

大阪公立大学 第9回 医工連携 webinar

2023年 4月 12日 (水)

感染症へ工学的対抗策で立ち向かう ～飛沫除去と紫外線消毒～

○准教授 秋吉 優史

大阪公立大学 工学研究科 量子放射線系専攻、
放射線研究センター、
大阪国際感染症研究センター兼任

E-Mail: akiyoshi-masafumi@omu.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。

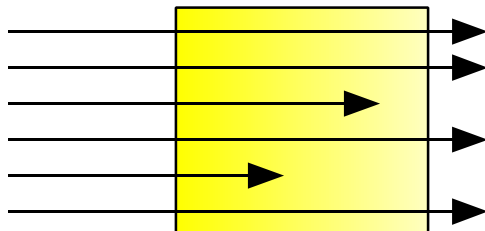
防護着として用いられているタイベックスーツはRI用と生物用で同じ物。

クルックス管の安全管理を行う上で、中途半端な透過力を持つ低エネルギーX線の線量評価をしている。

紫外線の正確な線量評価

強透過性放射線

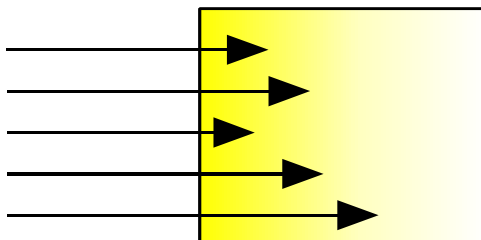
$$H_p(0.07) \leq 10 H_p(10)$$



整列拡張場

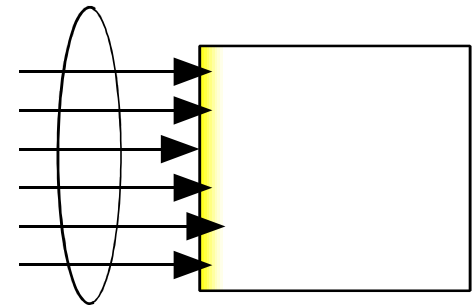
ほとんど素通りでほぼ均一にエネルギーを与え、入射エネルギーでは無く物質が受け取ったエネルギーで評価(J/kg = Gy)。

低エネルギーX線



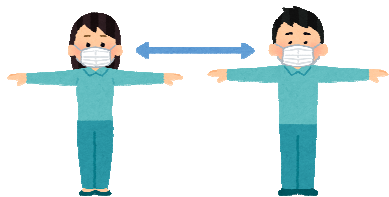
20keVのX線は1cmで半分に減衰して、体内でのエネルギー付与が均一では無く、実効線量の評価が困難。

紫外線



数10μm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。

ソーシャルディスタンス



感染症拡大の原因と三密とは？



~~密集~~

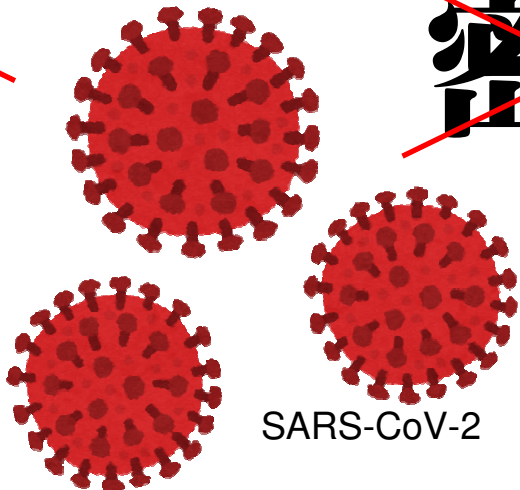


エアロゾル



~~密閉~~

飛沫



SARS-CoV-2

5 μ m以下の微粒子で、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。

一般的なマスクを付けていても
50%程度が飛散する。

~~密接~~



表面への接触

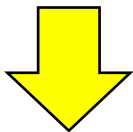
どこに潜んでいるか分からない
トラップ。

材質によっては数日間感染力を
持ったまま付着している可能性
がある。

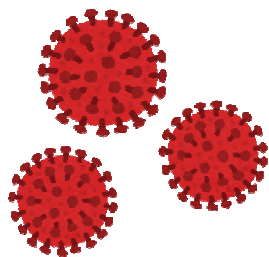
口腔から放出される5 μ m以上の液滴。
感染者から2m程度の範囲で飛散。
マスクを付けていても20%程度が放出
される。

COVID-19 への工学的対抗策の検討(1)

~~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、直接口腔から放出される液滴と、飛沫が乾燥して小さくなった飛沫核と二種類がある。数分間空気中に滞留し、広い範囲に拡散する。

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)。

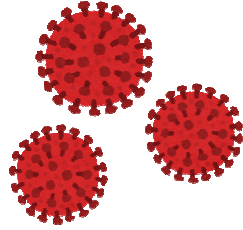
人の居ない空間への紫外線照射

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。

COVID-19 への工学的対抗策の検討(2)

飛沫が物体表面にばらまかれて乾燥

~~密接~~

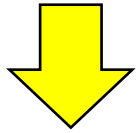


手を洗おう



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。



どこに潜んでいるか分からない
ブービートラップ

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。飛沫が落下した後もウイルスは感染力を保持していて、接触感染の原因となりうる。

物体表面からの接触感染

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)

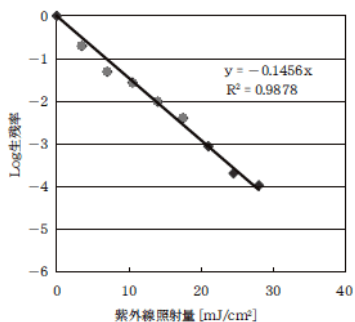
距離の二乗に反比例して弱くなる、透過力が極めて低い、斜め照射では弱くなる、有機物を劣化させるなどの様々な問題を理解して使用する必要がある。

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。

紫外線による殺菌・不活化効果

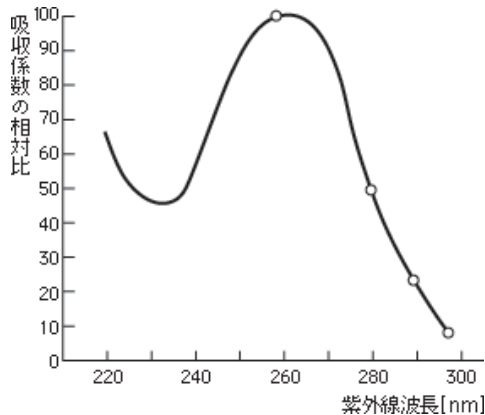


太古の昔から生物にとって紫外線は大敵で、オゾン層が出来るまで生物は陸上に上がることが出来なかった。紫外線は電離放射線には分類されず(法令上空気を電離できるエネルギーを有する光子、荷電粒子を電離放射線と呼ぶ)、DNAの主鎖を切るだけのエネルギーは無いが、配列している塩基同士を励起して接合してしまう場合がある。特に、ピリジミン二量体の生成が紫外線による損傷の主たる物と言われており、DNAの複製を妨げる遺伝子損傷となる。

このように紫外線は放射線のように直接遺伝子を傷つけ、不活化するため対象とする菌、ウイルスの種類を問わない(多少の強い、弱いはあるが)。SARS-CoV-2も紫外線で不活化されることが様々な論文で報告されている。

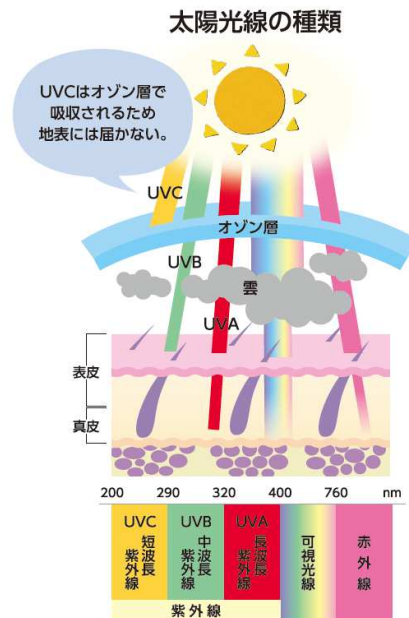
岩崎電気 芽胞形成菌の紫外線感受性(その2) - 枯草菌芽胞 -
<https://www.iwasaki.co.jp/tech-rep/technical/81/>

DNAに対する紫外線吸収の波長依存性



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。殺菌効果のピークは260nm程度で、310nm程度になるとほとんど効果が無くなる。放射線滅菌の場合と同じように、照射量が増えると共に指数関数的に生き残る菌・ウイルスが減少する生残曲線を示す。

岩崎電気ウェブサイトより



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。

紫外線の弱点

距離の二乗に反比例して照度が下がる

広い範囲に照射するために光源を遠くに設置すると、照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

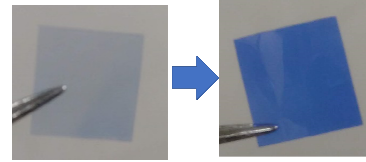
石英ガラスや水などの一部の物を除いて、数 $10\mu\text{m}$ 程度しか透過できません。ゴム手袋や紙一枚で完全に止まります。照射できるのは**表面に付着している物**に限られますし、光源から影になる部分には効果がありません。また、透過力の高い放射線と異なり**斜めに入射するとコサイン則に従って照度が低下**します。

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。

化学線量計の活用

放射線計測で用いられる**化学線量計は斜入射特性や光源至近での測定の問題を解決可能**である。



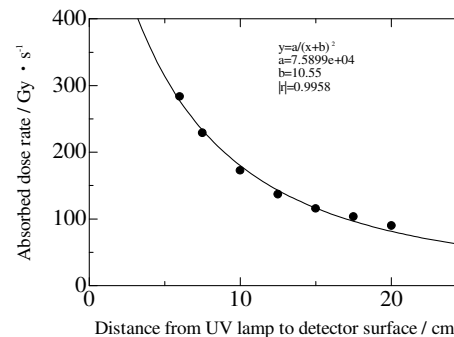
ラジオクロミック線量計:

γ 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線量計は、 $50\mu\text{m}$ 程度の厚さのフィルムの 600nm 及び 510nm での吸光度が吸収線量に応じて変化し、吸光度計により吸収線量が評価出来る。JIS Z 4575「ラジオクロミックフィルム線量計測システムの使用方法」によって放射線計測時の使用法が標準化されている。

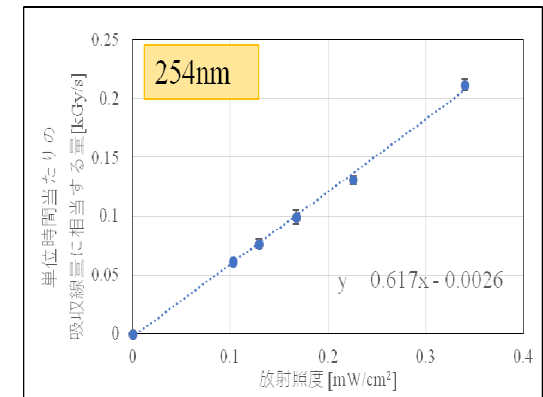


紫外放射照度計と、ラジオクロミックフィルムにより評価された吸収線量率の距離依存性の相関から、吸収線量 I (kGy) と、紫外線の積算照度 D (mJ/cm^2) の間で $D = 1.62 I$ と言う簡単な校正式を導いた。透過試験から、 $45\mu\text{m}$ フィルム内で完全にUV-Cは吸収されており、 $16.2\mu\text{m}$ までの範囲で均等に吸収されたとするとこの校正式が説明出来る。

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度を実験的に評価可能となる。



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。



放射照度の増加に伴う吸収線量率として評価された値の線系的な増加。

工学的対策事例

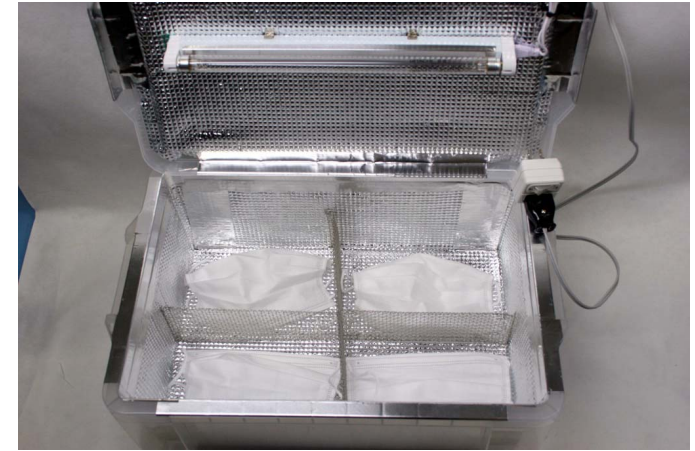
手袋をした医療従事者向け手先消毒器
「Raise your hands in me」



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。



マスク用消毒器
「マスククリーン4」

マスクが極度に不足していた時期に、医療機関で安全にマスクを再利用するために開発したのがマスククリーン4。殺菌灯をアルミシート貼りした箱に入れただけのものであるが、当時殺菌灯用の蛍光灯器具の入手もままならなかったのを中国から大量輸入したうえで、照度評価して信頼性を確保した。

工学的対策事例

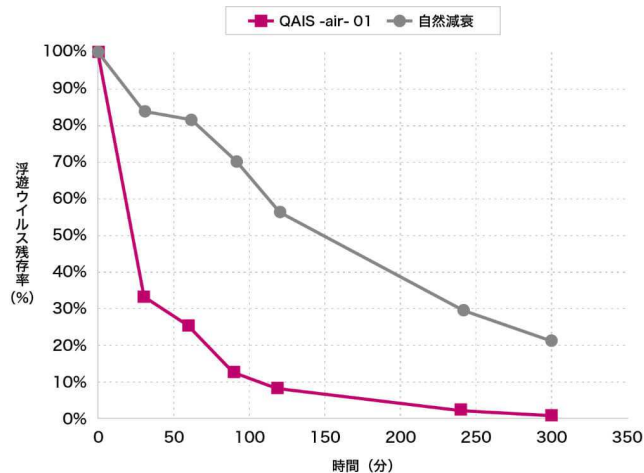
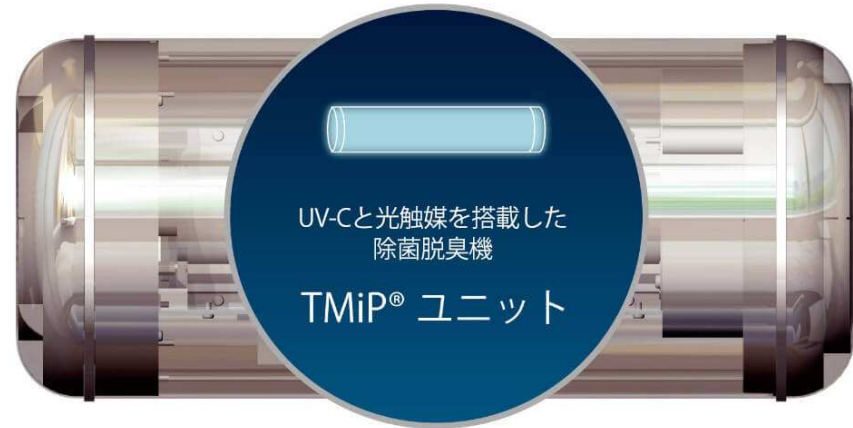
UV-C + TiO₂ 光触媒両方を
使用した空気清浄機

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

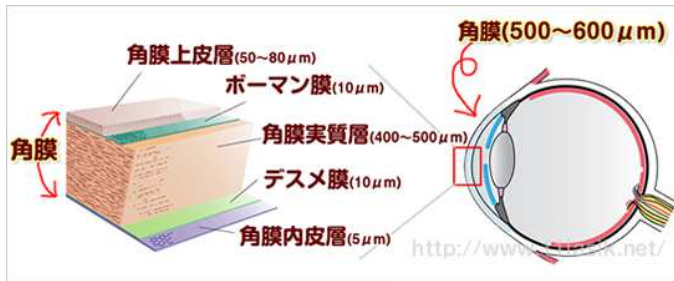
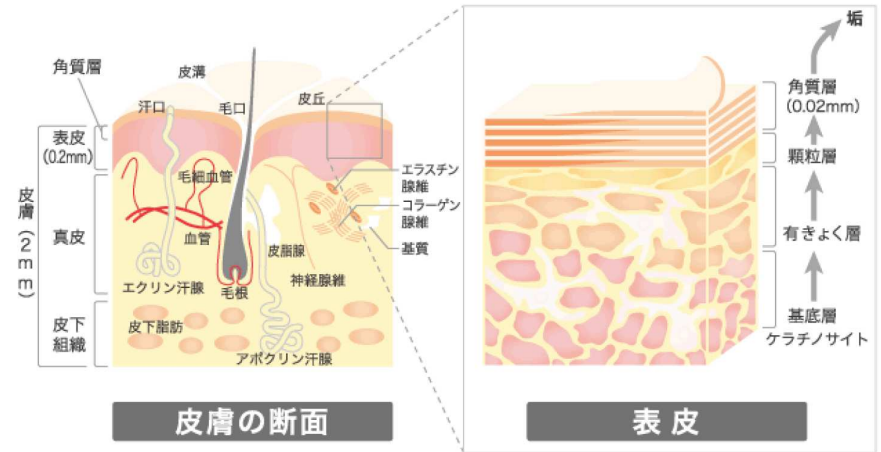


(一財)北里環境科学センターにおいて、25m³試験
チャンバー(幅2.7m×奥行き3.8m×高さ2.4m)を用い
て、JEM1467「家庭用空気清浄機」の付属書D「浮遊
ウイルスに対する除去性能評価試験」に準じてウイル
スをネブライザーで噴霧、所定時間後にチャンバー
内の浮遊ウイルスを捕集し、ウイルス数を測定した。

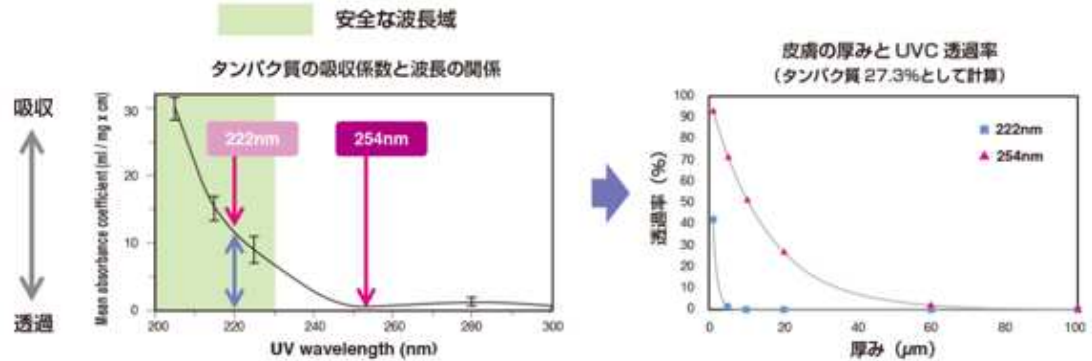
皮膚の構造と紫外線の透過率

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、透過率が下がる。UV-Aでは真皮や皮下組織、水晶体にまで到達するのに対して、殺菌灯の波長254nmでは皮膚の内側60 μ m程度までであるが、顆粒層や有きょく層、眼では角膜上皮の内側の細胞に炎症を発生させる。

一方で近年話題となっている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)や角膜上皮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いる。



角膜の構造。角膜全体で0.5mm程度の厚みがあり、最上層の角膜上皮は極めて新陳代謝が活発なのに対し、角膜実質細胞は数が大変少なく傷の治りが遅いと言われている。



207nm UV Light - A Promising Tool for Safe Low-Cost Production of Surgical Site Inhibitors: *In Vivo* Studies, *PhotCher*, 2013, 6(1) 一般発表

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**と捉えることができます。

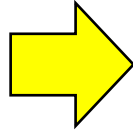
また米国疾病予防管理センター、CDCでは公式サイト⁽²⁾で Upper-room Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) をエアロゾル対策として推奨しています。

(1) https://www.jlma.or.jp/siryu/pdf/pamph/notice_UV-light-emitting.pdf

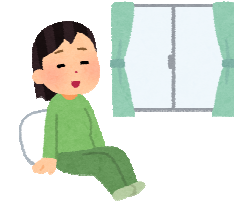
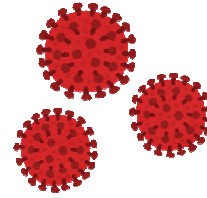
(2) <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation/uvgi.html>

COVID-19 への工学的対抗策の検討(3)

~~密集~~

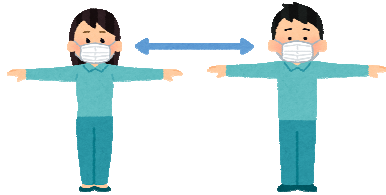


飛沫



うちで過ごそう

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

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。

直接粘膜に飛び込む



飛沫感染

乾燥して飛沫核になる



空気感染

落下して付着する



接触感染

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、一般的なマスクでも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。



マスクをしよう

「感染を広げない」目的で全員が着用

飛沫とエアロゾル

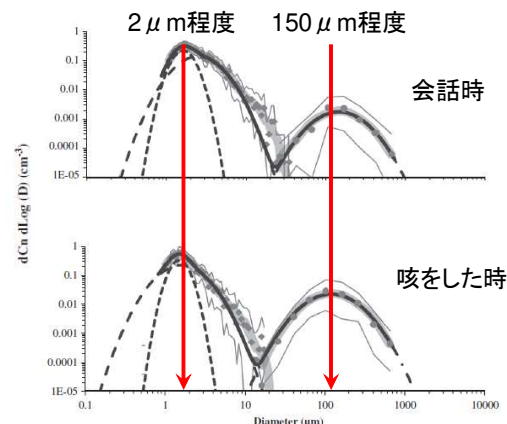
医学的には口腔から放出される $5\mu\text{m}$ 以上の液滴を**飛沫**と呼び、それ以下の物を**エアロゾル**と呼ぶが、 $5\mu\text{m}$ を境に急に物性が変化するわけではなく、落下速度などは連続的に変化する。

しかし、口腔から出る液滴の粒径が示す2つのピーク、 $2\mu\text{m}$ 程度と $150\mu\text{m}$ 程度では明らかに物性は異なり、同一の扱いとすることには無理がある。

・エアロゾル → 液滴の体積を考えると、100万個のウイルスが口腔から放出されたとしてエアロゾルとして滞空するウイルスは100個程度という見積りが成されている(*)。しかし**長時間滞空するため換気が悪いと徐々に空気中のウイルス濃度が上昇する**。また、飛沫が乾燥して形成される**飛沫核**は、元々の飛沫の大きさに応じたウイルスが含まれており、これが長時間滞空するとリスクが大きい。

・飛沫 → 体積が大きく**多数のウイルスを含んでいる**可能性があるが、**飛距離が短い**ため距離を取れば安全で、**布マスク**などでも容易に除去できる。が、**そのいずれの対策も取ることが出来ない**飲食の場などではリスクが大きいと言える。

(*) 野村 俊之, 新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の感染経路に関する微粒子工学的検討, 日本接着学会誌, 57(2021)427-431.



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

・屋外での飲食 (BBQなど)

・屋外のスポーツ観戦

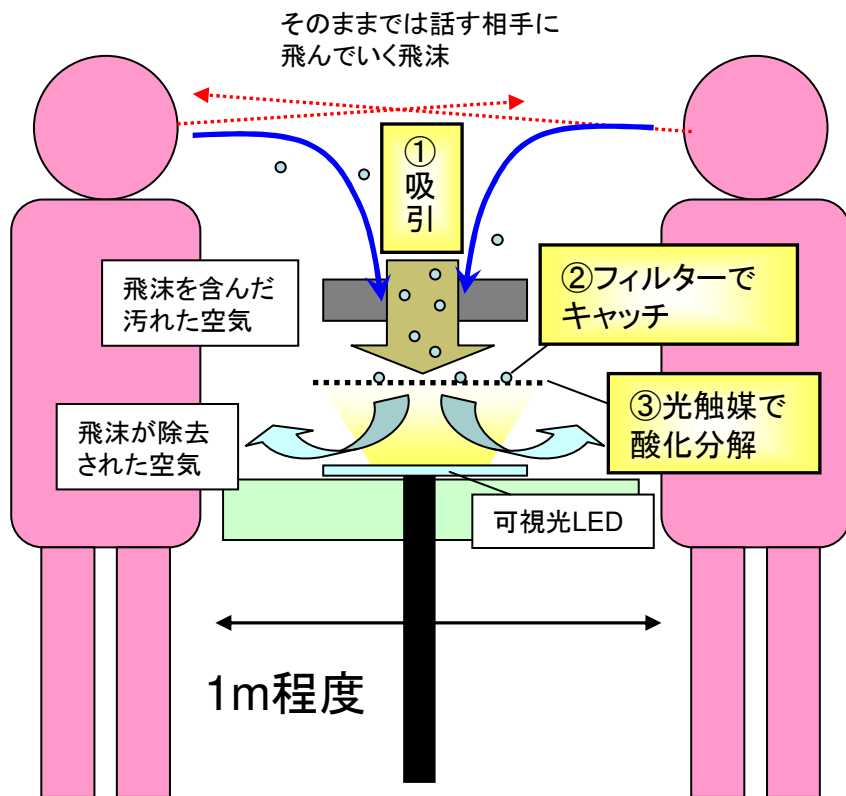
でのクラスターの発生は、マスクをしていない状況ではいかに換気がよくても飛沫感染のリスクが存在することを示唆してる。

気流、マスクの有無、会話のトーンなど、様々な状況で支配的となるリスクは変わり、対策も変える必要がある。

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 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より小さい粒子 → 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。

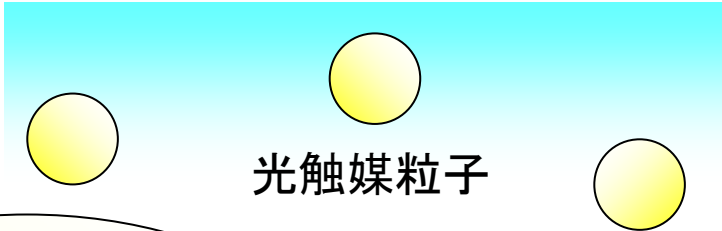
大型の空気清浄機は部屋の中を漂うエアロゾルの除去には効果がありますが、近距離を数秒程度で飛び交う飛沫にはほとんど効果は期待できません。

卓上に設置できる小型で静音の空気清浄機であれば、「人と人之间」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。

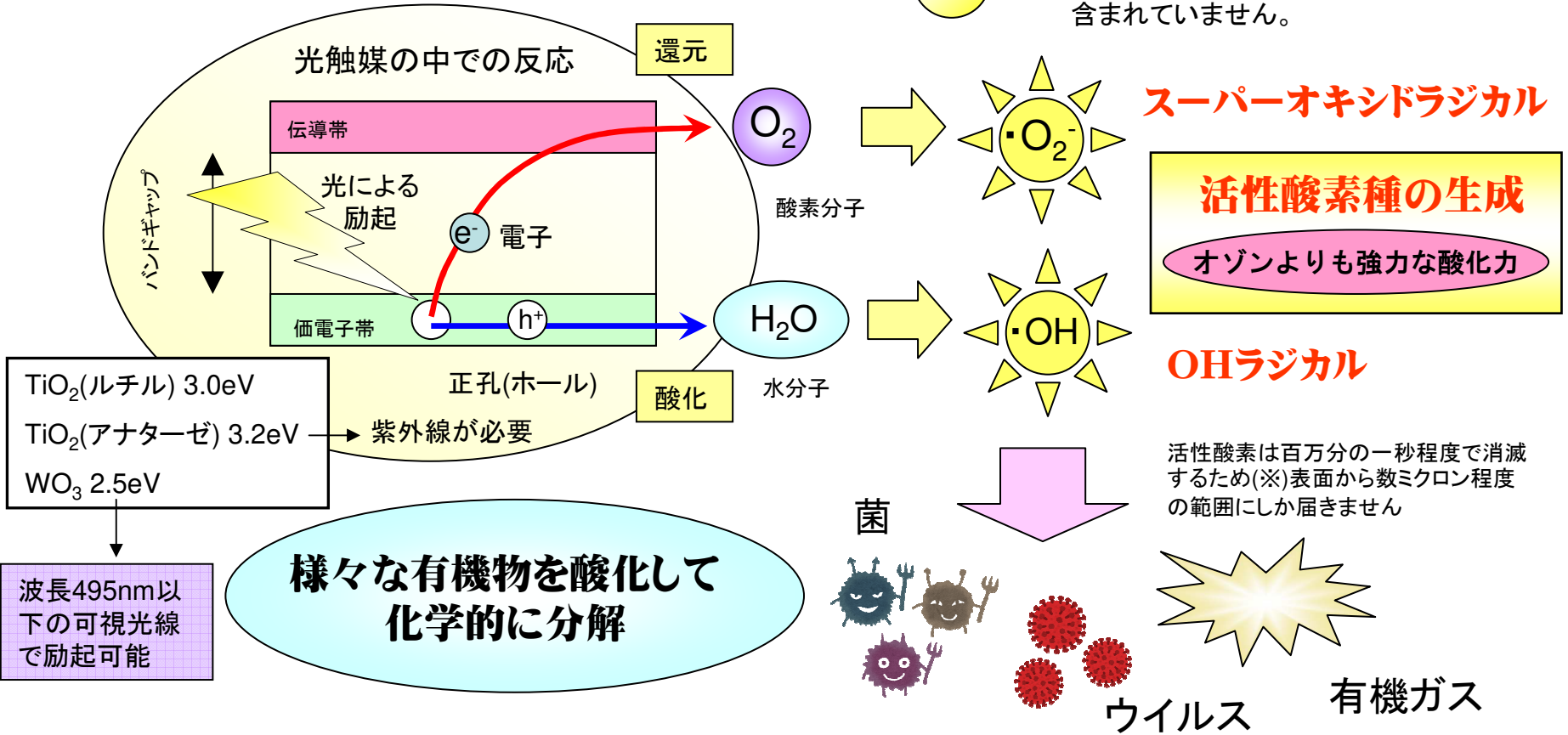
キャッチした飛沫中に含まれるウイルスは、③「光触媒により酸化分解」し、再放出される可能性を減らします。また、フィルターでキャッチできないエアロゾル中のウイルスの不活化や、さらに小さい有機ガスの分子も分解できることが確認されています。

光触媒とは

目に見える可視光線
(400nm~, 3.1eV~)



蛍光灯の光には400nm以下の波長の紫外光成分も含まれていましたが、一般的な可視光LEDは440nm程度をピークの青色LEDと黄色の蛍光体の組み合わせで出来ていて、400nm以下の紫外線は含まれていません。



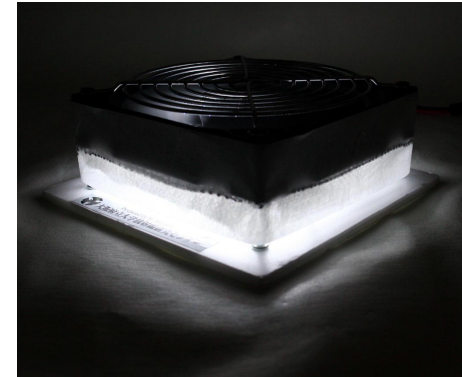
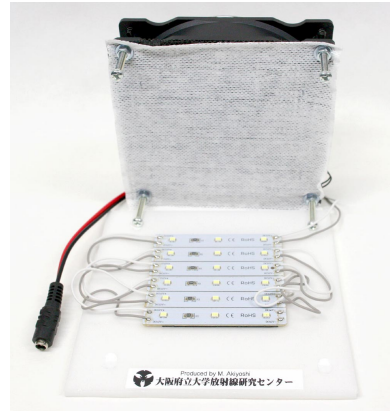
- TiO₂(ルチル) 3.0eV
- TiO₂(アナターゼ) 3.2eV → 紫外線が必要
- WO₃ 2.5eV

波長495nm以下の可視光線で励起可能

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

可視光応答光触媒を用いた超低価格な 小型空気清浄機「ひかりクリーナー」



和紙による漏れ光の遮光

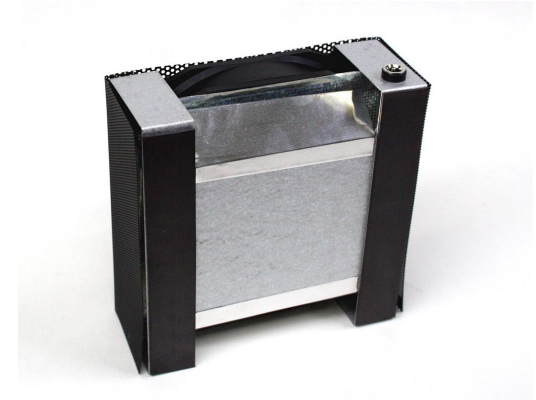
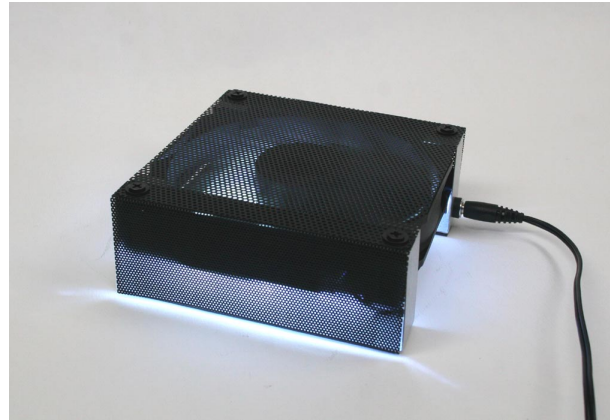


12cm角、高さ5cm、ファンの騒音19dB、消費電力5W以下で、モバイルバッテリーでの駆動も可能

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。当初開発した標準型はPC用のパーツなどを組み合わせて、極めて安価で製作が可能。価格が安価であれば、その分多数台でのネットワーク構築が可能となる。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、不織布と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700台程度を市民に提供し、実際に使用してもらっている。

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」



メタルフレームと樹脂メッシュにより見た目を大幅に改善し、持ち運びも可能で、マグネットプレートによりスチール什器壁面への貼付けも可能。

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給電でも駆動可能でモバイルでの使用が可能。



2022型

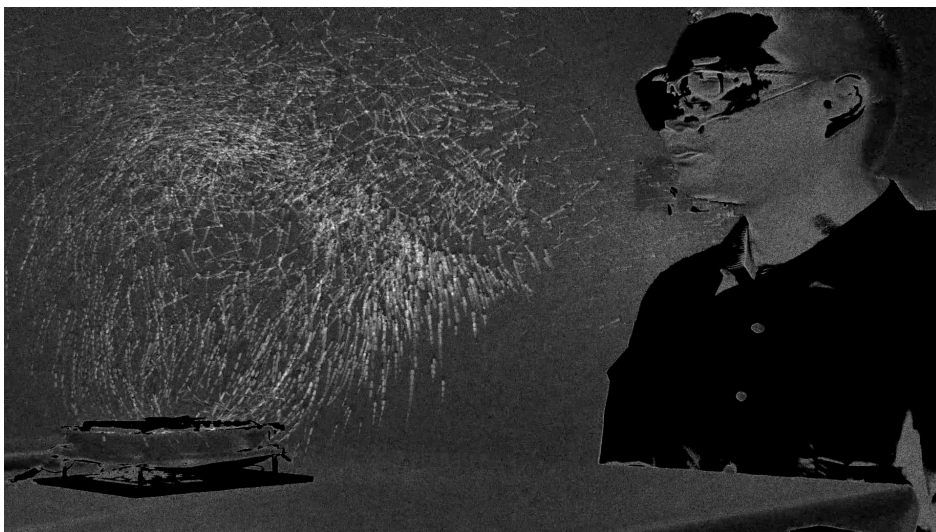
AMED事業で得られた成果を元にした高性能フィルターを使用した製品の産学連携での商品化に向けて、試作機を制作中。試験的な提供を開始しています。

特殊画像撮影による飛沫吸引の可視化

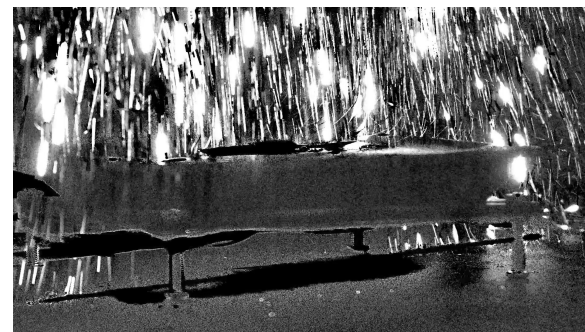


空気中の微粒子を可視化する特殊動画撮影を実施しました。

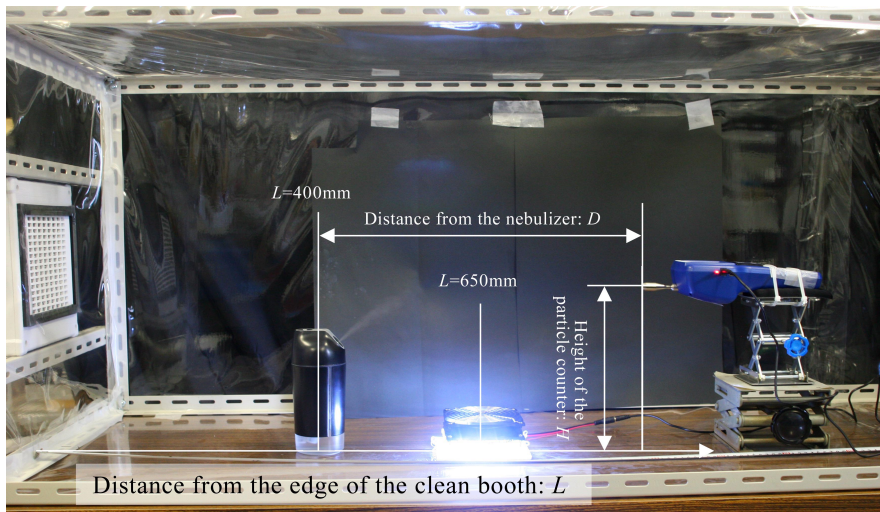
1m 程度の範囲に於いて、口から発声に伴って出た飛沫や、スプレーからの模擬飛沫、エアゾルを模した電子タバコのベーパーなどが吸い込まれていき、なおかつフィルターによってマスクと同じように止められていることが確認出来るかと思っています。



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。

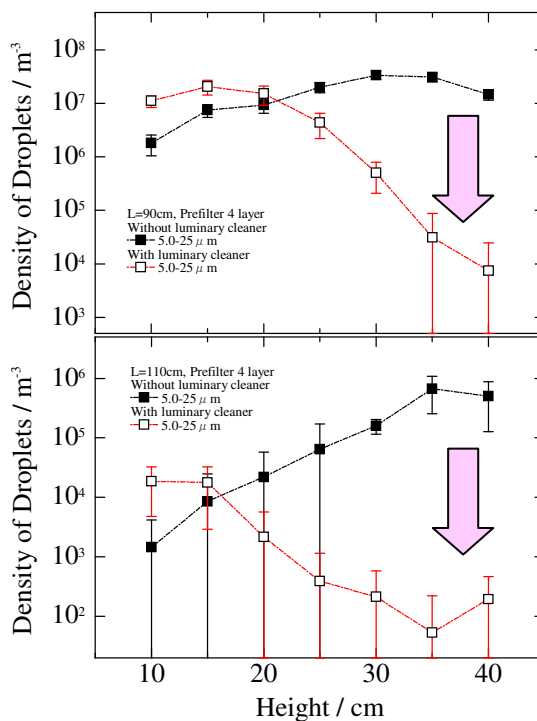
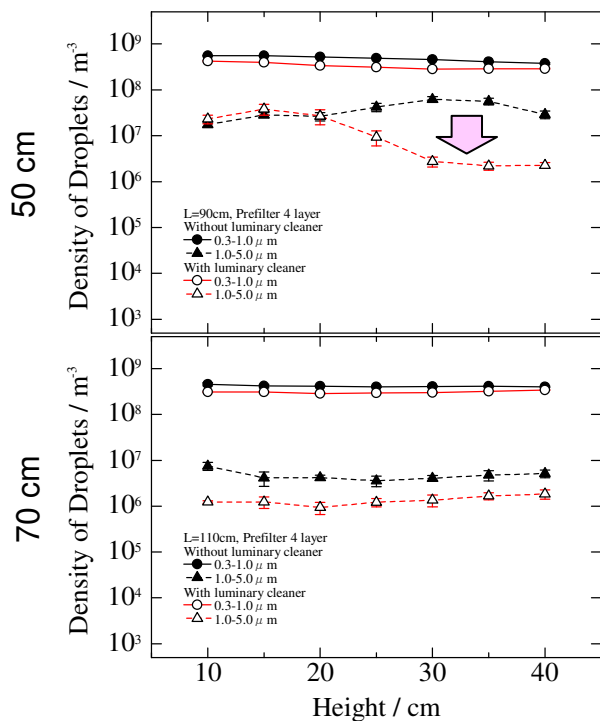


空間を飛ぶ飛沫の捕集率



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。

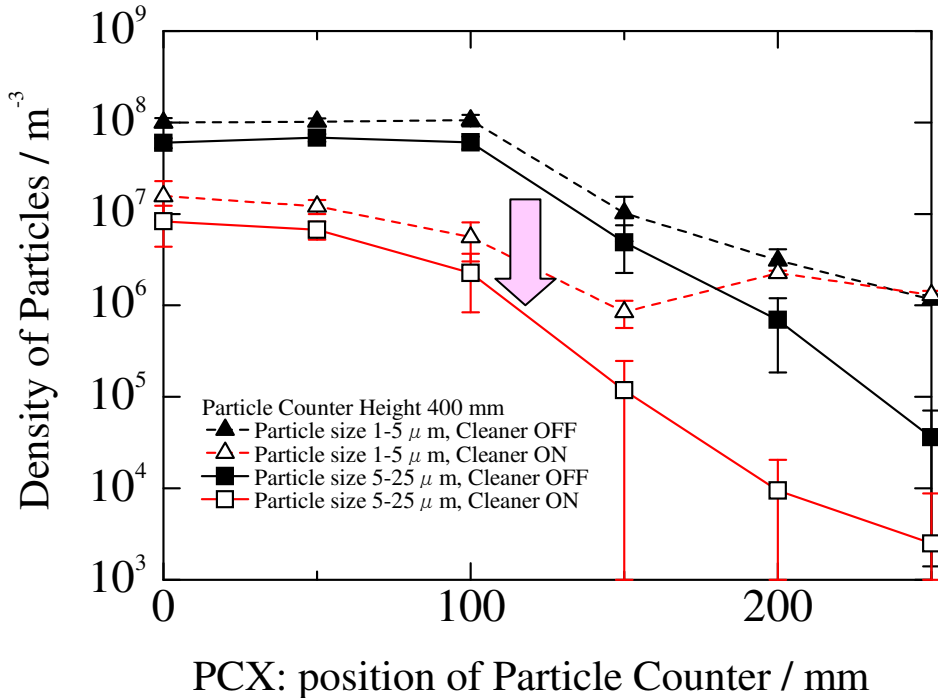
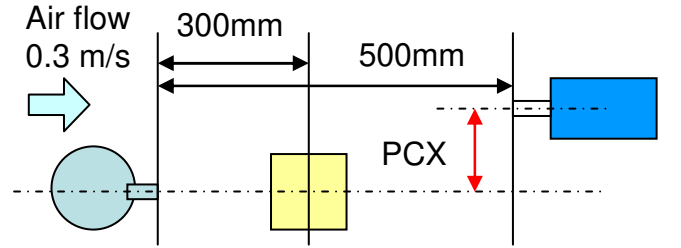
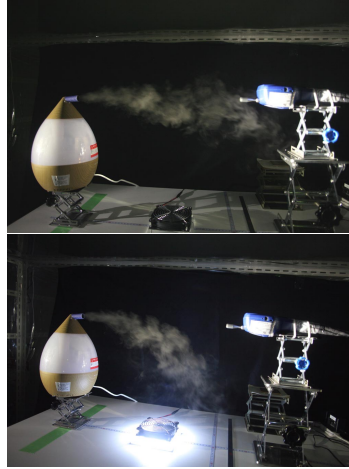
いずれの距離でも、5.0~25 μmの粒径の大きな「飛沫」は、飛沫除去装置の作動によって着席時の顔の高さである40cm程度の高さでは大幅に減少することが確認できた。

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。

大型クリーンブースによる飛沫除去性能評価(1)



HEPA フィルターを使用した大型
クリーンブース: 1.5 × 1.5 × 2.4m



直線的配置だけでなく、対象者が飛沫除去装置からずれた位置にいる場合の模擬を行った。元々大気中を飛ぶ埃の影響を避けるために大型のクリーンブースをセミクリーンルームに設置した。噴霧器に水平に設置したノズルからのミストはHEPAフィルターユニットからの追い風(0.3m/s程度)によってほぼ水平に飛行するよう調整した。噴霧器、パーティクルカウンターとも、着座した際の机面から口の高さ程度である400mmにノズルの高さを設定した。

5.0 ~ 25 μm の飛沫は、中心軸から250mmの範囲で一様に概ね1桁程度減少を示した。また、口腔から放出されるエアゾルのピークサイズに相当する1.0 ~ 5.0 μm の粒子も、150mm 程度の範囲までは1桁程度減少した。一方、0.3 ~ 1.0 μm の粒子は1割程度の減少に留まった。

フィルターによる飛沫の捕獲率



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、口腔からの飛沫を模擬した超音波加湿器からの液滴がどの程度フィルターに捕獲されるかを評価しました。

その結果、**5 μm 以上の飛沫に関しては、ほぼ完全に捕集**できていることが確認されました。

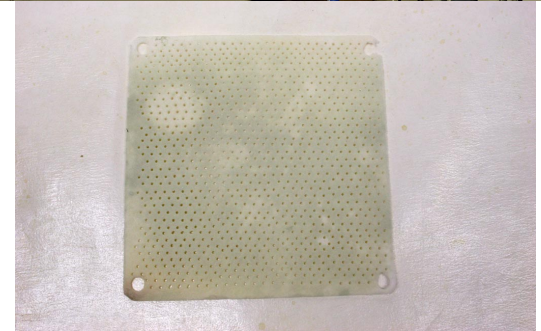
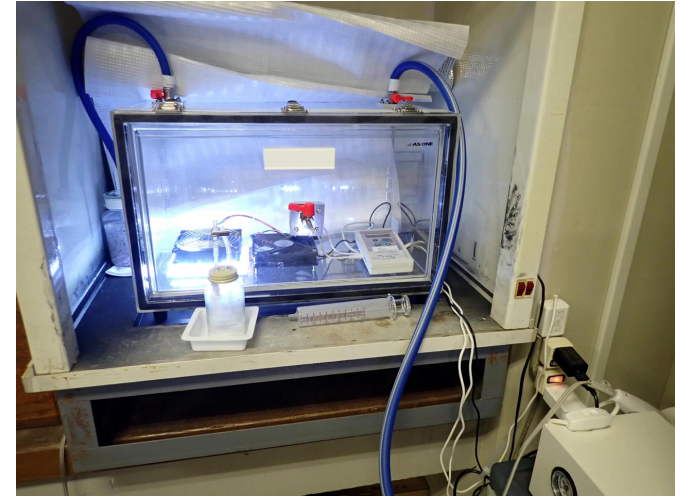
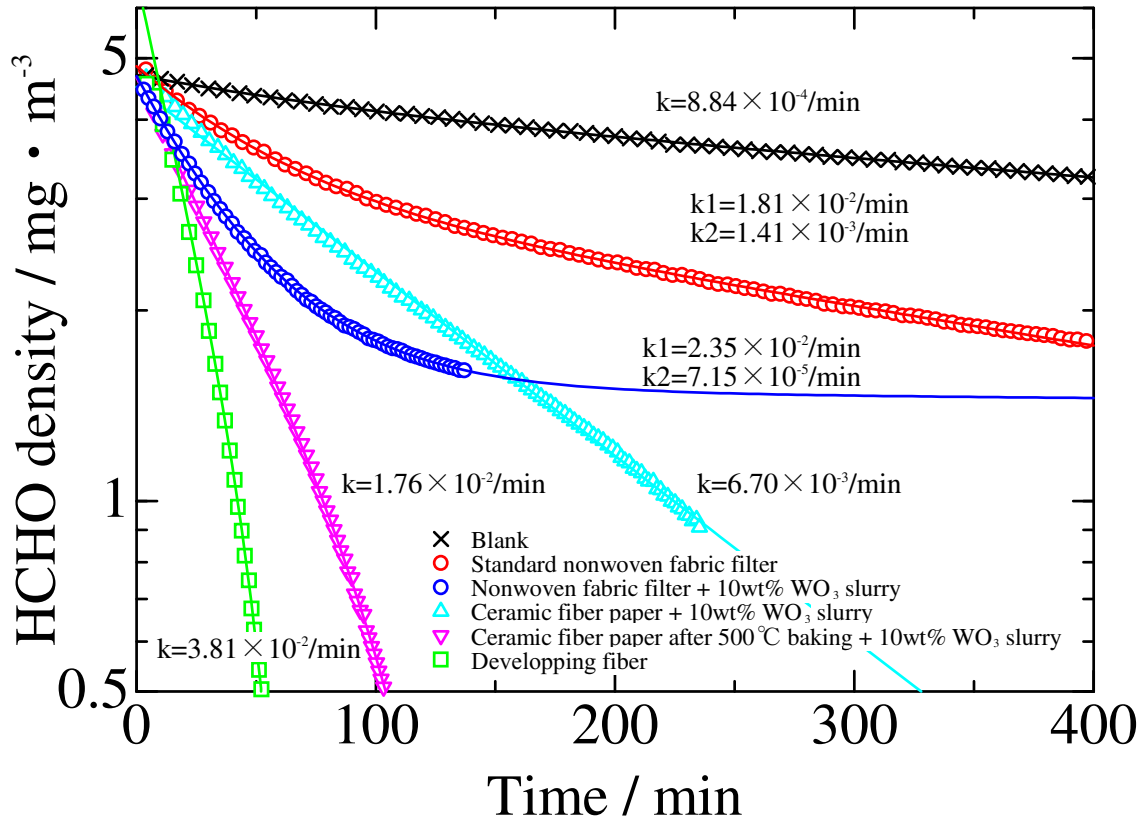
測定条件	Particle Size	上流側 粒子濃度	下流側 粒子濃度	透過率
	μm	$/\text{m}^3$	$/\text{m}^3$	
目張り無しクリーンベンチ内	0.3~1	7.4E+06	2.7E+06	0.37
	1~5	5.1E+04	1.7E+04	0.34
	5~25	9.0E+02	1.8E+02	0.20
目張りしたクリーンベンチ内	0.3~1	1.2E+04	6.7E+03	0.54
	1~5	1.4E+02	1.8E+01	0.13
	5~25	2.0E+01	0.0E+00	0
目張りしたクリーンベンチ内 加湿器使用(1回目)	0.3~1	4.1E+08	4.6E+08	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

キャッチしてゆっくり分解

一般に**5 μm 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 μm 以下の液滴は計測可能な濃度を超過しており捕獲率が評価できませんでした。

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た。現在、さらに高性能のフィルターが量産可能となっている。

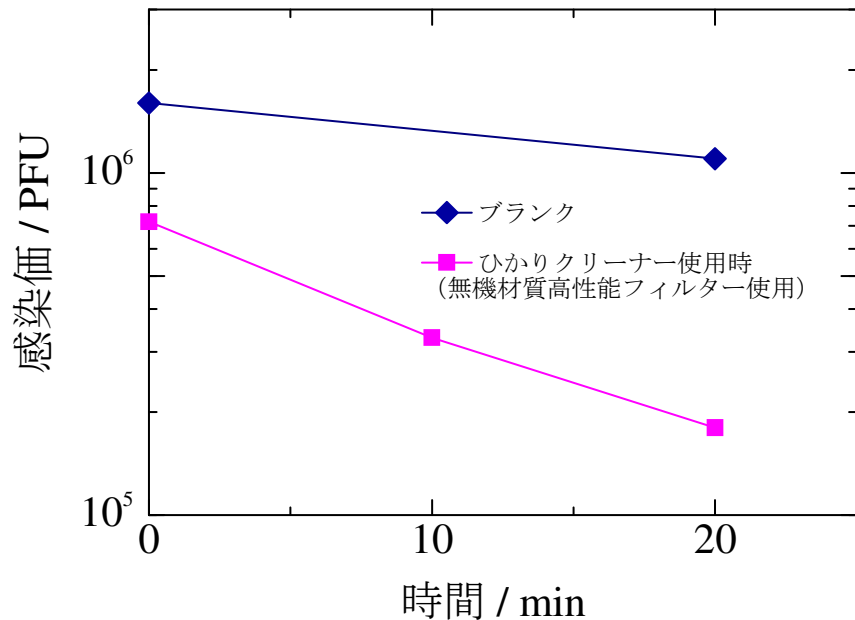
ひかりクリーナーによるエアロゾル中のウイルス除去

370 L のグローブボックス中でネブライザーを用いてバクテリオファージQ β を含む溶液を噴霧、ファンで攪拌しながら 10 L をゼラチンフィルターでサンプリングし、プラーク法に依り感染価を評価した。

その結果、ブランクでは 1.6×10^6 PFUであったのが 20分で 1.1×10^6 PFU となり、**30% 程度減少した**。一方無機材質高性能フィルターを使用したひかりクリーナーを使用することによりスタート時に 7.2×10^5 PFU であったのが 10分後には 3.3×10^5 PFU、20分後には 1.8×10^5 PFU と、**10分でおおよそ半分、20分で 1/4 に減少した**。

ただし、光触媒により不活化したかどうかは、光触媒を塗布していないフィルターも使用して比較を行う必要がある。

実環境は 370L のチャンバーよりもずっと体積が大きい、エアロゾルはガスなどと異なり気流が無ければ余り遠くまで拡散しない事が知られている。人と人の間に設置する事を考慮するとたとえば机の上の直径1mの半球の体積は 262 L 程度になり、現実的な実験と言える。



フィルターでキャッチすることは出来ない、長時間空中に浮遊するエアロゾルに含まれるウイルスも除去できることが示唆された。

東芝「ルネキャット」のSARS-CoV-2 に対する効果

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

製品の無償提供を行った医療機関

2020/5/1 に大阪府放射線診療技師会への製品提供を皮切りに、大阪府健康医療部長の藤井様に大阪府の感染症患者受入れ指定医療機関向けに周知頂き、多数の製品を無償提供致しました。 2020/7/29 までに合計 ひかりクリーナー 144台、マスクリーン S 70台、マスクリーン 4 76台

○【大阪】大阪府 診療放射線技師会
マスクリーン 4、ひかりクリーナー を各10台

○医療法人 仁誠会 奈良セントラル病院
マスクリーン 4 1台

○健康医学協会附属 東都クリニック
マスクリーンS 1台、ひかりクリーナー 2台

○医仁会武田総合病院 放射線科
ひかりクリーナー 3台

○慶応義塾大学病院
マスクリーン 4、マスクリーン S、ひかりクリーナー 各10台

○【大阪】大阪市立大学医学部附属病院
マスクリーン 4、マスクリーン S 各10台

○【大阪】大阪府立病院機構 大阪はびきの医療センター
マスクリーン 4、マスクリーン S、ひかりクリーナー 各10台

○【大阪】国立病院機構 近畿中央呼吸器センター
ひかりクリーナー 12台

○【大阪】地方独立行政法人 りんくう総合医療センター
ひかりクリーナー 18台

○【大阪】国家公務員共済組合連合会 大手前病院
マスクリーン 4、マスクリーン S、ひかりクリーナー 各5台

○【大阪】社会福祉法人恩賜財団済生会 大阪府済生会 中津病院
マスクリーン 4、マスクリーン S、ひかりクリーナー 各5台

○【大阪】日本赤十字社 高槻赤十字病院
マスクリーン 4、マスクリーン S、ひかりクリーナー 各5台

○【大阪】医療法人徳洲会 野崎徳洲会病院
ひかりクリーナー 15台

○熊本大学病院 災害医療教育研究センター(熊本豪雨対応)
マスクリーン 4、マスクリーン S、ひかりクリーナー 各5台、殺菌灯 10本

○県立広島病院 呼吸器内科
マスクリーン 4、マスクリーン S 各4台、ひかりクリーナー 8台

○【大阪】内科・小児科・呼吸器内科クリニック やまどり医院(発熱外来)
マスクリーン S、ひかりクリーナー、殺菌灯 各2台

○国立病院機構 大分医療センター
マスクリーン 4、マスクリーン S、ひかりクリーナー、殺菌灯 各4台

○医療法人財団 順和会 山王病院
マスクリーン 4、マスクリーン S、ひかりクリーナー 各1台

