

大阪国際感染症研究センター キックオフセミナー
2021年 12月 14日 (I-siteなんば/ウェビナーハイブリッド)

感染リスク低減のための 工学的感染制御技術の提案

大阪府立大学

工学研究科 量子放射線系専攻
研究推進機構 放射線研究センター
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/>



なぜ感染制御研究を？



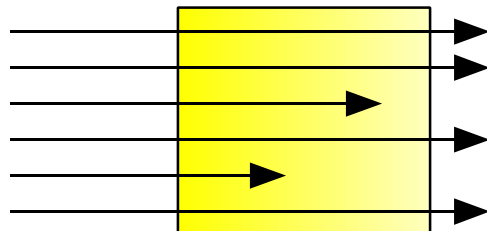
非密封のRI(放射性同位元素)を取り扱う上での汚染拡大防止と、感染制御は共通点が多い。

防護着として用いられているタイベックスーツはRI用と生物用で同じ物。

教育現場で使われるクルックス管の安全管理を行う上で、中途半端なエネルギーのX線の線量評価をしている。

強透過性放射線

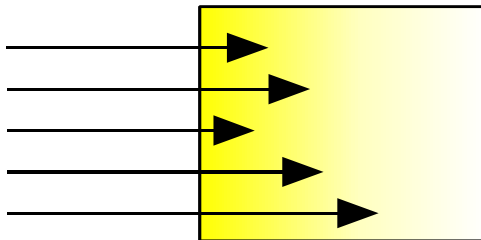
$$H_p(0.07) \leq 10 H_p(10)$$



整列拡張場

ほとんど素通りでほぼ均一にエネルギーを与え、入射エネルギーでは無く物質が受け取ったエネルギーで評価(J/kg = Gy)。

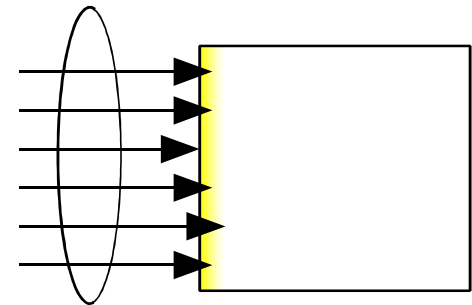
低エネルギーX線



20keVのX線は1cmで半分に減衰して、体内でのエネルギー付与が均一では無く、実効線量の評価が困難。

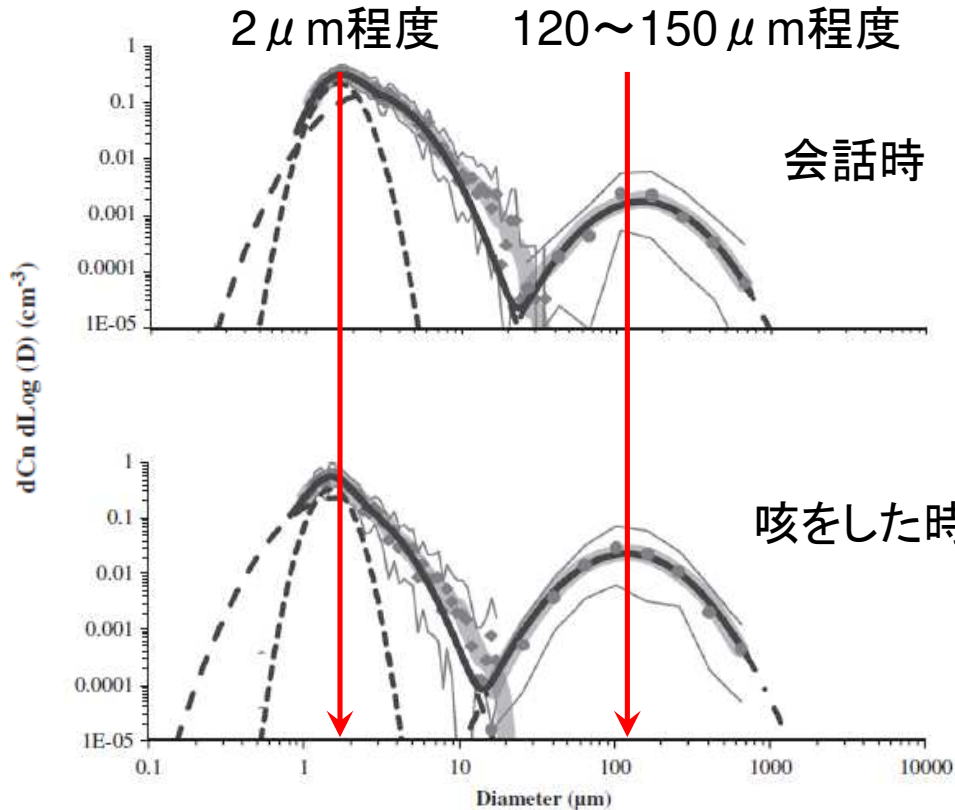
紫外線の正確な線量評価

紫外線



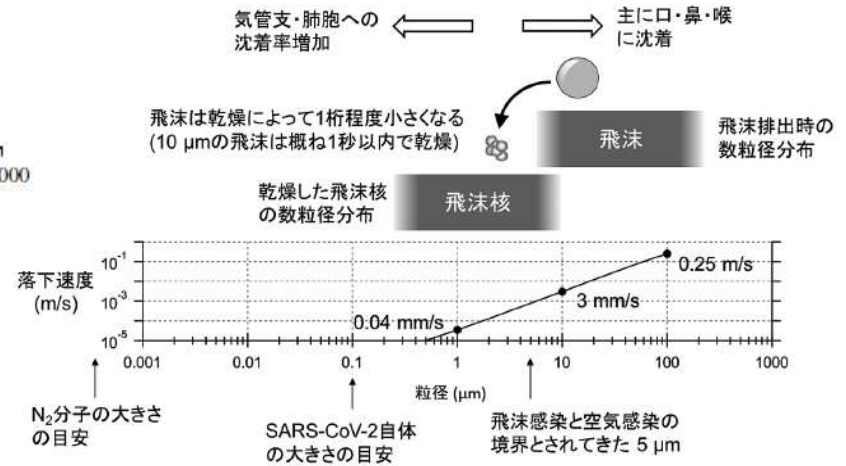
数10 μ mの範囲で完全に吸収されてしまい、その範囲での微小体積へのエネルギー付与の評価が困難なため、単位面積あたりの入射エネルギー(J/m²)で評価。

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」は長時間空気中を漂っている(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。

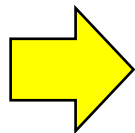
G.R. Jhonson et al., Modality of human expired aerosol size distributions, J. Aerosol Science, 42(2011)839-851.



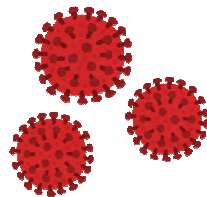
竹川 暢之, エアロゾルと飛沫感染・空気感染, エアロゾル研究, 36(2021)65-74.

新型コロナウイルスへの工学的対抗策の検討(1)

~~密集~~

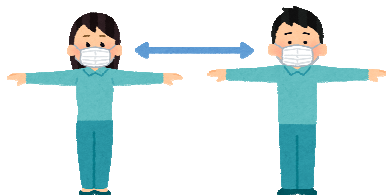


飛沫



ソーシャルディスタンス

大きな液滴に大量のウイルス



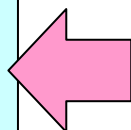
飛沫は2m程度しか飛ばないため、他人との距離を取ることで飛んでくる飛沫から身を守れる

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。

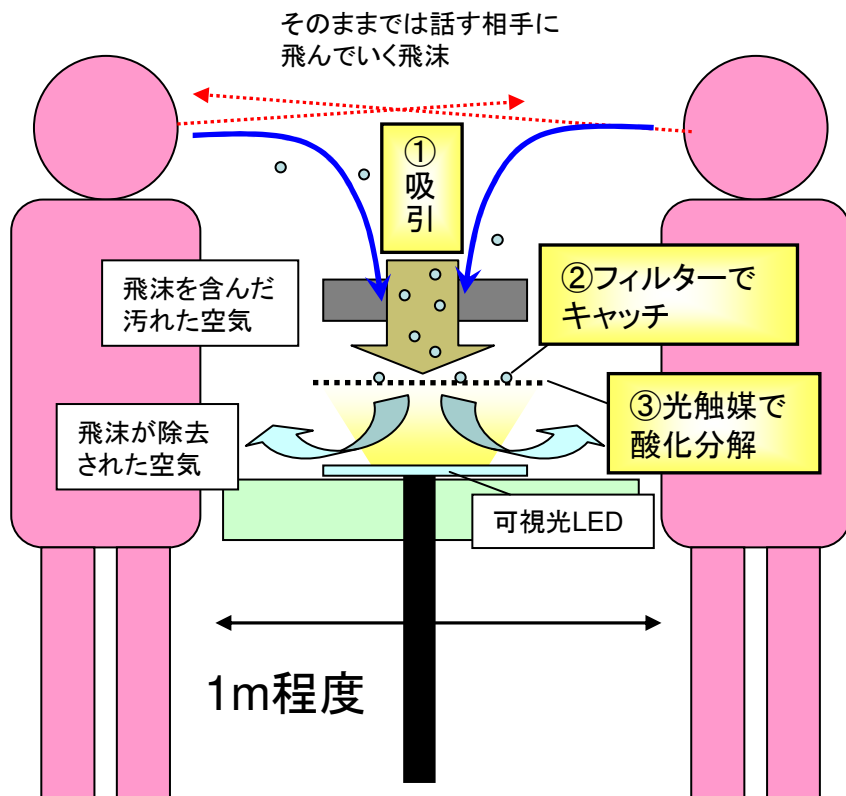


「感染を広げない」
目的で全員が着用

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 μ 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 μ 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



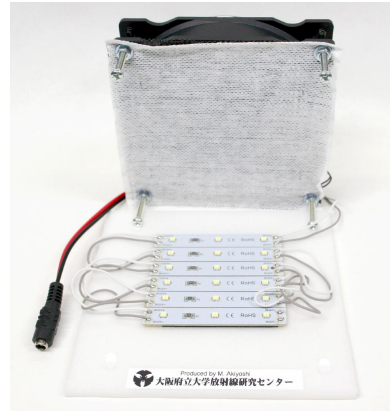
会話によって放出された飛沫は最大で2m程度飛び、マスクをしていても2割程度が漏洩するとの報告もあります。口腔からの飛沫の粒径は、最も数が多いもので150 μ m程度で、エアロゾルで最も多い2 μ mの粒子の42万倍の体積があり、含まれているウイルスもその分多いと考えられます。マスクを付けずに近距離で会話をする会食は、お互いにこの大きな飛沫をぶつけ合うことになり、感染リスクが高いと言えるわけです。

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。

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」



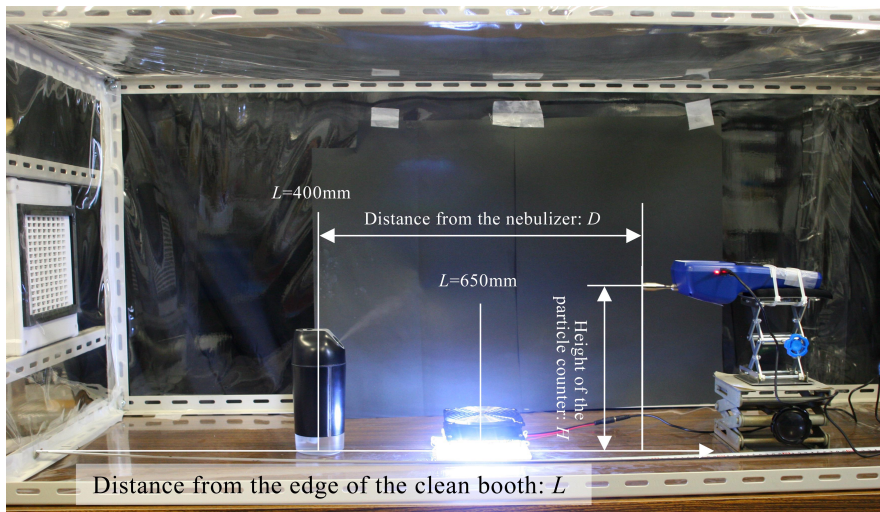
人と人の間に、安心の光を。

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。

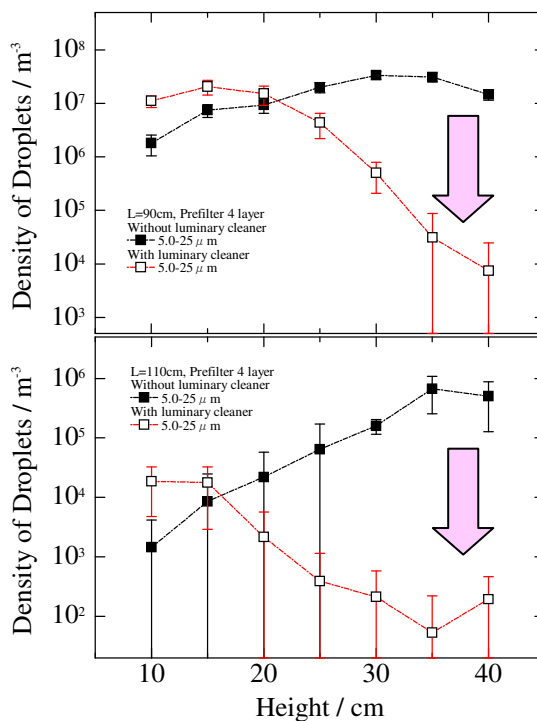
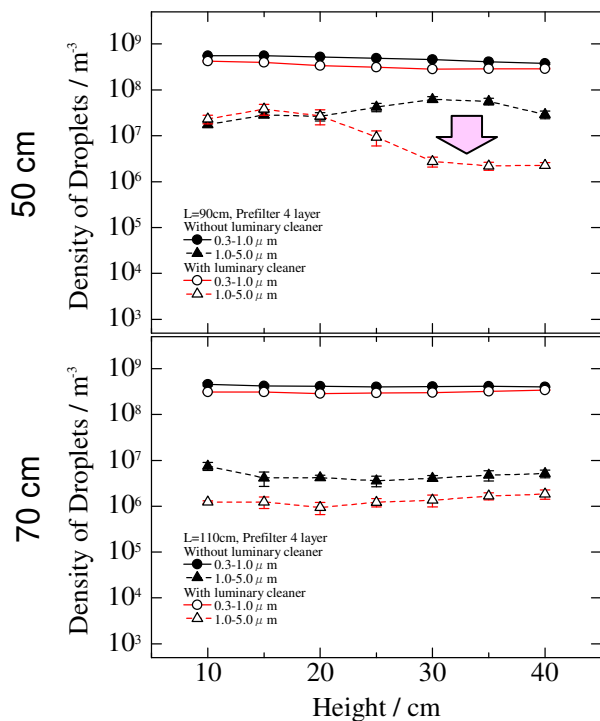
AMED事業で得られた成果を元にした高性能フィルターを使用した製品の産学連携での商品化に向けて、試作機を制作中。本年度中に試験的な提供を目指しています。

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過し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。

より詳しいデータは

12/20 に公開される日本エアロゾル学会の学会誌、「エアロゾル研究」を御覧ください。

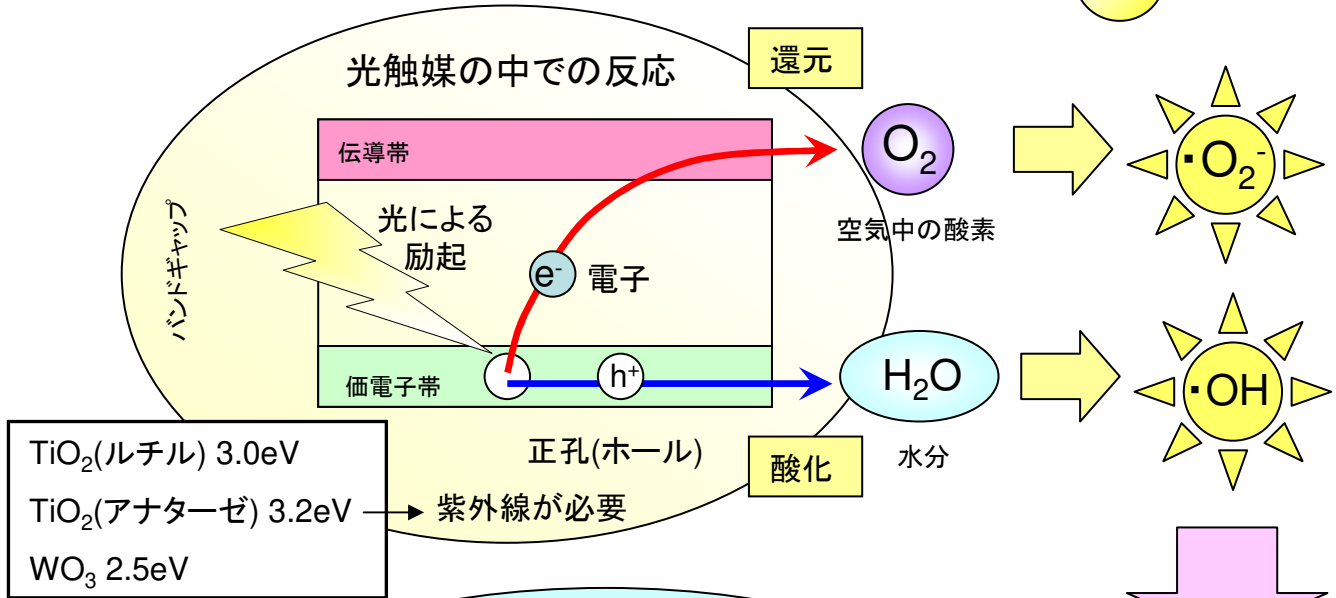
光触媒式小型空気清浄機による飛沫除去挙動の評価,
秋吉 優史, 綿野 哲, 落合 剛,
エアロゾル研究, 36(4)(2021)1-10.

著者最終稿は、「コロナウイルスへの工学的対抗策についての考察」ウェブサイトからダウンロード可能です。(<http://anticovid19.starfree.jp/>)
「秋吉 優史」で検索すれば出てくるページからたどれます。

光触媒とは



目に見える可視光線
(380nm~, 3.1eV~)



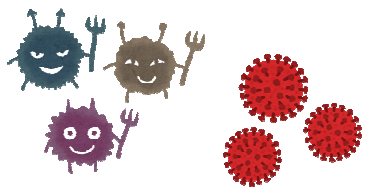
スーパーオキシドラジカル

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

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)

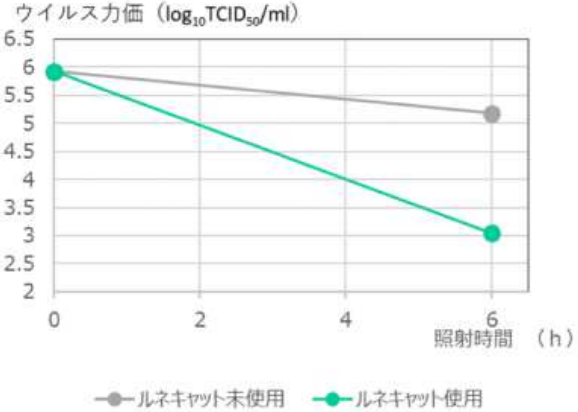
Masashi Uema et al., "Effect of Photocatalyst under Visible Light Irradiation in SARS-CoV-2 Stability on an Abiotic Surface", Biocontrol Science, 26 (2021) 119-125.

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 ²
サンプルサイズ	30mm×30mm

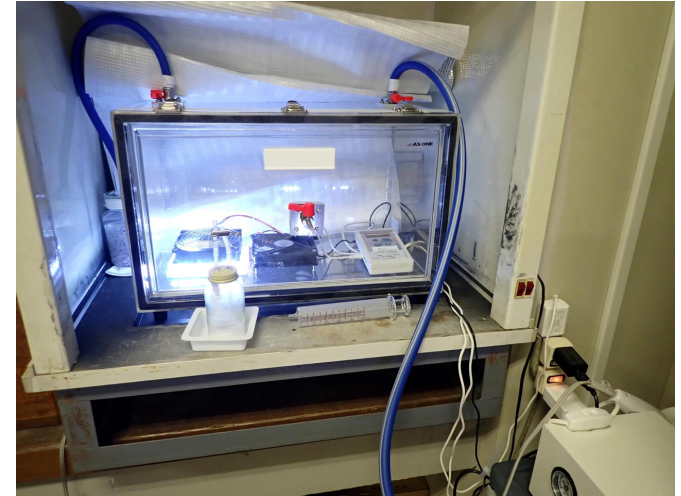
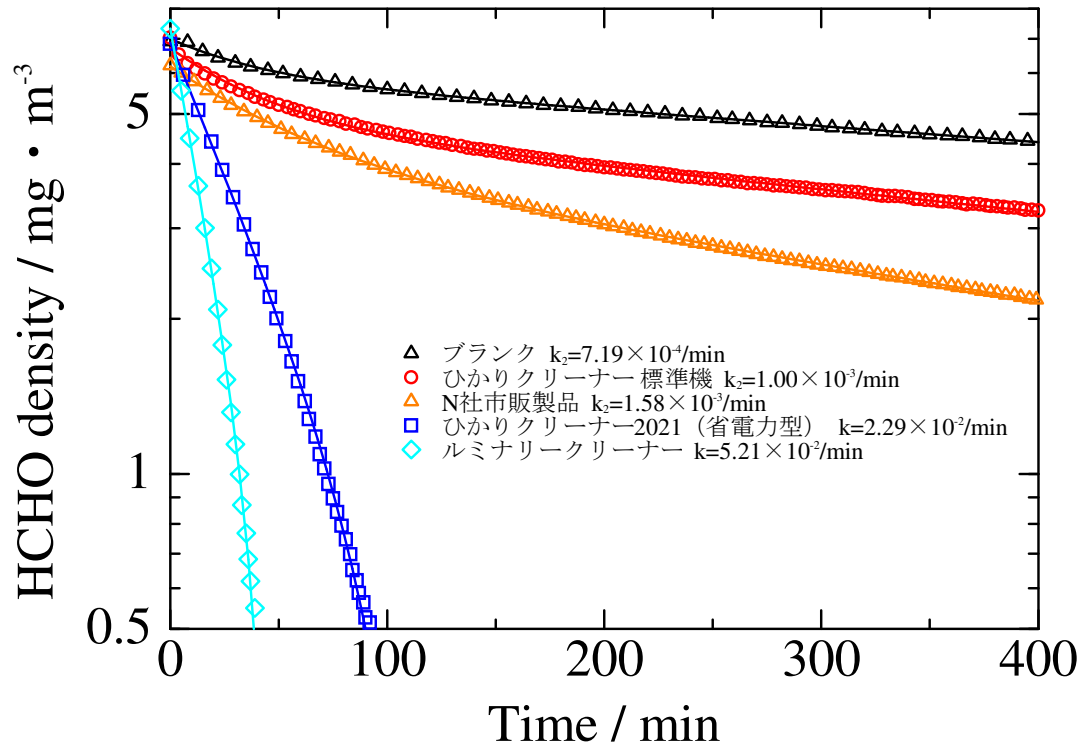


※グラフは下記論文データから当社にて作成しました
「Biocontrol Science 2021 Volume 26 Issue2 p.123 FIG.2 (A)」

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 0.7g/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 17g/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。

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

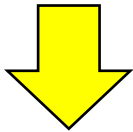
量産型高性能無機
材質フィルター

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。

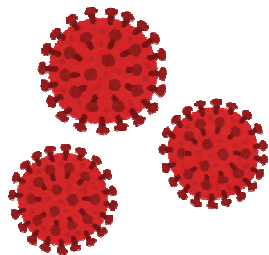
簡易な構造かつ低価格で、教育現場などでの自作による普及を検討しているひかりクリーナー標準機でも確実な分解性能が確認されると共に、さらに高濃度の光触媒と無機系の材料を使用したフィルターを用いた市販製品用試作機は、既存の光触媒式小型空気清浄機をはるかに凌ぐ性能を発揮した。

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 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。

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)

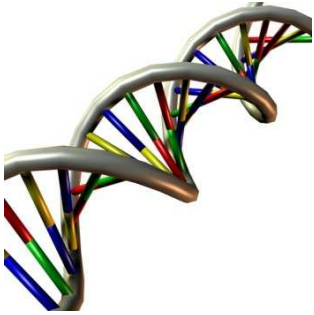


粘膜に付着してから15~20分で感染するため、うがいが出来ない状況であればこまめに飲み込んでしまい胃酸で不活化の方が better。感染者が居る状況で飲食しても大丈夫と言うことでは無い(飲み込む途中で感染する可能性はゼロでは無く、鼻や目からの感染は防げない)。

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。

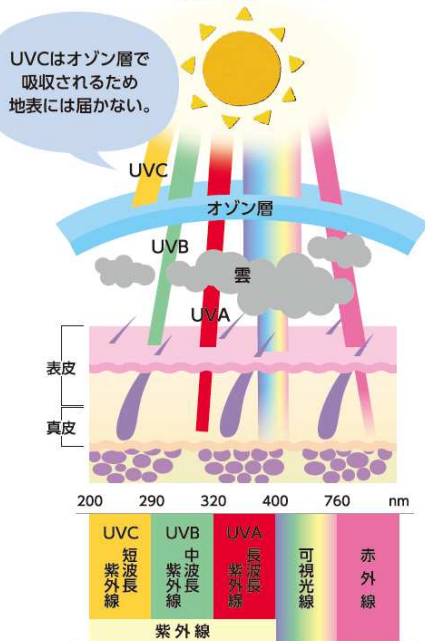
紫外線による遺伝子損傷



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。

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。

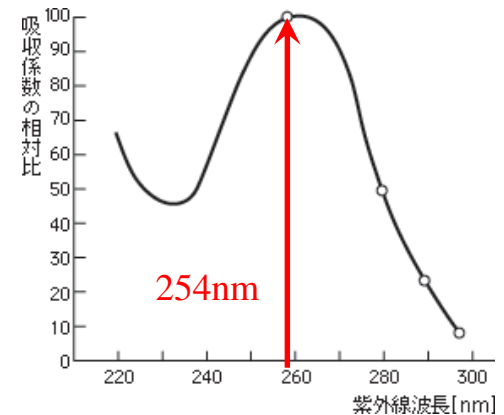
太陽光線の種類



紫外線は波長によって長い方から UV-A (400-315nm), UV-B (315-280nm), **UV-C (280nm未満)** と分類される。紫外線による殺菌効果のピークは **260nm** 程度で、昔からこの波長に近い水銀の輝線を利用した殺菌灯(低圧水銀ランプ)が用いられてきたが、近年は様々な波長のLEDも使われている。

波長によってDNAに対する吸収のされ方が異なり、効果も異なるため注意を要する。

DNAに対する紫外線吸収の波長依存性



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。

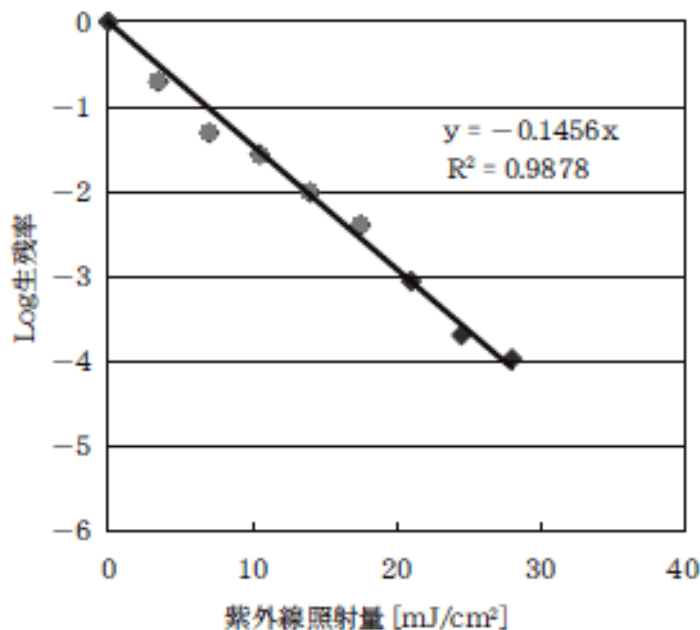
No	1)	2)	3)	4)	5)
グループ	ミラン大 Biasinら	ボストン大 Stormら	スタンレー電気	宮崎大 Inagakiら	広島大 Kitagawara
光源	254nm殺菌灯	254nm殺菌灯	265nm LED	280nm LED	222nm エキシマランプ
99.9%まで不活化に必要な線量 (mJ/cm ²)	3.7	Wet: 5.3 Dry: 4.1	5.1	37.5	3.6
査読	査読済	査読済	査読無し	査読済	査読済

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。

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 W/m^2 、慣例的に mW/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**(J/m^2 、 mJ/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(mJ/cm^2)、縦軸にどれだけ生き残っているかという生存率の**対数值**(-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)。

工学的対策事例

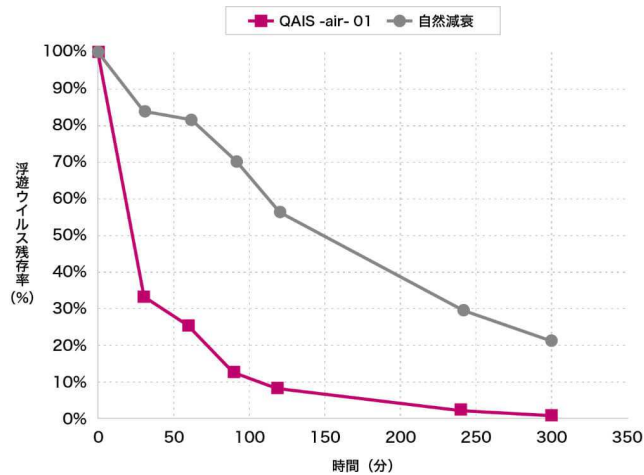
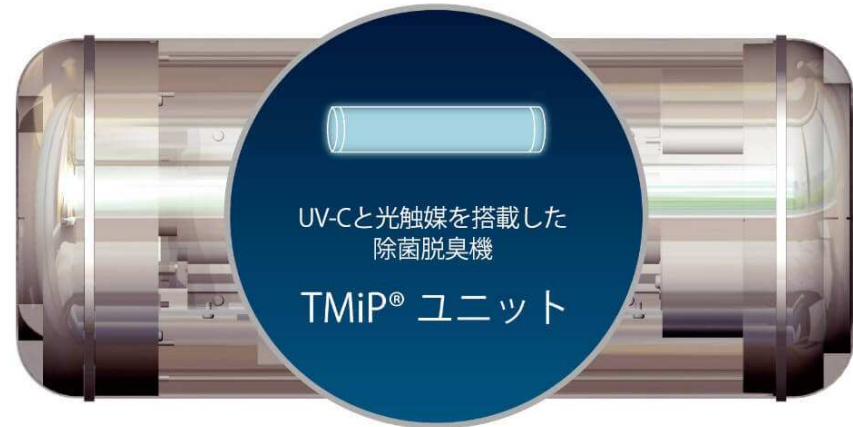
UV-C + TiO₂ 光触媒両方を
使用した空気清浄機

サンスター技研 QAIS -air- 01

<https://www.sunstarqais.com/>

254nm 殺菌灯からのUV-C に
よる強力な消毒効果と、光触
媒による脱臭効果を実現。

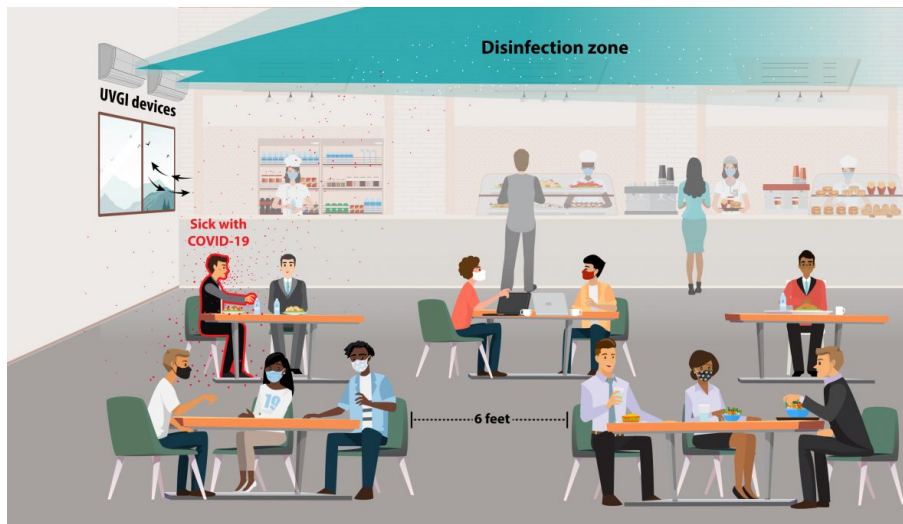
DNA/RNA に損傷を与えるUV-C と、
表面のスパイクタンパクなどを分解
する光触媒が相乗効果を生まない
か? → 共同研究を実施中



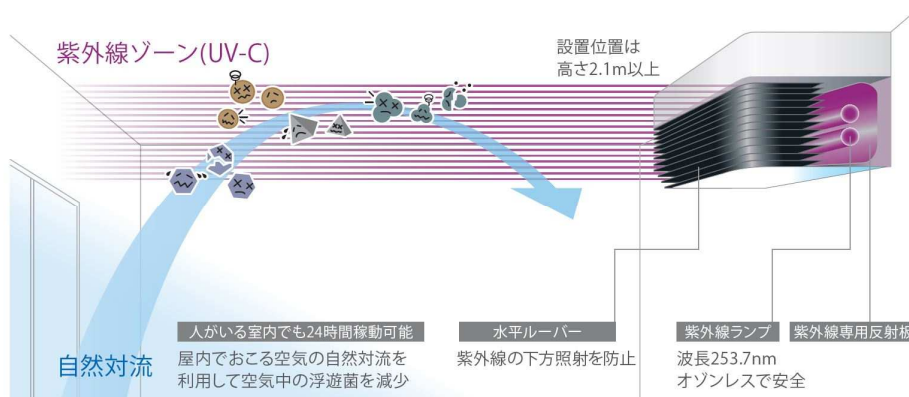
(一財)北里環境科学センターにおいて、25m³試験
チャンバー(幅2.7m×奥行き3.8m×高さ2.4m)を用い
て、JEM1467「家庭用空気清浄機」の付属書D「浮遊
ウイルスに対する除去性能評価試験」に準じてウイル
スをネブライザーで噴霧、所定時間後にチャンバー
内の浮遊ウイルスを捕集し、ウイルス数を測定した。

工学的対策事例

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) をエアロゾル対策として推奨しています。



殺菌力の強いUV-Cは一般的に（222nmの光源を用いた製品を除いて）皮膚、角膜に強い炎症を与え、人の居る空間で使用することは出来ないが、2.1m以上の高さで水平に照射を行うUVGIは、人体に影響を与えず室内を浮遊するエアロゾルに含まれる菌・ウイルスを殺菌・不活化することが可能。



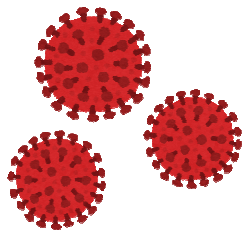
<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation/uvgi.html>

エアロシールド株式会社
エアロシールドの紹介図

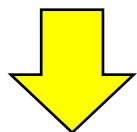
<https://www.aeroshield.co.jp/>

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く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。

工学的対策事例

手袋をした医療従事者向け手先消毒器
「Raise your hands in me」



UV-C 照射により、物体表面に付着した菌・ウイルスを殺菌・不活化することで、接触感染リスクを低減する。

影になる部分については効果が無いため、完璧に消毒することは出来ないが、リスクを低減することが重要。

両面に殺菌灯を配置し、下から手を入れてフットスイッチで点灯、10秒で $1.5\text{mJ}/\text{cm}^2$ 程度の照射が可能。ゴム手袋一枚で完全に 254nm UV-C は遮蔽されるため安全。



株式会社Fu-tech
旅客向け手荷物消毒器
「パッケージクリーナー」

ローディングから照射まで全自動で、20秒間の照射で最も積算照度の低い持ち手の内側で $2.9\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、表面は $10\text{mJ}/\text{cm}^2$ 以上の照射が可能。

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。

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 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。



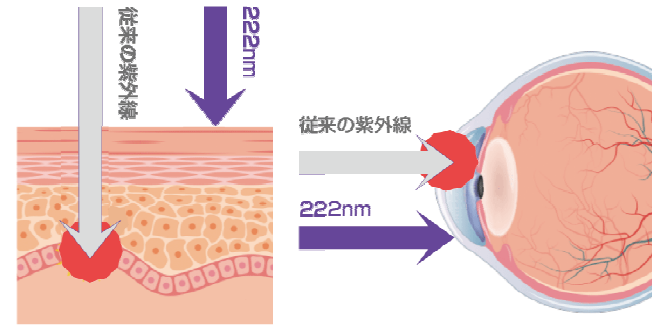
← アリスムカイデ氏の事故から2日後の症状。右足の白い部分は足を組んでいて陰になっていたとのこと。

→ 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。



工学的対策事例

紫外線は一般的に波長が短くなるほど吸収されやすくなり、透過率が下がります。殺菌灯の波長254nmでは皮膚の内側60 μ m程度まで到達し生きている細胞に炎症を発生させますが、222nmの波長では、厚さが20 μ m程度の角質層(死んだ細胞の層)や角膜表面でほぼ完全に止められるため、炎症が発生しないと言われており、様々な実証データが得られています。

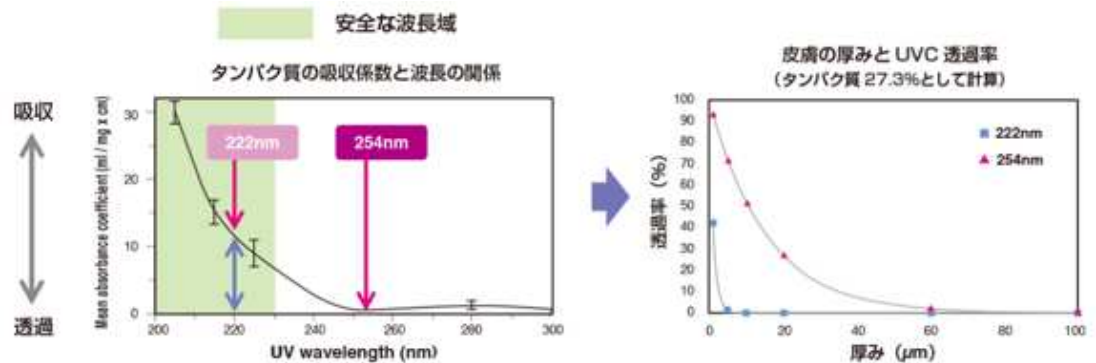
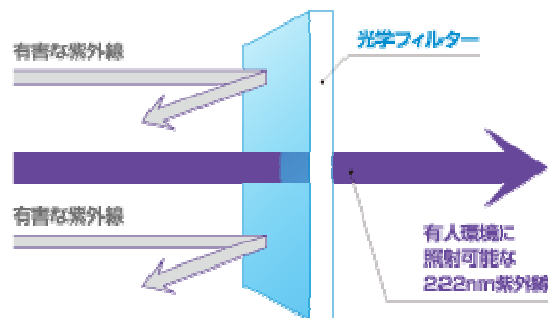


(現在は安全のために一日の許容限界値を22mJ/cm²に制限されており、直接人間への照射は出来ません)

ウシオ電機 Care222 i シリーズサイトより抜粋

https://clean.ushio.com/jp/products/care222_i_series/

有害紫外線カットイメージ図



207-nm UV Light - A Promising Tool for Safe Low-Cost Reduction of Surgical Site Infections. 1 in Wound Studies, PlosOne, 2013 より一部改題

1. 222nmは254nmと比較すると、タンパク質の吸収係数で10倍以上高い。
2. 厚み20 μ mでの生体透過率は、222nmで0.01%以下、254nmでは30%程度。

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⁽¹⁾。

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言うことで「**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」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⁽²⁾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/siryu/pdf/pamph/notice_UV-light-emitting.pdf

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