

令和3年6月30日

令和元年度杉山産業化学研究所研究助成報告書

代表者名 ウイルスセンター長 西村秀一

独立行政法人 国立病院機構 仙台医療センター

共同研究者 インフルエンザウイルス不活化の評価

株式会社 メディエアジャパン 代表取締役 阪田総一郎

共同研究者 酸化チタン光触媒除菌脱臭装置『リブートエア』の製造

有限会社 マロニエ技術研究所 代表取締役 中井俊一

有限会社 マロニエ技術研究所 取締役 吉成 誠

研究課題

酸化チタン光触媒を用いた除菌脱臭装置の

インフルエンザウイルス不活化の評価研究

マロニエ技術研究所は数年前から酸化チタン光触媒を用いたフィルターレスの除菌脱臭装置を開発してきた。既に、特願 2017-136661、特願 2019-8857 を出願済みである。酸化チタンは日本製鉄株式会社と共同で開発したエコチターニャで、厚み 0.16 mm のチタン板の表面を陽極酸化法で酸化させ、更にその表面を特殊処理した酸化チタン板である。この製法は R to R 法で製造されており、量産が可能である。また、チタン板の表面処理面が 100% 活性な酸化チタン層となっている。これらの酸化チタンを用いて、アルミニウム金属製中空筒の壁面に這わせ、その表面に VOC ガス、ウイルスを外部から導入し、そこへ UV-C を照射して酸化チタン表面で光触媒反応を生じさせ、これ等の物質を直接に分解、死滅させる方法、すなわち、酸化チタン光触媒法による除菌・脱臭反応を生じさせる方法である。この方法により、直接に VOC ガスを分解し、ウイルス等を死滅させるので、従来のフィルターが不要であり、非常に安全である。従来のフィルター方式では、フィルター自体が細菌・カビ・ウイルスの温床になり、更に、汚染源となることから定期的なフィルター交換が必須であり、このようなフィルターレスの安全な除菌脱臭機が望まれてきた。そこで、従来に無い新しいフィルターレス除菌脱臭装置を開発してきたので、特に、インフルエンザウイルスの不活化の評価を西村先生のところで、2019 年 4 月から 2020 年 3 月まで、杉山産業化学研究所研究活動助成により御評価して頂き、次ページ以降の画期的成果を得ることが出来たので御報告する。本件の御評価に関し、仙台医療センターの西村先生、実際に御評価して頂いたメディアエアジャパンの阪田先生に大変感謝しております。

宇都宮大学のベンチャー企業として、マロニエ技術研究所はこれらの評価結果に基づき、リブートエア(商標登録済)除菌脱臭機として、RA-01T(車載用小型の除菌脱臭機)、RA-02(10 畳程度の居室用の除菌脱臭機)、RA-03(30 畳程度の居室用の除菌脱臭機)、RA-05(60 畳程度の居室用の除菌脱臭機)も開発し、このコロナ禍において、皆様にお役立ち出来ていることを誇りに思っています。

マロニエ技術研究所 取締役 吉成 誠

1. 2019年4月から2020年3月までの成果概要

- 1) リブートエア RA-04 を対象に、居住空間における浮遊インフルエンザウイルスの感染価低減性能に及ぼす温湿度の影響をモデル実験により解明。
- 2) 居住空間におけるリブートエアの浮遊インフルエンザウイルスの感染価低減性能を、ワンパス性能と循環風量をパラメータとして予測できる簡便モデルの確立。
- 3) リブートエア RA-01T を対象に、自動車内空間に設置した場合の浮遊インフルエンザウイルスの感染価低減性能を測定。

2. リブートエアの浮遊ウイルスの感染価低減性能の実測と予測モデル

1) 解析法

“循環濾過拡散予測モデル”について説明する。なお、“建築物衛生法”では密閉室内の換気回数に関する規制値を、循環濾過拡散予測モデルに類似した室内換気モデルを用いて定めている。

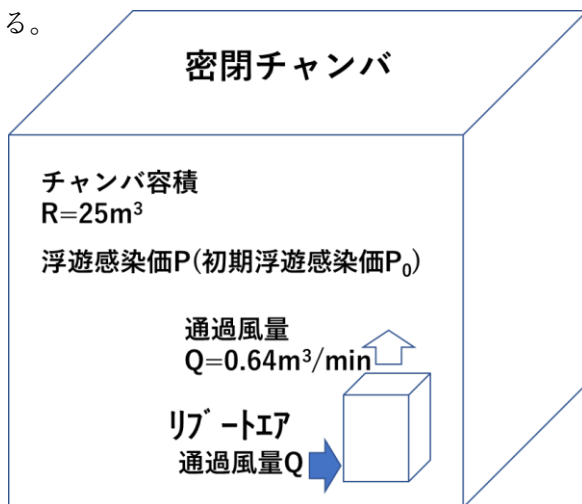


図1 循環濾過拡散予測モデル

このモデルでは、空清機を通過した清浄空気はチャンバ容積全体に希釈混合すると仮定



図2 RA-04の空気取入口と流出口

$$0.32\text{m}^3/\text{min} \times 2\text{units} = 0.64\text{m}^3/\text{min}$$

密閉チャンバ内に設置したリブートエアの稼働時間とチャンバ内浮遊感染価の変化は次式で表される。

$$P/P_0 = \exp(-(kQ\eta/R+k_0)t)$$

P : 浮遊感染価[PFU/ m^3]

P_0 : リブートエア稼働開始時の浮遊感染価[PFU/ m^3]

k : 瞬時希釈混合と現実の濃度ムラの違いを表す補正係数[-]

Q : 空清機通過風量[m^3/min]

η : リブートエアを1回通過する空気中のウイルス不活化率[-]

R : 密閉チャンバ容積[m^3]

k_0 : 浮遊ウイルスの単位時間当たりの不活化率[1/min]

t : リブートエア稼働時間[min]

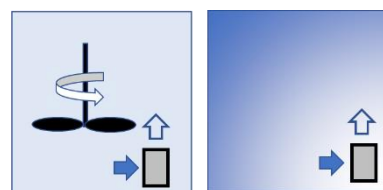
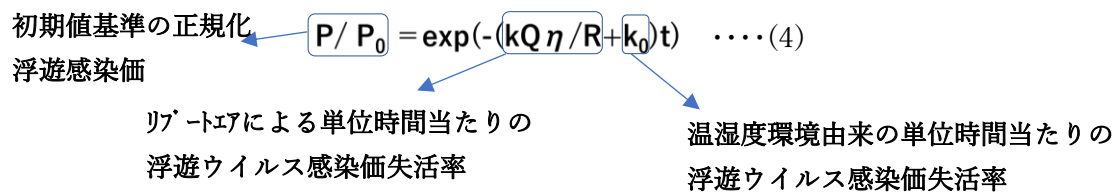


図3 理想的な瞬時一様拡散(左図)と現実の濃度ムラのある拡散(右図)の違い。青色の濃さで浮遊ウイルス感染価の大小を表す。現実には、左図に示した装置から出た清浄空気を瞬時に一様拡散させるような攪拌ファンは存在しない。右図のように、リブートエア近辺の空気を取り込まれやすく、装置周辺の感染価は遠方の感染価と比較して小さくなる。

リポートエアは $Q=0.64\text{m}^3/\text{min}$ の処理風量を有する。時間 t におけるチャンバ $R=25\text{m}^3$ 内の浮遊感染価 P と時間の関係は、装置のワンパス不活化率を η とすれば、次の微分方程式で表される。 $d(RP)/dt=-PQ\eta \cdots(1)$ これを解くと、 $P/P_0 = \exp((-Q\eta/R)t) \cdots(2)$ 現実には、①図3に示したように瞬時に拡散しないのでその補正が必要、② $15^\circ\text{C}30\%\text{RH}$ の雰囲気中で時間経過とともにわずかであるが失活する、という2点の現象①②を取り込んだ補正微分式 $d(RP)/dt=-P(kQ\eta+Rk_0) \cdots(3)$ を解いて、実用的な予測式 $P/P_0 = \exp(-(kQ\eta/R+k_0)t) \cdots(4)$ が得られる。



2) 実測結果

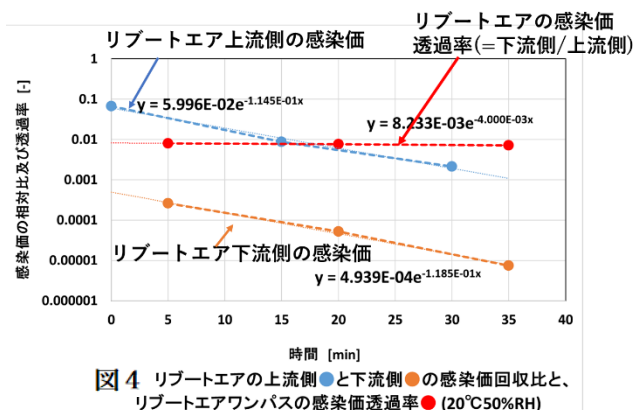


表1 リポートエアの浮遊インフルエンザ失活性能(25m³空間)

温湿度	感染価対数減衰率[-]	y: 感染価相対値[-] x: 浮遊経過時間[min]
15°C30%RH	-0.041	$y = 0.1601e(-0.041x)$
20°C30%RH	-0.053	$y = 0.1207e(-0.053x)$
20°C50%RH	-0.115	$y = 0.0600e(-0.115x)$
20°C75%RH	-0.160	$y = 0.0366e(-0.160x)$

低温乾燥(15°C30%RH)、高温乾燥(20°C30%RH)、高温湿潤(20°C50%RH)、高温高湿潤(20°C75%RH)におけるリポートエアの浮遊インフルエンザウイルス失活性能を比較した。

- リポートエアは夫々の環境において、ワンパス失活率が97,95,99,99.8%を発揮した。
- 温湿度のみによるインフルエンザウイルスの失活効果は、温度が高いほど、相対湿度(60%RH以下の範囲)が大きいほど増加する。この効果にリポートエア通過時に発揮されるUV触媒失活効果が上乗せされた指標が表1の感染価対数減衰率である。
- 感染価対数減衰率の数値をわかりやすく説明すると、感染価相対値が一定のレベル、例えば初期の浮遊インフルエンザウイルスが一定の大きさ(90%,99%など)まで失活するまでに要する時間の長さは、

(15°C30%RH)、(20°C30%RH)、(20°C50%RH)、(20°C75%RH)の4つのケースで大凡、逆比例 $1/4: 1/5: 1/12: 1/16 = 25: 20: 8: 6$ となる。

3) ウイルスの感染価低減性能の予測簡便モデル

表1の(15°C30%RH)、(20°C30%RH)、(20°C50%RH)、(20°C75%RH)の4つのケースのリブートエアのワンパス除去率は、95-99.8%であった。仮に97.5%のワンパス除去率を有するリブートエア(型式RA-04風量0.64m³/min)を、20°C30%RHの温湿度条件で運転した場合の浮遊ウイルスの感染価の時間減衰を、式(4)に基づいて算出した結果を図5に示す。

浮遊感染価低減には、失活率 η を現状の97.5%→100%に増加するよりも、風量を2倍(2台に増設する場合に相当)、5倍(5台にする)に増やす効果が圧倒的に優れている。さらに、リブートエアのワンパス除去率が現状の97.5%から50%まで低下しても、1時間後のウイルス感染価は、5%から9.5%に上昇するに過ぎない。つまり、今後のリブートエアの開発の方向は、少々ワンパス除去率を犠牲にしても、より処理風量の大きい機種に向けられるべきである。

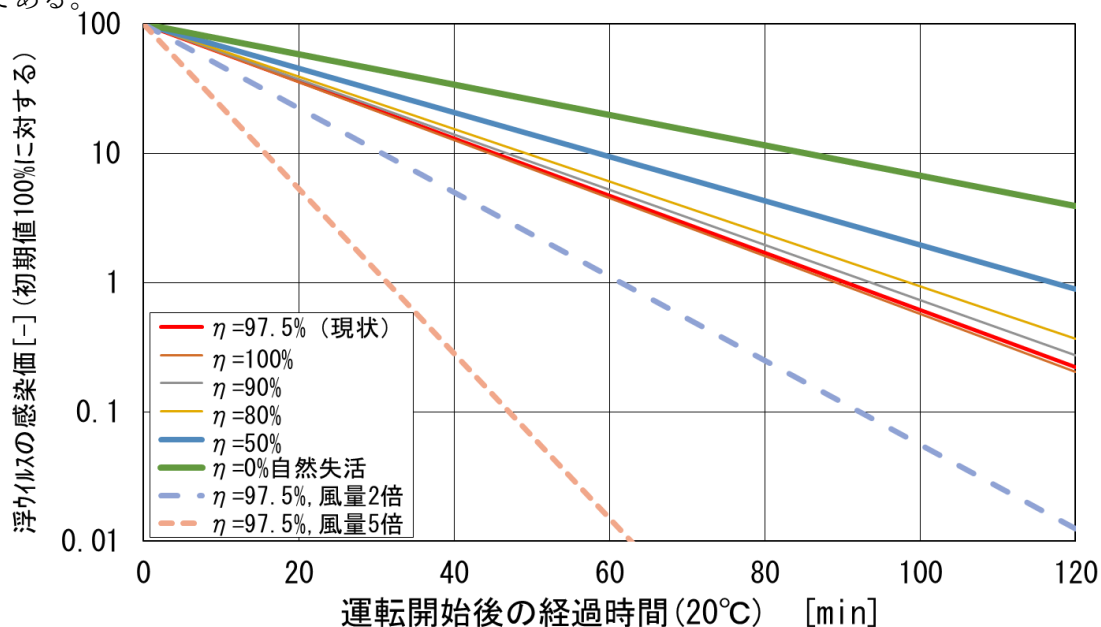


図5 20°C30%RHにおけるリブートエア運転時間と浮遊ウイルスの失活

3. 車両搭載用リブートエア RA-01T の性能評価

車両搭載用リブートエア RA-01T の性能評価を実施した。図6に試験方法を示す。図7は、温湿度20°C20%RHにおける測定結果である。1時間経過後にコントロールと比較して1桁以上の感染価の低減が測定された。また、RA-01Tの風量を熱線風速計で測定した結果、2.83m³/minの測定値を得た。

- ①除菌空清機:RA-01 ②循環ファン ⑤グローボックスチャンバ:1.2m³ ⑧ネブライザ
 ③セラチンフィルタ ⑥ファンフィルタユニット(FFU) ⑨流量計
 ④ハスボックス:0.125m³ ⑦グローブ ⑩真空ポンプ
 ⑪スタンド

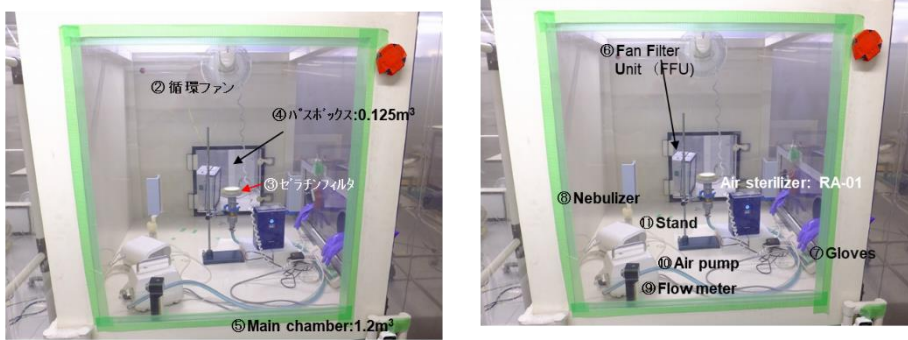


図6 RA-01の浮遊ウイルス不活化効果測定の実験装置

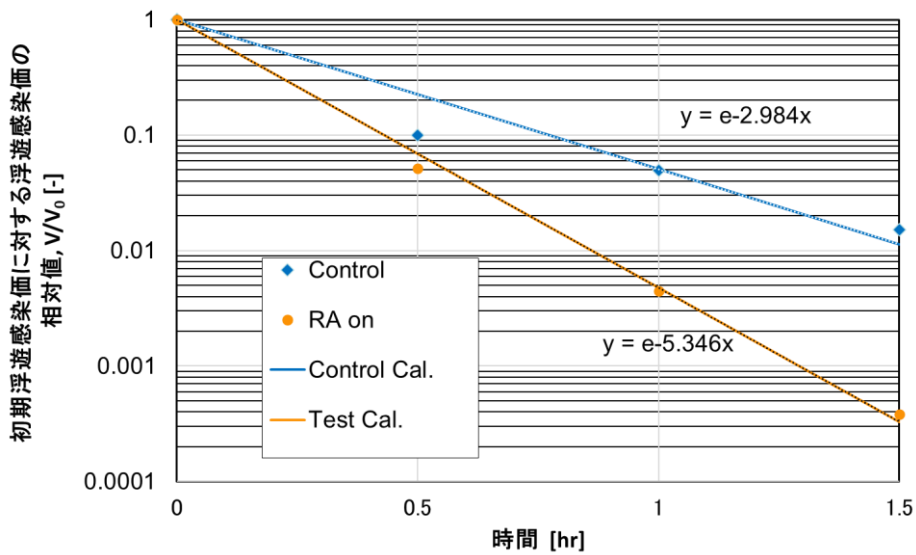


図7 時間経過による浮遊感染価相対値の変化

以上

強力殺菌灯
UV-C
プラス

光触媒

によるコロナウイルス・花粉症対策

フィルターレス除菌・脱臭機 **リフトエア** ※1
高活性酸化チタン板 **エコチターニャ** ※2 を採用 (全ての製品)



新しい方式の提案
光触媒 除菌・脱臭機
RA-01T

特長

■オプション
ペットのお写真を印刷
することも出来ます
別途、お問合せください



- 光触媒で生活の悩みを解消します
 - ・花粉症
 - ・ペット臭、たばこの臭い
 - ・トイレの残臭
 - ・料理の臭い残り
 - ・洗濯物の生乾き臭
 - ・防カビ効果
- 光触媒で確実に除菌・脱臭

■用途:6畳用(除菌・脱臭・防カビ)
居室・キッチン・食卓・勉強机・玄関ホール
脱衣場・乾燥室・トイレなど

●喫煙室・油煙の多い調理室などでの使用は
出来ません

製品仕様 RA-01T (色:パールホワイト)

電源	DC12V/2.0A
消費電力	15.0W(強風運転時)
電気代	0.40円/1時間あたり ※
運転モード	弱・中・強風モード切替
外径寸法	幅126×奥行87×高さ201mm
本体質量	970g
UV-Cランプ	4W×2本(寿命は4,000時間目安)

※新電力料金目安:27円/1kwh(税込み)

■付属品:①AC電源アダプタ(12V/2A) 1個
②L型変換プラグ 1個 ③ソフトクッション

『産・学連携』で開発された信頼できる製品

- マロニエ技術研究所 (代表 宇都宮大学工学部名誉教授 中井俊一)
- 日本製鉄 (高活性酸化チタン板・エコチターニャ共同開発)
- 国立病院機構仙台医療センター (実証試験)

- ・インフルエンザウイルスA型を **99.9%不活化** (全ての製品で実証済み)
- ・強力な紫外線ランプ(UV-C)で浮遊ウイルス、細菌を分解・除去
- ・光触媒で気になるアンモニア等のVOCガスを分解除去
- ・フィルターレス※3のため、交換不要で雑菌の増殖がない
- ・光触媒方式は円筒構造で高効率のシステムを採用
- ・日本製鉄(株)製の酸化チタン板は性能劣化がなく寿命は半永久的

浮遊ウイルス
細菌を
分解除去

高効率の
光触媒方式で
素早く脱臭

CMイメージ



※1リフトエアはマロニエ技術研究所の登録商標です
※2エコチターニャは日本製鉄株式会社の登録商標です
※3居住空間における埃を除去するプレフィルターは設置しています

とちぎテレビでCM放映中
毎週水曜日
21:00 ナイトニュース9

開発 有限会社マロニエ技術研究所 宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学産学イノベーション支援センターCDI棟1-1
TEL/FAX 028-689-7003 中井、吉成 E-mail info@marro-tech.jp URL http://www.marro-tech.jp

製造・販売 アイシン電子工業株式会社 宇都宮市石井町2559番地2号
<専用回線> TEL 028-662-3175/FAX 028-613-5701 佐藤 URL http://www.aishindenshi.com/

RA-02 (10W型) 8~10畳用



- 特長は有害物質の除去にフィルターを用いず酸化チタン板の表面に紫外線を当てた時に発生する光触媒効果により有害物質を無害な水と炭酸ガスに分解し除去する方式です。この光酸化力は塩素の3倍、過酸化水素の2倍あり酸化チタン板の寿命は半永久的です。



- 一般的な生活環境での使用は問題有りませんが有害ガス濃度の特に強い環境（例えば喫煙室や油煙の多い調理室など）での使用は出来ません。

製品仕様 RA-02 (色:パールホワイト)

電源	DC12V/2.0A
消費電力	16W(強風運転時)
電気代	0.42円/1時間あたり ※2
運転モード	弱～強風(無段階調整)
臭いセンサー	ファン連動(BarLED表示)
外径寸法	幅220×奥行160×高さ430mm
本体質量	6.4kg
UV-Cランプ	10W×1本(寿命は6,000時間目安)

※2新電力料金目安:27円/1kwh(税込み)

●光触媒で生活の悩みを解消します

- ・気になる生活臭を素早く脱臭します
- ・介護で気になる排泄臭を素早く脱臭します
- ・これからペット臭が気にならなくなります
- ・シックハウスの原因ガスを分解します
- ・居室や会議室～医療/介護/福祉/保育施設などに最適

RA-03 (30W型) 30畳用



●身近なところで効果を発揮します



強力なUV-C(殺菌灯)と
光触媒のW効果



製品仕様 RA-03 (色:パールホワイト)

電源	DC24V/4.0A
消費電力	47W(強風運転時)
電気代	1.27円/1時間あたり ※2
運転モード	弱～強風(無段階調整)
臭いセンサー	ファン連動(BarLED表示)
外径寸法	幅370×奥行262×高さ600mm
本体質量	15kg
UV-Cランプ	15W×2本(寿命は6,000時間目安)

※2新電力料金目安:27円/1kwh(税込み)

※1エコチターニャは日本製鉄株式会社の登録商標です
※2新電力料金は27円/1kw(税込み)で計算しています

Reboot Airで コロナウイルス感染・花粉症対策

ウイルス99.9%不活化

フィルターレス 光触媒 除菌・脱臭機

RA-05 (60W型) 60畳用

New!



広い空間にも対応
光触媒 除菌・脱臭機
RA-05

Marronnier

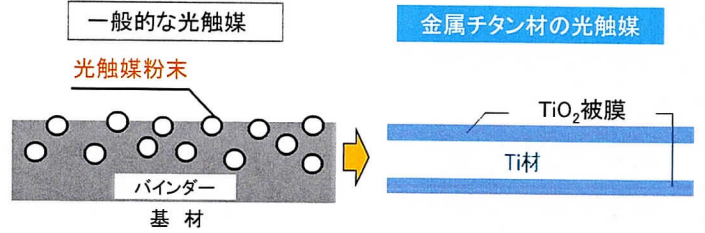
製品仕様 RA-05 (色: パールホワイト)

電源	AC100V 50/60Hz
消費電力	78W(強風運転時)
電気代	2.11円/1時間あたり ※2
運転モード	弱～強風(無段階調整)
臭いセンサー	ファン連動(BarLED表示)
外径寸法	幅410×奥行315×高さ780mm
本体質量	22.6kg
UV-Cランプ	20W×3本(寿命は8,000時間目安)

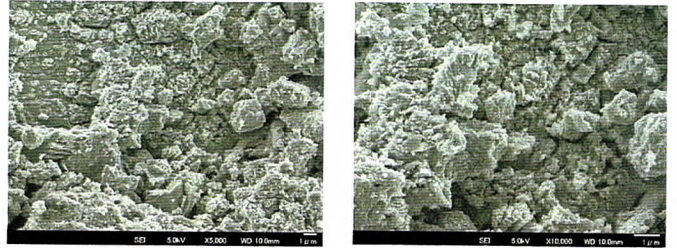
※2新電力料金目安: 27円/1kwh(税込み)

■ エコチターニャとは ※1

- ・金属Tiは空気に触れると極薄い(0.005 μm)酸化被膜を形成する。これは不動態被膜と呼ばれ、耐食性、密着性耐候性を有し加工性にも優れる。
- ・エコチターニャは特殊処理によって光触媒活性の高い酸化チタン被膜を生成する事に成功した物。

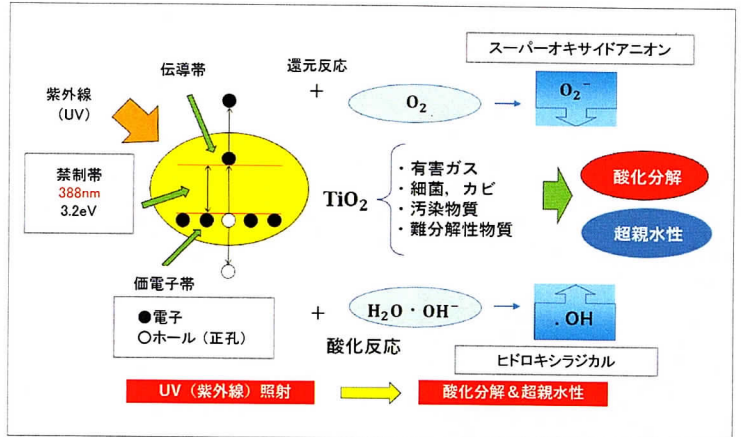


Eco Titaniaの表面拡大写真

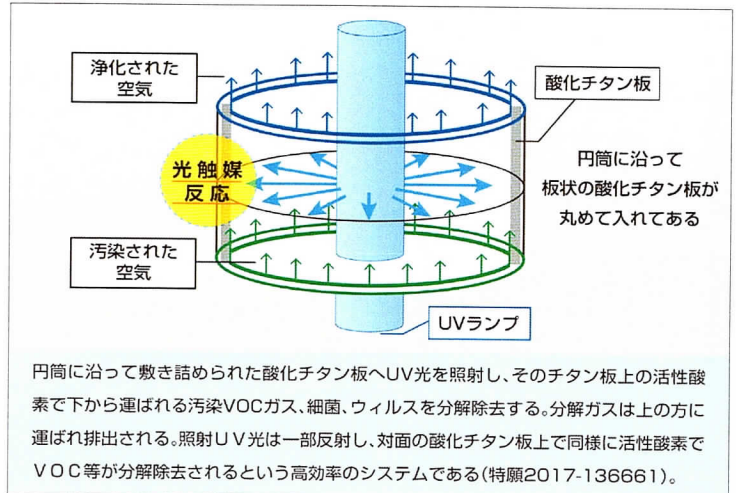


Eco TitaniaのSEM観察結果
表面凹凸が大きく反応面積大

■ 酸化チタン光触媒方式の原理



■ 除菌・脱臭機の作動原理



円筒に沿って敷き詰められた酸化チタン板へUV光を照射し、そのチタン板上の活性酸素で下から運ばれる汚染VOCガス、細菌、ウィルスを分解除去する。分解ガスは上の方に運ばれ排出される。照射UV光は一部反射し、対面の酸化チタン板上で同様に活性酸素でVOC等が分解除去されるという高効率のシステムである(特願2017-136661)。

リポートエアシリーズ



RA-01T 8W型
6畳用



RA-02 10W型
8~10畳用



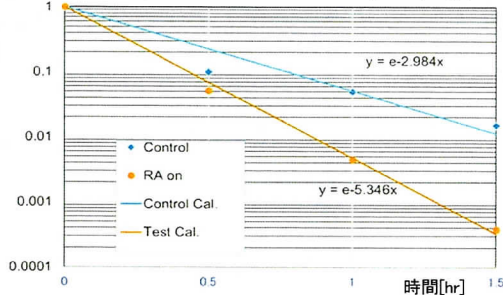
RA-03 30W型
30畳用



RA-05 60W型
60畳用

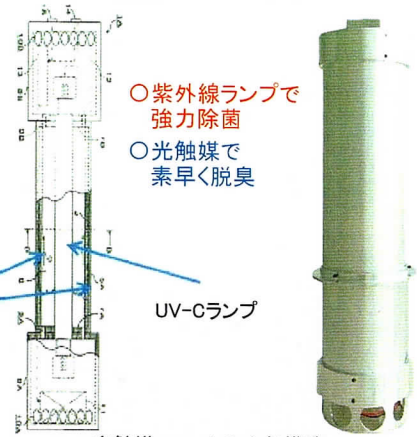
RA-01T 浮遊インフルエンザウイルスA型の不活化効果

図 0.12m³、20°C/30%RH (2018年10月)



■浄化装置及び浄化方法

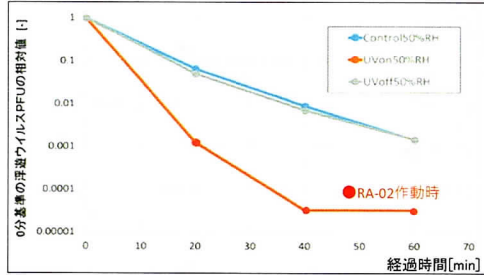
特願2017-136661



光触媒ユニットの内部構造 (円筒構造: 中心にUV-Cランプ)

RA-02 浮遊インフルエンザウイルスA型の不活化効果

図 0.12m³、20°C 50%RH

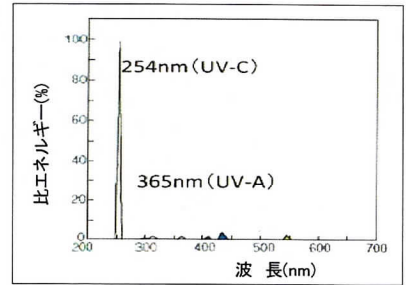


■エコタターニャ使用面積

RA-01T	547.6cm ²
RA-02	808.8cm ²
RA-03	4,373.2cm ²
RA-05	13,088.0cm ²

○光触媒効果を最大限発揮

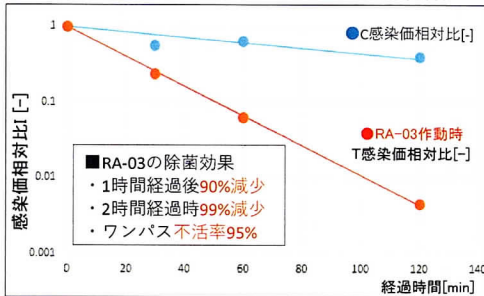
■UV-C 分光分布図



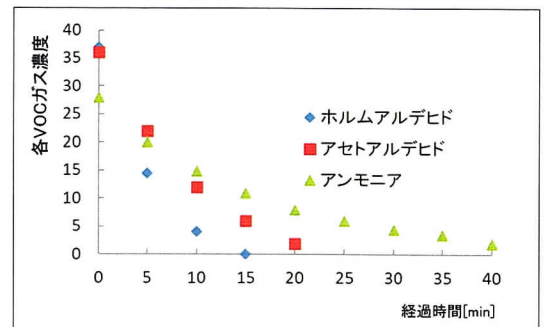
○高い殺菌効果をもつUV-Cランプ (254nm)の波長スペクトル

RA-03 浮遊インフルエンザウイルスA型の不活化効果

図 25m³、20°C 20%RH (2020年8月)

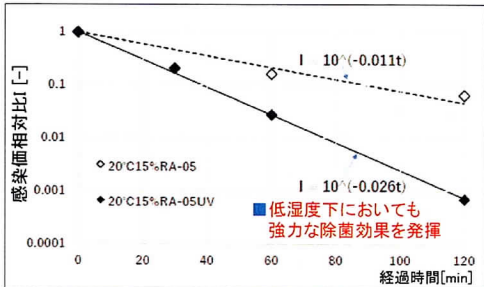


■RA-05(1.0m³)の脱臭性能 (JEM規格準拠)



RA-05 浮遊インフルエンザウイルスA型の不活化効果

図 25m³、20°C 15%RH 環境下での検証



※国立病院機構仙台医療センター (2021年1月)

■付属品(製品により異なります)

①ACアダプタ 12V/2A
RA-01T、RA-02用



②ソフトクッション
RA-01T用



④RA-03用 ACアダプタ 24V/4A
ACアダプタホルダ、ビス



③L型変換プラグ
RA-01T、RA-02用

取扱店