀フリーの光源として期待されている。本稿では、これら紫外放射殺菌の有用性について各種紫外放射光源の特長と実用例などを交えて解説する。

2. 紫外放射殺菌のメリットと注意点

紫外放射殺菌は、加熱殺菌や塩素殺菌、オゾン殺菌などの殺菌手段と比べて、様々な菌種へ効果が期待できる、薬剤の残留がない、温度管理や薬剤管理の必要がない等、いくつかのメリットが謳われている。特に塩素などの薬剤を用いる手段と比較すると、塩素の残留によるトリハロメタン生成のリスクがなく、安心安全な殺菌手段として、食品や医療などの分野で活用されている。これらに運用コストが低いメリットも加わり、現在世界中に広まっている新型コロナウイルス感染症対策としても各種紫外放射光源を搭載した製品が検討されている。ただし、UV-C などの波長の短い紫外放射は皮膚癌発生のリスクを高め、また直視することで眼の角膜損傷を引き起こすことがあるので、きちんとした知識を持った人の指示・助言に従い、適切な製品を正しく使用することが必要である。

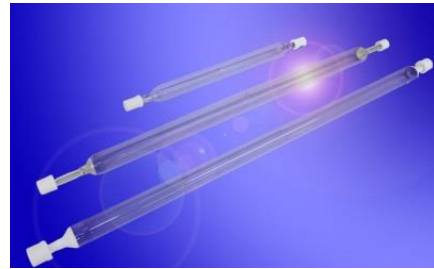
その他に、重要なライフラインの一つである水処理用途でも、耐塩素性の病原性原虫であるクリプトスポリジウムを不活化することができるため、紫外放射殺菌は浄水における殺菌手段として塩素消毒と併せて活用されている。

3. 紫外放射光源と応用製品

紫外放射光源を利用した殺菌技術について、詳細と具体例をあげて解説する。

低圧水銀ランプの特長は高い紫外放射発光効率である。一般的な殺菌ランプ（Germicidal lamp）として知られる GL15 タイプでは発光効率はランプ消費電力の約 30% となり、後述する中圧・高圧水銀ランプの 254 nm 付近の発光効率と比較すると 4~5 倍程度高い。この高い効率とコストメリットを活かし、空気、表面、水などの殺菌用途で幅広く利用されている。低圧水銀ランプを搭載した空気循環式紫外線清浄機も、食品工場や医療介護施設で使用されている。

一方、中圧・高圧水銀ランプは低圧水銀ランプと同様に水銀の発光を利用するランプであるが、点灯中の水銀蒸気圧を 1~数気圧とし、高密度に大電力を投入できることを特長としたランプである。254 nm 付近の発光効率は 6~8 % 程度であるが、低圧水銀ランプの 10 倍以上のランプ出力によって高い紫外放射を利用できる。この高い 254 nm の放射を利用して、超純水精製における有機物分解や、船舶バラスト用の海水殺菌などに幅広く使用されている¹⁾。



水処理用水銀ランプ

AlGaIn 系半導体を用いた 265 nm や 280 nm を放射する深紫外放射 LED は、発光効率が数%と低く、紫外放射量当たりのコストも高いが、水銀フリー、器具のコンパクト設計、省エネなどの LED のメリットを活かし、従来ランプでは実現が困難であった場所や水銀拡散の懸念で使用を控えていた食品・医療現場などでの採用に期待が高まっている。例えば、280 nm 放射タイプの LED を搭載した処理流量 100 L/min 対応の流水殺菌モジュールなども実用に供されている²⁾。



流水殺菌モジュール

上述したように、紫外放射光源には各種ランプと LED があるが、効率や殺菌効果、導入コストを考慮すると、現段階では水銀放電を利用する手段が主流となっている。

4. 総括

With コロナ社会で新しい生活様式が求められる状況となり、一人ひとりの感染予防対策に加えて日常生活の様々な場面での殺菌対応が検討されている。今回紹介した紫外放射光源による殺菌技術は、その一端を担うことができる重要な手段である。成熟製品である放電ランプ、新規製品として期待される LED 光源、双方のメリットを活かした光殺菌製品の開発により、このコロナ禍で安心できる生活環境を提供できる一助となれば幸いである。

参考文献

- (1) 田内亮彦, 藤岡純, 峯山智行: 東芝レビュー Vol.70 No.11 (2015)
- (2) 櫻井公人, 加藤剛雄, 田内亮彦: 東芝レビュー Vol.74 No.4 (2019年7月)