

## 塗料の抗ウイルス性能に関する基礎研究

### A Fundamental Study on the Antiviral Performance of Paints

東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻 助教 友寄 篤

#### (研究計画ないし研究手法の概略)

新型コロナウイルスは飛沫感染と接触感染が主要な経路であるとされ、感染対策として3密を避けるという集団行動に関する対策や手洗いなど各個人の身体側での対策が推奨されている。さらに人が滞在する空間側での対策として窓開けによる換気や接触の多い箇所のアルコール消毒が推奨されている。国内海外問わず店舗などの公共空間のテーブルやドアノブなどを拭き取っている映像が流れており、実際の生活の中でも目にする機会は多く、飲食店利用の際には、片付けの際にアルコール消毒しているかを確認している人も多いと思われる。

感染が世界的に拡大し始めた2020年4月には、香港大学により感染力を持った新型コロナウイルスが印刷物では3時間後に検出されなくなり、木材などでは2日後、SUSやプラスチックでは7日後に検出されなかったと報告され<sup>1)</sup>、その後もいくつかの研究報告がなされている。接触感染のリスクが高い材料の把握とともに、ウイルス活性残存期間が短い仕上げ材料を使うことは大きな感染対策となる。その様な状況下で、各メーカーから抗ウイルス性能を掲げた建材が新規発表されている。珪藻土、消石灰によるアルカリなど様々な商品があるが、それらの性能評価はJIS R 1756 「ファインセラミックスー可視光応答形光触媒材料の抗ウイルス性試験方法ーバクテリオファージQβを用いる方法」に準拠した結果を基にしていることが多い。しかし、小さい文字で「※ただし、この結果はコロナウイルスで実証されたものではありません」と記載されている。これらの抗ウイルス性を有する建築仕上げ材料を使うと、アルコール消毒が不要になるのかなど、その効果もはっきりしない。中には明らかに誤解を生むような、ウイルスとは関係のない「抗菌」を掲げた商品も目にする。抗菌作用がなければ抗ウイルス性がないことは感覚的に理解できるとは言え、ウイルスより10倍大きい細菌に対する効果を謳う広告は便乗商法と言える。

人体に影響のないファージを使ったJIS R 1756の試験結果はインフルエンザウイルスなどの結果と高い相関があることが示され<sup>2)</sup>、新型コロナウイルスでも効果が期待できるのは確かであると思われる。しかし、抗ウイルス性能に関する閾値は規定されておらず、試験方法を規定したJISである。また、定量的な抗ウイルス活性値の計算方法もJISには定義され、光触媒工業会からは抗ウイルス性能の目安とし抗ウイルス活性値2.0以上、かつ光照射による効果0.3以上と定められているが、多くの広告では抗ウイルス活性値が示されることはなく、その様な定量値の存在がそもそも認識されていない。仮に示されたとしても、それがどの程度の効果や日々の生活における安心・安全につながるかは明確ではない。

そこで本研究では、JIS R 1756の試験方法を用いて、コロナウイルスの残存時間が確認されている一般的な建築仕上げ材料および抗ウイルス性をもつとされる代表的な光触媒を用いた塗料について試験を実施し、抗ウイルス活性値に関する基礎的な知見を得ることを目的とする。

#### (1) 試験方法

JIS R 1756に規定される抗ウイルス性能試験においては、抗ウイルス加工前の基材（無加

工試験片)と、加工後の試験片を比較して、抗ウイルス性能を評価する。ただし、無加工試験片が準備できない場合には、ガラス板を使用することができるかと定められている。本研究では、後に示す通り抗ウイルス加工前のステンレス板など建築仕上げ材料が有する性能も評価するため、無加工試験片としてガラス板を共通して使用する。

JIS に準拠した測定手順を以下に示す。また、試験に用いた材料を表 1 に示す。

試験片の大きさは 50mm 角、これをシャーレに置き、1 試験片あたり  $1.0 \times 10^6$  pfu ~  $4.0 \times 10^6$  pfu のバクテリオファージ液を試験片に滴下する。次に、写真 1 に示す通り、密着フィルムでバクテリオファージ液を覆い、保湿ガラスをシャーレの上にかぶせる。

可視光を照射する試験片は、写真 2 に示す通り、照度を測定しながら 500lx となる様に試験片を入れたシャーレの位置を定めた。紫外線をカットするシャープカットフィルタ B を使用し、試験片周囲の温度は  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  に保った。暗所も含め試験時間は 4 時間とした。

試験片及び密着フィルムからバクテリオファージ液を洗い出す。この洗い出されたバクテリオファージの感染価をバクテリオファージに感受性をもつ大腸菌を用いたプラーク形成法によって測定する (写真 3)。

## (2) 試験対象

本研究ではガラス板を無加工片として、ステンレス板、硬質塩ビ板、ガラス板に塗装処理をしたものを加工試験片として試験を行った。加工試験片を表 2 に示す。製品 A はインフルエンザウイルスの試験結果で 99.9% 除去されたと抗ウイルス性能が謳われている光触媒コーティング剤で、インターネット上で購入し、ガラス板に塗布した。光触媒 B は、販売会社のカタログによれば、可視光応答型光触媒としてバクテリオファージ QB による試験結果で 4 時間照射後に 99.9% 以上の減少が謳われている製品で、スラリータイプを購入し、これをガラス片に塗布した。塗料 B は、

表 1 実験に使用した材料

ファージ	E.coli phage QB NBRC 20012
大腸菌	<i>Escherichia coli</i> NBRC 106373
光源	FL20SS・W/18 20 型 (株) 東芝
シャープカットフィルタ	Type B (N169, 380nm 以下の波長をカット)
密着フィルム	VF-10 / コクヨ (株)
保湿ガラス	テンパックスフロートガラス、 (株) コダマガラス
照度計	デジタル照度計 LX-2500 (株) カスタム

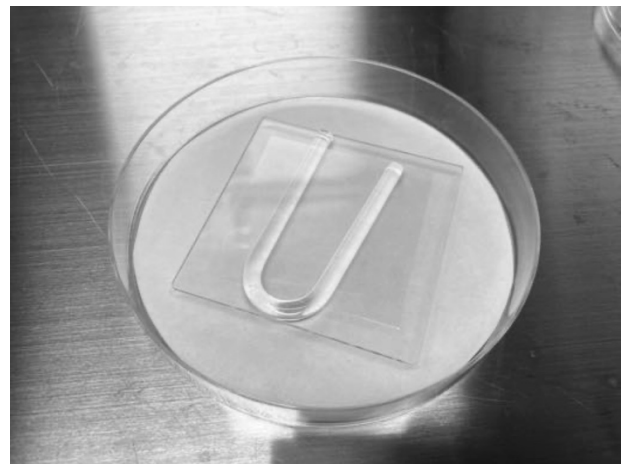


写真 1 密着フィルムで覆った試験片



写真 2 可視光照射している試験片

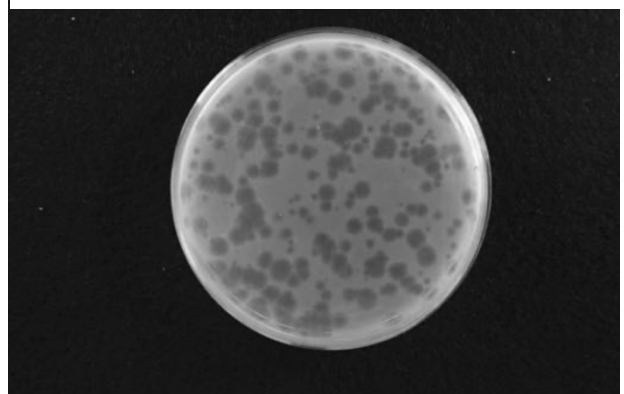


写真 3 大腸菌で培養した試験片

光触媒 B を重量比で 7.5%混合して製造した塗料をガラス片に塗布した。なお、66%が水分で残りはバインダーである。また、塗料 B+Cu は、光触媒 B を重量比 7.5%、酸化銅を 0.5%加えた塗料を製造し、これをガラス片に塗布した。試験は 2 回に分けて行い、それぞれ無加工試験片の試験も実施した。

表 2 試験に使用した加工試験片

SUS 板	t=1mm、SUS304、2B 仕上げ、3-3035 (アズワン)
塩ビ	t=2mm、押出プレート、透明 ESS8800A (タキロンシーアイ)
製品 A	酸化チタン光触媒コーティング剤、室内光用、インフルエンザウイルス 99.9%除去効果ありと広告 (市販)
光触媒 B	光触媒酸化チタン (水分散体)、ファージ試験により 99.9%以上減少効果ありと広告 (市販)
塗料 B	光触媒 B を 7.5%混合した塗料
塗料 B+Cu	光触媒 B を 7.5%、酸化銅を 0.5%混合した塗料

### (3) ウイルス活性値の算出

JIS R 1756 に準拠し、抗ウイルス活性値を式(1)~(3)によって算出した。

$$V = \log(B/A) - \log(C/A) = \log(B/C) \quad (1)$$

$$\Delta V = \log(B/C) - \log(B_D/C_D) \quad (2)$$

$$V_D = \log(B_D/C_D) \quad (3)$$

ここに、

V : 光照射した加工材料による抗ウイルス活性値

$\Delta V$  : 加工材料の光照射による抗ウイルス活性値

$V_D$  : 加工試験片の暗所における抗ウイルス活性値

A : 無加工試験片の接種直後の 3 個の試験片の感染価の平均値 (pfu)

B : 無加工試験片を光照射した後の 3 個の試験片の感染価の平均値 (pfu)

C : 加工試験片を光照射した後の 3 個の試験片の感染価の平均値 (pfu)

$B_D$  : 無加工試験片を暗所に保存した後の 3 個の試験片の感染価の平均値 (pfu)

$C_D$  : 加工試験片を暗所に保存した後の 3 個の試験片の感染価の平均値 (pfu)

### (実験調査によって得られた新しい知見)

2 回に分けて実施した試験結果と抗ウイルス活性値を表 3 および表 4 に示す。ステンレス板のウイルス活性値が 1.3 と最も高く、次いでスラリーとして販売されていた光触媒が 1.26 という結果であった。ウイルス活性値は加工試験片と無加工試験片の感染価の対数値の差であるため、イニシャルで  $10^6$  のオーダーで滴下されたファージについて、減少の程度が何桁であったかを示す数値である。

今回の試験結果からは、一般的なステンレス板に製品 A を塗布すると抗ウイルス性能が低下するという結果が得られた。また、代表的な建築仕上げ材料に使われるプラスチックとして硬質塩ビ板を用いたが、2B 仕上げのステンレス板より遥かに抗ウイルス活性が低いという結果が得られた。しかし、新型コロナウイルスを用いて行われた試験では、ステンレスと

表 3 試験 1 の結果

試料	条件	感染価平均値 (pfu/試験片)	抗ウイルス活性値		
			V	$\Delta V$	$V_D$
無加工	直後	$3.0 \times 10^6$	-	-	-
	暗所	$3.4 \times 10^6$			
	明所	$2.6 \times 10^6$			
塩ビ	暗所	$2.0 \times 10^6$	0.20	-0.02	0.22
	明所	$1.6 \times 10^6$			
光触媒 B	暗所	$2.4 \times 10^5$	1.26	0.11	1.15
	明所	$1.4 \times 10^5$			
B+Cu 塗料	暗所	$2.5 \times 10^6$	0.14	0.02	0.12
	明所	$1.8 \times 10^6$			

プラスチックでは同程度の7日間残存すると報告されている<sup>1)</sup>。インフルエンザウイルスや一般的な動物ウイルスに対する活性と高い相関を持つことが示されているバクテリオファージ Qβ は、必ずしも新型コロナウイルスに対する活性を評価できるとは限らない結果が示された。ただし、ステンレス表面の仕上げ方法やプラスチックの種類およびコンパウンドの影響も考えられるため、これらの検討については今後の慎重に検討を進める必要がある。

また、光触媒を利用した製品 A について、広告されている結果と全く異なる結果が得られた。HP に掲載されたインフルエンザウイルス

を用いた試験結果では、依頼先の試験機関も明記されている。商品の販売広告については、一般的にチャンピオンデータが掲載されていることも多いと考えられるが、掲載されているデータは、試験条件の設定が影響している可能性が考えられた。イニシャルで滴下されたオーダーが  $10^5$  となっており、そこから6時間後に2桁の減少し、99.9%の除去という図でその効果を謳っている。ある大きさの試験片上で、10万から1000に減少する効果では実際に約9.9万の減少である。一方のJISに定める  $10^6$  の桁で最初に滴下した場合、100万から1万に減少する同じ2桁の効果でも、実際の減少幅は99.9万の減少となる。

光触媒 B については、明所で1桁の減少が見られるので、多少の効果が確認された。製品カタログのデータでは、JIS R 1756 に準拠してバクテリオファージ Qβ を使い、可視光 500lx、紫外線をカットし、4時間作用させた結果で2桁の減少となっている。しかしながら、同様にイニシャルの感染価が  $10^6$  のオーダーに届いておらず、105からの減少幅として示されている。仮に10万がほぼ減少する程度の性能だとすると、100万から1桁減少したという今回の試験結果と矛盾しないものと考えられる。

酸化チタンだけでなく、銀イオンや銅イオンなど、様々な製品が抗ウイルス性能を掲げて販売されているが、今回の試験結果からは、単純に混合されていれば性能が担保される訳ではなく、その性能があるとされるものについても、試験条件も含めて性能評価をすることが重要である結果が示された。データの偽造とは言えないものの、販売者の提示する試験方法やその結果について、消費者は注意をする必要がある。

#### [参考文献]

- 1) Alex W H Chin et al.: Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions, The Lancet Microbe, Volume 1, Issue 1, 2020
- 2) JIS R 1756(2013)解説
- 3) 光触媒工業会 標準化委員会：抗ウイルス：可視光の性能判定基準案、2016

表 4 試験 2 の結果

試料	条件	感染価平均値 (pfu/試験片)	抗ウイルス活性値		
			V	ΔV	V <sub>D</sub>
無加工	直後	$2.5 \times 10^6$	-	-	-
	暗所	$2.8 \times 10^6$			
	明所	$3.3 \times 10^6$			
SUS	暗所	$2.1 \times 10^5$	1.36	0.23	1.12
	明所	$1.5 \times 10^5$			
製品 A	暗所	$3.4 \times 10^6$	0.10	0.19	-
	明所	$2.6 \times 10^6$			
光触媒 B 塗料	暗所	$5.1 \times 10^6$	-	0.16	-
	明所	$4.3 \times 10^6$			