

研究報告 2019 (KISTEC Annual Research Report, 2019)

【研究開発部】

実用化実証事業

「光触媒」グループ(抗菌・抗ウイルス研究グループ)

◆総括.....	147
グループリーダー窪田 吉信、石黒 斉	
◆KISTEC 機器の共用化の取り組みとウイルス噴霧試験.....	150
永井 武、畑山 靖佳、砂田 香矢乃、石黒 斉	
◆可視光下での金属酸化物の抗ウイルス活性に関する試験.....	153
砂田 香矢乃、畑山 靖佳、永井 武、石黒 斉	
◆防藻性能評価試験方法の JIS 化に向けた取り組み.....	156
石黒 斉、永井 武、砂田 香矢乃	
◆業績.....	159

「光触媒」グループ（抗菌・抗ウイルス研究グループ）

グループリーダー 窪田 吉信、石黒 斉

【基本構想】

本プロジェクトでは、地域イノベーション戦略支援プログラムにおけるテーマとして、「KISTEC 機器の共用化」により、光触媒加工品やその他抗ウイルス加工品による抗ウイルス性能評価試験を行い、様々な企業や研究機関による抗ウイルス加工品の研究開発を推進することを目的とした取り組みを行っている。また、抗ウイルス加工品に限らず、抗菌加工品に関しても性能評価試験の提供も行っている。提供している性能評価試験は JIS/ISO 規格に基づいた抗菌・抗ウイルス性能評価が主であるが、JIS/ISO 規格では対応できない加工品についても、それぞれの製品開発の特徴に合わせて、JIS/ISO 規格を応用させた性能評価試験方法を提供している。また、本プロジェクトでは抗菌分野について ISO17025 を取得しており、国際的に通用する評価機関として、日々その技術や品質の向上に努めながら、KISTEC で展開していく評価技術センター機能の構築に向けた取り組みを行っている。また、新たな試験方法の提供に向けた取り組みや共同研究を通じた新規 ISO/JIS 規格の作成などへの取組を続けている。

1. 平成 30 年度の研究目的

プロジェクト 14 年目となる平成 30 年度は、以下の各項目について、検討を行った。

(1) KISTEC 機器の共用化

本研究テーマでは、昨年度と同様に地域イノベーション戦略支援プログラムとして、KISTEC が所有する無菌作業に必要な機器類の利用を通じて、県内外や国内外の多くの企業や研究機関の研究開発を推進することを目的として活動し、様々な抗菌・抗ウイルス加工品の性能評価試験を提供し、製品開発を促進することを目標としている。また、試験対象を微生物としていることから、KISTEC 研究員が各種試験を代行して行っている。加えて、平成 30 年度はこれまでに要望が多かったウイルスを気中に噴霧させて、抗ウイルス性能評価を行う試験系の構築に向けた取り組みを行った。

抗菌・抗ウイルス性能評価試験を提供するにあたっては、ISO17025 を取得しており、評価試験の信頼性と技術向上に向けた活動を行っている。具体的には、年間活動計画に基づいて、技能試験への参加、内部の試験精度の管理などを行った。更に、平成 30 年度は抗菌プラスチック加工品に対する抗菌性能評価試験方法である JIS Z 2801 を JNLA 試験として、新規登録するための整備を行い、KISTEC が提供する抗菌性能評価試験の信頼性や技術を更に高めていくことで、評価技術センター機能構築に向けた取り組みを行った。

(2) 防藻性能評価試験方法の JIS 化に向けた取り組み

防藻性能評価試験方法として ISO19635 が 2016 年に制定されている。平成 30 年度はこの ISO 規格をもとにしながら、国内規格である JIS を作成することを目標とした基礎的な検討を開始した。本テーマでは、光触媒工業会との共

同研究及び経済産業省「平成 30 年度戦略的国際標準化加速事業：産業基盤分野に係る国際標準開発活動 光触媒の防藻性能試験法に関する JIS 開発」として、光触媒工業会より委託を受けて推進した。具体的な内容として、防藻性能試験方法の立ち上げと ISO 規格における実際の作業上の問題点の確認を行った。更に、光触媒加工品が実際の環境下でどの程度の防藻性能を発揮するかについて、KISTEC 及び他機関と連携しながら、1-2 年間のモニタリングによる防藻性能実証試験を開始した。

(3) 新規機能性物質の探索と抗ウイルス性能

我々はこれまでに水に難溶性の金属化合物の暗所下での抗ウイルス活性を調べ、銅一価化合物が銅イオンや銅二価化合物に比較して、高い抗菌・抗ウイルス活性を発揮することを見出している。また、同時に銀イオンを溶出しにくい個体の銀化合物は抗菌・抗ウイルス活性をほとんど発揮しないことも明らかとしている。本検討では、銅化合物や銀化合物以外の金属化合物の抗ウイルス活性を検討し、新規可視光応答形光触媒材料の作成について検討した。

また、共同研究として、国立大学法人東京工業大学物質理工学院の中島章教授と新規セラミックス材料の機能性評価を行い、その抗菌・抗ウイルス性能について検討を行った。

2. 平成 30 年度の研究成果

以下に挙げるのは、平成 30 年度の具体的な研究成果であり、それぞれの項目について順調な成果を上げることが出来た。

(1) KISTEC 機器の共用化

平成 30 年度についても、これまでと同様にバクテリオファージや動物細胞感染ウイルスを用いた抗ウイルス加

工品の抗ウイルス性能評価試験を進めるとともに、抗菌加工品の抗菌性能評価試験を行った。抗菌・抗ウイルス性能評価の依頼件数は過去最高となり、図1に示すように227件であった。また、相談件数を含めたべ依頼試験数としては279件であった。このことから、平成30年度も昨年に引き続き、多くの抗菌・抗ウイルス加工製品の研究開発が進められていると考えられる。

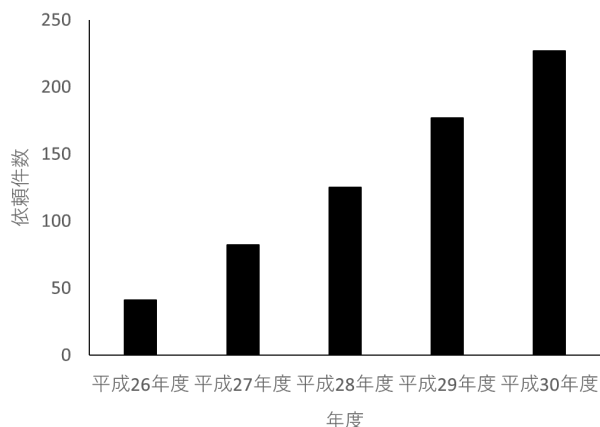


図1. 各年度の依頼件数の推移

ウイルスの噴霧試験については、これまでも要望の高い試験方法であったことから、KISTECにて試験対応が出来るように整備を進めた。本試験方法の導入については、バイオメディカルサイエンス研究会の協力のもとで、試験を行うとともに、KISTEC内に噴霧試験に必要な機器の整備を進めた。試験方法は密閉可能なグローブボックス内部にネブライザーを用いてウイルスを噴霧、攪拌を行った（図2）。



図2. グローブボックスを用いた抗ウイルス性能評価試験

その後、予め内部に設置していた試験対象機器を一定時間、稼働させた。本検討で用いた試験機器は内部に光触媒フィルタが設置してあり、ファン及び紫外光照射をONとすることで、光触媒フィルタを用いた空気清浄機となることを想定した機器である。試験機器の稼働条件は、①ファンOFF 光照射無し、②ファンON 光照射無し、③ファンON 光照射有りの3条件で試験を行った。一定時間経過後にエアサンプラーを用いて、ゼラチンフィルター上にグローブボックス内の空気を回収し、そこに含まれるウイルス量をプラークアッセイ法によって確認した。試験結果例を図3に示す。

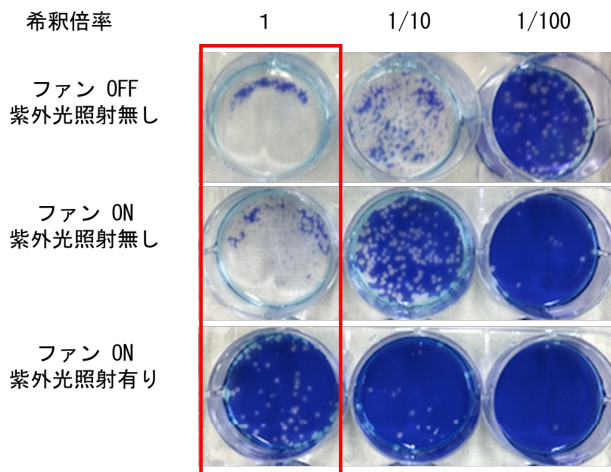


図3. プラークアッセイ法による抗ウイルス効果の確認

プラークアッセイ法は、ウイルスに感染した細胞が死滅することを利用したウイルス量の測定方法であり、予め培養していた細胞シートに段階希釈したウイルスを接種する。その後、一定時間培養した後、細胞を染色すると、ウイルスが感染することで細胞が死滅した箇所は染色されず、色が抜けた状態となる（プラーク）。このプラーク数を比較することで、どれだけの抗ウイルス効果が得られているかを計算することが可能である。図3に示すように、エアサンプラーで捕集したウイルスの量を確認したところ、①及び②の条件下では、多くの細胞が死滅しており、染色部分が非常に少ない事が認められる。一方で、③の条件では、多くの細胞が死滅せずに残っており、ほぼすべての細胞が染色されていることがわかる。この染色結果をもとに、穴の様に抜けた部分をカウントし比較することで、ウイルスの不活化量を算出することが出来る。図3にも明らかにように、本試験機器はウイルスを効率よく不活化させていることが明らかとなった。ウイルス噴霧試験についてはKISTEC 内部で機器の整備を進め、2019年には提供可能とする予定である。

ISO17025 に関しては、JIS Z 2801 を JNLA 試験として登録するために必要な整備を行い、申請業務を行った。その結果、JNLA 試験として登録することが出来た。また、ISO17025 の改訂を受けて、新 ISO17025 への対応整備を開始した。

(2) 防藻性能評価試験方法の JIS 化に向けた取り組み

平成 30 年度より光触媒工業会との共同研究及び光触媒工業会が採択された経済産業省「平成 30 年度戦略的国際標準化加速事業：産業基盤分野に係る国際標準開発活動 光触媒の防藻性能試験法に関する JIS 開発」の一環として、防藻性能評価試験方法である ISO19635 をもとにした新規 JIS 規格の作成に向けて取り組みを行った。始めに、ISO19635 に準じて、防藻性能評価試験を行うための準備及び試験を行った。用いた光触媒加工品は本 ISO を作成する際に使用していたものと同等性能を持つ紫外光応答形光触媒加工ガラス板を用いた。また、ISO19635 に規定されているが、現状ですぐに準備が出来ない機器等については、代替方法を用いることが可能かについても同時に検討を行った。特に、問題と考えられた点が、クロレラの増殖方法であり、ISO19635 ではクロレラの増殖のために、液中のバブリングが必要となっているが、本検討から通気性を保っていれば、バブリングを行うことなくクロレラを増殖させることが可能であった（図 4）。



図 4. 試験に用いるために増殖、濃縮したクロレラ液

このように増殖、濃縮を行ったクロレラを用いて、ISO19635 に基づいた防藻性能評価試験を行った結果、光照射を行った光触媒加工品に接種したクロレラはほぼ 100%の不活化効果が得られており、光触媒加工品による防藻性能を確認することが出来た。このように、光触媒加工品による防藻性能を研究室で確認することが出来た一方で、実際の環境下において、光触媒加工品がどの程度の防藻性能が発揮されるかについて詳細は不明である。そこで、本検討課題である防藻性能評価試験方法の JIS 化に向けた検討と並行して、実環境下における防藻性能を確認する検討について準備を進め、実際の環境中に各種試験品を設置し、防藻性能を確認する研究を開始している（図 5）。



図 5. 光触媒加工品による実環境における防藻性能評価試験

(3) 新規機能性物質の探索と抗ウイルス性能

抗菌活性を持つことが知られている金属酸化物を中心に選択し、 Fe_2O_3 、 MnO_2 、 MoO_3 を始めとする 7 種類の金属酸化物の抗ウイルス性能を検討した。方法は可視光応答形光触媒加工品の抗ウイルス性能評価で用いられている JIS R 1756 に沿って行った。また、使用したウイルスはバクテリオファージ Q β 及び $\phi 6$ 、動物細胞感染ウイルスとしてネコカリシウイルス及びインフルエンザウイルスを用いた。抗ウイルス性能評価を行った結果、 MoO_3 に非常に高い抗ウイルス活性を認めた。この高い抗ウイルス活性はウイルス種を選ばず得られたことから、 MoO_3 は抗菌活性だけではなく、高い抗ウイルス活性を併せ持つことを明らかとした。一方で、1000 lx の可視光照射では大きな光触媒効果は得られていなかった。そこで、 MoO_3 をもとにした可視光応答形光触媒材料の開発に向けて検討を行った。方法として、 TiO_2 及び MoO_3 を混合した化合物(Mo/TiO_2)を作成し、その抗ウイルス性能を確認した。その結果、 Mo/TiO_2 は暗所下での抗ウイルス活性を持ち、かつ 1000 lx の可視光照射下において非常に強い抗ウイルス活性を得ることが出来た。この結果から、 Mo/TiO_2 は可視光応答性を持つ光触媒であることが示唆された。

国立大学法人東京工業大学物質理工学院(中島章教授)との共同研究では新規セラミックス材料として、自己撥水性を発揮しながら、抗菌・抗ウイルス活性を持つ新規セラミックス材料を作成した。この結果については、日本セラミックス協会第 31 回秋季シンポジウムのトピックス研究として選定されるとともに、プレスリリースや新聞報道として取り上げられ、社会に広く注目を浴びており、今後更なる発展が期待される。

3. 謝辞

KISTEC 機器の共用化については、文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラムの一環として取り組んだ。グローブボックスを用いたウイルス噴霧試験の実施及び構築にあたっては、バイオメディカルサイエンス研究会の協力のもとで行った。また、グローブボックスを用いたウイルス噴霧試験結果については、全南大学校(韓国)の金鍾鎬教授のご厚意により紹介した。

防藻性能評価試験を行うにあたっては、光触媒工業会との共同研究及び光触媒工業会が経済産業省委託事業「平成 30 年度戦略的国際標準化加速事業：産業基盤分野に係る国際標準開発活動 光触媒の防藻性能試験法に関する JIS 開発」として、一般財団法人日本規格協会から再委託を受けて取り組んだ一環である。

新規機能性材料の研究については、JSPS 科研費基盤研究(c)(課題番号 17K00633)の助成を受けて行った。また、新規セラミックス材料の研究については国立大学法人東京工業大学物質理工学院(中島章教授)との共同研究として行った。

KISTEC 機器の共用化の取り組みとウイルス噴霧試験

永井 武、畑山 靖佳、砂田 香矢乃、石黒 斉

1. はじめに

我々は、地域イノベーション戦略支援プログラム(平成25年度～平成30年度)の一環として「KISTEC 機器の共用化」により、KISTEC が保有する無菌作業やバイオ実験で使用される機器類を多くの企業や研究団体に利用してもらいながら、製品の研究開発を促進させるための活動を行っている。中でも、光触媒加工品やその他の抗ウイルス加工品による抗ウイルス性能評価を行うことを主としている。一方、実際の作業工程では病原性微生物を使用することから、性能評価試験従事者は微生物に関する専門知識及び取り扱い技術を有する必要があるため、KISTEC 研究員が受託を受けて、評価技術サービスの提供を代行することで、機器を利用してもらえよう活動を行っている。これまでに、光触媒加工品の抗ウイルス性能評価である JIS R 1706 及び JIS R 1756 に加え、動物細胞感染ウイルスであるインフルエンザウイルスやネコカリシウイルス(ノロウイルス代替)を用いた抗ウイルス性能評価試験の整備と提供を行ってきた。更に、抗ウイルス性能評価試験以外に抗菌性能評価試験の提供を行うとともに、JIS/ISO 規格外の試験について、海外規格を参考とした応用方法や、新しい試験方法を開発しながら、機器の共用化として評価技術サービスの提供を推進してきた。本報告では、平成30年度の受託試験の状況及びこれまでに要望が多く出されていた動物細胞感染ウイルスを用いたウイルス噴霧試験の現状について報告する。

2. 実験と結果

2.1 平成30年度における抗菌・抗ウイルス性能評価

KISTEC 機器の共用化として、光触媒を始め、その他の多くの抗ウイルス及び抗菌加工製品の性能評価を実施した。各年度の受託試験の件数の推移を図1に示す。試験数は年々増加しており、平成30年度は227件の受託件数であった。光触媒加工品及びその他加工品の件数の比較では、約66%が光触媒加工品を用いた抗菌・抗ウイルス性能評価であった。また、光触媒加工品は紫外光応答型光触媒と可視光応答型光触媒の二つのタイプに大別されるが、評価対象としては可視光応答型光触媒を用いた加工品が80%となっていた(表1)。また、近年は光触媒材料に各種抗菌材料や抗ウイルス材料などを混合したハイブリッド型と呼ばれる製品の開発も進められており、そのような加工品の評価も行った。更に、光触媒工業会が推進しているPIAJマーク認証事業に関連した受託試験依頼もあった。

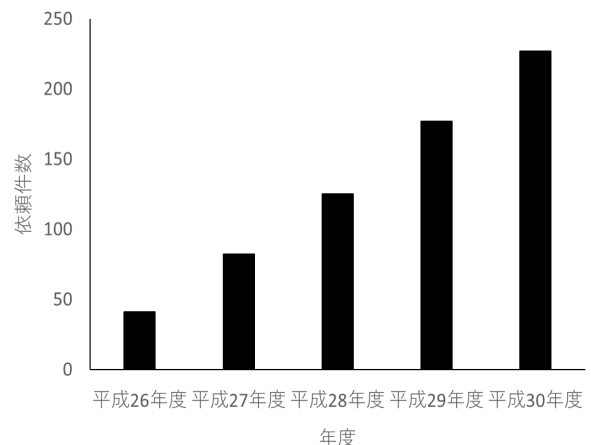


図1. 各年度の受託件数の推移

表1. 用いた光触媒加工品の違い

紫外光応答型	36 (20%)
可視光応答型	142 (80%)

2.2 グローブボックスを用いたウイルス噴霧試験

これまで、多くの受託試験を通じて KISTEC 機器の共用化活動を行うと同時に、JIS/ISO 規格では対応できない形状の加工品についても、要望に応じた抗菌・抗ウイルス性能評価試験を行ってきた。その中で、気中にウイルスを噴霧し、例えば空気清浄機のような機器の抗ウイルス効果を確認したいという要望が多くあげられていた。そこで、バイオメディカルサイエンス研究会の協力のもと、グローブボックスを用いたウイルス噴霧試験を行い、それと共に KISTEC 内に噴霧試験を行うための整備を進めた。

グローブボックスを用いたウイルス噴霧試験システムの概要を図2に示し、その写真を図3に示す。ウイルスが漏れないよう密閉されたグローブボックス内に試験機器を設置し、ネブライザーにてウイルスを内部に噴霧、攪拌し、グローブボックス内にウイルスが攪拌されるように調整した。その後、試験機器を一定時間稼働させた後、エアサンプラーを用いてゼラチンフィルター上にウイルスを集めた(30L/回)。ゼラチンフィルターは細胞培養に用いる培地で溶解し、感染価をプラークアッセイ法により確認した。プラークアッセイ法は、ウイルスに感染した細胞が

死滅することを利用したウイルス感染価の測定方法であり、その方法は次の通りである。6well プレートに培養しておいた宿主細胞に段階希釈したウイルスを接種する。その後、2日ほど培養した後、細胞を染色すると、ウイルスの感染によって細胞が死滅した箇所は染色されず、色が抜けた状態となる(プラーク)。各条件下で集めたグローブボックス内のウイルスから得られたプラーク数を比較することで、どれだけの抗ウイルス効果が得られているか計算した。また、用いたウイルスは A 型インフルエンザウイルス (ATCC VR-1469) であり、宿主細胞は MDCK 細胞を用いた。

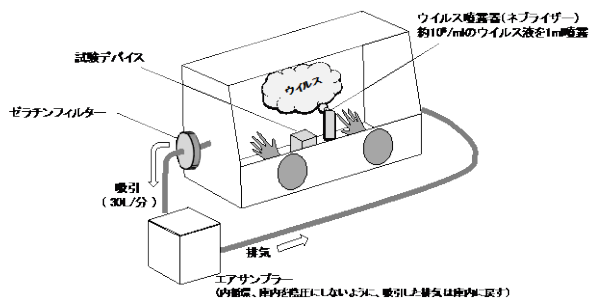


図 2. 試験システムの概要



図 3. ウイルス噴霧試験の様子

今回の試験で使用した機器は光触媒フィルタを内蔵した小型空気清浄機であり、試験機器の稼働条件は、①ファン OFF 光照射 OFF (未稼働)、②ファン ON 光照射 OFF、③ファン ON 光照射 ON の 3 条件で試験を行った。ウイルスの回収は試験機器を稼働後 5、10 及び 20 分とした。

図 4 は試験機器を未稼働及び稼働後に回収したウイルスを宿主細胞に感染させたプラークアッセイの結果である。ファン ON 光照射 ON の群では、ファン OFF 光照射 OFF (未稼働) 及びファン ON 光照射 OFF の群と比較して、

明らかなプラーク数の減少が認められた。さらに、5 分後の比較では、回収したウイルス原液を感染させた場合に、ファン ON 光照射有の群では多くの細胞が染色されているのに対して、ファン OFF 光照射 OFF (未稼働) 及びファン ON 光照射 OFF の群ではほとんどの宿主細胞が死滅していることを認めた。図 5 では、プラークアッセイの結果をもとにウイルス感染価を算出し、グラフとしてあらわしている。グラフに示されるようにファン ON 光照射 ON の群は 20 分経過後には検出限界近くまでウイルスを不活化することができた。この結果から、グローブボックスを用いたウイルス噴霧試験による光触媒フィルタ搭載空気清浄機等の抗ウイルス性能評価を提供することが出来、また、本システムを KISTEC にて整備し、機器の共用化の一つとして、提供するための整備を進めた。

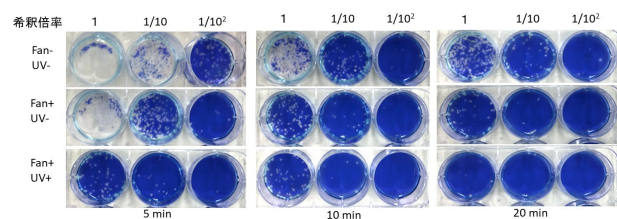


図 4. プラークアッセイの結果

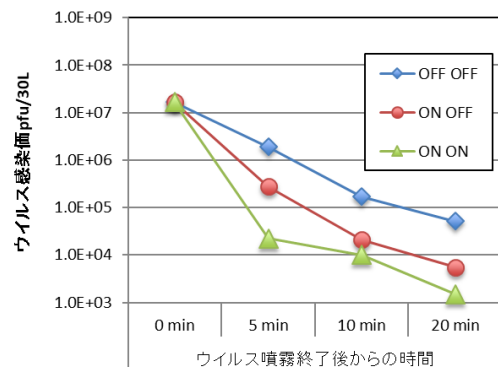


図 5. プラークアッセイから算出したウイルス不活化量

3. 考察及び今後の展望

以上、平成 30 年度に機器共用化の取組と新たな試験システムの構築に取り組んだ。

我々は以前より、光触媒に関する研究を精力的に行ってきたおり、光触媒に関する多くの知見を有している。この背景から、光触媒加工品を用いた性能評価サービスの依頼が多い傾向であったと推測された。しかし、抗菌性能評価サービスも含めた各種性能評価サービス依頼件数について、年々その提供数が増加していることから、光触媒加工品以外の加工品についても KISTEC 機器の共用化の中で多くの性能評価試験を提供することが出来たと考えている。更に、光触媒加工品に関しては、KISTEC 川崎技術支援部においても、空気浄化性能評価に関する支援業務も増加しており、国内外の各企業や研究機関における光触媒材

料や加工品の研究開発が活発に進められていると考えられる。また、光触媒技術の応用開発や普及活動を推進している光触媒工業会では平成 29 年度より「きれい JAPAN」としての普及活動に取り組み、光触媒の持つ可能性を広く社会に発信している。また、可視光応答形光触媒を中心とした新しい光触媒加工品の各種性能評価判定基準とそれに基づいた PIAJ マーク認証も開始している。これらのことも、光触媒加工品の製品開発を加速する要因と考えられる。

グローブボックスを用いた抗ウイルス性能評価試験では、光触媒フィルタに対して、紫外光を照射することで、速やかな噴霧ウイルスの不活化を確認することが出来た。また、ファン ON 光照射 OFF の条件においても、ファン OFF 光照射 OFF の条件と比較して、90%程度のウイルスの減少を認めた。このことから、試験機器が噴霧されたウイルスを効率良く取り込んでおり、光触媒フィルタ等に吸着することで、ウイルス量を減少させていると考えられる。また、そこに光触媒反応を付加することで、更に抗ウイルス性能が高くなったと考えられる。特に、試験機器を稼働 5 分後において、光触媒反応が非常に速やかにウイルス不活化を起こすことが明らかとなっており、ウイルス感染のリスクを下げるための、有効な製品開発につながっていくと考えられる。グローブボックスを用いたこのようなウイルス噴霧試験系は、噴霧専用の部屋等が不要であり、通常行われているウイルス噴霧試験と比較して、研究開発の段階で非常に有効なシステムであり、我々も KISTEC 内に機器類の整備も終えていることから、今後評価技術サービスとして、提供していく予定としている。一方で、ウイルス噴霧試験における試験機器未稼働の条件下においても噴霧したウイルス量が時間経過とともに減少していくことが認められていることから、試験機器を使用しない場合におけるウイルス量の減少量を少なくし、抗ウイルス性能をより高精度で確認できる方法の構築が必要であり、今後の検討でより安定したウイルス噴霧試験に向けた改良を加えていく予定としている。また、抗菌・抗ウイルス性能評価を中心とした評価技術サービスを更に拡充させるために、新しい応用試験方法の研究開発を進めていく予定としている。

【謝辞】

KISTEC 機器の共用化については、文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラムの一環として行った。グローブボックスを用いたウイルス噴霧試験の実施と構築にあたっては、バイオメディカルサイエンス研究会の協力のもとで行った。また、グローブボックスを用いたウイルス噴霧試験結果については、全南大学校(韓国)の金鍾鎬教授のご厚意により紹介している。この場を借りて謝意を表明する。

可視光下での金属酸化物の抗ウイルス活性に関する試験

砂田 香矢乃、畑山 靖佳、永井 武、石黒 齊

1. はじめに

1990年代から積極的に研究開発が進められてきた光触媒材料は、空気浄化、セルフクリーニング、抗菌、抗ウイルスなどの機能を発揮する製品として応用され、上市されてきた。それは、太陽光などにふくまれる紫外光に反応する酸化チタンを中心とした紫外光応答形光触媒製品だけではなく、室内光でも同様の機能を発揮する可視光に反応する光触媒製品の研究開発も進められてきた。特に、2010年頃に高い抗菌・抗ウイルス性能を発揮する可視光応答形光触媒材料が創製¹⁾され、感染リスクの低減やクリーンな生活環境を創造するためのツールとして有効と考えられ、様々な使用箇所を想定した多くの製品開発が進められてきている。

一方、これまでに我々は、光触媒材料ではないが、水に難溶の金属化合物である銅化合物や銀化合物の暗所下での抗菌・抗ウイルス活性を調べ、銅一価化合物は、銅イオンや銅二価化合物に比べ、抗菌効果のみならず、エンベロープをもつウイルス、エンベロープをもたないウイルスのどちらに対しても高い抗ウイルス活性を発揮することを見出した²⁾。また、銀イオンを溶出しない固体の銀化合物（たとえば Ag_2S ）は、抗菌・抗ウイルス活性をほとんど発揮しないことも明らかにしてきた²⁾。さらに、銅一価化合物の高い抗菌・抗ウイルス活性を活かした可視光応答型光触媒材料の研究開発にも携わってきた³⁾。

そこで、本稿では、銅化合物や銀化合物以外の金属化合物の中に、抗菌・抗ウイルス活性が高い化合物が見出せないかについて金属酸化物を中心に調べ、また、またその知見をもとに新たに作製した可視光応答型光触媒材料の抗ウイルス活性についても検討したので、報告する。

2. 実験と結果

2. 1. 金属酸化物の抗ウイルス活性評価方法

抗ウイルス活性を調べる金属酸化物は、抗菌活性を持つことが知られている金属イオンをふくむ酸化物を中心に選択し、 Fe_2O_3 、 MnO_2 、 CeO_2 、 MoO_3 、 SnO_2 、 NiO 、 ZnO の7種の市販の金属酸化物の粉末を用いた。それぞれの粉末を純水でよく洗浄した後、25 mm×25 mm のガラスに6 μmol の量を担持した。

抗ウイルス活性評価は、基本的には JIS R 1756 にそって行い、バクテリオファージ Q β (NBRC20012、宿主大腸菌 (NBRC106373)) とバクテリオファージ $\phi 6$ (NBRC105899、宿主菌 (NBRC14084))、並びにネコカリシウイルス F-9 株 (ATCC VR-782、宿主:CRFK 細胞(ATCC CCL-94))、インフ

ルエンザウイルス (H1N1) A/PR/8/34 株 (ATCC VR-1469、宿主:MDCK 細胞(ATCC CCL-34))を対象に行った。ネコカリシウイルスやインフルエンザウイルスを対象にした試験では、図1に示すような方法で測定し、その感染価は、TCID₅₀ として求めた。照射は、白色蛍光灯を用いて、Type B (N169:380nm 以下の波長をカット) のフィルター下、1000 lx の照度で行った。

2. 2. 金属酸化物の抗ウイルス活性評価結果

表1にバクテリオファージ Q β を対象

に評価したそれぞれの金属酸化物の抗ウイルス活性値を示した。ここでの抗ウイルス活性値(R)は、接種直後の0時間での感染価からの低減率を対数値で示した(式(1))。また、光照射効果(ΔR)は、光照射下と暗所下での抗ウイルス活性値の差で示した(式(2))。

$$\text{抗ウイルス活性値} : R = \log(N_0) - \log(N) \quad (1)$$

ここで、 N_0 : 接種直後の感染価、

N : 2, 4時間後の光照射下ならびに暗所下での感染価

$$\text{光照射効果} : \Delta R = R_L - R_D \quad (2)$$

ここで、 R_L : 光照射下での抗ウイルス活性値、

R_D : 暗所下での抗ウイルス活性値

表1の結果より、白色蛍光灯照射下、暗所下ともに、酸化亜鉛(ZnO)で弱い抗ウイルス活性が認められ、さらに、酸化モリブデン(MoO_3)において、非常に高い抗ウイルス活性が認められた。

また、バクテリオファージ $\phi 6$ についても同様に調べたところ、やはり MoO_3 が高い抗ウイルス活性を示した。このことから、エンベロープをもたないバクテリオファージ

ウイルスを回収後段階希釈

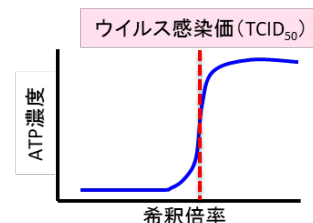
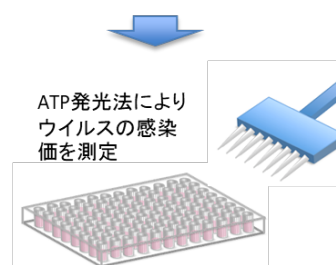
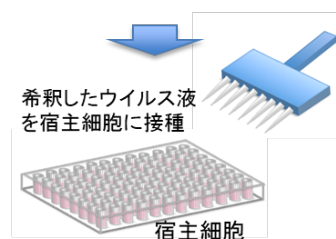


図1. ウイルス感染価の測定方法

表 1 金属酸化物の Bacteriophage Q β に対する抗ウイルス活性

金属酸化物	R _L : 抗ウイルス活性値* (光照射下)		R _D : 抗ウイルス活性値* (暗所)		ΔR : 光照射効果*	
	2 時間	4 時間	2 時間	4 時間	2 時間	4 時間
Fe ₂ O ₃	0.4	0.3	0.0	0.1	0.4	0.2
MnO ₂	0.2	0.4	0.3	0.3	-0.1	0.1
CeO ₂	0.1	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2
MoO ₃	3.4	5.3	3.0	5.0	0.4	0.4
SnO ₂	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
NiO	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.1
ZnO	0.2	1.6	0.4	1.2	-0.2	0.3

* 数値は、いずれも小数点 2 桁目を四捨五入して小数点以下 1 桁で表示

Q β 、エンベロープをもつバクテリオファージ $\phi 6$ のどちらに対しても高い抗ウイルス活性を示した金属酸化物は、7 種の中では、MoO₃ であることが明らかとなった。一方、MoO₃ は、暗所下でも高い抗ウイルス活性を示しており、光照射効果すなわち可視光応答性は低いものであることが判明した。

また、インフルエンザウイルスやネコカリシウイルスを対象に抗ウイルス活性を調べたところ、図 2 に示すように、バクテリオファージを対象とした時と同様に高い抗ウイルス活性をもつことが明らかとなった。これらの結果より、MoO₃ は、抗菌性をもつことは知られているが、高い抗ウイルス活性も示すという新たな知見が得られた。

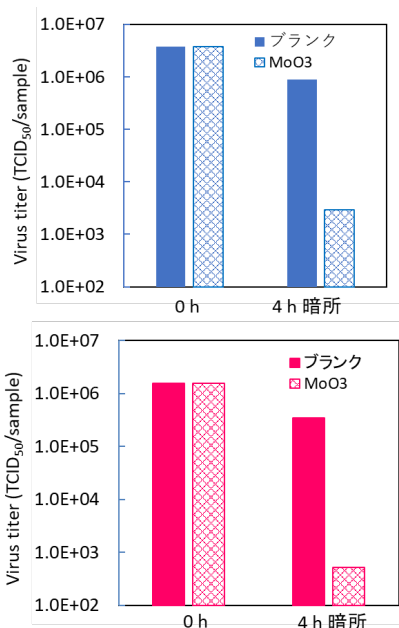


図 2. MoO₃ の抗ウイルス活性(上; ネコカリシウイルスに対して、下; インフルエンザウイルスに対して)

2. 3. 抗ウイルス活性を示す可視光応答形光触媒の作製

モリブデン酸化物である MoO₃ が、高い抗ウイルス活性をもつことが明らかになったため、それを活用して、抗ウイルス活性をもつ可視光応答形光触媒材料が作製できないかと考えた。そこで、酸化チタンとモリブデン酸化物を組み合わせた材料を作製しようと、Na₂MoO₄ 水溶液に酸化チタン粉末を浸漬し、約 80 °C に加温して 3 時間攪拌しながら作製した。その後、水で洗浄し、100 °C で乾燥し、そ

れをサンプルとした(以下、このサンプルを Mo/TiO₂ とする)。

Mo/TiO₂ のサンプルも、2. 1. の金属酸化物の評価と同様に、25 mm×25 mm のガラスに 6 μ mol の量を担持し、抗ウイルス活性評価を行った。対象ウイルスも、2. 1. と同様に、バクテリオファージ Q β 、バクテリオファージ $\phi 6$ 、並びに、ネコカリシウイルス、インフルエンザウイルスとした。

2. 4. 可視光応答形光触媒材料の抗ウイルス活性評価結果

モリブデン酸化物と酸化チタンを組み合わせた材料 (Mo/TiO₂) の抗ウイルス活性について、バクテリオファージ Q β を対象として評価したところ、図 3 のような結果となった。暗所下でも低い抗ウイルス活性が認められたが、1000 lx の可視光照射下では、2 時間でファージ感染価が検出限界となり、高い抗ウイルス活性が観察された。

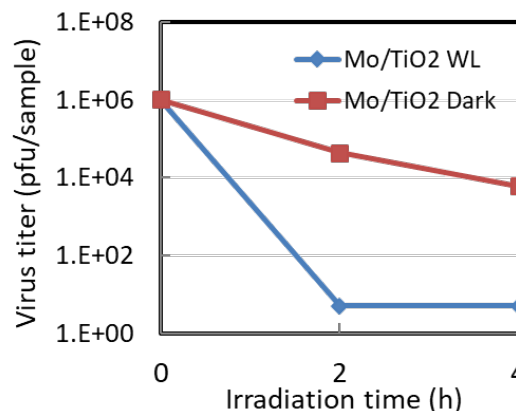


図 3. バクテリオファージ Q β に対する暗所下と光照射下での Mo/TiO₂ の抗ウイルス活性

また、ネコカリシウイルス、インフルエンザウイルスに対しても、バクテリオファージ Q β の場合と同様に、暗所下より光照射下でより高い抗ウイルス活性を示した。これらの結果は、Mo/TiO₂ が可視光応答性をもつことを示唆している。

3. 考察及び今後の展望

以上、高い抗菌・抗ウイルス活性が知られている銅化合物や銀化合物以外の金属化合物の中で、抗菌・抗ウイルス活性を示す化合物の一つとして、酸化モリブデン(MoO_3)があることを見出した。特に、エンベロープをもたないウイルス、エンベロープをもつウイルスのどちらに対しても抗ウイルス活性をもつことは新規な知見であると考えている。しかしながら、どのような機構で抗ウイルス活性を示すかは、まだ何もわかっていない状況であるので、今後、他のモリブデン化合物の抗ウイルス活性と比較することや、タンパク変性の性能を評価することで、明らかにしていきたいと考えている。

次に、モリブデン酸化物と酸化チタンを組み合わせた可視光応答形光触媒材料(Mo/TiO_2)は、暗所下よりも白色蛍光灯照射下で、より高い抗ウイルス活性を示したが、この可視光応答性についても、まだ何も明らかとなっていない。材料のキャラクタリゼーションをはじめ、モリブデン酸化物と酸化チタンの量比を変化させるなど、種々の材料を作製し、より可視光応答性の高い材料を求めながら、明らかにしていきたいと考えている。

さらに、当試験室は国立大学法人東京工業大学物質理工学院の中島章教授と共に、新規セラミックス材料の抗菌・抗ウイルス活性について共同研究を行っている。その研究成果のひとつである自己撥水性を発揮しながら、抗菌・抗ウイルス活性をもつ新規なセラミックス材料としてランタン・モリブデン酸化物が創製された。この材料にも、モリブデン酸化物が含まれており、高い抗菌・抗ウイルス活性を示す。今後、このような共同研究も通じ、モリブデン酸化物がもつ抗ウイルス活性についてさらに検討していければと思っている。

なお、上記の新規なランタン・モリブデン酸化物について中島研究室が発表したところ、日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウムのトピックス研究として選定され、プレスリリースや新聞報道にも取り上げられ、広く着目を受けた。

4. 謝辞

本研究を行うにあたっては JSPS 科研費基盤研究(c)(課題番号 17K00633)の助成を受けて行った。

【参考文献】

1. M. Miyauchi, H. Irie, K. Hashimoto, *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.*, **2016**, 7, 75-84.
2. M. Minoshima, H. Ishiguro, K. Hashimoto, K. Sunada, *et al.*, *J. Haz. Mat.*, **2016**, 312, 1-7.
3. M. Miyauchi, K. Sunada, K. Hashimoto, *et al.*, *ACS Nano*, **2012**, 6, 1609-1618.

防藻性能評価試験方法の JIS 化に向けた取り組み

石黒 齊、永井 武、砂田 香矢乃

1. はじめに

光触媒は光が当たることでその表面で強い酸化力が起き、様々な有機物の分解や超親水性を発揮する。これによって、空気浄化、水浄化、防汚、抗菌、抗ウイルス、抗かび、防曇などの様々な機能を発揮することから、光触媒を応用した数多くの製品の研究開発が進められている。従来は紫外光に反応する紫外光応答形光触媒が主流であり、屋内利用に制限があった光触媒であったが、近年、屋内においても光触媒反応を生み出すことのできる可視光応答形光触媒の研究が進められ、高い光触媒活性を有する可視光応答形光触媒が開発された。これにより、屋内外を問わず、光触媒を応用した加工製品の研究開発が加速してきた。一方、製品の研究開発を進めていくうえでは、それぞれの開発品の性能を適切に比較・評価することが重要であり、そのための試験方法を制定することが必要であった。そこで、各種光触媒材料の研究と共に試験方法の標準化が推進され、これまでに各目的に合わせた性能評価試験方法として ISO 規格や JIS 規格の作成が行われた(表 1)。

表1. 光触媒性能評価試験法の JIS/ISO 規格

評価分類	紫外光応答型		可視光応答型	
	JIS	ISO	JIS	ISO
セルフクリーニング	JIS R 1703-1	ISO 27448	JIS R 1753	ISO 19810
	JIS R 1703-2	ISO 10678	-	-
	-	ISO 21066	-	-
空気浄化	JIS R 1701-1	ISO 22197-1	JIS R 1751-1	ISO 17168-1
	JIS R 1701-2	ISO 22197-2	JIS R 1751-2	ISO 17168-2
	JIS R 1701-3	ISO 22197-3	JIS R 1751-3	ISO 17168-3
	JIS R 1701-4	ISO 22197-4	JIS R 1751-4	ISO 17168-4
	JIS R 1701-5	ISO 22197-5	JIS R 1751-5	ISO 17168-5
	-	-	JIS R 1751-6	ISO 18560-1
水浄化	JIS R 1704	ISO 10676	-	-
	JIS R 1711	-	-	-
酸化反応活性	JIS R 1708	ISO 19722	-	-
完全分解	-	-	JIS R 1757	ISO 19652
抗菌	JIS R 1702	ISO 27447	JIS R 1752	ISO 17094
抗カビ	JIS R 1705	ISO 13125	-	-
防藻	-	ISO 19635	-	-
抗ウイルス	JIS R 1706	ISO 18061	JIS R 1756	ISO 18071
標準光源	JIS R 1709	ISO 10677	JIS R 1750	ISO 14605

これらの性能評価試験を利用することで、研究開発が更に加速することとなった。更に、現在は実環境を想定した抗菌性能評価試験方法や急速に普及が進む LED 光源の ISO 化等の新規標準化も進められており、今後は利用状況を想定するような規格が重要となると考えられる。

2. 実験と結果

2. 1 防藻性能評価試験方法 (ISO19635)

今回の検討では、防藻性能評価試験方法である

ISO19635 をもとに、JIS 規格化に向けた取り組みを行った。また、本検討では、基本は ISO19635 に沿って行ったが、JIS 化するにあたって、ISO19635 から変更すべき点について確認することを目的とした検討を行った。光触媒加工品は ISO19635 の制定時に用いられていたものと同等の紫外光応答形光触媒ガラス板を使用し、未加工品としては光触媒加工をしていないガラス板を使用した。また、藻類及び C 培地は *Chlorella vulgaris* (C. vulgaris, NIES-227) を国立環境研究所より入手し、試験に用いた。試験水準表は表 2 に示すとおりである。

表2. 試験水準表

	0時間	24時間(又は6時間)	
		0.0 mW/cm ²	1.0 mW/cm ² (又は0.25 mW/cm ²)
未加工品	#1	#4	#10
	#2	#5	#11
	#3	#6	#12
光触媒加工品	-	#7	#13
	-	#8	#14
	-	#9	#15

試験手順としては、始めに C 培地にて、*C. vulgaris* を増殖させ、濃縮後に各試験片に接種し、所定時間経過後に、歯ブラシを用いて、*C. vulgaris* を回収した。得られた回収液については、分光光度計を用いて各 OD 値を測定し、防藻性能を判定した。防藻性能の計算は以下の式を用いて計算し、最終的に防藻活性値 Rs(%)として算出した。

$$W_{\text{base692}} = W_{660} + (W_{750} - W_{660}) / (750 - 660) \times (692 - 660)$$

$$W_{\text{peak(0h)}} = W_{692} - W_{\text{base692}}$$

$$W_{\text{peak}} = W_{692} - W_{\text{base692}}$$

W_{base692} : OD₆₆₀ 及び OD₇₅₀ の値を結んだベースラインを 0 とした時の OD₆₉₂ の値

W_{660} : 回収液の OD₆₆₀ の値

W_{750} : 回収液の OD₇₅₀ の値

W_{692} : 回収液の OD₆₉₂ の値

$W_{\text{peak(0h)}}$: 試験液を無加工品に接種直後に回収した OD₆₉₂ の値

W_{peak} : 試験液を光触媒加工品に接種し、光照射後の無加工品の OD₆₉₂ の値

$$Rs = (1 - W_{\text{peak}} / W_{\text{peak(0h)}}) \times 100$$

Rs：防藻活性(%)

試験の結果、図1及び表3に示すように、光触媒加工品に紫外光を照射した回収液ではOD₆₉₂にみられるピークが消失しており、光触媒加工品では十分な防藻活性(98.4%)が得られた。

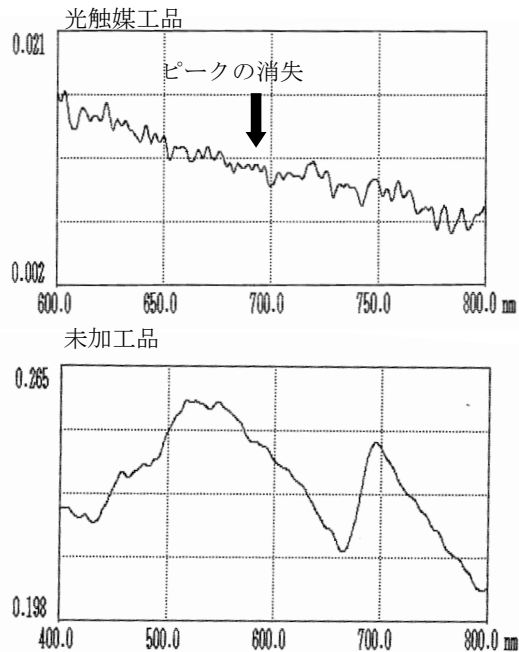


図1. 光照射後のOD値の測定例

また、本検討の主目的であるJIS化に向けた多くの課題についても明らかとすることが出来た。主要な課題としては、以下の通りである。

- ・C培地の組成が国立環境研究所製のものとISO19635では組成が若干異なっているが、培養に問題はない
- ・藻類の培養時に何らかの方法で通気が出来ていればよい
- ・吸光度測定時の液量が規定されているが、測定が可能であれば試験で利用できるセルサイズで問題無い
- ・藻類の試験液作成の定量方法として、OD₅₃₀の測定値が10となっているが、現実的には希釈等をしなければ測定が出来ない

また、ISO19635では最大照射時間を24時間としていることから、照射時間を減らすことでどのような結果となるかについて、検討を行った。方法は上記内容の内、照射時間を6時間として試験を行った。その結果、6時間の光照射であってもある程度の防藻性能(24.9%)が得られることを明らかとした(表4)。一方で、光照射時間を6時間とし、更に紫外高強度を0.25 mW/cm²に下げた試験をしたところ、防藻性能を確認することは出来なかった(表5、-7.5%)。

2. 2 防藻性能実証試験

本検討では、光触媒による防藻性能が実際の環境下でどのように発揮されるかを確認する目的として、検討を行った。暴露試験を行う場所の選定については、直射日光が当たらない箇所であり、周辺に水場や緑地があることを考慮した。

表3. 試験結果①

	0時間			暗所24時間						1 mW/cm ² 24時間					
	未加工品			未加工品			光触媒加工品			未加工品			光触媒加工品		
number	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
W ₆₆₀	0.19	0.206	0.218	0.133	0.14	0.147	0.136	0.133	0.138	0.115	0.131	0.126	0.001	0.012	0.012
W ₆₉₂	0.212	0.231	0.245	0.156	0.161	0.168	0.155	0.151	0.154	0.129	0.146	0.145	0.002	0.011	0.011
W ₇₅₀	0.194	0.208	0.222	0.134	0.139	0.144	0.135	0.132	0.135	0.114	0.13	0.127	0	0.009	0.01
W _{base692}	0.191	0.207	0.219	0.133	0.14	0.146	0.136	0.133	0.137	0.115	0.131	0.126	0.001	0.011	0.011
W _{peak(0h)}	0.021	0.024	0.026												
W _{peak}				0.023	0.021	0.022	0.019	0.018	0.017	0.014	0.015	0.019	0.001	0	0
平均値	0.023			0.022			0.018			0.016			0		
Rs (%)				6.2			22.2			31.4			98.4		

表4. 試験結果②

	0時間			暗所6時間						1 mW/cm ² 6時間					
	未加工品			未加工品			光触媒加工品			未加工品			光触媒加工品		
number	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
W ₆₆₀	0.311	0.305	0.329	0.304	0.305	0.306	0.314	0.303	0.318	0.325	0.319	0.317	0.261	0.225	0.252
W ₆₉₂	0.344	0.34	0.362	0.342	0.342	0.343	0.348	0.34	0.358	0.36	0.356	0.351	0.278	0.248	0.275
W ₇₅₀	0.308	0.304	0.328	0.304	0.307	0.303	0.308	0.297	0.315	0.316	0.31	0.304	0.244	0.214	0.24
W _{base692}	0.31	0.305	0.329	0.304	0.306	0.305	0.312	0.301	0.317	0.322	0.316	0.312	0.255	0.221	0.248
W _{peak(0h)}	0.034	0.035	0.033												
W _{peak}				0.038	0.036	0.038	0.036	0.039	0.041	0.038	0.04	0.039	0.023	0.027	0.027
平均値	0.034			0.037			0.039			0.039			0.026		
Rs (%)				-9.3			-13.2			-13.9			24.9		

表5. 試験結果③

	0 時間			暗所 6 時間						0.25 mW/cm ² 6 時間					
	未加工品			未加工品			光触媒加工品			未加工品			光触媒加工品		
サンプル	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
W ₆₆₀	0.15	0.149	0.154	0.164	0.169	0.16	0.148	0.161	0.155	0.158	0.171	0.168	0.15	0.152	0.148
W ₆₉₂	0.169	0.168	0.175	0.184	0.189	0.182	0.166	0.181	0.179	0.179	0.193	0.19	0.172	0.17	0.167
W ₇₅₀	0.155	0.152	0.152	0.161	0.166	0.157	0.144	0.157	0.155	0.157	0.16	0.166	0.148	0.149	0.147
W _{base692}	0.152	0.15	0.153	0.163	0.168	0.159	0.147	0.16	0.155	0.158	0.167	0.167	0.149	0.151	0.148
W _{peak(0h)}	0.017	0.018	0.022												
W _{peak}				0.021	0.021	0.023	0.019	0.021	0.024	0.021	0.026	0.023	0.023	0.019	0.019
平均値	0.019			0.022			0.022			0.023			0.02		
Rs				-14.7			-14			-23.1			-7.5		

その結果、海老名本部にある池周辺及び溝の口支所光触媒ミュージアムで各種暴露試験及び展示を行っている中庭を選定した。実際の選定場所では実際に藻類の付着も認められており、本検討を行う場所として適切であると考えられる。試験片の設置については、垂直面及び45°の傾斜面の二つのパターンとした。用いる試験片は本項2. 1の試験で用いたガラスではなく、スレート板とした。この理由は通常のガラス板には藻類がほぼ生着しないことが知られているためである。また、スレート剤はアルカリ溶出防止処理を行った後、エナメル塗料、保護層の順に塗布を行い、その上に光触媒を塗布したものとした。比較対象として、光触媒の代わりに親水塗料を塗布したもの及びエナメル塗料のものを準備した。また、試験片のサイズは幅100 mm×長さ300 mmとした。図2に実際に設置した状況を示す。今後、実際の藻類の付着状況を確認して行く予定としている。



図2. 防藻実証試験の実際

3. 考察及び今後の展望

以上、光触媒加工品の防藻性能評価試験法であるISO19635の試験構築を行い、JIS化に向けた課題を明らかにすることが出来た。また、紫外光照射時間及び紫外光照射強度を下げた試験では、有効と思われる防藻性能は確認できなかった。光触媒反応による抗微生物のメカニズムとして、対象微生物の外部から有機物を分解し、不活化して

いくためと考えられている。そのため、ウイルスや細菌の不活化に対して、藻類は不活化するまでのエネルギーが多く必要なためと考えられ、紫外光照射時間及び紫外光強度を下げた場合に有意な防藻性能が確認できなかったと考えられる。また、本試験方法は *C. vulgaris* の持つクロロフィルの吸光度を測定することで、防藻性能を数値化する試験方法である。そのため、実際の *C. vulgaris* の不活化とクロロフィルの褪色の相関性の確認も重要と考えられる。

実環境における防藻性能の実証試験については、平成30年度後期より試験準備を行い、試験を開始したところである。今後、1-2年間の期間をかけて、実環境における光触媒加工品の防藻性能を確認し、試験室で行う防藻性能評価試験方法との相関性について、確認を行う予定としている。

国内規格であるJIS作成については、国際規格であるISO規格をもとに作成することが基本となっている。しかしながら、国内の状況に合わせた変更が可能であり、今回の検討結果からより国内の状況に合わせたJIS規格を作成することが可能になると考えている。また、JIS制定に伴い、防藻性能を付与した様々な製品の開発につながると期待される。更に、光触媒工業会による防藻性能認証基準の作成と認証事業も進められていき、信頼性の高い光触媒製品の開発が促進されると期待する。

【謝辞】

本研究を行うにあたっては、光触媒工業会との共同研究及び光触媒工業会が経済産業省委託事業「平成30年度戦略的国際標準化加速事業：産業基盤分野に係る国際標準開発活動 光触媒の防藻性能試験法に関するJIS開発」として、一般財団法人日本規格協会から再委託を受けて取り組んだ一環として行った。

【参考文献】

1. ISO19635:2016

業 績

【原著論文】

1. K. Mizutani, K. Sunada, T. Isobe, S. Matsushita, A. Nakajima
Anti-bacterial and photocatalytic activities of $(\text{Mo}_{0.5}, \text{W}_{0.5})\text{O}_3$ with $\text{Cu}(\text{Mo}_{0.5}, \text{W}_{0.5})\text{O}_4$ prepared by impregnation method and mechanochemical processing
J. Jpn. Soc. Colour Mater. **126**, 89-93 (2018).
2. M. Hayashi, T. Ochiai, S. Tago, H. Tawarayama, T. Hosoya, T. Yahagi, H. Ishiguro, A. Fujishima
Fabrication of TiO_2 -coated porous silica glass tube and evaluation as environmental purification unit
Electrochemistry. **87**, 1-7 (2019)
4. T. Matsumoto, K. Sunada, T. Isobe, S. Matsushita A. Nakajima
Preparation of self-hydrophobic $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ ceramics with antibacterial and antiviral properties
Water on Materials Surface 2018, 2018 年 7 月, 東京
5. 親川昭彦, 塩澤優樹, 石黒斉, 砂田香矢乃, 永井武
浮遊ウイルス空間における可視光応答型光触媒膜材料の抗ウイルス効果 その 1 表面に付着したウイルスの低減効果
2018 年度日本建築学会大会(東北)学術講演会. 2018 年 9 月, 宮城

【総説】

1. 砂田香矢乃, 石黒斉, 永井武, 落合剛, 青木大輔, 林美緒, 田子祥子, 阿久津康久
光触媒反応による消臭・脱臭性能の評価法とその応用「臭いの評価法と最新消臭・脱臭技術事例集」(技術情報協会) 第 6 章 第 1 節.
2. 阿久津康久, 落合剛, 石黒斉, 眞田太郎, 山本詩乃, 永田衛男
光触媒の性能評価
工業材料 Vol. 66. No. 12, 79-83 (2018)
3. 石黒斉, 窪田吉信
CD 22551 実環境を想定した光触媒抗菌性能評価試験方法
JFIS 会報. No. 26, 33, 2019.
6. 塩澤優樹, 親川明彦, 石黒斉, 砂田香矢乃, 永井武
浮遊ウイルス空間における可視光応答型光触媒膜材料の抗ウイルス効果 その 2 空気中に浮遊するウイルスの低減効果
2018 年度日本建築学会大会(東北)学術講演会. 2018 年 9 月, 宮城
7. 松本拓巳, 砂田香矢乃, 磯部敏宏, 松下祥子, 中島章
抗菌・抗ウイルス性を有する、自己撥水性 $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ セラミックスの作製
公益社団法人日本セラミックス協会 第 31 回秋季シンポジウム, 2018 年 9 月, 名古屋*「最優秀賞受賞」
8. 石黒斉, 秋本和憲, 矢尾正祐, 上村博司
aPKC λ / ι associates with prostate carcinogenesis by increasing cytokine expression
第 77 回日本癌学会学術総会, 2018 年 9 月, 大阪

【口頭発表】

1. 阿久津康久, 落合剛, 青木大輔, 石黒斉, 永井武, 畑山靖佳, 砂田香矢乃
光触媒の機能と評価法の紹介
(一社)表面技術協会 第 139 回公演大会, 2019 年 3 月, 神奈川
2. 砂田香矢乃
酸化モリブデンと酸化チタンを組み合わせた可視光光触媒抗ウイルス材料
「ナノシート科学：ナノシートの表面・界面科学と機能創発」研究会, 2019 年 3 月, 大阪
3. 安井将人, 河原崇, 泉浩司, 矢尾正祐, 石黒斉, 上村博司, 三好康秀
筋層非浸潤性膀胱癌におけるアンドロゲン受容体の膀胱内再発予測因子としての有用性
第 55 回日本癌治療学会学術集会, 2017 年 10 月, 神奈川
9. 石黒斉, 砂田香矢乃, 畑山靖佳, 永井武
光触媒による抗菌性能とアンモニア生成抑制効果
日本防菌防黴学会第 45 回年次大会, 2018 年 11 月, 東京
10. 砂田香矢乃, 畑山靖佳, 永井武, 石黒斉
金属酸化物と可視光応答型光触媒の抗ウイルス活性について
日本防菌防黴学会第 45 回年次大会. 2018 年 11 月, 東京
11. 砂田香矢乃, 畑山靖佳, 永井武, 中島章, 石黒斉
可視光下での酸化モリブデン担持酸化チタンの抗ウイルス活性
第 24 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」, 2018 年 11 月, 東京
12. 石黒斉, 秋本和憲, 矢尾正祐, 上村博司

前立腺がん発生における aPKC の役割

第 34 回前立腺シンポジウム, 2018 年 12 月, 東京

13. Y. Shiozawa, A. Oyakawa, H. Ishiguro, K. Sunada, T. Nagai
Virus inactivation on membrane materials coated with visible-light-sensitive photocatalyst in a simulated living space sprayed with virus-containing aerosol
12th Asian Pacific Conference on Shell & Spatial Structures
2018, 2018 年 10 月, マレーシア

14. Ishiguro H, Kubota Y
ISO 27447 Antibacterial activity
The 25th ISO/TC206 plenary meeting, 2018 年 10 月, マレーシア

15. Ishiguro H, Kubota Y
CD 22551 Bacterial reduction rate by semi-dry method.
The 25th ISO/TC206 plenary meeting, 2018 年 10 月, マレーシア

16. Ishiguro H
Current status of new ISO testing method proposal (CD22551)-bacterial reduction rate by semi-dry method-
The Committee of Asian Standardization for Photocatalytic Material and Products Meeting (CASP2018), 2018 年 11 月, マレーシア

【特許】

- (1) 国内特許出願 2 件
(2) 国外特許出願 0 件

【記者発表】

1. 抗菌・抗ウイルス性を有する、自己撥水性 $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ セラミックスの作製
公益社団法人日本セラミックス協会 第 31 回秋季シンポジウム トピックス研究発表 (プレス発表), 2018 年 8 月 31 日
2. 6 時間後に 99% 超殺菌する、撥水セラ 東工大など開発
日刊工業新聞, 9 月 5 日
3. 抗菌・自己撥水性を兼備 東工大など新酸化物開発
化学工業日報, 9 月 11 日