

# 技 術 論 文

## 医療現場における環境実態調査及び光触媒タイルの抗菌性能評価 Actual Environmental Survey on Medical Field and Evaluation of Antibacterial Performance for Photocatalyst (TiO<sub>2</sub>) Tile



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

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

技術開発センター  
事業化開発室 主任  
藤井 恵理子  
Eriko Fujii

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、高速フレーム溶射法によって光触媒(TiO<sub>2</sub>)の成膜技術を確立して以来、抗菌建材及び空気浄化装置等、光触媒機能を付与した様々な製品を開発してきた。光触媒は殺菌効果を示すことが知られており、免疫力が低下した患者が多い医療介護関連施設においては光触媒製品の活用が期待されている。そこで本研究では、医療現場における光触媒タイルの性能評価を目的とし、慢性期病院内の床面における付着菌数の測定を実施した。その結果、病院内の光触媒タイル非施工場所に比べて、施工場所における床面の付着菌数が有意に少ない結果が得られ、実環境における光触媒タイルの抗菌効果を確認できた。また、同病院内における空気中の浮遊菌数及び床面の汚染度(ATP)を測定し、環境調査を実施した。その結果、病院内における浮遊菌数は基準値以下であり、空気中の清浄度が保たれていることが確認できた。

### Synopsis:

FUJICO has developed various photocatalyst (TiO<sub>2</sub>) products such as antibacterial building materials and air purifiers, since we had established the deposition technology of photocatalyst by using the high velocity oxygen fuel thermal spraying method. Photocatalyst are known to have bactericidal effects, and photocatalyst products are expected to be utilized by hospitals and nursing care facilities where many patients have decreased immunity. In this study, we measured the number of bacteria on the surface of the floor in the chronic care hospital for the purpose of evaluation the performance of photocatalyst tiles in the medical field. As a result, we found that the number of bacteria on the surface of the floor in the place with photocatalyst tiles was less than that in the place without photocatalyst tiles. The antibacterial effect of the photocatalyst tile in the real environment was confirmed. In addition, the number of airborne bacteria in the air at the hospital and the pollution degree (ATP) of the floor surface were measured, and the environmental situation in the hospital was evaluated. As a result, it was confirmed that the number of airborne bacteria in the hospital is less than the reference value, and the cleanliness in the air is kept.

## 1. 緒言

当社は、高速フレイム溶射法によって光触媒(TiO<sub>2</sub>)を成膜する溶射技術を確立して以来、抗菌建材(商品名: MaSSC シールドタイル)、空気浄化装置(商品名: MaSSC クリーン)等、様々な光触媒製品を開発してきた<sup>1)</sup>。光触媒は紫外光及び可視光等の光が当たることにより、高い酸化力を持つ活性酸素が生じ、接触する有害物質を分解する性能を持つ。そのため、光触媒は様々な場所において、抗菌、脱臭、水処理等への応用が展開されており、その中でも医療介護関連施設においては、感染抑制の対策としての利用が期待されている。現在、医療介護関連施設では、病原体の伝搬を抑制するために、様々な対策が必要とされている。特に、免疫力が低い入院患者及び介護施設利用者が多い施設では、日和見感染の発症リスクが高いため、環境整備による感染抑制の対策が非常に重要とされている<sup>2)</sup>。

本研究では、免疫力が低い高齢入院患者の多い慢性期病院に光触媒タイルを施工し、施工場所及び非施工場所における床面の付着菌数を比較することにより、光触媒タイルの抗菌性能の実証評価を実施した。また、同病院内における環境調査のため、空気中の浮遊菌数及び床面の汚染度(ATP)の評価を実施した。

## 2. 病院における光触媒タイルの性能評価

### 2.1 目的

病院内に光触媒タイルを施工し実環境における抗菌性能を評価する。また、年間3回の調査を実施し光触媒タイル抗菌性能の季節変動による影響を明確にする。

### 2.2 概要

#### 2.2.1 調査日時

調査の実施は春、夏、冬の年間3回とした。第1回調査は平成28年4月11、12、13日、第2回調査は平成28年7月19、20、21日、第3回調査は平成29年2月7、8、9日の連続した3日間で実施した。また、外的影響を除くために、朝の定期清掃前である午前8時30分から10時の間に全てのサンプリングを完了した。

#### 2.2.2 調査場所

対象病院の3~6階における病室、ナースセンター、廊下、トイレにて実施した。病室は入口付近、廊下及びトイレは中央付近における床面をサンプリング箇所とした。また、第2回調査以降からはナースセンター及び廊下におけるシンク下の測定も実施した。各測定検体数に関して、第1回調査では光触媒タイル施工場所は11検体、非施工場所は10検体とし、第2、3回調査では光触媒タイル施工場所及び非施工場所は各15検体とした。また、対象病院の3~6階の内、光触媒タイルが部分的に施工されているフロアは3、5、6階であり、4階の施工はされていない。例として、光触媒タイルが部分的に施工されている5階の見取り図及び光触媒タイル施工場所及び非施工場所を Fig.1 に示す。

### 2.2.3 調査方法

分析対象とする菌種は、一般細菌、大腸菌、黄色ブドウ球菌とした。測定方法を下記に示す。初めに、測定対象である各床面から検体をサンプリングした。サンプリング方法は、スワブ(ふきふきチェックII、栄研化学)拭き取り法を適用し、サンプリング範囲は100cm<sup>2</sup>(10cm×10cm)とし、専用の滅菌済検査枠(ふきとり検査枠、アズワン)を使用した。廊下におけるサンプリング時の写真を Fig.2 に示す。次に、サンプリング完了後の菌液を社内にて培養した。各菌種に対して培養時に使用した選択培地を Table 1 に示す。培養は35℃設定のインキュベーター内において、大腸菌は24時間、一般細菌及び黄色ブドウ球菌は48時間実施した。培養後は、培地表面に生育した菌数(コロニー数)を計測し、光触媒タイル施工場所及び非施工場所における検出菌数を比較した。また、統計学的評価として、対応のないt検定により有意水準5%未満を有意差ありとした。

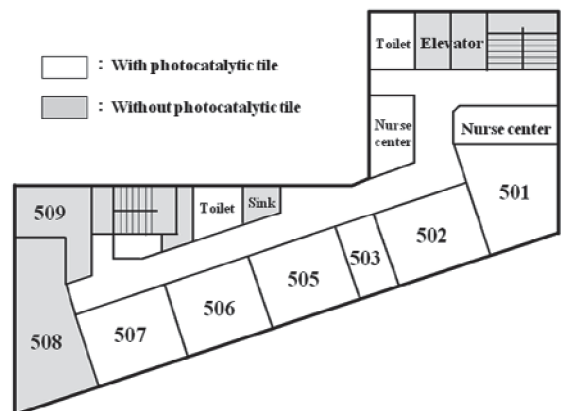


Fig.1 5th floor map showing photocatalyst tile area

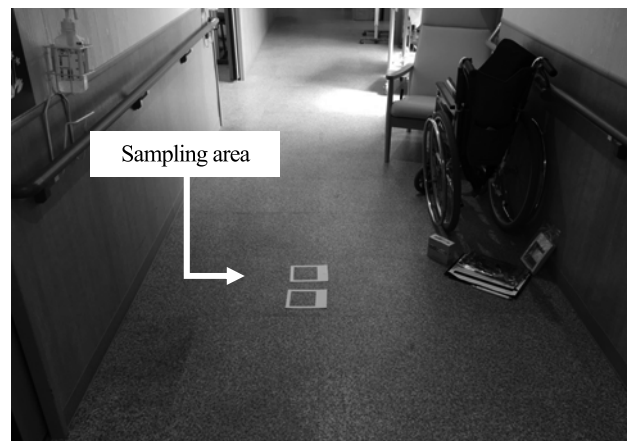


Fig.2 Picture showing sampling area in the corridor

Table 1 Types of agar medium for each kind of bacteria

Analysis object	Types of agar medium
General bacteria	Tryptic Soy Agar
<i>E. coli</i>	XM-G Agar
<i>S. aureus</i>	Mannitol salt Agar with Egg Yolk

## 2.3 結果及び考察

### 2.3.1 一般細菌

第1～3回調査における光触媒タイル施工場所及び非施工場所の平均一般細菌数の測定結果を Table 2 及び Fig.3 に示す。測定結果から統計学的評価を行い光触媒タイル有無における一般細菌数の差を検討した。評価には対応のない t 検定を用い、有意水準 5%未満を有意差ありとした。全調査において、光触媒タイル非施工場所より施工場所の平均一般細菌数の方が少ない結果が得られた。しかし、一般細菌数に有意な差 ( $p < 0.05$ ) が確認できたのは第2回(夏期)調査時のみであった。この原因として、季節による床面の汚染度の差が考えられる。第2回調査時は夏期であり菌が繁殖しやすい時期であったため、床面に付着菌が多く存在しており光触媒タイル施工場所における一般細菌数の減少幅が大きくなり、抗菌性能が大きく表れたと推測できる。対して、第1、3回調査時は比較的菌が繁殖しにくい時期である。特に、第3回調査時は冬期のため湿度が低く、乾燥により環境中の菌が生存しにくいと考えられる。よって、第1、3回調査では元の菌数が少なかったため、光触媒タイル施工場所及び非施工場所における一般細菌数の差が表れにくくなったと考える。

Table 2 Measurement results of general bacterial count of 3 times surveys

Survey times	Mean $\pm$ SD [ $\log_{10}(\text{cfu}/\text{cm}^2)$ ]		p
	Test	Control	
1st	0.23 $\pm$ 0.58	0.62 $\pm$ 0.69	0.185
2nd	0.73 $\pm$ 0.45	1.23 $\pm$ 0.70	0.0288
3rd	0.21 $\pm$ 0.29	0.24 $\pm$ 0.49	0.849
Avg.	0.41 $\pm$ 0.50	0.71 $\pm$ 0.75	0.0355

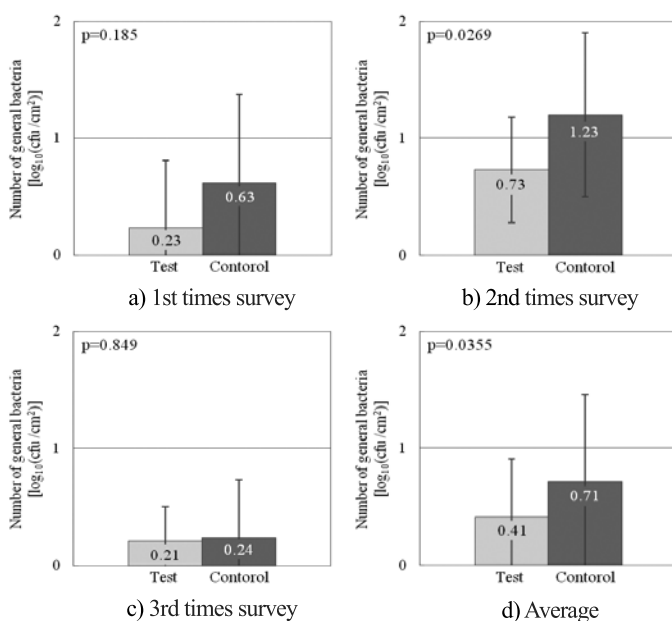


Fig.3 Measurement results of general bacterial count of 3 times surveys

### 2.3.2 大腸菌

第1～3回調査における光触媒タイル施工場所及び非施工場所の大腸菌の検出箇所数を Table 3 に、光触媒タイル施工場所及び非施工場所の平均大腸菌数の測定結果を Table 4 及び Fig.4 にそれぞれ示す。全調査における大腸菌の合計検出数は、光触媒タイル施工場所では0箇所、非施工場所では3箇所であり一般細菌、黄色ブドウ球菌と比較して少ない傾向が確認された。この原因は、大腸菌がグラム陰性菌であり、薄いペプチドグリカン層で覆われているため、温湿度因子及び物理的因子に弱く、一般環境で生存しにくいと考えられる。また、大腸菌は乾燥に弱いため、第3回調査の冬期では全ての測定箇所において検出されなかったと推測される。

Table 3 Detection results of *E. coli* of 3 times surveys

Survey times	Detectors / Samples	
	Test	Control
1st	0 / 11	1 / 10
2nd	0 / 15	2 / 15
3rd	0 / 15	0 / 15
Total	0 / 41	3 / 40

Table 4 Measurement results of *E. coli* count of 3 times surveys

Survey times	Mean $\pm$ SD [ $\log_{10}(\text{cfu}/\text{cm}^2)$ ]		p
	Test	Control	
1st	N.D.	1.51	—
2nd	N.D.	1.57 $\pm$ 0.67	—
3rd	N.D.	N.D.	—
Avg.	N.D.	1.55 $\pm$ 0.48	—

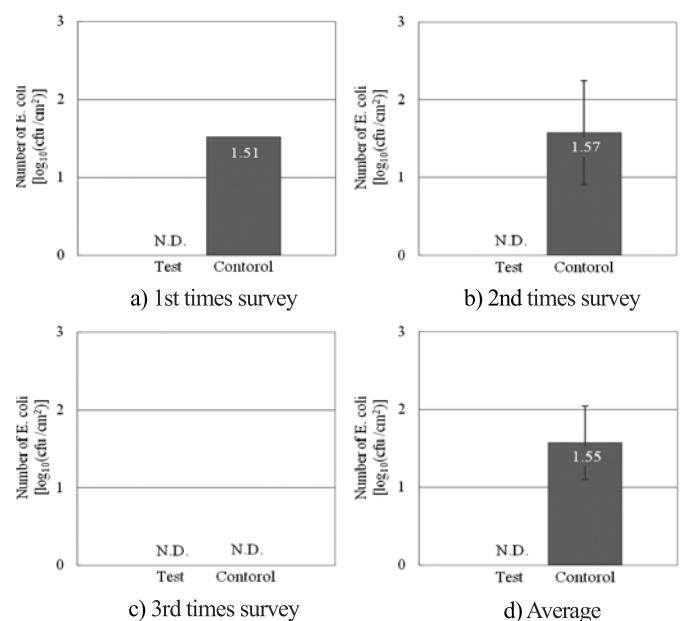


Fig.4 Measurement results of *E. coli* count of 3 times surveys

### 2.3.3 黄色ブドウ球菌

第1～3回調査における光触媒タイル施工場所及び非施工場所の黄色ブドウ球菌の検出箇所数を Table 5 に、光触媒タイル施工場所及び非施工場所の平均黄色ブドウ球菌数の測定結果を Table 6 及び Fig.5 にそれぞれ示す。全調査における黄色ブドウ球菌の合計検出数は、光触媒タイル施工場所では18箇所、非施工場所では19箇所であり、大腸菌と比較して多い傾向が確認された。この原因は、黄色ブドウ球菌がグラム陽性菌であり、一般環境で生存しやすいためと考えられる。また、調査全体の結果において、光触媒タイル非施工場所より施工場所の平均黄色ブドウ球菌数の方が少ない結果が得られた(有意差なし( $p>0.05$ ))。

Table 5 Detection results of *S.aureus* of 3 times surveys

Survey times	Detectors / Samples	
	Test	Control
1st	5 / 11	5 / 10
2nd	5 / 15	10 / 15
3rd	8 / 15	4 / 15
Total	18 / 41	19 / 40

Table 6 Measurement results of *S.aureus* count of 3 times surveys

Survey times	Mean $\pm$ SD [ $\log_{10}(\text{cfu}/\text{cm}^2)$ ]		p
	Test	Control	
1st	0.02 $\pm$ 0.30	-0.34 $\pm$ 0.32	—
2nd	-0.18 $\pm$ 0.48	0.04 $\pm$ 0.27	—
3rd	-0.36 $\pm$ 0.35	0.02 $\pm$ 0.80	—
Avg.	-0.20 $\pm$ 0.39	-0.06 $\pm$ 0.44	—

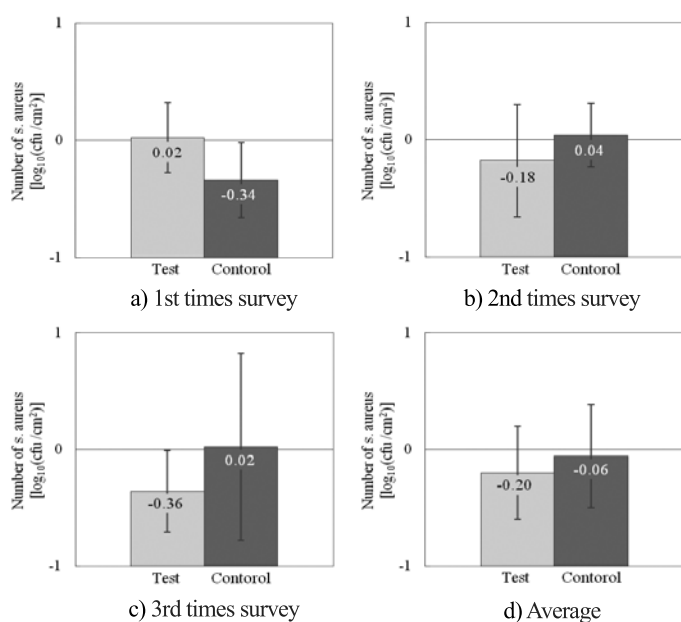


Fig.5 Measurement results of *S.aureus* count of 3 times surveys

### 2.4 結論

本研究では、第1の目的として、病院内に施工した光触媒タイルの実環境における抗菌性能を評価した。結果より、光触媒タイル施工場所では非施工場所と比較して全調査における平均一般細菌数が有意に少ない( $p<0.05$ )結果が得られ、光触媒タイルの抗菌性能が確認できた。第2の目的として、年間3回の調査を実施し光触媒タイル抗菌性能の季節変動による影響を明確にした。結果より、光触媒タイル有無における菌数の差は、床面の汚染度から影響を受けることが分かった。床面の汚染度が比較的高い夏期においては、光触媒タイル有無における性能の差が表れやすいと推測される。

### 3. 病院における環境実態調査

#### 3.1 目的

病院内における空気中の浮遊菌数、床面の汚染度(ATP)を評価し、病院内の環境状況を把握する。

#### 3.2 概要

##### 3.2.1 調査日時

調査の実施は、窓開放による換気が少ない夏期とした。換気がされている条件下では外的影響が生じるため、病院内の浮遊菌測定が困難となるためである。調査は平成28年7月19、20、21日の連続した3日間で実施した。また、浮遊菌測定は、午前10時から12時の間に、汚染度(ATP)測定は、外的影響を除くために、朝の定期清掃前である午前8時30分から10時の間に全てのサンプリングを完了した。

##### 3.2.2 調査場所

浮遊菌測定は、対象病院の3～6階における病室、廊下、トイレにて実施した。病室、廊下、トイレは中央付近をサンプリング箇所とした。汚染度(ATP)測定は、対象病院の3～6階における病室、ナースセンター、廊下、トイレにて実施した。病室は入口付近、廊下及びトイレは中央付近における床面をサンプリング箇所とした。また、ナースセンター及び廊下におけるシンク下の測定も実施した。各測定検体数に関して、浮遊菌測定は16検体、汚染度(ATP)測定は15検体とした。

##### 3.2.3 調査方法

###### 1) 浮遊菌測定

分析対象とする菌種は、一般細菌、真菌類とした。測定方法を下記に示す。初めに、エアサンプラー(MBS-1000、ミドリ安全)を使用し、培地上に室内空気を500L捕集することにより、浮遊菌をサンプリングした。次に、サンプリング完了後の培地を社内にて培養した。各菌種に対して培養時に使用した選択培地を Table 7 に示す。一般細菌の培養は35°C設定のインキュベーター内で48時間行い、真菌類の培養は25°C設定の室内で120時間行った。培養後は、培地表面に生育した菌数(コロニー数)を計測し、浮遊菌数を評価した。

Table 7 Types of agar medium for each kind of bacteria

Analysis object	Types of agar medium
General bacteria	Tryptic Soy Agar
Fungus	Chloramphenicol added
	Potato Dextrose Agar

2) 汚染度 (ATP) 測定

初めに、測定対象である各床面から検体をサンプリングした。サンプリング方法は、スワブ(ATP 測定用試薬 UXL100、スリーエムジャパン)拭き取り法を適用し、サンプリング範囲は 100 cm<sup>2</sup> (10 cm×10 cm)とし、専用の滅菌済検査枠(ふきとり検査枠、アズワン)を使用した。次に、サンプリング完了後のスワブを ATP 測定器(ATP 測定器ルミノメーターUNG3、スリーエムジャパン)を使用し、ATP 値を測定した。

3.3 結果及び考察

3.3.1 浮遊菌測定

各測定場所における一般細菌及び真菌類の平均浮遊菌数の結果を Table 8 及び Fig.6 に示す。結果より、各測定場所において同程度の浮遊菌数が得られた。日本建築学会が定めた一般病室における浮遊微生物の維持管理基準値は 500 cfu/m<sup>3</sup>(2.7 log<sub>10</sub>(cfu/m<sup>3</sup>))である<sup>3)</sup>。また、NO.2 Commission of European Communities Indoor Pollution Unit. が定めた居住空間における真菌類の評価基準値は 200 cfu/m<sup>3</sup>(2.3 log<sub>10</sub>(cfu/m<sup>3</sup>))である<sup>4)</sup>。従って、本研究において得られた病院内における一般細菌及び真菌類の浮遊菌数は基準値以下であることが分かった。これらの結果より、病院内の病室、廊下、トイレは同程度の室内清浄度の傾向があることが分かり、通常時では汚染発生源となる場所はないことが推測される。

Table 8 Measurement results of general bacterial count and fungus count

Measurement area	Mean ± SD [log <sub>10</sub> (cfu/m <sup>3</sup> )]	
	General bacteria	Fungus
Hospital room	2.17 ± 0.36	1.77 ± 0.15
Corridor	2.09 ± 0.32	1.74 ± 0.24
Toilet	2.42 ± 0.07	1.69 ± 0.10

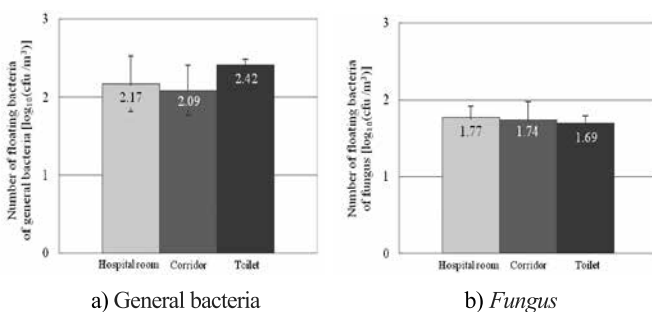


Fig.6 Measurement results of general bacterial count and fungus count

3.3.2 汚染度 (ATP) 測定

各測定場所における床面の平均 ATP 値の結果を Table 9 及び Fig.7 に、水周り箇所及びその他の箇所における床面の平均 ATP 値の結果を Table 10 及び Fig.8 にそれぞれ示す。結果より、病室の ATP 値が廊下及びトイレと比較して高い傾向を示した。この原因は、病室のサンプリング箇所が入口付近であったため、人の出入りによる汚染と推測する。また、水周り(シンク下)の ATP 値がその他の場所と比較して高い傾向が得られた。実環境において、ATP 値は細菌汚染量を必ずしも反映していないとされており、有機物汚染の指標として活用できる<sup>5)</sup>。よって、この結果からは、病院内の床面においては、水周りの有機物汚染が特に高いことが分かった。また、有機物汚染の高い水周りでは菌の増殖が多いと考えられる。前項の結果より、菌の増殖が高い条件では、光触媒タイル有無における菌数の差が大きく、抗菌性能の差が確認されやすいことが分かった。よって、水周りでは光触媒タイル有無における抗菌性能の差が表れやすいと推測される。

Table 9 Measurement results of ATP value

Measurement area	Mean ± SD [RLU/100cm <sup>2</sup> ]
Hospital room	1104 ± 1038
Corridor	461 ± 175
Toilet	416 ± 143

Table 10 Measurement results of ATP value

Measurement area	Mean ± SD [RLU/100cm <sup>2</sup> ]
Under sink	2288 ± 815
Others	819 ± 840

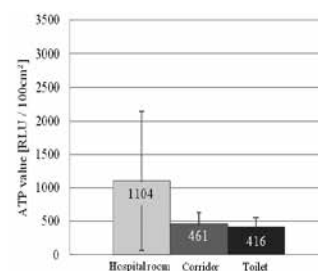


Fig.7 Measurement results of ATP value

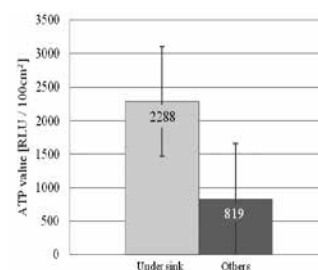


Fig.8 Measurement results of ATP value

### 3.4 結論

本研究では、病院内における環境調査を実施した。まず、病院内の清浄度を評価した結果、浮遊菌測定結果より、測定場所における一般細菌及び真菌類の浮遊菌数が基準値以下であり、高い清浄度が保持されていることが分かった。次に、病院内の床面を評価した結果、汚染度(ATP)測定結果より、通行頻度の高い病室入口及び水跳ねが多く高湿度な水周りにおいて有機物汚染が高いことが分かった。また、汚染度(ATP)測定結果より、特に菌の増殖が多い水周りでは、光触媒タイル有無における菌数の差が大きく、抗菌性能の差が表れやすいと推測される。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり、調査にご協力いただいた病院関係者の方々に感謝致します。

### 参考文献

- 1) 永吉英昭：世界トップの高殺菌、消臭機能を有した光触媒高機能浄化製品の開発，フジコー技報 No.23, 20-24, 2015
- 2) 鷺尾昌一，藤島正敏：高齢者の MRSA 感染，日本老年医学会雑誌 37(10), 759-762, 2000
- 3) 横山真太郎ら：病院の微生物，日本建築学会環境基準 AIJES-A0002-2013 微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理規準・同解説，48-52, 2013
- 4) 柏貴浩ら：H-58 空気調和環境下における病院の真菌実態調査に関する研究その 4，学術講演会論文集 平成 16 年(3), 1975-1978, 2004
- 5) 柴田洋文ら：ATP 拭き取り調査による院内環境表面のモニタリング，日本環境感染学会誌 29(6), 417-423, 2014