

新型コロナウイルスの不活性化

米国ボストン大学にて、オランダのシグニファイ社は同社の紫外線 (UV-C) ランプがCoV-2 (新型コロナウイルス) の十分な不活性化する性能があることを実証しています。

そのシグニファイ社より弊社へ開示頂きました不活性化に関する情報は下記の通りです。

殺菌線照度 $5\text{mJ}/\text{cm}^2$ の紫外線を6秒当てるとSARS-CoV-2ウイルスの99%が不活性化する。

$22\text{mJ}/\text{cm}^2$ の紫外線を25秒当てるとSARS-CoV-2ウイルスの99.9999%が不活性化する。

PL-L 18W (ランプの型式) の殺菌線照度は距離1mで $51\ \mu\text{J}/\text{cm}^2$ 、ランプから半径1m以内の空間において99%の不活性化の効果を得るには
 $5(\text{mJ}) \times 1000 \times 6(\text{秒}) = 30000$ 、 $30000/51(\ \mu\text{J}) = 588.2(\text{秒}) = \text{約}10\text{分}$ 必要。
99.9999%の不活性化の効果を得るには
 $22(\text{mJ}) \times 1000 \times 25(\text{秒}) = 550000$ 、 $550000/51(\ \mu\text{J}) = 10784.3(\text{秒}) = \text{約}3\text{時間}$ 。

空気が均等に循環される環境ならば $4\text{m} \times 4\text{m} \times 2\text{m}$ の部屋を想定しますと部屋の面積が 32m^2 、半径1mの球の面積が 4π (およそ 12cm^2)。
99%のためには約26分必要。99.9999%のためには約8時間が必要になる計算です。

尚、殺菌線照度はランプを取り付ける器具によってロスが生じる可能性がある。

当該紫外線ランプPL-L 18Wを用いた筐体内部での殺菌能力及びウィルス分子の分解について

【紫外線強度の殺菌能力の計算】

PL-L 18W の殺菌線照度は距離1mで $51\ \mu\text{J}/\text{cm}^2$

筐体内部の平均照射距離は、 $0.5 \times [(184+156)/2 - (\Phi 18 + \Phi 39)/2] \approx 70.8\text{mm}$

筐体内部の平均殺菌線照度は、距離の二乗に反比例する。(乱反射効果は無視する)

筐体内部の平均殺菌線照度は、 $51 \times (1000/70.8)^2 \approx 10174\ \mu\text{J}/\text{cm}^2 \approx 10.2\text{mJ}/\text{cm}^2$

つまりPL-L 18W の殺菌線照度は距離1mで $51\ \mu\text{J}/\text{cm}^2$ の180倍に相当する。

それは $4\text{m} \times 4\text{m} \times 2\text{m}$ (32m^3) の部屋を想定すると、CoV-2 (新型コロナウイルス) 不活化99%のためには約8~9秒必要。

99.9999%のためには約160秒が必要。

① $48.6\text{m}^3 \times 2.4\text{m}$ 高さ $\approx 116.64\text{m}^3$ の空間で $116.64\text{m}^3 \div 32\text{m}^3 \times 160\text{秒} \approx 583.2\text{秒}$ (約10分)

② ファンの能力 $0.65\text{m}^3/\text{分}$ それが2台だから $1.3\text{m}^3/\text{分}$ の能力

部屋の大きさは① $48.6\text{m}^3 \times 2.4\text{m} \approx 116.64\text{m}^3$ と条件つきましたので $116.64\text{m}^3 \div 1.3\text{m}^3/\text{分} \approx 89.7\text{分}$ (約1時間30分)

【紫外線によるウィルス分子の分解】

ウィルスは生物ではなく、何層もの脂質 (脂肪) で出来た保護膜に覆われたたんぱく質分子 (DNA)。

この脂質 (脂肪) で出来た保護膜を破壊することで不活化する。

脂質 (脂肪) の化学的な分子結合はC-C結合、C=C結合、C-H結合、C-O結合等でその結合エネルギーは以下の通りである。

C-C結合の結合エネルギー: $347.7\text{kJ}/\text{mol}$

C=C結合の結合エネルギー: $607\text{kJ}/\text{mol}$

C-H結合の結合エネルギー: $413.4\text{kJ}/\text{mol}$

C-O結合の結合エネルギー: $351.5\text{kJ}/\text{mol}$

結合エネルギー以上のエネルギーで
結合鎖に照射すれば分子は分解される。

一般的に分子分解に必要な紫外線エネルギーは $2.0\text{mW}/\text{cm}^2$ 程度と言われている。

筐体内部の平均殺菌線照度は、 $51 \times (1000/70.8)^2 \approx 10174\ \mu\text{J}/\text{cm}^2 \approx 10.2\text{mJ}/\text{cm}^2$

$2.0\text{mW}/\text{cm}^2 \times 3600\text{J} \approx 7.2\text{J}/\text{cm}^2$ あればよいことになる。

これを $9.2\text{mJ}/\text{cm}^2$ の紫外線に対応する成れば、13分必要と成る。

これはmol分子の全体を破壊する場合で、ウィルスの不活化に要するエネルギーは、もっと小さい。

【参考】 主波長のそれぞれの持つエネルギーを求めますと、下記の通りになります。

① 184.9nmの波長で、 $647\text{KJ}/\text{mol}$ (6.7eV)

② 220.0nmの波長で、 $540\text{KJ}/\text{mol}$ (5.6eV)

③ 253.7nmの波長で、 $472\text{KJ}/\text{mol}$ (4.9eV) <この波長のランプを使用>

④ 361.6nmの波長で、 $328.2\text{KJ}/\text{mol}$ (3.4eV)

