

院内感染対策トイレシステムの構築に向けた研究

その1 光触媒コーティング剤の開発および病棟トイレにおける実証実験



袴谷 秀幸*1

行武 俊行*1 板谷 俊郎*1
 手島菜奈絵*1 崎村 雄一*1
 宅間 真*1 吉崎 隆*1
 大谷 勇作*2 奥田 舜治*3
 菊野理津子*3 小林 憲忠*4
 井岡 裕二*5 川内 純*5

概 要

筆者らは、病院における院内感染対策のツールとして、院内感染対策トイレシステムの構築を検討している。その要素技術のひとつとして、光触媒コーティング剤を建材に塗布することで、建材自体の抗菌性能を向上させ、接触感染への対策を図ることを挙げている。その1では、新たに光触媒コーティング剤を開発し、JISに定められた試験方法に準じた試験を行い、開発した光触媒コーティング剤の抗菌性能を確認した。また、開発した光触媒コーティング剤を実際に運用している病院の病棟トイレに適用し、微生物検査などを行った。その結果、以下のことがわかった。

- ①開発した光触媒コーティング剤は、大腸菌、黄色ぶどう球菌などに対して優れた抗菌性能を示した。
- ②開発した光触媒コーティング剤を病棟トイレに塗布することで、トイレ内の菌や有機物による汚れ、臭気などが減少していることを確認した。

Study on Construction of Infection Controlled Toilet System Part 1 Development of Photocatalyst Coating Material and Experiment of Ward Restroom

Hideyuki HAKAMAYA*1 Toshiyuki YUKUTAKE*1
 Toshiro ITATANI*1 Nanae TESHIMA*1
 Yuichi SAKIMURA*1 Makoto TAKUMA*1
 Takashi YOSHIZAKI*1 Yusaku OHTANI*2
 Shunji OKUDA*3 Ritsuko KIKUNO*3
 Noritada KOBAYASHI*4 Yuji IOKA*5
 Jun KAWAUCHI*5

The authors are studying on the construction of infection controlled toilet system as a tool of controlling infection at hospitals. In order to prevent contact infection, the authors have improved on antibacterial performance of finishing materials by applying photocatalyst coating material. This paper describes the development of photocatalyst coating material, the evaluation of antibacterial performance and the testing method of antibacterial performance outside of laboratory. This photocatalyst coating material applied to the ward restroom of the hospital which really applied. As a result, it was clarified as follows.

- (1) This photocatalyst coating material shows superior antibacterial performance.
- (2) Dirt by bacteria and the organic matter, and bad smell decreased by applying this photocatalyst coating to the ward restroom.

*1 戸田建設株式会社 *2 医療環境情報研究所 *3 財団法人北里環境科学センター *4 北里研究所メディカルセンター病院
 *5 サンフラッシュ・テクノロジー株式会社

*1 Toda Corporation *2 Medical Environmental & Information Research Institute

*3 Kitasato Research Center for Environmental Science *4 Kitasato Institute Medical Center Hospital *5 Sunflash Technology

院内感染対策トイレシステムの構築に向けた研究

その1 光触媒コーティング剤の開発および病棟トイレにおける実証実験

袴谷 秀幸*1 行武 俊行*1 板谷 俊郎*1 手島菜奈絵*1
 崎村 雄一*1 宅間 真*1 吉崎 隆*1 大谷 勇作*2
 奥田 舜治*3 菊野理津子*3 小林 憲忠*4 井岡 裕二*5
 川内 純*5

1. はじめに

医療施設における室内環境問題としては、院内感染、臭気の発生などが挙げられる。医療施設の利用者は易感染患者^{注1}である場合が多く、これらの人々は、健康な人では害を及ぼさないような弱毒性の菌によっても感染症を発症する可能性がある。また、近年では日本でも多剤耐性菌^{注2}が発見され、院内感染対策は最優先課題といえる。

一方、トイレは臭気を外部に漏らさないように、常に陰圧で管理されているため、周囲の空気が集まりやすいだけでなく、汚物や水が適度にあるため、菌の温床となりやすいなど、人にとっては感染しやすい環境のひとつと考えられる。したがって、感染しにくいトイレ（院内感染対策トイレシステム）を構築することができれば、病院全体の感染リスク低減に効果的であると考えられる。

院内感染対策トイレシステムを構築するためにはいくつもの項目が挙げられるが、接触感染対策のためにトイレ各部の抗菌性能を向上させることが重要と考え、本報では、光触媒コーティング剤による抗菌性能向上の効果の確認および実際に運用している病院の病棟トイレにおいて、光触媒コーティング剤を塗布し、塗布前後の微生物検査などを行った結果について報告する。

2. 院内感染対策トイレシステム

筆者らは院内感染対策トイレシステムを構築するにあたり、以下に示す3項目に着目した。

(1) トイレ各部の抗菌性能向上による接触感染対策

普段患者らが直接手で接することが多い、便座や手すり、水栓などに光触媒コーティング剤を塗布することで、各部の抗菌性能を向上させた接触感染対策を検討する。

(2) 適切な換気方法による空気感染対策

通常のトイレ換気は、出入り口の扉のガラリから給気し、天井から空気を排気させるが、これでは汚染された空気が患者らの顔を通り、空気感染を引き起こす可能性がある。そこで、写真-1に示すような換気方法を変えることのできるトイレを作製し、気流測定や臭気測定を行い、空気感染を低減することのできる換気方法を提案することを目的とする。

(3) 清掃方法や清掃用具の管理対策

使用前後の清掃用具を分別し、汚れた用具を使用しない、トイレ内で清掃用具を洗わないなどの清掃上のルールを設定する。また、清掃用具の洗濯において、

常温水と熱水とで清掃用具の菌数を確認し、写真-2に示す熱水洗濯機による消毒効果を検証する。

3. 光触媒コーティング剤の抗菌試験

3.1 試験概要

光触媒コーティング剤の抗菌性能を確認するため、公的試験機関にて抗菌試験を行った。試験は表-1に示す3つのステップを段階的に行った。なお、試験室の温度は25℃±5℃であった。

抗菌試験は、JIS R 1702:2006「光触媒抗菌加工製品の抗菌性試験方法、光照射フィルム密着法」に準じて行った。紫外線強度や照射時間、菌の種類は、ステップごとに選定した。なお、各試験ともサンプル数はn=3とし、下地材にはガラス板を用いた。

試験の評価として、各条件の生菌数を用い、(1)式から抗菌活性値R_L、(2)式から光照射による効果ΔRを算出した。なお、JIS R 1702ではR_L ≥ 2.0で「抗菌効果あり」としているが、光照射による効果については数値基準は定められていない。

$$R_L = \log(B_L/C_L) \quad \dots(1)$$

$$\Delta R = \log(B_L/C_L) - \log(B_D/C_D) \quad \dots(2)$$

B_L : 未施工試験体の照射後の生菌数の平均値

C_L : 光触媒試験体の照射後の生菌数の平均値

B_D : 未施工試験体を暗所に保存した後の生菌数の平均値

C_D : 光触媒試験体を暗所に保存した後の生菌数の平均値



写真-1 トイレシステム



写真-2 熱水洗濯機

表-1 試験概要

ステップ	内容
ステップ1	光触媒コーティング剤（以下、従来品）の抗菌性能の確認
ステップ2	新規開発した光触媒コーティング剤（以下、開発品）の抗菌性能の確認
ステップ3	開発品の短時間での抗菌性能の確認

*1 戸田建設株式会社 *2 医療環境情報研究所 *3 財団法人北里環境科学センター *4 北里研究所メディカルセンター病院
 *5 サンフラッシュ・テクノロジー株式会社

3.2 ステップ1

(1) 試験条件

ステップ1における試験条件を表-2に示す。

紫外線強度は、JISに示される代表的な場所での紫外線強度である0.10mW/cm²（昼間の室内、太陽光が入る窓から1.5m程度までの範囲の紫外線強度）とし、照射時間は4時間とした。また、菌としてはJISで規定されている大腸菌と黄色ぶどう球菌とした。

(2) 試験結果

ステップ1における抗菌試験結果を図-1に、試験の評価結果を表-3に示す。

大腸菌では、光触媒試験体に紫外線を照射した後の生菌数の範囲は170~49,000個/試験体と、試験体によりばらつく結果となったが、抗菌活性値0.7、光照射による効果0.5となり、今回使用した光触媒コーティング剤（以下、従来品）では、抗菌効果が認められなかった。

一方、黄色ぶどう球菌については、抗菌活性値2.9、光照射による効果2.5となり、抗菌効果および光照射による効果が確認できた。

3.3 ステップ2

(1) コーティング剤の開発

従来品では大腸菌に対しての抗菌効果が確認できなかったため、ステップ2では、新たに光触媒コーティング剤を開発し（以下、開発品）、開発品の抗菌効果を確認する目的で抗菌試験を行った。

(2) 試験条件

ステップ2における試験条件を表-4に示す。

紫外線強度はステップ1と同じ0.10mW/cm²とし、照射時間は8時間とした。また、菌は大腸菌、黄色ぶどう球菌のJISで規定されている菌の他に、腸管出血性大腸菌（以下、O-157）、バンコマイシン耐性腸球菌（以下、VRE）の4種類とした。

(3) 試験結果

ステップ2における抗菌試験結果を図-2に、試験の評価結果を表-5に示す。

なお、測定下限値未満（<10個/試験体）の場合は、10個/試験体としてあらわした。

表-2 ステップ1における試験条件

項目	内容
紫外線強度	・0.10mW/cm ²
照射時間	・4時間
菌種	・大腸菌 ・黄色ぶどう球菌

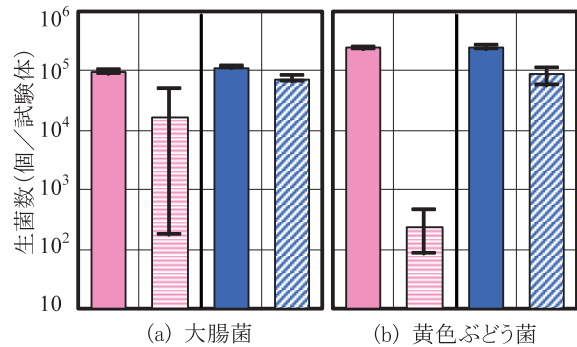
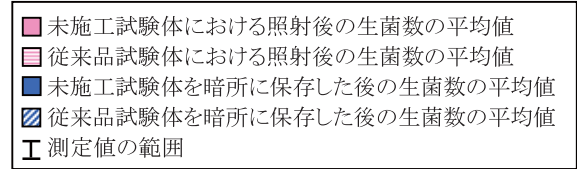


図-1 ステップ1における抗菌試験結果

表-3 ステップ1における試験の評価結果

菌種	抗菌活性値	光照射による効果
大腸菌	0.7	0.5
黄色ぶどう球菌	2.9	2.5

表-4 ステップ2における試験条件

項目	内容
紫外線強度	・0.10mW/cm ²
照射時間	・8時間
菌種	・大腸菌 ・黄色ぶどう球菌 ・腸管出血性大腸菌 (O-157) ・バンコマイシン耐性腸球菌 (VRE)

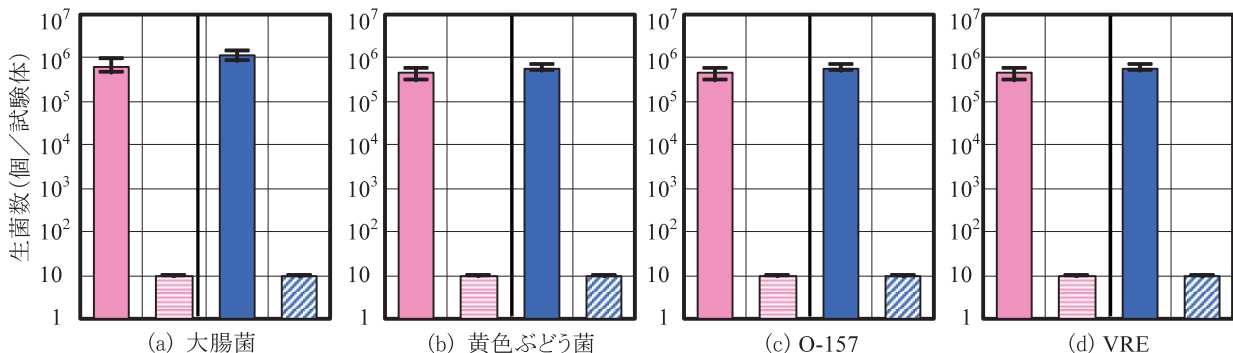


図-2 ステップ2における抗菌試験結果

4.3 サンプリング箇所

微生物検査およびATPふき取り検査を行うサンプリング箇所を設定するにあたり、事前に汚染検出用UVランプを照射して強く発光した比較的汚染度が高いと判断される15か所を選定した。サンプリング箇所および各部の写真を表-8および写真-3にそれぞれ示す。

4.4 測定方法

(1) 温湿度測定

温湿度はデジタル温湿度計(ティアンドデイ製おんどとり)を用いて測定した。測定間隔は5分とし、測定期間内を通して測定した。

(2) 入室者数測定

入室者数はカウンターによりドアの開閉数を測定した。カウンターは単純な開閉数をカウントしているため、トイレの利用者だけでなく、介護者や清掃業者などの入室も含む値である。

(3) 微生物検査

対象箇所の表面(100×100mm相当)を超純水にて十分に膨潤させた滅菌プースを用いてまんべんなくふき取った。

ふき取りの終了した滅菌プースは、直ちにSCDLP Broth(以下、SCDLP液体培地)10mLのに入った50mL

ポリプロピレン製遠心管に移した。

滅菌プースのに入った遠心管は、60秒間攪拌した後、一般細菌など幅広く検出できるSCDLP AGAR(以下、SCDLP寒天培地)、主として腸球菌属を検出できるKF STREPTOCOCCUS AGAR(以下、KF寒天培地)および主として大腸菌群や腸内細菌を検出できるパールコアマッコンキー寒天培地(以下、マッコンキー寒天培地)上に、試験懸濁液0.1mLずつを添加しコンラージ棒にて塗抹した。

塗抹の終了した培地は、37℃孵卵器で48時間培養後の細菌集落数を数えて、生菌数を求めた。

(4) ATPふき取り検査

ATP簡易検査用アプリケーション(キッコーマンバイオケミファ製LuciPac Pen)を用いてサンプリングを行い、簡易型ATP検出器(キッコーマンバイオケミファ製ルミテスターPD-20)を用いて相対発光量(RLU)^{注3}を求めた。検出器およびアプリケーションを写真-4に示す。採取は、微生物検査を行った部位に隣接する部位(100×100mm相当)とした。

ATPとは生物のエネルギーとなる化学物質であり、生菌だけでなく動植物や死菌、食物残渣などにも存在する。本方法は、ATPと試薬が反応して生じた光の量(相対発光量)を測定するものであり、相対発光量とATPには高い相関関係があるため、ATP量を推察することができる。生存の有無およびその他有機物の影響を受けるため、生菌数を測定するためではなく、洗浄後などの物質の清浄度を判断するために使われることが多い。

(5) 臭気レベル

臭気レベルの測定には、写真-5に示すにおいセンサ(新コスモス電機株式会社製ポータブル型ニオイセンサXP-329m)を用いた。測定間隔は1秒とし、6~8時間程度測定した。

(6) 粒径別粒子数

粒径別粒子数の測定には、写真-6に示すパーティ

表-8 ステップ3における試験条件

No.	サンプリング箇所	No.	サンプリング箇所
①	入り口スイッチ	⑨	流水ボタン(ボタン)
②	便座(表)	⑩	流水ボタン下壁
③	右手手すり	⑪	便器右側床
④	便座(裏)	⑫	中央床
⑤	左手手すり(壁際)	⑬	シンク取っ手(金具)
⑥	タッチパネル	⑭	シンク
⑦	トイレトペーパーホルダー	⑮	扉(内側取っ手)
⑧	流水ボタン(表金具)		



写真-3 サンプリング箇所



検出器

アプリケーション

写真-4 簡易型ATP検出器



写真-5 においセンサ



写真-6 パーティクルカウンター

クルカウンター（日本カノマックス株式会社製ハンディレーザーパーティクルカウンタジオアルファ Model3886）を用いた。サンプリング時間は1分間とし、サンプリング回数は15回とした。

4.5 測定期間

測定期間は以下の通りとし、改修工事の前後で行った。

- ・改修前：2011/8/30～2011/10/17
（改修工事：2011/11/7～2011/11/16）
- ・改修後：2011/11/28～2012/1/30

4.6 改修工事

改修前のトイレの状況を写真-7に示す。改修前のトイレ内部の仕上げは、壁はタイル張り、床はエンボス加工の長尺シートと凹凸が多く、汚れが溜まりやすい仕上げであった。このため、今回の改修工事では、清掃がしやすいおさまりとすること、各部の抗菌性能を向上させることをポイントとした。

改修工事の内容を順に示す。なお、改修工事中も当該トイレ以外は通常の病院営業を行っていたため、工事は極力騒音や埃を出さないよう手作業を主体とした。

(1) 幅木部タイル撤去、補修

床と幅木の取り合い部分は、清掃がしにくく、埃が溜まりやすいため、幅木と壁面下部のタイルは撤去し、床シート材を立ち上げのおさまりとした。

(2) ウォシュレット給水配管盛り替え、自動給水栓交換

既存の露出配管は床に近い位置にあり、清掃の邪魔となっていたため、少し高い位置に盛り替えた。また、給水栓は手が接触することの少ない自動水栓に変更した。

(3) 照明交換、ブラックライト取付

既存の照明は埋込み式のダウンライトであり、トイレ全体が暗かったため、蛍光管ランプに変更した。

また、光触媒による抗菌性能の向上と清掃状況の確認を目的として、新たにブラックライトを取り付けた。照明の取り付け状況を写真-8に示す。ブラックライトは人体への影響がほとんどない300～400nm波長のものとし、一般の患者は点灯できないように、スイッチは一般照明とは別に取り付けた。

(4) 長尺シートの張り替え

既存のエンボス加工の長尺シートは撤去し、清掃しやすく抗菌性を有する長尺シートを採用した（写真-9）。また、前述のように幅木は床上300mm立ち上げとした。

(5) 壁ペイントフィルム張り

タイル張り仕上げは目地部分の清掃がしにくく、埃が溜まりやすいため、写真-10に示すように、タイル面にはペイントフィルムを張り、目地部分の清掃をしやすいようにした。なお、ペイントフィルムの図柄は、無地の色見本の他に、写真からも選択できるため、病院のスタッフと相談して、森林の写真を選択した。

(6) 蓄尿棚の壁面取付け

改修前の蓄尿棚は床面に置かれていたため、この部分は清掃できずに埃が溜まりやすい状況であった。このため、蓄尿棚を壁面に取り付け、床面の清掃がしやすいようにした。

(7) 光触媒塗布

トイレ内の天井、壁、床、便座、手洗い、蓄尿棚などに開発品を塗布した。塗布の状況を写真-11に示す。以上の工程を経て、抗菌性能を付与したトイレへの改修工事を完了した。改修後の多目的トイレの状況を写真-12に示す。

4.7 測定結果

(1) 温湿度測定

温湿度の平均値および標準偏差を表-9に示す。



写真-7 改修前のトイレ



写真-8 照明の取り付け



写真-9 長尺シート施工

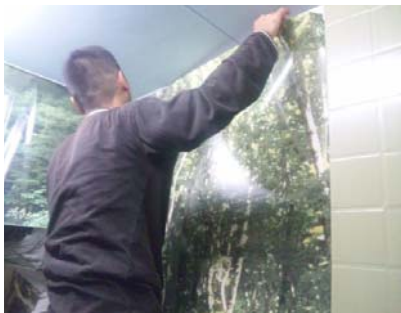


写真-10 ペイントフィルム施工



写真-11 光触媒コーティング剤施工



写真-12 改修後のトイレ

温度、湿度ともに標準偏差は小さくトイレ内の一日の温湿度の変化がほとんどないことが確認できた。ただし、改修前と改修後では季節が異なるため、温度は改修前で26~29℃、改修後は24~27℃と、改修後の方が2~3℃程度低く、湿度は改修前で45~60%、改修後は25~40%と改修後の方が20%程度低い値となった。

(2) 入室者数測定

経過日数と入室者累積数の関係を図-4に示す。

改修後の方が若干入室者数が多い傾向であったが、どちらも一日当たりおよそ50人程度の入室者があることが確認できた。

(3) 微生物検査

1) SCDLP 寒天培地

SCDLP 寒天培地における平均生菌数を表-10に示す。

なお、平均生菌数は検出限界以下 (< 100cfu^{注4}) を除いて算出することとした。ただし、各条件におけるすべての測定において、検出限界以下となった箇所は平均を「< 100」と表記した。

本試験において検出された菌種は、そのほとんどがぶどう球菌属様であった。

改修前のトイレにおいて、早朝に行った測定では、すべてのサンプリング箇所において細菌集落が検出され、平均生菌数は最少で検出限界以下、最大で240,000cfuと大きくばらつく結果となった。また、10カ所のサンプリング箇所においては10,000cfu以上の高い値となり、特に⑫中央床は240,000cfu、⑪便器右側床、④便座裏、⑭シンクでは50,000cfu以上となった。

一方、トイレ改修後の早朝測定においては、細菌集落は大幅に減少した。平均生菌数は最大でも150cfuであり、10カ所においてはすべての測定で検出限界以下であった。特に、改修前の測定において240,000cfuと平均生菌数が最も多かった⑫中央床については、改修後の平均生菌数は140cfuとなっており生菌数が大幅に減少していた。

また、昼間の測定において、改修前のトイレ内の15カ所のサンプリング箇所中12カ所より細菌集落の検出が認められた。平均生菌数は、すべての測定で検出限界以下だった箇所を除くと、最小で200cfu、最大で8400cfuであった。早朝測定時に比べて、検出される生菌数は減少したが、ほとんどすべてのサンプリング箇所より細菌集落が検出された。

一方、トイレ改修後の昼間測定においては、15カ所のサンプリング箇所のうち9カ所から細菌集落が観察された。サンプリング箇所あたりの平均生菌数は、すべての測定で検出限界以下だった箇所を除いて、最小で100cfu、最大で7400cfuとなり、昼間測定時には、トイレの改修によって、細菌集落が観察された箇所は少々減ったものの、改修前後において著しい生菌数の差異は認められなかった。この要因としては、午前中に行う清掃によって、生菌数が著しく多くなる箇所はなくなるが、昼間はトイレ利用者が多く、頻繁に細菌が付着する可能性が高く、改修前後における生菌数に大きな差異がなかったと考えられる。

表-9 温湿度の平均値と標準偏差

測定日	温度 (°C)		湿度 (%RH)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
改修前	09/12	28.0	0.1	59.4	2.0
	09/19	28.4	0.1	57.9	1.3
	09/26	26.2	0.1	47.9	1.8
	10/03	26.6	0.1	29.2	2.9
	10/10	26.7	0.1	45.9	2.4
	10/17	27.0	0.1	46.4	1.5
改修後	11/28	26.3	0.1	36.3	1.4
	12/05	26.4	0.1	28.7	2.3
	12/12	25.7	0.1	29.6	4.4
	12/20	25.5	0.1	27.3	2.9
	12/26	24.1	0.1	27.1	2.1
	01/16	25.0	0.1	28.6	1.8
	01/23	24.6	0.1	37.5	1.7
01/30	24.8	0.2	25.2	2.2	

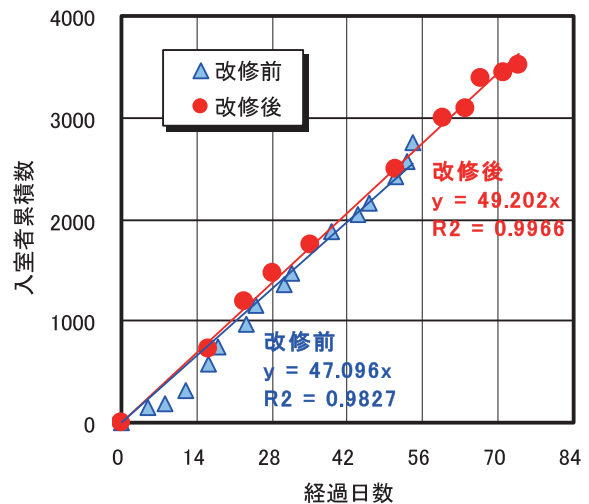


図-4 経過日数と入室者累計数の関係

表-10 SCDLP 寒天培地における平均生菌数 (単位: cfu / サンプリング箇所)

No.	早朝測定		昼間測定	
	改修前	改修後	改修前	改修後
①	4,000	<100	<100	<100
②	36,000	150	500	900
③	33,000	<100	1,300	<100
④	52,000	150	1,200	6,900
⑤	29,000	<100	300	<100
⑥	13,000	100	200	200
⑦	56,000	<100	1,100	100
⑧	4,000	<100	300	<100
⑨	6,000	<100	<100	<100
⑩	5,500	<100	200	200
⑪	87,000	100	3,600	3,100
⑫	240,000	140	8,400	7,400
⑬	20,000	<100	530	400
⑭	88,000	<100	<100	2,700
⑮	<100	<100	800	<100

※ <100: すべての測定で検出限界値以下であった箇所

一方、夜間から早朝の時間帯では利用者は少なく、細菌が付着する回数は減少するが、清掃からの経過時間が長いため、この間に菌が繁殖する可能性が高く、改修前のトイレでは、早朝になると著しく生菌数の多い場所が発生したと思われる。改修後のトイレでは、生菌がほとんど検出されなかったのは、光触媒によって生菌の繁殖が抑制されたためと考えられる。

以上の結果から、トイレを改修することによって、細菌集落検出箇所および生菌数の減少が確認できた。

2) KF 寒天培地

KF 寒天培地における平均生菌数を表-11 に示す。

トイレ改修前の早朝測定において、すべての測定で検出限界値以下であった箇所は 12 ヶ所であり、平均生菌数は、最大でも 470cfu と非常に少なかった。

トイレ改修後の早朝測定においても、すべての測定で検出限界値以下であった箇所は 13 ヶ所となり、細菌集落はほとんど認められなかった。平均生菌数は最大でも 200cfu となった。

昼間における測定でも、改修前・改修後ともほとんど細菌集落は検出されなかった。しかしながら、トイレ改修後では、ある測定において、多数の細菌集落が検出された。これは、測定の直前に使用した患者の影響を反映していると思われる。

以上のことから、今回測定範囲において、腸球菌属はトイレ利用直後には一時的に増加することがあるものの、時間の経過とともに生存が難しくなると思われる。

3) マッコンキー寒天培地

マッコンキー寒天培地における平均生菌数を表-12 に示す。

トイレ改修前では、早朝昼間の測定にかかわらず、検出限界値以下であった箇所が多く、平均生菌数は最大でも 200cfu と少なかった。

また、トイレ改修後においても、検出限界値以下であった箇所が多く、特に昼間ではすべての測定箇所において、検出限界値以下となった。

以上の結果から、今回試験を実施したトイレにおいては、大腸菌属はほとんど生存しないと思われる。

(4) ATP ふき取り検査

平均相対発光量を表-13 に示す。

改修前の早朝測定では、平均相対発光量が 1,000RLU を超える箇所は 12 ヶ所あり、比較的高い値を示した。特に⑩便器右側床では平均相対発光量が 14,545RLU と高い値を示した。⑩は便器近傍の床面のため、チューブの処理や畜尿時等に床面が汚染されやすいものと思われる、このために相対発光量が高くなったと考えられる。

一方、トイレ改修後における早朝測定時の試験においては、相対発光量が 1,000RLU を越える箇所は 5 ヶ所であり、また最大でも 2,428RLU であった。このことから、トイレを改修したことにより有機物による汚れが減少したことが確認できた。

トイレ改修前の昼間測定では、平均相対発光量は 14 ヶ所において 1,000RLU 以上が検出されたのに対し、改修後で 1,000RLU 以上の相対発光量が検出されたのは 7 ヶ所であった。特に、相対発光量の高かった⑩便

表-11 KF 寒天培地における平均生菌数
(単位：cfu / サンプルング箇所)

No.	早朝測定		昼間測定	
	改修前	改修後	改修前	改修後
①	<100	<100	<100	<100
②	100	<100	<100	<100
③	<100	<100	<100	<100
④	470	200	100	900
⑤	<100	<100	<100	<100
⑥	<100	<100	100	<100
⑦	<100	<100	<100	<100
⑧	<100	<100	<100	<100
⑨	<100	<100	<100	<100
⑩	100	<100	<100	<100
⑪	<100	100	<100	450
⑫	<100	<100	<100	1,900
⑬	<100	<100	<100	<100
⑭	<100	<100	<100	<100
⑮	<100	<100	<100	<100

※<100：すべての測定で検出限界値以下であった箇所

表-12 マッコンキー寒天培地における平均生菌数
(単位：cfu / サンプルング箇所)

No.	早朝測定		昼間測定	
	改修前	改修後	改修前	改修後
①	<100	<100	<100	<100
②	<100	<100	<100	<100
③	<100	<100	<100	<100
④	100	<100	<100	<100
⑤	<100	<100	<100	<100
⑥	<100	100	<100	<100
⑦	<100	<100	<100	<100
⑧	<100	<100	<100	<100
⑨	<100	<100	<100	<100
⑩	<100	<100	<100	<100
⑪	<100	150	<100	<100
⑫	170	<100	<100	<100
⑬	<100	<100	<100	<100
⑭	<100	<100	200	<100
⑮	<100	<100	<100	<100

※<100：すべての測定で検出限界値以下であった箇所

表-13 平均相対発光量 (RLU)

No.	早朝測定		昼間測定	
	改修前	改修後	改修前	改修後
①	1,033	704	2,699	658
②	1,954	2,168	1,628	4,505
③	1,028	886	3,411	1,135
④	3,246	638	1,458	5,059
⑤	4,860	871	4,907	823
⑥	3,223	1,890	2,543	2,593
⑦	882	330	2,501	500
⑧	856	523	586	470
⑨	1,055	581	1,469	558
⑩	973	740	2,392	991
⑪	14,545	1,932	11,703	2,662
⑫	10,781	2,428	13,628	4,751
⑬	2,746	102	3,799	80
⑭	1,880	743	1,540	633
⑮	1,622	1,010	2,640	1,542

器右側床や⑫中央床においても、改修後においてはその数値が減少していた。

(5) 生菌数と相対発光量との関係

SCDLP 寒天培地上で観察された生菌数と相対発光量との関係を図-5に示す。相対発光量と生菌数との間に明確な相関関係は認められなかった。

(6) 臭気レベル測定

改修前後の臭気レベルの測定結果を表-14に、時間別の臭気レベルの平均値を図-6にそれぞれ示す。

改修後の臭気レベルは改修前に比べて、全体的に低くなっており、改修によりトイレ内の臭気が低減していることが確認できた。

また、改修後ではすべての時間帯において臭気レベルの平均値が改修前に比べて低くなり、改修後では一日を通して、臭気レベル平均値はほとんど変化しなかった。臭気レベルの最大値は改修前後で同程度であることから、臭いの発生直後は、一旦臭気レベルは高くなるが、その後は光触媒によって臭い物質が分解されることにより、平均的な臭いは低減すると考えられる。

(7) 粒子数測定

粒径別粒子数の平均値と範囲を図-7に示す。

粒子数は粒径が小さくなるほど多くなる傾向であった。また、測定日より粒子数のばらつきが大きくなったが、平均値におけるトイレ改修前後の差は認められなかった。これは、本トイレに供給される空気は基本的に廊下の空気であり、今回の改修では除塵フィルターを設置するなどは行っていないため、浮遊粒子に対する効果はほとんどなかったと考えられる。

5. まとめ

本報告では、院内感染対策トイレシステムを構築するための要素技術として、トイレの各部に抗菌性能を付加することで接触感染対策を図るため、光触媒コーティング剤を新たに開発し、JISによる抗菌性能を確認した。

また、実際に運用している病院の病棟トイレを改修し、改修前後で微生物検査、ATPふき取り検査、臭気レベル測定、粒径別粒子数測定などを行い、システムの効果を検証した。その結果、以下の内容を確認できた。

①開発した光触媒コーティング剤は、大腸菌、黄色ぶどう球菌だけではなく、O-157、VRE、MRSAに対しても優れた抗菌性能を有している。

②改修前後の生菌数の測定結果を比較すると、改修後の生菌数は改修前のものよりも減少している。特に早朝の測定では、改修前と比べて改修後の菌数は大

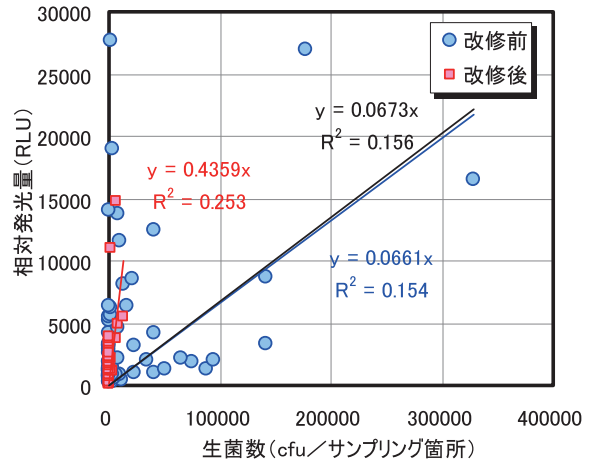


図-5 生菌数と相対発光量の関係

表-14 臭気レベルの測定結果

測定日	臭気レベル				
	平均値	標準偏差	最大値	最小値	
改修前	09/12	161	44	260	98
	09/19	288	40	440	225
	09/26	228	34	328	173
	10/03	288	67	487	166
	10/17	248	26	405	182
	11/28	150	46	546	100
改修後	12/05	161	42	393	105
	12/12	148	37	267	62
	12/20	142	29	217	87
	12/26	158	22	273	115
	01/16	183	49	542	122
	01/23	219	12	259	201
01/30	200	27	266	156	

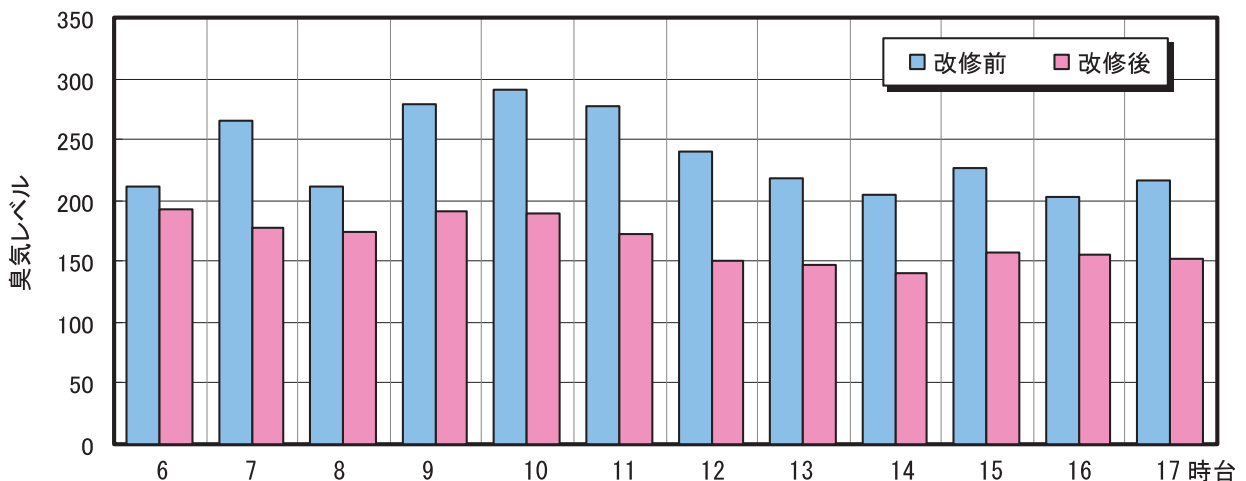


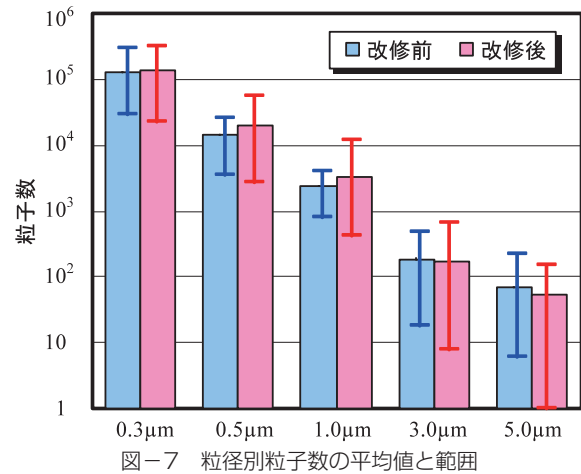
図-6 時間帯別の臭気レベルの平均値

幅に減っており、光触媒によって菌の繁殖が抑制されていると思われる。

- ③改修前後の相対発光量の測定結果を比較すると、改修後の相対発光量は改修前のものよりも減少しており、光触媒による有機物による汚れが改善されている。
- ④改修前後の臭気レベルの測定結果を比較すると、改修後の臭気レベルは改修前のものよりも全体的に減少しており、各測定時間における臭気レベルの平均値もすべての時間帯において、改修後の臭気レベルの方が低い値を示した。このことから、光触媒によるトイレ内の臭気環境が改善されている。
- ⑤改修前後の粒径別粒子数は大きな変化は認められず、今回の試験では、浮遊している粒子数には影響を及ぼさない。

ここまでは、主に抗菌性能向上による接触感染対策のための基礎データを蓄積してきた。

今後の予定としては、技術研究所内のあるトイレを多目的トイレに改修したため、このトイレを活用して、適切な換気方法による空気感染対策や清掃方法や清掃道具の管理方法など検証を行う予定である。



注

- 注1 易感染患者：健常者よりも感染に対する抵抗力が低下し、弱毒性の菌によっても感染症を発症する可能性が高い患者。
- 注2 多剤耐性菌：作用の異なる2種類以上の薬剤に対する耐性を示す菌類。
- 注3 相対発光量 (RLU = Relative Light Unit)：ATP と試薬酵素が反応して生じた光の量。
- 注4 cfu = Colony Forming Unit：細菌集落数