

2025年度 共創研究グループ結成支援事業 中間報告

2025年9月25日

@ 大阪公立大学 森之宮「ほとりで」/オンライン

設立支援

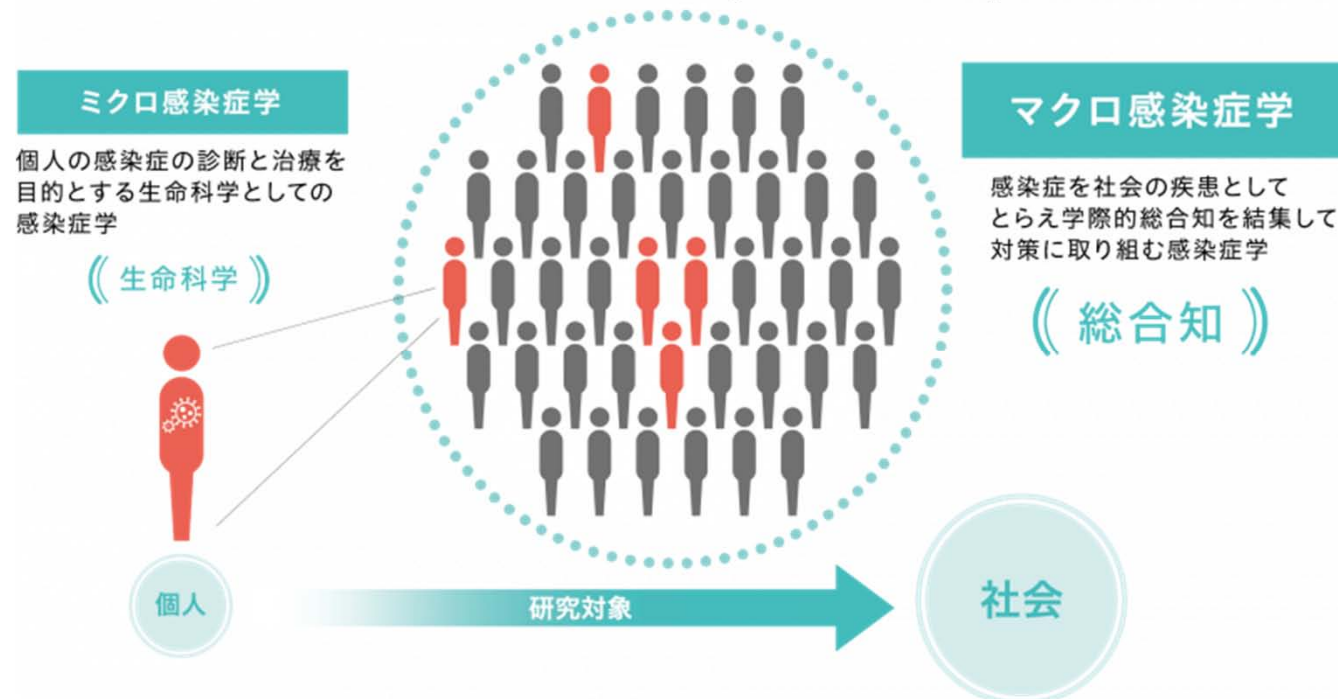
光触媒を用いたマクロ感染症制御および 都市衛生環境改善に向けた研究

○秋吉 優史¹⁾²⁾、掛屋 弘¹⁾³⁾、綿野 哲¹⁾²⁾、朝田 良子¹⁾²⁾、古田 雅一¹⁾⁴⁾、
松浦 法雄²⁾、田口 恵美⁵⁾、大越 俊治⁶⁾、上杉 さやか⁷⁾、渡部 喜樹⁸⁾、
落合 剛⁹⁾

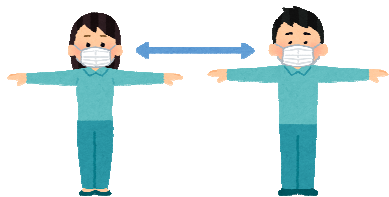
1) 大阪公立大学 大阪国際感染症研究センター、2) 大阪公立大学 工学研究科、3) 大阪公立大学 医学研究科、4) 大阪公立大学 獣医学研究科、5) 大阪公立大学 学術研究支援部 社会連携課、6) 大阪ハイプロテイン協業組合、7) シャープ株式会社 スマートビジネスソリューション事業本部 次世代技術開発センター、8) ダイワ株式会社 技術部、9) 神奈川県立産業技術総合研究所 (KISTEC) 溝の口支所



大阪国際感染症研究センター(OIRCID)とマクロ感染症学



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

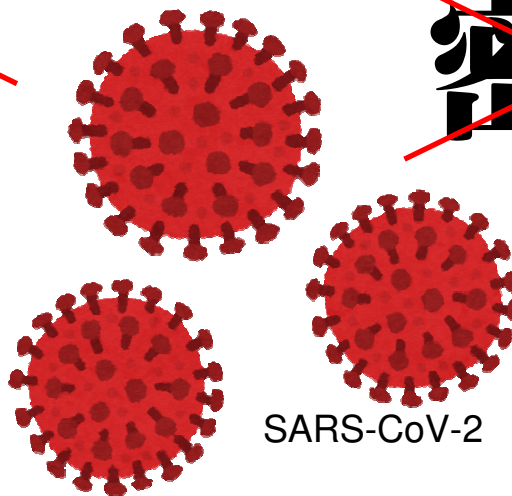
エアロゾル



換気しよう

~~密閉~~

飛沫



SARS-CoV-2

~~密接~~

表面への接触

口腔から放出される $5\mu\text{m}$ 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。

$5\mu\text{m}$ 以下の微粒子で、数分間
空气中に滞留し、広い範囲に拡散する。
一般的なマスクを付けていても
50%程度が飛散する。



手を洗おう



消毒しよう

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。

飛沫とエアロゾル

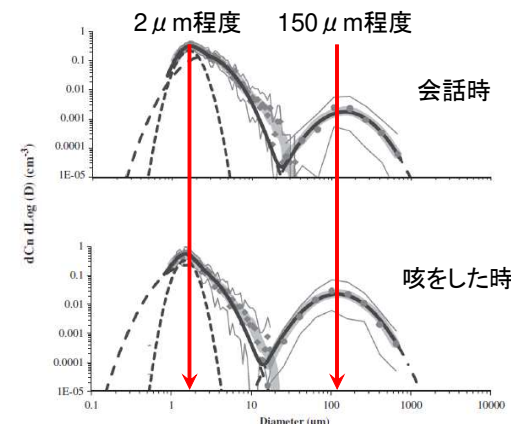
医学的には口腔から放出される $5\mu\text{m}$ 以上の液滴を**飛沫**と呼び、それ以下の物を**エアロゾル**と呼ぶが、 $5\mu\text{m}$ を境に急に物性が変化するわけではなく、落下速度などは連続的に変化する。

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.

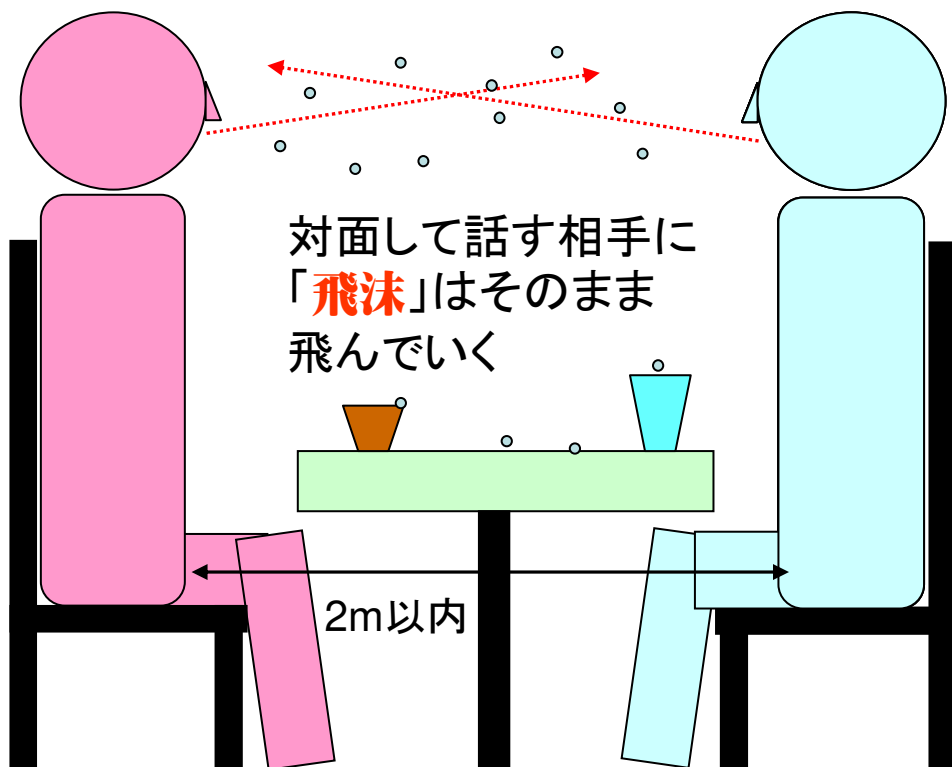
・屋外での飲食 (BBQなど)

・屋外のスポーツ観戦

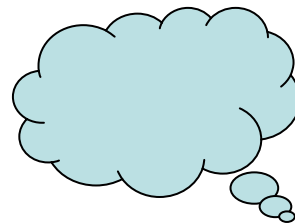
でのクラスターの発生は、マスクをしていない状況ではいかに換気がよくても飛沫感染のリスクが存在することを示唆してる。

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。

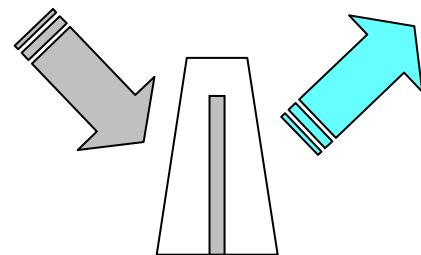
へやのかたすみ
飛沫の飛程より遠くに空気清浄機を設置しても
飛沫除去には何の意味も無い!



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。

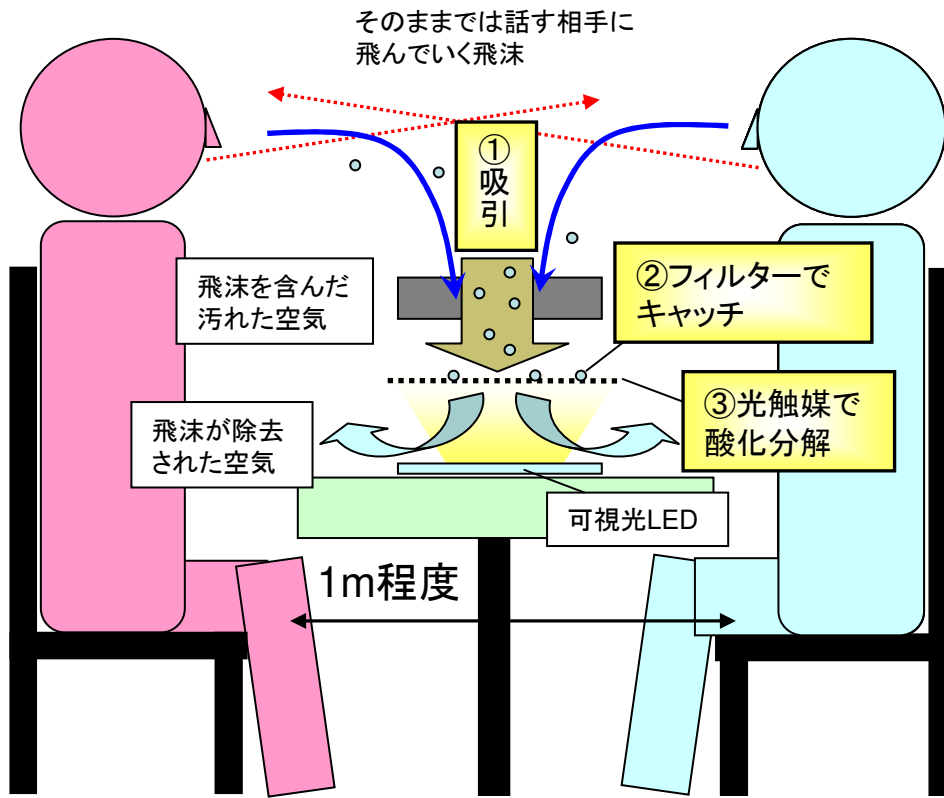


長時間空気中に滞留して拡散する**エアロゾル**は徐々に吸引されて浄化される



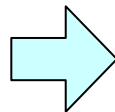
従来からある
空気清浄機

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。

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

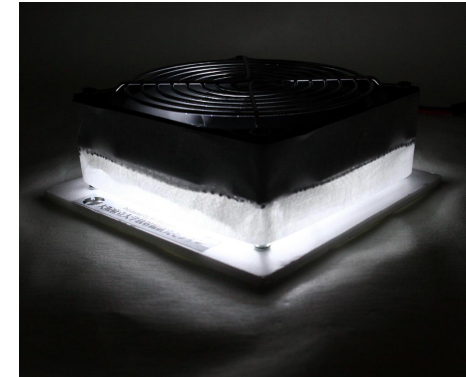
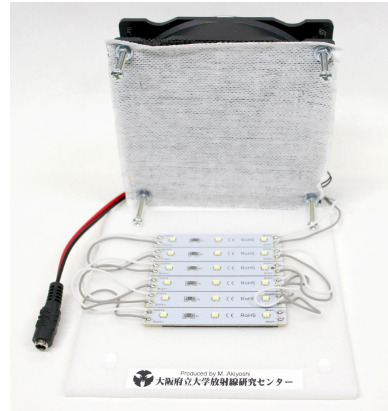
② フィルターでキャッチ

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。

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

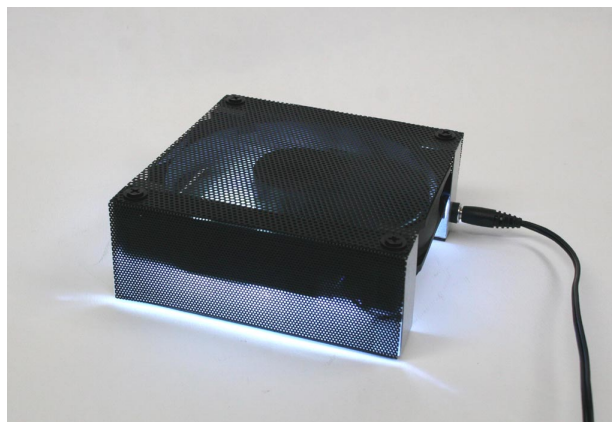


12cm角、高さ5cm、ファンの騒音19dB、消費電力5W以下で、モバイルバッテリーでの駆動も可能

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。



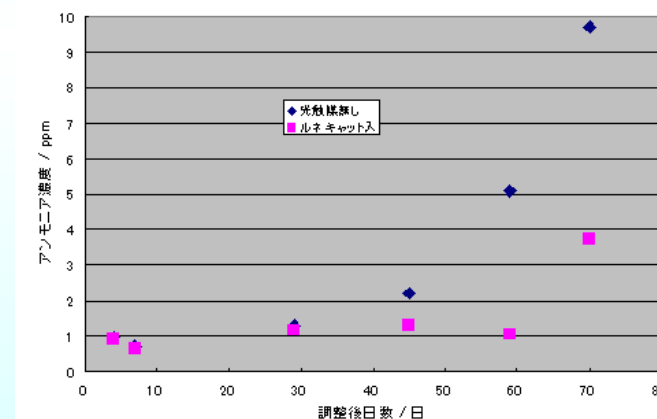
2022型

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。

西成区あいりん地区臭気環境改善

2023-2024年度の大阪市と社会連携課との大学連携サポート事業として大阪市西成区あいりん地区に於ける臭気環境の改善に取り組んでおり、最も問題となるのはアンモニア臭と結論づけアンモニア臭低減のため光触媒の塗布を試みた。アンモニアは尿中に含まれる尿素がバクテリアの働きにより分解して生成されるため、バクテリアの殺菌と、アンモニア自体の分解の両方の効果が期待できる。アンモニアは人が感じる嗅覚閾値は 2 ppm 程度とされており 0.1 ppm から測定可能な電気化学式の検出器を用いたが、明確にアンモニア臭がする現場で検知が出来なかった。

このため、4日間 0.03 ppm のアンモニアに暴露すると色が変わるパッシブ型のインジケーターを用いて評価を試みた。



尿素液 (2.0g/L 100mL) を 13 L の密閉コンテナに入れ、0.2% 可視光応答光触媒スラリー (東芝 ルネキャット) 5 mL を加えた物と加えなかった物とで生成するアンモニア濃度の比較実験結果

対象ガス	設置前	1日目 24時間	2日目 48時間	3日目 72時間	4日目 96時間
アンモニア 推奨濃度 (30ppb)に 設置					

太平洋マテリアル パッシブインジケーターカタログより

短波長高エネルギーのFar-UVを活かした光触媒

222 nm のFar-UV (遠紫外線) の光量子の持つエネルギーは 5.6 eV にも達し、低圧水銀灯からの 254 nm UV-C の 4.9 eV や、365 nm UV-A の 3.4 eV よりもはるかにエネルギーが大きい。

一般に使用されている光触媒のバンドギャップは TiO_2 (ルチル) 3.0 eV、 TiO_2 (アナターゼ) 3.2 eV、 WO_3 2.5 eV 程度であり、この高エネルギーの光量子を生かし切れていない。

よりバンドギャップの大きな半導体として、GaN 3.39 eV、 Ga_2O_3 4.9 eV、 ZrO_2 5.0 eV、ダイヤモンド 5.5 eV などがあり、これらと Care 222 を組み合わせることで、分解性能が高く、さらには従来分解できなかった化合物を分解できるなどの新しいアプリケーションを創成できる可能性がある。

代表的な光触媒のバンドギャップエネルギーと、相当する光量子エネルギー。

なお、低圧水銀ランプからの254 nm UV-C は 4.9 eV。

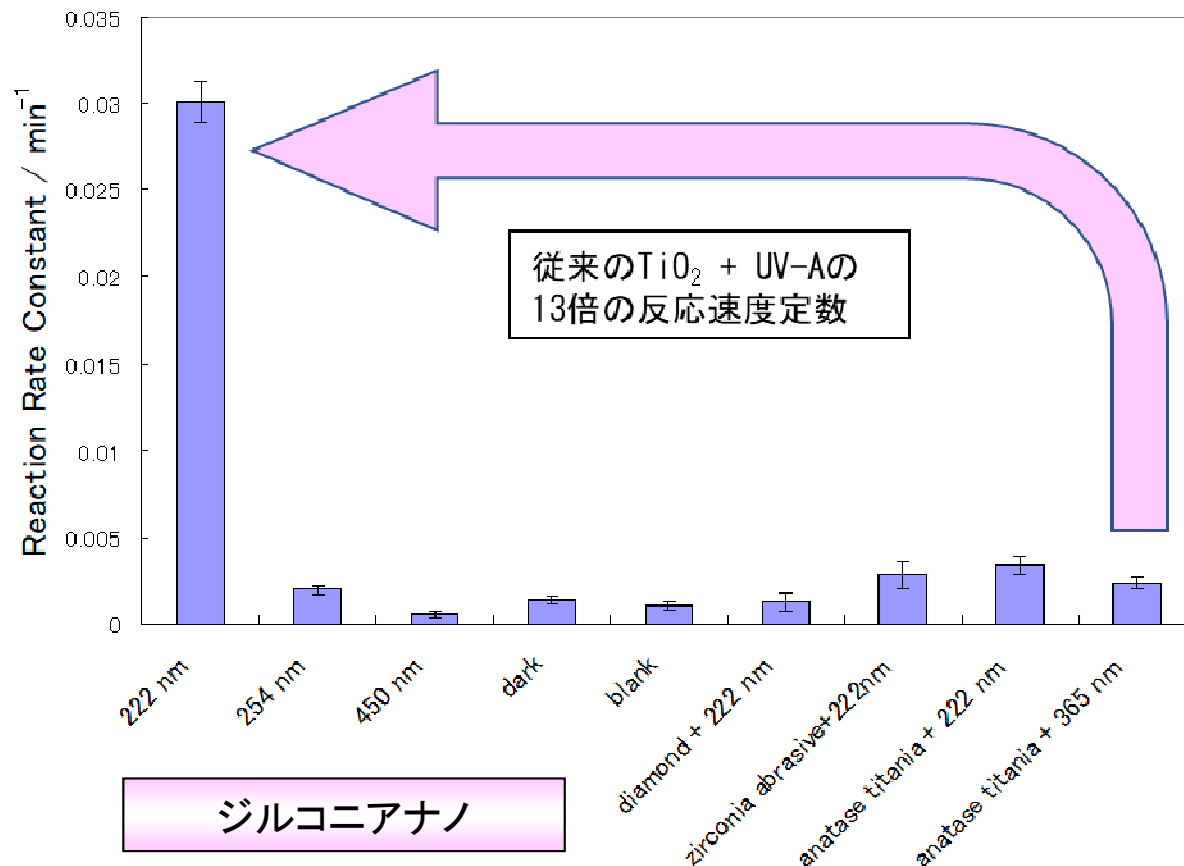
ダイヤモンド	5.5 eV	226 nm
ZrO_2	5.0 eV	247 nm
TiO_2 (アナターゼ)	3.2 eV	387 nm
TiO_2 (ルチル)	3.0 eV	413 nm
WO_3	2.5 eV	495 nm

Far-UV

UV-A

可視光

ワイドバンドギャップ半導体 + Far UVでの光触媒活性評価



5.0 eV のバンドギャップを持つワイドバンドギャップ半導体である ZrO₂ は 5.6 eV の光量子エネルギーを持つ 222 nm の Far-UV によって従来の光触媒と比べて大幅に高い性能を発揮した

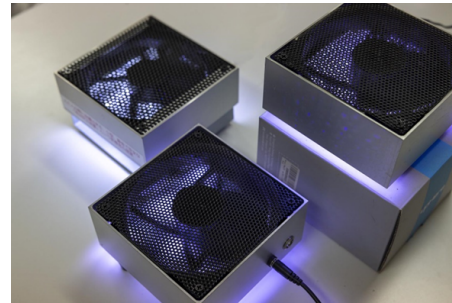
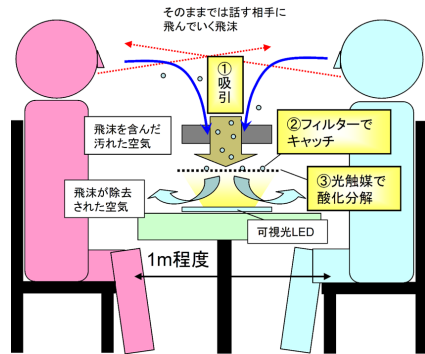
ナノジルコニアを塗布したガラス板 (15×26 cm) と 45L 簡易密閉コンテナ中を用いてホルムアルデヒド分解反応の反応速度定数を求めた (n=3)。

- 222 nm Far-UV 21 μW/cm²
- 254 nm UV-C 41 μW/cm²
- 444 nm ピークの可視光LED 2370 lux
- 試料板は入れるが照射せず遮光した場合 (dark)
- 試料板も入れず照射も行わない場合 (blank)

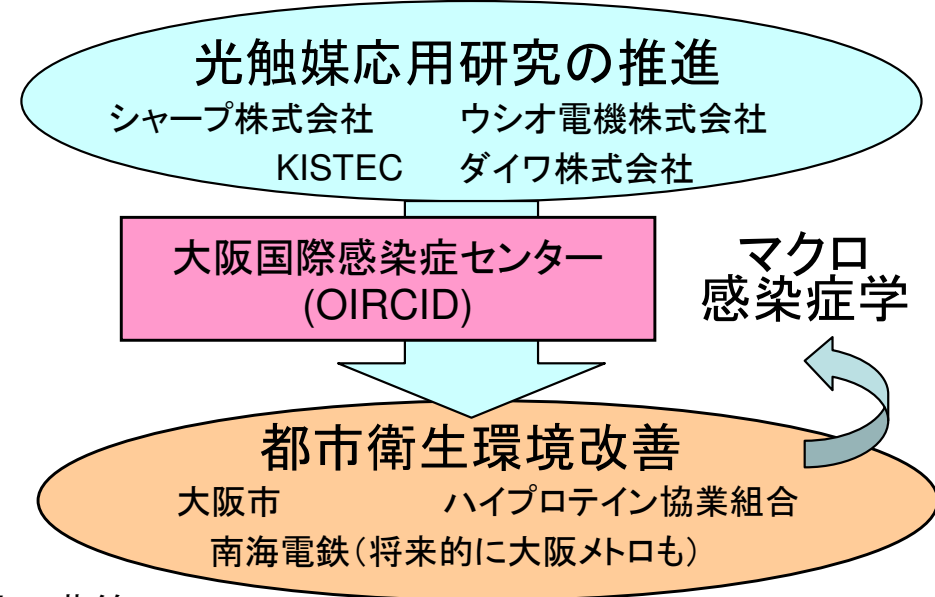
5.0 eV のバンドギャップのZrO₂ に対して 4.9 eV の光量子エネルギーを持つ254 nm の水銀輝線では光触媒活性はほとんど確認できなかった。

また、5.5 eV のバンドギャップのダイヤモンドは 5.6 eV の 222 nm Far-UV でも活性化できなかった。

光触媒を用いたマクロ感染症制御および都市衛生環境改善に向けた研究



感染症対策を行う上で、従来の空気清浄機は長時間空中に対流するエアロゾルに対応することは可能であるが、最大でも2m程度を数秒で飛ぶ**飛沫に対処することは出来ない**。そのため、人と人の間に設置可能で、飛沫を吸引、フィルターで捕集、光触媒で分解する小型飛沫除去装置というコンセプト自体を提唱し、試作機の製作を行った。



設立支援制度

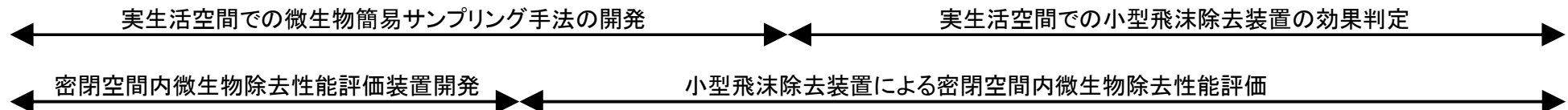
→ 加速支援制度、科研費等

2025年度

2026年度

2027年度

1) 小型飛沫除去装置による感染症対策効果の評価



2) 西成区の臭気環境改善など都市衛生環境改善

