

# 研究報告 2018 (KISTEC Annual Research Report, 2018)

## 【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	137
	窪田 吉信、石黒 斉
◆aPKC の発現による前立腺がん発生機構の解明	140
	石黒 斉、永井 武
◆光触媒加工品を中心とした抗菌・抗ウイルス性能評価試験	143
	砂田 香矢乃、永井 武、石黒 斉
◆新規 ISO 提案抗菌性能評価試験による温湿度の抗菌性能への影響評価	146
	永井 武、砂田 香矢乃、畑山 靖佳、石黒 斉
◆業績	149

# 「光触媒」グループ(抗菌・抗ウイルス研究グループ)

窪田 吉信、石黒 斉

## 【基本構想】

光触媒グループ 抗菌・抗ウイルス研究グループでは、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、「細菌・ウイルスの評価・予防・治療法の開発についての検討」、「KISTEC 機器の共用化」の二つのテーマについて活動を行っている。「KISTEC 機器の共用化」では、光触媒を中心に様々な抗菌・抗ウイルス加工品について、抗菌・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菌・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、現行の抗菌・抗ウイルス性能評価に関する JIS/ISO 規格では対応できない試験についても、応用的な試験方法の開発を進め、提供する取り組みを行っている。更に、光触媒加工品による抗ウイルス性能評価である JIS/ISO 規格が細菌に感染するウイルスであるバクテリオファージをモデルウイルスとして用いている一方、様々な抗ウイルス加工品の研究開発では動物細胞に感染するウイルスを用いた性能評価試験のニーズが非常に高いことから、そのニーズに対応すべく、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提供し、研究開発の促進につながるよう活動を行っている。また、各種性能評価を行うにあたっては、ISO 17025 の認定を取得し、常に技量及び品質の向上に努め、ニーズに合わせた試験を提供しながら国際評価技術センター構築に向けて取り組んでいる。地域イノベーション戦略支援プログラムのもう一つのテーマである「細菌・ウイルスの評価・予防・治療法の開発についての検討」では県内大学機関や KISTEC 内の研究グループと連携し、研究を進めており、新たな前立腺がんの発症メカニズムの解明に取り組んでいる。その他、新たな抗菌・抗ウイルス性能評価法の開発への取り組みを行っている。

## 1. 平成 29 年度の研究目的

プロジェクト 13 年目となる平成 29 年度は、以下の各項目について、検討を行った。

### (1) 抗菌・抗ウイルス性能評価試験(KISTEC 保有研究設備・機器の共用化、地域イノベーション戦略支援プログラム)

本研究テーマでは、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ている。特に、様々な加工品、原材料の抗菌・抗ウイルス性能評価試験を提供することで、製品開発を促進することを目標としている。また、その際には、試験対象が微生物となることから、KISTEC 研究員が依頼試験という形で代行し、結果の提供を行っている。平成 29 年度は動物細胞感染ウイルスの 1 種であり、試験要望の多いインフルエンザウイルスを用いた依頼試験を開始するための整備を行った。

また、ISO17025 の維持について、試験機関としての品質と技量の向上に努めていくことを目的として、年間活動計画に基づいた活動を行った。具体的には、JIS Z 2801 を用いた抗菌技能試験への参加を行い、また平成 29 年度は ISO17025 の更新について、全項目検査として審査への対応などを行った。これらの活動を通じて、国際評価技術セ

ンターとしての機能構築と充実に向けて取り組みを行った。

### (2) 新規な抗菌・抗ウイルス評価試験法の開発

これまで、紫外光及び可視光応答形光触媒による抗菌・抗ウイルス性能評価試験方法の確立に向けて取り組みを行い、それぞれの ISO 及び JIS 規格を確立してきた。一方で、可視光応答形光触媒の抗菌性能を JIS 規格で評価した高い抗菌性能を持つ可視光応答形光触媒加工品を用いて、空港や病院の実際の使用環境下で抗菌効果の実証試験を行ったところ、JIS 規格で得られた高い抗菌効果が得られていないことが明らかとなっている。この理由として、実環境下においては様々な要因が影響していると考えられた。そこで、本研究では、実環境を想定した新規抗菌性能評価試験法の ISO 化に向けた基礎検討を行い、ISO 規格として制定することを目的に検討を進めてきた。その結果、平成 28 年度 3 月に、新規 ISO 案として、提案を行い、その後、海外専門家を交えた ISO 案の内容についての議論が進められている。議論の中から特に重要なコメントとして、温湿度の条件の違いが抗菌性能に違いをもたらすのではないかというコメントがあった。そこで、平成 29 年度は温湿度の条件の違いによる抗菌・抗ウイルス効果の確認を行い、また海外における新規 ISO 案の適応状況を確認するために、中国試験機関の協力を得て、試験技術の提供と実

際の試験を行った。その結果をもとに、各国エキスパートとの議論を進めていき、最終的な ISO 規格として、成立を目指した活動を行っている。

(3) 細菌・ウイルス感染による前立腺がんの発生・進展についての研究(地域イノベーション戦略支援プログラム)

前立腺がんは高齢者に多く、また近年増加傾向にあるがんである。その大きな特徴として、男性ホルモンによって増殖するがんであることが挙げられる。そのため、男性ホルモンの働きを抑制することで、前立腺がんの増殖を抑制することが出来ることから、多くの抗男性ホルモン薬の開発と臨床での利用が行われている。一方で、前立腺がんが進行していく中で、男性ホルモンを抑制しているにもかかわらず、前立腺がんが再度増殖を始めることが知られており(去勢抵抗性がん)、これらに対する有効な治療方法の開発が非常に重要である。さらに、前立腺がんの発生因子を明らかにすることで、新しい予防法、診断法、治療法の開発に結び付けることが可能と考えられる。本研究では、前立腺がんの発生や進展の新たな機構として、細菌やウイルスの感染による前立腺がんの発生と進展機構を解明することを目標に検討を開始し、前立腺がん組織を用いてがんの発生や進展に関与する細菌やウイルスの検出を試みてきた。しかしながら、現在までに前立腺がんに関わる可能性のある細菌やウイルスの同定には至っていない。そこで、本研究では細菌やウイルスの同定に加えて、感染と関連する細胞内分子に注目し、その細胞内分子の異常と前立腺がんの関係についての検討を開始している。その結果、atypical protein kinase C (aPKC) という分子が前立腺がんの発生に関与する可能性を示唆するデータを取得してきた。平成 29 年度は aPKC の機能について、更に検討を進めていき、前立腺がん発生との関係について明らかにすることを目的に研究を推進した。

2. 平成 29 年度の研究成果

以下に、平成 29 年度の具体的な研究成果を示す。

(1) 抗菌・抗ウイルス性能評価試験(KISTEC 保有研究設備・機器の共用化、地域イノベーション戦略支援プログラム)

平成 29 年度はインフルエンザウイルスを用いた依頼試験を整備し、提供を開始した。抗菌・抗ウイルス全体の依頼件数は 177 件であり、平成 28 年度の 124 件を大幅に超えた件数となった(図 1)。対象とした加工品の内訳として、光触媒加工製品については平成 28 年度とほぼ同じであったが、光触媒以外の加工品の依頼件数が大きく増加していた。また、相談件数を含めても平成 28 年度の 160 件から 234 件と大きく件数が増加していた。このことから、県内外において、多くの抗菌・抗ウイルス加工製品の開発がすすめられていると考えられる。

ISO 17025 の維持については、JIS Z 2801 に基づいた抗菌性能試験に参加し、その結果「満足」という結果を得ている。また、平成 29 年度は登録機関としての更新審査の年であり、外部審査員 2 名による審査を受けた。審査結果

としては大きな問題はなく、更新作業は無事に終了した。これらのことから、平成 29 年度以降も、試験技量の向上と試験機関としての品質向上とその維持に努めていくことを目標として活動する予定である。

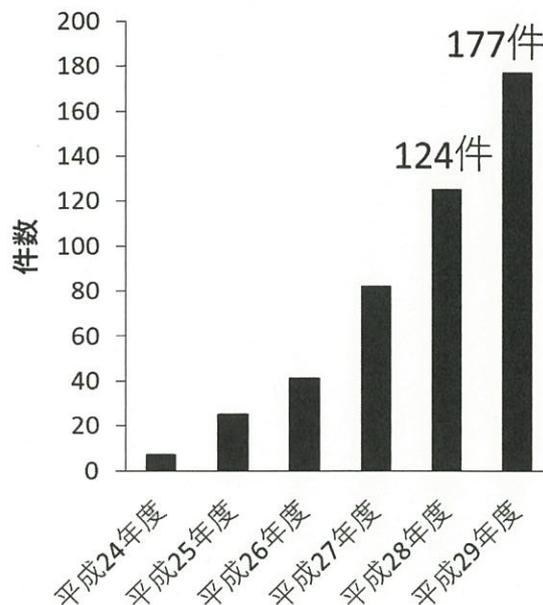


図 1. 依頼試験の年度毎の件数

(2) 新規な抗菌・抗ウイルス評価試験法の開発

これまでの検討結果から、JIS/ISO 規格に基づいた抗菌性能評価試験で非常に高い抗菌効果を得ている可視光応答形光触媒加工品が、様々な要因によって実環境においては、抗菌効果が低くなる傾向が認められている。そこで、実環境を想定した抗菌性能評価試験方法の標準化が必要と考えられ、一般社団法人日本ファインセラミックス協会と共に平成 26、27 年度アジア基準認証推進事業、平成 28、平成 29 年度戦略的国際標準化加速事業の中で、また光触媒工業会との共同研究などにより、実環境を想定した新規抗菌性能評価試験方法を開発し、平成 28 年度 3 月に新規 ISO 案として、提出した。ISO 制定のために新規標準試験案として提出した後、各国との専門家と議論を進めていき、より良い標準試験規格としていくことが重要であり、平成 29 年度はその議論を通じて得られたコメントについて対応し、ISO としての制定を目標に活動を行った。具体的には、アジア光触媒標準化会議や ISO 総会にて、試験方法の周知や議論を重ねた。その結果、温湿度の条件の違いが抗菌性能の違いに結び付くのではないかというコメントが出た。そこで、温湿度を変えた様々な条件下における新規抗菌性能評価試験方法による抗菌性能評価を行い、温湿度と抗菌性能についてのデータを取得した。その結果、低温下においては、極端な高温湿度条件下でなければ、抗菌性能評価試験が可能である結果を得た。また、試験温度を 35℃ とした場合には、試験菌液が減少する結果となっており、今後 ISO 案に温湿度の範囲を規定することも必要であると考えられた。

表1. 中国における試験結果 (表皮ブドウ球菌)

試験サンプル	照射条件	試験片重量 (mg)			試験菌液重量 (mg)			コロニー数				生菌数 (cfu)	単位重量あたりの生菌数 (cfu/mg)		低減率 (%)	
		塗布前	塗布直後	光照射後	塗布直後	光照射後	照射後の増減	No1	No2	No3	平均		個々	平均		
無加工品	0時間	11067.6	11069.9		2.3			146	116	69	110.33	1103	480			
		11118.7	11121		2.3			124	121	77	107.33	1073	467	478.1	-	
		11133	11135.2		2.2			132	90	100	107.33	1073	488			
	4時間 暗所	11121.6	11124.1	11124.4	2.5	2.8	-0.3	222	221	239	227.33	2273	909			
		11157.7	11160.6	11160.5	2.9	2.8	0.1	143	136	148	142.33	1423	491	742.3	-	
		11126	11128.5	11128.6	2.5	2.6	-0.1	212	206	202	206.67	2067	827			
	4時間 1,000 lx	11100.8	11103.2	11103.5	2.4	2.7	-0.3	86	89	76	83.67	837	349			
		11145.6	11148.3	11148.1	2.7	2.5	0.2	173	177	145	165.00	1650	611	510.3	-	
		11133	11135.2	11135	2.2	2	0.2	120	133	124	125.67	1257	571			
	光触媒加工品	4時間 暗所	11610.9	11613.8	11613.3	2.9	2.4	0.5	64	78	74	72.00	720	248		
			11539.4	11542	11541.8	2.6	2.4	0.2	68	73	75	72.00	720	277	271.5	63.4
			11378.4	11380.9	11380.5	2.5	2.1	0.4	78	74	65	72.33	723	289		
4時間 1,000 lx		11578.5	11581.1	11580.9	2.6	2.4	0.2	36	46	31	37.67	377	145			
		11483.6	11485.7	11485	2.1	1.4	0.7	55	25	28	36.00	360	171	143.8	71.8	
		11576.3	11578.5	11578.4	2.2	2.1	0.1	32	23	21	25.33	253	115			

\*試験菌液の濃度 (cfu/mg) :  $4.2 \times 10^2$

また、提案した ISO 案が海外において適応可能かについて、中国の専門家及び試験機関の協力を得て、実際に中国で試験を行った。基本的には ISO 案に準じて行ったが、用いた菌株は中国側で用意した表皮ブドウ球菌 (CMCC(B)26069)とした。また、380 nm 以下をカットするフィルタが入手できなかったため、今回の検討では全光照射によって行った。その結果、中国においても、日本で得られた結果と同等の抗菌性能を確認することが出来た(表1)。そのことから、海外においても、問題なく試験を行うことが可能であることが明らかとなった。

今後は、平成 29 年度の結果をもとに、専門家と議論を進めていき、ISO 規格としての成立を目指す予定としている。

### (3) 細菌・ウイルス感染による前立腺がんの発生・進展についての研究(地域イノベーション戦略支援プログラム)

現在まで、前立腺がんの発生や進展に関わる細菌・ウイルスの同定を試みてきたが、これまでのところがんに関わると考えられる細菌やウイルスの発見には至っていない。一方で、感染に関わる分子として、aPKC に注目して、検討を続けてきた結果、aPKC の発現が増加することで、正常前立腺細胞が悪性化している可能性が明らかとなった。そこで、平成 29 年度はさらにその検討や悪性化に関わる分子機構について、aPKC の発現を増加させた正常前立腺細胞株を用いた検討を行った。その結果、aPKC の発現を増加していない対照細胞株と比較した際に、aPKC の発現増加によって、浸潤に関わる分子の発現及び活性の増加していることが明らかとなった。また、実験動物移植モデルを用いて aPKC の発現を増加させた前立腺細胞株が、生着するか検討を行った。

その結果、対照細胞株は生着が認められなかったのに対して、aPKC の発現を増加させた細胞株は実験動物に生着し、またその移植片を染色、確認した結果細胞が悪性化していることが明らかとなった(図2)。このことから、aPKC の発現の増加が前立腺がんの発生に強く関係していると考えられた。今後、aPKC の阻害剤や発現量を確認するこ

とで、新しい治療法や診断法の開発へ進めることが出来る

と考える。

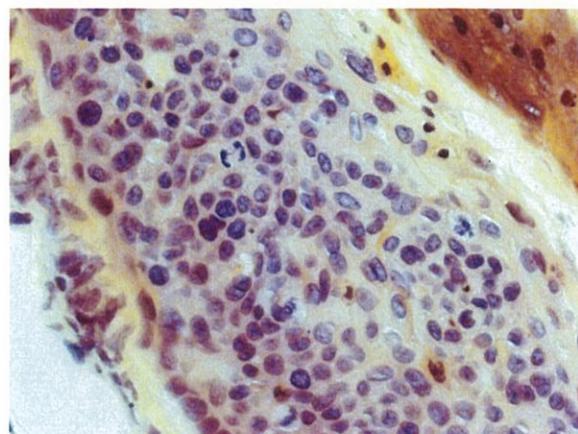


図2. 細胞移植片の HE 染色結果

# aPKC の発現による前立腺がん発生機構の解明

石黒 斉、永井 武

## 1. はじめに

前立腺がんは高齢者に多く認められるがんであり、日本国内においてもその発生率の増加が問題となっている。特に、今後の高齢化社会を迎えるにあたり、前立腺がんの予防方法、早期診断、新規治療方法の開発は大きな課題である。

前立腺がんの発生や進展については、男性ホルモンが非常に重要な役割を担っている。そのため、手術による外科的な治療方法、放射線を用いる治療方法に加えて、男性ホルモンの作用を阻害する薬剤による治療(ホルモン療法)が一般的におこなわれる。しかしながら、ホルモン療法開始後、数年後に男性ホルモン非依存性のがんが進展していく状態になることが知られており(去勢抵抗性がん)(図 1)、この去勢抵抗性がんに対しての有効な治療法はいまだに確立していない。

ウイルス・細菌感染とがんの関係については、国内外で多くの研究が進められており、幾つかのがんの発生や進展にウイルス・細菌の関係が明らかとなっている。一方、前立腺がんの発生や進展と細菌・ウイルスの感染については、いまだに明らかとなっていない。

本研究テーマでは前立腺がんと細菌・ウイルスの感染の関係について明らかし、前立腺がんの診断、予防、治療方法の開発をすべく、研究を進めてきている。しかしながら、前立腺がんに関係する細菌・ウイルスの同定にはいたっていない。

我々は以前より、atypical protein kinase C(aPKC)が前立腺がんの進展に重要な分子であることを報告している。また、細胞にウイルスや細菌が感染することで活性化されるNFκBなどの分子の活性化や炎症性サイトカインの分泌にaPKCは重要な役割を担っていることが明らかとなっている。このことから、aPKCが前立腺がんの発がんにどのような影響を及ぼしているかについて検討を開始し、前立腺がんの発がん非常に重要な機能を持っていることを明らかとしつつある。本年度についても、引き続きaPKCによる発がん機構の解明に向けて検討を行ってきており、その結果について報告を行う。

### 1. 1. これまでの検討状況

始めに、正常前立腺細胞株であるRWPE-1(ATCC CRL11609)に抗生剤耐性遺伝子を含むaPKC発現プラスミドベクターを遺伝子導入し、抗生剤による選択を行い、恒常的にaPKCが発現している細胞株(RWPE-1-aPKC)を樹立した。また、対照細胞株として、aPKC遺伝子を含まないプラスミドベクターを遺伝子導入し、aPKC発現細胞株と

同様に抗生剤による選択を行い、同様に細胞株を作製した(RWPE-1-empty)。これらの細胞株を用いて、これまでに、前立腺がんの発がんとの関係について検討を行った。2次元培養による細胞増殖能の変化を確認したところ、RWPE-1-emptyと比較して、RWPE-1-aPKCは増殖能が高くなっていることを確認した。更に、3次元培養法による細胞形態の変化を、ソフトアガーを用いた培養を行い、足場非依存性増殖能の変化についても確認し、通常のRWPE-1-emptyでは増殖しない一方で、RWPE-1-aPKCでは増殖することが明らかとなった(図 1)。

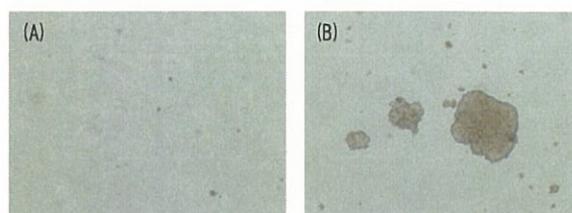


図 1. 足場非依存性増殖能の検討結果 (A) RWPE-1-empty (B) RWPE-1-aPKC

また、スフェロイドの形成についても検討した結果、正常前立腺細胞株ではきれいなスフェロイドを形成するのにに対して、RWPE-1-aPKCは異常な形態をとることを明らかとした。更に、詳細な検討を続け、運動能の増加、浸潤能の増加が起こることを明らかとしている(図 2)。

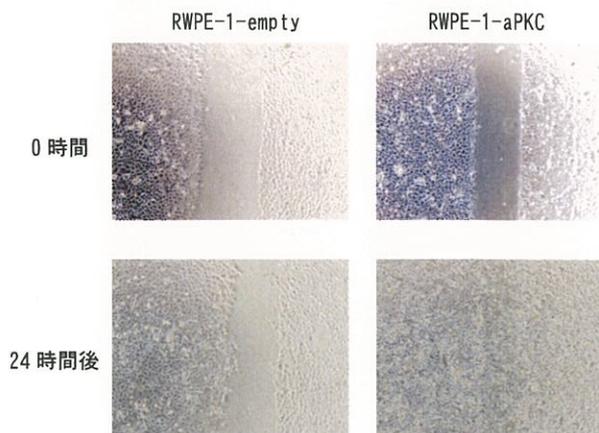


図 2. 細胞の運動能の増加

その他、ウエスタンブロットによる細胞内分子の発現の変化、サイトカインメンブレンを用いた細胞分泌サイトカインの検出を確認し、前立腺がんの発生や進展に関わる分子の発現や分泌増加が起きていることを明らかにし

ている。

これらの検討を背景に、本年度は特に浸潤能を増加させる分子の発現について検討を行った。また、RWPE-1-aPKCを移植し、*in vivo*において、aPKCの発現が前立腺がんの発生に重要な機能を持つか検討を行った。

## 2. 実験と結果

### 2. 1. 浸潤能を増加させる分子の発現の検討

これまでの検討結果から、前立腺がんの浸潤に重要な分子であるマトリックスメタロプロテアーゼ 9(MMP-9)の分泌が増加していることを明らかとしている。そこで、MMP-9の発現について、qPCRを用いてMMP-9の発現変化を検討した。また、MMP-9の活性はゼラチンを分解させる効果を持っている。そこで、電気泳動に用いるポリアクリルアミドゲルにゼラチン添加して、その活性を確認する手法であるゼラチンザイモグラフィーを行い、MMP-9の活性を確認する検討を行った。

培養したRWPE-1-empty及びRWPE-1-aPKCからRNAを抽出した後、cDNAを合成し、MMP-9の遺伝子発現を検討した結果を図3に示す。

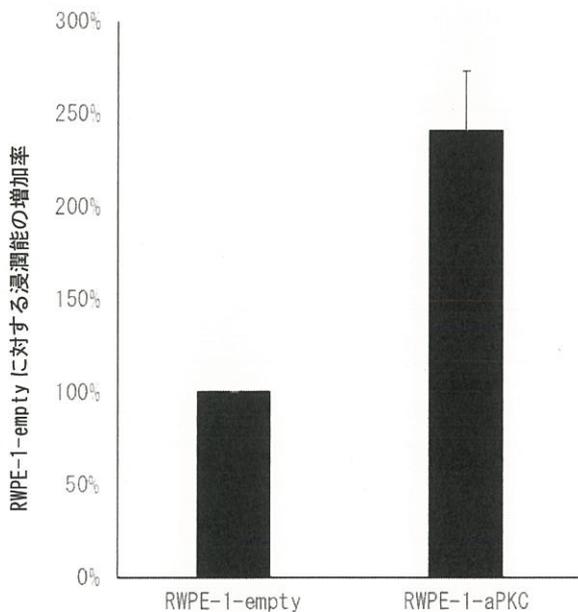


図3. MMP-9の発現の増加

qPCRの結果、RWPE-1-aPKCにおけるMMP-9の発現はおおよそ2.5倍の増加を認めた。

続いて、ゼラチンザイモグラフィーを用いたMMP-9の活性について検討した。RWPE-1-empty及びRWPE-1-aPKCを培養した上清を回収し、濃縮を行った後、上清に含まれるタンパクをゼラチンを含むポリアクリルアミドゲルを用いて、電気泳動した。その後、酵素反応を進めるために、泳動したゲルを反応液に入れて、酵素反応を行った。その後、ゲルを染色し、MMP-9の酵素活性について、確認を行った。その結果、図4に示すように、RWPE-1-empty及びRWPE-1-aPKCにおけるMMP-9の酵素活性を比較した結果、RWPE-1-aPKCにおけるMMP-9の酵素活性が増加

していることを明らかとした。

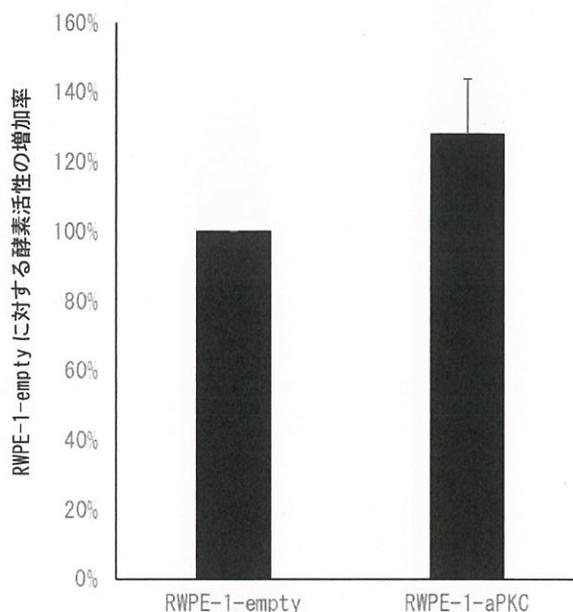


図4. MMP-9の酵素活性の増加

### 2. 2. *In vivo*における検討とその結果

続いて、RWPE-1-empty及びRWPE-1-aPKCの腫瘍形成のうについて、実験動物を用いた検討を行った。各細胞株をマトリゲルと混合した後、ヌードマウスの背部に移植を行い、その後経過を観察し、腫瘍の形成能を確認した。また、本検討は横浜市立大学との共同研究として行っており、実験動物の使用については、大学内に設置されている動物実験委員会に置いて、実験計画の審査を受け、承認を受けた後に行った。

実験動物(n=10)に移植した各細胞の増殖を確認したところ、RWPE-1-emptyでは、細胞の増殖が認められない一方で、RWPE-1-aPKCは移植した10匹全てにおいて、その増殖が確認された。また、増殖した移植片を摘出し、HE染色及びKi-67の免疫染色を行い、悪性化について検討を行った。図4にその結果を示す。HE染色の結果、核異型、核内クロマチン増量、核分裂像が確認できており、組織学的に悪性化したと考えられた。また、細胞増殖マーカーであるKi-67抗体を用いて染色したところ、図に示されるように増殖している細胞群が認められた。

## 3. 考察及び今後の展望

以上、aPKCによる前立腺がん発生機構の検討から、aPKCが正常細胞で発現異常を起こすことが、前立腺がんの発生に重要となることを明らかとした。aPKCは多くのがん組織でその発現量が増加していることが知られており、今後の研究が進むことで、aPKCを対象とした診断マーカーやaPKCの機能を抑制する薬剤によるがん治療薬の開発などにつながると考えられる。

一方で、aPKCは細胞が秩序を持って、組織を形成するための細胞極性の維持に働く重要な機能を持っており、正

常細胞においても、aPKCの機能は非常に重要である。実際に、aPKCの機能を不活化したRWPE-1を作製したところ、細胞増殖能の低下だけではなく、通常の正常細胞で起こるスフェロイドが形成されないことを明らかとしている。このことから、aPKCを標的とした治療薬剤の研究開発を目的とした場合、正常のaPKCの機能を維持したまま、標的となるがん細胞におけるaPKCの機能だけを標的とするような薬剤の開発が必要と考えられる。また、aPKCの発現に関わる遺伝子やaPKCの異常によって起きる下流分子を治療標的とすることも考えられ、今後はaPKCの発現制御機構の解明やaPKCの異常による様々な遺伝子発現やタンパクの機能と発がん機構の解析をさらに進める計画としている。

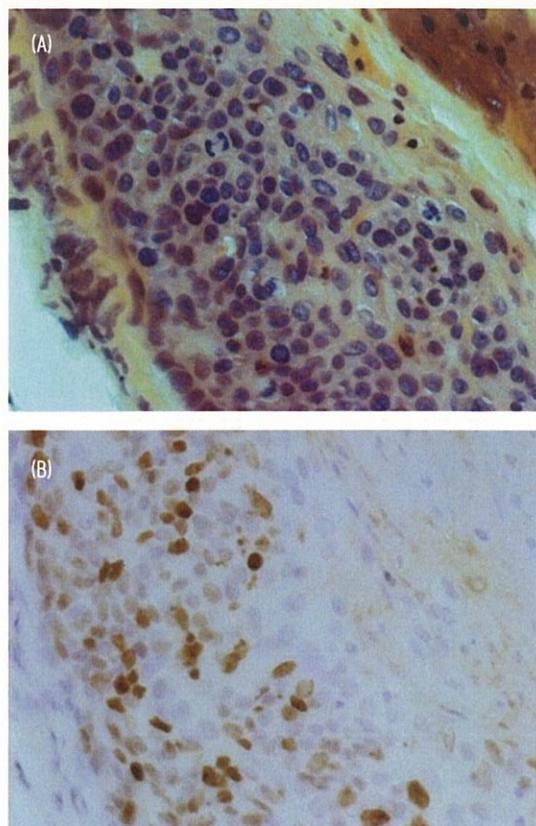


図4. 移植片の染色結果 (A) HE染色 (B) Ki-67抗体を用いた免疫染色

# 光触媒加工品を中心とした抗菌・抗ウイルス性能評価試験

砂田 香矢乃、永井 武、石黒 斉

## 1. はじめに

これまで、様々な光触媒加工製品の応用研究と開発が進められており、空気浄化、セルフクリーニング、抗菌、抗ウイルスなど多くの分野にわたって、製品開発が進められている。特に、可視光に反応する光触媒の研究が進められ、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が開発された。その結果、従来の紫外光応答形光触媒の応用研究だけではなく、室内環境のような可視光照射条件下における光触媒の応用の可能性が格段に飛躍してきた。特に、可視光応答形光触媒は紫外光応答形光触媒を超える高い抗菌・抗ウイルス性能を持つことから、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研究開発が進められている。このことから、研究開発段階から製品品質管理において、JIS/ISO に基づいた抗菌・抗ウイルス性能評価とその結果が非常に重要となっている。また、光触媒を用いていない抗菌・抗ウイルス加工品についても、多くの研究開発が進められており、こちらについても、JIS/ISO に基づいた性能評価が非常に重要である。

我々は、これまでにこれら JIS/ISO を中心とした抗菌・抗ウイルス性能評価を様々な企業や研究機関に提供することで、研究開発促進の一助となるべく活動を行ってきている。光触媒加工品の抗ウイルス性能評価 JIS/ISO 規格で

は、光触媒加工品に対する抗ウイルス性能評価では細菌に感染するウイルスであるバクテリオファージが用いられている。JIS/ISO 制定時に、動物細胞感染ウイルスとバクテリオファージの不活化の相関性については、十分確認がなされているが、製品開発段階において実際に動物細胞感染ウイルスを用いた試験のニーズが非常に高い。このことから、我々はノロウイルスの代替モデルとして、ネコカリシウイルス、平成 29 年度よりインフルエンザウイルスを用いた抗ウイルス性能評価試験の提供を開始している。

本報告では、光触媒を中心とした抗菌・抗ウイルス性能評価試験方法の概要と、平成 29 年度の依頼試験状況について、概説する。

## 2. 実験と結果

### 2. 1. 光触媒加工品を用いた抗菌・抗ウイルス性能評価概要

これまでに、各種加工品の抗菌・抗ウイルス性能評価方法が制定されている。表 1 に各種 JIS/ISO 規格を示しているが、光触媒加工品に関しては、紫外光応答形及び可視光応答形の 2 種類の光触媒について、それぞれ抗菌性能評価試験方法及び抗ウイルス性能評価試験方法が制定されている。一般的な平板状、繊維状の抗菌性能評価方法につい

表1. 抗菌・抗ウイルスに関するJIS/ISO規格

	JIS試験名	対応するISO試験
光触媒加工品	JIS R1702 光触媒抗菌加工製品の抗菌性試験方法・抗菌効果	ISO 27447 Test method for antibacterial activity of semiconducting photocatalytic materials
	JIS R 1706 光触媒材料の抗ウイルス性試験方法—バクテリオファージ Qβ を用いる方法	ISO 18061 Determination of antiviral activity of semiconducting photocatalytic materials -- Test method using bacteriophage Q-beta
	JIS R 1752 可視光応答形光触媒抗菌加工製品の抗菌性試験方法・抗菌効果	ISO 17094 Test method for antibacterial activity of semiconducting photocatalytic materials under indoor lighting environment
	JIS R 1756 可視光応答形光触媒材料の抗ウイルス性試験方法—バクテリオファージ Qβ を用いる方法	ISO 18071 Determination of antiviral activity of semiconducting photocatalytic materials under indoor lighting environment-- Test method using bacteriophage Q-beta
抗菌加工品	JIS L1902 繊維製品の抗菌性試験方法及び抗菌効果	ISO 20743 Textiles -- Determination of antibacterial activity of textile products
	JIS Z 2801 抗菌加工製品—抗菌性試験方法・抗菌効果	ISO 22196 Measurement of antibacterial activity on plastics and other non-porous surfaces
抗ウイルス加工品	JIS L 1922 繊維製品の抗ウイルス性試験方法	ISO 18184 Textiles - Determination of antiviral activity of textile products

でも、JIS/ISO 規格が制定されている。また、抗ウイルス性能評価方法としては繊維状の加工品に対して、JIS/ISO 規格が作成されている状況である。この中から、光触媒に関する試験概要図を図1に示す。

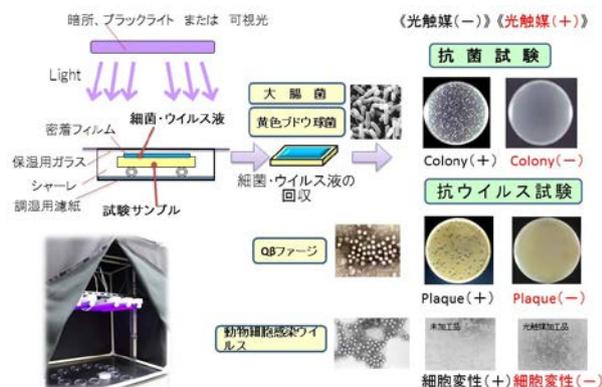


図1. 光触媒加工品による抗菌・抗ウイルス性能評価試験概要

要

その方法は、はじめに平板状光触媒加工品を適切な無菌化や前処理を行った後、水を含ませたる紙を入れたシャーレ内に設置し、細菌及びバクテリオファージ(動物細胞感染ウイルス)液を滴下し、材料表面と密着させた後、一定時間紫外光や可視光を照射して光触媒反応を行う。その後、細菌及びバクテリオファージ(動物細胞感染ウイルス)を回収し、そのコロニー、プラークや細胞変性を確認することで、抗菌・抗ウイルス活性を評価する。また、同時に無加工品についても試験を行い、光触媒反応による効果を確認する。光触媒反応を行った結果、抗菌効果が得られた場合には、コロニーの形成が認められず、ファージを用いた場合にはプラークの形成が認められない。これらの差により、各種効果を数値化し、抗菌・抗ウイルス活性値とする。また、近年は暗所における抗菌・抗ウイルス効果を付加したハイブリッド型の開発が盛んに進められていることから、明所及び暗所、光触媒加工品及び無加工品それぞれについて比較することが重要となっている。

また、用いる細菌、ウイルスに関して、JIS/ISO 規格で使用される細菌・バクテリオファージの他、要望に応じた細菌・バクテリオファージを整備できる体制を整えている。なお、光触媒加工品を用いた抗ウイルス性能評価試験では細菌に感染するウイルスであるバクテリオファージを用いることとなっているが、これは簡便性、安全性、試験費用等の様々な点から、選択されている。光触媒反応による抗ウイルス効果については、規格制定時にバクテリオファージと動物細胞感染ウイルスとの間の相関性を確認しており、また光触媒反応機構から想定できる抗ウイルス効果からバクテリオファージを用いることで問題がないことも確認されている。

一方で、製品開発の段階において、動物細胞感染ウイルスを用いて抗ウイルス性能評価試験を要望される企業や研究機関も多いことは明らかである。そこで、我々は平成28年度よりノロウイルスの代替モデルとして、ネコカリシウイルス、平成29年度よりインフルエンザウイルスを

用いた抗ウイルス性能評価試験の提供を開始している。

2. 2. 抗菌・抗ウイルス性能評価試験

平成29年度に依頼された抗菌・抗ウイルス性能評価試験件数と各年度の試験件数は図2に示すとおりである。

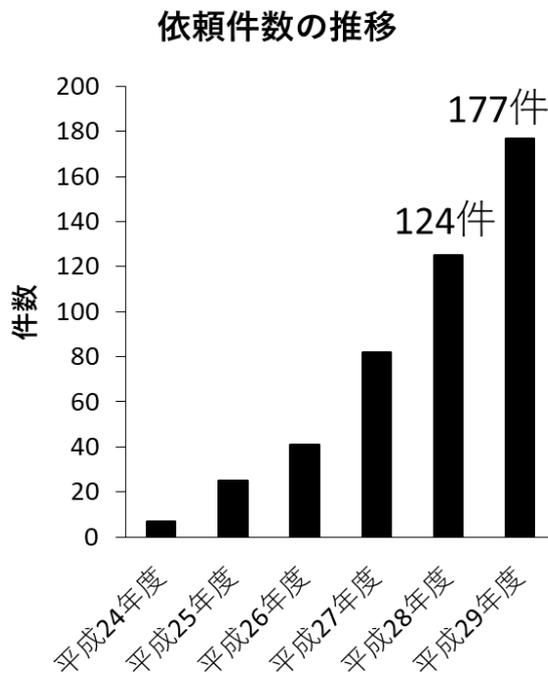


図2. 依頼試験の年度毎の件数

各年度の依頼件数が増加しており、平成29年度は177件となり、平成28年度の124件を大幅に超えた件数となった。この結果から、また、光触媒加工品に関しては平成28年度とほぼ同数の依頼件数であったが、その内訳として、可視光応答形光触媒を用いた依頼が増加していた。使用した細菌、ウイルスに関しては、インフルエンザウイルスを用いた試験の開始に伴い、動物細胞感染ウイルスの依頼が増加していた。また、その他、抗菌性能評価試験の増加も認められた。

3. 考察及び今後の展望

以上、依頼試験の概要と昨年度に行った試験状況について、報告した。平成29年度の依頼試験の増加は、抗菌・抗ウイルス加工製品の研究開発が活発に行われていることを反映した結果と考えられる。また、光触媒加工品に関しては、これまでに開発された高い抗菌・抗ウイルス活性を持つ可視光応答形光触媒を応用した加工品の研究開発が進み、加工方法から実際の抗菌・抗ウイルス性能評価へ進んでいるためと考えられる。その他の増加要因としては、光触媒工業会による認証の開始が考えられる。これまで、光触媒加工品による抗菌、抗ウイルス性能に関しては、光触媒工業会が光触媒製品として適切な効果を持つことを認証する製品認証基準が紫外光応答形光触媒を用いた抗菌性能のみであったが、近年、可視光応答形光触媒による抗菌性能、紫外光応答形及び可視光応答形光触媒による抗

ウイルス性能の各種認証基準が制定された。詳細は光触媒工業会のホームページにてご確認ください。この背景から、可視光応答形光触媒試験の件数の増加が認められたと考えられる。

我々が行っている依頼試験では、依頼前に打ち合わせを密に行い、必要とするデータの取得のための試験仕様を組み立てるように努めている。また、加工品の形状によっては、通常の JIS/ISO 規格では対応が出来ないものについても、柔軟に対応しながら、性能評価を行えるような試験仕様を作成し、多くの企業や研究機関の研究開発が促進されるように努めている。また、内容によっては、光触媒や抗菌・抗ウイルスに関連する技術相談や情報の提供等も行っている。更に、抗菌・抗ウイルス性能評価試験だけではなく、光触媒加工品を中心とした空気浄化性能評価やセルフクリーニング性能評価などの性能評価試験から製品紹介展示が可能な光触媒ミュージアムまで総合的なサポートが提供できるように川崎技術支援部をはじめ、KISTEC 内部における連携体制を整えている。このサポート体制の下で、光触媒工業会による認証マーク申請に必要な各種データの取得も可能となっており、大変好評をいただいている。我々が行ってきた依頼試験状況から、光触媒を用いた製品開発は今後ますます推進されていくと考えている。

また、現在、日本ファインセラミックス協会及び光触媒工業会と共に、新しい抗菌性能評価方法として、可視光応答形光触媒を用いた実環境を想定した抗菌性能評価方法を ISO 提案している。また抗菌加工技術協議会から一般的

な平板状加工品を用いた抗ウイルス性能評価方法が ISO 提案されている。その他にも、光触媒を始め、様々な機能を持つ加工品の性能評価試験方法として JIS/ISO の規格が進められている。今後はより実用的な性能評価試験方法の重要性が増していくと考えられる。そのため、是非我々の知識や経験を活用していただきながら、光触媒を用いた製品開発を推進していただきたいと考える。

また、これまでの依頼試験を通して、各企業や研究機関から JIS/ISO では対応できない性能評価試験のニーズが非常に高いことが明らかとなっている。そのことから、今後、様々なニーズに的確にこたえられる製品評価方法の開発やそれと共に、試験品質の維持向上に向けて、活動していく予定である。

#### 【参考文献】

1. JIS R 1706 光触媒材料の抗ウイルス性試験方法-バクテリオファージ Q $\beta$  を用いる方法
2. JIS R 1756 可視光応答形光触媒材料の抗ウイルス性試験方法-バクテリオファージ Q $\beta$  を用いる方法
3. JIS R 1702 光触媒抗菌加工製品の抗菌性試験方法・抗菌効果
4. JIS R 1752 可視光応答形光触媒抗菌加工製品の抗菌性試験方法・抗菌効果
5. JIS Z 2801 抗菌加工製品-抗菌性試験方法・抗菌効果
6. JIS L1902 繊維製品の抗菌性試験方法及び抗菌効果
7. JIS L 1922 繊維製品の抗ウイルス性試験方法

# 新規 ISO 提案抗菌性能評価試験による温湿度の抗菌性能への影響評価

永井 武、砂田 香矢乃、畑山 靖佳、石黒 斉

## 1. はじめに

我々は以前より、光触媒加工品を用いた抗菌・抗ウイルス性能評価方法の標準化のために、JIS/ISO 規格制定に向けた検討を進めてきた。その結果、現在までに紫外光応答形及び可視光応答形光触媒を用いた抗菌・抗ウイルス性能評価試験方法である JIS/ISO 規格を作成してきており、現在は様々な企業や研究機関がこれらの JIS/ISO を用いて抗菌・抗ウイルス性能を持つ光触媒加工品や原材料の研究開発を進めている。また、光触媒に関する研究が進み、非常に高い抗菌・抗ウイルス性能を持つ可視光応答形光触媒が開発されており、それらの応用研究も推進されている。

一方で、上記可視光応答形光触媒を用いて、実環境における実証試験を行った結果、JIS/ISO 規格を用いた性能評価で得られた抗菌活性と実環境における抗菌活性の間に違いが認められることが明らかとなった。そのため、今後の研究開発の推進のためには、実環境を想定した抗菌性能評価試験方法の開発が必要と考えられ、平成 26-27 年度にアジア基準認証推進事業として、また平成 28 年度からは戦略的国際標準化加速事業として一般社団法人日本ファインセラミックス協会や光触媒工業会と共に、新規抗菌性能評価試験方法の標準化に向けた検討を開始し、ISO 総会等で紹介を行ってきた。その結果、平成 29 年度に新規 ISO 案として、提案を行い、現在各国の専門家との議論が続けられている。その議論の中で、抗菌性能に対して、温湿度が与える影響があるのではないかと重要なコメントが得られている。そこで、本研究では、ISO 提案した新規抗菌性能評価試験方法(以下、新規 ISO 案)を用いて、温度及び湿度を変化させた状況下における検討を行い、温湿度の影響を明らかとすることを目的に検討を行った。

また、国外における環境状況下で新規 ISO 案を行うことが可能か検討するために、中国の試験機関の協力を得て、実際に中国にて試験方法の説明と実技試験を行った。本報告ではその結果を説明し、今後の見通しについて報告する。

## 2. 実験と結果

### 2. 1 新規 ISO 案の概要

始めに、新規 ISO 案の概要を従来の光触媒加工品を用いた抗菌試験である JIS R 1752 と比較しながら説明する。

光触媒による抗菌効果は細菌と光触媒が接触し、そこで光触媒反応が起きていることで発揮される。このことから、

新規 ISO 案は、様々な実環境の状況が想定される中から、人が接触した状況を想定して作成された。そのため、JIS R 1752 で用いられるような粘性のない液体状態の菌液をピペットにより試験片である光触媒加工品へ接種する方法ではなく、人が触れた状況を模擬する方法となるように改良がなされている。そのために、適度な粘性と保湿性を持ち、細菌の状態に影響を及ぼさない菌液組成の検討を行い、その結果、新規 ISO 案では直接塗布が可能な菌液組成を作成している。これを不織布にしみ込ませ、直接光触媒加工品へ塗布することで、人が接触した場合と同等の菌液の塗布が可能となっている(図 1)。

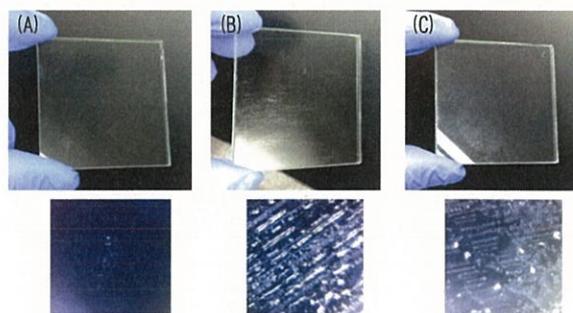


図 1. 直接塗布による菌液の塗布状況 (A) 未処置 (B) 直接塗布法 (C) 人の手による皮脂の付着

用いられる細菌はグラム陽性菌として皮膚常在菌である表皮ブドウ球菌(ATCC14490[NBRC100911])及びグラム陰性菌として大腸菌(ATCC8739[NBRC3972])であり、接種する菌数は JIS R 1752 では  $1-4 \times 10^5$ /試験片に対して、新規 ISO 案では、実環境に近づくため少量の菌数( $1-6 \times 10^3$ /試験片)と変更している。菌液は塗布前後の重量によって、ある一定の範囲(2-3mg)となるように塗布し、保存シャーレの中に入れて可視光照射を行う。可視光照射を行う際には、JIS R 1752 のように、密着フィルムや保湿用ろ紙は用いず、また密着ガラスと保存シャーレの間にスペーサーを入れることで、室内と同じ温湿度条件下において光触媒反応を行う(図 2)。また、JIS R 1752 では 2 種類のフィルタ(400 nm 以下カット、380 nm 以下カット)のどちらかを用いるが、新規 ISO 案では 380 nm 以下をカットするフィルタを間に入れることを必須としている。試験片に対して、一定時間の可視光照射を行った後、菌液を回収し、培養を行い、コ

コロニー数から抗菌性能を評価する。このような作業により、新規 ISO 案では実環境を想定した抗菌性能評価が可能となっている。

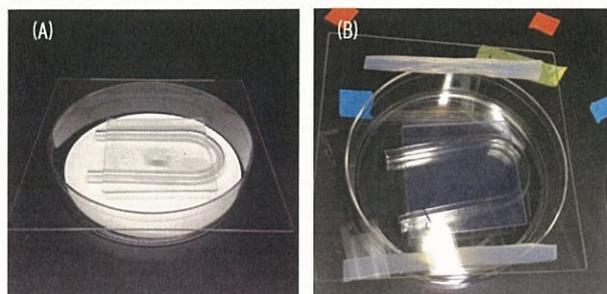


図 2. JIS R 1752 と新規 ISO 案における試験片設置の方法の違い (a) JIS R 1752 (b) 新規 ISO 案

## 2. 2. 温度及び湿度の影響と抗菌性能評価

新規 ISO 案を行う際の温度と湿度の影響を確認するために、温湿度を変更させた組み合わせを用いて、新規 ISO 案による抗菌性能評価試験を行った。実際の試験温度としては、低温度として 15℃、高温度として 35℃を用いた。また、湿度については低湿度条件として 10%程度、中湿度として 50%程度、高湿度として 70%以上とした。可視光照射は 1000 lx、4 時間でフィルタ有にしておき、用いる菌種については、新規 ISO 案で用いている 2 菌種(表皮ブドウ球菌及び大腸菌)とした。試験片はアジア基準認証推進事業で用いられたものと同等のものを(一社)日本ファインセラミックス協会より提供を受けたものである。

### 2. 2. 1 表皮ブドウ球菌を用いた結果

低温中湿度条件下で試験を行った結果、低減率は暗所条件で 37.0%、光照射条件で 67.5%が得られた。また低温高湿度条件下で試験を行った場合であっても、暗所条件で 49.6%、光照射条件で 74.4%という低減率が得られた。一方で、表 1 に例を示すが、高温条件下において試験を行った結果、低減率は暗所条件で 87.6%、光照射条件で

100.0%という数値となっていたが、湿度に関わらず、無加工品に塗布した試験菌が 4 時間後に低下していることが明らかとなった。

### 2. 2. 2 大腸菌を用いた結果

大腸菌についても、表皮ブドウ球菌と同様に試験を行った結果、高温条件下において、4 時間経過後に菌数の低下が認め、ほとんど生菌数が認められず、そのため、低減率の算出が困難な結果となった。また、低温高湿度条件下においても 4 時間経過後の無加工品における生菌数の低下が認められた。

### 2. 3. 中国における抗菌性能評価試験

本試験法が海外においても行うことが可能か、中国の試験機関の協力を得て、実技指導を行った。始めに、新規 ISO 案について、方法を説明し、質疑応答を行った。その後、詳細を確認しながら、試験を行った。また、本試験では、中国試験機関が準備していた表皮ブドウ球菌 (CMCC(B)26069)を用いて行い、可視光照射時に設置するフィルタが入手されていなかったため、フィルタを用いずに可視光照射を行った。また、試験時の温湿度は温度 20℃、湿度 24%であった。その結果を、表 2 に示す。表 2 に示す通り、安定して試験菌液の塗布が出来ており、低減率についても暗所にて 63.4%、光照射により 71.8%と日本国内で行った結果と同様の結果が得られた。

### 3. 考察及び今後の展望

以上、本検討結果から、新規 ISO 案を行うための、温湿度の影響を明らかとすることが出来た。特に、高温条件下では、試験の成立が困難な可能性が明らかとなった。抗菌加工製品を用いた抗菌性能評価試験では JIS Z 2801 では 35℃、JIS L 1902 では 37℃と反応温度と規定されており、細菌数の増加も認められている。一方、本検討では、細菌数が減少する結果となった。この原因として、試験菌液組成の違いが挙げられる。JIS Z 2801 や JIS L 1902 では、栄養成分を含む液中に試験菌を保持することが出来ており、それによって試験菌が増殖することが可能である。一方で、

表1. 高温高湿度条件下における試験結果

試験サンプル	試験条件	試験片重量 (mg)		試験菌液重量 (mg)			コロニー数				単位重量あたりの生菌数 (cfu/mg)		低減率 (%)		
		塗布前	塗布直後	塗布直後	照射後	照射後の増減	No1	No2	No3	平均	生菌数 (cfu)	個々		平均	
無加工品	0時間	6873.8	6875.9	2.1			418	408	470	432	4320	2057			
		6869.6	6872	2.4			344	328	331	334	3343	1393	1609.7	-	
		6858.9	6861	2.2			322	305	283	303	3033	1379			
	4時間	暗所	6934.1	6936.5	6936.6	2.4	2.5	0.1	98	90	108	99	987	411	
			6924.3	6926.7	6926.7	2.4	2.4	0.0	133	139	139	137	1370	571	436.4
		1,000 lx	6911.7	6914.5	6914.7	2.8	3.0	0.2	110	77	88	92	917	327	
			6886.7	6888.8	6889.1	2.1	2.4	0.3	18	14	11	14	143	68	
	Type B	6833.4	6835.6	6835.6	2.2	2.2	0.0	23	28	26	26	257	117	72.8	-
		6902.1	6904.1	6904.3	2.0	2.2	0.2	9	3	8	7	67	33		
		11200.3	11203	11203.2	2.7	2.9	0.2	5	12	4	7	70	26		
光触媒加工品	4時間	11204.2	11207	11207.1	2.8	2.9	0.1	10	9	12	10	103	37	54.3	87.6%
		11119.5	11121.7	11122.1	2.2	2.6	0.4	19	22	25	22	220	100		
		11183.7	11185.7	11186.4	2.0	2.7	0.7	0	0	0	0	0	0		
	1,000 lx	11186.4	11188.7	11189.2	2.3	2.8	0.5	0	0	0	0	0	0.0	100.0%	
	Type B	11196.6	11199.5	11199.9	2.9	3.3	0.4	0	0	0	0	0	0		

表2. 中国試験機関で行った試験結果

試験サンプル	照射条件	試験片重量 (mg)		試験菌液重量 (mg)			コロニー数				単位重量あたりの生菌数 (cfu/mg)		低減率 (%)		
		塗布前	塗布直後	塗布直後	照射後	照射後の増減	No1	No2	No3	平均	生菌数 (cfu)	個々		平均	
無加工品	0時間	11067.6	11069.9	2.3			146	116	69	110.33	1103	480	478.1	-	
		11118.7	11121	2.3			124	121	77	107.33	1073	467			
		11133	11135.2	2.2			132	90	100	107.33	1073	488			
	4時間 暗所	11121.6	11124.1	11124.4	2.5	2.8	-0.3	222	221	239	227.33	2273	909	742.3	-
		11157.7	11160.6	11160.5	2.9	2.8	0.1	143	136	148	142.33	1423	491		
		11126	11128.5	11128.6	2.5	2.6	-0.1	212	206	202	206.67	2067	827		
	4時間 1,000 lx	11100.8	11103.2	11103.5	2.4	2.7	-0.3	86	89	76	83.67	837	349	510.3	-
		11145.6	11148.3	11148.1	2.7	2.5	0.2	173	177	145	165.00	1650	611		
		11133	11135.2	11135	2.2	2	0.2	120	133	124	125.67	1257	571		
	光触媒加工品	4時間 暗所	11610.9	11613.8	11613.3	2.9	2.4	0.5	64	78	74	72.00	720	248	271.5
11539.4			11542	11541.8	2.6	2.4	0.2	68	73	75	72.00	720	277		
11378.4			11380.9	11380.5	2.5	2.1	0.4	78	74	65	72.33	723	289		
4時間 1,000 lx		11578.5	11581.1	11580.9	2.6	2.4	0.2	36	46	31	37.67	377	145	143.8	71.8
		11483.6	11485.7	11485	2.1	1.4	0.7	55	25	28	36.00	360	171		
		11576.3	11578.5	11578.4	2.2	2.1	0.1	32	23	21	25.33	253	115		

本抗菌性能評価試験法では水分が非常に少ない条件での試験方法である。そのため、35℃に設定することで試験菌液中の水分が蒸発するとともに生菌数が減少した可能性が考えられる。

中国試験機関において行った試験結果から、国外においても本抗菌性能評価試験法を適切に行うことが可能であることが示された。特に、懸念されていた各国における温湿度の条件の違いについても、問題ないことが明らかとなり、更に直接塗布法と重量の測定について、中国試験機関の試験担当者も問題なく作業を進めることが出来ていた。これらのことから、新規 ISO 案は、各国で十分に対応が可能な試験方法であることが示された。

今後の展望として、新規 ISO 案についての議論を現在も続けており、それらの結果をまとめることで、今年度中に CD 案として、登録を行うように進めていく計画である。

本研究については光触媒工業会との共同研究及び(一社)日本ファインセラミックス協会による戦略的国際標準化加速事業の一環としておこなわれた。

【参考文献】

1. JIS R 1752 可視光応答形光触媒抗菌加工製品の抗菌性試験方法・抗菌効果
2. JIS Z 2801 抗菌加工製品-抗菌性試験方法・抗菌効果
3. JIS L1902 繊維製品の抗菌性試験方法及び抗菌効果

## 業 績

## 【原著論文】

1. Y. Yokomizo, T. Kawahara, H. Ishiguro, I. Kato, M. Yao, H. Miyamoto, H. Uemura  
Lack of an association between aPKC*l*/i expression in prostate cancer and the patient outcomes  
*Int. J. Surg. Case Rep.*, **37**, 180-182 (2017)
2. 山本圭, 石黒斉, 上村博司, 白石泰三, 渡邊昌俊  
前立腺癌における Zyxin の関与について  
*泌尿器外科*, **30**, 1225-1227 (2017)

## 【総説】

1. 窪田吉信, 石黒斉  
実環境を想定した光触媒抗菌性能評価試験方法 (NP22551)  
*JFIS 会報*, **25**, 51-52 (2018).
3. 石黒斉  
光触媒素材の抗ウイルス試験法と性能評価  
*月刊ファインケミカル*, **46**, 39-45, (2017)
4. 石黒斉, 永井武, 畑山靖佳, 砂田香矢乃  
実環境を想定した可視光型光触媒の抗菌性試験法 ISO 提案について  
*会報光触媒*, **53**, 24-27 (2017)

## 【口頭発表】

1. H Ishiguro  
Test method for antibacterial/antiviral activities by photocatalytic materials  
Committee of Asian Standardization for Photocatalytic Material and Products (CASP2017), 2017年11月, ベトナム
2. H. Ishiguro  
Test method for antibacterial activity under simulated actual ILE  
Committee of Asian Standardization for Photocatalytic Material and Products (CASP2017), 2017年11月, ベトナム
3. H. Ishiguro, Y. Kubota  
Addition of test procedure for textile samples to antibacterial/viral tests  
ISO/TC206 24th plenary meeting and relating meetings, 2017年7月, イタリア
4. H. Ishiguro, Y. Kubota  
Bacterial reduction rate by semi-dry method  
ISO/TC206 24th plenary meeting and relating meetings, 2017年7月, イタリア
5. H. Ishiguro, Y. Kubota  
ISO 27447 Antibacterial activity (systematic review)  
ISO/TC206 24th plenary meeting and relating meetings, 2017年7月, イタリア
6. 石黒斉

- 実環境を想定した光触媒抗菌性能評価試験方法 ISO/AWI22551 (TCNP1702)  
ISO/TC206 での標準化の状況, 2018年2月, 東京
7. 砂田香矢乃  
金属イオンや金属酸化物の抗ウイルス活性について  
第36回エレクトロセラミックスセミナー, 2017年11月, 神奈川
  8. 砂田香矢乃, 永井武, 石黒斉  
光触媒抗微生物試験法  
日本防菌防黴学会第44回年次大会, 2017年9月, 大阪
  9. 石黒斉  
実環境を想定した可視光型光触媒の抗菌性試験法 ISO 提案について  
第65回講演会「光触媒に関する JIS/ISO 最新動向」. 2017年9月, 東京.
  10. 砂田香矢乃, 永井武, 石黒斉  
ハイブリッド光触媒と可視光応答型光触媒の抗菌・抗ウイルス効果並びにその評価  
光触媒工業会 2017年度技術研究会, 2017年7月, 東京
  11. 塩澤優樹, 親川昭彦, 李定, 黒田靖, 石黒斉, 永井武, 砂田香矢乃  
エアロゾルウイルス噴霧空間における可視光応答型光触媒を塗工した膜材料表面のウイルス低減効果  
第26回日本臨床環境医学会学術集会, 2017年6月, 東京
  12. 塩澤優樹, 親川昭彦, 李定, 黒田靖, 石黒斉, 永井武, 砂田香矢乃  
エアロゾルウイルスが噴霧された閉鎖空間における可視光応答型光触媒を塗工した膜材料の抗ウイルス効果の実験的検証—その1 材料表面のウイルス低減効果—  
日本繊維機械学会第70回年次大会, 2017年6月, 大阪
  13. K. Sunada, Y. Hatayama, T. Nagai, H. Ishiguro, Y. Kubota  
Antiviral activity on a variety of metal compounds under visible light irradiation  
Photocatalysis 2 and SIEMME'23, 2017年12月, 千葉
  14. T. Nagai, K. Sunada, H. Ishiguro, Y. Kubota  
The new antiviral test method for the photocatalytic textiles, "glass adhesion method"  
Photocatalysis 2 and SIEMME'23, 2017年12月, 千葉
  15. H. Ishiguro, Y. Hatayama, T. Nagai, K. Sunada, Y. Kubota  
Inhibition of ammonia production by photocatalytic materials  
Photocatalysis 2 and SIEMME'23, 2017年12月, 千葉
  16. 石黒斉, 永井武, 砂田香矢乃, 落合剛, 青木大輔  
光触媒を中心とした製品開発サポートと新規試験方法の開発  
神奈川県ものづくり技術交流会, 2017年11月9日, 神奈川

**【特許】**

(1) 国内特許出願 1 件