
技 術 論 文

介護施設における汚染度の実態把握と光触媒建材による除菌効果の実証 Understanding of Actual Condition of Bacterial Contamination in Nursing Home for Elderly and Demonstration of Bacteria Elimination by Photocatalyst Product



技術開発センター
事業化開発室
焼山 なつみ
Natsumi Yakiyama

技術開発センター
事業化開発室
係長 山本 清司
Kiyoshi Yamamoto

技術開発センター
事業化開発室
係長 博士(工学) 裴 銀榮
Eunyoung Bae

技術開発センター
事業化開発室
高島 伽央里
Kaori Takabatake

技術開発センター
事業化開発室
室長 樋口 友彦
Tomohiko Higuchi

要 旨

当社は、高速フレイム溶射法によって光触媒(TiO₂)の成膜技術を確立して以来、光触媒抗菌タイルや空気浄化装置など様々な光触媒機能を付与した製品を開発してきた。壁材や床材に溶射された光触媒コーティングは殺菌効果を示すことが知られており、免疫力の低下した患者や利用者が多い医療介護関連施設等での光触媒製品の活用が期待されている。そこで本報では、介護施設における細菌類による汚染度の実態把握と、実環境における光触媒抗菌タイルによる除菌効果の検証を目的に、種々の環境表面における付着菌数の測定を行った。結果、介護施設トイレ床面の汚染度が、対象群の中で最も高いことが確認できた。さらに、介護施設のトイレ床面および学校の保健室床面においても、光触媒抗菌タイルの施工前後の付着菌数変化に基づく環境評価を行うことで光触媒抗菌タイルによる除菌効果を確認できた。

Synopsis:

FUJICO has developed various photocatalytic(TiO₂) products since we had established the deposition technology of photocatalyst by a high-speed flame spraying method. It was well known that the photocatalytic materials sprayed on wall and floor show a sterilization effect. Therefore, the use of photocatalytic products are expected to be used in medical facilities and nursing home for the many elderly patients and users having low immunity. In this study, we measured the number of the adhesion bacteria in the environmental surface for the purposes of understanding of the actual condition of bacterial contamination in nursing home for the elderly and demonstration of bacteria elimination by the photocatalytic products. As a result, we have confirmed that the pollution degree of toilet floor was identified as the largest. We have also confirmed the sanitization effect with the photocatalytic antibacterial tile in the toilet floor for nursing home and in the floor for school infirmary.

1. 緒言

現在、医療介護関連施設では、病原体の水平伝搬を抑制するために様々な感染対策が実践されている。特に超高齢化社会を迎え、医療が高度化している今日、入院患者や介護施設利用者の免疫低下が顕著であり、感染症発症抑制は非常に重要である。また、世界規模での薬剤耐性菌の蔓延など、感染対策の徹底が急務である。しかしながら、これまでの標準予防策、目的別感染対策、環境清掃には限界がある。

当社は、高速フレイム溶射法によって光触媒(TiO₂)被膜を成膜する溶射技術を確立して以来、空気清浄機(商品名: MaSSC クリーン)や抗菌タイル(商品名: MaSSC シールドタイル)など、様々な光触媒製品を商品化してきた。特に、壁材や床材に溶射された光触媒は除菌効果を示すことが知られている。

本報を含む一連の実証試験では、各施設における室内環境の汚染度の現状把握と評価方法の確立(実証評価に最適な手法の選定)を行ってきた。その結果、付着菌は高頻度接触部位で安定数検出されたため、施設内の汚染度の評価指標として有効であることが明らかになっている。

本報では第一段階として、消毒薬と清掃による従来の感染対策を実施している介護施設の汚染度の実態を調査した。具体的には、介護施設内において高汚染が想定される高頻度接触部位を中心とした箇所一般細菌、黄色ブドウ球菌、大腸菌の付着菌分布状況の調査を行ない、療養環境下において抗菌建材を使用した際に有効に機能する可能性のある箇所を特定した。

第二段階として介護施設と特別養護学校内に光触媒抗菌タイルを施工し、各施設の施工前後の汚染度を比較することにより、実環境における光触媒抗菌タイルの除菌効果を検証したので、その結果について報告する。

2. 介護施設の汚染度の実態把握

2.1 目的

従来の消毒薬と清掃による感染対策を実施している介護施設の汚染度の実態を調査して、療養環境下において、抗菌建材を使用した際に有効に機能する可能性のある箇所の特定を行う。

2.2 方法

介護施設における高頻度接触部位を含む4箇所の付着菌数を2時間おきに11回22時間測定し、経時変化における汚染度の調査を行った。併せて、施設利用者および介護従事者の行動分析も実施した。

2.2.1 測定日時

平成26年5月20日10:00 ~ 5月21日8:00

2時間毎に付着菌のサンプリングを実施。

2.2.2 測定場所および測定箇所

介護施設 2F グループホームフロア

1) 便器前方のトイレ床面、2) トイレ内便器横手すり、3) トイレ入口ドア取手、4) 洗面台の各部位の計4箇所の測定を行った。各測定部位において①、④で一般細菌②、⑤で大腸菌、③、⑥で黄色ブドウ球菌の採取を行った。(Fig.1)

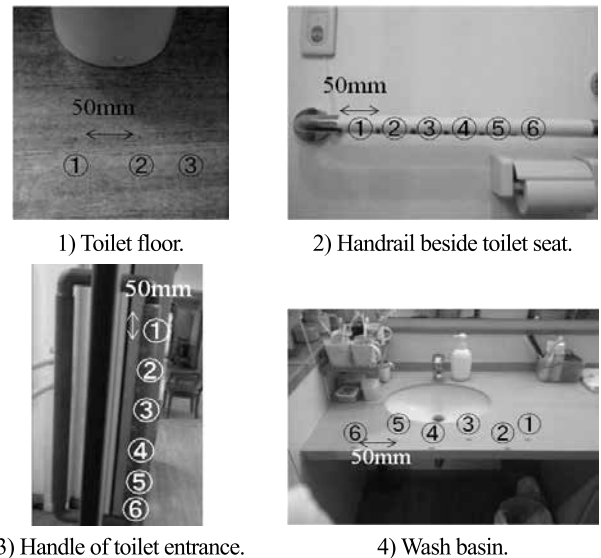


Fig.1 Photos showing measurement points.

2.2.3 測定方法

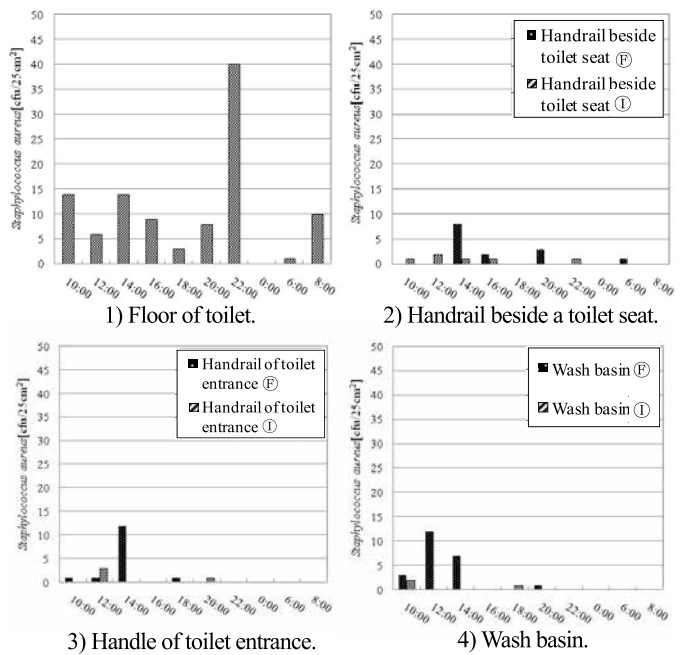
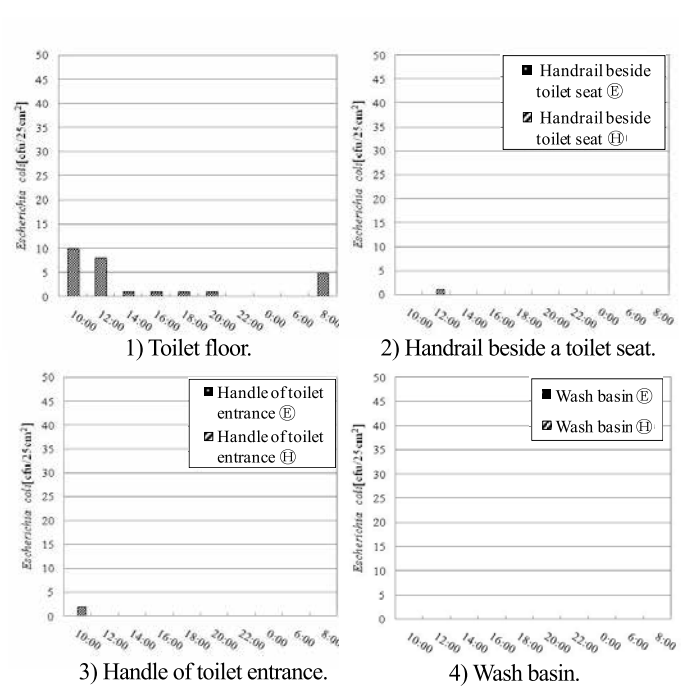
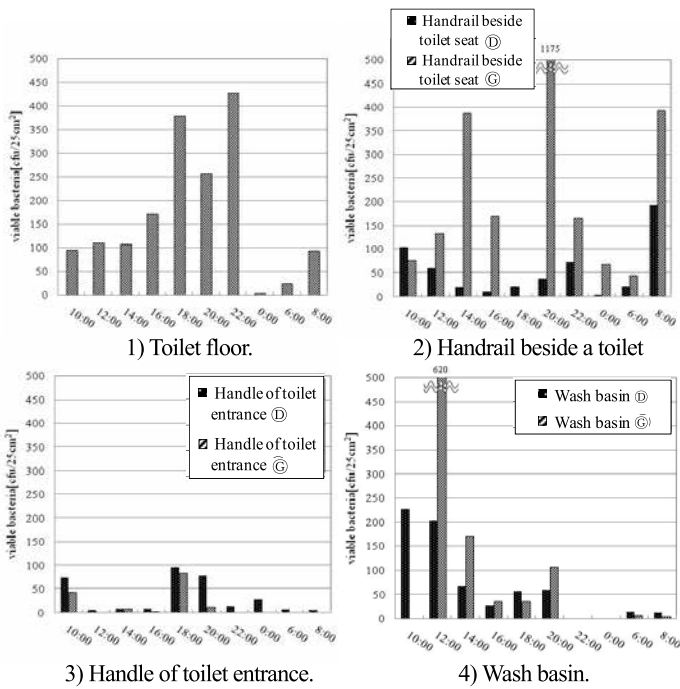
栄研化学製ぺたんチェック25を用い、培地表面を測定対象物に押し付けることで付着菌を採取し、恒温室内で所要時間培養し、培地表面に生育した菌数(コロニー数)をカウントした。分析対象は一般細菌、黄色ブドウ球菌、大腸菌とした。各菌に対する選択培地は、CASO培地(一般細菌)、卵黄加マンニット培地(黄色ブドウ球菌)、ESコリマーク(大腸菌)を使用した。

2.3 結果と考察

各箇所での一般細菌の結果をFig.2に、黄色ブドウ球菌の結果をFig.3に、大腸菌の結果をFig.4に示す。

一般細菌は、菌数の経時変化から測定箇所により、その増減に違いがある結果が示された。高頻度接触部位であるトイレ内便器横手すりの一般細菌数は、行動分析の結果から、利用者が触れることで一時的に増加する結果を示した。一方、トイレ床面の一般細菌数は消毒及び清掃によって一旦大幅に減少し、23:30の消毒及び清掃まで経時的に増加する結果であった。また、手すりや洗面台の①と④の菌数に違いが表れている点から、同一部位でも接触頻度や手洗い等の汚染水の飛沫の影響で汚染箇所の菌数にばらつきがあることが示唆された。

黄色ブドウ球菌は、一般細菌同様に利用者との接触で一時的に増加する傾向が示された。大腸菌は床面以



れ、汚染度の評価を行う箇所として適切であることが示唆された。

3. 介護施設(トイレ床面)における光触媒建材の除菌効果の検証

3.1 方法

光触媒建材として Fig.5 に示す当社 MaSSC シールドタイル(MTS)を前項の汚染度の実態把握において、汚染度が最も高かったトイレ床面に施工し、施工前後各

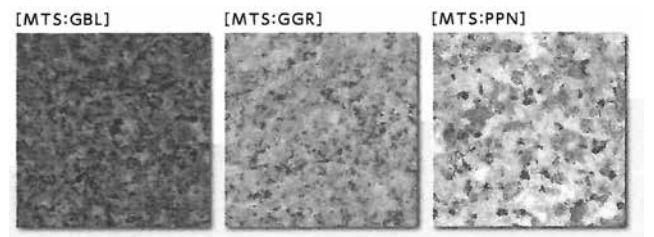


Fig.5 FUJICO MaSSC Shield Tile (MTS).

10 日間で菌数を測定することで除菌効果の検証を行った。

3.1.1 測定日時

光触媒建材施工前(計 10 日間)
平成 26 年 7 月 29 日～8 月 1 日、5 日～8 日、11 日、12 日

光触媒建材施工後(計 10 日間)
平成 26 年 12 月 1 日～5 日、15 日～19 日
11:00 に次亜塩素酸でトイレ床全体の消毒を行い、およそ 5 時間後の 16:00 に測定を行った。

3.1.2 測定場所

介護施設 3F グループホーム
トイレ床(便器前方)の計 1 箇所の測定を行った。(Fig.6)

外ではほとんど検出されず、床面においても他の菌に比べて、検出された菌数は少なかった。測定を行った各部位において大腸菌に比べて黄色ブドウ球菌の菌数が多く、特にトイレ床面の汚染が進んでいることが確認された。

2.4 結論

介護施設における各部位測定箇所の付着菌数を 2 時間おきに 22 時間測定し、経時変化における汚染度の調査を行ったところ、トイレ床面の汚染度が最も高かった。加えて、床面の菌数は人の出入りによる変動が小さく、清掃後から次の清掃時まで増加する傾向が示さ



1) Before construction 2) After construction
 Fig.6 Photos showing measurement point in toilet floor.

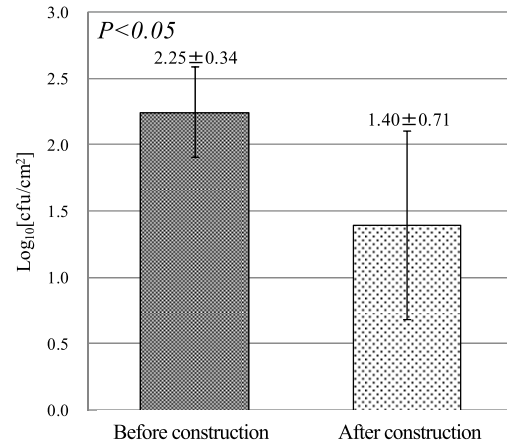


Fig.8 Average value of viable bacteria.

3.1.3 測定方法

栄研化学製ふき取りキットを用い、トイレ床面(10cm×10cm)をスワブで拭き取り付着菌を採取後、培養し菌数をカウントした。分析対象は一般細菌、大腸菌、黄色ブドウ球菌とした。各菌数を測定する選択培地として、一般細菌はCASO寒天培地(メルク製)、大腸菌はXM-G寒天培地(日水製)、黄色ブドウ球菌は卵黄加マンニット培地(メルク製)を使用した。前項の調査より、同一部位においても測定箇所によって汚染度の違いが示唆されたため、本項ではこのバイアスを抑えるために同一箇所から分離培養可能なスワブ法に切り替えて測定を行った。

3.1.4 統計学的評価

光触媒抗菌タイルの除菌効果の有効性については、施工前後の菌数をt検定にて比較することにより評価を行った。

3.2 結果と考察

Fig.7に光触媒建材施工前後における一般細菌数の結果を示す。Fig.8に光触媒建材施工前後における一般細菌数の平均値およびt検定の結果を示す。

Fig.8より、光触媒建材施工後の一般細菌数(10日間の平均値)は施工前と比較し、有意に減少していること

が示された($p < 0.05$)。光触媒建材施工前の測定時期が夏期、施工後の測定時期が冬期であることから菌の繁殖に影響していることが懸念されるものの、冬期におけるトイレ室内は空調が効いていたため、平均室温が22℃であった。このことから菌の繁殖には影響がなかったものと考えられる。

以上のことから、光触媒建材は環境菌に対して総菌数を低減する効果があることが示された。

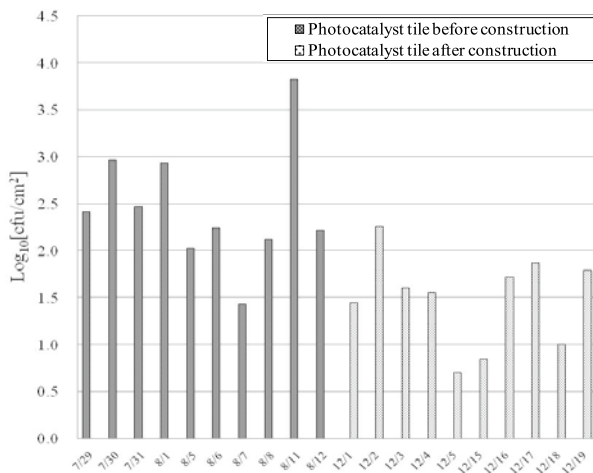


Fig.7 Colonies number of viable bacteria.

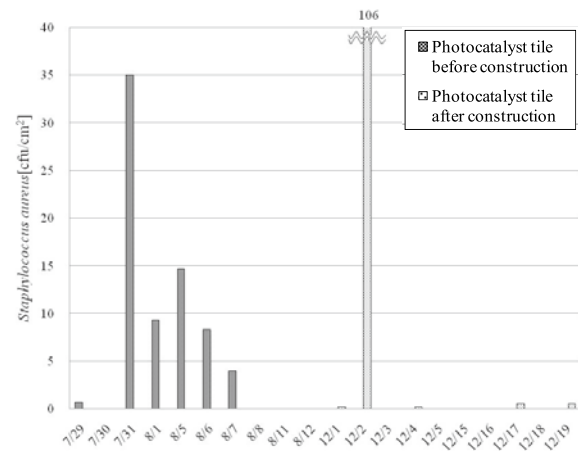


Fig.9 Colonies number of *Staphylococcus aureus*.

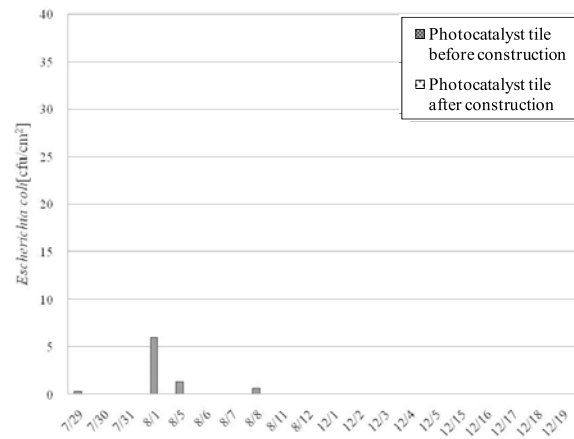


Fig.10 Colonies number of *Escherichia coli*.

Fig.9、Fig.10 に光触媒建材施工前後における黄色ブドウ球菌数、大腸菌数の結果を示す。

Fig.9 より、光触媒建材施工後に黄色ブドウ球菌の汚染が著しい日が1日(12月2日)現れた。当社の抗菌タイルは光触媒に抗菌金属を合わせたハイブリッド光触媒であるため、溶出した金属イオンが黄色ブドウ球菌に対して殺菌力が低く、そのため即時応答性が低いことが示唆され、黄色ブドウ球菌は保菌者が測定対象に触れたことで一時的に増加したと想定される。今回もこのケースが考えられるため、今後も検討が必要である。Fig.10 より、大腸菌は光触媒建材施工前で4日間分離されたのに対し、施工後は分離されず、大腸菌に対して優れた除菌効果を示した。黄色ブドウ球菌および大腸菌におけるt検定も行ったが、建材施工前後において共に有意差は得られなかった。(黄色ブドウ球菌： $p=0.756$ 、大腸菌： $p=0.175$)その理由として、黄色ブドウ球菌については12月2日に外れ値が検出させたためと考えられる。また大腸菌については施工前に検出された菌数が少なかったことが要因として考えられる。

3.3 結論

前項の調査において介護施設で最も汚染度が高かったトイレ床面に光触媒建材(MTS)を施工したところ、光触媒建材施工後の一般細菌数(10日間の平均値)は施工前と比較し、有意に減少していることが示された($p<0.05$)。光触媒建材は、環境菌に対して除菌効果があることが示された。

4. 特別支援学校保健室における光触媒建材の除菌効果の検証

4.1 方法

当社 MaSSC シールドタイル(MTS)を特別支援学校の保健室床面に施工し、施工前後各3日間で菌数を測定し、除菌効果の実証を行った。

4.1.1 測定日時

光触媒建材施工前(計3日間)
平成27年3月20日、22日、23日

光触媒建材施工後(計3日間)
平成27年4月13日～15日

4.1.2 測定場所

北九州市立八幡西特別支援学校
(A)廊下入口奥、(B)廊下入口手前、(1)保健室内入口奥、(2)保健室内入口手前、(3)中央、(4)洗面台下における床面の計6箇所の測定を行った。(A)および(B)は各試験期間における汚染状況把握のコントロールとして測定した。(Fig.11)

4.1.3 測定方法

栄研化学製ふき取りキットを用い、保健室床面(10cm×10cm)をスワブで拭き取り付着菌を採取した

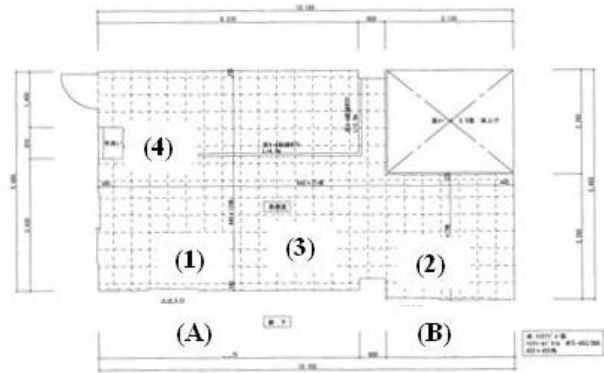


Fig.11 Ground plan showing measurement points.

後、培養し菌数をカウントした。分析対象は一般細菌とし、培養にはCASO寒天培地を使用した。

4.1.4 統計学的評価

光触媒抗菌タイルの除菌効果の有効性については、施工前後の菌数をt検定にて比較することにより評価を行った。

4.2 結果と考察

Fig.12 に光触媒建材施工前後における一般細菌数の結果を示す。Fig.13 に(A)および(B)の光触媒建材施工前後における一般細菌数の平均値およびt検定の結果を示す。Fig.14 に(1)～(4)の光触媒建材施工前後における一般細菌数の平均値を示す。

Fig.12 より、全期間において一般細菌数はほぼ30 cfu/10cm²であり、保健室の床面の汚染度は全体的に軽度な汚染であった。Fig.13 よりコントロールにおける光触媒建材施工前後の一般細菌数に有意差がないことが示された($p=0.597$)。一方、Fig.14 より光触媒建材施工を行った箇所での一般細菌数の平均値は、有意に減少しており($p<0.05$)、光触媒タイルによる除菌効果が確認できた。

Fig.15 に菌の繁殖しやすい水周り部分の施工前後の平均値を示す。特に水周りの菌が繁殖しやすくなる場所においては、サンプル数を少なくした条件でも、一般細菌数は施工後に有意に減少しており、光触媒タイルによる除菌効果を確認できた。

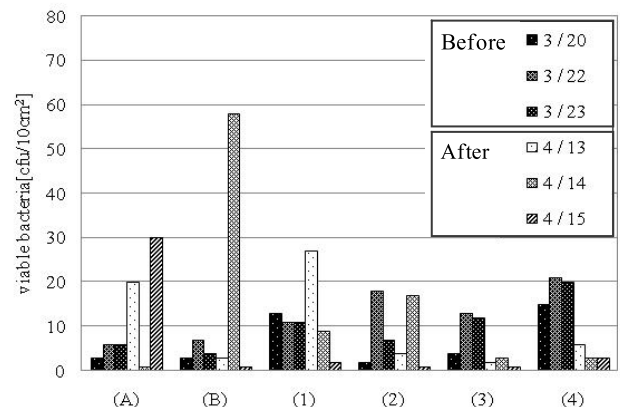


Fig.12 Colonies number of viable bacteria.

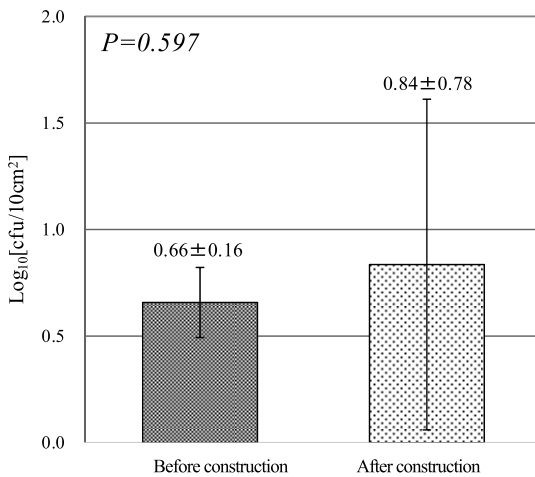


Fig.13 Average value of viable bacteria in school infirmary (A),(B).(n=6)

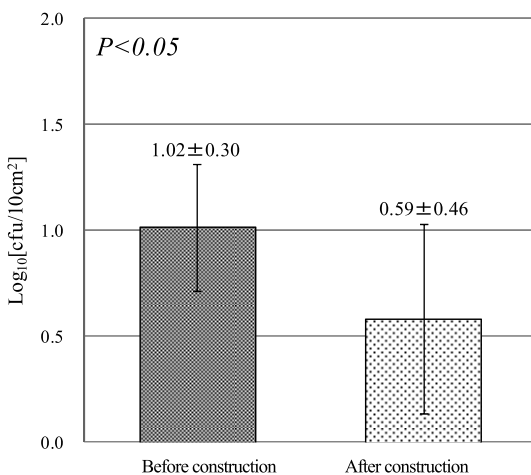


Fig.14 Average value of viable bacteria in school infirmary (1)~(4).(n=12)

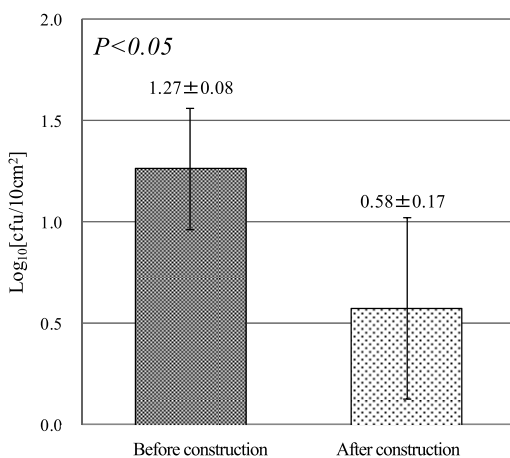


Fig.15 Average value of viable bacteria in school infirmary (4).(n=3)

4.3 結論

特別支援学校保健室床面に光触媒建材(MTS)を施工し、建材施工前後における付着菌数を各3日間測定した。コントロールにおける光触媒建材施工前後の一般細菌数に有意な変動はなかったが、光触媒建材施工を行った箇所での一般細菌数の平均値は、施工後に有意に減少しており、光触媒タイルによる除菌効果を確認することができた。

5. 結語

本報では介護施設の汚染度の実態把握を目的として、経時的に付着菌数の測定を行った。介護施設の調査から、トイレ床面の汚染度が最も高い傾向を示すことを確認した。加えて、菌数の挙動から汚染度の評価箇所として、今回の一連の試験においては最適であることが示唆された。さらに、その介護施設トイレおよび特別支援学校保健室の床面に光触媒タイル(MTS)を施工し、付着菌数を測定した。光触媒タイルを施工することで有意に菌数が減少しており、実空間における光触媒抗菌建材の除菌効果が確認できた。

謝辞

本研究は北九州市内の病院関係者と共同で進めており、産業医科大学病院 鈴木 克典助教、市立八幡病院 伊藤 重彦副院長、中川 祐子看護部感染管理担当係長のご助言及びご協力に感謝いたします。また、調査にご協力いただいた各施設および北九州市立八幡西特別支援学校関係者の方々に感謝いたします。

参考文献

- 樋口友彦, 原賀久人, 吉永宏, 梅田陽平, 山崎健之: フジコー技報 17 (2009) 49
- 樋口友彦, 原賀久人, 吉永宏, 梅田陽平: フジコー技報 16 (2008) 54
- 樋口友彦, 原賀久人: フジコー技報 15 (2007) 68
- 樋口友彦, 古田博昭, 野村大志朗: フジコー技法 14 (2006) 37
- 樋口友彦, 尾崎龍宏: フジコー技報 13 (2005) 43
- 尾崎龍宏: フジコー技報 12 (2004) 48
- 菊池靖志. 抗菌性金属の現状と課題: まてりあ 第39巻 第2号(2000),p148
- L.T.CATE:J.Appl.Bact., 28, p221-223(1965)