

深紫外 LED による新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) 不活化効果

和田 聡^{*1}

Novel Coronavirus (SARS-CoV-2) Inactivation with Deep Ultraviolet (UV-C) LEDs

Satoshi Wada^{*1}

1. はじめに

全世界的な新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の広がりも影響し、ウイルスや細菌を不活化する深紫外 (UVC) 光源を用いた装置のニーズが高まっている。UVC 光を直接照射することで不活化効果を創出できるため、表面上、水中、空気中など適用範囲が非常に広い。

本稿では、新型コロナウイルスに対する不活化に必要な光照射エネルギー (積算線量) を実験的に導出した結果を報告する。

2. UV 光による不活化試験

2-1. 不活化のメカニズム

不活化作用は、生物中の核酸 (DNA, RNA) の紫外線吸収により発現します。核酸の光吸収のしやすさ (吸光度) は光の波長によって変化し、280nm 以下の UVC 領域で高まる (図-1)。ウイルス、細菌内部の核酸が紫外線吸収し、DNA や RNA が損傷することにより、不活化すると考えられている (図-2)。

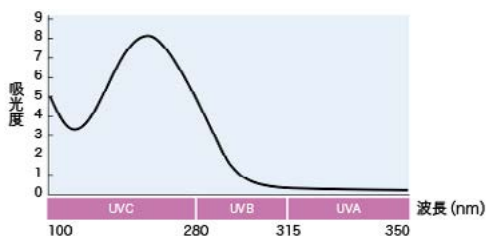


図-1 核酸 (DNA, RNA) の分光吸光度



図-2 核酸 (DNA, RNA) の損傷イメージ図

2-2. 不活化能力の算出

紫外線の不活化は、菌の種類、温度や湿度などの環境条件によって変わるが、積算線量 (mJ/cm²) は、放射照度 E と照射時間 t の積 (式-1) によってあらわされる。

$$\begin{aligned} \text{積算線量 (mJ/cm}^2\text{)} \\ = \text{放射照度 E (mW/cm}^2\text{)} \times \text{照射時間 t (秒)} \end{aligned} \quad (\text{式-1})$$

ウイルスの生存率 S (式-2)、不活化率を (式-3) であらわす。

$$S = P/P_0 = \exp(-Et/D) \quad (\text{式-2})$$

$$1 - S = 1 - P/P_0 = \exp(-Et/D) \quad (\text{式-3})$$

ここで、P₀ と P は、光照射前後のウイルスの数、Et が積算線量、D が不活化速度係数である。

2-3. 試験装置

本試験で使用した試験形態を図-3、UVC モジュールを図-4に示す。本モジュールに搭載される LED は、350mA 出力 56mW、配光角は 35° 波長 275nm である。

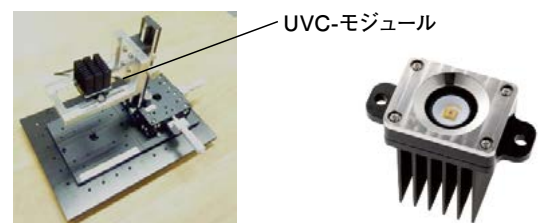


図-3 試験形態

図-4 UVC モジュール

2-4. 試験方法

新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) は国立感染症研究所 (NIID) から提供された SARS-CoV-2 JPN/TY/WK-521 を使用した。ウイルス希釈液

*1 ライフソリューション第1技術部製品技術室

に UVC 光を一定時間照射し、ウイルス力価をプラーク法を使用して測定した。試験は以下の手順で実施した。

- ①試験装置を設置
- ②ウイルス希釈液 750 μ L (1.8 \times 10⁵ pfu/ml) を 24 ウェルプレート (Greiner CELLSTAR) の 1 ウェルへ配置
- ③UVC をウェル内の希釈液へ照射
- ④照射後の希釈液をプラーク法で評価
- ⑤試験前と後で比較し、不活化性を評価

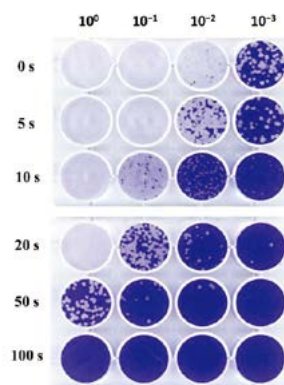


図-6 シャーレ写真

3. 試験結果

3-1. 試験水準

試験水準を表-1に示す。LEDの定格電流350mAでの不活化時間と、不活化定数Dを算出するための試験を実施した。

表-1 試験水準

	波長 [nm]	電流値 [mA]	照射距離 [mm]	放射照度 [mW cm ⁻²]
350mA 定格試験	275	350	50	2.58
不活化定数算出試験	275	30	100	0.05

3-2. 定格350mAでの試験結果

図-5に評価結果のシャーレ写真を示す。横軸は希釈倍率、縦軸は照射時間を表している。白色がウイルスが残存、青色が不活化していることを示している。5秒後では等倍希釈でも不活化されていることが分かった。これより、5秒以内に99.999%以上の不活化を確認した。

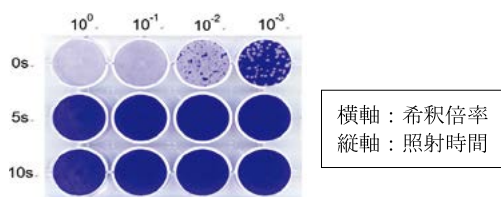


図-5 定格350mAでのシャーレ写真

3-3. 不活化定数Dの算出

照明時間と結果の写真を図-6、試験結果から得られた横軸積算線量と縦軸不活化率のグラフを図-7に示す。

本結果より275nmのLEDにおいて、不活化率99.9% (積算線量5.7mJ cm⁻²) 及び99.999% (積算線量9.4mJ cm⁻²) に必要な照射時間は2.2秒と3.7秒と推定する。SARS-CoV-2の不活化速度定数Dは式-2へのフィッティングにより、D=0.819と推定した。

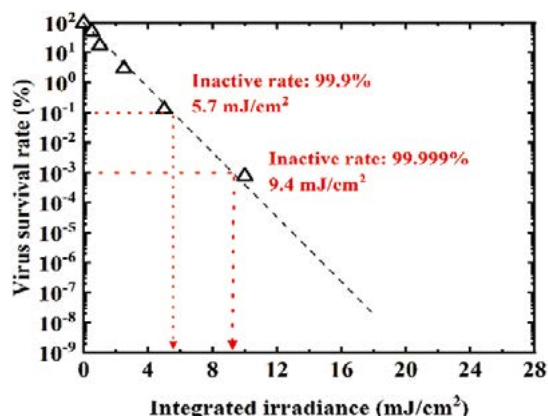


図-7 不活化率グラフ

4. まとめ

UVC-LEDを用いた新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)の不活化検証に取り組み、5秒以内に99.999%以上の不活化を確認し、不活化に必要な照射線量も導出した。様々なウイルス、菌で基礎実験を実施し、豊田合成製品の効果検証を継続して推進する。

今後は、表面上、水中、空気中などに存在するウイルスや菌を効率よく不活化する製品開発に応用することを検討していく。

著者



和田 聡