

院内感染対策トイレシステムの構築に向けた研究

その 2 換気方法および清掃管理の検討

STUDY ON CONSTRUCTION OF INFECTION CONTROLLED TOILET SYSTEM

Investigation of Ventilation Means and Cleaning Management

袴谷 秀幸*¹, 行武 俊行*², 手島 菜奈絵*¹, 菊野 理津子*³, 飯塚 千織 理*³
Hideyuki HAKAMAYA, Toshiyuki YUKUTAKE, Nanae TESHIMA, Ritsuko KIKUNO and Chiori IIZUKA

The authors have been studying on the construction of infection controlled toilet system as a tool of controlling infection at hospitals. In this paper, the authors examined about constraint effects of appropriate ventilation technique on diffusion of contaminated air and about cleaning management. As a result, it was clarified as follows.

- 1) Wall exhaust had less diffusion of contaminated air compared with ceiling exhaust and reduced the risk of breathing contaminated air.
- 2) Wiping floor in a single direction with microfiber mops increased efficiency of cleaning.
- 3) Washing mops with hot water restrained bacterial growth.
- 4) Washing with water set at 95 degrees Celsius and water set at 60 degrees Celsius were equivalent in disinfection effect.

Based on these results, the authors intend to create a method for construction of infection controlled toilet system.

Keywords : Hospital-Acquired Infection, Toilet System, Ventilation Means, Contaminated Air, Cleaning Management

院内感染, トイレシステム, 換気方法, 汚染空気, 清掃管理

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、健康な人には害を及ぼさないような弱毒性の菌にあっても感染したり発症したりする可能性のある患者（易感染患者）である場合が多い。また、近年では日本でも多剤耐性菌が発見され、院内感染対策は最優先課題と言える。

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、汚物や水が適度に存在し、菌の温床となりやすく、人にとっては感染しやすい環境の一つと考えられる。

したがって、感染しにくいトイレ、すなわち、「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かの項目が挙げられる。前報¹⁾では、接触感染対策を目的として、新たな光触媒コーティング剤を開発し、その効果について報告した。この中で、室内試験では、大腸菌や黄色ぶどう球菌などに優れた抗菌性能を有していることを確認し、実際に運用している病棟トイレへ適用した実験でも、菌の繁殖が抑制されていることなどを確認してきた。

ここでは、適切な換気方法による汚染された空気の拡散抑制効果および清掃用具、清掃方法、保管方法の選定などを検討し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、トイレ各部の抗菌性能を向上させ、接触感染の防止を図る。

(2) 適切な換気方法による汚染空気の拡散抑制

トイレの床近傍の空気は汚染されている可能性があるため、このような汚染された空気の拡散を適切な換気方法によって抑制を図る。

(3) 清掃方法や清掃用具の管理対策

清掃用具や清掃方法が汚れの除去に及ぼす影響の検討や清掃用具の管理方法の違いによる清掃用具に付着する菌数の影響を確認し、院内トイレにおける理想的な清掃用具の選定、保管方法を提案する。



(a) 全景 (b) 天井面 (c) 便器周り
写真-1 実験を行った多目的トイレ

*1 戸田建設株式会社 技術研究所

*2 戸田建設株式会社 本社 リニューアル工事事務部

*3 一般財団法人北里環境科学センター

Technical Research Institute, TODA CORPORATION

Renewal Construction Dept., TODA CORPORATION

Kitasato Research Center for Environmental Science

3. 適切な換気方法による汚染空気の拡散抑制

3.1 実験の背景

病院や福祉施設の床は、汚物や吐しゃ物などによって汚れることが多く、これらに含まれる菌は、汚物や吐しゃ物などが乾燥することによって、空气中に舞い上がる危険性があり、床付近では、このような汚染された空気（以下、汚染空気）が存在していると考えられる。

また、一般的なトイレの換気方法は、天井から排気し、扉などのガラリから給気する方式であることが多い。この方式では、床付近の汚染空気が、患者の顔の前を通って天井で排気される可能性があるため、感染リスクが高くなると考えられる。

本章では、写真-1に示す換気方法を変えることのできる多目的トイレを対象として実験を行い、効率的に床付近の汚染空気を換気できる方法を検討した。なお、実験では汚染空気を用いることが困難なため、エタノールを気化させ、そのにおいを汚染空気と見立てた。エタノールのにおいの動きをにおいセンサーで測定し、換気方法の違いによるにおいの拡散への影響を確認した。

3.2 既往の研究

高橋らの研究²⁾では、排気方法として、天井排気、壁排気、トイレの器具排気およびこれらの組合せのできるモデルトイレで実験を行い、それぞれの排気方法における気流測定およびトレーサガスによる拡散測定を行った。この結果、天井排気よりも壁排気の方がにおいの除去に効果的であり、器具排気を組合せることで、より効果が高くなるとしている。

また、筆者らも人工的ににおいを発生させ、においセンサーを利用し、換気方法が異なる場合の臭気の拡散状況を確認する実験³⁾を行った。この結果、便座付近で発生するにおいに関しては、換気方法による差は小さいが、床付近で発生する臭気に関しては、天井排気よりも壁排気の方が効率的に除去できる可能性があることを確認した。

しかし、これらの実験において、臭気測定はわずか数点で行っており、臭気の詳細な流れについては、把握できていない。そこで本章では、より詳細な臭気の流れの把握することで、適切な換気方法の検討を行うことを目的とした。

3.3 実験計画

(1) トイレの概要

多目的トイレの概略図を図-1に示す。

このトイレには、排気口が壁と天井の2カ所、給気口が天井2カ所、ガラリが扉に1カ所設置されている。これらの給排気口とガラリを開閉することで、換気方法を変更できるシステムとなっている。

(2) 換気方法

本実験では、表-1に示すように、壁排気、天井排気、換気なしの3種類の換気方法を用いて実験を行った。なお、換気時における換気回数 は 6.3 回/時間であった。

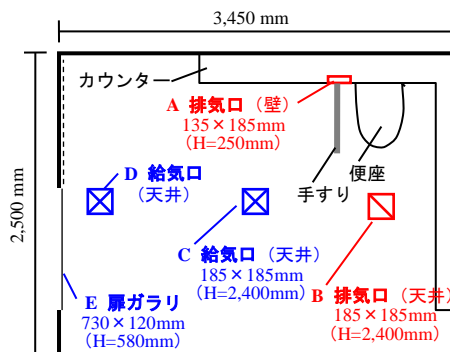


図-1 多目的トイレの概略図

表-1 換気方法の種類

換気方法	排気方法	給気方法
壁排気	A 排気口	C 給気口
天井排気	B 排気口	E 扉ガラリ
換気なし	なし	なし

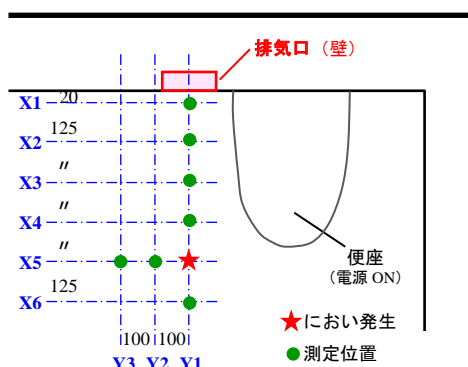


図-2 測定箇所の平面図

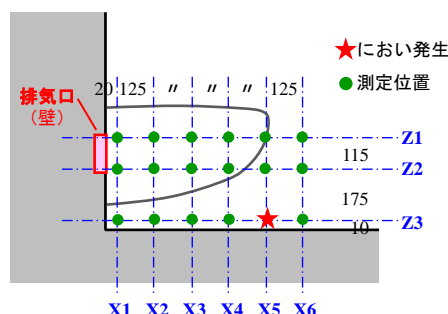


図-3 測定箇所の断面図 (Y1 通り)

(3) においの発生条件

においの選定にあたっては、硫化水素やアンモニアなどのガスを用いて予備試験を行ったが、臭気レベルに明確な差が出るほどの濃度を確保することが難しかった。このため、毒性が低く、取り扱いやすいこと、揮発性が高く拡散しやすいことを考慮し、エタノールを用いた。ガラス製のシャーレにエタノール 2g を計り取り、所定の発生位置に静置した。

(4) 測定位置

測定箇所の平面図を図-2に、断面図 (Y1 断面) を図-3にそれぞれ示す。

においの発生位置は、便座脇の床の点 (X5, Y1, Z3) とし、この点を中心に排気口に垂直方向 (Y1 通り) および水平方向 (X5 通り) について、格子状に臭気レベルの測定を行った。

(5) 実験手順

実験は暖房便座の電源を入れた状態で、以下の手順で行った。

- ① トイレ内において、送風機および扇風機を用いて 50 分以上、強制的な換気を行った。
- ② 設定した換気方法で 20 分間換気を行った。
- ③ 設定した換気方法のまま、エタノールを設置し、においを発生させた。
- ④ におい発生から 30 分間程度の臭気レベルの変化を記録した。サンプリング間隔は 1 秒とした。

(6) 測定器

においの測定には半導体式においセンサーを用いた。半導体式においセンサーは、半導体におい物質が付着すると電気伝導率が上がることを利用して、においの強度を測定するもので、結果は臭気レベルとして数値で示されるが、においの種類については考慮されない。測定に際して、十分な暖機運転を行った後、活性炭の入った専用フィルターを通した空気を 10 分間吸引した時点でベース調整を行った。

3.4 実験結果

(1) 臭気レベルの経時変化の一例

実験結果の一例として、臭気発生付近の測定点における臭気レベルの経時変化を図-4 に示す。

におい発生位置の点 (X5,Y1,Z3) では、いずれの換気方法においても、臭気の発生直後から 30 分間、高い臭気レベルで安定した値を示した。天井排気および換気なしの臭気レベルが 800 程度であったのに対し、壁排気では 900 以上の値となった。これは、壁排気では、におい発生位置が排気口から近いこと、他の換気方法と比べると強い気流が生じ、エタノールの揮発が促進されたためと推察される。

におい発生位置と同じ高さで、排気口に近づいた点 (X4,Y1,Z3) では、いずれの換気方法においても臭気レベルは 400~600 の値で推移した。一方、排気口から遠ざかった点 (X6,Y1,Z3) では、天井排気および換気なしは、点 (X4,Y1,Z3) と同様な経時変化を示したが、壁排気では、発生直後で一時的に値が上昇するが、その後は 100 未満に低下し、変動もほとんどみられなかった。この傾向は、におい発生位置よりも高い点 (X4,Y1,Z2), (X5,Y1,Z2), (X6,Y1,Z2) においても確認できた。

(2) においの流れ

臭気レベルの経時変化の結果から、今回測定した範囲における全体的なにおいの流れを確認するため、におい発生から 10~20 分間における平均値、標準偏差を算出した。

Y1 通りにおける臭気レベルの平均値を表-2 に、標準偏差を表-3 に、X5 通りにおける平均値および標準偏差を表-4 にそれぞれ示す。なお、においの粒子が拡散している点においては、臭気レベルの標準偏差が高くなると思われる。

壁排気の臭気レベルの平均値は、におい発生位置である点 (X5,Y1,Z3) では 940 と高く、排気口に向う床直上のレベル (Z3 レベル) では、350~550 程度と高い値となった。しかし、これ以外の点では、臭気レベルは 200 以下と低く、発生したにおいは、床の直上を排気口に向かって移動し、排気口の直下で立ち上がって排気されている。これは標準偏差からも確認でき、におい発生位置の上の点 (X5,Y1,Z2) においても、標準偏差は 1 となり、ほとんど臭気レベルに変動はなく、においが上部に拡散していないことが確認できた。

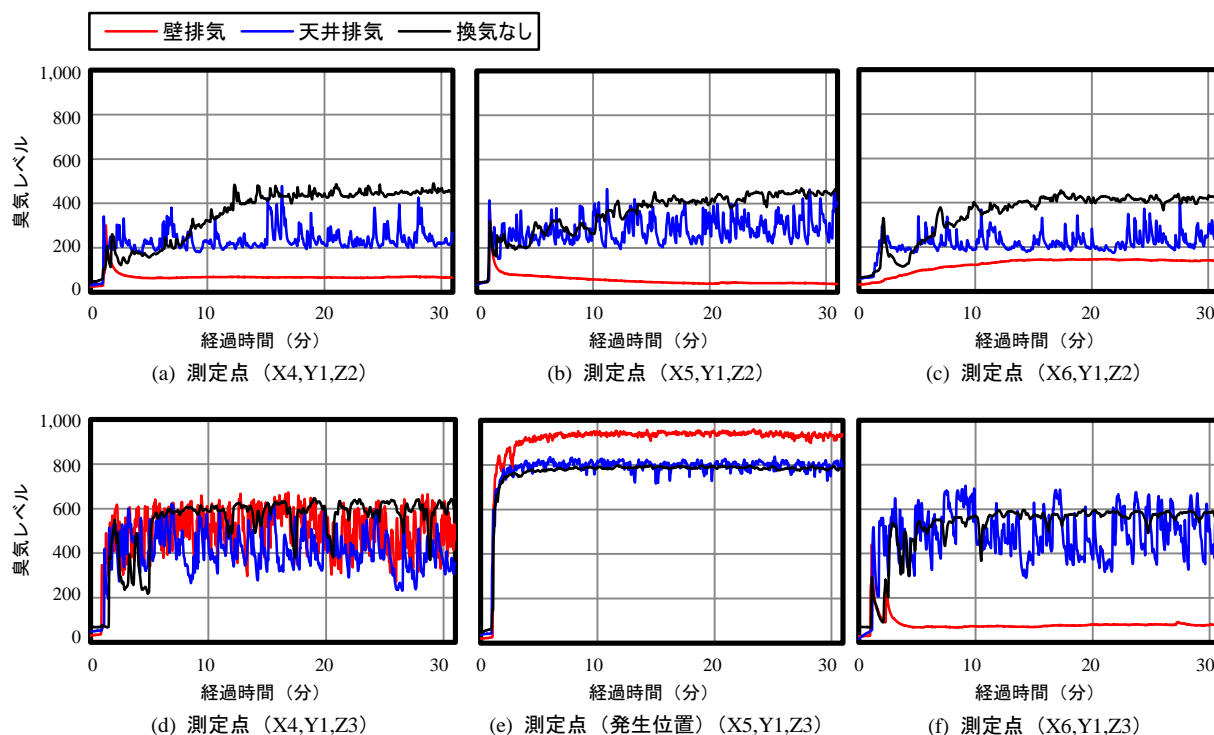


図-4 臭気レベルの経時変化

表-2 臭気レベルの平均値 (Y1 通り)

排気		X1	X2	X3	X4	X5	X6
壁	Z1	67	72	116	87	158	75
	Z2	305	73	97	67	45	140
	Z3	369	485	499	536	940	74
天井	Z1	276	308	243	229	202	302
	Z2	284	296	256	243	285	219
	Z3	342	341	424	430	796	465
なし	Z1	359	444	433	419	402	302
	Z2	195	393	397	423	396	404
	Z3	309	343	598	577	789	573

表-3 臭気レベルの標準偏差 (Y1 通り)

排気		X1	X2	X3	X4	X5	X6
壁	Z1	19	5	10	3	3	14
	Z2	51	5	3	1	5	5
	Z3	36	65	94	81	7	3
天井	Z1	38	32	33	19	26	26
	Z2	51	43	46	51	56	31
	Z3	68	55	85	75	20	90
なし	Z1	49	13	16	25	48	26
	Z2	27	24	27	30	27	24
	Z3	27	23	52	60	4	17

天井排気および換気なしでは、においの拡散に指向性がなく、全体的に拡散している状況が確認できた。臭気レベルの平均値は、壁排気で200~400、換気なしで400~600の測定点が多く、換気なしの方が大きくなる傾向であったが、標準偏差では、天井排気の方が換気なしよりも高い値を示す点が多かった。これは、換気なしでは気流が生じていないが、天井排気では気流が生じているため、臭気レベルのばらつきが大きくなっているためと考えられる。

3.5 本章のまとめ

本章では、汚染空気の拡散抑制のための最適な換気方法を検討した。その結果、以下の内容を確認した。

- ①壁排気では、床上の汚染空気は床付近を通過して排気され、上部への拡散がほとんどない。
- ②天井排気および換気なしではトイレ上部にも汚染空気が拡散するおそれがある。

3.6 今後の課題

ここではエタノールの拡散を確認したが、気化したエタノールの空気密度は1.59(対空気比重)であり、実際の菌の拡散とは異なる可能性が高い。菌は埃などに付着していること推察され、このような汚染空気の拡散には試験方法や評価方法について、さらなる検討が必要である。また、今回の実験では、人の出入りのない状態で測定を行ったが、実際には人が利用した際の空気の流れを把握することが重要であり、今後はこの点も考慮に入れた実験を検討したい。

表-4 臭気レベルの平均値と標準偏差 (X5 通り)

排気		平均値			標準偏差		
		Y1	Y2	Y3	Y1	Y2	Y3
壁	Z1	158	55	84	3	2	2
	Z2	45	136	71	5	4	4
	Z3	940	66	74	7	1	2
天井	Z1	202	223	191	26	22	12
	Z2	285	243	206	56	36	19
	Z3	796	330	280	20	92	56
なし	Z1	402	302	305	48	33	41
	Z2	396	369	333	27	14	30
	Z3	789	640	653	4	17	9

4. 清掃用具および方法の選定

4.1 実験の背景

ここまで、建材や便座などの抗菌性能の向上や汚染空気の拡散を抑制するような換気方法を提案してきた。しかし、このように建材や設備的な対策を十分に行ったとしても、清掃の方法や清掃用具の保管など、日常的な清掃管理が不適切であれば、院内感染を予防することは困難である。

本章では、清掃用具および清掃方法の違いが、床面の汚れの除去に及ぼす影響を検討した。

4.2 清掃用具および清掃方法

ここでは床面の清掃を対象とし、用いた清掃用具はモップとした。実験に用いたモップを写真-2に示す。マイクロファイバーの平モップ(以下、平モップ)と一般的なトイレ清掃に用いられる綿の房モップ(以下、房モップ)の2種類とした。

また、清掃方法としては、一般的な清掃ではモップを往復させて床面をこする方法(以下、両方向拭き)が多いが、この方法ではせっかく拭き取った汚れが再度、床面に付着することがある。このため、ここでは清掃の効率を考慮して、一方向で床面を拭く方法(一方向拭き)を推奨し、平モップを用いた一方向拭きを推奨清掃、房モップを用いた両方向拭きを一般方法として、両者の汚れの除去状態を検証した。

なお、モップによる清掃の場合、モップに水を含ませることが一般的であるが、水量によっては清掃後の床面に水分が残り、トイレ利用者が転倒するなどの事故が起こる可能性もある。このため、事前に清掃業者などへのヒアリングを行い、清掃後に床面が1分間程度で乾燥する水量(以下、1分乾燥水量)および3分間程度で乾燥する水量(以下、3分乾燥水量)の2水準とした。清掃方法を表-5に示す。



(a) 平モップ (b) 房モップ

写真-2 実験に使用したモップの種類

4.3 実験方法

(1) 実験概要

床に擬似汚れ物質を塗り付け、この擬似汚れ物質を設定した清掃方法で清掃した後に、以下に示す 2 種類の方法で汚れの除去状態を検証した。なお、汚れ物質の塗布範囲は 300×300mm とし、清掃範囲は 500×500mm とした。

(2) ブラックライト法

汚れの除去状態を目視で確認するため、清掃後にブラックライトを当てて、蛍光の状態を確認した。

擬似汚れ物質は事前に確認実験を行い、蛍光顔料が混合されている市販の液体洗濯用洗剤（花王製 アタック）を水道水で 2 倍に希釈したものを用いた。

清掃の概略図を図-5 に、実験状況を写真-3 にそれぞれ示す。実験は、以下の手順で行い、試験数は 3 回とした。

- ①擬似汚れ物質 3ml を塗布範囲に塗布する。この際ブラックライトは ON とした。
- ②塗布状況を撮影する（ブラックライト ON）。
- ③所定の方法で清掃する（ブラックライト OFF）。
- ④清掃後の状況を撮影する（ブラックライト ON）。

(3) ATP ふき取り検査

汚れの除去状態を定量的に評価するために、ATP ふき取り検査を行った。擬似汚れ物質は、事前に確認実験を行い、RLU が高い値を示した市販のみそ（ハナマルキ製 風味一番）を水道水で 1.5 倍に希釈したものを用いた。

ATP ふき取り検査は、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）を用いて行い、相対発光量（RLU）を求めた。

ATP（アデノシン三リン酸）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、食物残渣等にも存在する。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、洗浄後の物質の清浄度を判断するために使われることが多い。

清掃の概略図および測定範囲を図-6 に、実験状況を写真-4 にそれぞれ示す。実験は、以下の手順で行い、試験数は 3 回とした。なお、測定範囲は約 50×50mm とし、清掃前に初期値として X 点、清掃後に A 点（拭き始め）、B 点（拭き途中）、C 点（拭き終わり）の 4 点を測定した。

- ①クロスを用いて床面の水拭きを行う。
- ②エタノールを吹きかけて乾燥させる。なお、乾燥後の相対発光量は 100RLU であった。
- ③擬似汚れ物質 3g を塗布し、30 分間静置する。
- ④初期の相対発光量を測定する。
- ⑤所定の方法で清掃する。
- ⑥清掃後の相対発光量を測定する。

表-5 清掃方法

清掃方法	推奨清掃	一般清掃
モップ形状	平モップ (マイクロファイバー)	房モップ (綿)
サイズ	135×440mm	170×220mm
水量	1 分乾燥	70g
	3 分乾燥	140g
清掃方向	一方向	両方向

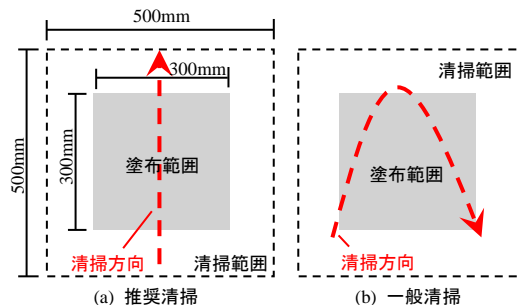


図-5 清掃の概略図（ブラックライト法）

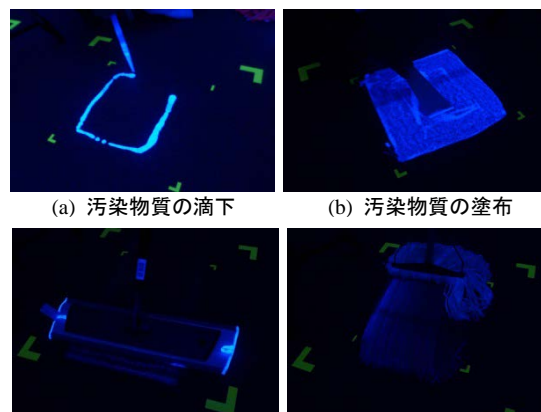


写真-3 ブラックライト法の実験状況

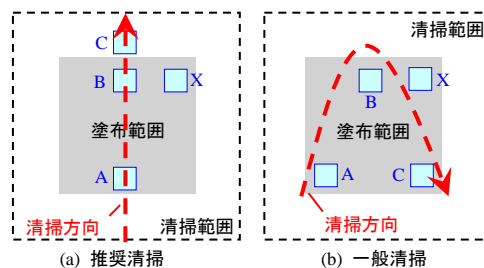
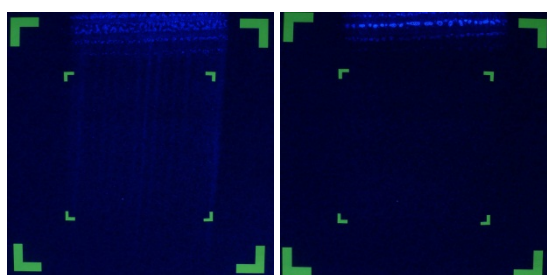


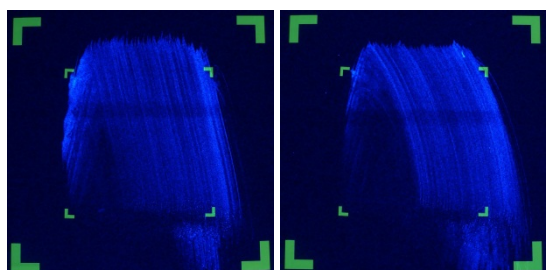
図-6 清掃の概略図およびふき取り範囲（ATP）



写真-4 ATP ふき取り検査の実験状況

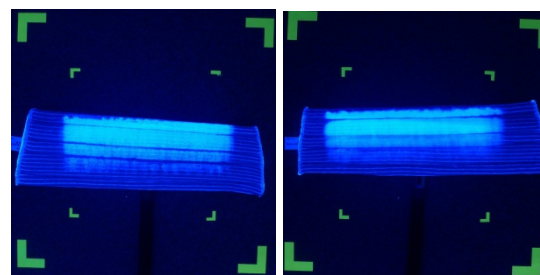


(a) 平モップ 1分乾燥水量 (b) 平モップ 3分乾燥水量

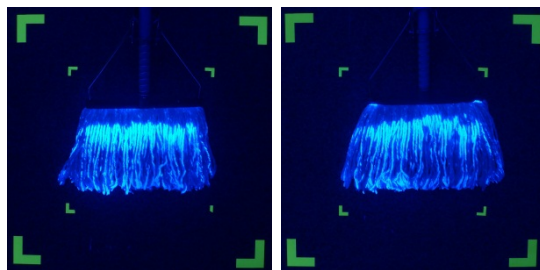


(c) 房モップ 1分乾燥水量 (d) 房モップ 3分乾燥水量

写真-5 清掃後の床面の状況の例



(a) 平モップ 1分乾燥水量 (b) 平モップ 3分乾燥水量



(c) 房モップ 1分乾燥水量 (d) 房モップ 3分乾燥水量

写真-6 清掃後のモップの状況の例

4.4 実験結果

(1) ブラックライト法

清掃後の床面の状況の例を写真-5に、モップの状況の例を写真-6にそれぞれ示す。

平モップを使用した推奨清掃では、1分乾燥水量および3分乾燥水量ともに、全体的に擬似汚れ物質を除去できているが、拭き終わりの箇所では、擬似汚れ物質の残存が確認できた。実際の清掃においても、最後にモップを持ち上げる箇所では、汚れが残ってしまう可能性があるため、注意が必要である。また、3分乾燥水量の方が1分乾燥水量よりも擬似汚れ物質の残存が少なく、推奨方法ではモップの水量が多い方がより多くの汚れが除去されている結果となった。

一方、房モップを使用した一般清掃では、1分乾燥水量および3分乾燥水量ともに、全体に擬似汚れ物質の残存が確認できた。特に折り返し後では、モップに付着した汚れを再塗布しているような状況も確認できた。なお、一般清掃の場合には、モップの水量は汚れの除去にはほとんど影響しなかった。

また、清掃後のモップの状況から、平モップではモップ全体に擬似汚れ物質が付着していた。それに対して、房モップでは、モップを止めるクリップ付近に擬似汚れ物質の付着がみられたが、それ以外の箇所は表面的な付着であった。これは、平モップはモップの面全体に力を加えることができるが、房モップでは力が加わる箇所がモップを止めるクリップ付近だけとなり、房の先にまで力が加わらないためと思われる。

(2) ATP ふき取り検査

相対発光量の平均値を表-6に、擬似汚れ物質の残存率を図-7にそれぞれ示す。ここで、清掃後の相対発光量の平均値が、清掃前の相対発光量の平均値を超えた場合の残存率は100%とした。

初期値は、多少ばらつきは認められたが、いずれの測定においても15,000RLU以上の高い値を示した。

表-6 相対発光量の平均値

清掃	水量	初期値	A点	B点	C点
推奨	1分乾燥	16,730	2,990	3,171	9,988
	3分乾燥	17,675	1,030	1,050	8,616
一般	1分乾燥	16,065	14,270	10,048	16,407
	3分乾燥	17,091	5,415	12,193	15,746

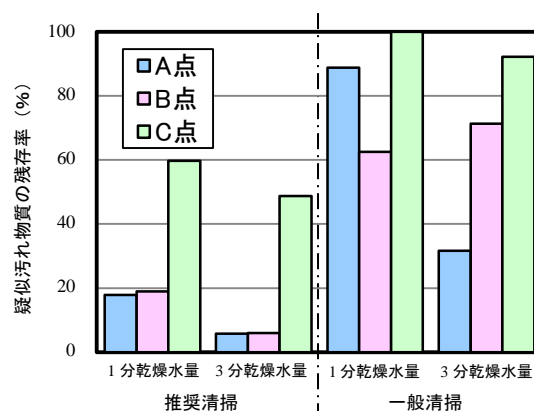


図-7 擬似汚れ物質の残存率

推奨清掃においては、拭き始めのA点および拭き途中のB点では、擬似汚れ物質の残存率の差はほとんどなかったが、拭き終わりのC点では、残存率が高い結果となった。また、モップ水量を比較すると、3分乾燥水量の方が1分乾燥水量よりも残存率が小さく、推奨清掃では、モップの水量によって汚れの除去状態が異なることが確認できた。

一方、一般清掃においては、全体的に残存率が高く、特に拭き終わりのC点では、ほとんど擬似汚れ物質が拭き取れていないことやモップの水量による影響は小さいことが確認できた。

これらの結果は、ブラックライト法により目視で確認した結果と同様であり、汚れの除去状態について、ATPふき取り検査により定量的に評価できた。

4.5 本章のまとめ

本章では、床面の汚れをより除去しやすくするための清掃用具および清掃方法を選定するため、ブラックライトによる目視の確認および ATP ふき取り検査を用いて検証を行い、以下の内容を確認した。

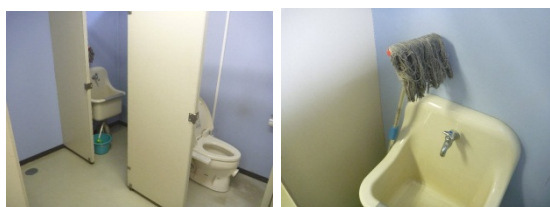
- ①推奨清掃を行うことで、汚れを除去しやすくなり、汚れの残存率を低減することが可能である。
- ②推奨清掃では、モップに含ませる水量が多くなると汚れをより除去しやすくなる。ただし、清掃後の床に水分が残ると転倒などの事故につながる可能性があるため、適度な水量の調整が必要である。
- ③一般清掃では、モップに付着した汚れを再度、床へ塗布する可能性がある。

5. 熱水洗濯による消毒効果

5.1 実験の背景

前章では、床面の汚れをより除去しやすくするための清掃用具および清掃方法の選定について報告した。トイレの清掃用具の保管方法については、国内には明確な基準などなく、病院独自の管理基準として、熱水消毒を行っているところもあるが、写真-7に示すように、トイレ内の清掃用シンクで手洗いをし、トイレ内の清掃道具置場で乾燥および保管を行っているケースが多い。このように、手洗いのみの洗濯で、十分に乾燥されていないモップは、保管中に菌が増殖してしまい、トイレをきれいにすどころか、菌を塗りつける危険性もある。

そこで本章では、熱水洗濯による消毒効果を確認し、適切な清掃用具の保管方法を検討する。



(a) 全景 (b) モップの保管状況
写真-7 トイレ内の清掃用シンクの例

5.2 清掃用具における熱水消毒

清掃用具に関する熱水消毒については、基準やガイドラインなどは定められておらず、病院独自に定められていると思われる。その際に参考としているのは、リネン類における熱水消毒のガイドラインであり、ここでは 80℃で 10 分以上としている⁴⁾。

ただし、清掃用具はリネン類と異なり、直接人の肌に触れることがほとんどなく、リネン類と同レベルの消毒効果は必要でないと考えられる。

また、熱水洗濯の設定温度が高いと、洗濯される清掃用具の劣化が促進し、用具の耐久性が損なわれる恐れがある。さらに、洗濯が日常的に行われることを考慮すると高い設定温度では、余計なエネルギーがかかることが懸念される。

これらを考慮して、ここでは、熱水洗濯の設定温度がモップの付着菌に及ぼす影響を確認し、最適な設定温度の検討を行った。

5.3 実験計画

(1) 実験概要

実験は神奈川県相模原市に立地する病院内にあるトイレを対象とし、次項以降に示す実験を行った。ここでは、共通する項目について述べる。

①事前準備

実験に使用したモップは、新品のものを準備したが、新品のモップには糊が付着しており、清掃や菌の増殖などへの影響が懸念される。そこで、事前に家庭用洗濯機にて洗濯し、37±1℃のフラン器内で 3 日間乾燥させた。

②清掃方法

清掃方法は、前章の結果を踏まえて、湿式清掃とし、モップの水量は 3 分乾燥程度とした。トイレ 4m² 程度の範囲を 40~50 秒かけて清掃を行った。

③モップの保管方法

清掃後のモップは、清潔なビニール袋に入れ、所定の時間保管を行った。

④熱水洗濯の方法

熱水洗濯機は Miele 社製 WIP2780 とし、洗剤にはディパーシー社のクラックスプリモ 5807 を使用した。

⑤菌の抽出および測定方法

菌の抽出は、モップに滅菌生理食塩水を加えて 3 分間揉み出し抽出液を得た。この抽出液について 10 倍希釈を 5 段階で作製し、抽出液または希釈液 1ml を標準寒天培地との混積平板とし、36±1℃で 48 時間培養した後、発育した集落を数え、1 モップあたりの菌数を求めた。

(2) 清掃前モップの付着菌数

実験に用いたモップは事前処理を行ったため、清掃前のモップに付着している菌数の確認を行った。モップは平モップと房モップの 2 種類とした。

(3) 床付着菌の確認

実験を行ったトイレに、どの程度の付着菌が存在するか確認した。床付着菌のサンプリング箇所を図-8に示す。サンプリングは清掃前に行い、大便器の前、小便器の前、トイレ中央付近の 3 カ所とし、滅菌ブースにより 100×100mm の範囲を拭き取った。

サンプリング後の滅菌ブースに滅菌生理食塩水 10ml を加え抽出液を得た。この抽出液について 10 倍希釈を 5 段階で作製し、抽出液または希釈液 1ml を標準寒天培地との混積平板とし、36±1℃で 48 時間培養した後、発育した集落を数え、100cm² 当たりの菌数を求めた。

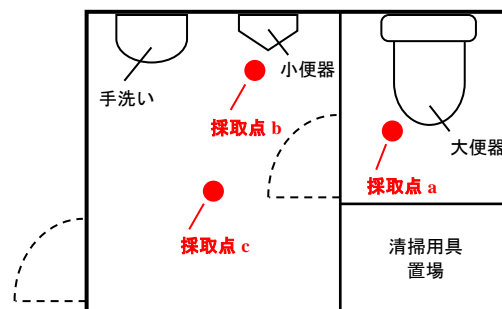


図-8 床付着菌のサンプリング箇所

(4) 清掃後の保管時間の影響

清掃後のモップを熱水洗濯するまでの保管時間が付着菌数に及ぼす影響を確認するため、以下の2水準の保管を行った後に、付着菌数を測定した。使用したモップは平モップのみとし、清掃は3カ所のトイレで行い、清掃時間帯は、床が汚れていると思われる朝の清掃が行われる前の7時台とした。

①清掃直後

清掃の終わったモップを10℃程度に冷やしたクーラーボックスで保管し、できるだけ速やかに菌の抽出作業を行った。

②1日保管

清掃の終わったモップを23～25℃に調整した室内で24～28時間保管した後に、抽出作業を行った。

(5) モップ種類の影響

モップの種類が付着菌数に及ぼす影響を確認するため、清掃後のモップについて、熱水洗濯前および熱水洗濯後の付着菌数を測定した。モップは平モップおよび房モップの2種類とした。

清掃は3カ所のトイレで行い、1カ所については、7時台、11時台、15時台の3回、残りの2カ所については、7時台の1回とし、合計5枚のモップについて菌数測定を行った。なお、清掃後の保管方法は1日保管とし、熱水洗濯の設定温度は95℃とした。

(6) 設定温度の影響

熱水洗濯の設定温度がモップの付着菌数に及ぼす影響を確認した。

清掃を行ったトイレやモップの保管方法などは、前項のモップ種類の影響と同じ条件で行った。

なお、洗濯槽内の温度測定は、ボタン型温度記録計(KN ラボラトリーズ製 サーモクロン)を用い、洗濯槽内に入れて行った。

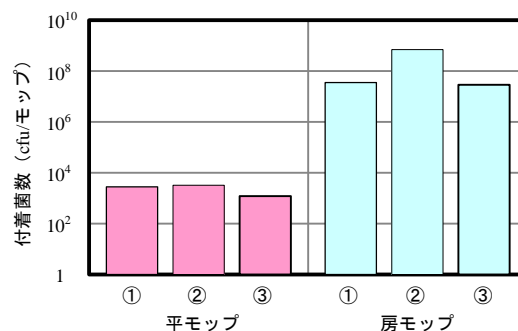


図-9 清掃前のモップの付着菌数

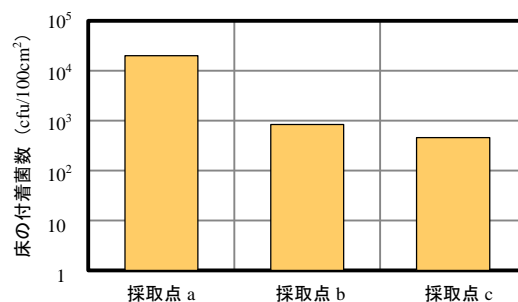


図-10 清掃前の床の付着菌数

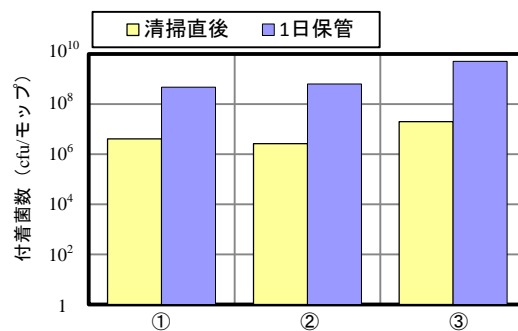


図-11 保管時間による平モップの付着菌数

5.4 実験結果

(1) 清掃前モップの付着菌数

清掃前のモップの付着菌数を図-9に示す。

平モップにおける清掃前の付着菌数の平均値は 2.4×10^3 cfu/モップとなった。これは洗濯の際に付着したものと推察できるが、フラン器による乾燥後も、菌は死滅しないことが確認できた。なお、奥田ら⁵⁾の実験でも、綿の標準白布を用いて、洗濯後に乾燥させた白布の付着菌数を確認した結果、 10^3 cfu/枚の菌数が存在しており、今回の平モップの実験と同様の結果であった。

一方、房モップでは、 2.6×10^8 cfu/モップとなり、平モップと比べると10,000倍以上の菌が確認できた。これは、房モップの表面は乾燥していても、モップ内部には水分が残っており、菌が残存していた可能性があるかと推察される。

清掃によるモップへの付着菌の影響を考慮する上では、清掃前のモップにはできるだけ付着菌が存在しないことが望ましいが、この結果から完全にモップの菌を除去するのは困難であるため、今後の実験では、モップの前処理として、一般洗濯機による洗濯後、フラン器による乾燥を3日間行うこととした。

(2) 床付着菌の確認

清掃前の床付着菌を図-10に示す。

床付着菌数は採取点 a (大便器前) では、 2.0×10^4 cfu/100cm² と比較的高い値を示したが、その他の採取点では、 10^3 cfu/100cm² 以下となり、平均値は 7.1×10^3 cfu/100cm² であった。

トイレではないが、学校給食施設の調理場において、乾いている床を対象としたふき取り検査の結果⁶⁾では、一般生菌数は、 3.0×10^3 cfu/100cm² 以下であったとしており、今回実験を行ったトイレの床付着菌数はこの結果と同等の値であった。

(3) 清掃後の保管時間の影響

保管時間による付着菌数を図-11に示す。

清掃直後の平モップの付着菌数の平均値は 8.9×10^6 cfu/モップであったが、1日保管の平モップの付着菌数は、 2.1×10^9 cfu/モップとなり、すべてのトイレで100倍以上に菌が増殖していた。

この結果から、清掃後のモップをそのまま保管しておくことで、モップの付着菌が増殖し、次の清掃時には、菌を塗り広げる危険性が高くなることが推察される。このため、清掃後のモップはすみやかに洗濯し、十分に乾燥が重要である。

(4) モップ種類の影響

熱水洗濯前後の平モップの付着菌数を図-12 に、房モップの付着菌数を図-13 にそれぞれ示す。

平モップにおける熱水洗濯前の付着菌数の平均値は 2.1×10^9 cfu/モップであったのに対し、熱水洗濯後の平均値は 5.3×10^3 cfu/モップとなり、熱水洗濯によって付着菌数は 1/1,000,000 程度に減少した。これは清掃前と同程度の菌数となり、熱水洗濯による消毒効果が確認できた。

一方、房モップにおける熱水洗濯前の付着菌数の平均値は 1.5×10^{11} cfu/モップ、熱水洗濯後の平均値は 2.0×10^6 cfu/モップとなり、こちらも熱水洗濯によって、1/100,000 程度に減少したが、平モップと比べると残存する付着菌数は多く、熱水洗濯後では約 1,000 倍の菌数が確認できた。

(5) 設定温度の影響

洗濯槽内の温度履歴を図-14 に示す。なお、サーモクロンの測定上限温度は 85℃であるため、測定温度がそれ以上の場合は 85℃で示した。

温度履歴より、95℃設定では、80℃以上であった時間は 19 分程度あり、リネン類のガイドラインを満足する結果であった。また、60℃設定では、最高温度 59.0℃と少しだけ設定温度を下回り、30℃設定では、最高温度 30.5℃とほぼ設定通りの温度となった。

設定温度による付着菌数を図-15 にそれぞれ示す。ここでは、比較のために洗濯前のデータも記載した。

熱水洗濯を行うことで、いずれの設定温度においても熱水消毒の効果が確認できたが、95℃設定における付着菌数の平均値は 5.3×10^3 cfu/モップ、60℃設定では 5.8×10^3 cfu/モップ、30℃設定では 1.1×10^5 cfu/モップとなり、30℃設定では消毒効果が小さくなることが確認できた。95℃設定と 60℃設定では、大きな差はなく、モップの劣化やエネルギーコストを考慮すると、日常的な洗濯においては、60℃設定で十分であると思われる。

5.5 本章のまとめ

本章では、理想的な清掃用具の保管方法を検証するため、実際の病院のトイレで清掃したモップを対象とし、熱水洗濯機による熱水消毒の効果を確認した。その結果、以下の内容を確認した。

- ① 清掃後のモップを洗濯せずに保管すると、モップの付着菌数は増加するため、清掃後にはすみやかに洗濯することが望ましい。
- ② 熱水洗濯による熱水消毒により、清掃後のモップの付着菌は大幅に減少する。
- ③ 綿製の房モップはマイクロファイバーの平モップに比べると、モップの付着菌数が多く、モップが十分に乾燥していない状態では、モップ内で菌が増殖する可能性が高い。
- ④ 熱水洗濯機の設定温度に関しては、95℃設定および 60℃設定では、消毒効果が同程度であったが、30℃設定では効果が低下した。

5.6 今後の課題

ここでは、モップの種類の影響や熱水洗濯による消毒効果などを確認してきたが、洗濯後の清掃用具の保管方法も重要な要因となる。また、トイレ内に設置されたシンクでモップを手洗した際に、洗剤水と一緒に菌が飛散する危険性が危惧される。今後はこれらの内容も検討していきたい。

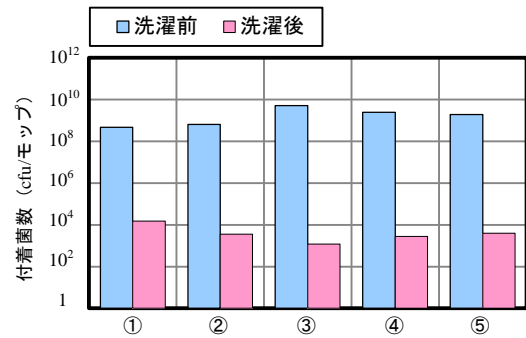


図-12 熱水洗濯前後の平モップの付着菌数

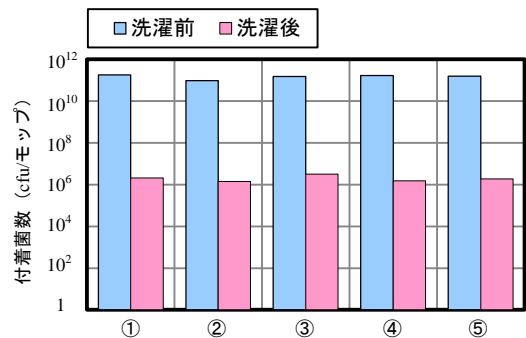


図-13 熱水洗濯前後の房モップの付着菌数

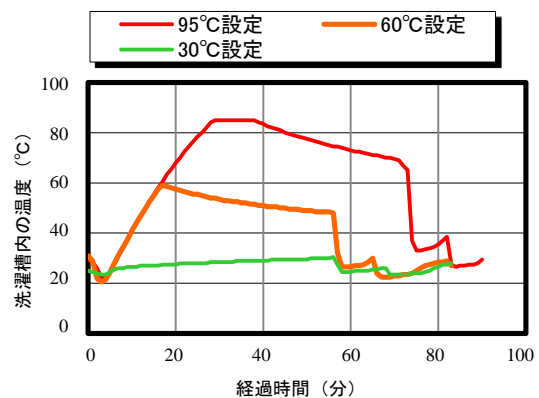


図-14 洗濯槽内の温度履歴

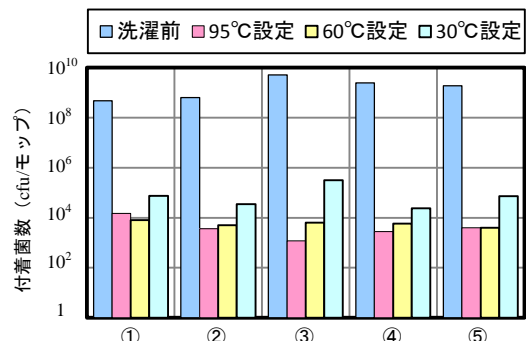


図-15 設定温度によるモップの付着菌数

6. まとめ

前報および本報の実験結果から、院内感染対策に配慮した理想的なトイレを構築するために、以下に示す項目を提案する。

(1) 光触媒コーティング剤の塗布

開発した光触媒コーティング剤を塗布することで、塗布面での菌の増殖を抑制することが可能であり、接触感染のリスクを低減する。

(2) 壁排気方法の採用

換気方法を、壁排気・天井給気とすることで、床付近の汚染された空気が上方に拡散することが抑制できる。

(3) マイクロファイバーの平モップの採用

一般に使われている綿製の房モップは、汚れを除去しにくく、保管時にモップ内で菌が増殖しやすい。このため、モップ全体に力が加わりやすく、汚れを除去しやすいマイクロファイバーの平モップを採用する。

(4) 熱水洗濯機の活用

清掃用具は清掃後に手洗いされることが多いが、手洗いではモップに付着した菌を十分に洗い落とすことが極めて困難である。このため、熱水洗濯機を活用し、清掃後の用具を熱水消毒することで、付着した菌を減少することが可能となる。

(5) 掃除ステーションの設置

清掃後の用具は、トイレ内の掃除用シンクで洗濯されることが多いが、トイレ内での用具の洗濯は、モップに付着した菌をばらまく危険性がある。そこで、トイレの外部に掃除ステーションを設置し、シンクや熱水洗濯機を配置することで、汚れや菌の飛散を防止することが可能となる。

(6) 要素技術の適用について

光触媒コーティング剤の塗布については、新築工事はもちろん改修工事においても、工期が短く、騒音や臭気の発生がほとんどなく、病院を運用しながらの施工も可能である。また、平モップの採用についても、特別な工事などは必要ないため、既存の病院でも採用可能となるが、壁排気方法の採用や熱水洗濯機、掃除ステーションの設置については、既存の病院の改修工事での対応は難しいため、新築工事における計画段階からの提案が望ましい。

顧客のニーズやコストは、各々異なることため、その要望に対して、最適な院内感染対策がとれるような技術を提案できるようにすることが今後の課題となる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、病院環境管理研究会の酢屋氏、奥田氏、大谷氏、北里大学病院の座間氏、ディバーシー株式会社の前川氏、株式会社モレーンコーポレーションの樋掛氏、深澤氏、サンフラッシュ・テクノロジー株式会社の井岡氏、川内氏、千代田土地建物株式会社の奥野氏、沼田氏、社内の病院環境管理 WG の皆様など多くの方々のご協力をいただきました。心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 袴谷 他：「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」, 戸田建設技術研究報告第 38号, 2012年
- 2) 高橋 他：「トイレの除臭機能向上に関する研究（その2）モデルルームにおける除臭実験」, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 1986.10
- 3) 手島 他：「院内感染対策トイレシステムの構築に向けた研究（その4）換気方法の検討」, 日本建築学会大会（北海道）学術講演梗概集 A-1, pp.1131-1132, 2013.8
- 4) 日本医科器械学会編：「各国の熱消毒の定義」, 医科器械学 Vol.67, No.6, p.265, 1997.6
- 5) 奥田 他：「空気浮遊微生物の大まかな篩い分けおよび空気浮遊細菌の衛生学的意義」, 日本室内環境学会, 生物粒子測定方法, 2008.11
- 6) 独立行政法人 日本スポーツ振興センター編：「学校給食衛生管理基準の解説～学校給食における食中毒防止の手引き～」, p.17, 2011.3