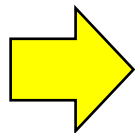
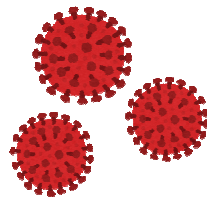


# 新型コロナウイルスへの工学的対抗策の検討(1)

~~密集~~

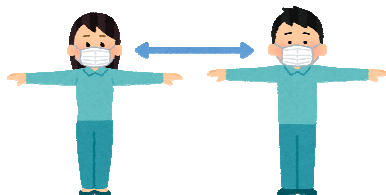


飛沫



ソーシャルディスタンス

大きな液滴に大量のウイルス



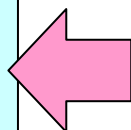
飛沫は2m程度しか飛ばないため、他人との距離を取ることで飛んでくる飛沫から身を守れる

口腔から放出される $5\mu\text{m}$ 以上の液滴を飛沫と呼び、 $120\text{-}150\mu\text{m}$ 程度に分布のピークを持つ。数秒の間に2m程度までの範囲に飛び散る。咳やくしゃみだけで無く、普通にしゃべっているだけでも飛散する。

## 小型飛沫除去装置

フィルターと光触媒の組み合わせで飛沫をキャッチしてウイルスを酸化分解。

対面する人と人との間、飛沫の飛ぶ距離の範囲に設置されていないと意味が無いいため、たくさんの台数が必要。



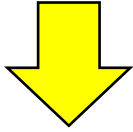
飛沫の放出を防ぐためにはマスクが有効で、不織布や布製のマスクでは8割程度の飛沫を止めることが出来るが、残りの2割程度は隙間などから飛散する。このため、飛程よりも近くに座ってのミーティングや窓口などでの会話で感染リスクがある。また、食事中にマスクは困難で会食時のリスクが高い。



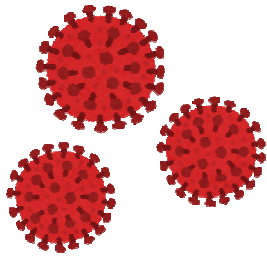
「感染を広げない」  
目的で全員が着用

## 新型コロナウイルスへの工学的対抗策の検討(2)

~~密閉~~



エアロゾル



マスクをしていても、繊維の間や顔との隙間から**半数近くのエアロゾル**は飛散している。長時間滞留するため、換気が悪いと徐々に濃度が高くなる。

換気の状態は二酸化炭素濃度が一つの指標となる。



換気しよう

どうしても換気が悪い場所もある

長時間空気中に滞留し風に乗って遠くまで移動する

5 $\mu$ m以下の微粒子で飛沫核とも呼ばれる。数分間空気中に滞留し、広い範囲に拡散しうる。

### 空気清浄機

△二酸化塩素・オゾンを空間に噴霧するアクティブな「空間除菌」は、有効な濃度と人体に悪影響を与える濃度が近く制御が困難なため推奨しない。

光触媒、紫外線、高性能フィルターを使用したものなど、様々なタイプが販売されており、エアロゾルの捕集、エアロゾルに含まれるウイルスの不活化を行う。

高温になる、ファンヒーターやストーブでも不活化は可能。(エアコンでは不可)



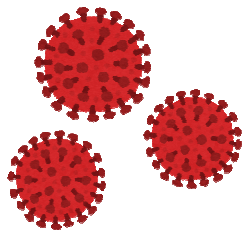
粘膜に付着してから15~20分で感染するため、うがいが出来ない状況であればこまめに飲み込んでしまい胃酸で不活化の方が better。感染者が居る状況で飲食しても大丈夫と言うことでは無い(飲み込む途中で感染する可能性はゼロでは無く、鼻や目からの感染は防げない)。

### 人の居ない空間への紫外線照射

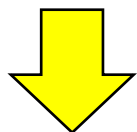
不活化の効果の高い UV-C は人体に対して有害(眼の角膜、皮膚に強い炎症)であるため、**人に当たらないよう**上方の空間に向けて UV-C を照射することで空気中のウイルスを不活化できるため食品工場などでは古くから用いられている。米国疾病予防管理センター、CDCでは公式サイトで Upper-room Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) を推奨している。

## 新型コロナウイルスへの工学的対抗策の検討(3)

SARS-CoV-2



~~密接~~



どこに潜んでいるか分からない  
ブービートラップ

物体表面からの接触感染



手を洗おう



消毒しよう

コロナウイルスは脂質の膜、エンベロープを表面を持つタイプであるため、「あぶら」を溶かすことが重要。物理的に洗い流すだけでも効果的。次亜塩素酸なども効果がある。

環境によっては物体表面に付着したウイルスが数日間感染力を保持していることも。手にウイルスが付着しただけでは感染しないが、口腔、鼻腔や目の粘膜に存在するACE2受容体から感染。

手袋、衣類への  
光触媒塗布

防護具へのUV-C照射

感染症対策の医療現場では、防護具を脱装する際のリスクが高いため、Cold エリアへの境界で防護具に対してUV-C照射を行う事で感染リスクを低下させる。

物体表面へのUV-C照射

短時間でSARS-CoV-2の不活化が可能なのが様々な論文で確認されている。

人体に有害なため人が居るところでは使用することが出来ない。(Care222などは極めて人体への影響が小さい製品も存在するが、まだ完全に安全とは認められていない)

距離の二乗に反比例して弱くなる、透過力が極めて低い、斜め照射では弱くなる、有機物を劣化させるなどの様々な問題点を理解して使用する必要がある。

共有物品表面への光触媒や、銅・銀などの金属微粒子の塗布

物体表面への塗布により、常に少しずつ不活化の効果を発揮する。蛍光灯と異なりLED照明は紫外線を放出しないため屋内では可視光応答の光触媒が必要。銅などの金属含有の光触媒は暗くなっても一定期間不活化の効力を発揮する物もある。

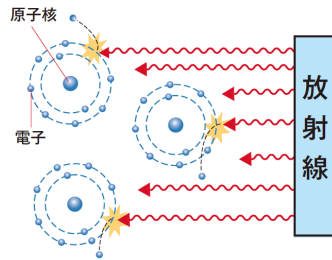
最も簡単には、銅箔テープの貼付けなどでも一定の効果がある。

# 紫外線による遺伝子損傷



放射線を被ばくすることにより細胞中のDNAの鎖が切断されてしまう場合がある。 $\gamma$ 線や $\beta$ 線では**一本鎖切断**が主であるが、LETの大きい $\alpha$ 線では二本とも切断してしまう**二本鎖切断**が起こる場合がある。いずれの場合もバックアップデータから修復が行われるが二本鎖切断ではより困難であり、修復ミスが最終的に発がんにつながる。

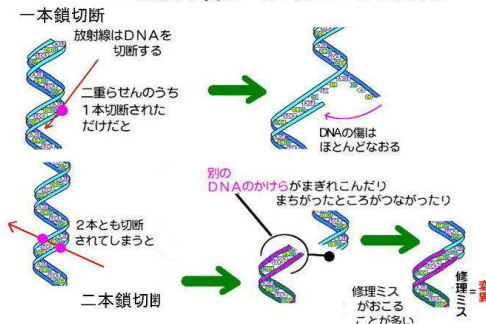
## 電離作用



紫外線は電離放射線には分類されず(法令上空気を電離できるエネルギーを有する光子、荷電粒子を電離放射線と呼ぶ)、DNAの主鎖を切るだけのエネルギーは無いが、配列している塩基同士を**励起**して接合してしまう場合がある。特に、**ピリジミン二量体**の生成が紫外線による損傷の主たる物と言われており、DNAの複製を妨げる遺伝子損傷となるが、ほとんどの細胞はこれらの損傷を修復する酵素を持っている。

ところがウイルスは自分自身では生命活動を行えず、これらの損傷は感染先の細胞に入って初めて修復される。また、コロナウイルスは**1鎖RNA**ウイルスであり、バックアップを持つ二重鎖では無い。このため比較的紫外線に弱いのでは無いか、と言うのが研究を始めたきっかけ。結局、1鎖RNAタイプのウイルスが系統的に紫外線に弱いというようなことは無いようだが、吸収線量の正確な評価など更なる検討が必要。

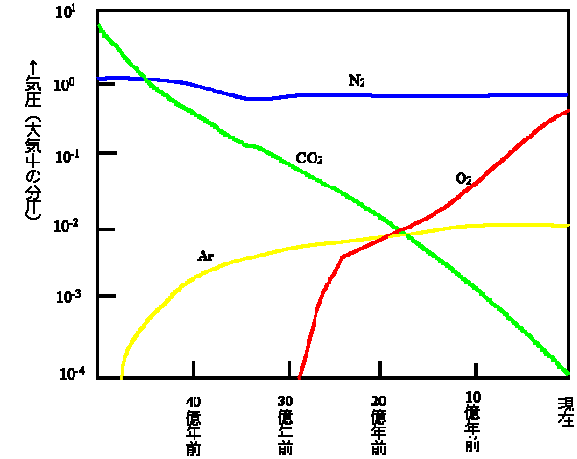
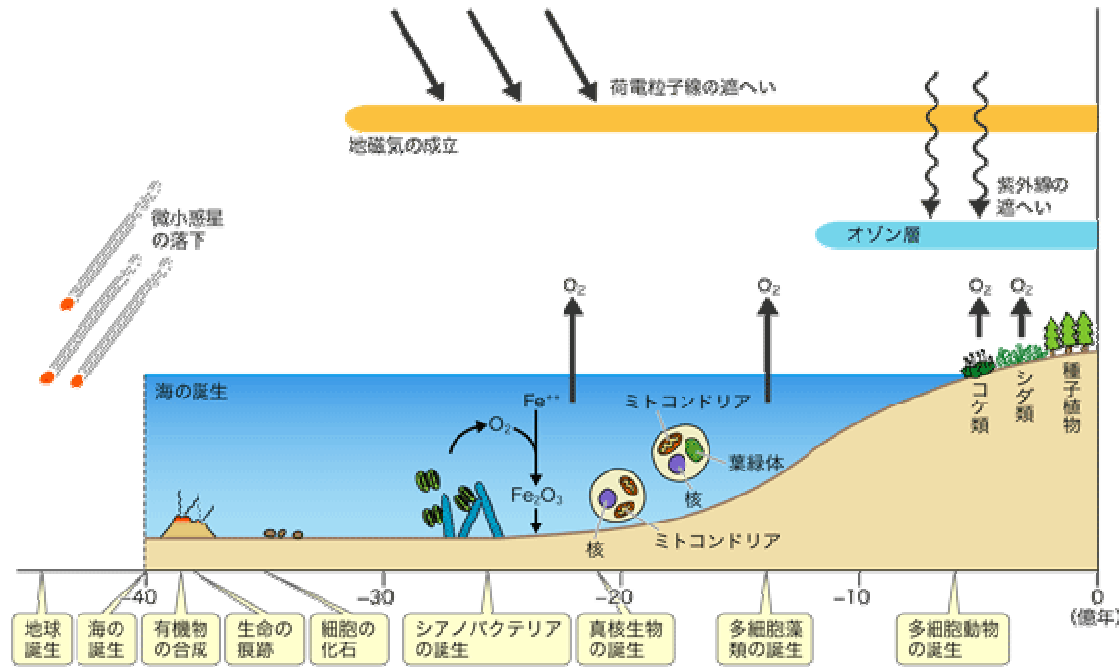
## 放射線によるDNA切断



さらに、波長 254 nm の紫外線は 4.9 eV 程度のエネルギーを持ち、酸化還元電位 2.42 eV のスーパーオキシドや同じく 2.85 eV のOHラジカルなどの活性酸素を生成可能で、間接作用も起こりうる。



# 生物進化と紫外線



出展: 実験医学 online 生物の多様性と進化の驚異  
[https://www.yodosha.co.jp/jikkenigaku/mb\\_lecture\\_ex/vol2n1.html](https://www.yodosha.co.jp/jikkenigaku/mb_lecture_ex/vol2n1.html)

生物が誕生した当初、有機物のスープからエネルギーを嫌氣的(酸素を使わず)に取りだしていた生物はやがて光合成を行うようになり、酸素を放出しました。

酸素濃度が高くなると生物は酸素呼吸により効率的にエネルギーを取り出すことが出来るようになり、やがて大気上層でオゾンが作り出されると紫外線が遮蔽され、陸上に進出して爆発的な進化を遂げました。

# UV-A / UV-B による滅菌・不活化

私の知っている限りで UV-A/UV-B によるウイルス不活化のデータは、徳島大学の高橋先生のインフルエンザウイルスに対する論文のみです。この論文のデータ元に、太陽光線によるウイルスの不活化にどれぐらい時間がかかるかを計算してみました。

**UV-A のみの場合** (高橋先生は365nmのLEDで実験)

UV-A では 1/100 に減らすのに  $50\text{J}/\text{cm}^2$  が必要です。紫外線強度が一番強い場合でおおよそ  $2.5\text{mW}/\text{cm}^2$  ですので、 $50 / 2.5 \times 10^{-3} = 20,000\text{sec}$ 、**5.5時間ほど必要**です。12月では(日照時間を一日として) 1.4日ほどかかる計算になります。

**UV-B のみの場合** (高橋先生は310nmのLEDで実験)

UV-B では 1/100 に減らすのに、 $0.45\text{J}/\text{cm}^2$  が必要です(UV-A のおおよそ1/100)。7-8月では、 $25\text{kJ}/\text{m}^2/\text{day}$  となっており、0.18day, ピーク時であれば**1.6時間程度**で済みます。が、UV-B は UV-A よりも吸収されやすく冬場は 1/5 程度に大きく落ち、ほぼ丸一日必要、と言う計算になります。

## UV-Cによるウイルスの不活化

インフルエンザウイルスのデータを元によると、 $4.4\text{mJ}/\text{cm}^2$  で 1/100に (UV-B の 1/100の照射量)、 $6.6\text{mJ}/\text{cm}^2$  で  $99.9\% = 1/1,000$ 、 $8.8\text{mJ}/\text{cm}^2$  で 1/10,000 まで不活化が可能。

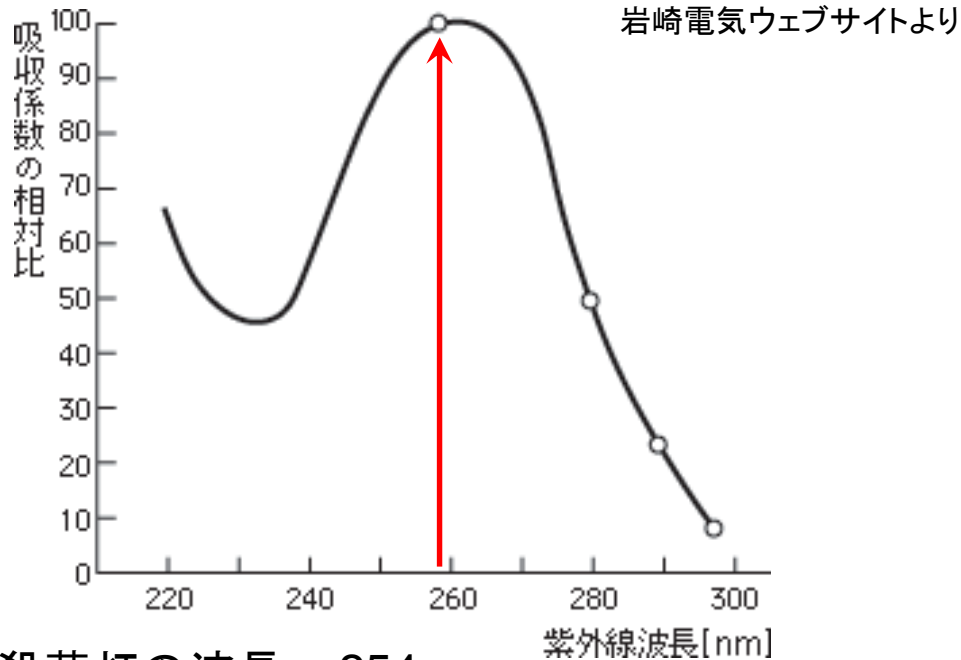
国産の殺菌灯及び器具を使用すると、8 W のランプではトータルの紫外線出力は 2.5 W 程度であり、計算からも実測からも、15 cmの距離ではおよそ  $0.9\text{mW}/\text{cm}^2$  となる。この紫外線強度では、およそ10秒で 1/10,000 までインフルエンザウイルスの不活化が可能。新型コロナウイルスについても既に査読の済んだ論文が出てきており、インフルエンザウイルスよりも不活化されやすいと考えられる。

安全側に考え、 $10\text{mJ}/\text{cm}^2$  を暫定的な指標とすることを提唱している。

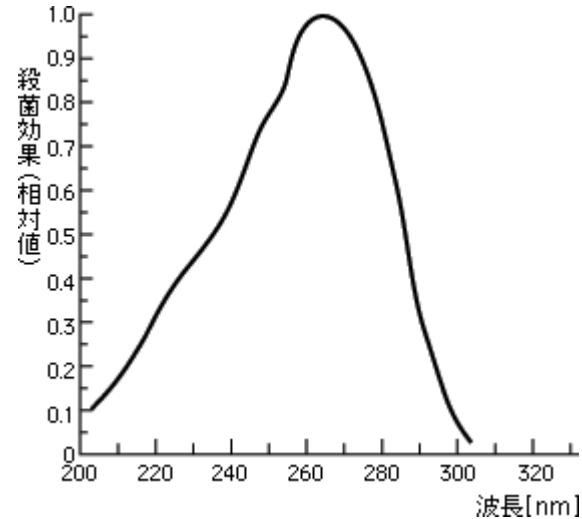
なお、既に大阪府立大学りんくうキャンパスにあるBSL3 実験室により新型コロナウイルスを用いた 254 nm UV-C 殺菌灯による不活化影響の定量的評価が完了しており、十分に実験条件を考慮した上で既報の論文より低い積算照度で不活化されることが明らかとなっている。さらに、この新型コロナウイルスを用いた実験と同一のセットアップで、大腸菌やバクテリオファージQ $\beta$  などについての実験を行っている。これらの指標生物を紫外線照度を求めるバイオドシメーターとして利用し、実際に新型コロナウイルスを使用しなくても様々な紫外線応用製品の検証を行うプロトコルの標準化を目指している。

# UV-C によるウイルスの不活化

DNAに対する紫外線吸収の波長依存性



殺菌作用の紫外線波長依存性



UV-C

200-290nm

UV-B

290-320nm

UV-A

320-400nm

殺菌灯の波長 = 254nm

紫外線に対する殺菌、ウイルスの不活化の研究はほぼ全てが波長254nmの殺菌灯について行われている。様々な菌、ウイルスについて横断的なデータが存在する。

太陽光に含まれるUV-Bについては古くから殺菌効果が知られているが、定量的研究は極めて限られている。

近年話題になっている222nmの遠紫外光は、透過力が極めて小さく、皮膚ごく表面の20 $\mu$ m程度の厚さの角質層などで止まってしまうに生きている細胞にまで到達せず、炎症や皮膚癌などを引き起こさない。その一方で物体の表面に付着した直径0.1 $\mu$ m程度のウイルスの中までは届くため、遺伝子に損傷を与えて不活化できる。ウイルスよりも大きい菌(直径1 $\mu$ m程度)の場合細胞質の中のDNAまで到達する量が少なくなるため効果は小さくなる。



# UV-Cによるウイルスの不活化

様々なデータソースによる紫外線による不活化に必要な照射量の比較。

紫外線は表面ごく近傍で吸収されるため、単位面積あたりのエネルギー束という単位で照射量を表わす。

特定の殺菌灯を規定距離での比較実験値

ソース	<a href="#">徳島大学 高橋先生論文</a>	<a href="#">岩崎電気</a>	<a href="#">スタンレー 電気</a>	<a href="#">Panasonic</a>	<a href="#">Wintec</a>
低減率	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	不明
単位	mJ/cm <sup>2</sup>	mJ/cm <sup>2</sup>	sec	mJ/cm <sup>2</sup>	mJ/cm <sup>2</sup>
大腸菌		5.4	4.7	10.8	6.6
緑膿菌		16.5	4.8	16.5	10.5
レジオネラ菌		7.5	3.3		7.6
インフルエンザ	75	6.6	6.3		8
ヒトコロナ			1.7		

280nm のUV-C LED  
を使用

コロナウイルスは3倍  
以上感受性が高い？

実験条件によって倍・半分  
程度値が変化する。

# UV-Cによるウイルスの不活化

既に世界中で研究が進められており、SARS-CoV-2 に対しても複数の研究者からデータが出てきている。2), 3), 5) については査読が終了しています。

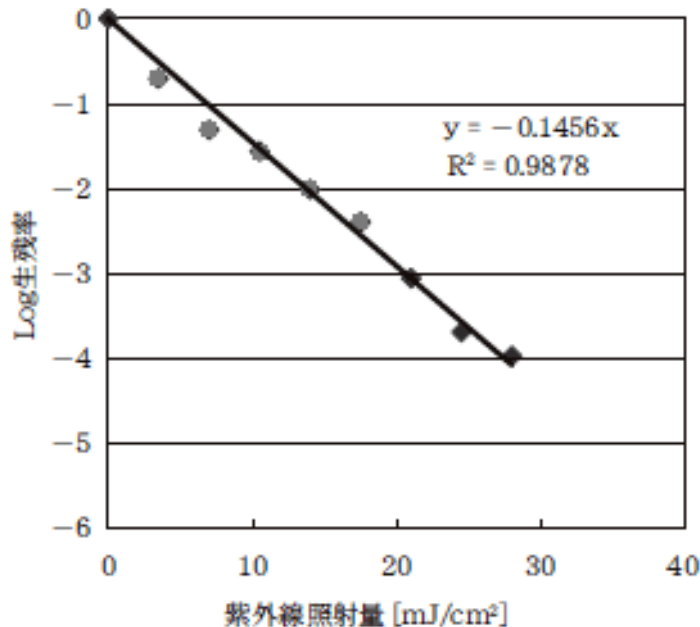
No	1)	2)	3)	4)	5)
グループ	ミラン大 Biasinら	ボストン大 Stormら	スタンレー電気	宮崎大 Inagakiら	広島大 Kitagawara
光源	254nm殺菌灯	254nm殺菌灯	265nm LED	280nm LED	222nm エキシマランプ
99.9%まで不活化に必要な線量 (mJ/cm <sup>2</sup> )	3.7	Wet: 5.3 Dry: 4.1	5.1	37.5	3.6
査読	査読済	査読済	査読無し	査読済	査読済

インフルエンザウイルスの 254nm 殺菌灯 6.6mJ/cm<sup>2</sup> で 99.9% まで不活化、よりも低い値となっており、**新型コロナウイルスの紫外線耐性は低い**と言える。

280nm LEDに対しても、高橋先生のインフルエンザに対する実験では99.9% まで不活化に75mJ/cm<sup>2</sup>(最新の論文では 60mJ/cm<sup>2</sup>)となっており、10倍程度 254nm での照射よりも積算照度が必要で、上記のSARS-CoV-2の結果と整合性が取れている。

# 紫外線積算照度と生残曲線

放射線の場合は吸収線量(Gy)などの単位で、どの程度照射を行うとどの程度影響が出るかを評価します。同様に、紫外線の場合は単位面積に単位時間あたり与えるエネルギーを**照度**(SI単位系では $\text{W}/\text{m}^2$ 、慣例的に $\text{mW}/\text{cm}^2$ が良く用いられる)と呼び、照射時間で積分したトータルのエネルギーを**積算照度**( $\text{J}/\text{m}^2$ 、 $\text{mJ}/\text{cm}^2$ )と呼び、積算照度が増えるに従って、殺菌や不活化されずに生き残っている菌やウイルスの数は、指数関数的に減少していきます。この様子を**生残曲線**と呼びます。効果が有る/無しではなく、**照射する量によって効果が変わります**。

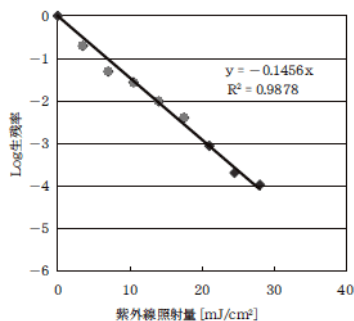


生残曲線の例。横軸に紫外線積算照度( $\text{mJ}/\text{cm}^2$ )、縦軸にどれだけ生き残っているかという生存率の**対数値**(-3で $10^{-3} = 0.1\%$ で、99.9%まで殺菌/不活化されたことを意味する)をプロットした物。必ずしも直線的になるわけではなく、最初なかなか下がらない、肩を持つ場合も多い。また、対象となる微生物によってこの曲線の傾きが異なり、どの程度照射すれば良いかが変わってくる。

なお、高い照度で短時間照射も、低い照度で長時間照射も、**積算照度が同じであれば効果は同じ**である(極端に高い照度の場合を除く)。

# バイオドシメーターの考え方

- ① 評価を行いたい生物種(今回は新型コロナウイルス)に対して、紫外線の積算照度とどの程度殺菌/不活化されたかの割合をプロットした生残曲線を取得する。
- ② 同じ波長の紫外線に対して、安全に取り扱いを行える指標生物種(バクテリオファージ Q $\beta$  など)についても生残曲線を別途取得しておく。
- ③ 評価を行いたい装置で指標生物種に紫外線照射を行い、どの程度指標生物種が殺菌/不活化されたかを調べる。
- ④ プロセス ② で取得した生残曲線から、紫外線積算照度を求めることが出来る。
- ⑤ プロセス ① で取得した、評価を行いたい生物種に対する生残曲線から、その装置でどの程度殺菌/不活化されるかが評価できる。
- ⑥ 新たな感染症が発生し、別の生物種に対する製品の効果を評価したい場合でも、その生物種に対する生残曲線を信頼できる機関が一度取得すれば、④ のプロセスで既を取得している積算照度を用いてその生物種に対する効果をすぐに評価可能。



生残曲線の例。横軸に紫外線積算照度(mJ/cm<sup>2</sup>)、縦軸にどれだけ生き残っているかという生存率の対数値(-3で10<sup>-3</sup> = 0.1%で、99.9%まで殺菌/不活化されたことを意味する)をプロットした物。必ずしも直線的になるわけではなく、最初なかなか下がらない、肩を持つ場合も多い。

なお、高い照度で短時間照射も、低い照度で長時間照射も、積算照度が同じであれば効果は同じである(極端に高い照度の場合を除く)。



# 紫外線の弱点

## 距離の二乗に反比例して強度が下がる

広い範囲に照射するために光源を遠くに設置すると、強度が非常に弱くなり、同じ量を照射するのに必要な時間が長くなります。

## ほとんどの物質に対して透過力が非常に小さい

石英ガラスや水などの一部の物を除いて、数 $10\mu\text{m}$ 程度しか透過できません。ゴム手袋や紙一枚で完全に止まります。照射できるのは表面に付着している物に限られますし、光源から影になる部分には効果がありません。

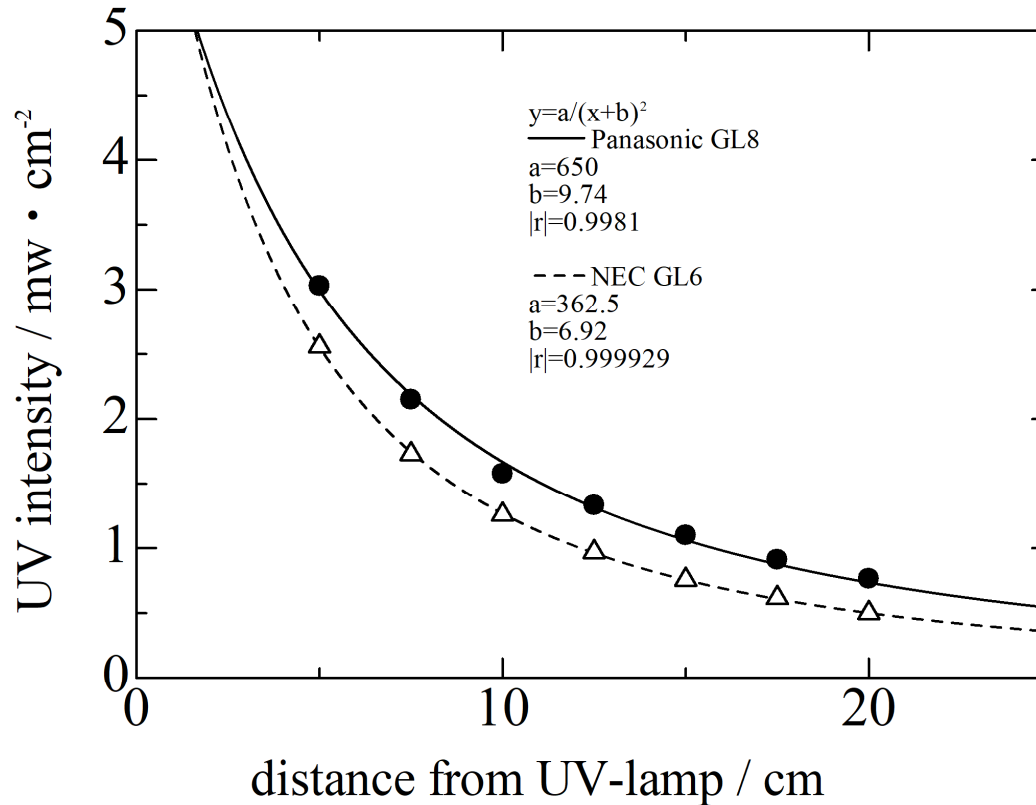
## 皮膚や目に強い炎症を起こし、人体に有害

波長が短くエネルギーの高いUV-Cは皮膚や眼の角膜に強い炎症を与えます。その場ですぐには気が付かず後になって皮膚癌や失明を引き起こす可能性があります。このため、人がいる場所での使用が基本的に出来ません。JIS Z8812では、UV-Cに対する許容限界値基準は $6\text{mJ}/\text{cm}^2$ となっています。また、プラスチックや繊維、塗料などの有機物も大量の照射により次第に劣化していきます。

## 光源の入手が困難

2019年4月以降、省エネと水銀に対する規制のために蛍光灯器具の販売がほとんどのメーカーで終了しています(ランプは販売されています)。その一方でUV-C波長のLEDは出力が $100\text{mW}$ 以下と小さく、エネルギー変換効率も数%程度で高価であり、まだ代換できていません。

# 紫外線強度の評価



紫外線の強度は、放射線と全く同様に距離の二乗に反比例して減衰する。

ランプの出力のみでは照射量を決定することが出来ず、対象物との距離、時間を考慮して積分された照射量の評価が必要。

# 色々な物質に対する透過力

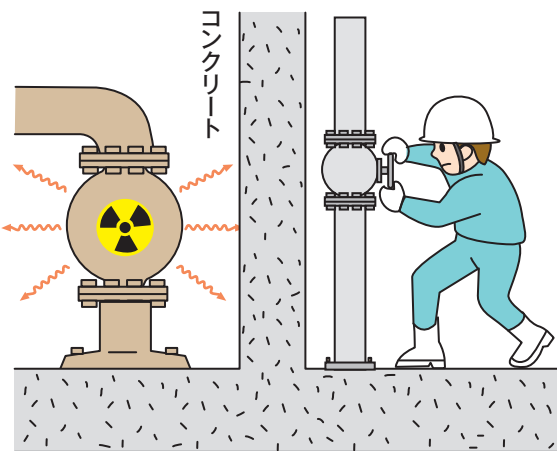
透明なプラスチックであってもほとんど紫外線は透過しない。ポリプロピレンは若干透過したため、マスクリーン4はきっちりと目張りをする必要があった。ガラスは非常に透過率が低いですが石英ガラスは透過率が高いため、殺菌灯に用いられている。通常は天然の水晶を溶解した熔融石英が使われるが、化学的に合成したSiO<sub>2</sub>で作成した合成石英はさらに透過率が高く、185nmの成分も一部透過してオゾンが発生させる。

遮蔽物	遮蔽前 I <sub>0</sub>	遮蔽後 I	透過率
	mW/cm <sup>2</sup>	mW/cm <sup>2</sup>	%
メガネ(プラレンズ)	1.10	0.000	0.0
ペットボトル横置き(空)	1.10	0.000	0.0
ポリスチレン(1.4mm厚コレクションケース)	1.10	0.000	0.0
ポリプロピレン(1.5mm厚コンテナケース)	1.11	0.288	25.9
コンテナ遮蔽用アルミシート	1.12	0.003	0.3
サージカルマスク(平面)	1.10	0.080	7.3
サージカルマスク(プリーツ開いて)	1.10	0.140	12.7
塩ビラップ 6μm厚 1枚	1.11	0.952	85.8
塩ビラップ 6μm厚 2枚	1.11	0.900	81.1
塩ビラップ 6μm厚 4枚	1.11	0.660	59.5
ニトリル手袋(モノタロウ、青)生地1枚	1.70	0.000	0.0
クアラテック手袋(アズワン)生地1枚	1.70	0.000	0.0
コピー用紙(再生紙)	0.70	0.000	0.0
コピー用紙(高白色)	0.70	0.000	0.0

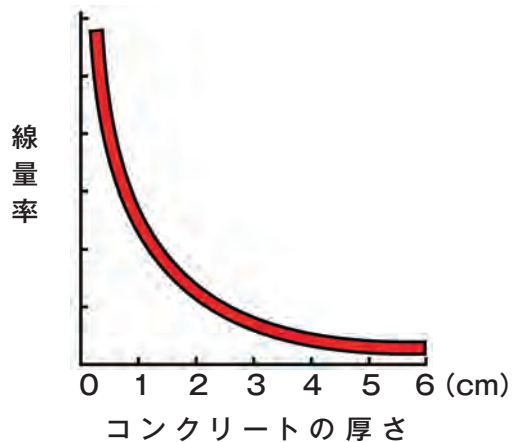
# 放射線防護の基本

## 1. 遮へいによる防護

(線量率) = 遮へい体が厚い程低下

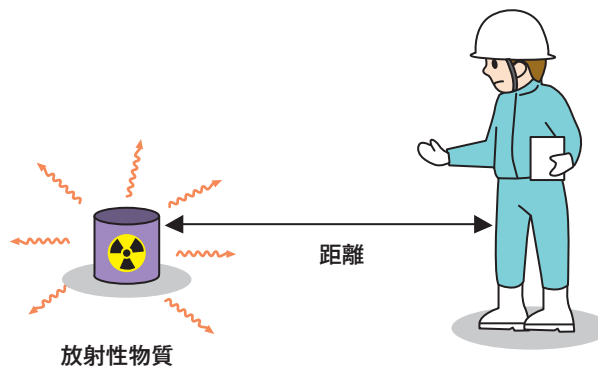


(mSv/h)

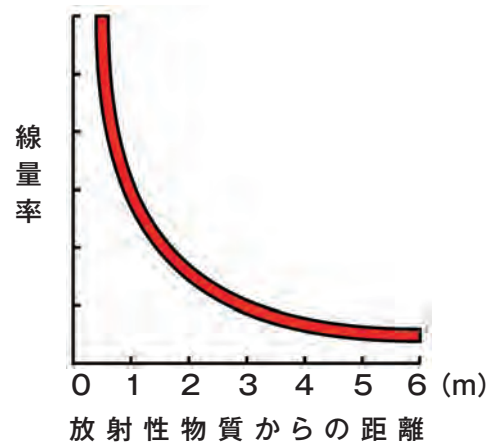


## 2. 距離による防護

(線量率) = 距離の二乗に反比例



(mSv/h)

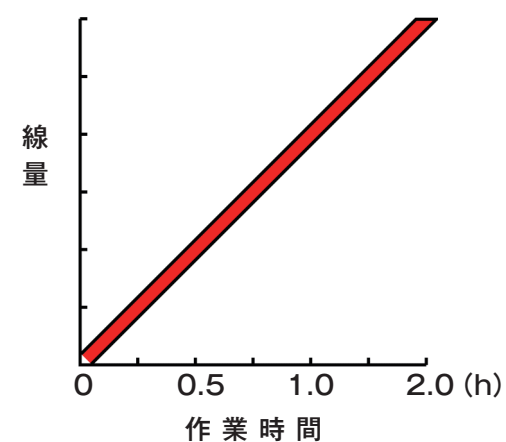


## 3. 時間による防護

(線量) = (作業場所の線量率) × (作業時間)

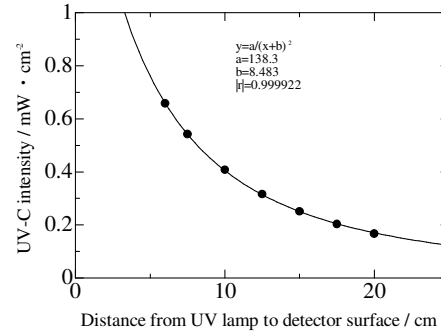


(mSv)

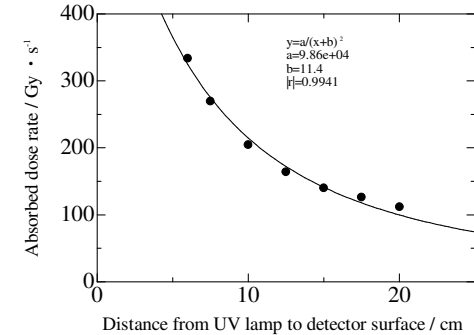




# ラジオクロミックフィルムによる積算照射量の測定



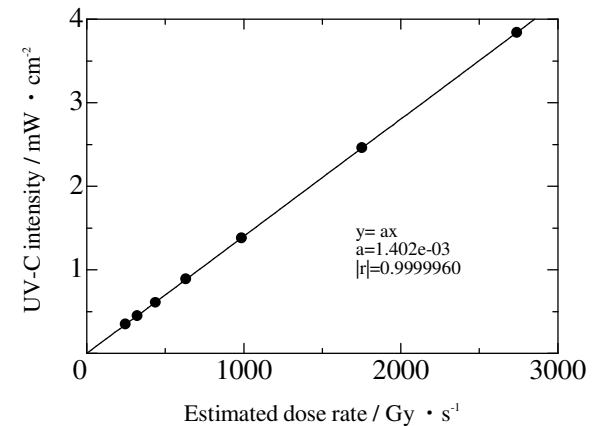
紫外線強度計で測定した、光源から検出器表面までの距離と紫外線強度の相関。



ラジオクロミック線量計で測定した、光源からフィルムまでの距離と、吸収線量として評価された値の相関。

ガンマ線、電子線などの放射線計測で用いられるラジオクロミックフィルムは、吸収線量に応じて吸光度が変化し、吸光度計により吸収線量が評価出来る。校正された紫外線強度計と、ラジオクロミックフィルムにより評価された吸収線量率の距離依存性の相関から、吸収線量  $I$  (kGy) と、紫外線の照射量  $D$  (mJ/cm<sup>2</sup>) の間で  $D = 1.4 I$  という簡単な校正式を導いた。透過試験から、45  $\mu$ mフィルム内で完全にUV-Cは吸収されており、14  $\mu$ mまでの範囲で均等に吸収されたとすると理論的にもこの校正式が説明出来る。

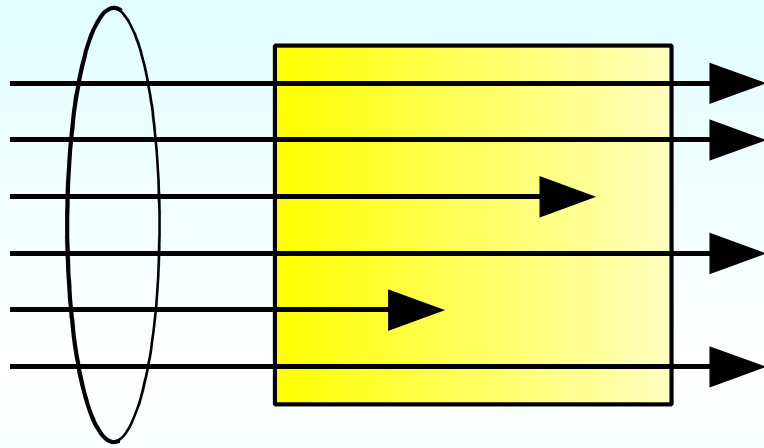
この薄く小さなフィルムにより、立体形状の物体表面への積算照射量を実験的に評価可能となる。



ラジオクロミック線量計で求めた吸収線量率と紫外線強度の相関。距離依存性のオフセットを排除して評価する必要がある点に注意。

# 「照射量」の意味の違い

強透過性放射線

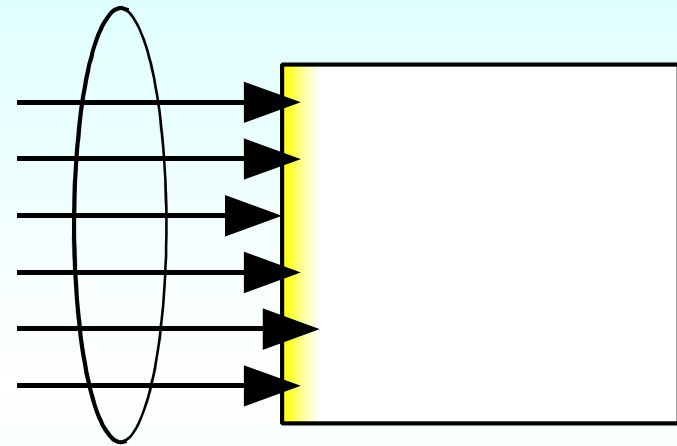


高エネルギーガンマ線などの場合透過力が高く、ほぼ均等にエネルギーを与える。

ほとんどの光子は素通りしていくため、単位面積あたりの入射エネルギー量(エネルギーフルエンス)を求める事は困難で、単位質量あたりに吸収されるエネルギー( $\text{J/kg} = \text{Gy}$ )を、物質の側から見た「照射量」として扱う。

正確には、「吸収線量」。

紫外線



表面ごく近傍(殺菌灯からの UV-C を皮膚に照射して数十  $\mu\text{m}$  程度のオーダー)で全てのエネルギーが吸収される。

照射する対象によって、また波長(エネルギー)によって大きく透過力が異なり、局所的な微小体積への吸収エネルギーを求める事は困難で、単位面積へのエネルギーフルエンスとしての、 $\text{mJ/cm}^2$  などの量が光源の側から見た「照射量」として用いられる。正確には、「照度( $\text{mW/cm}^2$ )・積算光量( $\text{mJ/cm}^2$ )」。

# 紫外線の吸収線量

紫外線は極めて透過力が弱く、表面からごく浅い層に全量が吸収される。このため、対象とする物体によらず、照射した光子全体のエネルギーのフルエンスを  $\text{J/m}^2$  などの単位で取り扱っている。

ガンマ線などの強透過性の放射線は照射する対象物にほぼ均等にエネルギーを与え、また入射した光子のほとんどは透過して吸収されない。このため、エネルギーフルエンスで取り扱う事は現実的では無く、単位質量の物体に吸収されたエネルギー ( $\text{J/kg} = \text{Gy}$ ) で照射量を取り扱う。

紫外線を同様の考え方で、吸収されたごく浅い層の質量に対するエネルギー吸収を考える。密度  $1\text{g/cm}^3$  の物質  $20\ \mu\text{m}$  の層に均一に吸収されたとすると、 $1\text{cm}^2$  あたりの質量は、 $20 \times 10^{-4}\ \text{g}$  で、積算光量を  $10\text{mJ/cm}^2$  とすると、吸収線量は

$$10 \times 10^{-3} / 20 \times 10^{-7}\ \text{J/kg} = 5\ \text{kGy}$$

と言う、高い線量に相当する。

枯草菌などの放射線への耐性の高い菌についても  $10^{-6}$  以下にまで殺菌を行う「滅菌」の場合で、 $25\text{kGy}$  程度(医療器具などに対しての場合)なので、かなり完全に滅菌とまでは言えないが相当程度の効果があると考えられる。

## 吸収線量をよく考えてみる

$$\text{吸収線量 (Gy)} = \frac{\text{吸収された放射線のエネルギー量 (J)}}{\text{物質の質量 (kg)}}$$

### 分子

荷電粒子の場合はそのまま、光子の場合はエネルギーが光電子(荷電粒子)となりその運動エネルギーが吸収される。高エネルギーでは再び輻射により系から出て行く寄与がある。吸収する物質が空気なのか、水なのか、鉛なのかで異なり、また入射する光子のエネルギーによって異なる。

### 分母

高エネルギーの光子では物質に均等にエネルギーを与えるが、荷電粒子や低エネルギーの光子では不均一なエネルギー付与をする。このとき、「対象物」をどの範囲で取るかによって吸収線量は異なる。等価線量を考える場合は、「臓器全体」で考える。



# 市販されている様々な紫外線グッズ(1)

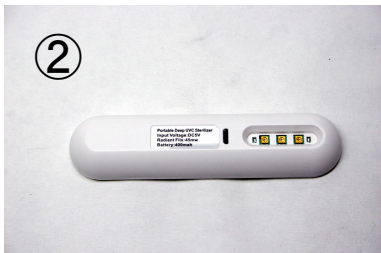
7月頃にイベント関係の音響担当大手S社から担当者が訪問してマイクなどの紫外線滅菌について相談を受け、いくつかの製品の評価を行った。その中で、市販されているLEDを使った製品は非常に照射強度が弱かったり(マスクリーンスの1/100程度)、場合によってはUV-Aも含めて紫外線が検出限界(0.001 mW/cm<sup>2</sup>) 以下となる製品もあつたりするなど、極めて悪質であることが明らかになった。

そもそもの程度照射すれば良いのかというガイドラインが存在しない事も問題。

(ケニス SDカード式紫外線強度計 YK-37UVSD で測定)



この製品は、BOX 底面中央では全く紫外線を検出できませんでした。LED にベタ付けで測定すると、UV-C 3mW/cm<sup>2</sup> 程度が測定されるが、実際にBOXに物品を入れて謳い文句の通り表面のウイルスを99.9% 不活化するとしたら、7.5mJ/cm<sup>2</sup> 必要であり、仮に0.001 mW/cm<sup>2</sup> としても7500秒ほどかかり、非現実的。



ウェブサイトでの謳い文句

距離5cm での照射強度

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| ① 僅か10分間 殺菌率は99.99%に達します。 →                   | 検出限界以下                  |
| ② 10秒即効 99.9%細菌消滅(距離の記載無し) →                  | 0.03 mW/cm <sup>2</sup> |
| ③ 10秒以内に 99.99%の滅菌率(距離の記載無し) →                | 0.02 mW/cm <sup>2</sup> |
| ④ 10秒快速殺菌、99%細菌消滅、推奨距離は2cm →                  | 0.04 mW/cm <sup>2</sup> |
| ⑤ 「紫外線は、99%殺菌機能を科学的に証明されています。」<br>距離、時間記載無し → | 検出限界以下                  |



④の製品は「推奨距離は2cmで、照射範囲は直径4cmで、最大距離は5cmを超えないでください、5cmの場合、照射範囲は直径10cmです」と謳っていて、比較的良心的だが実測とは乖離が有り、至近距離で長時間照射し続けるのは非現実的。

## 市販されている様々な紫外線グッズ(2)



ウェブサイトでの謳い文句

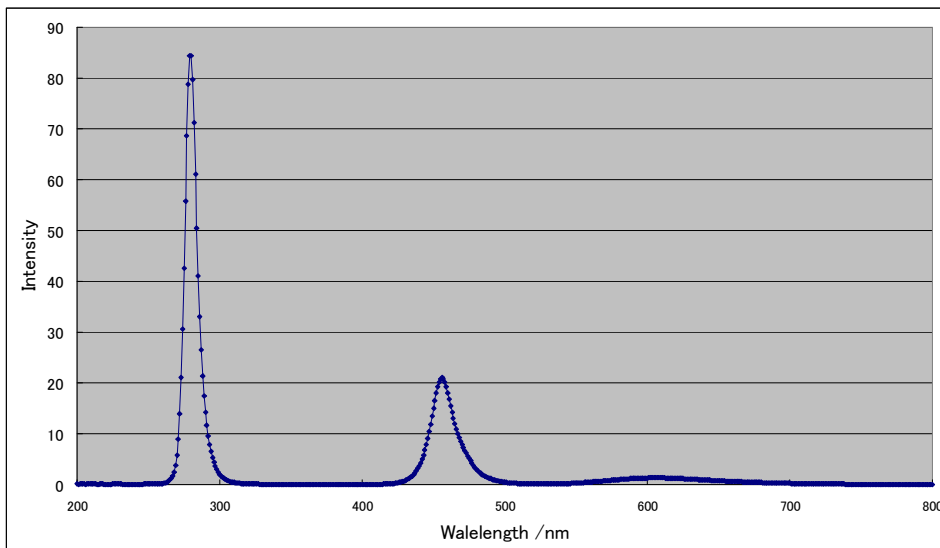
距離5cm での照度

④ 10秒快速殺菌、99%細菌消滅、推奨距離は2cm →  $0.04 \text{ mW/cm}^2$   
(ケニス SDカード式紫外線強度計 YK-37UVSD で測定)

そもそもの紫外線照度が低い事に加えて、放出される紫外線波長は殺菌灯の254nmよりも長い、280nm程度の場合がほとんど。

インフルエンザウイルス、さらに新型コロナウイルスに於いて、280nmの紫外線の効果は、殺菌灯の場合の1/10程度と評価されており、さらに大幅に効果が小さい製品と言える。

UV のピーク波長は **280nm**



$\Sigma$  各波長毎の照度 × 不活化効果相対値  
という形で表わされる、放射線と言うところの実効線量のような指標が必要。

USHIO USR45 で測定

## 市販されている様々な紫外線グッズ(3)



蛍光管式の物ならば大丈夫かという、左の商品は蛍光管を謳っているがユーザーのレビューによると実測値がゼロとのこと。サイズの的にGL8 だと思われるのでランプを交換すれば使えるかも知れないが、写真はどう見ても蛍光管では無く、仮にちゃんと出ていたとすると非常に危険な持ち方をしている。



左の写真のように、衣類などを詰め込んだ状態で殺菌している例も見受けられるが、UV-Cは透過率が低いため表面近傍しか殺菌されず、ほとんど意味が無い。

右の写真2枚はマスク用の薄型の除菌器だが、上の製品は中央部に2灯、下の製品はケース側面に2灯のLEDを配しているが、どう見ても全面に紫外線が当たらない構造になっている。また、「0.5Wの超強力UV-C LED」など、LEDの性能を消費電力で表記しているようである。

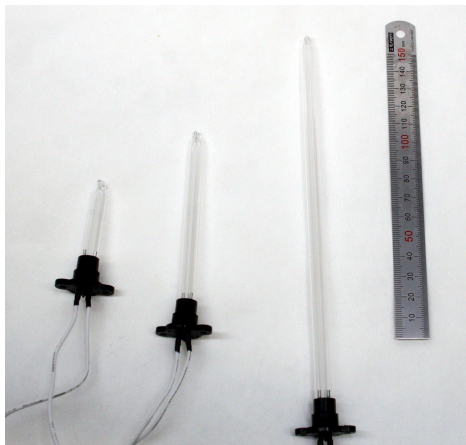


## 市販されている様々な紫外線グッズ(4)



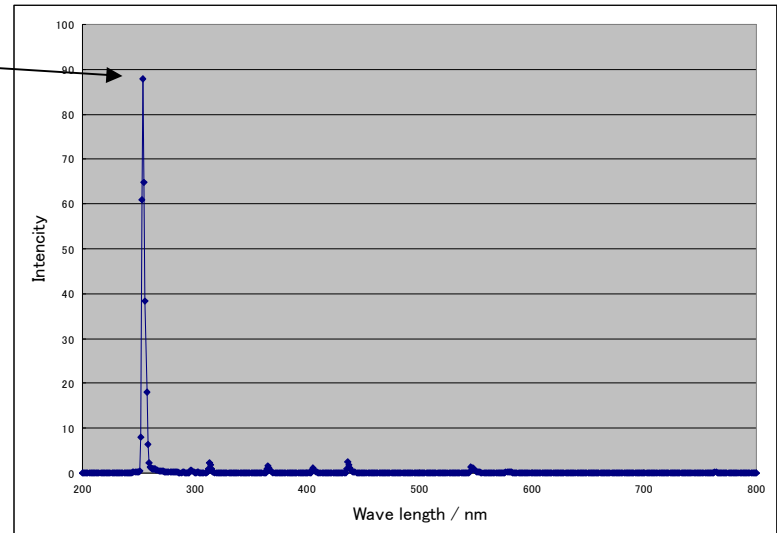
この製品はCCFL(冷陰極管)を使用した製品であり、熱陰極を利用した蛍光灯同様に水銀からの254nm殺菌線を出している。蛍光灯よりも水銀使用量が少ないとの事で現在でも製造が続けられている。12V電源などでインバータ回路を駆動するため、バッテリーでの利用も現実的で、左の写真のようなポータブルな製品も売られている(CCFL管の部分が100mm)。

5cmの距離でランプと平行な面に  $0.5\text{mW}/\text{cm}^2$  の照度があり、LEDと比べると出力が高く十分実用的。逆に、人体に当たると危険であるため、タイマーをセットして10秒後に点灯、15分後に自動消灯するようになっている。



ピークは 254nm

50mm, 100mm, 200mm  
のランプ長さの製品が  
販売されている。水銀  
使用量が少なく、規制  
対象外で現在でも生産  
されている。





# 事件事例

2020/12/31 にモデルのアリスムカイデ氏が飲食店で非常に重度の紫外線被ばく事故被害に遭いました。当該の飲食店はコロナ対策のつもりでUV-C 紫外線を放出する殺菌灯を、客席のテーブルの下や、トイレの洗面所に設置しており、「直接見ないで下さい」との説明はあったようですが、余りにも当然のように至近距離に置かれていたため、それほど危険な物だとは思わなかった、とのこと。  
特に足下の至近距離(15 cm程度)の場所に設置されていた殺菌灯により2時間半もの間、素足に照射され続け、概算で $3,600 \text{ mJ/cm}^2$  という、許容限界値基準(254nmでは $6 \text{ mJ/cm}^2$ )の600倍にもなる被ばくとなります。それでも照射時には症状は現れず、数時間後の夜中に痛み、赤みが出てきたとのことです。

紫外線による皮膚及び角膜に対する炎症は、その場ですぐには現れず、数時間程度経ってから現れ、目に見えないため被ばくしている自覚が無く、症状が重篤化してしまうという特徴があります。



← アリスムカイデ氏の事故から2日後の症状。右足の白い部分は足を組んでいて陰になっていたとのこと。

→ アリスムカイデ氏の事故から14日後の症状。別の部分に日光を浴びたところ水ぶくれのような症状が出たとのこと。これまでUV-Cでは報告されていないが、光線過敏症を誘発している可能性がある。



# 学協会からの公式なオーサライズ

## 紫外線殺菌

ご利用上の注意

(一社) 日本照明工業会  
(一社) 照明学会

2021/08 に、東海大学の竹下 秀先生と、照明工業会加盟各社の皆様のWGに秋吉も参加を行い、一般人向けに「紫外線殺菌 ご利用上の注意」という形でパンフレットの作成を行いました<sup>(1)</sup>。

紫外線の有用性の周知だけでなく、紫外線による事故について取り上げると共に、透過力が低い等の弱点や、いい加減な製品も存在することなど、上手に使用すれば有用な紫外線利用上の注意点についての周知を行っています。

このパンフレットは科学的な論文を元に記述されており、学会公認のパンフレットとすることで「**厚労省 医療機関における院内感染対策について(H26)**」における、「**紫外線照射等については、効果及び作業者の安全に関する科学的根拠**並びに想定される院内感染のリスクに応じて、慎重に判断すること」という記述における**科学的根拠**と捉えることが出来ます。

また米国疾病予防管理センター、CDCでは公式サイト<sup>(2)</sup>で Upper-room Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) をエアロゾル対策として推奨しています。

(1) [https://www.jlma.or.jp/siry/pdf/pamph/notice\\_UV-light-emitting.pdf](https://www.jlma.or.jp/siry/pdf/pamph/notice_UV-light-emitting.pdf)

(2) <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation/uvgi.html>



## 深紫外線と遠紫外線

ウシオ電機のCare222 が話題になった当初、何故か私の所に取材が殺到しており、ウシオ電機側に情報照会しても返答が無かったため、基本的な知識から、「260nm波長域の通常のUV-C殺菌灯よりも相互作用が大きい分透過力が低く、**皮膚表面の角質層で止まるため安全**」と説明していたが、後日の打ち合わせでそれで合っている、とのことで安心している。

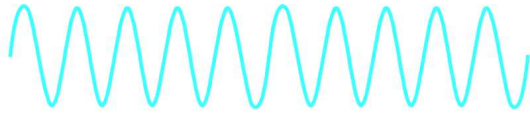
このCare222を説明する際にテレビなどで使われている「遠紫外線C波」という用語だが、遠紫外線とUV-C がごっちゃになったような言葉で、余り一般的な用語では無い。遠紫外線については、ウシオ電機のサイトによると、空気による吸収が始まる波長域から軟X線波長域までの紫外線のこと、波長範囲についてはさまざまな用例があるが、10nmから200～220nmの間までの波長域とすることが多い、とのこと。今回の222nmの紫外線を指す場合は単純に**遠紫外線**が良い。(200nm以下になると空気中で吸収されてしまい真空中で無いと使えないため、真空紫外と呼ばれる。)

その一方で、「波長250、300、350nm以下の紫外放射を深紫外放射またはディープUV (Deep-UV、DUV)と呼ぶこともある。この言葉は、もともとIBMのDr.Linが使った言葉で、彼の概念では200～300nmの波長域であった。」とのことで、「**深紫外線**」と言った場合は注意が必要。

実際にテレビ朝日でとある製品に対して「**深紫外線・遠紫外線とも言われますが、波長の短い部分を使うので人に対しても害が少なく、LEDでも出せるそうで、これから色々な場面で使われる可能性があります。**」とコメントしている大学の先生が居たが一般的な殺菌灯波長の物であり、色々な意味で間違っている。**深紫外線と遠紫外線を混同すると、危険**であるため、注意喚起が望まれる。

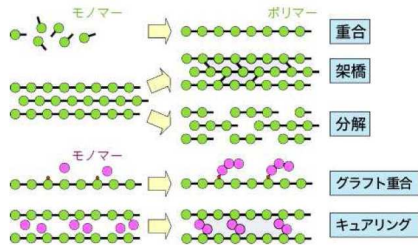
# エネルギー 大

## ガンマ線、エックス線



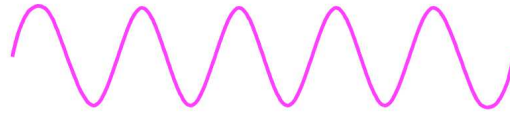
**電離作用**

原子核  
電子  
放射線



エネルギーの大きいガンマ線やエックス線は、物体の中を突き抜けていき、その途中の原子の周りの電子を弾き飛ばす働きがあります。この力を使って、注射器などの医療用の器具を滅菌したり、様々な機能を持った高分子化合物を作ったりすることが出来ます。

## 紫外線



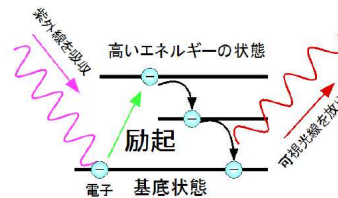
< 太陽光線の種類 >

UVC はオゾン層で吸収されるため地表には届かない。

200	280	320	400	760	nm
UVC	UVB	UVA	可視光線	赤外線	
短波長紫外線	中波長紫外線	長波長紫外線	可視光線	赤外線	
殺菌作用	皮膚炎	皮膚老化	目覚まし	暖か	

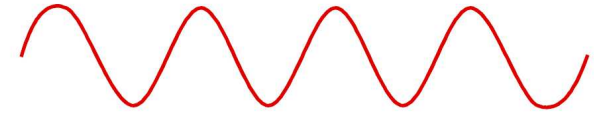
1nm (ナノメートル)=100万分の1mm

※イメージ図



可視光線よりも少しエネルギーの高い紫外線は、目には見えませんが、物体の中の電子に少しだけエネルギーを与えて「励起(れいき)」させることが出来、日焼けの原因になったり、「UVレジン」と言う接着剤を固めてアクセサリーを作ったり、ウランガラスなどの蛍光体を光らせることが出来ます。

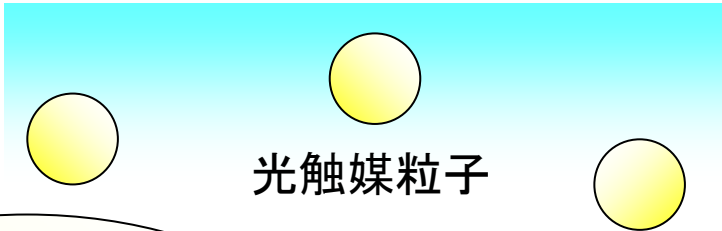
## エネルギー 小 可視光線



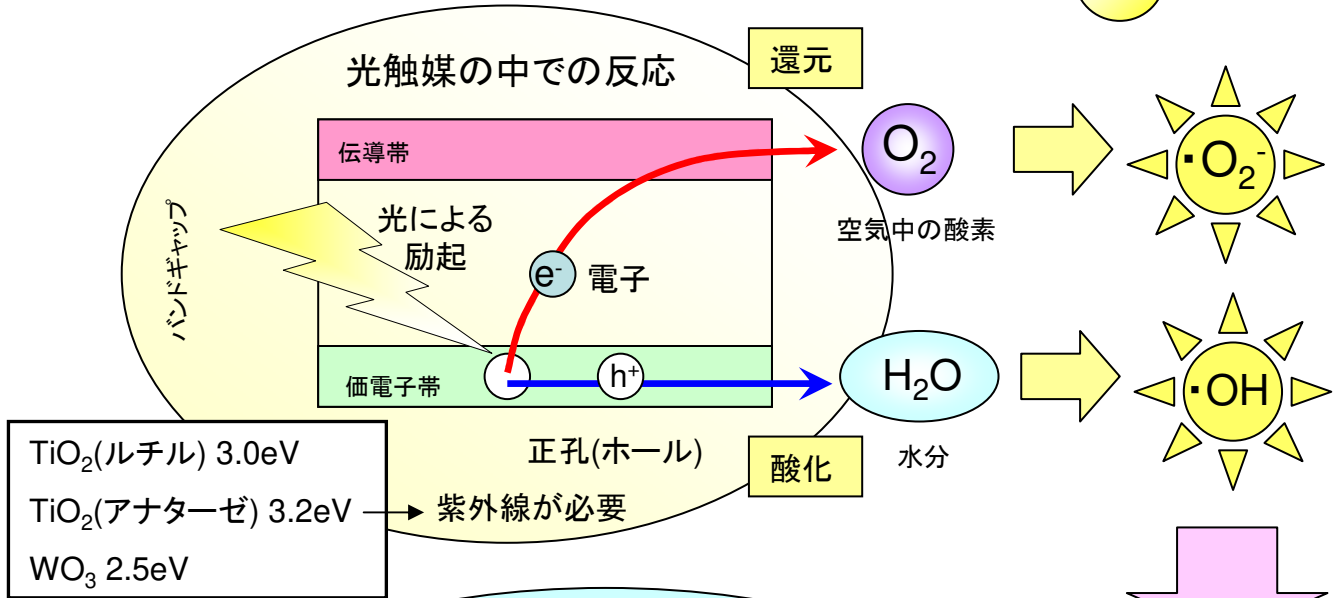
目で見える光、可視光線は波長が長くエネルギーの低い赤から、波長が短くエネルギーの高い紫までの間で、虹の七色のように見え方が異なります。光も電磁波の一種ですから少し電子を励起して、写真フィルムを感光させたり、太陽光発電を行ったり、植物の葉緑体の中で光合成を行うなどのパワーを持っています。波長(波の長さ)と位相(波の位置)の揃った光のことを、レーザー光線と言い、強度(波の高さ)がとても強く、遠くまでまっすぐ飛ぶなどの性質があります。

- ・光(Photon)には、目に見える光(可視光)の他に、目に見えない赤外線、紫外線、さらにはX線やガンマ線などの、様々なエネルギーの物があります。それぞれが、様々な相互作用で身の回りの役に立っています。
- ・赤外線はエネルギーは低いですが熱を運ぶ働きをし、紫外線やガンマ線などエネルギーの高い光は殺菌に使われたり、化学合成などに使われています。
- ・目に見える光、可視光も、植物の光合成や太陽電池による発電など、とても大きな役割を果たしています。
- ・1967年に本多・藤嶋効果によって水が酸素と水素に分解することが発見されて以降、日本発の技術して「光触媒」が注目され、開発が続けられています。
- ・光触媒は半導体の一種で、光が当たることで小さな太陽電池のように電気エネルギーが発生します。そのエネルギーを電流として取り出すのではなく、小さな粒子の表面でスーパーオキサイドアニオンやOHラジカルなどの活性酸素を作り出し、非常に強い酸化力によって有機物を水と二酸化炭素にまで完全に分解します。ウイルスや菌も不活化、殺菌され分解され、これまで効果が無かったという報告は成されていません。
- ・二酸化チタンを使用した光触媒では、既に新型コロナウイルスに対する効果が実証されています。

# 光触媒とは



目に見える可視光線  
(380nm~, 3.1eV~)



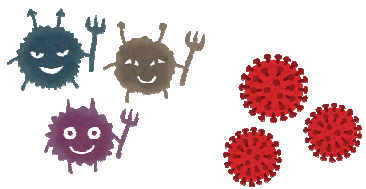
スーパーオキシドラジカル

**活性酸素種の生成**  
オゾンよりも強力な酸化力

OHラジカル

活性酸素などは百万分の一秒程度で消滅するため(※)表面から数ミクロン程度の範囲にしか届きません

様々な有機物を酸化して  
化学的に分解



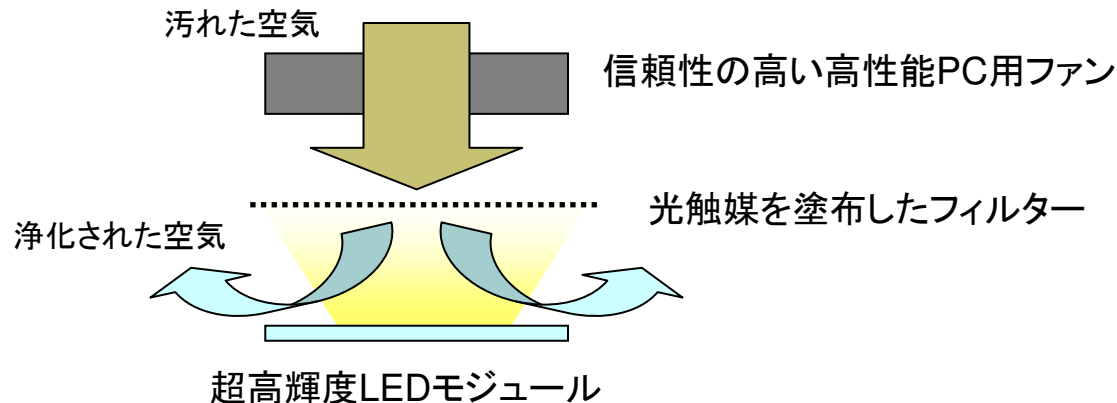
最終的には水と二酸化炭素にまで分解される(完全分解)。

※ 一瞬で大量の有機物を分解するわけではありません



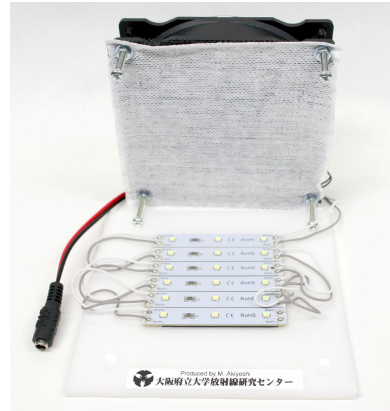
# 光触媒の応用

- ・光触媒の一番分かりやすい応用例が**脱臭**です。空気中の様々な臭いの元になる物質や、ホルムアルデヒドなどのシックハウス症候群の元になる有害物質などを、酸化分解してしまいます。光の当たるカーテンなどに塗布すると効果的です。部屋干しの臭いの付いたタオルなども、繊維の奥まで脱臭されます。
- ・ドアノブやつり革、机などの物品の表面や、マスクや上着に塗布する事で付着したウイルスを徐々に不活化する事が出来るため、接触感染を抑制することが出来ます。
- ・光触媒自体は反応の前後で変化しないため、粒子が洗い流されたりしない限り**半永久的に使用出来ます**。
- ・フィルターに塗布して強い光を当て、そこに空気を流し込むことで空気清浄機を作ることが出来ます。活性酸素は寿命がマイクロ秒オーダーで、一瞬で反応して消滅するため、活性酸素がまき散らされることはありません。



ひかりクリーナー

# 可視光応答光触媒を用いた超低価格な 小型空気清浄機「ひかりクリーナー」



## 人と人の間に、安心の光を。

可視光応答の光触媒を使用しているため、漏れ光を完全に遮蔽する必要が無く、簡易な構造での動作が可能。PC用のパーツなどを組み合わせて、**1台1,200円程度**で製作が可能。中学生程度でも工作可能で、半田付けなどの危険な作業も不要。光触媒フィルターは、市販されている東芝「ルネキャット」スプレーにより製造が可能で、より強力なファンを使用すれば性能向上も可能。

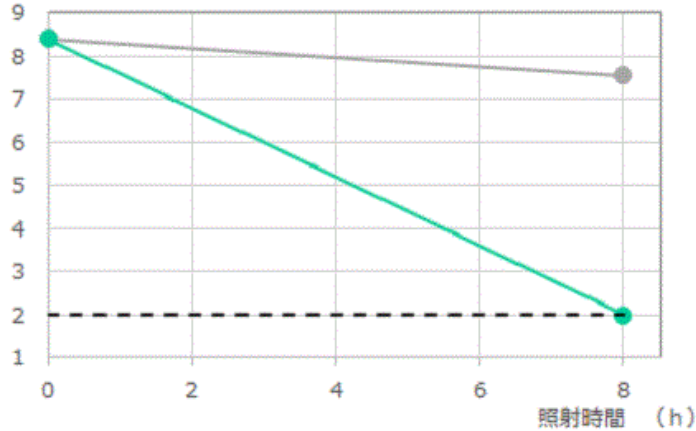
これまでに全国の医療機関や一般の方に合計で700台程度を提供し、実際に使用してもらっている。

AMED事業で得られた成果を元にした高性能フィルターを使用した製品の産学連携での商品化に向けて、試作機を制作中。本年度中に試験的な提供を目指しています。

# 可視光応答光触媒によるウイルスの不活化

東芝ルネキャットウェブサイトより

ウイルス力価 ( $\log_{10}$ PFU/試験片)



—●— ルネキャット未使用    —●— ルネキャット    - - - 検出限界値

## A型インフルエンザウイルス(H1N1)

抗ウイルス性試験方法	フィルム密着法 (JIS R 1756:2013を参考に実施)
光源	白色蛍光灯 2000lx (400nmの紫外光はフィルターでカット)
作用時間	8h
試料塗布量	5mg/2.5 × 5cm

試験機関：北里環境科学センター

光触媒の塗布量はひかりクリーナーの標準仕様で  $727\text{mg}/\text{m}^2$ 、 $2.5 \times 5\text{cm}$  に換算すると  $0.91\text{mg}$  だが、試作している高性能フィルターでは  $27.7\text{g}/\text{m}^2$  で、 $2.5 \times 5\text{cm}$  に換算すると  $34.6\text{mg}$  にもなる。

光の強度も全く異なり、ひかりクリーナーでは  $68,500\text{ lux}$  にもなる。このため、ひかりクリーナーでは上記の条件よりも速い速度で不活化すると考えられる。



# 可視光応答光触媒によるウイルスの不活化

東芝ルネキャットウェブサイトより

新型コロナウイルス  
(SARS-CoV-2)

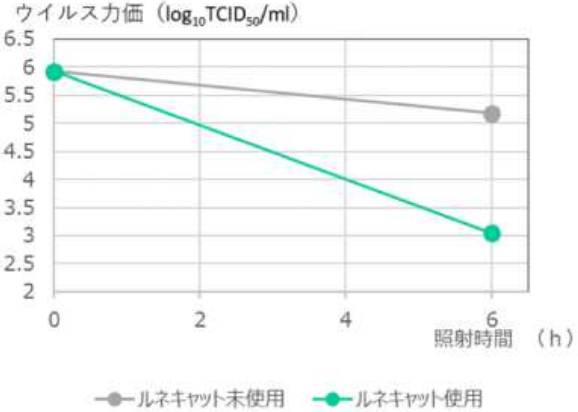
Masashi Uema et al., "Effect of Photocatalyst under Visible Light Irradiation in SARS-CoV-2 Stability on an Abiotic Surface", Biocontrol Science, 26 (2021) 119-125.

査読付論文として公開されている

・ウイルスカ価：実験的に測定されるウイルスの細胞感染能力  
(数値が低いほど感染能力があるウイルスの存在が少ない)

### 試験条件

抗ウイルス性試験方法	フィルム密着法 ISO 18071:2016ファインセラミックス(先進セラミックス, 先進技術セラミックス) – 屋内照明環境下の半導体光触媒物質の抗ウイルス活性の求め方 – バクテリオファージQ-ベータを使用する試験方法を参考に実施
光源	白色蛍光灯 3000lx (380nm以下の紫外光はフィルターでカット)
作用時間	6h
試料塗布量	4g/m <sup>2</sup>
サンプルサイズ	30mm×30mm



※グラフは下記論文データから当社にて作成しました  
「Biocontrol Science 2021 Volume 26 Issue2 p.123 FIG.2 (A)」

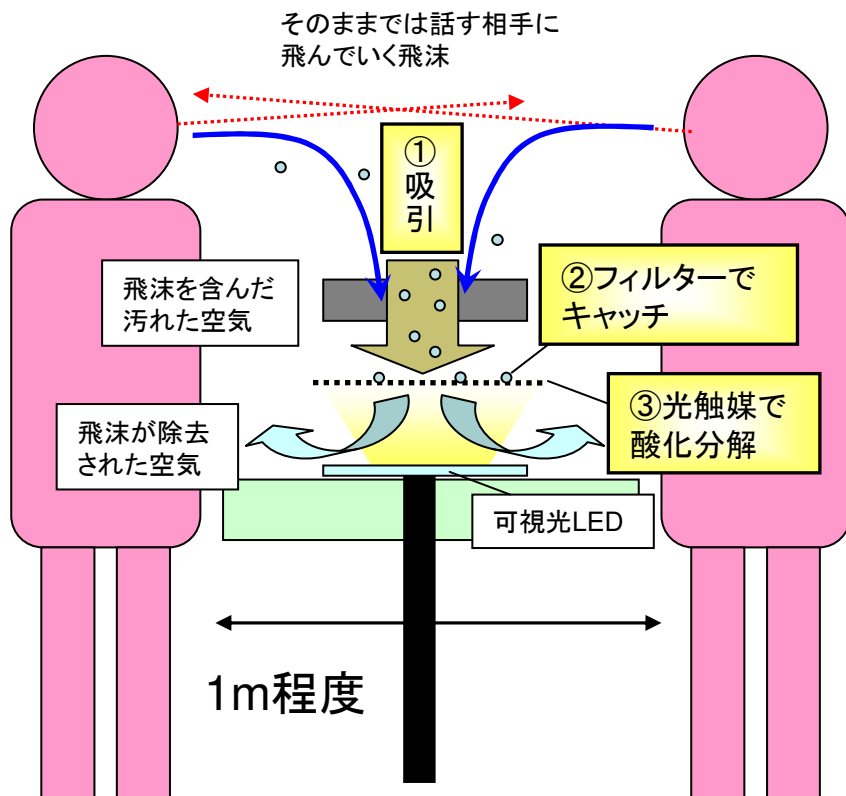
光触媒の塗布量はひかりクリーナーの標準仕様でおよそ 0.7g/m<sup>2</sup> 程度であるが、大量生産が可能な高性能フィルターでは 17g/m<sup>2</sup> 程度となる。

光の強度も全く異なり、ひかりクリーナーでは 68,500 lux にもなる。このため、ひかりクリーナーでは上記の条件よりも速い速度で不活化すると考えられる。

# 人と人之间を飛び交う「飛沫」の除去に特化した飛沫除去装置

5 $\mu$ mよりも大きい液滴 → 飛沫  
飛程が短いが大量のウイルス

5 $\mu$ mより小さい液滴や液滴が蒸発して出来た粒子 → 飛沫核、エアロゾル  
長時間滞留するがウイルス量は少ない



会話によって放出された飛沫は最大で2m程度飛び、マスクをしていても2割程度が漏洩するとの報告もあります。口腔からの飛沫の粒径は、最も数が多いもので150 $\mu$ m程度で、エアロゾルで最も多い2 $\mu$ mの粒子の42万倍の体積があり、含まれているウイルスもその分多いと考えられます。マスクを付けずに近距離で会話をする会食は、お互いにこの大きな飛沫をぶつけ合うことになり、感染リスクが高いと言えるわけです。

大型の空気清浄機は部屋の中を漂うエアロゾルの除去には効果がありますが、近距離を数秒程度で飛び交う飛沫にはほとんど効果は期待できません。

卓上に設置できる小型で静音の空気清浄機であれば、「人と人之間」に設置することが可能で、飛び交う飛沫を①「吸引」し、②「フィルターでキャッチ」することで、会話の相手に到達する飛沫の数を減らすことが可能です。

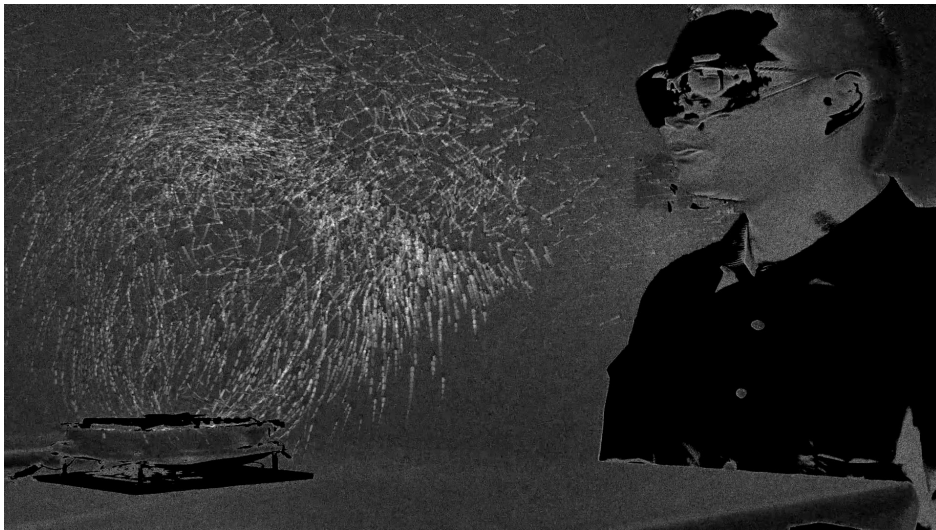
キャッチした飛沫中に含まれるウイルスは、③「光触媒により酸化分解」し、再放出される可能性を減らします。また、フィルターでキャッチできない有機ガスの分子も分解できることが確認されています。

## フィルターによる飛沫の捕集

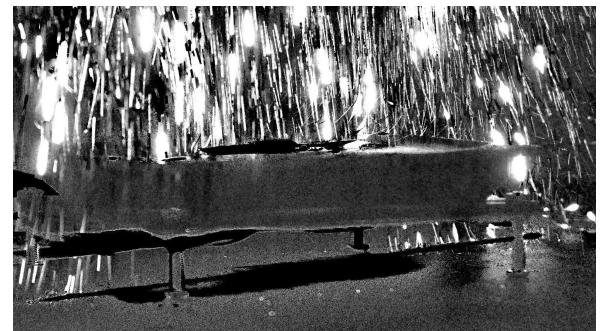


空気中の微粒子を可視化する特殊動画撮影を実施しました。

1m 程度の範囲に於いて、口から発声に伴って出た飛沫や、スプレーからの模擬飛沫、エアロゾルを模した電子タバコのベーパーなどが吸い込まれていき、なおかつフィルターによってマスクと同じように止められていることが確認出来るかと思えます。



発声に伴う飛沫の撮影に際しては、「ブーブー」と言う破裂音により意図的に大量の飛沫を出しています。





## フィルターによる飛沫の捕集(2)



HEPAフィルターを使用したクリーンブース内にダクトを設置し、フィルターによる口腔からの飛沫を模擬した超音波加湿器ミスト捕集率を評価しました。**5 $\mu$ m以上の飛沫に関しては、ほぼ完全に捕集**できています。

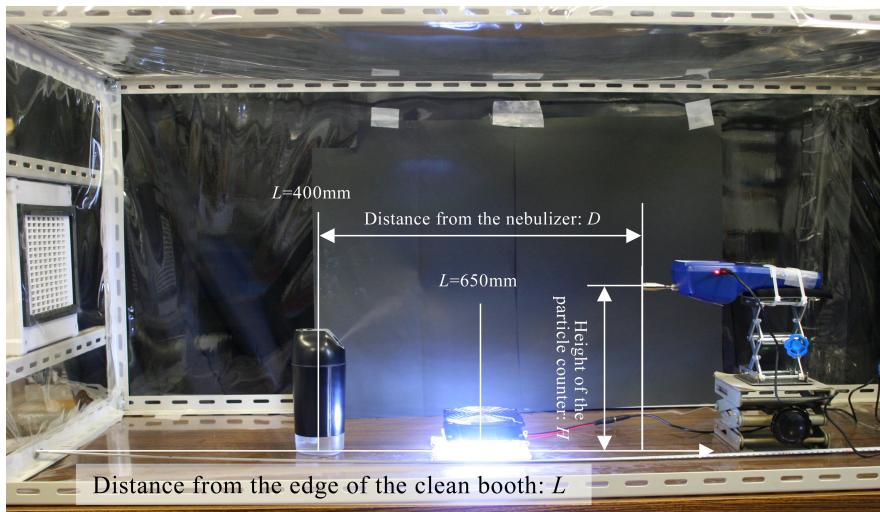
### キャッチしてゆっくり分解

一般に**5 $\mu$ m以上**の液滴を飛沫、それ以下の物をエアロゾルと呼んでいます。

1 $\mu$ m以下の液滴は計測可能な濃度を超えており透過率が評価できませんでしたが、空気中の埃は6割以上捕集されており、さらに小さいホルムアルデヒド分子が分解されることから、光触媒による不活化は期待できます(カルテック社の実験で実証されています)。

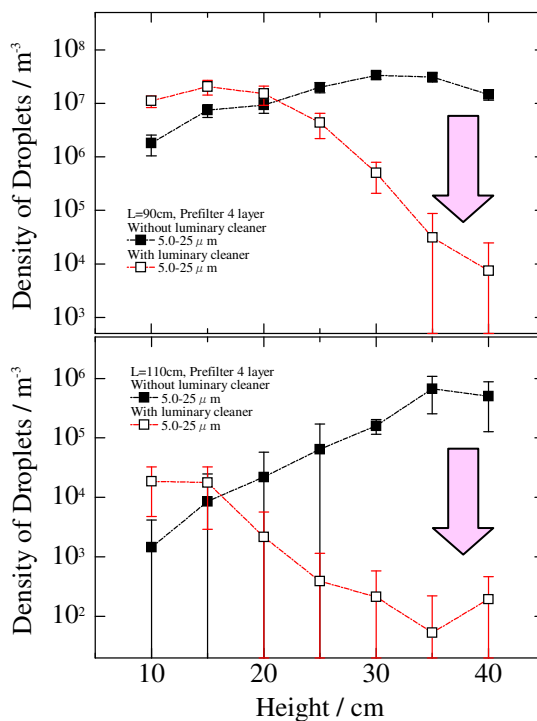
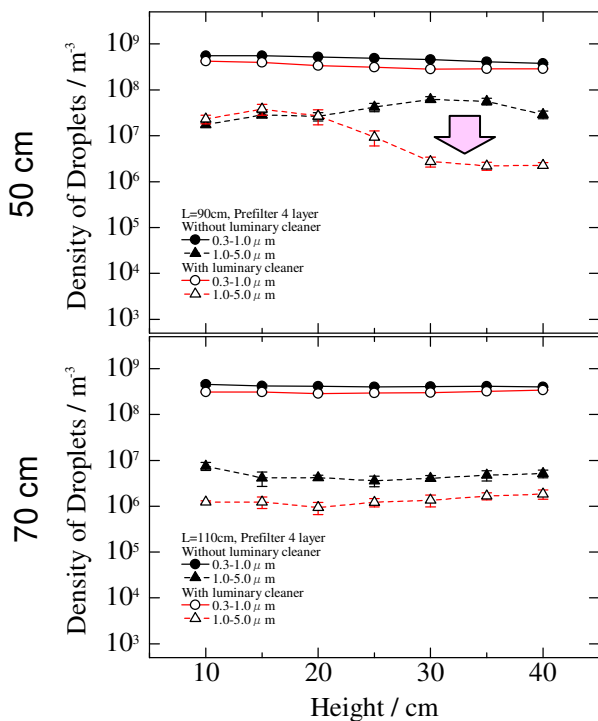
測定条件	Particle Size	上流側 粒子濃度	下流側 粒子濃度	透過率
	$\mu$ m	/m <sup>3</sup>	/m <sup>3</sup>	
目張り無しクリーンベンチ内	0.3~1	7.4E+06	2.7E+06	0.37
	1~5	5.1E+04	1.7E+04	0.34
	5~25	9.0E+02	1.8E+02	0.20
目張りしたクリーンベンチ内	0.3~1	1.2E+04	6.7E+03	0.54
	1~5	1.4E+02	1.8E+01	0.13
	5~25	2.0E+01	0.0E+00	0
目張りしたクリーンベンチ内 加湿器使用(1回目)	0.3~1	4.1E+08	4.6E+08	1.14
	1~5	1.2E+07	3.6E+06	0.30
	5~25	3.7E+06	2.1E+02	5.76E-05
目張りしたクリーンベンチ内 加湿器使用(2回目)	0.3~1	2.8E+08	2.5E+08	0.87
	1~5	2.6E+06	1.0E+06	0.40
	5~25	3.0E+05	1.8E+01	5.99E-05
目張りしたクリーンベンチ内 加湿器使用(3回目)	0.3~1	2.7E+08	2.7E+08	0.99
	1~5	2.0E+06	1.5E+06	0.76
	5~25	1.1E+05	5.3E+01	4.73E-04

# 空間を飛ぶ飛沫の捕集率



風速0.6m/s程度のクリーンベンチ内での飛沫捕集試験を行った。超音波加湿器からの水道水の液滴を、下流側に設置したパーティクルカウンターで測定する。液滴は斜めに噴射され、40cm程度の高さで水平に飛行した。

噴霧器からの距離



噴霧器からの距離50cm, 70cm の位置にパーティクルカウンターを設置し、粒子数の高さ依存性を評価した。

いずれの距離でも、5.0~25 μm の粒径の大きな「飛沫」は、飛沫除去装置の作動によって着席時の顔の高さである40cm程度の高さでは大幅に減少することが確認できた。

0.3~1.0 μm のエアロゾルは測定可能な粒子数を超えており評価できていないが、別途粒子数を落とした測定でも減少は見られなかった。その間の1.0~5.0 μm のエアロゾルについては1桁程度の減少が見られた。

## ひかりクリーナーでの有機色素分解実験

・メチレンブルーという有機色素を用いて、ひかりクリーナーの光源と光触媒フィルターを用いての実験では、 $30\mu\text{g}$ 程度の有機色素が3時間程度で分解されていることが確認され、光の量によって分解の程度が異なることも確認できました。

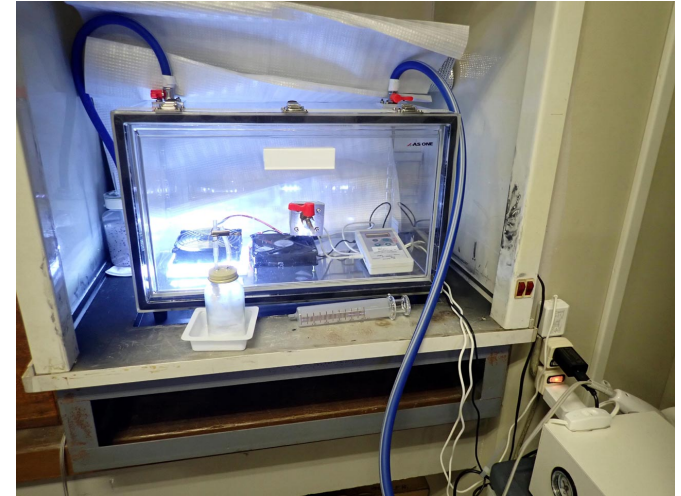
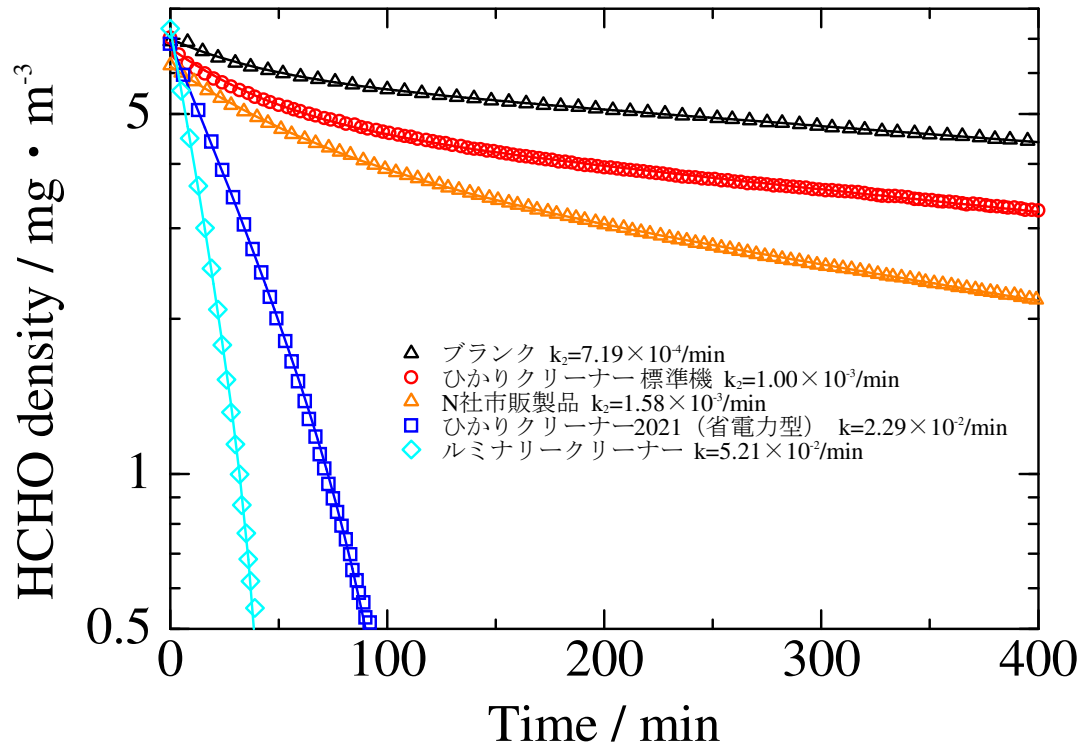


・コロナウイルスは直径  $100\text{nm}$  程度の大きさで、密度をざっくりと  $1\text{g}/\text{cm}^3$  とすると、 $5.2 \times 10^{-7}\mu\text{g}$  しかないため、単純に重さで比較すると上記と同じ時間で1億個程度のウイルスを分解出来ることになります。不活化するだけであればさらに短時間で済むはずですが、もちろん、物質によって酸化のされやすさなども異なるため単純に色素とウイルスを比較することは出来ませんが、桁(オーダー)レベルで考えて比較を行います。

・くしゃみ1回でまき散らされるウイルスは200万個程度で、通常の会話などでエアロゾルとして空気中を漂うウイルスの数はずっと少なく、マスクを着用していればさらに少なくなります。残念ながらどの程度の数を摂取すると感染するのかというデータが見当たらないのですが、ノロウイルスはわずか100個程度で感染するとして恐れられているため、それよりずっと沢山取込まないと感染しないと思われれます。



# ホルムアルデヒド分解実験



改良版ホルムアルデヒド分解測定  
38L チャンバー

量産型高性能無機  
材質フィルター

38L サイズのアクリルデシケーターを使用して、有機ガスの一種であるホルムアルデヒド(HCHO)濃度の変化をホルムアルデメータ htV-m を使用して測定した。

簡易な構造かつ低価格で、教育現場などでの自作による普及を検討しているひかりクリーナー標準機でも確実な分解性能が確認されると共に、さらに高濃度の光触媒と無機系の材料を使用したフィルターを用いた市販製品用試作機は、既存の光触媒式小型空気清浄機をはるかに凌ぐ性能を発揮した。



# リスクの考え方

放射線に関しても同様であるが、一般公衆のリスクの捉え方は実態からかなり乖離している場合が多い。安全か危険かの、0か1で考えている例が多く見られる。

しかしながら当然絶対の安全も危険も存在せず、程度の問題に帰結する。コロナウイルスの場合、個人から見ると感染するかしないかの0か1と言うこともできるが、社会全体で考えると個々人がわずかでも感染するリスクを下げることが重要である。小さいことの積み重ねでも、一人の感染者が何人の次の感染者を生み出すかという実効再生算数が少し下がるだけで系全体の感染者数の動向は大きく左右される。

紫外線でも、光触媒でも、空気清浄機などはその効果を定量的に示すことは非常に困難であり、実際に使われる環境の換気状況や人の配置などで効果は大きく左右される。当然完全に感染リスクを0にする製品というのは絶対に存在し得ない。しかし少しでもリスクを低減する措置を積極的に進めていくべきである。もちろん、より性能の高い製品、コストの低い製品の開発を進め、それを何らかの指標で評価することも必要である。