

日本防菌防黴学会 第49回年次大会  
2022年9月27日 (タワーホール船堀)

# 小型飛沫除去装置による 飛沫感染リスク制御の提案

○秋吉 優史<sup>1) 2)</sup>

1) 大阪公大 工学研究科、2) 大阪公大 国際感染症研究センター

E-Mail: [akiyoshi-masafumi@omu.ac.jp](mailto:akiyoshi-masafumi@omu.ac.jp)

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



# 新型コロナウイルスへの工学的対抗策の検討



紫外線 or 光触媒などで  
滅菌・不活化して再利用

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。



密閉容器内での  
紫外線照射式  
空気清浄機

光触媒式空気清浄機

~~密閉~~

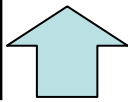
飛沫をキャッチして分解

~~密集~~

エアロゾル

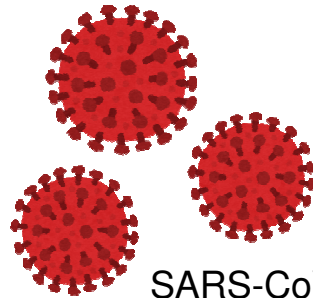
数分間空气中に滞留し、  
広い範囲に拡散しうる。  
喋るだけでも飛散する。  
マスクを付けていても  
50%程度が飛散する。

世界的な  
供給不足



飛沫

感染者から2m程度の範囲。  
マスクを付けていても20%程度が飛散する。



SARS-CoV-2

マスク表面への光触媒塗布

~~密接~~

表面の接触

光触媒は、可視光線での活性の高い  
タングステン系の触媒が望ましい

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

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

表面への紫外線照射

人体の皮膚、眼に紫外線  
が入らないように注意する  
必要あり

共有物品表面への  
光触媒の塗布

手袋、衣類への  
光触媒塗布

光触媒も紫外線も、特定の菌・ウイルスに対して効果が無いという事は報告されていないが、対象によって効果の程度が異なる。

# 飛沫とエアロゾル

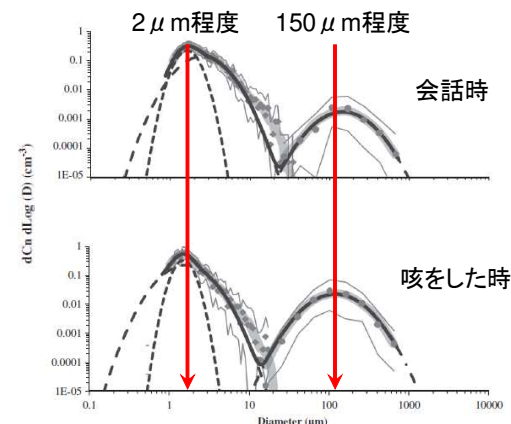
医学的には口腔から放出される $5\mu\text{m}$ 以上の液滴を**飛沫**と呼び、それ以下の物を**エアロゾル**と呼ぶが、 $5\mu\text{m}$ を境に急に物性が変化するわけではなく、落下速度などは連続的に変化する。

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

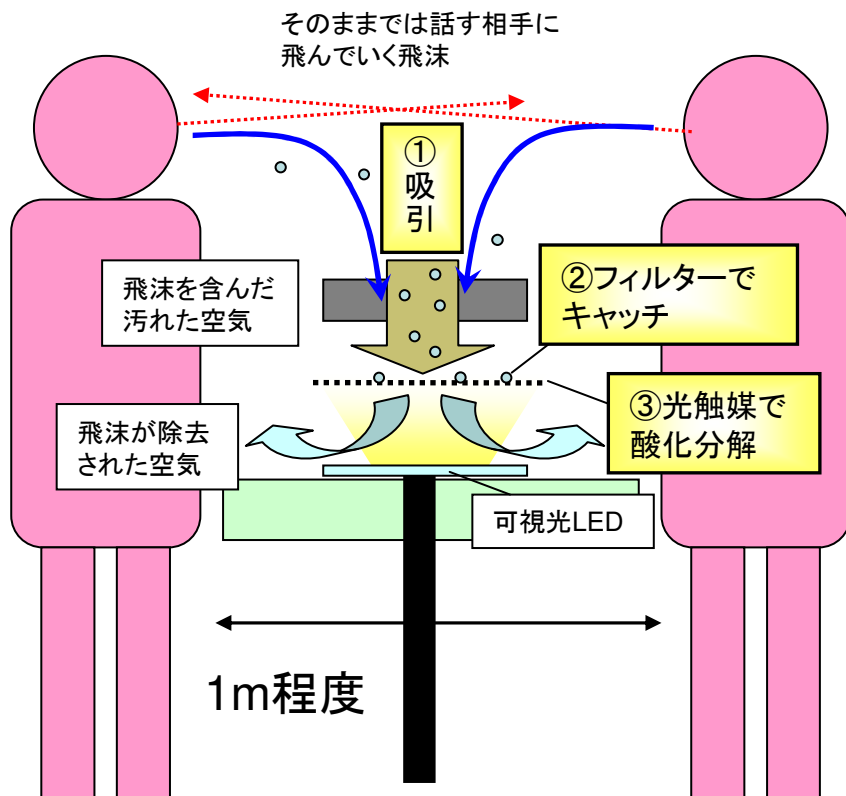
でのクラスターの発生は、マスクをしていない状況ではいかに換気がよくても飛沫感染のリスクが存在することを示唆してる。

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。

# 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



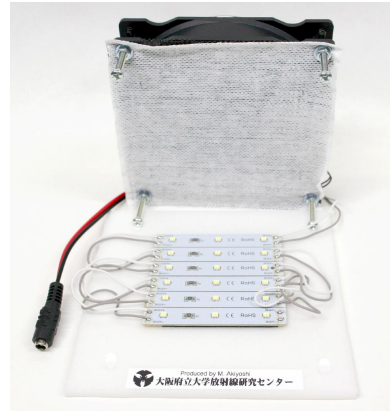
会話によって放出された飛沫は最大で2m程度飛び、マスクをしていても2割程度が漏洩するとの報告もあります。口腔からの飛沫の粒径は、最も数が多いもので150 $\mu$ m程度で、エアロゾルで最も多い2 $\mu$ mの粒子の42万倍の体積があり、含まれているウイルスもその分多いと考えられます。マスクを付けずに近距離で会話をする会食は、お互いにこの大きな飛沫をぶつけ合うことになり、感染リスクが高いと言えるわけです。

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。

# 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。

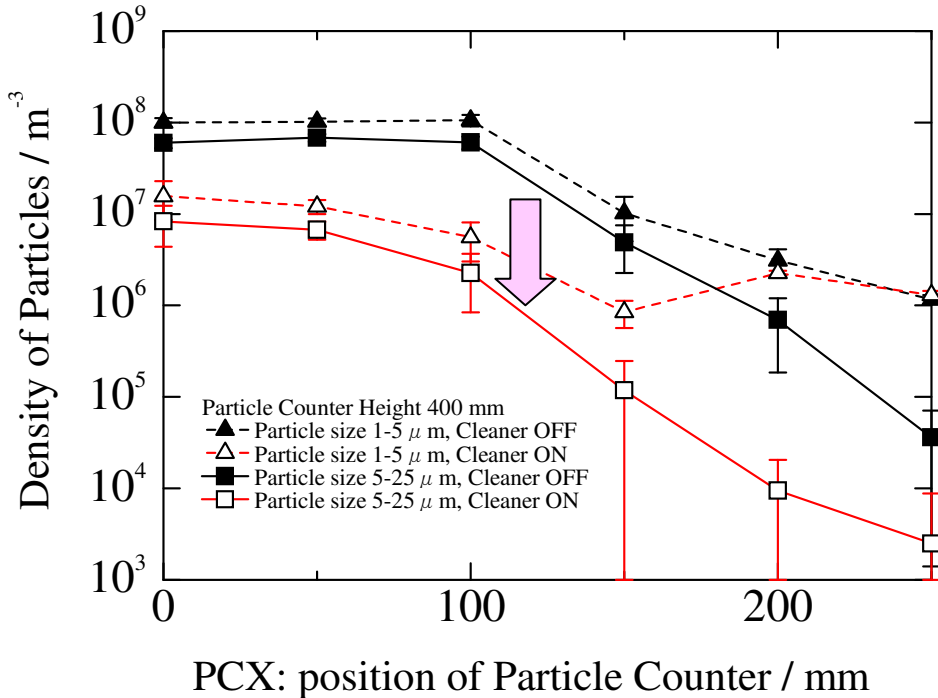
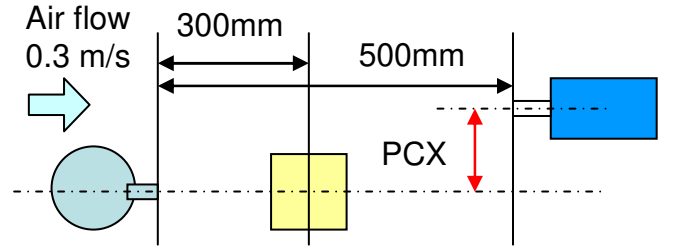
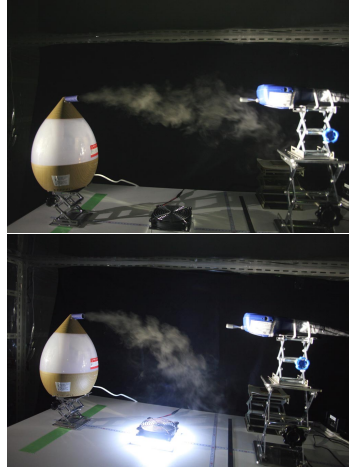
AMED事業で得られた成果を元にした高性能フィルターを使用した製品の産学連携での商品化に向けて、試作機を制作中。本年度中に試験的な提供を目指しています。



# 大型クリーンブースによる飛沫除去性能評価(1)



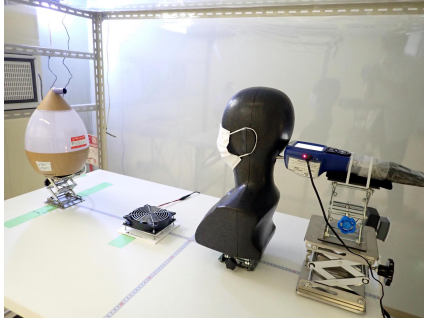
HEPA フィルターを使用した大型  
クリーンブース: 1.5 × 1.5 × 2.4m



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。

## 大型クリーンブースによる飛沫除去性能評価(3)

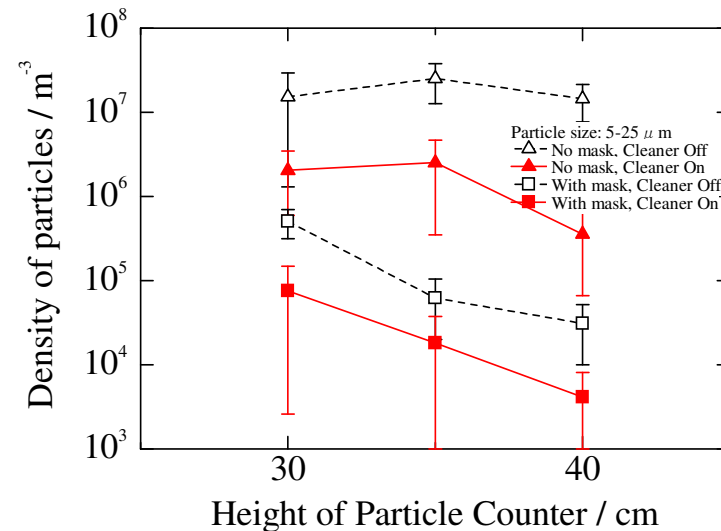
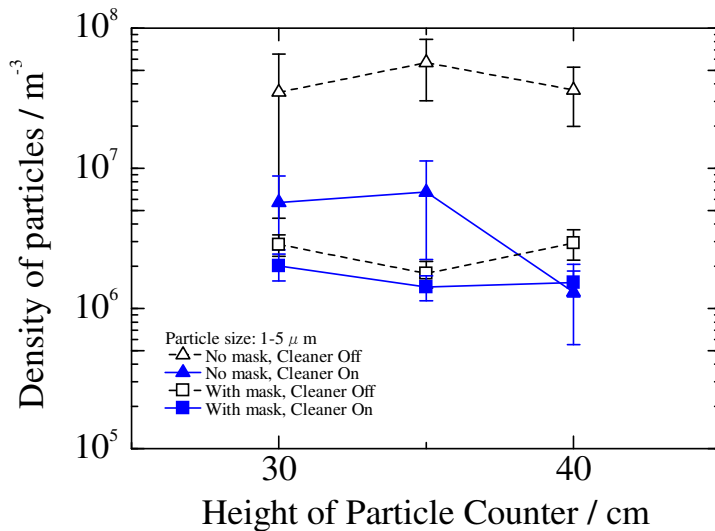


後方からパーティクルカウンター用のノズルを入れ、マスク着用が可能なトルソーを用いて、3層不織布マスク着用による飛沫低減効果を検証した。

パーティクルカウンター用のノズル位置は、ネブライザーノズルからの水平距離700mmで高さは机面から30~40cmで5cmおきに測定を行なった。

小型飛沫除去装置は中心位置がネブライザーノズルから水平距離350mmで机面に直置きした。

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



測定の結果、マスク着用により1-5  $\mu\text{m}$ のエアロゾルに対しては1/10~1/30、5-25  $\mu\text{m}$ 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  $\mu\text{m}$ のエアロゾルに対しては30~50%、5-25  $\mu\text{m}$ 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。

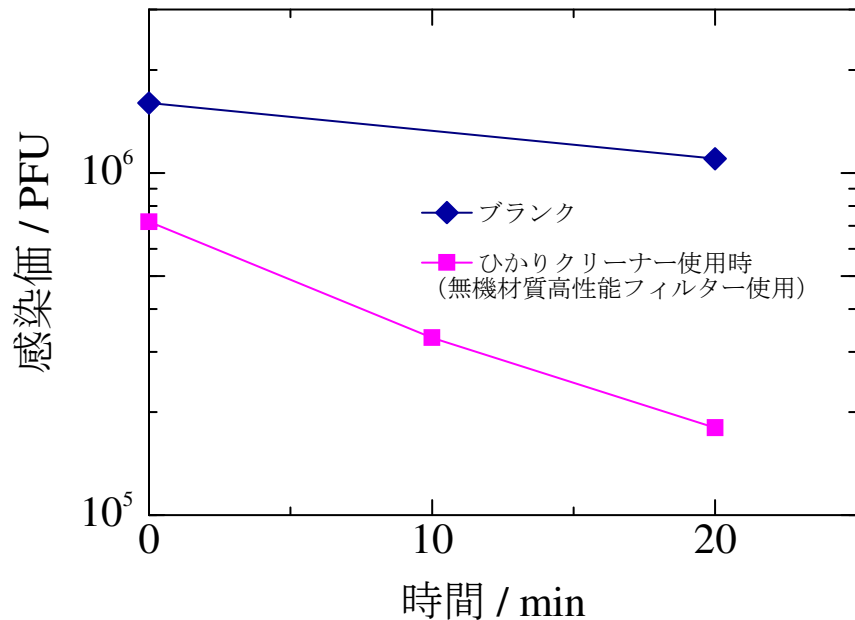
# ひかりクリーナーによるエアロゾル中のウイルス除去

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。

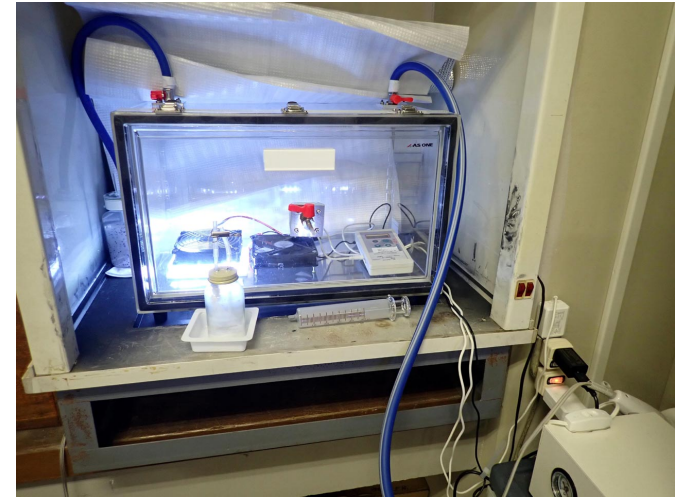
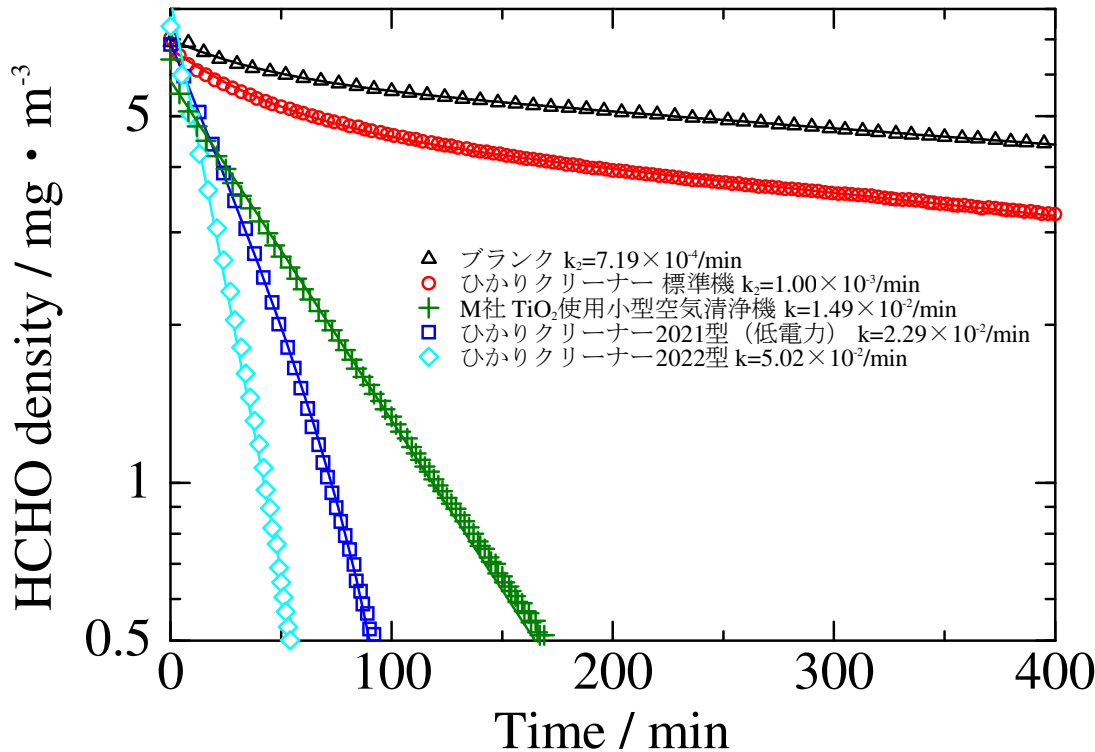
東芝「ルネキャット」のSARS-CoV-2 に対する効果

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



# 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ヒド測定器 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。