

日本IVF学会 第24回 学術集会
2021年 10月 3日（琵琶湖ホテル、オンライン参加）

感染症に対する普遍的な 工学的対抗策の検討

**大阪府立大学 研究推進機構 放射線研究センター
及び 同機構 大阪国際感染症研究センター
准教授 秋吉 優史**

E-Mail: akiyoshi@riast.osakafu-u.ac.jp
<http://anticovid19.starfree.jp/>



放射線安全管理とウイルス対策

何故放射線安全管理の専門家が、ウイルス対策の研究などを始めたのか？

線量計測

様々な研究を実施する上で、放射線計測、特に低エネルギーX線測定について深く追求してきたことにより、深さ方向で異なるフォトンの吸収エネルギーという観点から紫外線照射量を捉えることが出来た。

非密封RIの取り扱い

目に見えない放射性物質の管理、取り扱いの注意点と、ウイルス対策、特に接触感染対策は非常に良く似ている。1F などでおなじみのタイベックスーツは医療用・BSL3 実験室などで使用されている物と同じで、その調達で昨年4月頃の状況に貢献出来た。

放射線生物学の基礎知識

近藤宗平先生の著書などを始めとした一般向けの資料からの基礎知識と、本センターの古田雅一教授らの放射線による殺菌・滅菌の専門的な議論に接していたため、紫外線による殺菌、不活化について容易に理解することが出来た。

もの作り

より高度な放射線教育のために、圧倒的に高性能なペルチェ冷却式霧箱を開発。普及のために極限まで構造を簡略化、コストを落とした製品開発を行ってきた。ひかりクリーナーは初期の頃の霧箱から派生した構造で、すぐに量産に入ることが出来た。

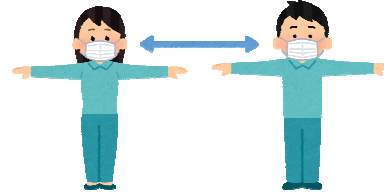
新型コロナウイルスへの工学的対抗策の検討(1)

「感染を広げない」
目的で全員が着用

+フェイスガード、
ゴーグル等
(防御用)



ソーシャルディスタンス

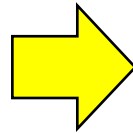


飛沫は2m程度しか飛ばないため、
他人との距離を取ることで飛んでくる
飛沫から身を守れる

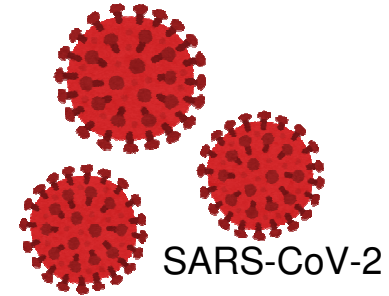


大きな液滴に大量のウイルス

~~密集~~



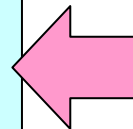
飛沫



小型飛沫除去装置

フィルターと光触媒の組み合
わせて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ため、たく
さんの台数が必要。



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。

サージカルマスクには、防御の力はほぼ無い(フィル
ター以外の隙間がふさげないため)。

自分からの飛沫を防ぐだけならば布マスクでも十分で、
いずれも8割程度を止めることが出来るが、2割程度は
隙間などから飛散する。また、食事中にマスクは困難。

新型コロナウイルスへの工学的対抗策の検討(2)

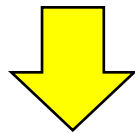


換気しよう

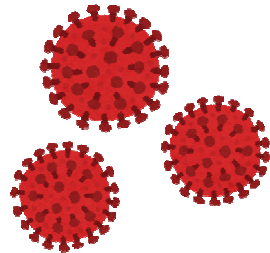
どうしても換気が
悪い場所もある

換気の状態は二酸化炭素濃度
が一つの指標となる。

~~密閉~~



エアロゾル



SARS-CoV-2

5 μ 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。喋るだけでも飛散する。

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。

高性能空気清浄機

部屋の空気を攪拌するとエアロゾルが拡散してしまう恐れも。発生源の近くに設置する小型機によるネットワークの必要性。

△二酸化塩素・オゾン(刺激臭)

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)

長時間飛び回り風に乗って 遠くまで移動する



うがいをしよう

+こまめに水等を飲む

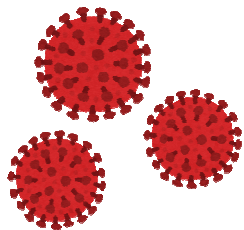
粘膜に付着してから15~20分で感染するため、うがいが出来ない状況であればこまめに飲み込んでしまい胃酸で不活化の方が better。感染者が居る状況で飲食しても大丈夫と言うことでは無い(飲み込む途中で感染する可能性はゼロでは無く、鼻や目からの感染は防げない)。

人の居ない空間への紫外線照射

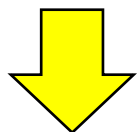
不活化の効果の高いUV-Cは人体に対して有害(眼の角膜、皮膚に強い炎症)であるため、人にあたらないよう上方の空間に向けてUV-Cを照射することで空気中のウイルスを不活化できる。食品工場などでは古くから用いられている。

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に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。

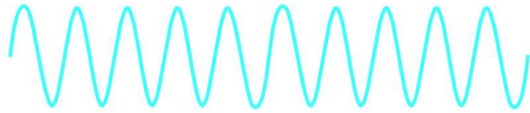
共有物品表面への光触媒や、銅・銀などの金属微粒子の塗布

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。

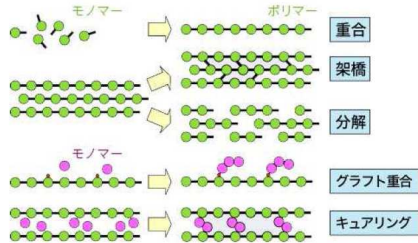
エネルギー 大

ガンマ線、エックス線



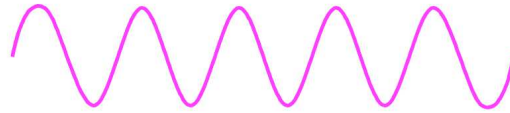
電離作用

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

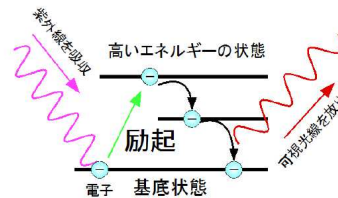


UVC はオゾン層で吸収されるため地表には届かない。

< 太陽光線の種類 >

200	280	320	400	760	nm
UVC 短波長紫外線	UVB 中波長紫外線	UVA 長波長紫外線	可視光線	赤外線	

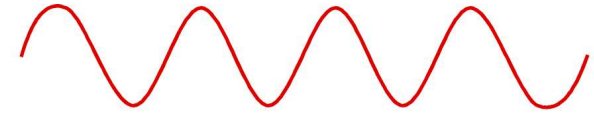
1nm (ナノメートル)=100万分の1mm ※イメージ図



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



CO₂ → O₂
H₂O

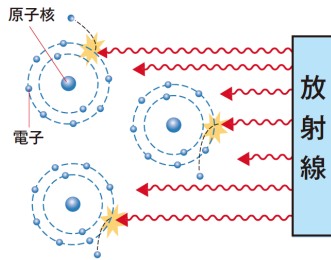
目で見える光、可視光線は波長が長くエネルギーの低い赤から、波長が短くエネルギーの高い紫までの間で、虹の七色のように見え方が異なります。光も電磁波の一種ですから少し電子を励起して、写真フィルムを感光させたり、太陽光発電を行ったり、植物の葉緑体の中で光合成を行うなどのパワーを持っています。波長(波の長さ)と位相(波の位置)の揃った光のことを、レーザー光線と言い、強度(波の高さ)がとても強く、遠くまでまっすぐ飛ぶなどの性質があります。

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。 γ 線や β 線では**一本鎖切断**が主であるが、LETの大きい α 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。

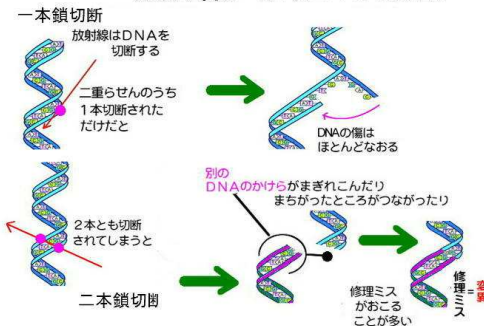
電離作用



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。

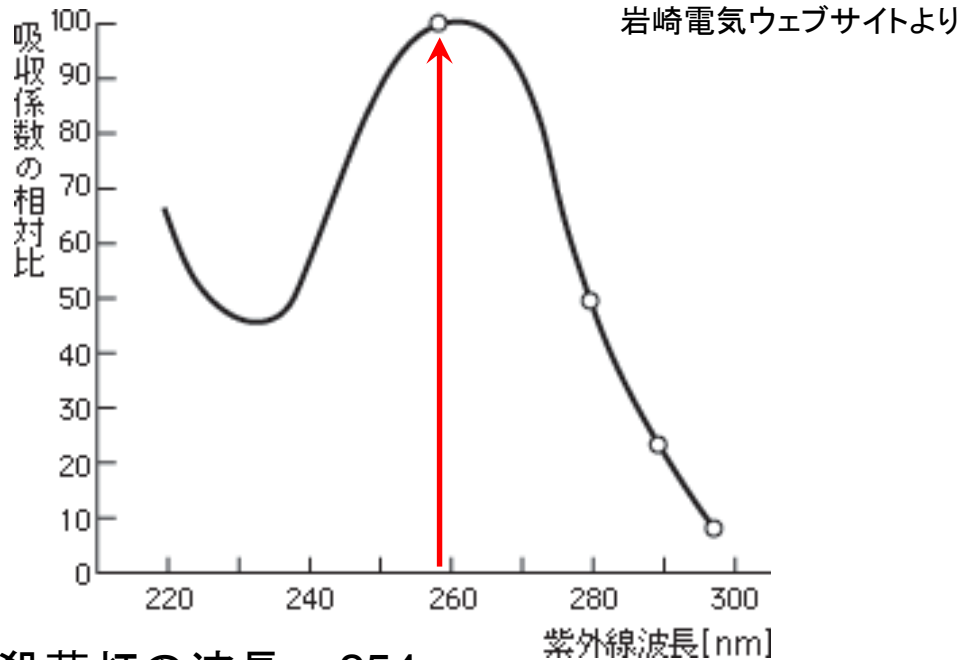
放射線によるDNA切断



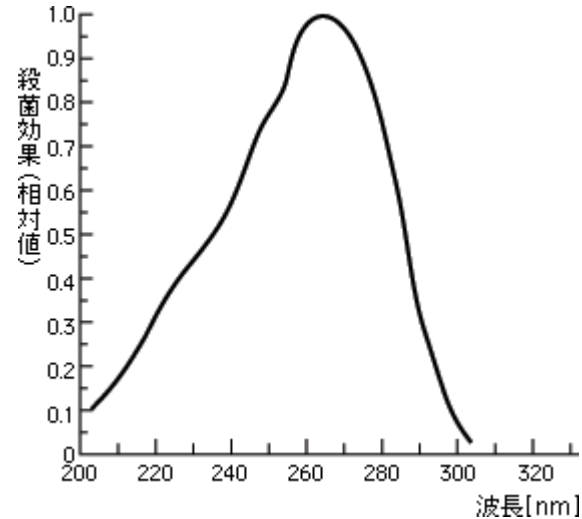
さらに、波長 254 nm の紫外線は 4.9 eV 程度のエネルギーを持ち、酸化還元電位 2.42 eV のスーパーオキシドや同じく 2.85 eV のOHラジカルなどの活性酸素を生成可能で、間接作用も起こりうる。

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 μ 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 μ 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 μ 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

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 ²)	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/cm² 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/cm²(最新の論文では 60mJ/cm²)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。

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	徳島大学 高橋先生論文	岩崎電気	スタンレー 電気	Panasonic	Wintec
低減率	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	不明
単位	mJ/cm ²	mJ/cm ²	sec	mJ/cm ²	mJ/cm ²
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		

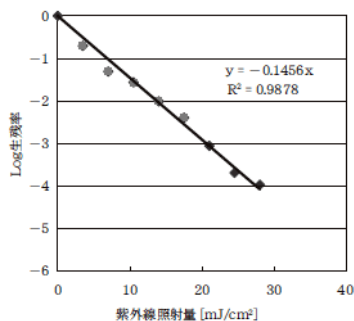
280nm のUV-C LED
を使用

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。

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 β 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 のプロセスで既已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/cm²)、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。

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。

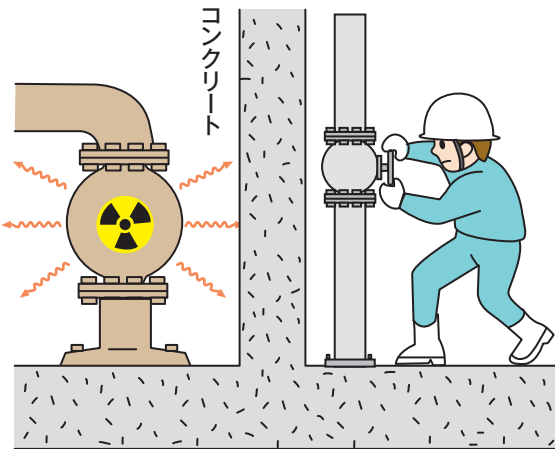
光源の入手が困難

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 100mW 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。

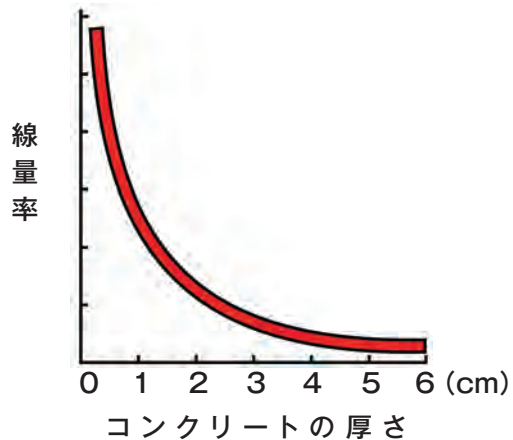
放射線防護の基本

1. 遮へいによる防護

(線量率) = 遮へい体が厚い程低下

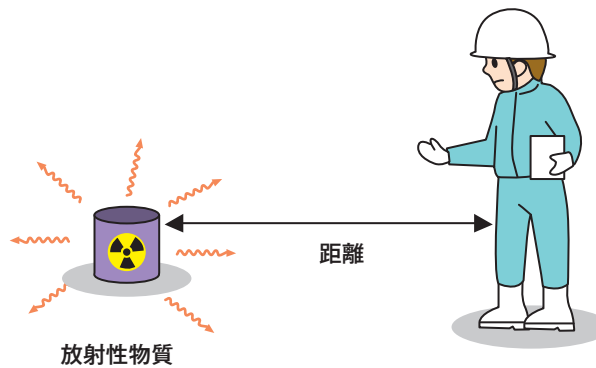


(mSv/h)

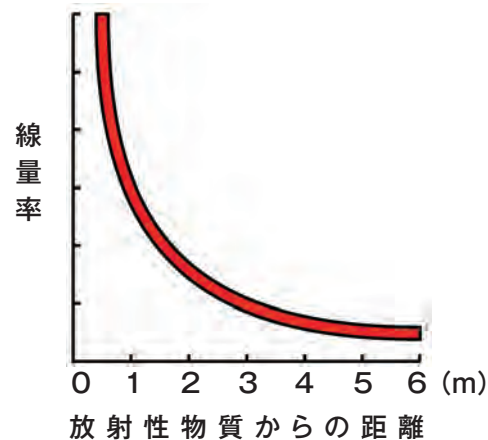


2. 距離による防護

(線量率) = 距離の二乗に反比例

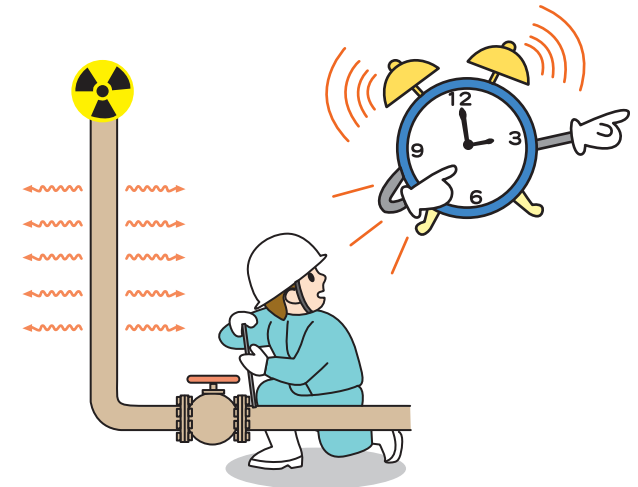


(mSv/h)

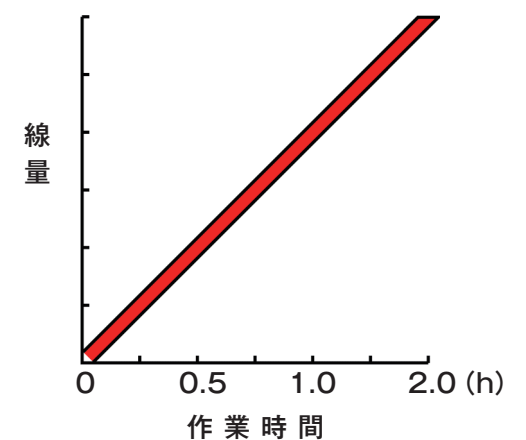


3. 時間による防護

(線量) = (作業場所の線量率) × (作業時間)



(mSv)



日本照明工業会/照明学会からの 「紫外線殺菌 ご利用上の注意」

紫外線殺菌

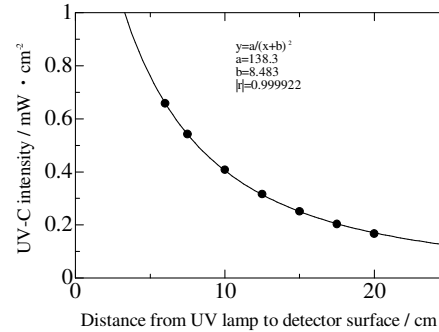
ご利用上の注意

(一社) 日本照明工業会
(一社) 照明学会

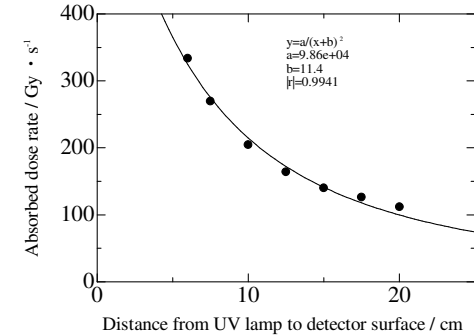
2021/08 に、東海大学の竹下 秀先生と、照明工業会加盟各社の皆様のWGに秋吉も参加を行い、一般人向けに「紫外線殺菌 ご利用上の注意」という形でパンフレットの作成を行いました。モデルのアリスムカイデさんの非常に被ばく紫外線量の多い事故については、消費者庁に重大事故として本人と共に同行し周知して頂けるなど、上手に使用すれば有用な紫外線利用上の注意点についての周知を行っています。

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いうことで「**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」での科学的根拠と捉えることができます。

ラジオクロミックフィルムによる積算照射量の測定



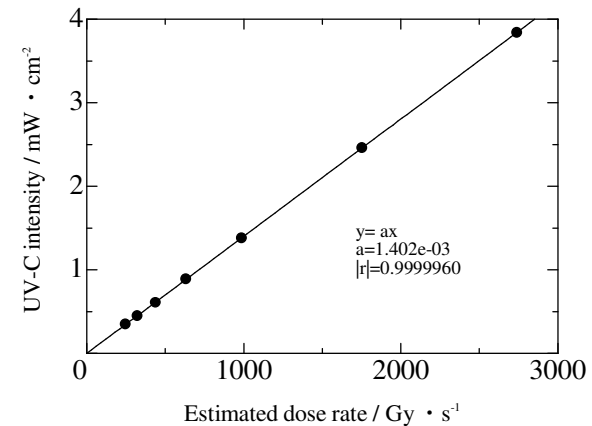
紫外線強度計で測定した、光源から検出器表面までの距離と紫外線強度の相関。



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/cm²) 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 μ mフィルム内で完全にUV-Cは吸収されており、14 μ 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。

手先用不活化BOX



マグネットでスチール製ロッカーなどに貼付け、下から手を入れて両面を同時に不活化。ランプから手指の距離は3cm以下であり、現在使用している器具・ランプの組み合わせ(5 cm で 1.5 mW/cm^2 以上を保証)では、**5秒以下**で1/10,000まで不活化が可能。手を上げていくと手首部分の不活化も可能。

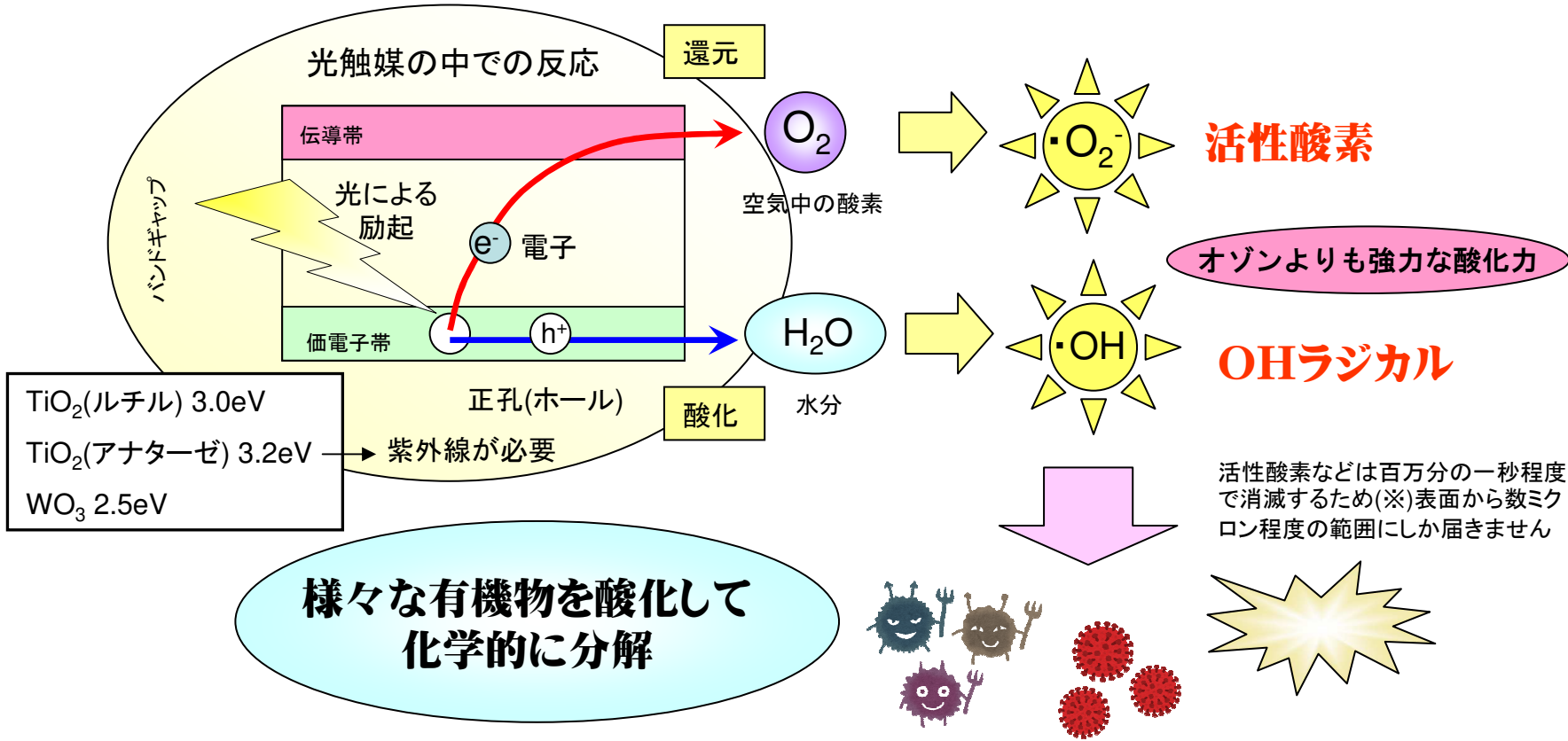
フットスイッチにより手を触れずに ON/OFF を行う。



- ・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(Photon)
目に見える可視光線
(380nm~, 3.1eV~)



- TiO₂(ルチル) 3.0eV
- TiO₂(アナターゼ) 3.2eV → 紫外線が必要
- WO₃ 2.5eV

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

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

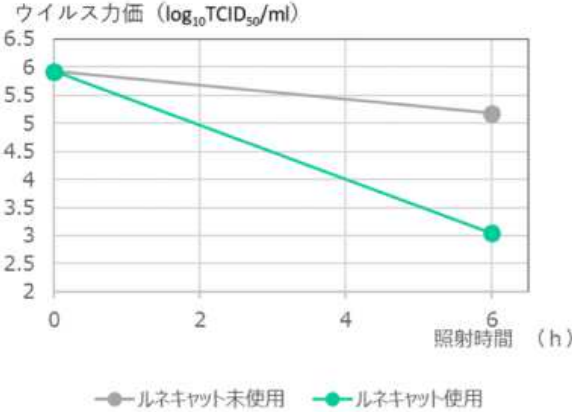
新型コロナウイルス
(SARS-CoV-2)

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.

・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 ²
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)」

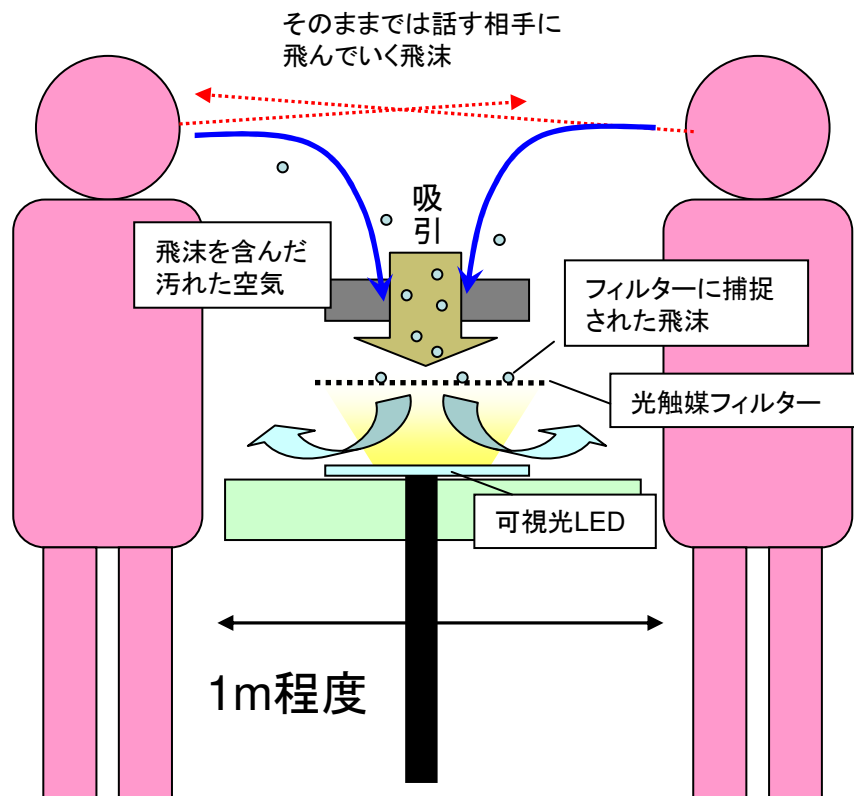
光触媒の塗布量はひかりクリーナーの標準仕様でおよそ 0.7mg/m² 程度であるが、大量生産が可能な高性能フィルターでは 14.3g/m² 程度となる。

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。

人と人之間を飛び交う「飛沫」の除去に特化した小型飛沫除去装置

5 μm よりも大きい液滴 → 飛沫

5 μm 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



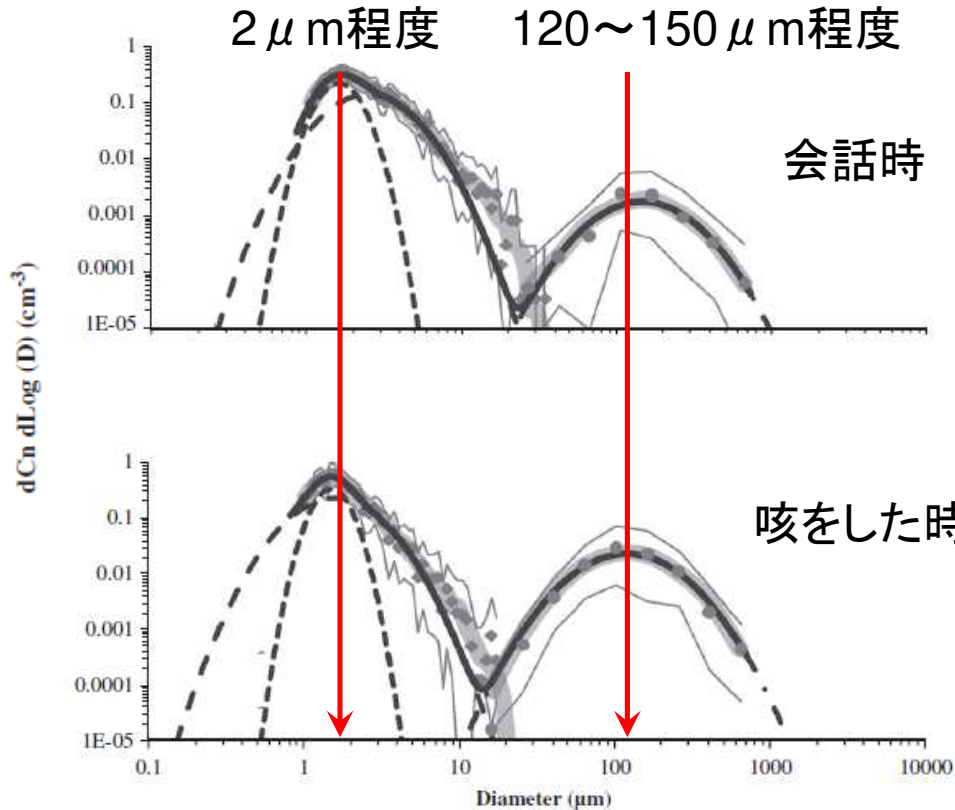
会話によって放出された飛沫は 1m 程度飛び、マスクをしていても2割程度が漏洩するとの報告もあります。SARSでは主に接触か飛沫が感染の原因とするWHOの報告があります。口腔からの飛沫の粒径は、最も数が多いもので150 μm 程度で、エアロゾルで最も多い2 μm の粒子の42万倍の体積があり、含まれているウイルスもその分多いと考えられます。**マスクを付けずに近距離で会話をする会食は、お互いにこの大きな飛沫をぶつけ合うことになり、感染リスクが高いと言えるわけです。**

大型の空気清浄機は部屋の中を漂うエアロゾルには効果がありますが、近距離を短時間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、飛び交う飛沫を吸引し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。外付けのマスクと考えることも出来ます。

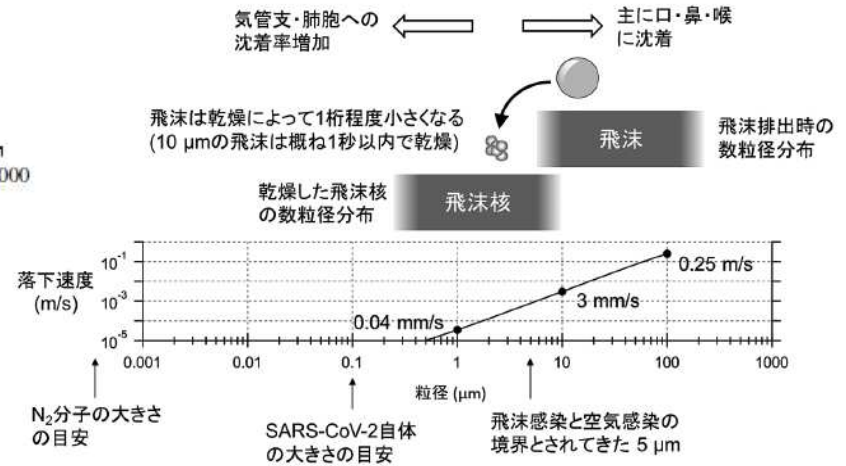
キャッチした飛沫中に含まれるウイルスは、光触媒により酸化分解し、再放出される可能性を減らします。また、フィルターでキャッチできない有機ガスの分子も分解することが確認されています。

口腔から放出される液滴の粒度分布



口腔から放出される液滴粒径分布は2コブのピークとなっており、150 μ m程度の「飛沫」は2秒程度で落下し、1~2m程度までしか届かないが、2 μ m程度の「エアロゾル」は長時間空中を漂っている(気流が無ければ余り移動もしない)。飛沫が蒸発してエアロゾルサイズの飛沫核となる場合もある。

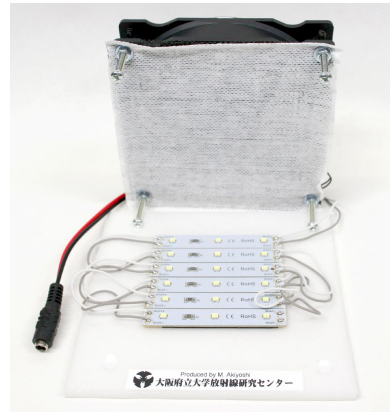
G.R. Jhonson et al., Modality of human expired aerosol size distributions, J. Aerosol Science, 42(2011)839-851.



竹川 暢之, エアロゾルと飛沫感染・空気感染, エアロゾル研究, 36(2021)65-74.

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」

製造技術を無償提供
致します。



和紙による漏れ光の遮光

人と人の間に、安心の光を。

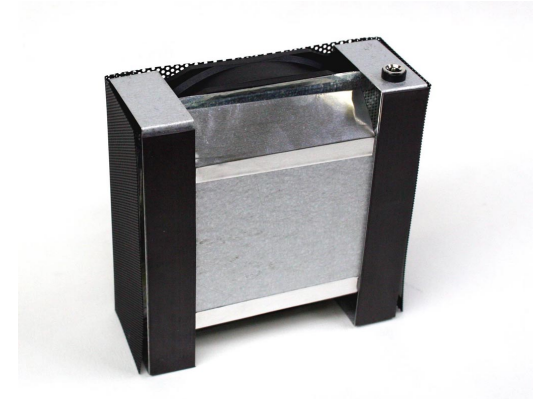
可視光応答の光触媒を使用しているため、漏れ光を完全に遮蔽する必要が無く、簡易な構造での動作が可能。PC用のパーツなどを組み合わせて、**1台1,200円程度**で製作が可能。中学生程度でも工作可能で、半田付けなどの危険な作業も不要。光触媒フィルターは、市販されている東芝「ルネキャット」スプレーにより製造が可能で、より強力なファンを使用すれば性能向上も可能。

これまでに有償・無償併せて700台程度を提供し、実際に使用してもらっている。



12cm角、高さ5cm、ファンの騒音19dB、消費電力5W以下で、モバイルバッテリーでの駆動も可能

可視光応答光触媒を用いた小型飛沫除去装置 「ひかりクリーナー2020」



マグネットプレートによりスチール
什器壁面への貼り付けも可能



12cm角、高さ5cm、
ファンの騒音19dB、
消費電力5W以下

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。

通常は12VのACアダプターで駆動するが、アップコンバーターを使用するとモバイルバッテリーなどのUSB給電でも駆動可能。

現在は手作りのため遮光に樹脂メッシュを使用しているが、メタルメッシュに粉体塗装を施し、クオリティを上げた製品を試作予定(7月中)。不織布のフィルターの15倍以上の反応速度定数(ホルムアルデヒド分解実験による)を示す無機材質高性能フィルターも量産開始。

フィルターによる飛沫の捕集

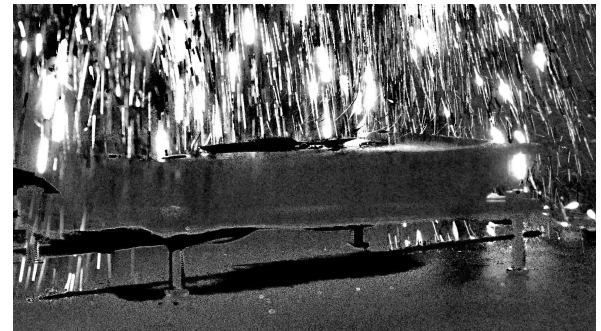


空気中の微粒子を可視化する特殊動画撮影を実施しました。

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っています。



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 μ m以上の飛沫に関しては、ほぼ完全に捕集**できています。

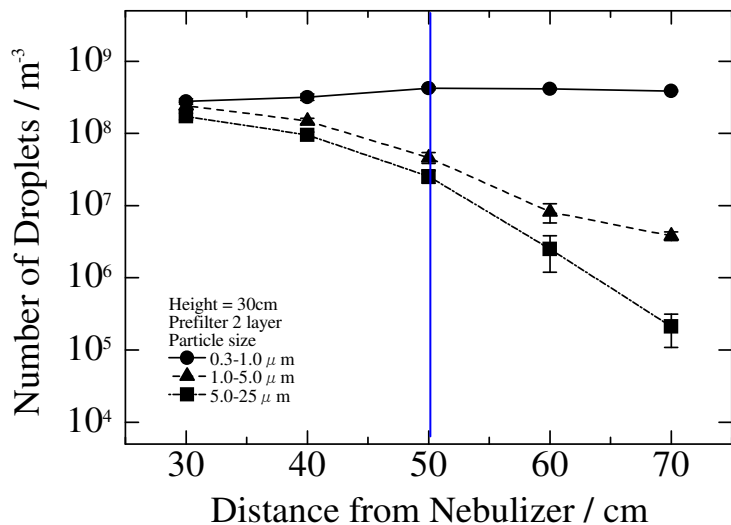
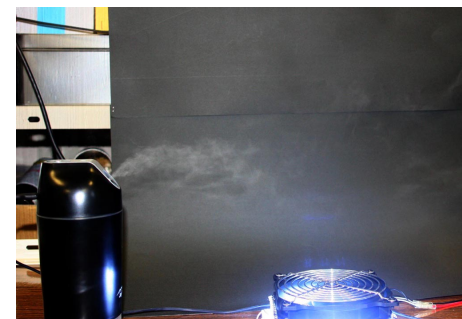
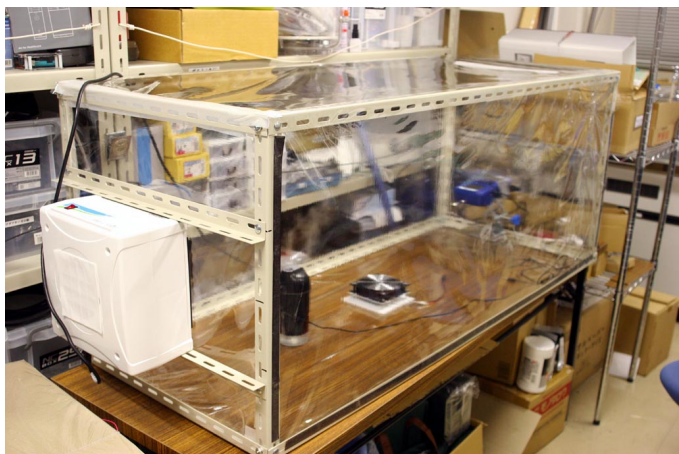
キャッチしてゆっくり分解

一般に**5 μ 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。

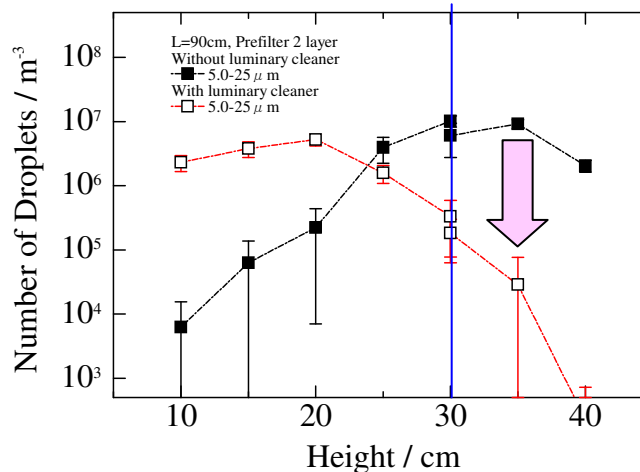
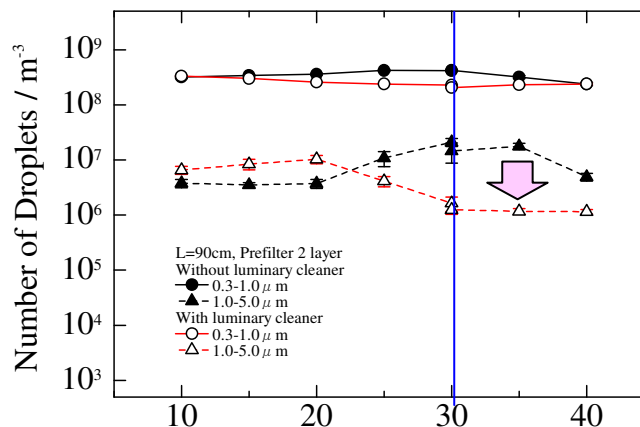
1 μ m以下の液滴は計測可能な濃度を超えており透過率が評価できませんでしたが、空気中の埃は6割以上捕集されており、さらに小さいホルムアルデヒド分子が分解されることから、光触媒による不活化は期待できます(カルテック社の実験で実証されています)。

測定条件	Particle Size	上流側 粒子濃度	下流側 粒子濃度	透過率
	μ m	/m ³	/m ³	
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

フィルターによる飛沫の捕集(3)



粒径毎の飛沫数の飛距離依存性

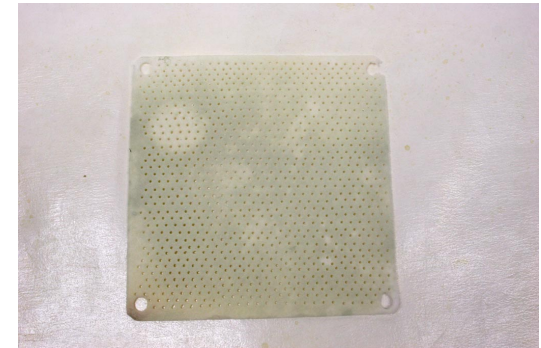
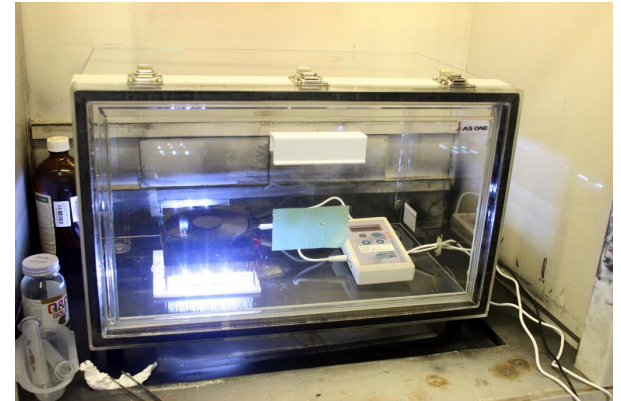
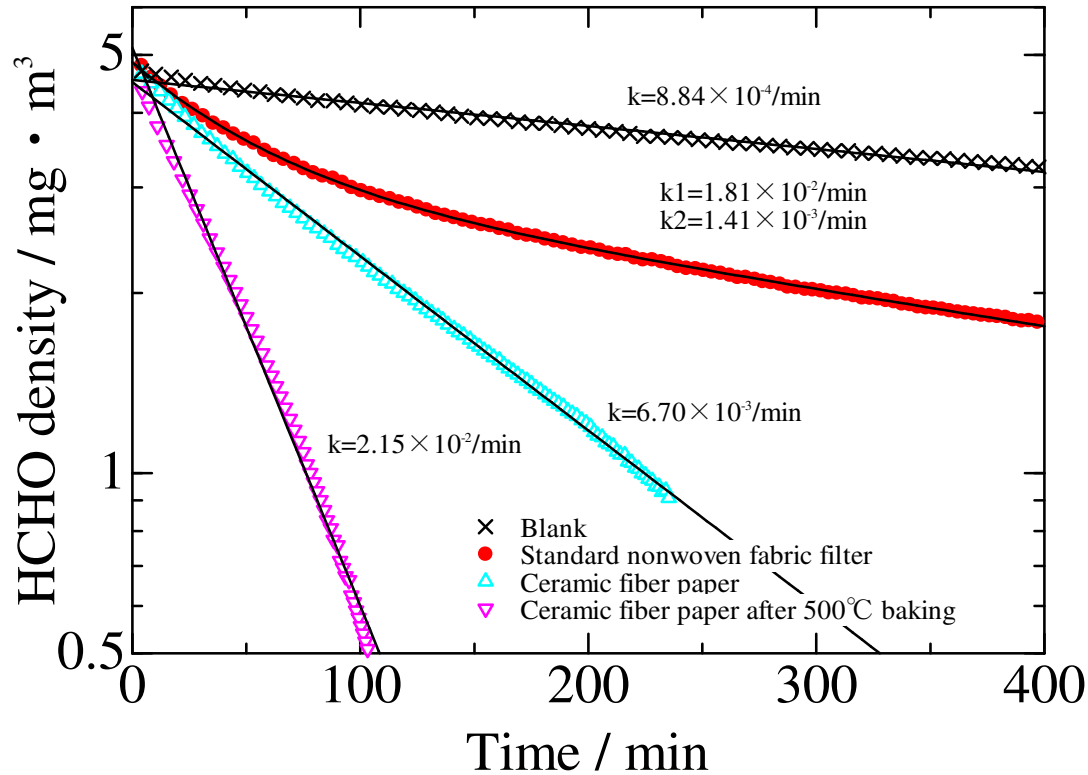


風速0.6m/s程度のクリーンベンチ内での飛沫捕集試験。

大きな粒子は距離と共に数が減少した。重力で落下するのと蒸発による縮小の双方が考えられる。50cm離れた位置での垂直分布はミストが立ち上げる高さ付近で最大であったため、余り下に落ちてはいないらしい。

ひかりクリーナー作動で、着席時顔の高さの40cm程度の飛沫は大幅に減少することが確認できた。

ホルムアルデヒド分解実験



38L サイズの亚克力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ヒドメータ 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試作機は、市販の小型空気清浄機をはるかに凌ぐ性能を発揮しました。現在、さらに高性能のフィルターを開発中です。