

■Original articles

各種環境清拭素材の芽胞除去効果の検討
ー清拭素材、湿潤度による影響ー加納 江利子^{*1,2}、小林 寛伊^{*1}、大久保 憲^{*1}、梶浦 工^{*1}、比江島 欣慎^{*1}^{*1} 東京医療保健大学大学院医療保健学研究科医療保健学専攻感染制御学コース^{*2} 東京都健康長寿医療センターSpore-removing effects of various materials for environmental cleaning
and wiping in relation to moisture levelEriko Kano^{*1,2}, Hiroyoshi Kobayashi^{*1}, Takashi Okubo^{*1}, Takumi Kajiura^{*1}, Yoshimitsu Hiejima^{*1}^{*1} Division of Infection Prevention and Control Postgraduate School Tokyo Healthcare University^{*2} Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital and Institute of Gerontology

要旨：

枯草菌 (*Bacillus subtilis*) を使用し、環境清拭素材のマイクロファイバー (microfiber: MF) やウルトラマイクロファイバー (ultra-microfiber: UMF) に加え、従来から院内清掃用として繁用されているドライ不織布及び綿タオルを用いて、各種環境清拭用素材及び湿潤度が芽胞除去効果に及ぼす影響について検討した。*B. subtilis* 芽胞液の 50 μ L (=10⁶CFU) を滅菌ステンレスディスク上に接種し乾燥させた試験物を作成した。環境清拭用製品 10 種 (MF 6 種、UMF 2 種、ドライ不織布 1 種、綿タオル 1 種) を 6cm×6cm に裁断し、滅菌精製水にて 4 つの湿潤度 (乾燥、少量、適量、過剰量) に湿らせ、ディスクを自動拭き取り装置にて約 500g 重の力をかけながら 10 秒間 60rpm で拭き取り、指数減少値 (reduction factor: RF) を算出した。その結果、乾燥状態では、0.56 log₁₀±0.23 (RF 平均値±標準偏差)、少量では 3.69 log₁₀±0.61、適量では 3.77log₁₀±0.58、過剰量では 2.80log₁₀±0.55 であった。RF に対して、いかなる素材を用いても乾燥状態では、芽胞除去効果が著しく低い事、適度な水分量により清掃することで、3~4 log₁₀ reduction の芽胞除去効果が得られる事、水分量が過剰な場合、芽胞除去効果が低下する事が明らかとなった。

Key words : Spore-removing effects, environmental cleaning, microfiber,
ultra-microfiber

1. 目 的

環境清掃に使用する素材としてポリエステル単独もしくはポリエステルとポリアミド混合製品のマイクロファイバー (MF: 単糸直径 8 μ m 以下) やウルトラマイクロファイバー (UMF: 同 1 μ m 以下) 等がある。これらの MF や UMF 素材によるモップ清拭の芽胞除去効果については報告があるが¹⁻⁴⁾、MF や UMF を同一条件下で芽胞除去効果を比較検討した研究、あるいは MF などを用いた清掃方法に関する研究は無い。そこで、今回、枯草菌

(*Bacillus subtilis*) 芽胞を使用し、環境清拭素材の MF、UMF に加え、臨床で繁用されている環境清拭用ディスボーズブルーパータオル (ドライ不織布) 及び綿タオルを用いて、環境清拭における効果的な芽胞除去を目的に、各種環境清拭用素材及び素材の湿潤度が芽胞除去効果に及ぼす影響について検討した。

2. 材料と方法

2-1 環境清拭素材

芽胞除去に使用した環境清拭素材として、表 1 に示し

表 1 環境清拭素材

素材の種類	製品記号	組成	会社名
マイクロファイバー	A	ポリエステル 70% ポリアミド 30%	a 社
	B	ポリエステル 100% (単糸の太さ 2 ミクロンタイプ)	b 社
	C	ポリエステル 100% (単糸の太さ 3~4 ミクロンタイプ)	b 社
	D	ポリエステル 70% ポリアミド 30%	b 社
	E	ポリエステル 70% ポリアミド 30%	c 社
	F	ポリエステル 70% ポリアミド 30%	d 社
ウルトラマイクロファイバー	G	ポリエステル 70% ポリアミド 30%	d 社
	H	ポリエステル 70% ポリアミド 30%	c 社
ドライ不織布	I	パルプ 100%	e 社
綿	J	綿 100%	f 社

た。環境清拭用製品 10 種 A~J(MF 6 種、UMF 2 種、ドライ不織布 1 種、綿タオル 1 種)を、それぞれ 6cm×6cm に裁断し、滅菌可能な製品は高圧蒸気滅菌あるいはエチレンオキサイドガス滅菌をおこなった。滅菌不可のものはそのまま用いた。ただし、滅菌不可の素材に対しては、著しい微生物汚染が無いことをあらかじめ確認した。

2-2 供試菌

B. subtilis ATCC 6533 の芽胞液(栄研化学、約 10^9 colony forming unit(CFU)/mL)を用い、これをウシアルブミン水溶液(0.3g/L)で 10 倍に希釈したものを供試菌液として使用した。

2-3 被清拭素材

滅菌したステンレスディスク(SUS304 表面 2B 処理)中央に、上述の供試菌液 50 μ L(=約 10^6 CFU)を接種し、安全キャビネット内にて室温で約 2 時間乾燥させた。

2-4 各素材の湿潤量

各素材の水分量について表 2 に示す。それぞれ以下の方法にて 4 種設定した。すなわち、精製水を浸さない素材のみの状態を「乾燥」とした。ついで 6cm×6cm の素

表 2 各清拭用製品の水分量 (mL)

素材の種類	製品記号	少量湿潤状態	適量湿潤状態	過剰湿潤状態
マイクロファイバー	A	0.5	2	4
	B	0.1	0.7	2
	C	0.1	0.7	2
	D	0.3	1.3	3.5
	E	0.8	3	4
	F	0.5	2	4
ウルトラマイクロファイバー	G	1	4	8
	H	0.75	3.5	7
ドライ不織布	I	0.1	0.5	1.5
綿	J	0.25	1	2

- ・クロスの 4 つの水分量(クロスの吸湿量により製品ごとに算出)
- ・乾燥: そのまま、少量: 適量から 1/7~1/4、適量: クロス全体を水に浸漬し、固く絞った量、過剰量: 適量の 2~3 倍の水分量に設定した。
- ・ウルトラマイクロファイバー 2 種(G・H)は、素材の厚みと吸水力から適量の水分量及び過剰量が多い結果となった

材全体を精製水に浸したのち、よく絞ったときの重量を測定し、素材のみの重量(乾燥状態)を差し引いて求めた水分含浸量を「適量」とした。また各素材の吸水性に合わせて、「適量」の 1/7~1/4 量を「少量」、さらに「適量」の 2~3 倍量を「過剰量」と設定し、素材ごとに求めた。UMF 2 種(G・H)は、素材の厚みと吸水力から適量の水分量及び過剰量が他の素材と比較して多い結果と

なっている。

2-5 供試液

精製水による拭き取り実験には、滅菌精製水（滅菌精製水™「ヨシダ」）を、使用した。

2-6 拭き取り方法

Williams らの a new three-step protocol の step 1⁵⁾を参照し、自動拭き取り機械を自作した（写真1）。バーの先端部分には菌を付着乾燥させたステンレスディスクの裏側を貼り付け、攪拌機の上に設置した電子天秤の試料皿上の各種素材にディスクの菌側を接地させ、約 500g 重の

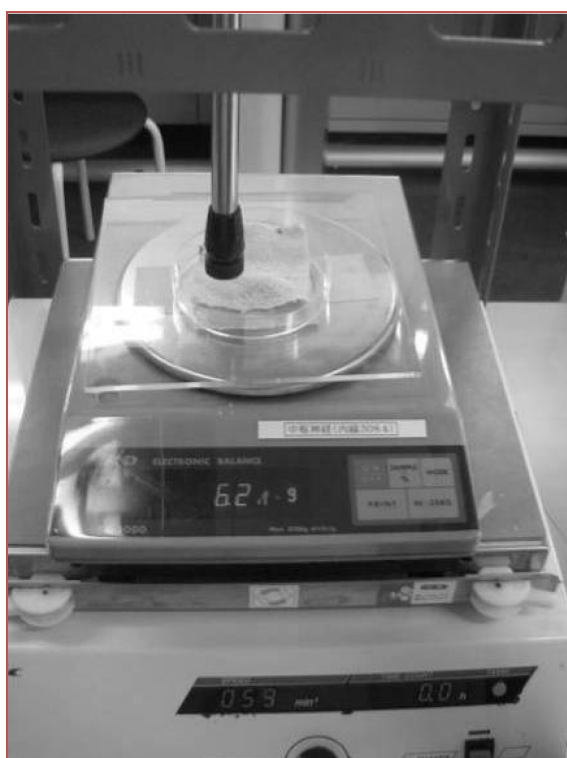


写真1 拭き取り機

バーの先端部分には菌を付着乾燥させたステンレスディスクの裏側を貼り付け、攪拌機の上に設置した電子天秤の試料皿上の各種素材にディスクの菌側を接地させ、約 500g 重の力をかけながら、10 秒間 60rpm で稼動させた。

力をかけながら、10 秒間 60rpm で稼動させた。

2-7 拭き取り効果の測定

拭取り処理後、ステンレスディスクを滅菌ガラスビーズの入った回収液（レシチン；3g、ポリソルベート 80；30g、L-ヒスチジン；1g、サポニン；30g、チオ硫酸ナトリウム；5g、トリプトン；1g、塩化ナトリウム；8.5g、全量；1L）10mL の中にいれ、手動で約 30 秒間攪拌し、

ディスク上の菌を回収した。回収液原液およびそれをリン酸緩衝生理食塩水（pH 7.2）で 10 倍、100 倍および 1,000 倍に希釈した液の各 100μL を trypticase soy agar 培地に塗抹し、30℃ 24 時間まで培養した。発育したコロニーを計数し、ディスクあたりの菌数に換算してその対数をとる（log₁₀CFU）、拭取り処理を行わなかったコントロールの菌数との差を RF として算出した。

2-8 統計解析

統計ソフト JMP を使用し、RF と湿潤度、素材の種類、製品、組成、に関して重回帰分析を行った。

3. 結 果

製品 A～J までの湿潤度の違いによる芽胞除去結果 RF（各 n=4）を素材ごとに表 3 および図 1 に示す。

湿潤度別に見ると、乾燥状態における RF の、最小～最大は 0.19～0.83 log₁₀、平均値±標準偏差は 0.56±0.23 log₁₀ であった。同様に、少量湿潤状態では、3.17～4.03 log₁₀、3.69±0.61 log₁₀、適量湿潤状態では、3.04～4.61 log₁₀、3.77±0.58 log₁₀、過剰量湿潤状態では、1.98～3.93 log₁₀、2.80±0.55 log₁₀ であった。

製品別に見ると、芽胞除去効果の最も高かったのは、H の適量湿潤状態で、RF 平均±標準偏差は、4.61±0.45 log₁₀ であった。

RF に対する素材と湿潤度の影響について、独立変数をそれぞれ湿潤度・製品（検定①）、湿潤度・組成（検定②）、湿潤度・素材の種類（検定③）として重回帰分析を行った結果を表 4 に示す。製品・湿潤度については、ともに RF との間に関連性が見られた（製品 $P=0.0065$ 、湿潤度 $P<0.0001$ ）。また、湿潤度・組成の場合も RF との間に関連性が見られた（組成 $P=0.0325$ 、湿潤度 $P<0.0001$ ）。しかし、湿潤度と素材の種類（MF、UMF など）とした場合は、素材の種類において、RF の間には有意差な関連性は見られなかった（素材の種類 $P=0.1555$ ）。

4. 考 察

今回、芽胞形成菌 *B. subtilis* を使用し、環境清拭素材の MF、UMF に加え、従来から院内清掃用として繁用されているドライ不織布及び綿タオルを用いて、環境清拭における効果的な芽胞除去を目的に、環境清拭用素材と素

表3 製品A～Jの精製水による湿潤度別の芽胞除去結果(RF) n=4、平均値±標準偏差

製品記号	乾燥状態	少量湿潤状態	適量湿潤状態	過剰湿潤状態
A	0.19±0.07	4.03±0.91	4.41±0.39	3.15±0.72
B	0.45±0.39	3.64±0.83	4.01±0.59	3.34±0.91
C	0.74±0.03	3.82±0.64	3.80±0.67	3.93±1.28
D	0.50±0.26	3.90±0.45	4.16±0.73	3.11±0.49
E	0.51±0.26	3.52±0.57	3.78±0.76	2.24±0.14
F	0.43±0.26	3.92±0.23	3.42±0.58	1.99±0.13
G	0.76±0.26	3.75±0.61	4.04±0.57	2.16±0.10
H	0.56±0.32	3.56±0.57	4.61±0.45	2.83±0.60
I	0.83±0.09	3.62±0.53	3.25±0.49	2.53±0.46
J	0.66±0.33	3.17±0.81	3.21±0.57	2.77±0.62
全体平均	0.56±0.23	3.69±0.61	3.77±0.58	2.80±0.55

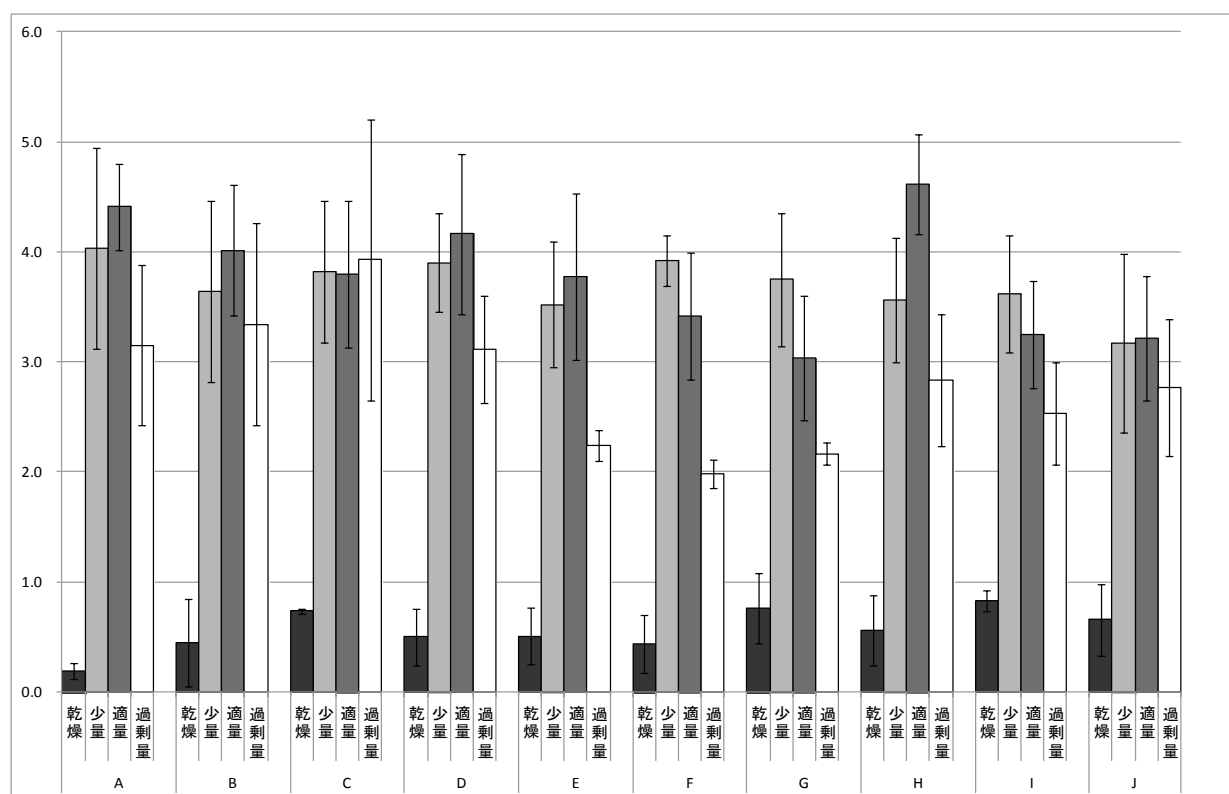
(log₁₀CFU)

図1 製品別に見た水のみによる拭き取り結果(RF)

表4 従属変数をRFとした重回帰分析結果(効果の判定)

検定番号	独立変数(因子)	自由度	平方和	F値	P値
①	製品	9	9.0877	2.6839	0.0065
	湿潤度	3	268.3102	237.6943	<0.0001
②	組成	3	3.5753	2.9978	0.0325
	湿潤度	3	268.3102	224.9708	<0.0001
③	素材の種類	3	2.15861	1.7687	0.1555
	湿潤度	3	268.3102	219.8503	<0.0001

材の湿潤度の芽胞除去効果に及ぼす影響について検討を行った結果、清拭除去効果においては、いかなる素材においても拭き取り時の湿潤度が重要であることが分かった。

まず、湿潤度による芽胞除去結果を見ると、少量湿潤状態または適量湿潤状態では、 $3\sim 4 \log_{10}$ の除去効果が見られた。しかし、乾燥状態では、芽胞除去効果が著しく低下した。また、適量や少量に比べ、過剰湿潤状態では、 $2\sim 3 \log_{10}$ と芽胞除去効果が低下していた。これらは、素材が乾燥した状態での清拭は、いかなる素材を用いても、芽胞除去効果が低いことを示している。また、過剰湿潤状態では除去効果が低下していることから、環境に付着し乾燥した芽胞や微生物等に対して含水量を超えた水分を含んだ素材で清掃を行った場合に、一度拭き取った芽胞が、余分な水分と共に被清拭面に再付着する可能性、あるいは水分が多い場合には繊維同士が癒着し束になることにより MF などの繊維断面の多角形の形状が生かされないことなどが考えられる。

以上の結果より、芽胞除去を目的とした清掃を行う場合、それぞれの素材を水に浸漬した後に十分絞った状態での適度な水分量が重要であることが分かった。また、過剰の水分量により芽胞除去効果が下がるため、床清掃などのモップの場合の様に形状的に液を絞りにくく次亜塩素酸ナトリウムなどの殺芽胞消毒薬を使用しない清掃の場合は、モップ絞り器を使用し、十分に絞って清掃を行う必要がある。

なお、各製品（A～J）と組成（ポリエステル 100%、ポリアミド混合、パルプ、綿）については RF との間に有意差が見られたが、一致した結果ではなかった。この相違については、素材表面の性状や繊維の密度など、素材や組成以外の因子の可能性も考えられ、更なる検証が必要である。

5. 結 論

今回、10 種の環境清拭素材を用いて、芽胞除去効果の検討を行った結果、以下の事が明らかとなり、芽胞除去を目的とした清掃を行う場合には、水に浸した後に十分に絞って清掃を行う必要があると考えられた。

- 1) いかなる素材を用いても乾燥状態では、芽胞除去効果が著しく低い。
- 2) 適度な湿潤状態の素材により清掃することで、 $3\sim 4 \log_{10}$ の芽胞除去効果が得られる。
- 3) 水分量が過剰な場合、芽胞除去効果が低下するため、十分に絞って清掃を行う必要がある。
- 4) 素材の種類（MF、UMF、ドライ不織布、綿）については RF との間に有意差な関連性が見られなかった。

■ 文 献

- 1) Rutala WA, Gergen MF, Weber DJ. Microbiologic evaluation of microfiber mops for surface disinfection. *Am J Infect Control*. 2007 Nov;35(9):569-73.
- 2) Wren MW, Rollins MS, Jeanes A, Hall TJ, Coen PG, Gant VA. Removing bacteria from hospital surfaces: a laboratory comparison of ultramicrofibre and standard cloths. *J Hosp Infect*. 2008 Nov;70(3):265-71.
- 3) Diab-Elschahawi M, Assadian O, Blacky A, Stadler M, Pernicka E, Berger J, et al. Evaluation of the decontamination efficacy of new and reprocessed microfiber cleaning cloth compared with other commonly used cleaning cloths in the hospital. *Am J Infect Control*. 2010 May;38(4):289-92.
- 4) Smith DL, Gillanders S, Holah JT, Gush C. Assessing the efficacy of different microfibre cloths at removing surface micro-organisms associated with healthcare-associated infections. *J Hosp Infect*. 2011 Jul;78(3):182-6.
- 5) Williams GJ, Denyer SP, Hosein IK, Hill DW, Maillard JY. The development of a new three-step protocol to determine the efficacy of disinfectant wipes on surfaces contaminated with *Staphylococcus aureus*. *J Hosp Infect*. 2007 Dec;67(4):329-35.

Spore-removing effects of various materials for environmental cleaning and wiping in relation to moisture level

Eriko Kano^{*1, 2}, Hiroyoshi Kobayashi^{*1}, Takashi Okubo^{*1}, Takumi Kajiura^{*1}, Yoshimitsu Hiejima^{*1}

^{*1} Division of Infection Prevention and Control Postgraduate School Tokyo Healthcare University

^{*2} Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital and Institute of Gerontology

Background: Microfiber (MF) and ultra-microfiber (UMF) materials are often used for environmental cleaning. However, no previously reported study has attempted to compare the spore-removing effects of MF and UMF materials or the methods by which they are utilized. The present study was performed to clarify differences in the effects of various wiping materials in relation to moisture levels using *Bacillus subtilis* as a test organism. In addition to MF and UMF materials, dry non-woven fabric and cotton toweling, often used as cleaning materials in hospitals, were investigated. Mean RF $\pm$ standard deviation was $0.56 \log_{10} \pm 0.19$ for the dry state, $3.69 \log_{10} \pm 0.25$ for low moisture, $3.76 \log_{10} \pm 0.53$ for adequate moisture, and $2.8 \log_{10} \pm 0.60$ for excessive moisture. In this study to examine the effectiveness of 10 materials for removal of bacterial spores, the following conclusions were obtained:

- (1) When used in a dry state, all the materials used had a very low spore-removing effect.
- (2) When used for cleaning with adequate moisture, the spore-removing effects of the materials were 3-4 $\log_{10}$.
- (3) Excessive moisture decreased the effectiveness of spore removal.
- (4) There were no significant differences in the effectiveness of spore removal among the materials (MF, UMF, dry non-woven fabric, and cotton).