

## 殺菌用紫外線（C波）の透過率評価

丹下 祥之

### ユーザーベネフィット

- ◆ C波領域（280 nm未満）の透過率を調べることで、紫外線によるウイルスの殺菌に適した包装材料などの選定に役立ちます。
- ◆ フォトメトリック機能の「高度な計算式」を使用することで、透過率を用いてウイルスの殺菌時間を推定することができます。

### ■はじめに

紫外線はその波長に応じて、A波（315-400 nm）、B波（280-315 nm）、C波（280 nm未満）に分類されますが、紫外線によるウイルスの殺菌には、C波に分類される254 nmや222 nmの波長光が用いられています。紫外線殺菌の利点としては、非接触で殺菌を行えることや排液処理の必要がないこと、薬品を介したコンタミネーションの危険がないことが挙げられます。一方で、紫外線殺菌の注意点として、光源と消毒対象物の間に存在する紫外線殺菌灯の光源封止材や消毒対象物の包装材料により、光源から発せられた紫外線の照射強度が想定よりも弱まったり、遮られることがあります。したがって、C波領域における透過率特性は紫外線消毒に関連するあらゆる材料について、重要な評価値の1つであると言えます。

本稿では、当社紫外可視分光光度計を用いて一般的な包装材料のC波領域における透過率を評価しました。さらに、Labsolutions™ UV-Visのフォトメトリック機能を用いて、包装材料の透過率を考慮した新型コロナウイルスであるSARS-CoV-2の殺菌時間を推定する方法をご紹介します。

### ■測定試料

測定試料として、一般的に包装材料に用いられるポリエチレン（PE）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、シリコンを用意しました。シリコンに関しては、可視光領域の透明度に違いのある2種類を用意しました。それぞれの測定試料の外観を図1に、測定条件の詳細を表1に示します。

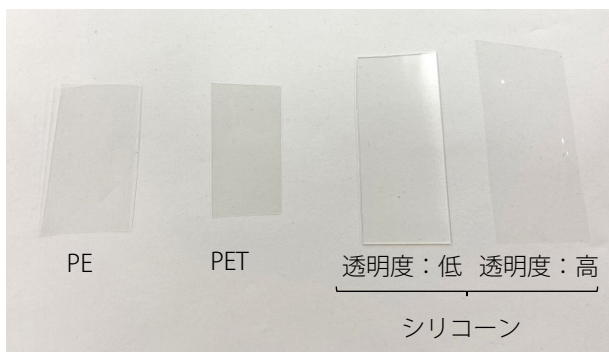


図1 測定に用いた包装材料の外観

表1 測定条件

装置	: UV-2600i、ISR-2600Plus
測定波長範囲	: 220-400 nm
スキャン速度	: 低速
データ間隔	: 1.0 nm
スリット幅	: 5.0 nm

### ■紫外域における各種包装材料の透過スペクトル

図2に各種包装材料の透過スペクトルを示します。

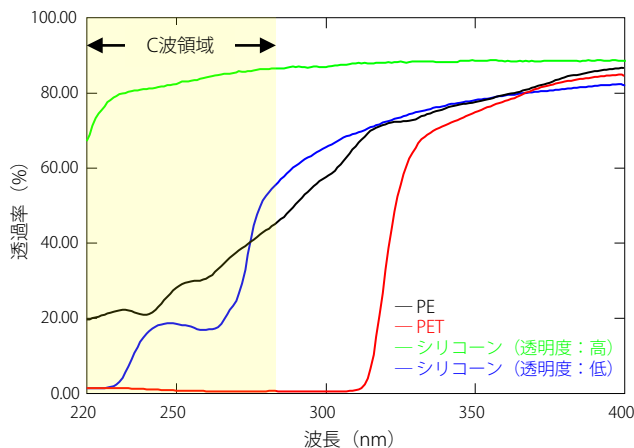


図2 各種包装材料の透過スペクトル

図2を見ると、PEやPET、透明度の低いシリコンは、ともに320 nm以下の波長域で透過率が低下し、C波領域では透過率が0~50%程度と低くなっていることがわかります。一方、透明度の高いシリコンでは、C波領域でも65%以上の高い透過率を確認できることから、包装材料越しにC波を用いた紫外線消毒を行う場合、透明度の高いシリコンが最も適した包装材料であると予想されます。

## ■ ウイルス殺菌時間の推定

Labsolutions UV-Visのフォトメトリック機能では、測光値を使った任意の計算式を設定することが可能です（図3）。また、設定した計算式で得られた結果を自動で表示することもできます。

先行研究<sup>1)</sup>により、様々なウイルスについて、殺菌に必要な時間の推定が議論されています。この研究では、殺菌に必要な紫外線照射線量Q (mJ/cm<sup>2</sup>) が各ウイルス毎に示されており、あらかじめ使用する波長 (nm) における包装材料の透過率T (%)、包装材料を介さない時の紫外線照射度E (mW/cm<sup>2</sup>) が既知であれば、以下の式 (1) に従って目的ウイルスの殺菌に必要な時間を推定することができると考えられます。

$$t = \frac{Q}{E \cdot T} \quad (1)$$

t: 時間 (秒)、Q: 殺菌に必要な紫外線照射線量 (mJ/cm<sup>2</sup>)、  
E: 包装材料を介さない時の紫外線照射度 (mW/cm<sup>2</sup>)、T: 包装材料の透過率 (%)

今回は、SARS-CoV-2を99.9%および99.99%殺菌するために必要な時間 (秒) を推定しました。なお、使用する波長は254 nmとし、包装材料を介さない時の紫外線照射度Eを2 mW/cm<sup>2</sup>と仮定しました。これは、一般的な紫外線照射LEDの照度に相当します。

また殺菌に必要な紫外線照射量Qは、先行研究に示された値 (99.9%殺菌、99.99%殺菌それぞれについて6.556 mJ/cm<sup>2</sup>、31.880 mJ/cm<sup>2</sup>) を用いました。

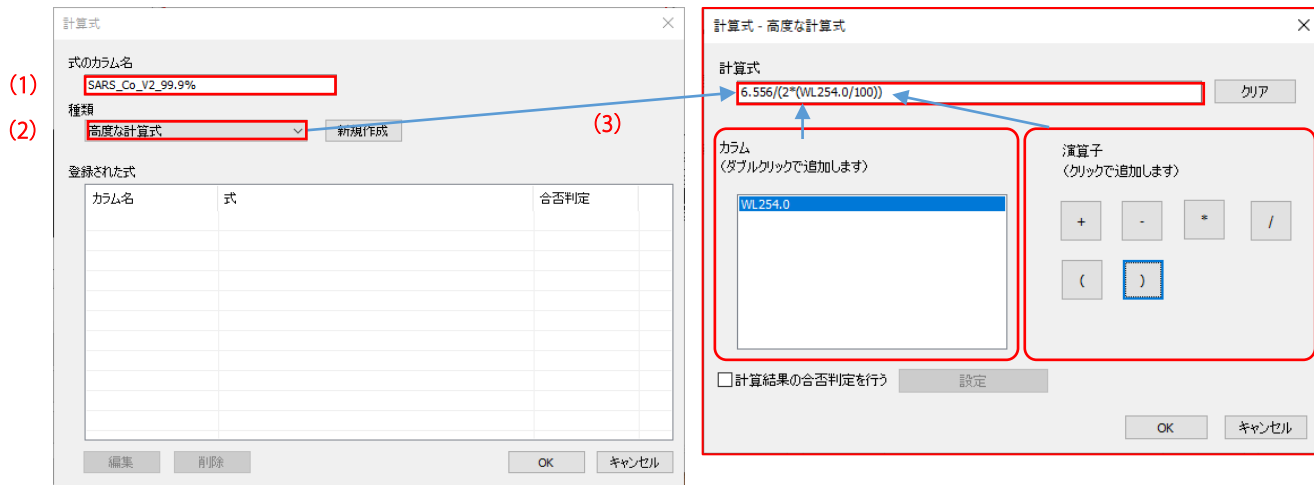
SARS-CoV-2の99.9%、99.99%殺菌するために必要な時間の推定結果を表1に示します。透明度の高いシリコーンに関しては、包装材料を介さない状態を想定した「Air」の結果と同程度の結果が得られました。一方で、254 nmの透過率の最も低かったPETは、著しく時間を要する結果となりました。すなわち、今回の測定試料の中では、PETは紫外線消毒を適用する製品の包装材料として最も不相当であると判断できます。なお、実際にウイルスの殺菌に必要な時間は、周囲の環境によって変動しますので、ご注意ください。

## ■ まとめ

殺菌に利用されるC波領域の透過率を紫外可視分光光度計UV-2600iを用いて評価しました。さらに、フォトメトリック機能を利用することにより、測光値を用いたより実用的な評価値を推定することが可能です。

<参考文献>

- 1) Sabino C.P., Sellera F.P., Sales-Medina D.F., Machado R.R.G., Durigon E.L., Freitas-Junior L.H., Ribeiro M.S. UV-C (254 nm) lethal doses for SARS-CoV-2. *Photodiagn. Photodyn. Ther.* 2020;32:101995.



- (1) 式のカラム名を入力します。
- (2) 種類から「高度な計算式」を選択し、新規作成をクリックします。
- (3) 数字を直接入力したり、カラムの測光値 (WL254.0) や演算子を追加して、目的の計算式を設定します。

図3 フォトメトリック機能を用いたSARS-CoV-2の殺菌に必要な時間 (秒) の設定画面

表2 殺菌に必要な時間 (秒) の推定結果

包装材料	SARS-CoV-2を99.9%殺菌するために要する時間 (秒)	SARS-CoV-2を99.99%殺菌するために要する時間 (秒)
PE	11.05	53.74
PET	487.07	2368.50
透明度の高いシリコーン	3.94	19.18
透明度の低いシリコーン	18.24	88.68
Air	3.28	15.94

Labsolutions およびSolidSpecは、株式会社島津製作所またはその関係会社の日本およびその他の国における商標です。