第100回日本医療機器学会大会
2025年 6月 13日（金）@ パシフィコ横浜

飛沫感染防止を目的とした小型飛沫除去装置のフィルターメッシュ最適化

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

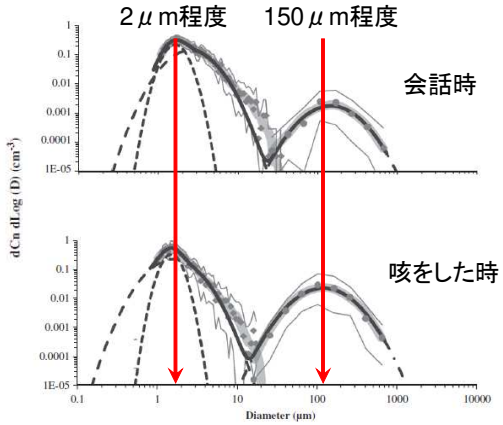
演題発表に関連し、開示すべきCOI関係にある企業などはありません。

E-Mail: akiyoshi-masafumi@omu.ac.jp
https://www.omu.ac.jp/eng/akiyoshi/home/

飛沫とエアロゾル

医学的には口腔から放出される5μm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、5μm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、2μm程度と150μm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。



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

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、そう言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.

- **屋外での飲食（BBQなど）**
- **屋外のスポーツ観戦**

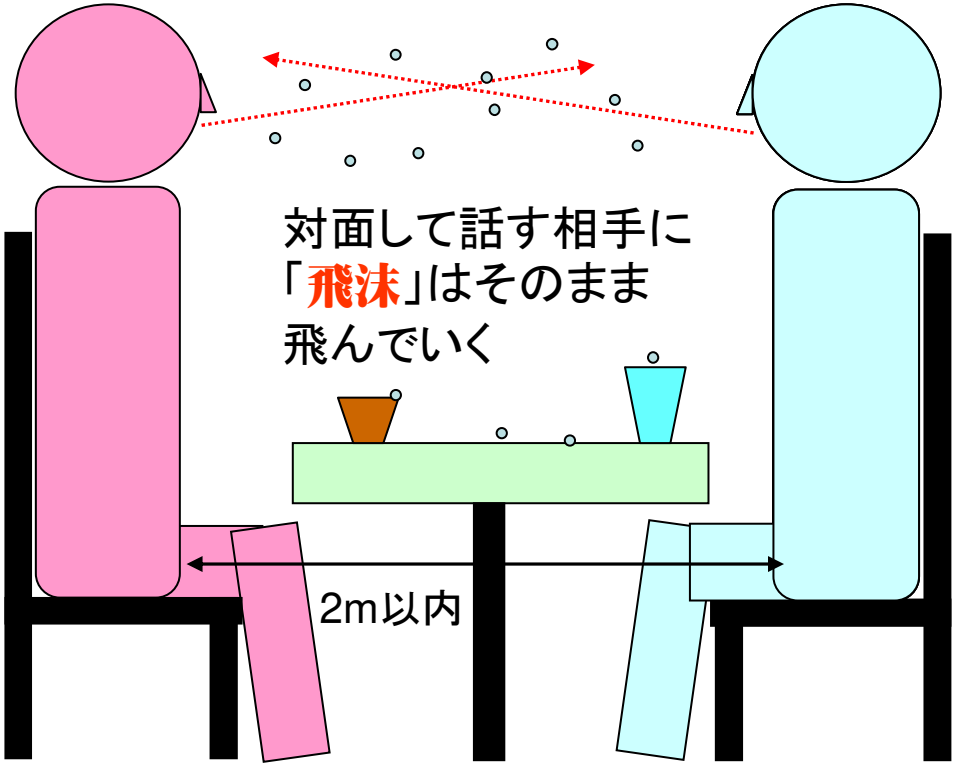
でのクラスターの発生は、マスクをしていない状況ではいかに換気がよくても飛沫感染のリスクが存在することを示唆してる。

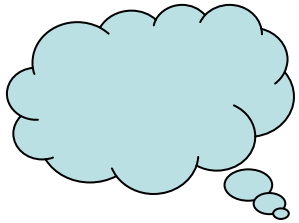
気流、マスクの有無、会話のトーンなど、様々な状況で支配的となるリスクは変わり、対策も変える必要がある。

へやのかたすみ

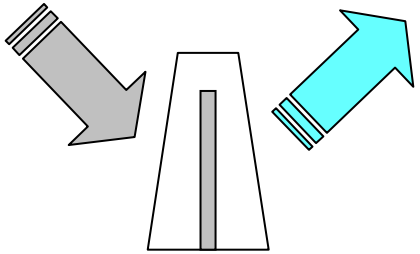
飛沫の飛程より遠くに空気清浄機を設置しても **飛沫除去**には何の意味も無い!

直接相手の呼吸器に入らなかった飛沫も、乾燥して飛沫核になるとエアロゾルとして滞留し、また落下したものも乾燥して接触感染の原因となる。





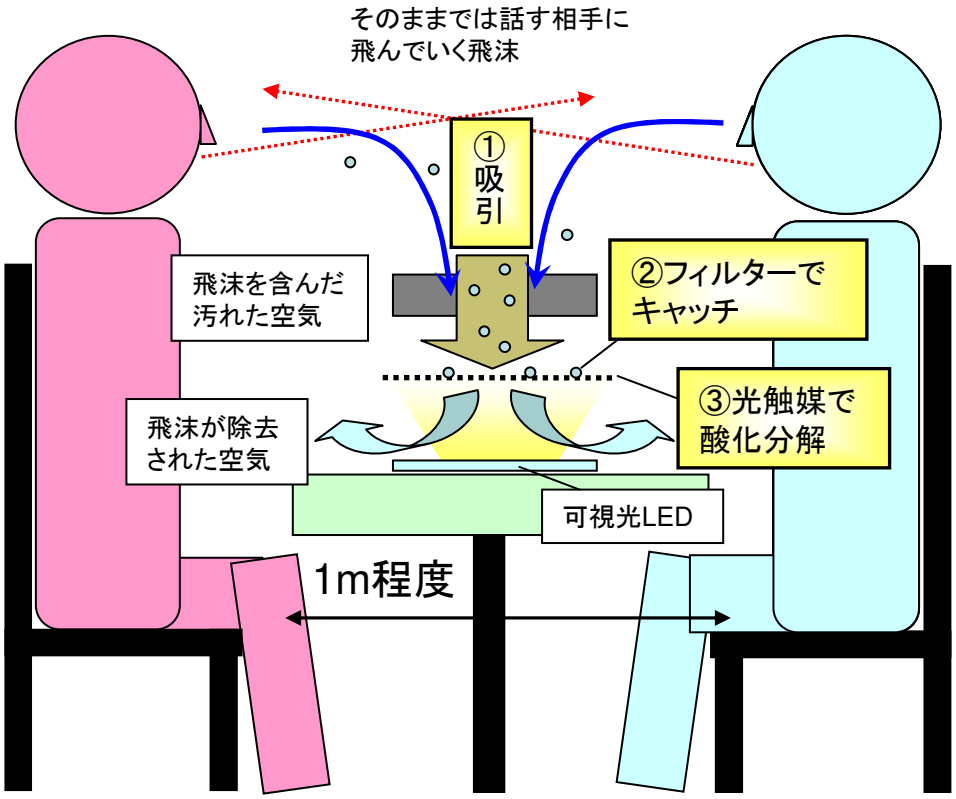
長時間空気中に滞留して拡散する**エアロゾル**は徐々に吸引されて浄化される



従来からある空気清浄機

大型で騒音も大きく

人と人の間には設置できない



サブミクロンのエアロゾル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。

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5μm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5μm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

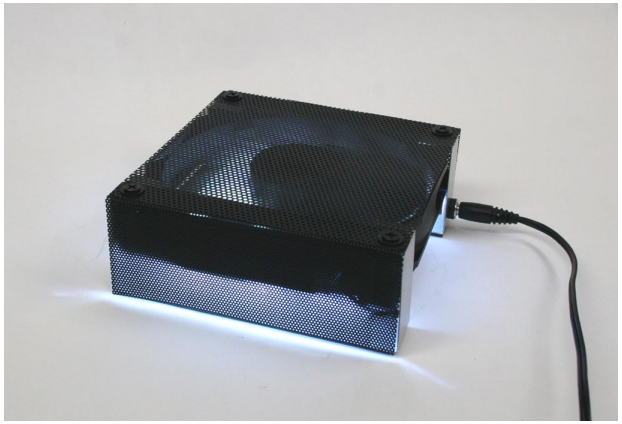
③ 光触媒で酸化分解

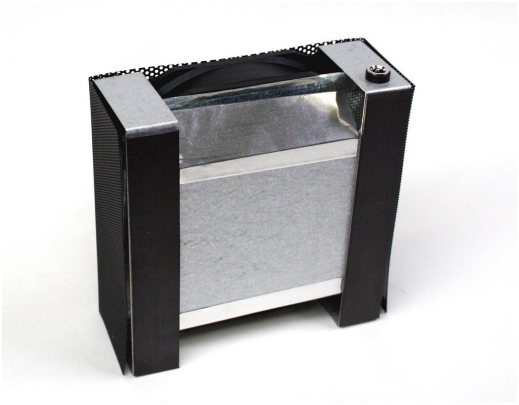
紫外線を放出せず安全な高輝度可視光LEDと、可視光応答光触媒を使用した無機材質ベースの高性能フィルターにより、高い酸化分解力を実現。フィルターではキャッチできないエアロゾル中のウイルスについても不活化できることを確認。

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

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」





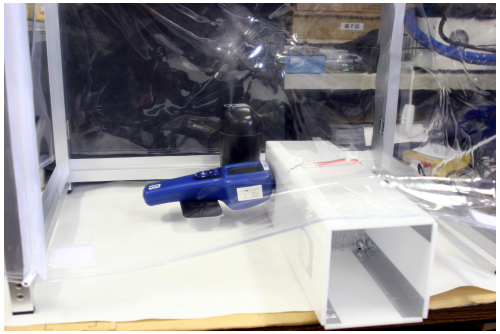
メタルフレームと樹脂メッシュにより見た目を大幅に改善し、持ち運びも可能で、マグネットプレートによりスチール什器壁面への貼付けも可能。

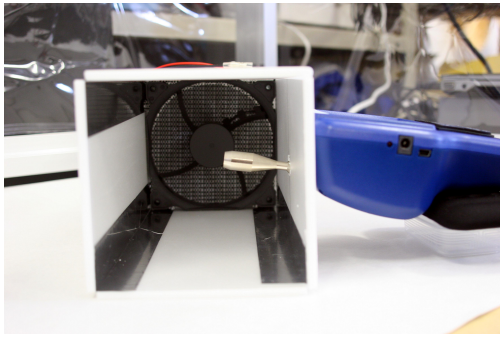
通常は12VのACアダプターで駆動するが、アップコンバーターを使用するとモバイルバッテリーなどのUSB給電でも駆動可能でモバイルでの使用が可能。

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。

フィルターによる飛沫の捕獲率





条件	粒子径	粒子濃度		透過率
		上流側	下流側	
	μm	m^{-3}	m^{-3}	
デュアルノズル噴霧	0.3～1	4.1×10^{8}	4.6×10^{8}	1.14
	1～5	1.2×10^{7}	3.6×10^{6}	0.30
	5～25	3.7×10^{6}	2.1×10^{2}	5.8×10^{-5}
シングルノズル噴霧 1回目	0.3～1	2.8×10^{8}	2.5×10^{8}	0.87
	1～5	2.6×10^{6}	1.0×10^{6}	0.40
	5～25	3.0×10^{5}	1.8×10^{1}	6.0×10^{-5}
シングルノズル噴霧 2回目	0.3～1	2.7×10^{8}	2.7×10^{8}	0.99
	1～5	2.0×10^{6}	1.5×10^{6}	0.76
	5～25	1.1×10^{5}	5.3×10^{1}	4.7×10^{-4}

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。

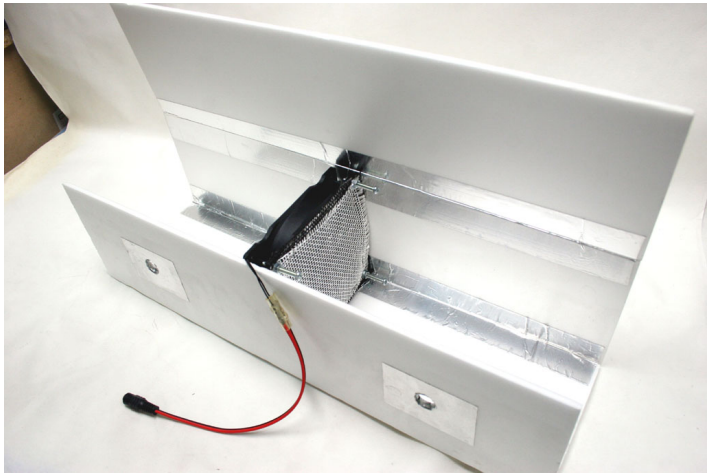
その結果、5μm以上の飛沫に関しては、ほぼ完全に捕集できていることが確認されました。

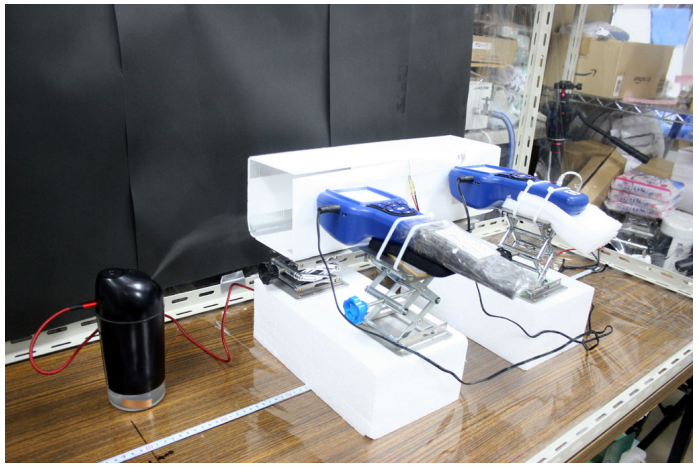
キャッチしてゆっくり分解

一般に5μm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。

1μm以下の液滴は計測可能な濃度を超えており捕獲率が評価できませんでした。

フィルターメッシュ径の違いによるフィルター透過率の変化



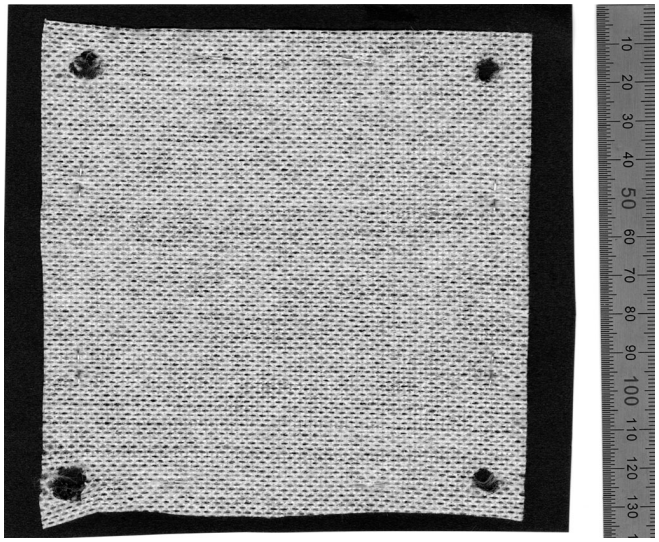


フィルターを装着した12cm角 1200rpm のファンをスチレンボードで製作したダクト中に設置し、上流側と下流側で噴霧機により導入された液滴濃度を測定した。上流側と下流側の液滴濃度の比から、透過率を評価した。

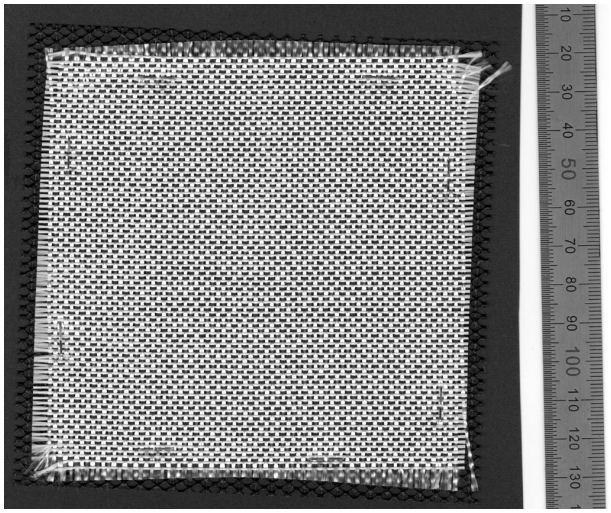
液滴径は5-25μmおよび1-5μmの分粒に対して評価した（0.3-1μm のサブミクロンの分粒も評価したがフィルターで全くキャッチされなかった）。

フィルターは、モノタロウ不織布ワイパー、グラスファイバーメッシュ #18/19、#14, #10.5 および #10.5 のメッシュを二枚重ねにした物で、いずれもダイソーのすべり止めシートを担持材として使用し、ステンレスステープラーで8カ所止めることで保持している。

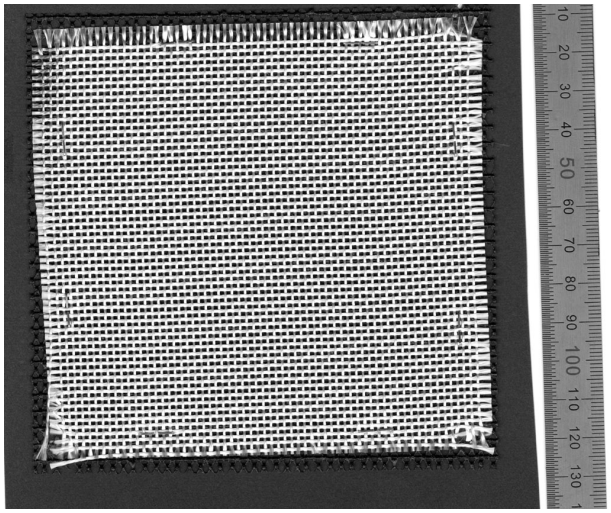
フィルターメッシュ径の違いによるフィルター透過率の変化



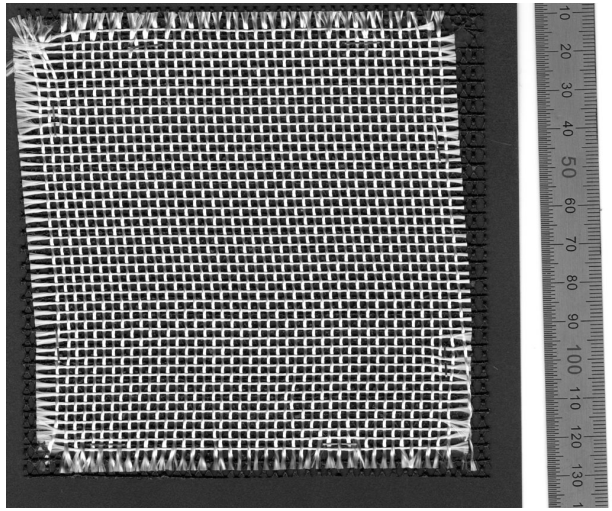
モノタロウ不織布ワイパー



グラスファイバーメッシュ #18/19

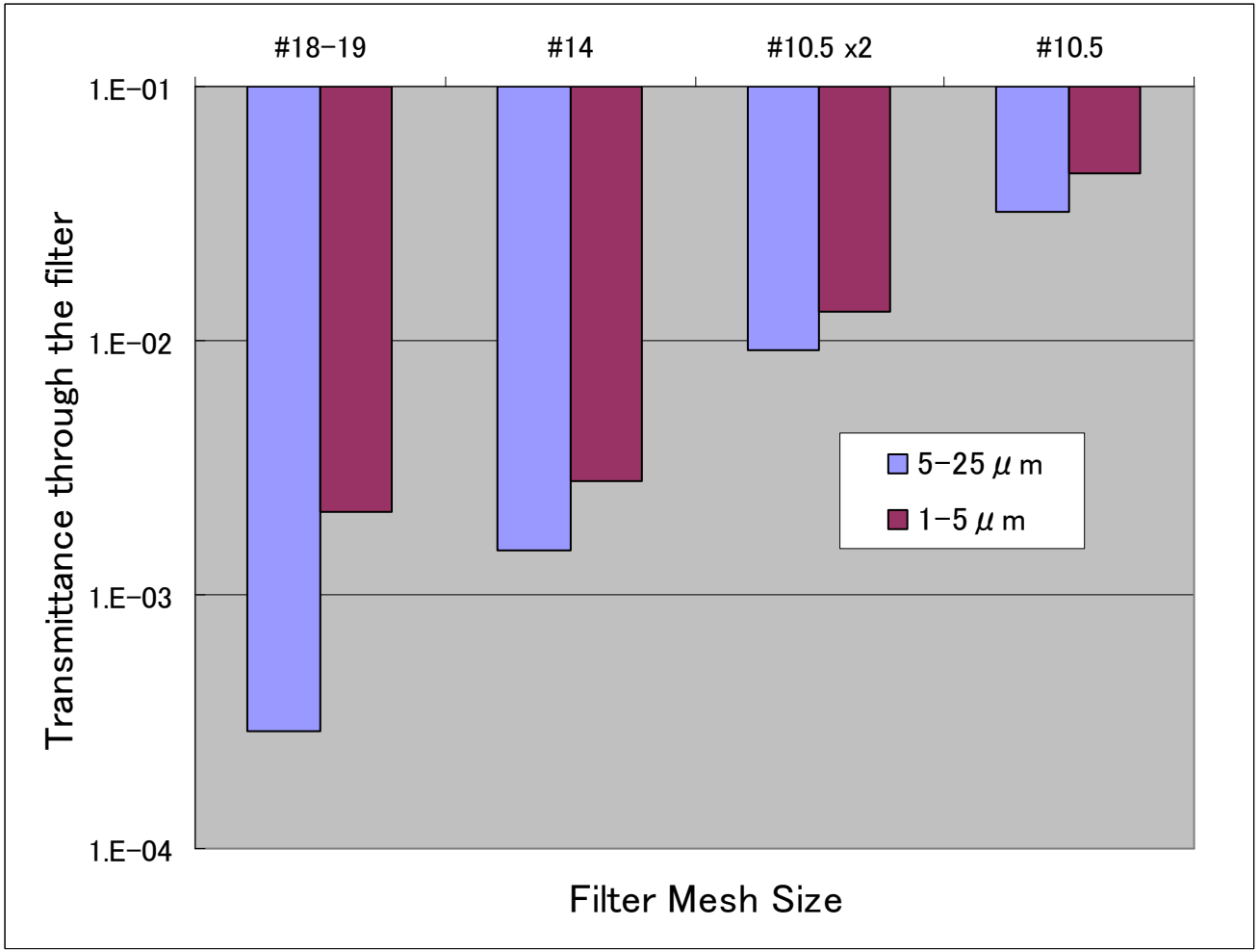


#14

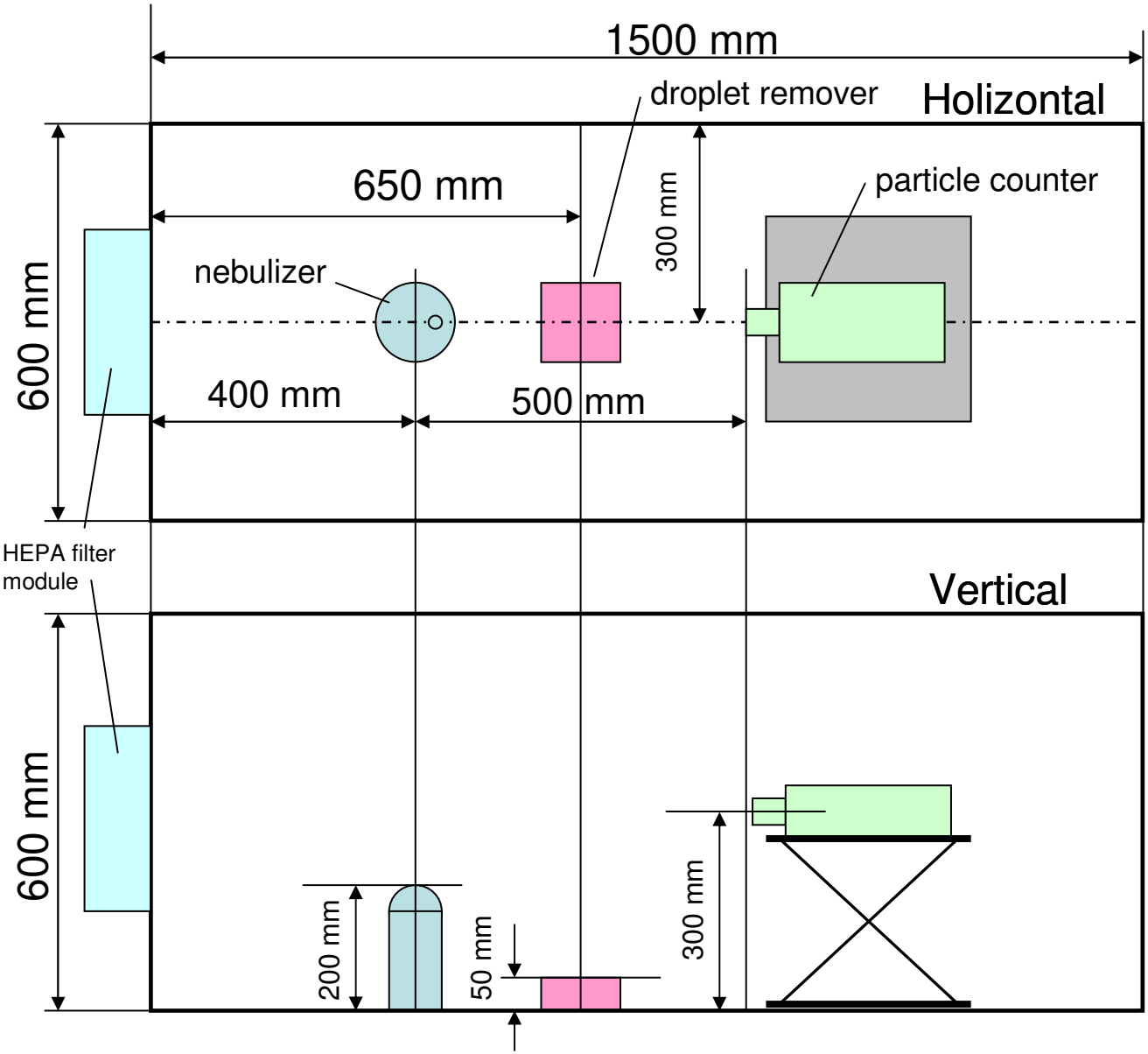


#10.5

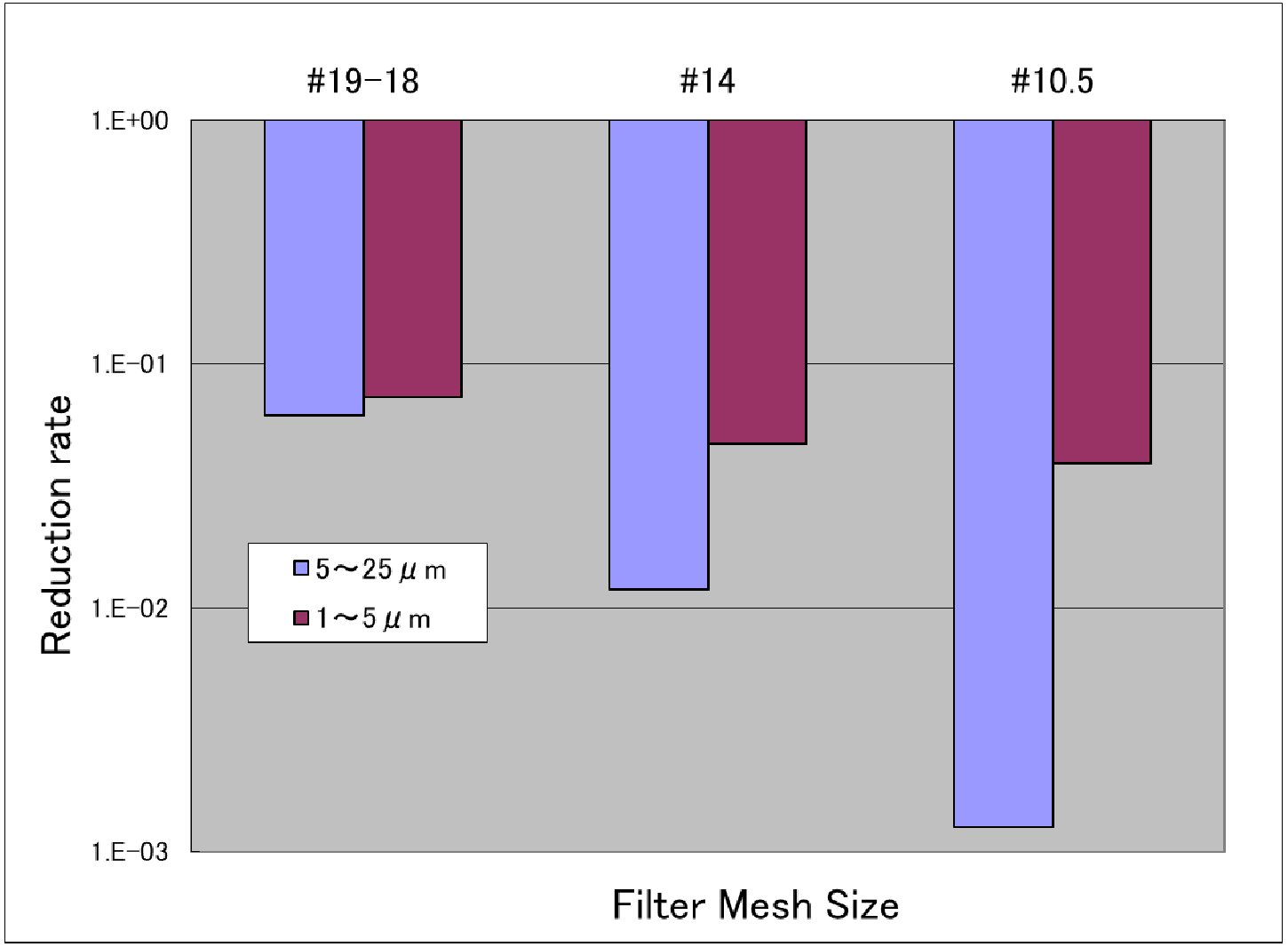
フィルターメッシュ径の違いによるフィルター透過率の変化



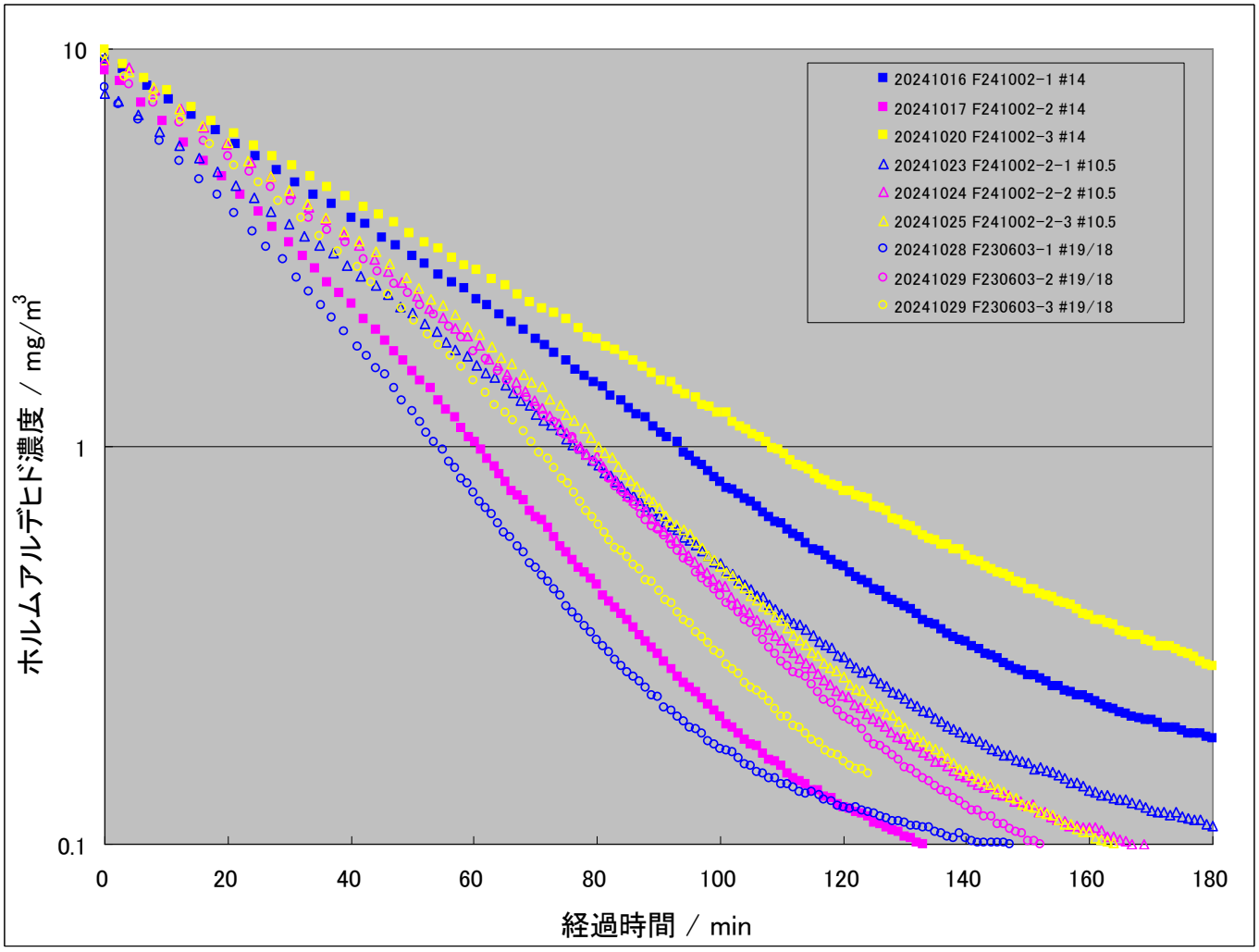
フィルターメッシュ径の違いによる飛沫除去性能の変化



フィルターメッシュ径の違いによる飛沫除去性能の変化



フィルターメッシュ径の違いによる有機ガス分解性能の変化



反応速度定数 / min

（40-100 minの直線区間でフィッティング）

#14
0.0290 ± 0.0104

#10.5
0.0321 ± 0.0025

#19/18
0.0381 ± 0.0034

フィルターメッシュ径の違いで有機ガスの分解速度に大きな違いは見られなかった。

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。