

大阪公立大学 大阪国際感染症研究センター

勉強会 2023年 8月 18日 (金)

@ あべのメディックス 3F大会議室 (ハイブリッド)

# 飛沫除去という新概念を用いた 工学的感染症対策の提案

○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](mailto:akiyoshi-masafumi@omu.ac.jp)

<http://anticovid19.starfree.jp/>



# なぜ感染制御研究を？



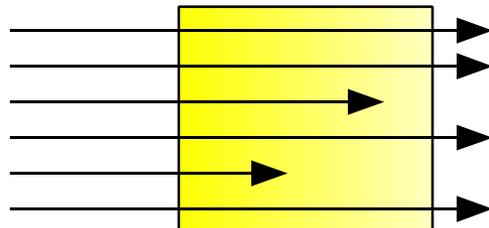
非密封のRI(放射性同位元素)を取り扱う上での汚染拡大防止と、感染制御は共通点が多い。

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。

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

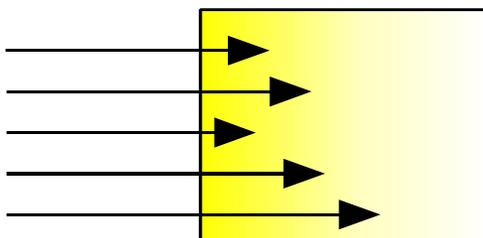
$$H_p(0.07) \leq 10 H_p(10)$$



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)。

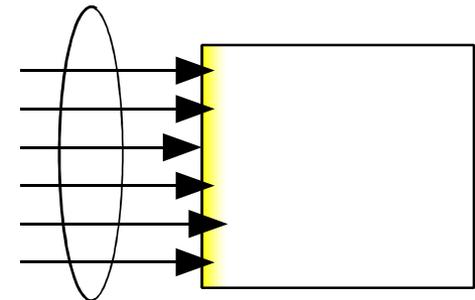
低エネルギーX線



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/m<sup>2</sup>)で評価。

# 放射線の被ばく

## 酸素呼吸によるエネルギー生成、紫外線や様々な化学物質

# がんを防ぐ体のはたらき

放射線が直接DNA鎖を切ってしまう直接作用もありますが、6-7割程度が活性酸素による間接作用です。



偏った食事や過労などのストレスにより、体の防御機能が上手く働かなくなってしまいます。

# 活性酸素などの発生

放射線や紫外線、生きていく上で絶対に必要な酸素呼吸によるエネルギー生産の過程で、化学的な活性の高い、活性酸素などのラジカルが発生します

活性酸素などがDNAと反応すると、二重らせんの鎖を切断してしまいます。

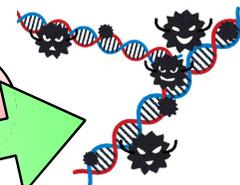
# ビタミン、ポリフェノールや酵素などによる還元

# DNA損傷の生成



# バックアップデータからの修復

# DNA損傷の修復誤り



あまりにもダメージが大きいと、完全に修復しきれなくなり、修復の際にミスが起こることがあります。

修復ミスが残ると、一部の細胞はがん化してしまいます。毎日数千個のがん細胞が発生しており、長い時間をかけて増殖しがんになり成長します。刺激物などによる炎症はがん化を促進します。

野菜や果物に含まれるビタミンやポリフェノールや体内で作られる酵素には、活性酸素を還元し無害にする働きがあります。



# 修復を断念して死を選ぶ

# がん細胞の発生



DNAはお互いペアとなる分子が1組となり2重のらせん構造を持っているため、片方の鎖が切れてももう片方のデータをコピーすることで修復することができます。また、2本とも切れてしまった場合でもほとんどの場合で修復できる働きがあります。



あまりにもダメージが大きいと、完全に修復しきれなくなり、修復が無理だと判断した細胞は自ら死を選ぶことで、間違った遺伝情報が残らないようにします(アポトーシス)。人の体は37兆個といわれる沢山の細胞で出来ていて、毎日沢山の細胞が死んで、また新しく生まれて機能を維持しています。

# 免疫細胞による攻撃



NK細胞(ナチュラルキラー細胞) 全身をパトロールし、がん細胞やウイルス感染細胞などをみつけ攻撃する。

# がん細胞

体の中には病原菌やウイルス、がんを攻撃する様々な免疫細胞がはたらいています。その中の一つナチュラルキラー細胞(NK細胞)はがん細胞を狙い撃ちすることが出来る細胞です。笑うことによって活性化する一方、ストレスに弱いことが知られています。免疫細胞の働きで、体内で発生した変異細胞のほとんどが摘み取られています。

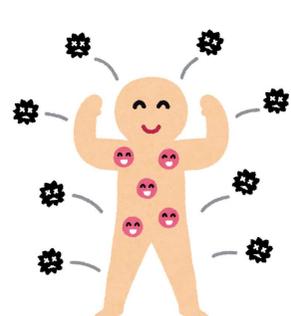
# がん細胞の悪性化

# 放射線治療



逆に、大量の放射線のがんに集中的に照射することで、がん細胞を殺してしまう治療法があります。

# バランスの取れた楽しい食事 健康な体を保ちましょう!



# → 医療のコーナーをチェック!

それぞれの役割を持つ免疫細胞達は、体の中に入ってくるさまざまな細菌やウイルス、そしてがん細胞と、毎日戦い続けて、健康な体を守っています。

## 免疫細胞たちの活躍



学校の授業、身体の中のことを教える機会、医療施設での各種説明、及びそれらに類似する場などで、「はたらく細胞」で擬人化された細胞たちや細菌等の画像の一部を無償で利用することができます。

### 白血球 (好中球)



外部から体内に侵入した細菌やウイルスなどの異物を食べて排除する(食食)。好中球は血液中の白血球の半数以上を占めており、最前線で真っ先に侵入者と戦う自然免疫の細胞。多種類の異物、病原体の分子に反応することができるが、特定の病原体に繰り返し感染しても、自然免疫能が増強することはない。

### ナチュラルキラー NK細胞



全身をパトロールし、がん細胞やウイルス感染細胞などを見つけ次第攻撃する自然免疫細胞。自分でがん細胞を判別することができるためがん細胞への攻撃力が特に強い。笑うことによって生じる神経ペプチドによって活性化する一方で、ストレスによるホルモンで活性が低下する。

### マクロファージ



細菌などの異物を捕らえて殺し、抗原や免疫情報を見つけ出す。がん細胞を発見すると、それを食べて確認して、ヘルパーT細胞に伝える。殺傷能力が高く、死んだ細胞や細菌を片付ける役割も有している。

### 樹状細胞



体内に侵入してきた細菌や、ウイルス感染細胞などの断片を抗原として提示し、他の免疫系の細胞に伝える役割を持つ。その名の通り周囲に突起を伸ばしている。

抗原情報の提示

### ヘルパーT細胞



外敵侵入の知らせを受け、敵の情報をもとに、的確に攻撃できるように戦略を決める司令官。マクロファージや樹状細胞からもらった抗原情報を基に、キラーT細胞やB細胞をその抗原に合わせて活性化する。

初めて対応する抗原に対しては、抗原情報の獲得、分析、活性化、抗体の生産までに、2~3日かかってしまいます。一度対応した抗原は記憶されており、次回から素早く反応します。

毎日これらの敵と戦っています!



### キラーT細胞



ウイルス感染細胞、がん細胞などの異物を認識・破壊する殺し屋。抗原情報を受け取ったヘルパーT細胞の命令(サイトカインの分泌)によって活性化して出動する。一度出動したあとは、記憶T細胞が残り次回素早く反応する。

### B細胞



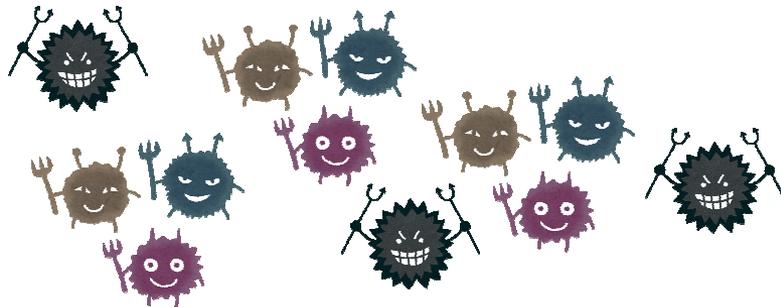
細菌やウイルスなどそれぞれ異なる抗原に対し、抗原特異的な抗体(免疫グロブリン)というオーダーメイドの武器を作って戦うリンパ球の一種。一度抗体を作ると記憶B細胞が残り次回の侵入時に素早く抗体を作ることができる(いわゆる免疫の獲得)。

活性化

# 「感染」とはどういった状態か

菌やウイルスなどが体内に入ると直ちに感染するかというそうでは無く、自然免疫や獲得免疫の働きで常に攻防が繰り広げられており、あまりにも侵入した病原体の数が多く、防衛が間に合わずに体内で増殖し、症状が出たりPCR検査などによって検知できるレベルにまで数が増えた状態を「感染」と呼ぶ。

どれぐらいの数を取り込むと感染に至るのかは病原体によっても異なり、個々人の免疫の状態、どのような形で取り込んだのかの物理的な状態によっても異なるが、一匹でも取り込んでしまうと感染する、と言うことは無い。逆に、ワクチン接種により獲得免疫が得られていてもあまりにもたくさんのウイルスが侵入すると感染してしまう。

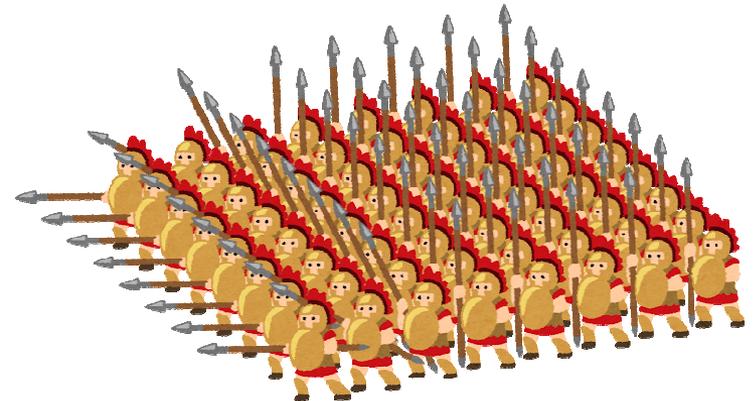


自然免疫

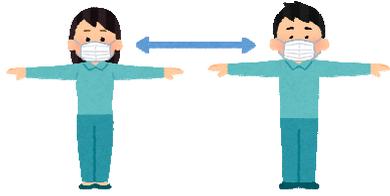


獲得免疫

**数と数のぶつかり合いなので、取り込む数を減らすことが重要。**



ソーシャルディスタンス



# 感染拡大の原因と三密とは？



うちで過ごす

~~密集~~



マスクをしよう

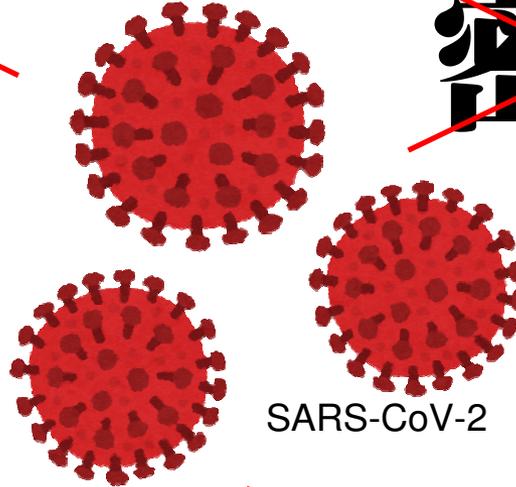
エアロゾル



換気をしよう

~~密閉~~

飛沫



SARS-CoV-2

5 $\mu$ 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~~



手を洗おう



消毒しよう

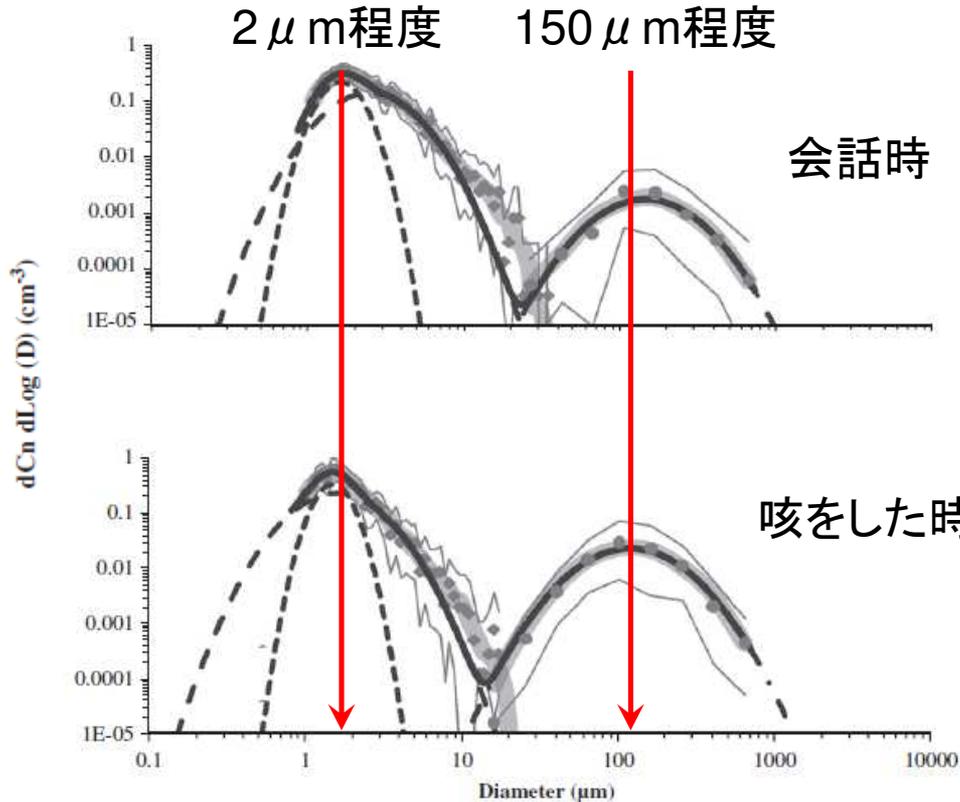
表面への接触

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。

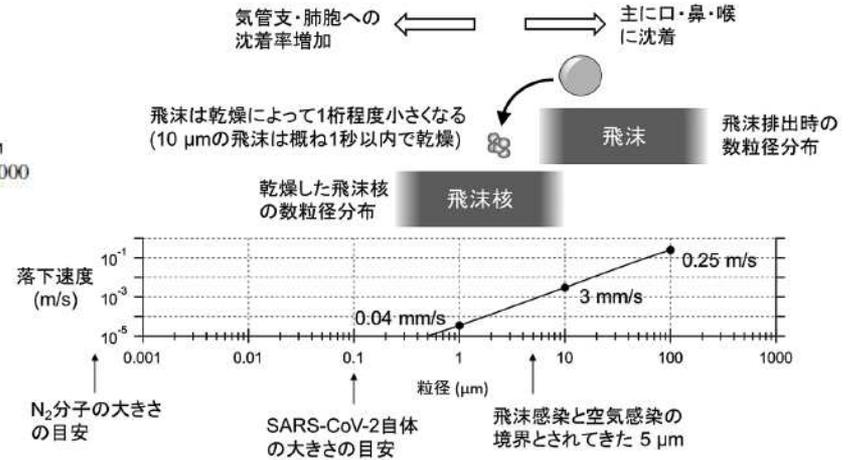
口腔から放出される5 $\mu$ m以上の液滴。  
感染者から2m程度の範囲で飛散。  
マスクを付けていても20%程度が放出  
される。

# 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  $\mu\text{m}$ 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  $\mu\text{m}$ 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。

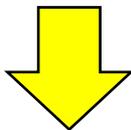
G.R. Jhonson et al., Modality of human expired aerosol size distributions, J. Aerosol Science, 42(2011)839-851.



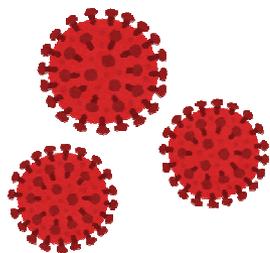
竹川 暢之, エアロゾルと飛沫感染・空気感染, エアロゾル研究, 36(2021)65-74.

# 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)



うがいしよう

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)。

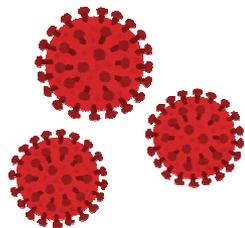
## 人の居ない空間への紫外線照射

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(2)

飛沫が物体表面にばらまかれて乾燥

~~密接~~

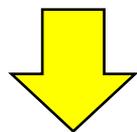


手を洗おう



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。

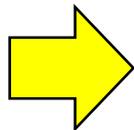
共有物品表面への光触媒や、銅・銀などの金属微粒子の塗布

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。

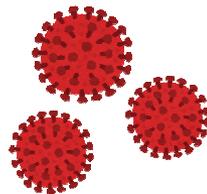
最も簡単には、銅箔テープの貼付けなどでも一定の効果がある。

## 新型コロナウイルスへの工学的対抗策の検討(3)

~~密集~~

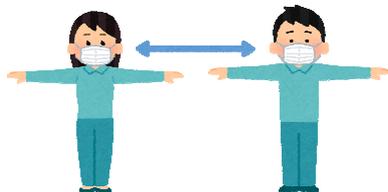


飛沫



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

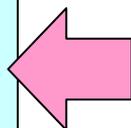
大きな液滴に大量のウイルス

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。

### 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、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。



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

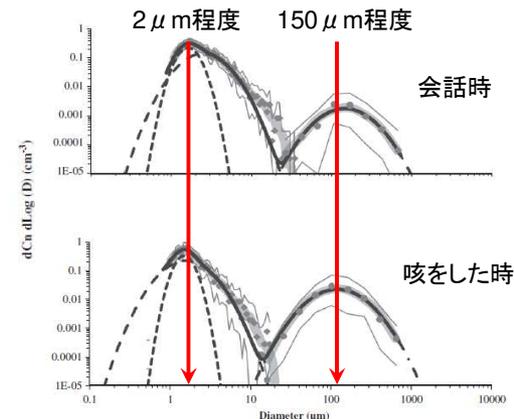
医学的には口腔から放出される $5\mu\text{m}$ 以上の液滴を**飛沫**と呼び、それ以下の物を**エアロゾル**と呼ぶが、 $5\mu\text{m}$ を境に急に物性が変化するわけではなく、落下速度などは連続的に変化する。

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。

様々な報道に於いて**飛沫による感染リスクを軽視**する意見が出ている。マスクやパーティションなどの対策をした上で**残るリスクがエアロゾル**というのは賛同できるが、そういった前提条件無しに軽視することは市民に誤ったメッセージを送ることになる。また、マスクをしていても一定の割合で飛沫は漏出し、吸い込む側は隙間からほぼフリーパスで吸入される。また、飛沫が乾燥して出来る飛沫核がエアロゾルとなる場合や、落下した飛沫が接触感染や飲食物に付いた場合経口感染のリスクとなる可能性も無視できない。

なお、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(\*)。

(\*) 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。

# パーティションの有用性

これまでマスク以外の飛沫対策として一般にはアクリル板などのパーティションの設置が行われおり、内閣官房新型コロナウイルス対策推進室が取りまとめた政府の感染予防対策でも飲食店におけるパーティション設置が強く推奨されている。

しかしながらその飛沫を防ぐ効果について実験的データは少ない。また換気を行う気流を妨げる要因となることも以前から指摘が成されている。さらに、コミュニケーションが困難になるため設置が困難な場合もあり、パーティションの有用性とその弊害を改めて検討する必要がある。



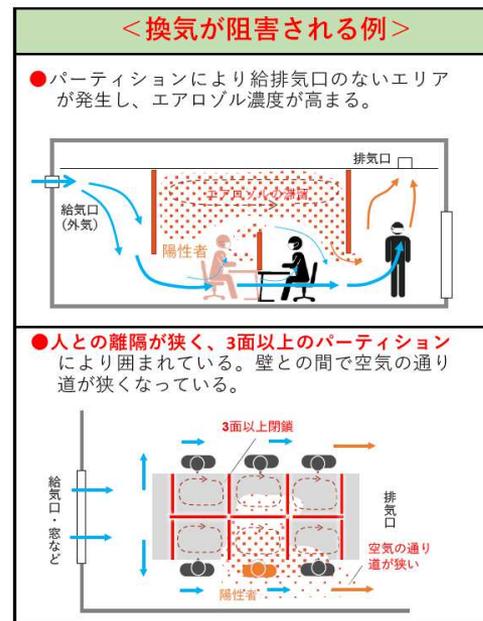
一般的なパーティションの設置例



パーティションをあえて設置していない例

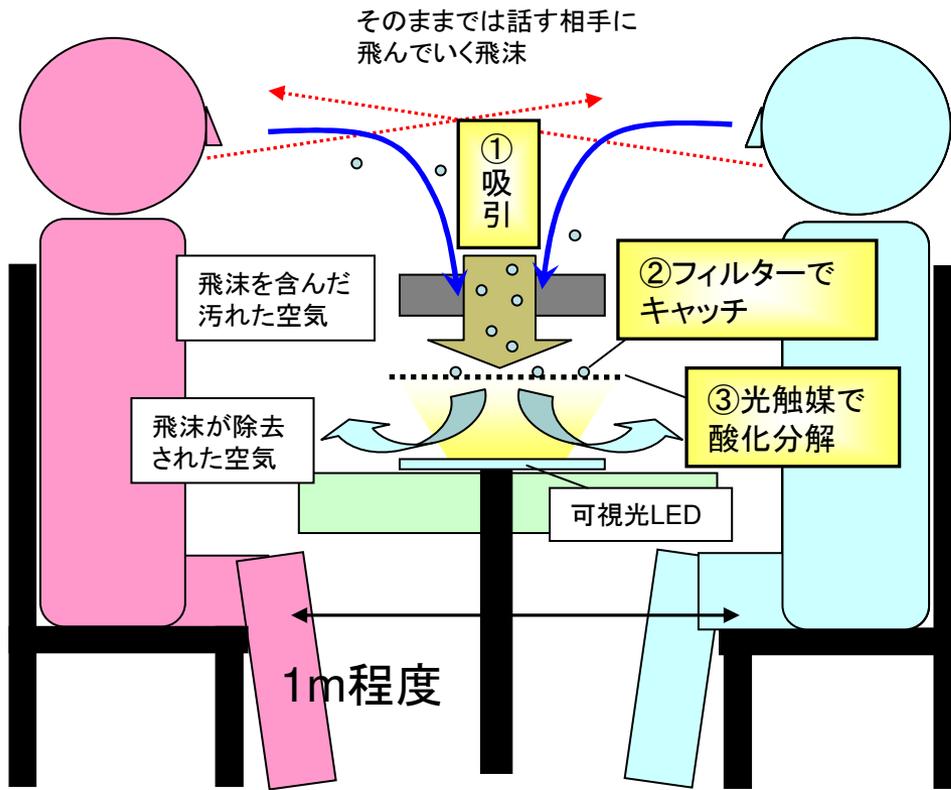


パーティションの設置に意味がない例



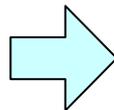
新型インフルエンザ等対策推進会議 基本的対処方針分科会  
2022/7/14 第28回会議資料より

マスクやパーティションは飛沫拡散防止に効果を発揮しているが、同時に声の伝播も一定に妨げてしまう事はこれまで大きな問題になって来なかった。しかし、此処に来て高齢者の会話の聞き取りや意志疎通に大きな弊害を与えている事が徐々に社会問題として認知され出している。その為、やむを得ずパーティションを撤去しているのが左の真ん中の図のケースとなる。その他、快適性の観点からパーティションを撤去した飲食店も徐々に増えてきている実態がある。しかしながら、それらの飲食店がパーティションの代案となる感染対策を適切に施しているかと問われれば、多くの場合で同意する事は難しい。



サブミクロンの飛沫をキャッチしようとする  
とHEPAフィルターなどの高性能フィル  
ターが必要で、十分な吸引を行うため  
には高出力のファンが必要となり、騒音のた  
め人のそばには置けない。

サブミクロンのエアロゾルは  
キャッチしないという割り切り



**飛沫除去に特化した小型飛沫除去装置  
というコンセプトを実現**

## ① 吸引

発生源と対象者の間にひかりクリーナー  
を設置した場合、口の高さ程度を飛ぶ  
 $5\mu\text{m}$ 以上の飛沫を1/100程度にまで吸  
引除去

## ② フィルターでキャッチ

吸引した $5\mu\text{m}$ 以上の飛沫については、  
ほぼ完全にフィルターでキャッチ

## ③ 光触媒で酸化分解

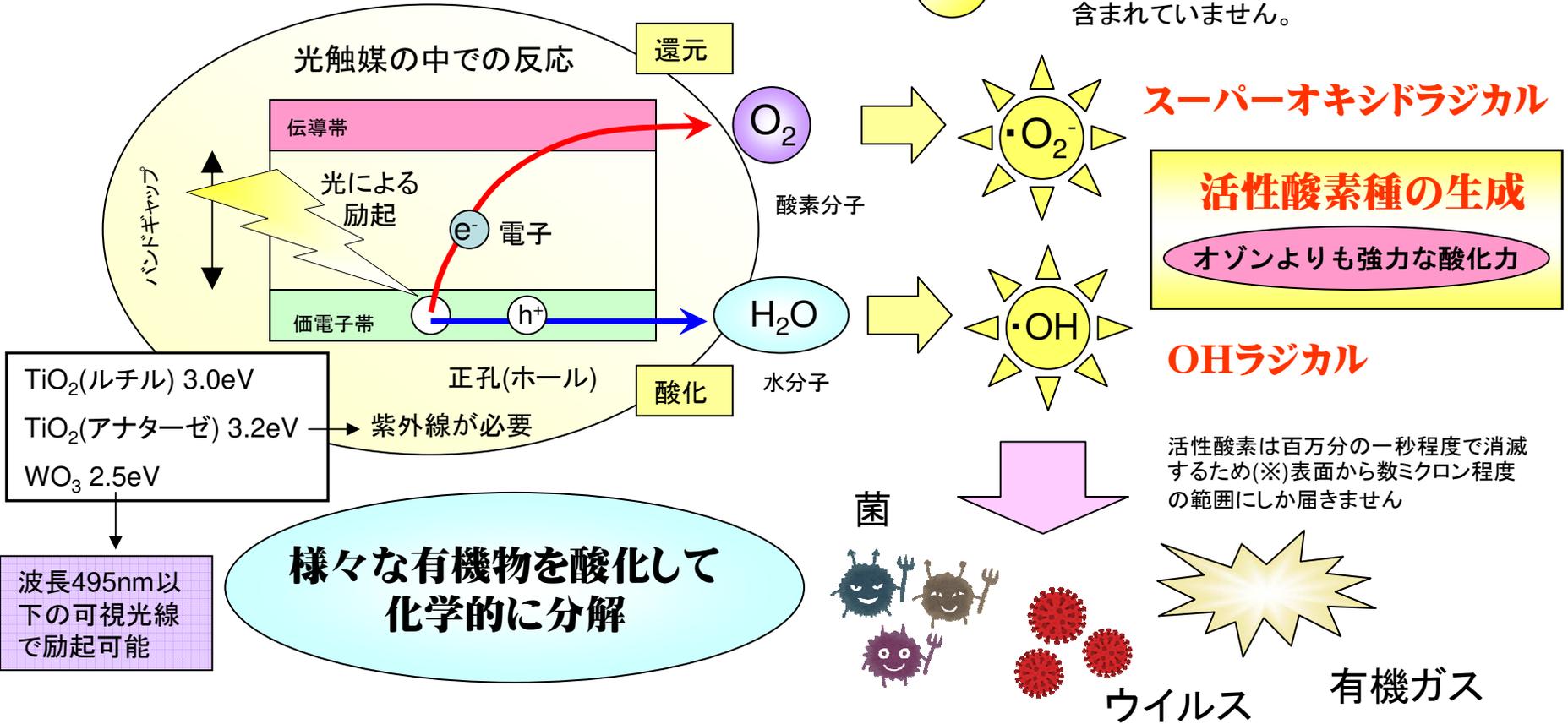
紫外線を放出せず安全な高輝度可視光  
LED と、可視光応答光触媒を使用した  
無機材質ベースの高性能フィルター(特  
許出願準備中)により、高い酸化分解力  
を実現。フィルターではキャッチできない  
エアロゾル中のウイルスについても除去  
できることを確認。

# 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。



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

# 人と人の間に設置するための要件

## 安全

ひかりクリーナーでは三酸化タンゲステンベースの光触媒と、440nm程度にピークを持つ青色LEDと黄色い蛍光体の組み合わせの一般的な**可視光LED**を使用しており、**紫外線は一切放出していないため、漏れ光が目に入っても安全です。**

## 静音

ひかりクリーナーではエアロゾルまでキャッチするような高性能フィルターは使用せず、**5 $\mu$ m以上の粒径の飛沫の除去に特化**しています。このため強力なファンは必要なく、メーカー公称値19dBの静音ファンを使用することで、**静かな会議室での使用も可能**としました。

## 小型

飲食店などでは限られたスペースのテーブルに、料理のお皿などと共に設置する必要があります。ひかりクリーナーでは十分な吸引力と静音性を兼ね備えた12cmファンを使用しており、**コンパクトにまとめられています。**

## 低価格

窓口やレジ、飲食店のテーブルなど、人と人の間に設置するためには一台だけでなく多数の機体が必要になります。ひかりクリーナーは市販のPC用のパーツを使用するなどコストダウンを突き詰めており、**非常に低価格**での提供を行っています。

# 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」



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。

## 0次元接続: Personal Defense

1ユニット独立での使用



不特定多数との接客現場  
をピンポイントで防衛。

## 1次元接続: Zone Defense

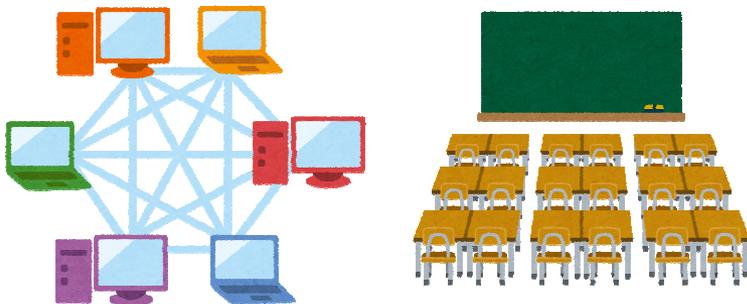
複数ユニットを直列接続して能力拡張



ある程度広い空間を必要  
に応じた出力で防衛。

## 2次元接続: Area Defense

1ユニットを分散して多数配置



広い範囲で密集した教室などの各所に一定間隔でユニットを設置して防衛ネットワークを構築、面制圧を行う。  
(個々の発生源からの飛沫、エアロゾルの到達範囲は狭い)

モバイルバッテリーなどでの駆動も可能で、配線が不要。

## 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。

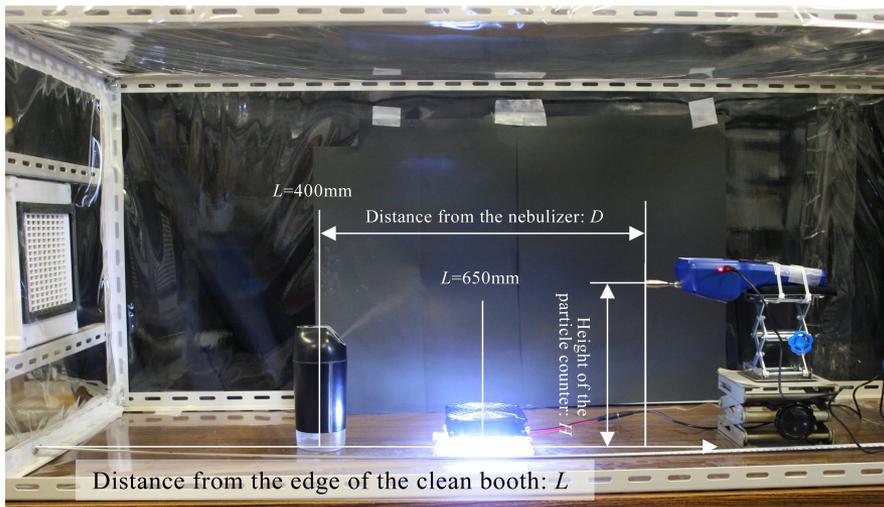
1m 程度の範囲に於いて、口から発声に伴って出た飛沫や、スプレーからの模擬飛沫、エアゾルを模した電子タバコのベーパーなどが吸い込まれていき、なおかつフィルターによってマスクと同じように止められていることが確認出来るかと思えます。



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。

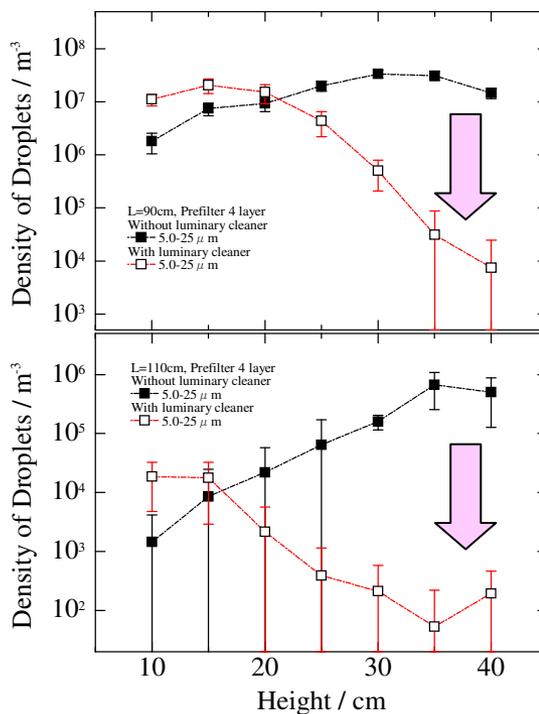
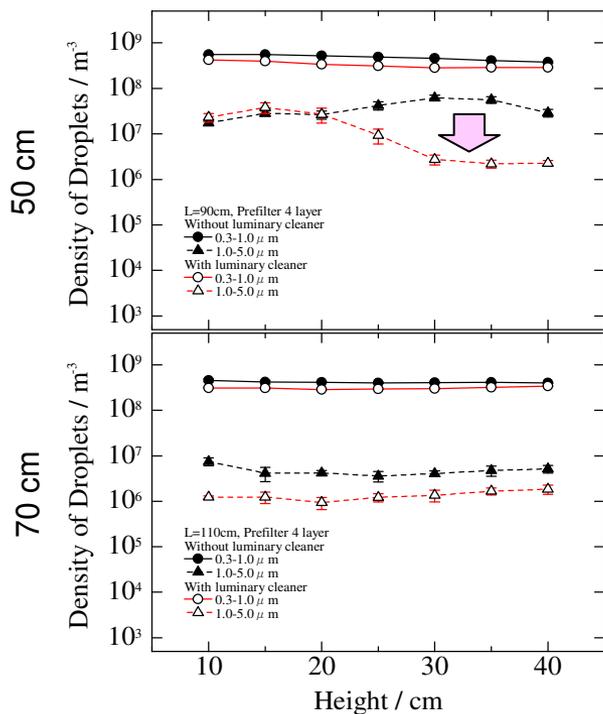


# 空間を飛ぶ飛沫の捕集率



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。

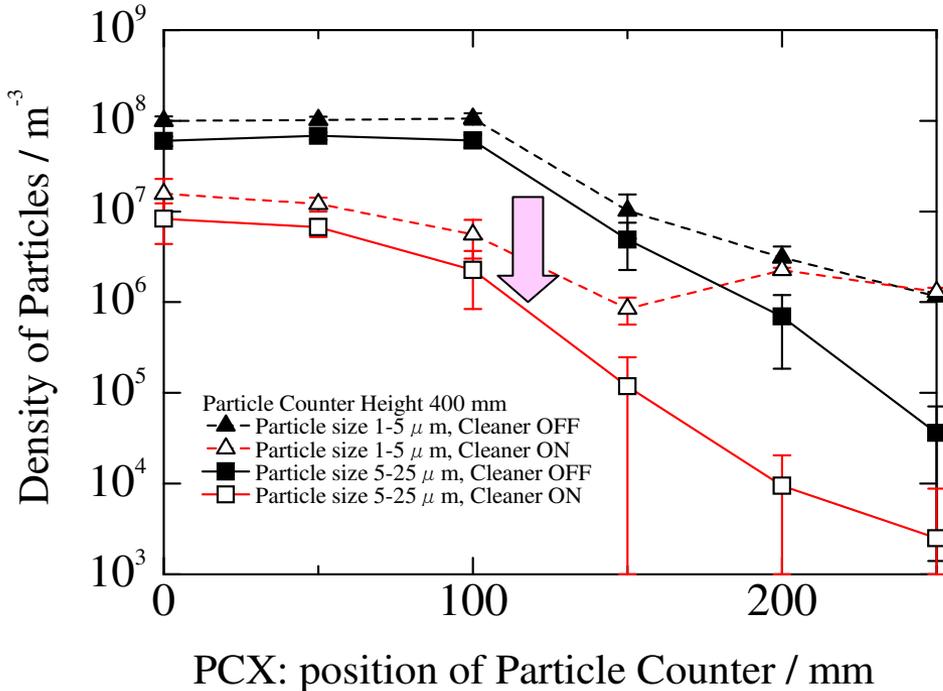
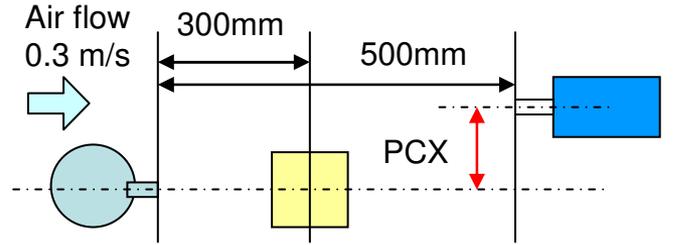
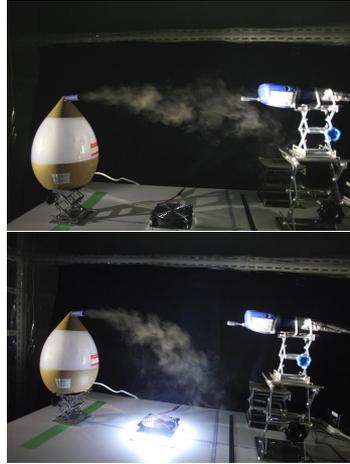
いずれの距離でも、5.0~25  $\mu\text{m}$  の粒径の大きな「飛沫」は、飛沫除去装置の作動によって着席時の顔の高さである40cm程度の高さでは大幅に減少することが確認できた。

0.3~1.0  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$  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



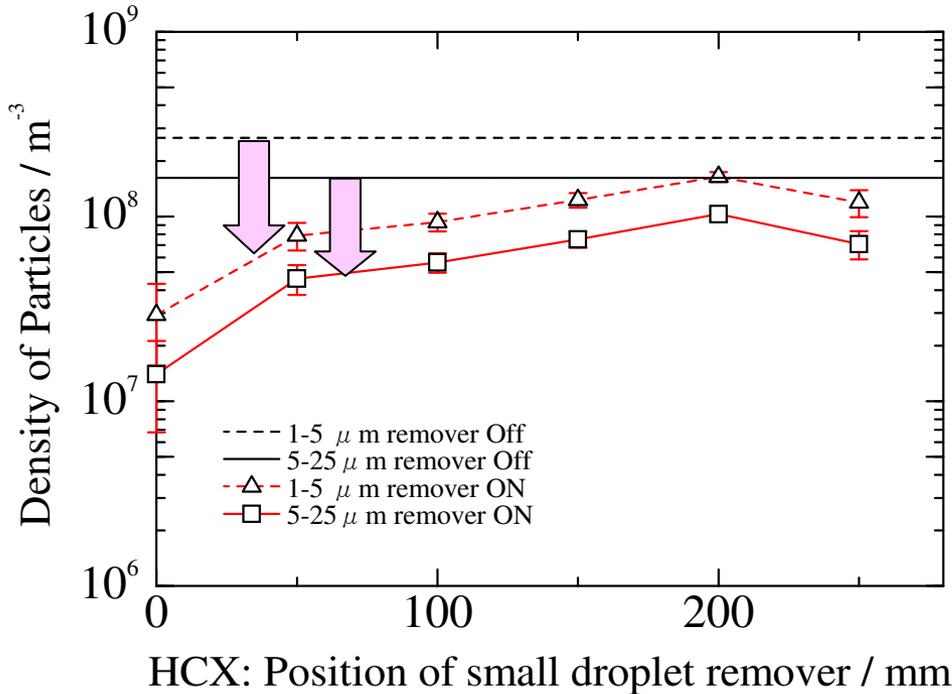
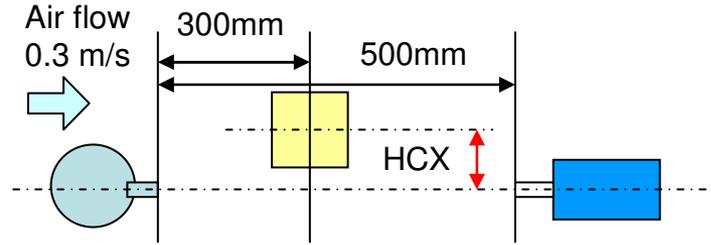
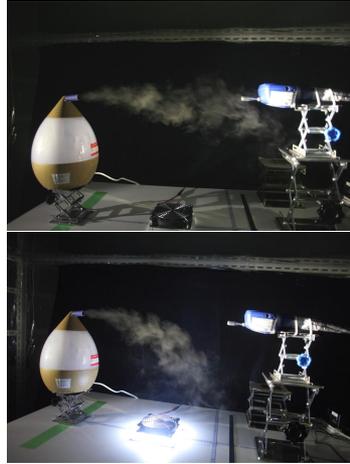
直線的配置だけでなく、対象者が飛沫除去装置からずれた位置にいる場合の模擬を行った。元々大気中を飛ぶ埃の影響を避けるために大型のクリーンブースをセミクリーンルームに設置した。噴霧器に水平に設置したノズルからのミストはHEPAフィルターユニットからの追い風(0.3m/s程度)によってほぼ水平に飛行するよう調整した。噴霧器、パーティクルカウンターとも、着座した際の机面から口の高さ程度である400mmにノズルの高さを設定した。

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ロ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。

# 大型クリーンブースによる飛沫除去性能評価(2)



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



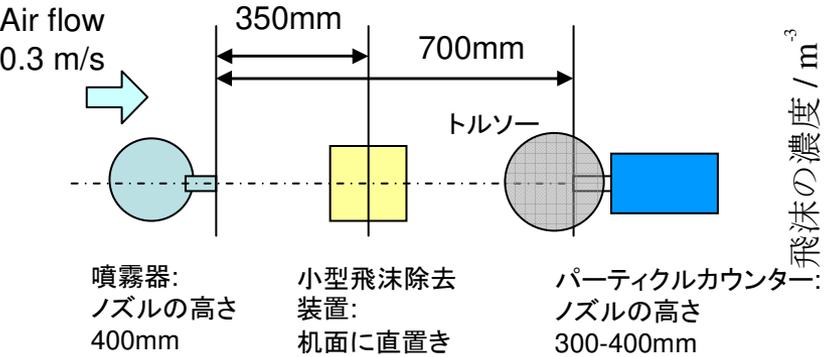
同様に、大型クリーンブースを使用して発生源と対象者を結ぶ直線から小型飛沫除去装置がずれた位置に設置された場合の模擬を行った。5.0 ~ 25 μm の飛沫は、小型飛沫除去装置が中心軸上に設置された場合1/10程度に減少しているが、設置位置が離れるにつれて除去率は減少したが、250 mmまでの範囲で概ね半分程度に減少できていることが確認された。また、口腔から放出されるエアロゾルのピークサイズに相当する1.0 ~ 5.0 μm の粒子も、全く同じ挙動を示す一方、0.3 ~ 1.0 μm の粒子は1割程度の減少に留まった。

# 大型クリーンブースによる飛沫除去性能評価(3)

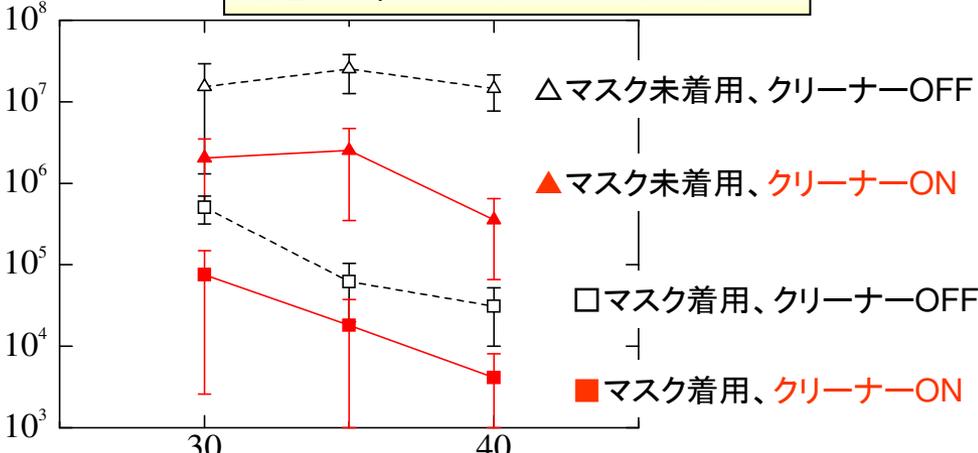


マスク着用が可能なトルソーの後方からパーティクルカウンターのノズルを入れ、一般的な3層不織布マスク着用による飛沫低減効果を検証した。

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)中に設置した実験レイアウト。

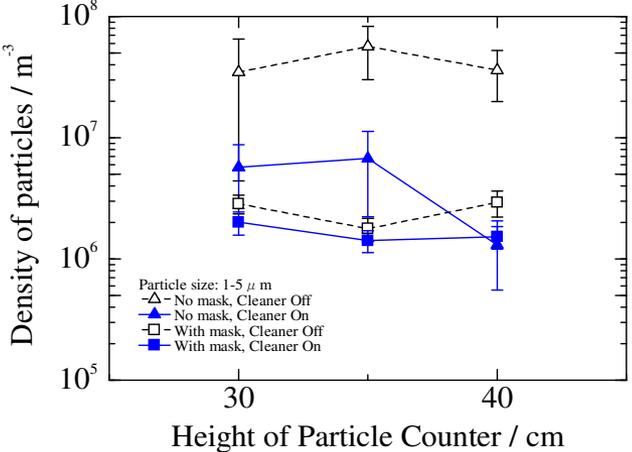


粒径5-25 μm の飛沫に対する測定結果



パーティクルカウンターの高さ / cm

粒径1-5 μm の飛沫に対する測定結果



測定の結果、マスク着用により1-5 μmのエアロゾルに対しては1/10~1/30、5-25 μmの飛沫に対しては2~3桁程度、粒子が除去されることが確認された。マスクを着用した状態で小型飛沫除去装置も使用することで、1-5 μmのエアロゾルに対しては30~50%、5-25 μmの飛沫に対しては70~80%程度、さらに粒子数を低減することが出来た。

# 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  $\mu\text{m}$ 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。

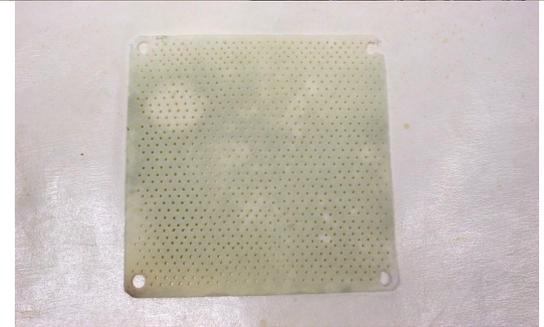
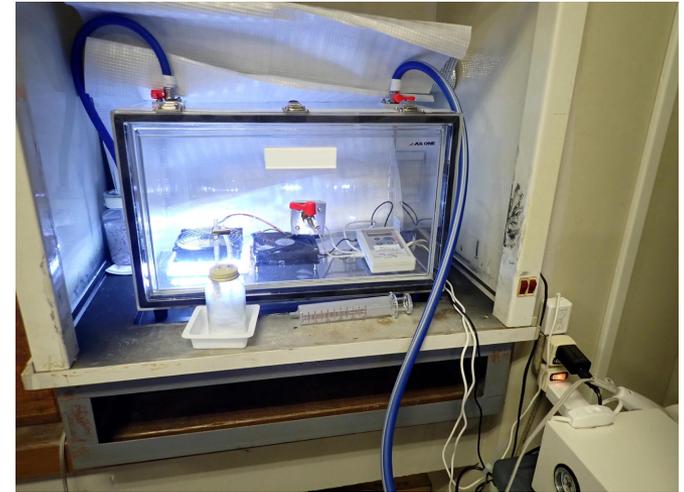
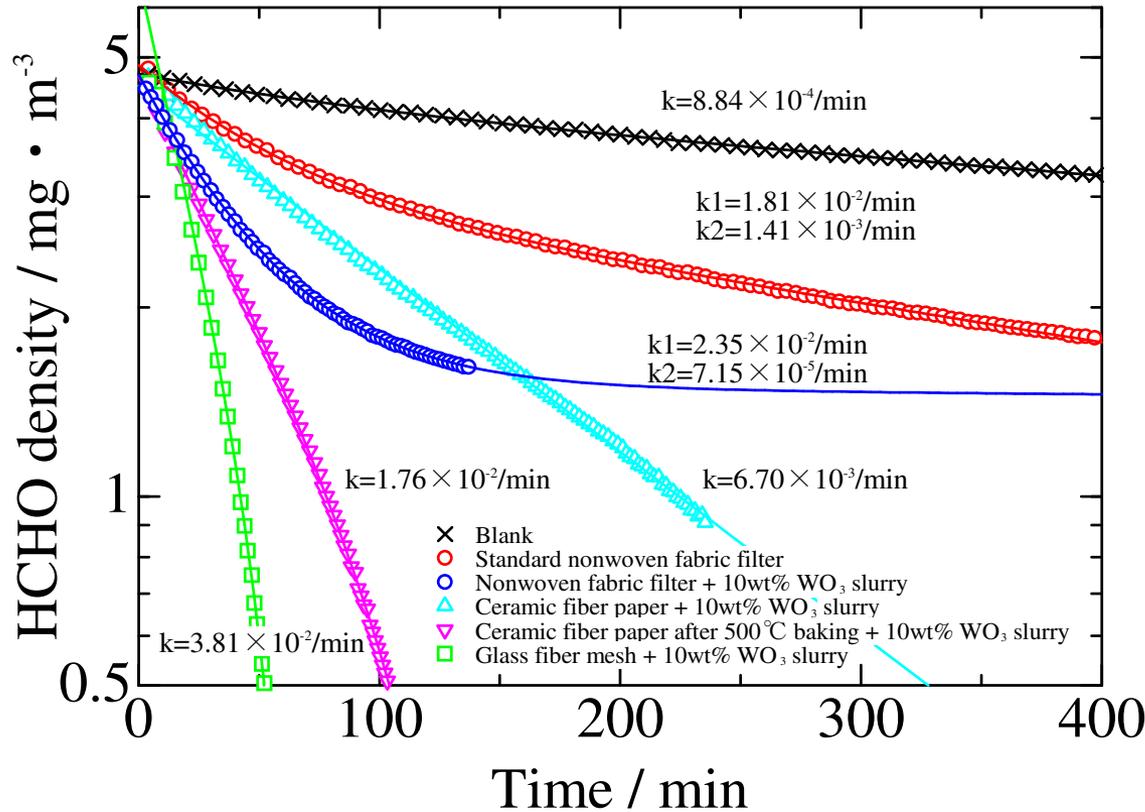
測定条件	Particle Size	上流側 粒子濃度	下流側 粒子濃度	透過率
	$\mu\text{m}$	/ $\text{m}^3$	/ $\text{m}^3$	
目張り無しクリーンベンチ内	0.3~1	7.4E+06	2.7E+06	0.37
	1~5	5.1E+04	1.7E+04	0.34
	5~25	9.0E+02	1.8E+02	0.20
目張りしたクリーンベンチ内	0.3~1	1.2E+04	6.7E+03	0.54
	1~5	1.4E+02	1.8E+01	0.13
	5~25	2.0E+01	0.0E+00	0
目張りしたクリーンベンチ内 加湿器使用(1回目)	0.3~1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

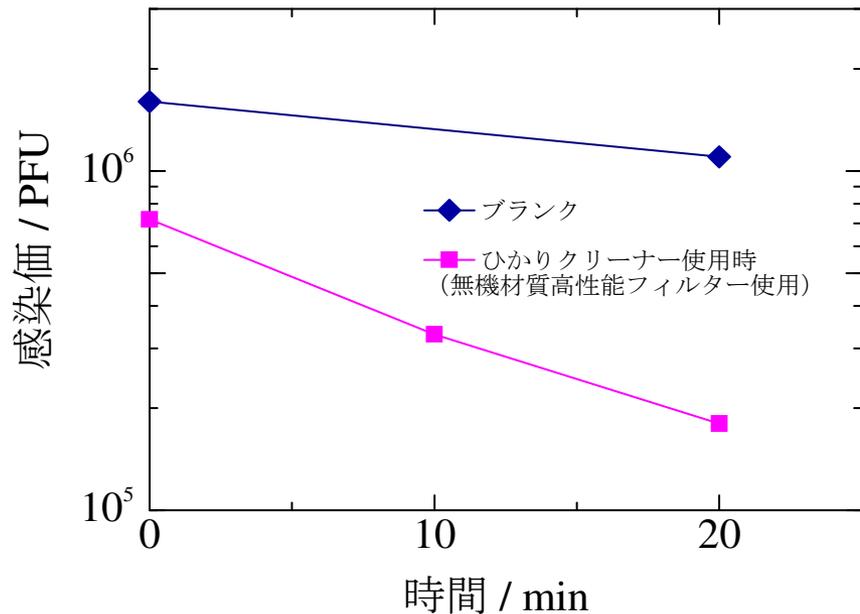
# ひかりクリーナーによるエアロゾル中のウイルス除去

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 $\beta$ 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 $1.6 \times 10^6$  PFUであったのが 20分で  $1.1 \times 10^6$  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  $7.2 \times 10^5$  PFU であったのが 10分後には  $3.3 \times 10^5$  PFU、20分後には  $1.8 \times 10^5$  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

# 可視光応答光触媒によるウイルスの不活化

東芝ルネキヤットウェブサイトより

新型コロナウイルス  
(SARS-CoV-2)

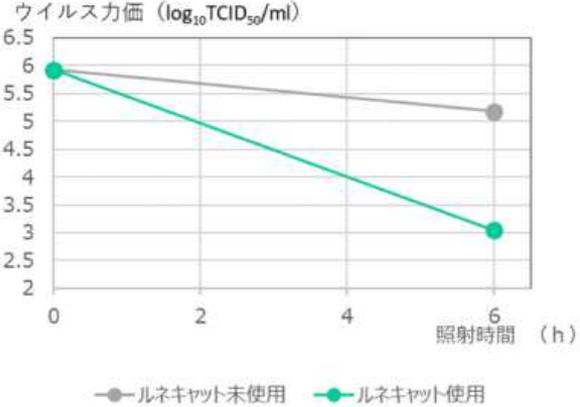
Masashi Uema et al., "Effect of Photocatalyst under Visible Light Irradiation in SARS-CoV-2 Stability on an Abiotic Surface", Biocontrol Science, 26 (2021) 119-125.

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。

# 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

