5　抗菌・抗ウイルスにおける光触媒の優位性及びフジコーが考えるより安全・安心な感染対策

入内嶋一憲*

5．1　はじめに

表1 に示したように，2003 年のSARS や2009 年の新型インフルエンザの世界的拡大に続きMERS の発生と流行，そして今まさに新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）における世界的なパンデミックが大きな問題となっている。

これら過去の歴史を見ると，今回のコロナが収束しても，また数年後に新たな感染症が発生し流行することは覚悟しておかねばならない。従って，これら感染症に対する効果的で継続的なリスク管理や対策が，非常に重要であると考える。

本稿では現状の主な新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）感染対策を示すとともに，光以外に特別なエネルギーを必要としないクリーンで有望な技術である光触媒の菌・ウイルス不活化に対する優位性や，ハイブリッド光触媒と特殊な成膜方法である溶射を用いたフジコーの主な衛生製品とその特長を紹介し，より安全・安心を実現するための対策を考える。

5．2　現状の主な新型コロナウイルス感染対策

主な新型コロナウイルス感染対策を表2 で感染経路別に示した。

以下，感染経路別に現状採られている感染対策とその課題を考えてみたい。

5．2．1　接触感染対策

（1）　手洗いと手の消毒

菌・ウイルスは手を介して鼻や口，目から入り感染する。人の手から菌・ウイルスを物理的に

表1.近年の感染症の発生[1)2)]

発生時期	地域	感染症	感染者･死者数
2003年	アジア･世界	SARSの発生	患者8,096名、死者774名、29の国と地域に拡大
2009年	全世界	新型インフルエンザA(H1N1)の発生と拡大	死者約28万人
2012年	中東	MERSの発生	患者1,493名、死者527名
2015年	韓国	MERSの流行	患者186名、死者36名(致死率19.4%)

表2. 現状の主な新型コロナウイルス感染対策[3)4)] と課題

No.	感染経路	現状の対策	課題
1	接触感染	手洗いと手の消毒	個人差
		接触物の消毒	頻度、手間、拭き残し
2	飛沫感染	マスク	強制困難
		パーティション	有効な場所限定、菌・ウイルスが付着
3	エアロゾル感染	マスク	密着不可能
		換気	頻度、手間、温度管理
		加湿	落下し机や床に落ちる[5)]

＊　Kazunori Iriuchijima　㈱フジコー　光触媒事業企画部　室長

除去（数を減らす）する手洗いと消毒剤（アルコール等）による手の除菌が一般的であるが個人差により指の間や手首，爪の間など洗い残しや必要な部分にアルコールが充分に届いていないなどが課題としてあげられる。

（2） 接触物の消毒

菌・ウイルスは電車のつり革・手すり・エレベーターボタン・ドアノブなどを介して手に接触することにより他の接触物に広がるといわれている。これには接触物の消毒が有効である。

しかし消毒に人的な手間がかかるため頻度には限界がある。また人の手によるものである為，消毒できていない場所がどうしても発生してしまう。

5．2．2 飛沫感染対策

（1） マスク

新型コロナウイルスは飛沫感染（感染者が咳，くしゃみ，歌唱，会話，呼吸などをする際に鼻や口から出る飛沫が近くにいる人の粘膜に接触する）によっても感染する。その為，マスクは唾や痰など水分を含んだ飛沫が飛散するのを防ぐことができるので有効な感染対策である。

ただ，着用の強制や正しい着用方法の徹底は困難な場合も多く，特に高齢者施設や知的障害者施設，保育施設などについては，マスク着用自体が難しいケースも多い。

（2） パーティション

パーティションを人と人との仕切りに用いることにより飛沫が直接かからないようにする対策としてオフィスや小売店レジ等で使用されている。しかし設置ができる有効な場所は限定的であると思われる。

また，そのパーティションに付着した飛沫に含まれる菌・ウイルスを介して接触感染をする可能性も否めない。

5．2．3 エアロゾル感染対策

（1） マスク

前述のようにマスクにより飛沫を完全に防ぐことができれば飛沫がエアロゾルに変わる可能性はない。しかし実際には隙間から飛沫が漏れ出てしまいエアロゾルとして空気中を数分から数時間浮遊する可能性がある。そのため発生源から，ある程度離れた場所にいる人も感染するケースがあると言われている。

（2） 換気

エアロゾル感染に対する対策として窓を開け換気することで，空気中のウイルスを含んだ小さな飛沫の濃度を下げることが有効である。

しかし有効な頻度で窓を開け閉めすることの人的な手間に加え，夏場冬場は窓を開けることにより温度管理ができなくなり，不快な思いだけでなく，体に不調をきたすことも多いと考えられる。

（3） 加湿

加湿により室内湿度を高めることで，エアロゾルを落とす効果が期待できるが，その分，机や

床に落ちる菌・ウイルスが増え，落ちた場所を通した接触感染のリスクが高まる[5]。

以上が現状採られている感染経路別の主な対策であるが，上記3 つ全てのリスクの根本的な対策として政府は3 密（3 つの密：密閉，密集，密接）の回避を奨めている。

しかし，3 密対策は緊急対策として有効であるが長期的には難しい。なぜなら「人は一人では生きていけない。人と人と触れ合い交わって生きていくもの」だからである。また，医療・介護・保育・接客業など，そもそも3 密回避が不可能な業界も多いのが実情である。

5．3　抗菌・抗ウイルスにおける光触媒の優位性

フジコーの主な衛生製品は光触媒を用いた抗菌・抗ウイルス製品である。光触媒とは光の力で菌・ウイルスなどの有機物を分解して二酸化炭素と水に無害化する。

仕組みとしては，簡単に言うと光合成の反対の形になる。植物の光合成は太陽の光を葉に受けて，空気中の二酸化炭素と，大地から吸い上げた水を使って植物が生きるのに必要な栄養素である炭水化物等を作り，その時に動物が生きるのに必要な酸素も作る。

光触媒反応は，これと逆の仕組みで，接触した有機物を酸化分解して，二酸化炭素と水に戻す。光触媒としては酸化チタンが一般的だが，酸化チタンは人体には無害である為，触媒反応力の低い光触媒については白色の顔料や着色料として，食品や医薬品，化粧品にも利用されている[6]。

フジコーの衛生製品は強い酸化力を持つ光触媒（酸化チタン）を使って空気消臭除菌装置や消臭除菌床タイルなどに応用し，菌・ウイルスの不活化とガスの分解による消臭（いずれも二酸化炭素と水への分解）を行っている。

菌・ウイルスの不活化は，前述の通り消毒剤を使うのが一般的だが，この消毒剤と比べた場合の光触媒の優位性は，主に次の3 点にあると考える。

（1）菌・ウイルスに対する選択性がない

耐性が高いノロウイルスにも効果を発揮。なお，新型コロナウイルスのワクチン開発においては変異株への効果のほどが心配されているが，光触媒はウイルスが変異しても基本的に関係ない[7]。

（2）耐性菌を作りにくい

光触媒は原理上はゼロに等しいと考えられている。消毒剤は頻度が増すほど耐性菌を作りやすい。

（3）光触媒は光があれば24 時間365 日稼働

静的に常時効果を発揮するので設置or 施工して備えておけば継続的な効果を発揮することができる為，後々手間がかからない。

5．4　フジコーの主な衛生製品とその特長

5．3 で述べた光触媒が効果を効率的に発揮できるようにするには土台となる基材にしっかりと成膜する必要があり，さらに光が当たる面積ができるだけ多くなるように薄く均一に成膜することが重要である。

一般的に光触媒の基材への成膜は，接着剤の役目を担う溶剤が用いられてきた。この方法は，光触媒を溶剤中に「埋もれ」させてしまう上に，基材表面上の密度も「まばら」にしてしまい，その結果，光触媒が光や空気に当たる面積は小さく，効率性は著しく抑制されていた。

フジコーでは，60 年以上続く金属加工で培った溶射技術を元に「低温高速溶射技術」を開発し，光触媒を溶剤等を使うことなく，基材に「直接」，「薄く」，「均一」に成膜することに成功した。このことにより光触媒の活性面積は飛躍的に向上したのである。

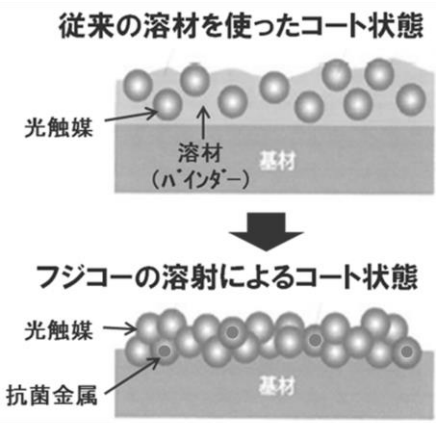


図１．フジコーの溶射皮膜イメージ図

また，フジコーでは光触媒に抗菌金属を加えることで，光触媒の活性を高めており，光触媒単体と比べると，より高い抗菌・抗ウイルス効果を発揮させている。

これにより，暗所においても抗菌金属が抗菌・抗ウイルス効果を発揮することができるのも特長の一つである。この技術は一般的にハイブリッド光触媒と呼ばれている（図1）。

次に光触媒を使ったフジコーの衛生製品を紹介する。

5．4．1　空気消臭除菌装置（図2）

空気消臭除菌装置にはアルミ製のフィルターにハイブリッド光触媒を溶射したフィルターと光源として紫外線ランプが組み込まれており，ファンにより空気を内部に吸い込んで菌・ウイルスを元から分解し不活化するとともに，臭いの元となるガスも分解することで消臭する。

また，装置内で元から分解して不活化する方式なので，オゾンやイオン，次亜塩素酸などを放出して除菌を行う装置とは異なり，外部放出はゼロである為，赤ちゃんやペット，アレルギーの方にも安心して使用可能である。当該フィルターの特徴について図3 にまとめたので参照されたい。



ＭＣ－Ｓ１０１（８畳用）　ＭＣ－Ｔ１０１（２８畳用）

図２．フジコーの主な空気消臭除菌装置

参考として，図4 に新型コロナウイルス（SARS-CoV-2） に対する光触媒フィルターの不活化効果の

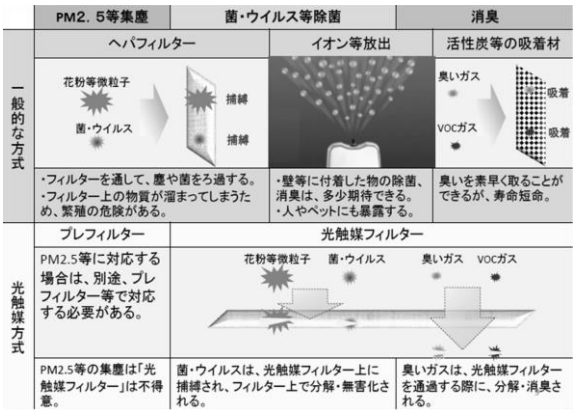
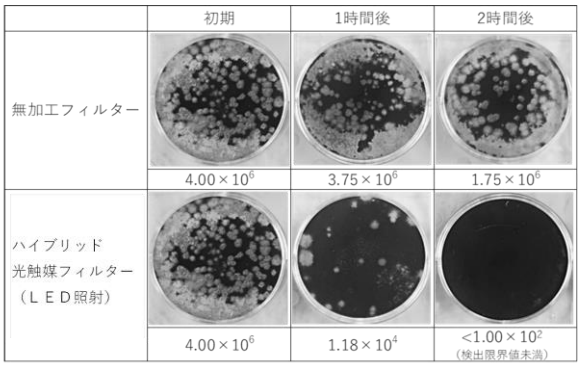


図３．空気消臭除菌装置の特徴



※白く色が抜けている部分は新型コロナウイルスが細胞に感染した箇所
【試験条件】
・試験機関：公立大学法人奈良県立医科大学（微生物感染症学講座）
・試験ウイルス：新型コロナウイルス（SARS-CoV-2; 2019-nCoV JPN/TY/WK-521株）
・試験実施期間：2020年12月1日～12月11日
・試験内容：設定した各作用時間毎にPBS液によってウイルスを回収し、VeroE6細胞に感染させ、ウイルス感染価をプラーク法にて測定した。

図４．新型コロナウイルス試験結果

試験結果を示す。無加工フィルターは2 時間後もウイルス数が1,750,000 PFU 検出された状態であるのに対し，ハイブリッド光触媒フィルターはLED（UV）照射2 時間後に検出限界値未満（< 100 PFU）となったことが確認された。

5．4．2　消臭除菌床タイル（図5）

消臭除菌床タイルは塩ビタイルやセラミックタイルの表面に空気消臭除菌装置と同様にハイブリッド光触媒を溶射してある。

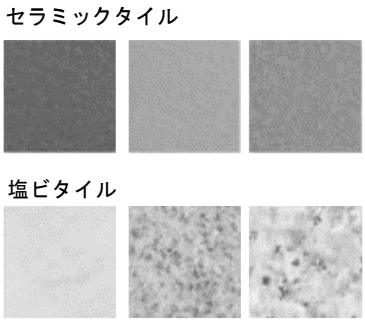
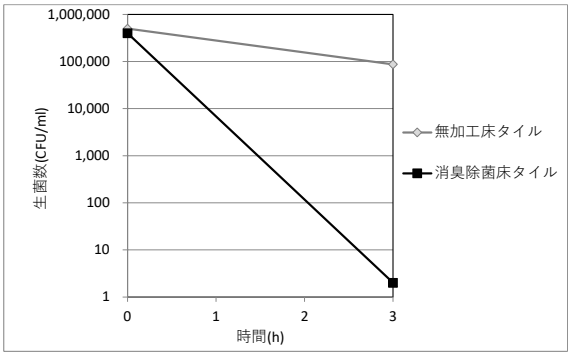


図5 消臭除菌床タイル



【試験条件】
・試験機関：株式会社フジコー技術開発センター
・試験菌：大腸菌
・試験実施期間：2020年7月1日～7月3日
・試験方法：フィルム密着法
・試験照度：1000lx

図６. 大腸菌試験結果グラフ

ただ光触媒は空気消臭除菌装置と異なり，室内光で反応する可視光応答型光触媒が使われている点が特徴である。前述の通りハイブリッド光触媒には抗菌金属が含まれているので，完全な暗所でも一定の抗菌・抗ウイルス効果を発揮する。

参考としてラボにおけるタイルの抗菌試験結果を図6 に示す。大腸菌数は無加工床タイルでは3 時間で約1 桁未満の減少に対し，消臭除菌床タイルでは4 桁以上の減少を確認した。

更に，この消臭除菌床タイルは除菌だけではなく消臭の効果もある。臭いには，排便のように，そのものが臭いを発生するものもあるが，尿や汗のようにそれ自体は臭くないが，雑菌が混じることで発酵のように臭いを発生するものが多い。消臭除菌床タイルは，この雑菌などを減らすことにより，臭いの発生自体を抑える効果がある（図7）。

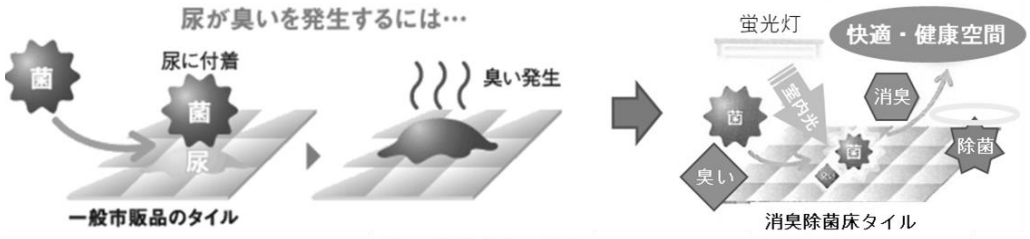


図７ 消臭イメージ図

5．4．3　除菌シート（開発中）（図8）

これはまだ開発中であるが感染対策に有効と考えられるので，ここに示す。目的としては，手に触れる箇所（手すり・ドアノブ・キーボードなど）を後付けで施工することで接触感染を防ごうというものである。

従って，基材は薄さ，柔軟さ，透明性が求められた。現時点では，0.3 mm 厚の透明塩ビシートに皮膜加工するところまでは成功している。

なお，抗菌・抗ウイルス性能としては消臭除菌床タイルと同じく，3 時間で大腸菌を4 桁以上減少させる効果を確認している。



図８. 除菌シート取付例（手すりへの使用例）

5．4．4　除菌パーティション（開発中）（図9）

パーティションのフレーム枠に前述の除菌シートを取り付けた製品で，医療関係者の要望で開発をしている。

隔離病室を持っていないクリニック等で簡易的に隔離するときに使用することを想定している。付着した菌・ウイルスも不活化する為，より感染リスクを軽減できると考える。



図９. 除菌パーティション設置例

5．5　フジコー製品を活用した，より安全・安心な感染対策

「5．2　現状の主な新型コロナウイルス感染対策」では，現状の対策に様々な課題があることを述べたが，これらの課題について5．3 で紹介したフジコーの衛生製品がどう貢献（補完）できるか考えてみたい（表3）。

表3. 現状の主な新型コロナウイルス感染対策とフジコー製品により、より安全・安心になる点

No.	感染経路	現状の対策	課題	フジコー製品	より安全・安心になる点
1	接触感染	手洗と消毒	個人差	－	－
		接触物の消毒	頻度、手間	除菌シート 消臭除菌床タイル	消毒と消毒の間に、 菌・ウイルスを静的に抑制
2	飛沫感染	マスク	強制困難	－	－
		パーティション	有効な場所限定	除菌パーティション	パーティションに付着した 菌・ウイルスも抑制
3	エアロゾル感染	マスク	密着不可能	－	－
		換気	頻度、手間、温度管理	空気消臭除菌装置	菌・ウイルスの気中濃度低減を 目的とした換気効果の補完
		加湿	落下し机や床に落ちる[4)]	除菌シート 消臭除菌床タイル	消毒と消毒の間に、 菌・ウイルスを静的に抑制

5．5．1　接触感染

まず接触感染対策としての接触物の消毒である。手すりやドアノブ，ボタン，机など，消毒直後は菌・ウイルスは0 に近い状態になるが，感染者が触ると再度汚染されてしまい次の消毒が行われるまで菌・ウイルスが存在[8]することとなる。

人が頻繁に触る部分に除菌シートを貼り付けることにより，常時抗菌・抗ウイルス効果を発揮することで消毒と消毒の間も菌・ウイルスを減少させ感染リスクを抑制[9]することができると考える。

また，床の消毒については感染対策から除外されているが，米疾病対策センター（CDC）が「医療従事者の靴底が新型コロナウイルスを運ぶかもしれない」というリポートを発表[10]しており，医療従事者に，感染患者の病棟を出る時に，靴底を消毒することを強く勧めている。

更に，集団発生したクルーズ船「ダイヤモンドプリンセス」の船内環境調査で，最もウイルス検出が多かったのはトイレ床であったことを国立感染症研究所が発表している[11]。

床を直接触ることは頻繁にはないと思われるが，落ちたものを拾う，つまずいて転ぶ，あるいは靴の履き替えで間接的に接触することなどが考えられる。

こういったことからも，消臭除菌床タイルで床の菌・ウイルスを減少させることは感染対策に有効であると考える[12]。

また，ノロウイルスは感染者の吐しゃ物などが巻き上がることでエアロゾル感染する危険性が言われているが[13]，これも消臭除菌床タイルによりリスクを低減できる効果があると考える。

5．5．2　飛沫感染

くしゃみや咳による飛沫感染をパーティションで防ぐことはマスクと共に効果があるが，パーティションについた飛沫を触ってしまうことで，接触感染をするリスクが伴う。

常時菌・ウイルスを減少させることができる除菌パーティションを使用すれば，感染リスクを下げることができると考える[14]。

5．5．3　エアロゾル感染

エアロゾル感染対策の換気は室内の菌・ウイルス濃度を下げるが，人的作業に頼らざるを得ないので，窓を開けるのを忘れてしまったり，夏場や冬場は暑さや寒さで換気が充分できない場合が多い。

空気消臭除菌装置は，菌・ウイルスの室内気中濃度低減を目的とした換気効果を補完することができると考える[15]。

また，加湿は空気中の菌・ウイルスを減少させるメリットがあるが，机や床に落ちる菌・ウイルスが増えることにより接触感染リスクが高まるという懸念がある。消臭除菌床タイルや除菌シートをテーブルに敷くことで効果が期待できる。

これらフジコー衛生製品を活用した，より安全・安心な居住空間のイメージを図10 に示す。

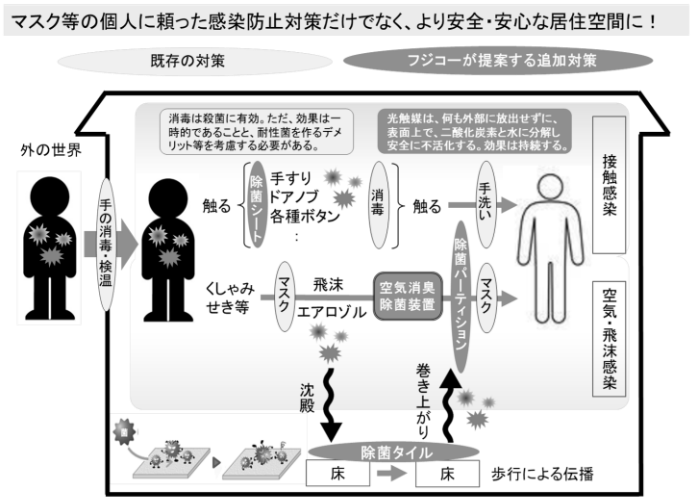


図１０. より安全・安心な居住空間

5. 6　まとめ

渦中にある新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）は人類に多大な影響を及ぼした。

「5. 1　はじめに」でも述べた通り，世界各国で新たなる菌・ウイルスが今後も発生する可能性は大いにあり，これを教訓に常時体制を整えておく必要がある。その為には3 密回避やマスク着用といった個人に頼った感染対策だけではなく，静的に常時効果を発揮する設備対策は非常に大切である。

今後どんな菌・ウイルスが発生するか分からない状況で，光触媒は前述の通り分解対象の選択性が無く，菌・ウイルスの種類にかかわらず効果を発揮することが期待でき，突然変異の影響も，ほとんど受けないことが特徴の一つとされている為，感染対策に有効であると考える。

最後に今後もこれらの技術を更に発展させ，より安全・安心な生活に役立つ衛生関連商品の開発に努めていきたい。

文　　献

1） 渡邉治雄，モダンメディア，61（11）［感染症］313，感染症の世界の動向と対応（2015）https://www.eiken.co.jp/uploads/modern_media/literature/MM1511_01.pdf（最終閲覧日：2021.2.16）

2） Fatimah S Dawood *et al., Lancet Infect. Dis.,* 12, 687-695（2012）

3） YAHOO ニュース，聖路加国際病院，坂本史衣，感染経路に関する最近の考え方（2020），https://news.yahoo.co.jp/byline/sakamotofumie/20201007-00199431（/ 最終閲覧日： 2021.2.16）

4） Medical Note，国立国際医療研究センター，忽那賢志，新型コロナウイルス感染症の感染原因とは～飛沫感染と接触感染，それぞれの対策～（2020）https://medicalnote.jp/contents/200413-007-MZ（最終閲覧日：2021.2.16）

5） 理化学研究所　計算科学研究センター，研究成果ピックアップ（2）飛沫やエアロゾルの飛散の様子を可視化し有効な感染対策を提案　～「富岳」による新型コロナウイルス対策その1，https://www.r-ccs.riken.jp/jp/topics/pickup2.html（最終閲覧日：2021.2.16）

6） 藤嶋昭ほか，太陽と光しょくばいものがたり，20-27，偕成社（2010）

7） 光触媒工業会，光触媒を利用した抗ウイルス効果の紹介，https://www.piaj.gr.jp/pdf/％ E6％8A％97％ E3％82％ A6％ E3％82％ A4％ E3％83％ AB％ E3％82％ B9％ E8％ AA％ AC％ E6％98％8E％ E8％ B3％87％ E6％96％99.pdf（最終閲覧日：2021.2.16）

8） 伊藤重彦ほか，光触媒施工シリコンシートが介護施設，急性期病院のトイレ環境表面の生菌数とアデノシン三リン酸（ATP）に及ぼす影響の研究，日本防菌防黴学会 第42 回年次大会（2015）

9） 鈴木克典ほか，シート状抗菌素材の病院環境の付着菌に与える効果の検討，第31 回環境感染学会（2008）

10） Guo ZD *et al., Emerg. Infect. Dis.*, 26（7）（ 2020）

11） 国立感染症研究所，ダイヤモンドプリンセス号環境検査に関する報告（2020），https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus/2019-ncov/2484-idsc/9849-covid19-19-2.html（最終閲覧日：2021.2.22）

12） 高畠伽央里ほか，フジコー技報，No. 25, 62-67（2017）

13） 野島康弘ほか，感染症学会誌，91（3）, 399-404（2017）

14） 有馬陽一ほか，光触媒抗菌加工製品を用いた医療用パーティションの有効性，第25 回日本慢性期医療学会（2017）

15） 正寳未宇希ほか，フジコー技報，No.28, 38-43（2020）