

紫外線による SARS-CoV-2 ウィルスの不活性化

戎崎俊一
理研

AFPの記事（4月30日付）

- 米国国土安全保障省の研究
- ウィルスの半分が不活性化
 - **2分の太陽光照射**
無孔質の表面で温度21-24度、湿度80%
 - **1分半の太陽光照射**
空気中に漂うウィルス：室温、湿度20%

近紫外線（波長 200–380 nm）

- UV-A（波長 315–380 nm）

太陽光線由来のものうち、5.6%が大気を通過する。冬季及び朝夕でもあまり減衰しない。皮膚の真皮層に作用し蛋白質を変性させる。皮膚の弾性を失わせ老化を促進する。細胞の物質交代の進行に関係しており、細胞の機能を活性化させる。また、UV-Bによって生成されたメラニン色素を酸化させて褐色に変化させる。日焼けとしては色素が沈着し皮膚が黒くなる、いわゆるサンタン (suntan)と呼ばれる日焼けを引き起こす。

- UV-B（波長 280–315 nm）

太陽光線の由来のものうち、0.5%が大気を通過する。表皮層に作用し、色素細胞がメラニンを生成し防御反応を取る。これがいわゆる日焼けである。この際**ビタミンDを生成**する。日焼けとしては皮膚が赤くなり痛む、いわゆるサンバーン (sunburn)と呼ばれる日焼けを引き起こす。なお、こちらの日焼けの場合も最終的には色素の沈着と黒化を引き起こす。

- UV-C（波長 200–280 nm）

オゾン層で守られている地表には到達しない。強い殺菌作用があり、生体に対する破壊性が強い。ハロン系物質によりオゾンホールが発生すると、地表に到達して生物相に影響が出ることが懸念されている。

2020/9/4

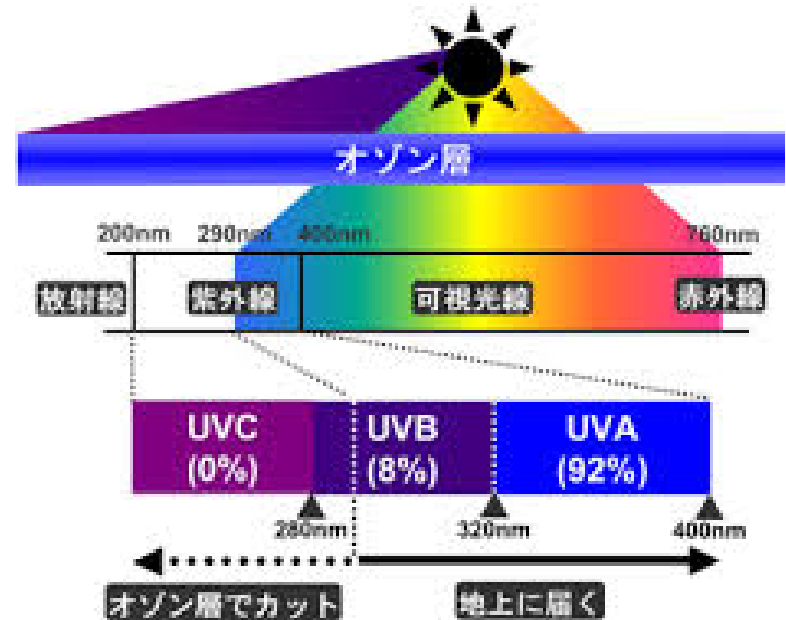
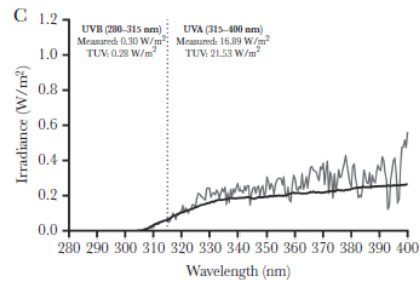
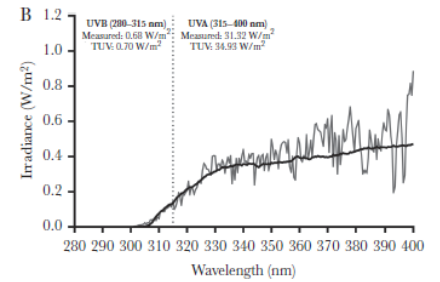
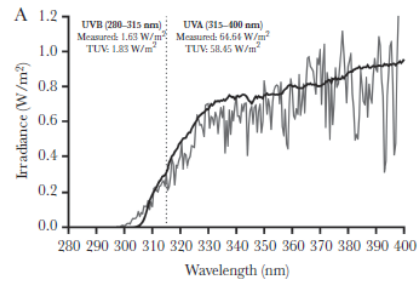
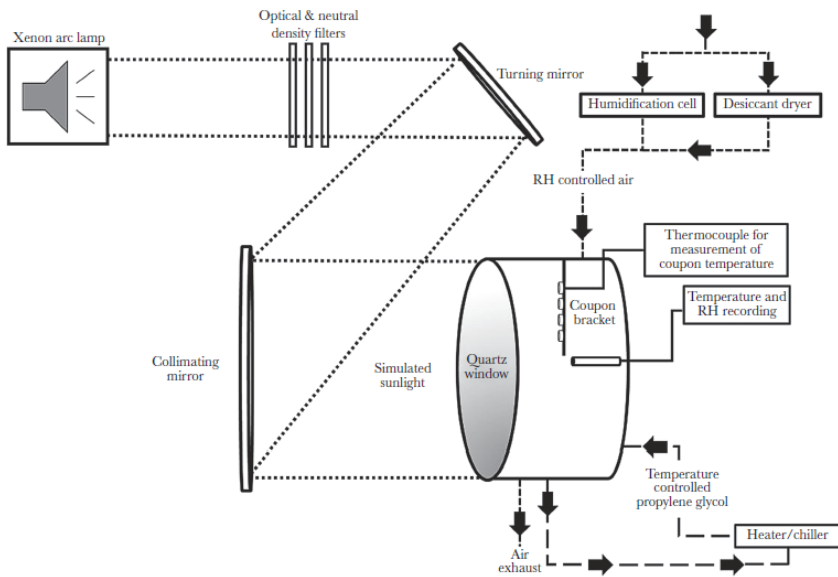


図1 太陽光中の紫外線

AFPの記事（4月30日付）

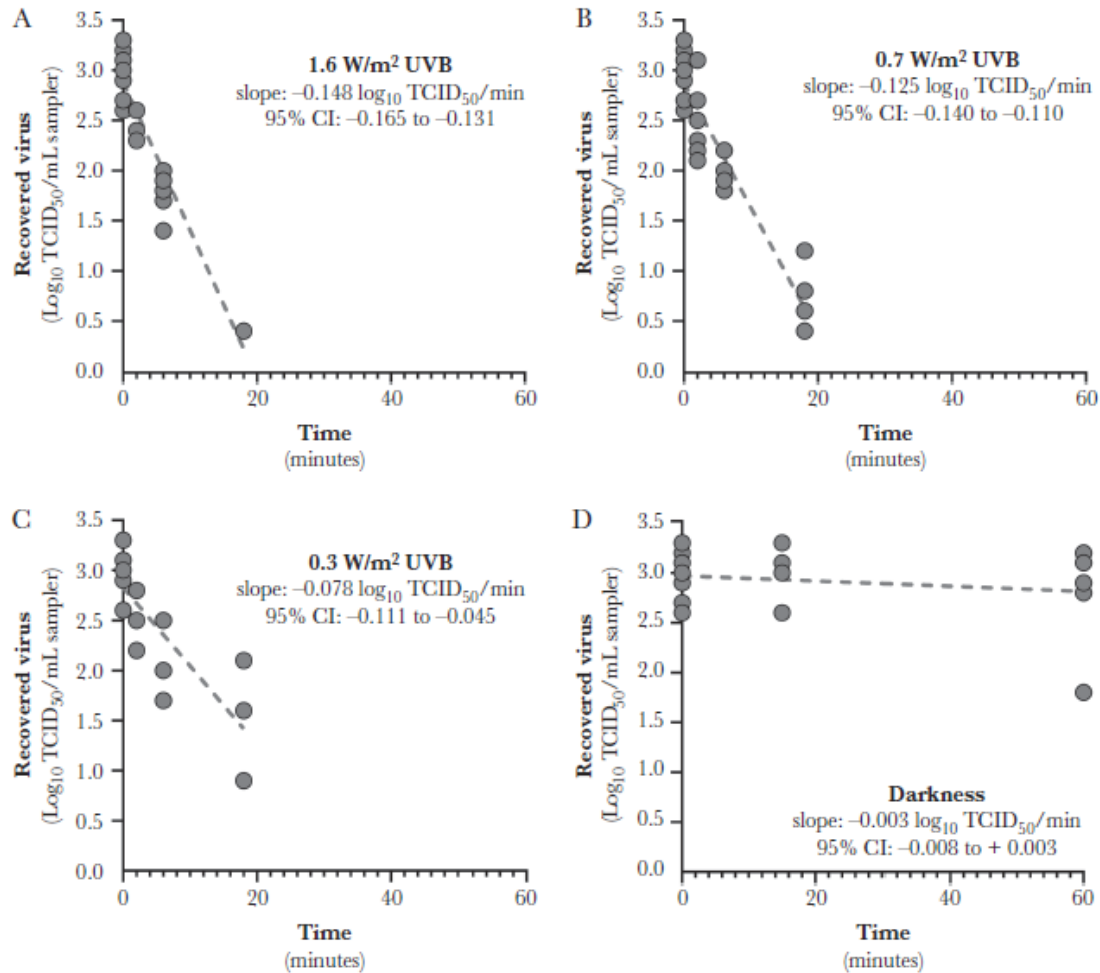
- 米国国土安全保障省の研究
- covid-19ウィルスの半分が不活性化
 - **2分の太陽光照射**
無孔質の表面で温度21-24度、湿度80%
 - **1分半の太陽光照射**
空気中に漂うウイルス：室温、湿度20%
- 北緯40度の中緯度域で立夏の正午頃
 - ~1 W/m²のUV-B強度

実験セットアップ

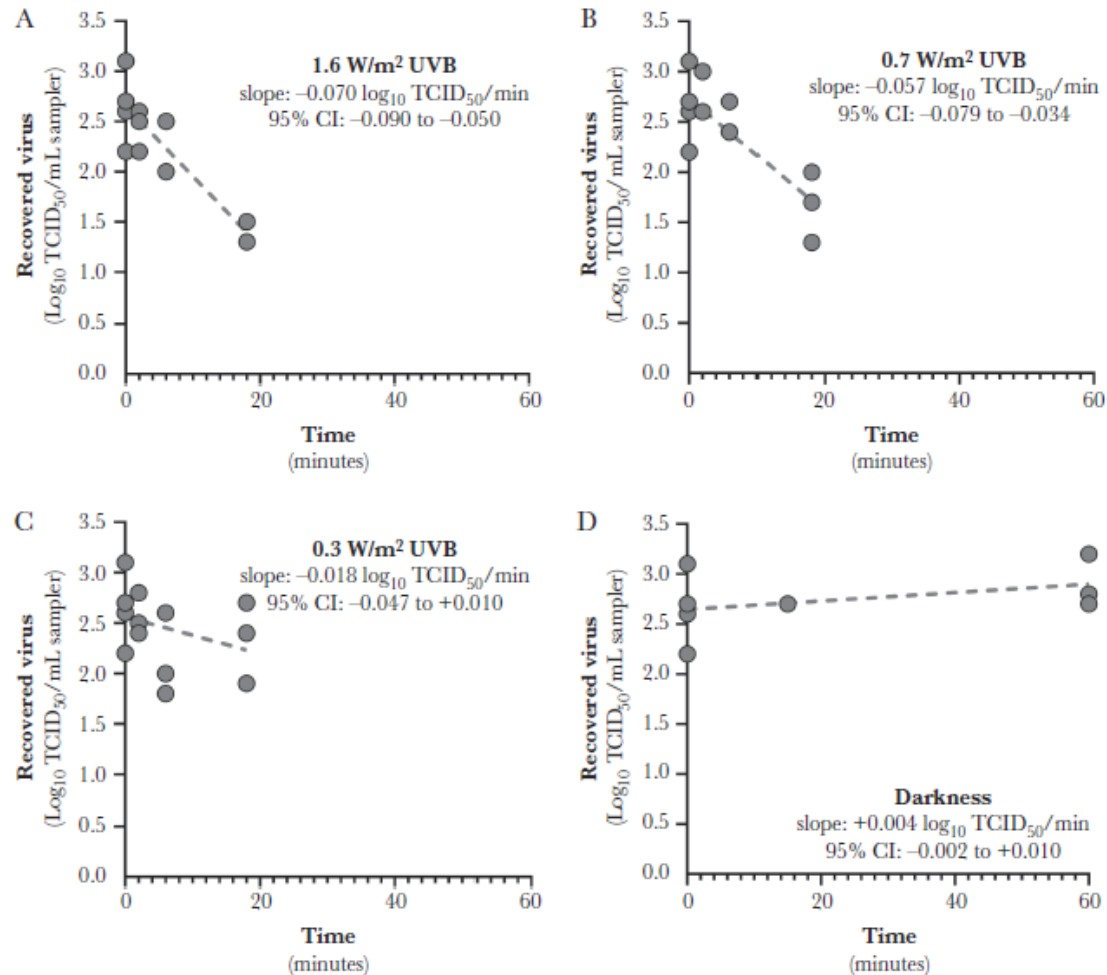


Ratnesar-Shumate et al. 2020, Journal of Infectious Diseases, 214. JID2020:222

唾液中



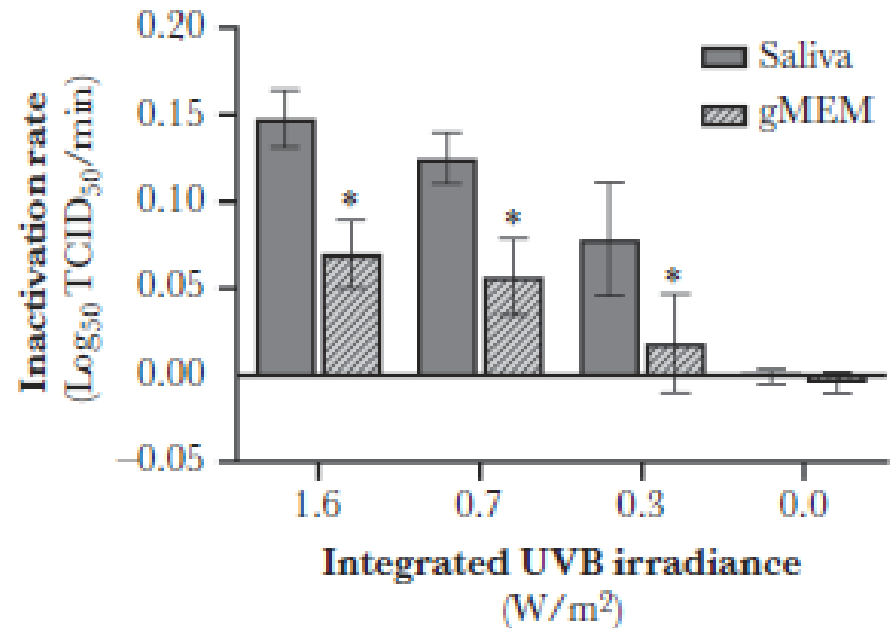
培養液中



Ratnesar-Shumate et al. 2020, Journal of Infectious Diseases, 214. JID2020:222

不活性化させるのに必要な紫外線量

- 90%不活性化
 - $D_{90} = 65-25 \text{ J/m}^2$
- $F = \frac{4\pi L}{\Omega d^2} = 1.4L$
 - $\Omega = 1$ 、 $d = 3 \text{ m}$
- 10分で90%不活性化
 - $L = 77-30 \text{ mW}$



Ratnesar-Shumate et al. 2020, Journal of Infectious Diseases, 214. JID2020:222

A型インフルエンザウイルス

- 紫外線による不活性化効果
- RNA分子に変異
 - チミン二量体の形成
 - RNAの複製がうまく出来なくなる
- SARS-CoV-2も同じRNA型

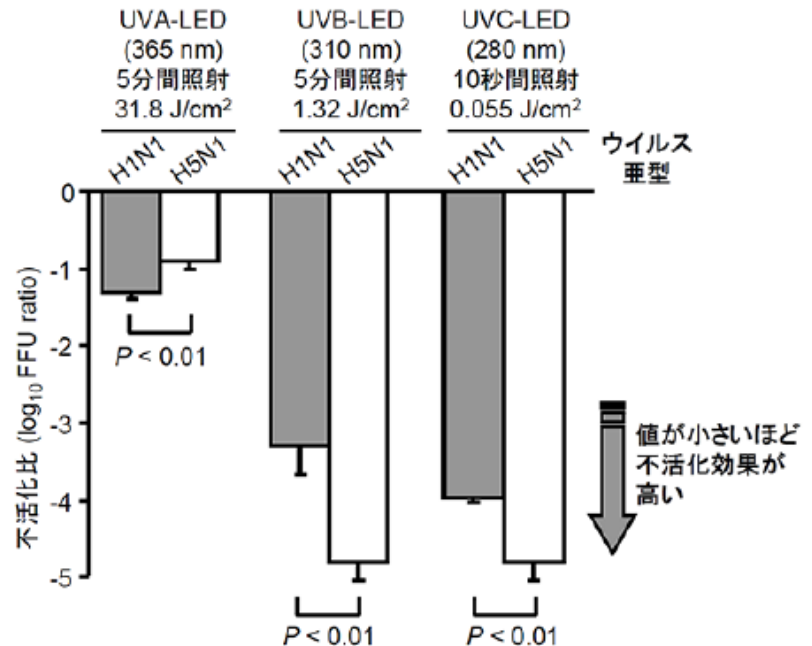
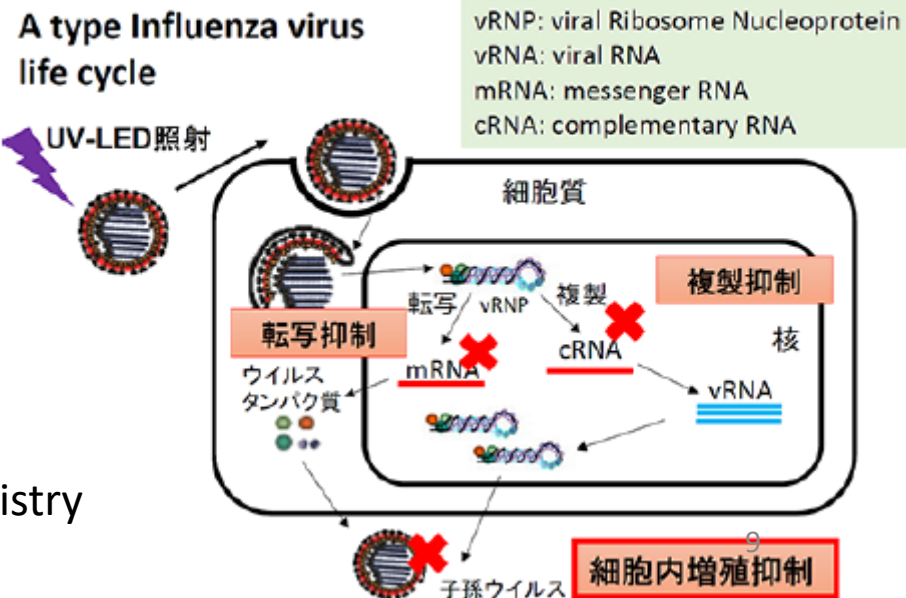


図5. UV-LED照射による高病原性鳥インフルエンザウイルスH5N1の不活性化効果

UV-LED照射によるウイルス不活性化機構



必要なUV-B強度

- 90%のウィルスを不活性化 : 25-65 J/m²
- 600秒 (10分) で達成 : 0.041-0.11 W/m²
- 3mの高さ 33-70 mW
- 直射太陽光 ~1W/m²
- 最小紅斑量(これ以下だと日焼けしない) ~10000 J/m²
- 最小紅斑量に達する時間 >56時間

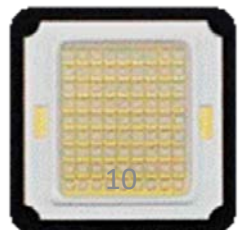
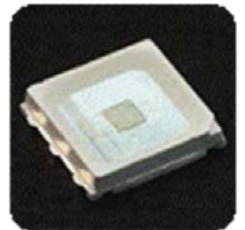
フェニックス電機SMD(COB)

深紫外LED (UVA LED) Deep UV LED

波長 : 310nm

出力 : 1,250mW

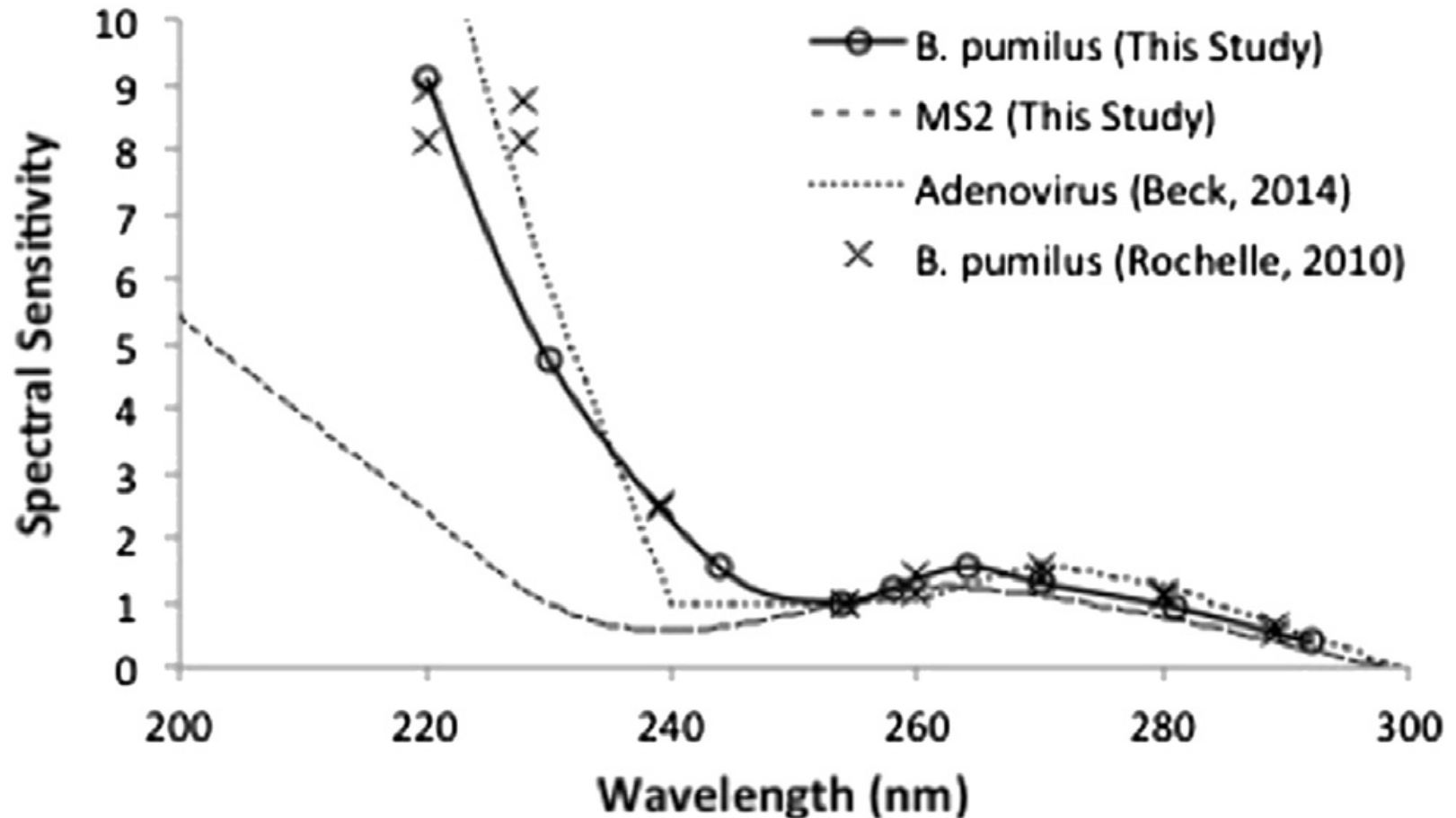
医療用



UV-C (222-280nm) を使う？

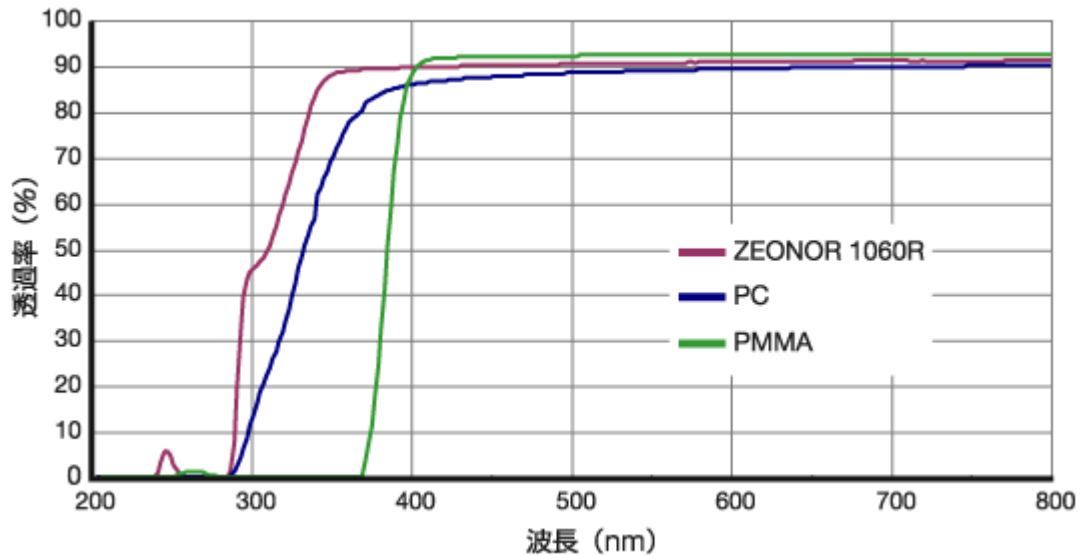
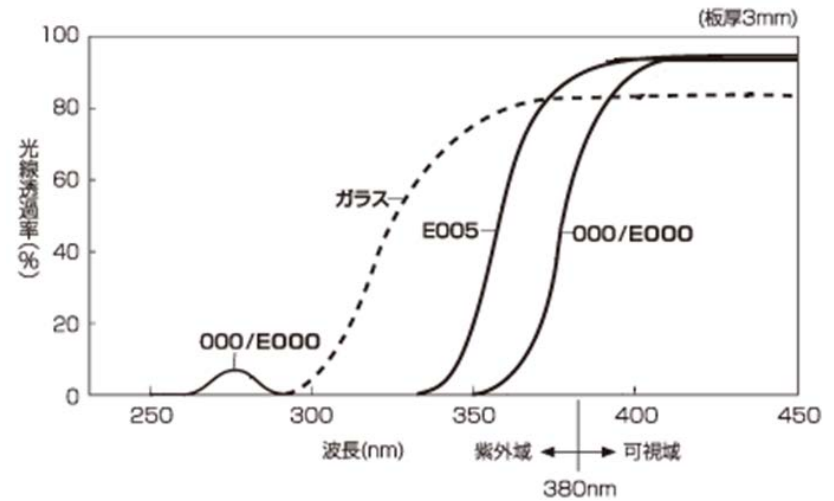
- 強い殺菌力 (UV-Bの300倍)
 - 皮膚のごく表面で吸収されるので人間に対して安全と言う主張 (Buonanno et al. 2017, 187,483-491)
 - エキシマランプ ウシオ電機
- ただし、長期的な影響は不明
 - 有機物と反応して様々な化学物質を形成する可能性
発癌性？
- 病院などでの使用に向いている
 - センサーと連動して知的な制御
 - 人が近づいたら紫外線量を抑制
 - 人が去ったら紫外線量を上げて消毒モード

ウイルスに対する 作用スペクトル



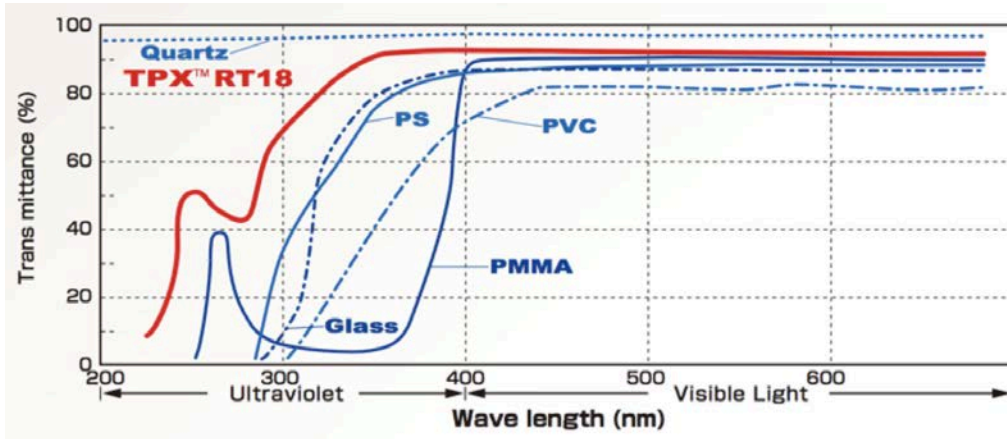
被覆材の選択が重要

- 普通に使われている材質
 - ソーダガラス:350nm
 - アクリル:380nm

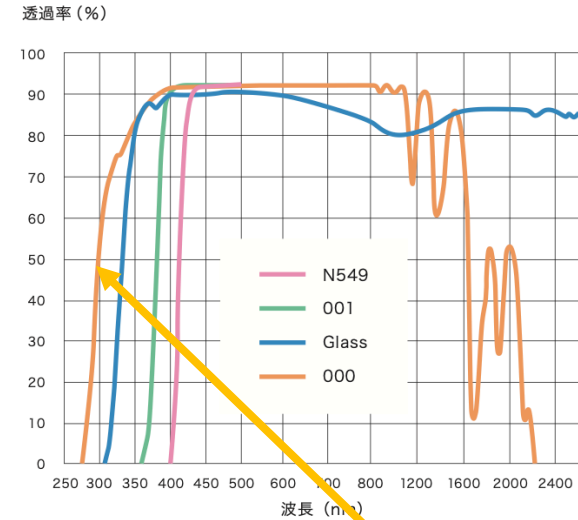


樹脂系の候補

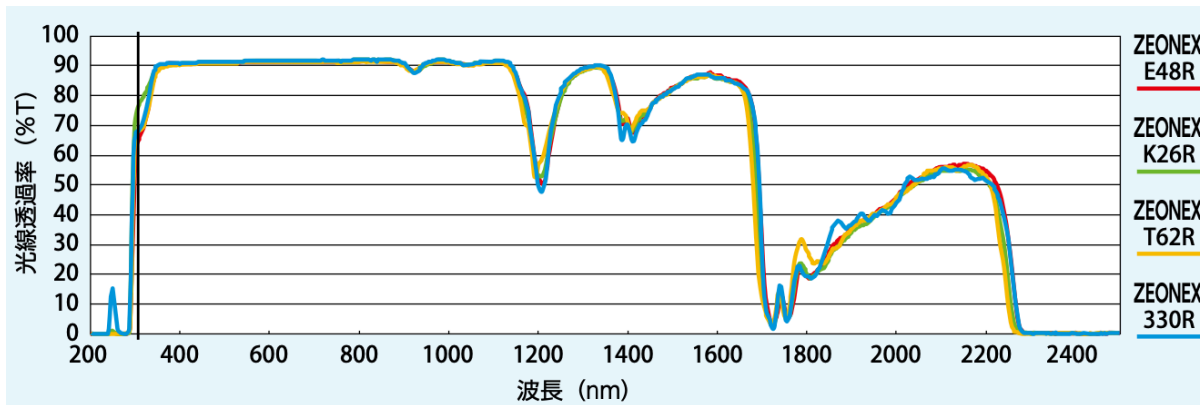
TPX (3mm 厚, 三井化学)



PMMA000 (3mm 厚, 三菱ケミカル)



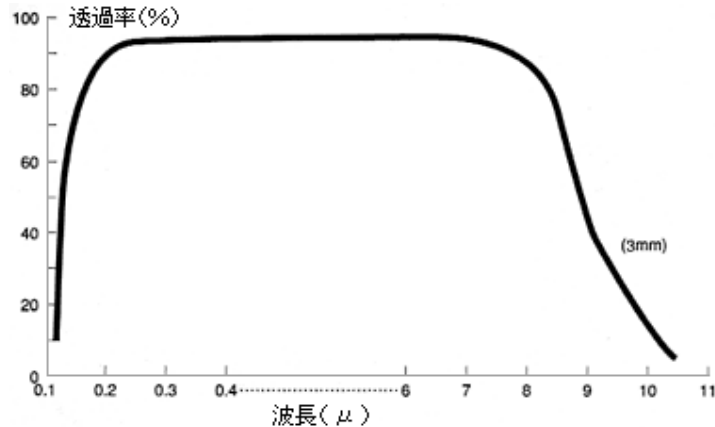
ZEONEX (3mm 厚, 日本ZEON)



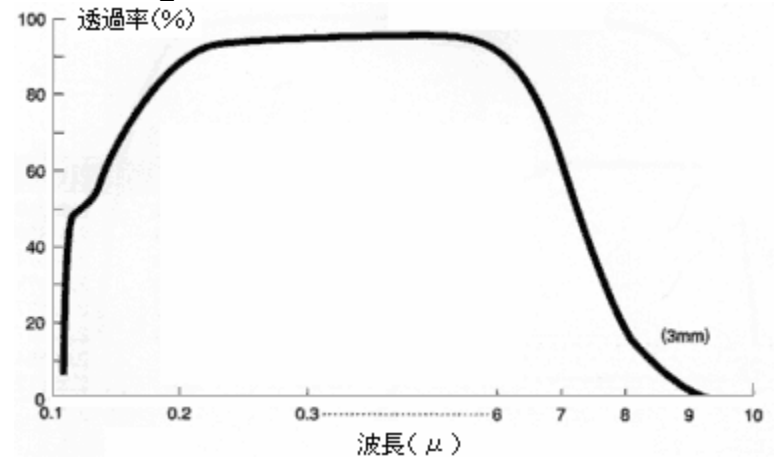
PMMA000:
純粋アクリル

無機系の材質

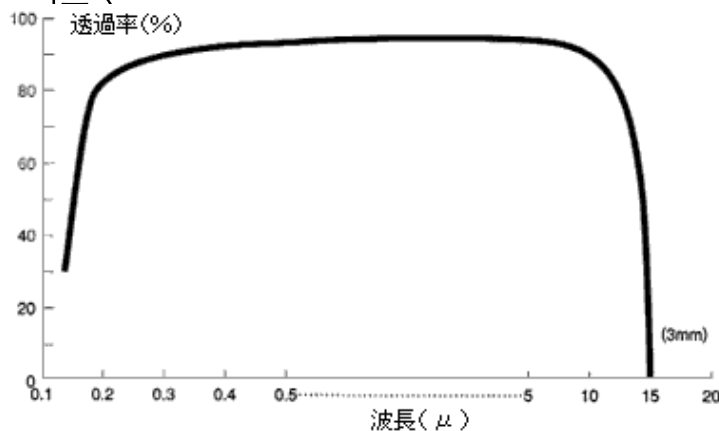
CaF₂ (3mm 厚)



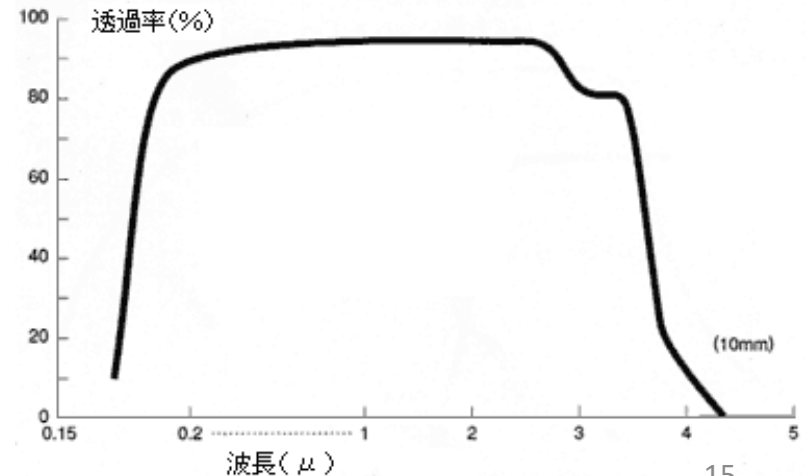
MgF₂ (3mm 厚)



BaF₂ (3mm 厚)



SiO₂ (3mm 厚、光学用合成石英)



まとめ

- 紫外線B（～310nm）でSARS-CoV-2ウィルスを不活性化
- 紫外線カクテル電球（紫外線出力:100 mW）
 - 太陽光直射の10%程度：3m距離で0.1W/m²
 - 最小紅斑量に達する時間：56時間
- 被覆材：PMMA000か合成石英にシリカ塗装
- SARS-CoV-2を使った**不活性化試験と詳細設計**
- 今年11月までに市場投入
 - 今冬の再流行に備える