■ Concise communication

ATP を指標とした三種類の清拭用材料（素材）による拭き取り性能、転写および染み出し特性に関する研究

天内雅人[1]、宗万孝次[1]、平田 哲[2]、伏見 了[3]、岡本 昇[3]、高橋遼平[3]
八木俊彦[4]、永淵 充[4]、佐下橋伸寧[5]

[1] 旭川医科大学病院 診療技術部　臨床工学技術部門
[2] 旭川医科大学　手術部
[3] ワタキューセイモア株式会社 業務本部
[4] 東レ株式会社 滋賀事業場
[5] 東レ・メディカル株式会社 新事業企画室

Study of wiping, transferring and oozing of three kinds of wipes (materials) by evaluating ATP

Masato Amauchi[1], Kouji Soman, Satoshi Hirata[2], Ryo Fushimi[3], Noboru Okamoto[3], Ryohei Takahashi[3], Toshihiko Yagi[4], Mitsuru Nagafuchi[4], Nobuyasu Sagehashi[5]

[1] Asahikawa Medical University, Division of Clinical Engineering
[2] Asahikawa Medical University,Operation region
[3] WATAKYU SEIMOA Co., Ltd. Medical Business Management Division
[4] Toray Industries, Inc. Shiga Plant
[5] Toray Medical Co., Ltd.

背景；医療機器や医療施設内のドアノブなどは、医療従事者や患者が高頻度に接触することから感染性汚染物が付着しやすい。医療関連感染を予防するために、これらを取り除く必要がある。
目的；近年、繊維径が 2 μ m のマイクロファイバークロスが開発され、本クロスは内部空間に汚染物をより多く取り込む効果が期待される。そこで、マイクロファイバークロス、従来からの不織布、綿布の三者について拭き取り性能、転写と染み出し特性に関して評価した。
方法；プラスチック表面に ATP を含有する鉱油を塗布した。指を模した台座に三種類のクロスを巻き付けて、拭き取った後に残留した ATP を測定した（拭き取り試験）。各拭き取った材料にて他表面を清拭し、付着した ATP を測定した（転写試験）。拭き取り試験後に台座表面に染み出した ATP を測定した（染み出し試験）。
結果；拭き取り試験では、残留量がマイクロファイバークロスが 188 ± 70RLU、不織布が 653 ± 174RLU、綿布が 4,834 ± 2,046RLU であった。同様に転写量は順に 77 ± 42RLU、412 ± 139RLU、1,646 ± 1,096RLU となり、染み出し量は順に 27 ± 16RLU、396 ± 180RLU、1,920 ± 1,779RLU であった。
結論；マイクロファイバークロスは不織布と綿布に比較して、拭き取り効果に優れ、さらに拭き取り時に保持した物質の他表面への転写と作業者の手指表面に染み出す割合も少ないことが判明した。

Key words：マイクロファイバークロス、アデノシン三リン酸、拭き取り、転写、染み出し

1．はじめに

各種疾患の診断と治療には心電計、人工呼吸器、輸液ポンプおよび人工透析装置などが使用され、これらの装置は臨床工学技士や看護師などの医療従事者がその操作においてタッチパネルやスイッチ類に高頻度に接触している。また、医療施設内のドアノブ、ベッド柵および階段の手すりなども患者や病院職員が高頻度に接触している。これらの部位には、接触者の手指に由来する汚染物が必然的に付着し、さらには血液や吐出物などが付着している場合もある。

医療関連感染防止の観点から、装置や環境表面に付着している汚染物の除去が重要であり、使用する清拭用材料や含浸している洗浄剤と消毒薬について、その効果が検証されている[1-3]。一般的に、装置や環境表面の清拭用として不織布や綿布（ガーゼ）などが使用されている。これらの清拭用材料は、通常一枚の材料にて広範囲を清拭することから、材料内部に取り込んだ汚染物の他の表面への転写（再付着）を抑制すること、さらには、取り込んだ汚染物を清拭実施者の手指への染み出しを抑制する性能を有することも重要と思われる。

繊維径が約2μmと極細繊維であるマイクロファイバーが開発[4]され、近年この繊維を織物として加工した（情報提供：東レ株式会社、東レ・メディカル株式会社）マイクロファイバークロスが医療機器清拭用として使用可能となった。本クロスは直径が2μm程度の極細繊維によって構成されるミクロポケットにより、多くの物質（汚染物）を取り込むことが可能と推察される。

今回我々は、鋼製小物や環境の汚染と清浄度の判定に有意義とされているアデノシン三リン酸（Adenosine triphosphate、ATP）を指標[5-8]として、三種類の清拭用材料（マイクロファイバークロス、綿ガーゼ、不織布）の拭き取り効果、転写と染み出し特性に関する実験を行い、マイクロファイバークロスの優れた能力を確認したので報告する。

2．素材、試薬および器具（装置）

(1) 清拭用材料

清拭用材料には繊維直径が2μmのマイクロファイバークロス（Toraysee for CE®、東レ株式会社）、綿ガーゼ（大学ガーゼ タイプⅠ®、白十字株式会社）、スパンレース製法（情報提供：東レ株式会社、東レ・メディカル株式会社）による医療用不織布（ニューRDガーゼHD-501®、リブドウコーポレーション）を使用した。

(2) コントロール、拭き取りおよび転写確認用フィルムシート

東レ・メデイカル（株）社製人工透析装置TR-3000®に装着されているPolyethylene terephthalate製タッチパネルシート（以下、シート）を用いた（図1）。

(3) 拭き取り効果、転写および染み出し特性確認用台座

ヒトの手指（三本指）を模した台座に各清拭用材料を巻きつけて実験したが、台座の外観写真と材質および寸法を図2に示す。各実験におけるシートへの台座加重の確認には、大和製衡（株）社製普及型上皿はかりYSD-4®（以下、上皿はかり）を用いた。

(4) 被検用ATP溶液

住鉱潤滑剤（株）社製ミシンオイルTO-M1-N®（以下、ミシンオイル）に和光純薬工業（株）社製アデノシン三リン酸二ナトリウム（以下、ATP結晶）を添加して作成した。なお、ミシンオイルの組成と成分については、製品安全データシートに鉱油とのみ記載されていた。

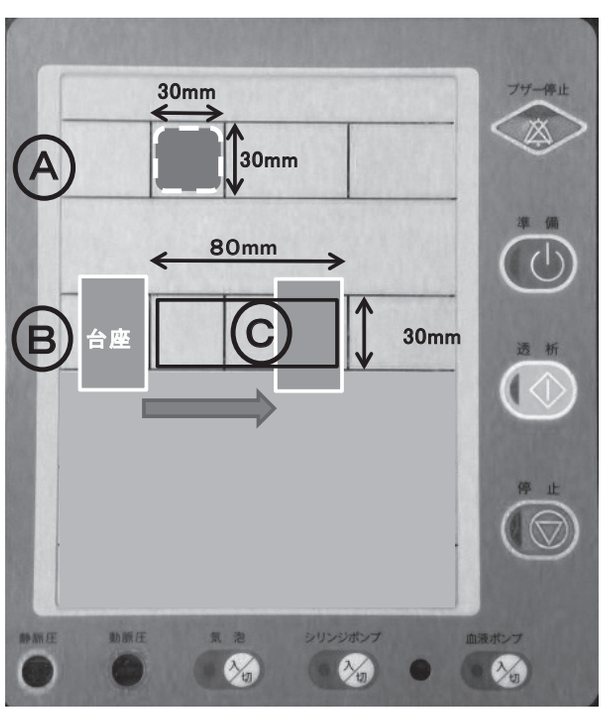

図1 コントロール、拭き取りおよび転写確認用フィルムシート（矢印：台座の移動方向）

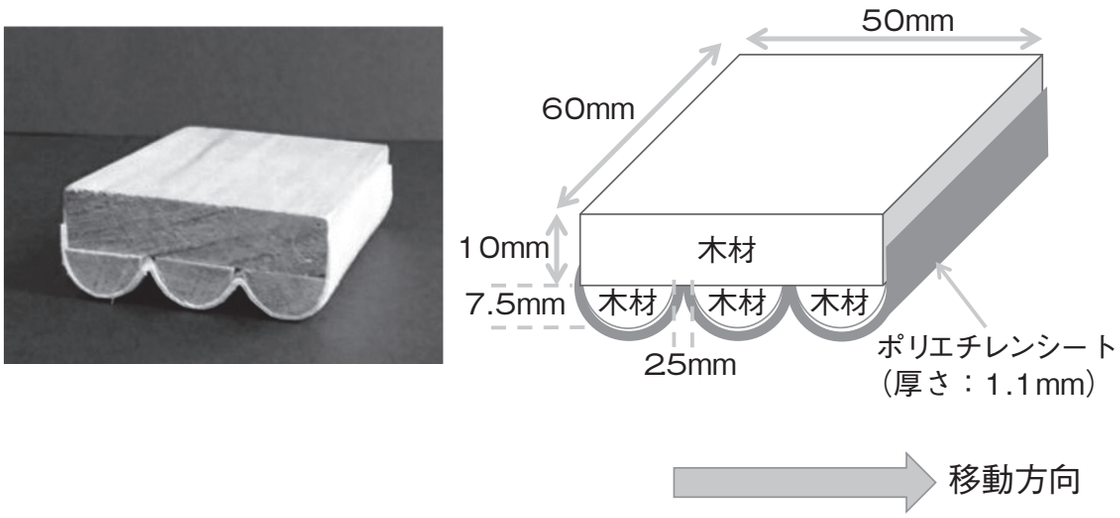

図2　清拭用台座（左：写真　右：材質と寸法）

(5) ATP 測定キット

キッコーマンバイオケミファ（株）社製の試薬一体型拭き取り綿棒ルシパック®Pen（以下、Pen）とルミテスター®PD-20（以下、PD-20）を使用し、操作はキット添付の方法に準拠して実施したが、綿球の湿潤方法については水道水ではなく、50μL の滅菌精製水をマイクロピペットにて添加した。本キットの ATP 測定単位は相対的発光量（Relative light unit、RLU）である。なお、本法は湿潤させた綿球にて表面を拭き取ることから 100% を回収することは困難であり、ヘパリン添加血液を試料とした場合の平均回収率は 70%との結果を得ている（未発表、自検成績）。

(6) 被検用 ATP 溶液の作成方法

チョウバランスコーポレーション社製電子天秤 JP-200® にて、1mg の ATP 結晶と 200g のミシンオイルを秤量した。この両者をガラス製ビーカに入れ、各実験の開始前にヤマト（株）社製超音波洗浄器サンパ W-113® にて 3 分間 28kHz の超音波を発振させて均一な溶液を作成した。

(7) シート表面と台座の清浄化および確認方法

拭き取り効果、転写と染み出し特性確認実験では、同種類のシートと同一の台座を繰り返して使用した。指標である ATP の混入を回避するために、実験前と実験終了時には、滅菌水を含浸させた専用マイクロファイバークロスで表面を清拭し、さらに消毒用エタノール含侵専用マイクロファイバークロスにて清拭した。その後、シート表面では台座の移動部分である 30 × 80 mm、台座では下部の凹凸部全体を湿潤させた Pen 綿棒で拭き取り、ATP 値が 30RLU 以下の場合を清浄度合格として使用した。なお、この判断は水道水を 20 回繰り返して測定した上限値が 20RLU との経験に基づくものである。

3．方　　法

(1) 未拭き取りのコントロール値測定方法

図 1 に示したシートのⒶ部分にマイクロピペットにて 20μL の ATP 溶液を添加し、プラスチック製ディスポーザブルループにて 30 × 30mm の範囲に伸展させた。この部分を滅菌精製水で湿潤させた Pen 綿棒にて拭き取り、PD-20 にて測定した ATP 値をコントロールとした。

(2) 三種類の清拭材による拭き取り効果確認実験

コントロールと同様に ATP 溶液をシートに添加、伸展させた（図 1、Ⓐ）。ATP 溶液はミシンオイルを含むことから光沢があり、伸展範囲が目視で確認可能であった。台座に三種類の清拭材（マイクロファイバークロス、綿ガーゼ、不織布、各 4 つ折り）を巻き付け、清拭材面にマイクロピペットで 1mL の滅菌精製水を添加した。シートを上皿はかりに載せ、加重を 1.5kg に統一して 30 × 80mm の距離を移動させた（図 1、Ⓑ）。その後、移動範囲内（図 1、Ⓒ）を湿潤させた Pen 綿棒で拭き取り、シート表面に残留している ATP 量を測定した。なお、加重は成人 3 名が拭き取りを想定して上皿はかりを押し

付けた値の平均値を採用した。また、拭き取りはATP溶液の添加、伸展の1から2分後に、事前練習を重ねた3名が交互に担当した。測定回数は20回である。

(3) 三種類の清拭材による転写特性確認実験

拭き取り効果確認実験と同様に、清拭材を巻き付けた台座でシート表面を拭き取った。その後、清浄化処理を実施したシートを上皿はかりに載せ、拭き取りに用いた各清拭材を巻き付けた台座を同じ加重にて80mm移動させた。この移動距離面を湿潤させたPen綿棒で拭き取り、各清拭材が清浄シート表面に転写させたATP量を測定した。測定に要した時間と、拭き取り担当者は(2)と同様である。測定回数は20回である。

(4) 三種類の清拭材による染み出し特性確認実験

上述の(2)に示した拭き取り実験終了直後に各清拭材を台座から取り除いた。その後、台座下部の凹凸部全体を湿潤させたPen綿棒で拭き取り、PD-20にて各清拭材から台座表面に染み出したATP量を測定した。測定に要した時間と、拭き取り担当者は(2)、(3)と同様である。測定回数は20回である。

4. 結　果

シート表面にATP溶液を添加および伸展させ、清拭材料で未拭き取りであるコントロール測定成績を表1に示す。20回の測定において、コントロール値の平均値±標準偏差が34,603 ± 6,978RLUであった。なお、今回の研究ではキッコーマンバイオケミファ社製のキットを使用したが、本キットはATPとアデノシン一リン酸を測定するものである[9, 10]。しかし、塗布溶液がミシンオイルに均一に分散させたATP結晶であることから、成績の標記をすべてATP（RLU）とした。

三種類の清拭材料による拭き取り効果確認実験成績を表2に示す。20回の測定においてマイクロファイバークロスによる拭き取り後のシート表面残留ATP平均値±標準偏差が188 ± 70RLU、同様に綿ガーゼが4,834 ± 2,046RLU、不織布では653 ± 174RLUであった。

三種類の清拭材料による転写特性確認実験成績を表3に示す。拭き取り使用後の材料で、他の清浄なシート表面を拭き取り時と同じ加重で移動させた場合のATP平均転写量±標準偏差がマイクロファイバークロスでは

表1　コントロール（未拭き取り値）

No.	ATP（RLU）
1	40,118
2	42,071
3	40,157
4	41,544
5	35,052
6	31,915
7	36,980
8	38,257
9	42,313
10	37,987
11	26,681
12	38,584
13	28,669
14	35,721
15	36,065
16	19,681
17	23,619
18	21,913
19	40,950
20	33,773
平均値	34,603
標準偏差	6,978

表２　三種類の清拭材料による拭き取り効果成績（ATP;RLU）

No.	マイクロファイバークロス	綿ガーゼ	不織布
1	141	5,668	675
2	130	6,340	764
3	285	7,829	640
4	262	4,279	884
5	333	6,382	770
6	109	3,213	868
7	108	5,216	305
8	77	8,926	404
9	192	4,032	349
10	107	2,999	839
11	249	4,244	494
12	188	3,661	678
13	260	2,459	705
14	271	1,641	451
15	172	2,653	849
16	192	5,540	601
17	163	4,055	613
18	195	4,525	633
19	135	8,981	804
20	183	4,045	725
平均値（RLU）	188	4,834	653
標準偏差	70	2,046	174

表３　三種類の清拭材料による転写特性成績（ATP;RLU）

No.	マイクロファイバークロス	綿ガーゼ	不織布
1	146	3,065	345
2	48	1,661	376
3	71	2,539	557
4	62	2,043	602
5	41	1,940	594
6	34	3,292	751
7	33	4,252	479
8	28	3,173	428
9	57	1,566	356
10	114	1,527	365
11	105	866	381
12	131	942	269
13	100	678	223
14	136	346	306
15	90	968	378
16	50	955	258
17	136	503	259
18	105	642	374
19	21	838	367
20	25	1,117	579
平均値（RLU）	77	1,646	412
標準偏差	42	1,096	139

表 4　三種類の清拭材料による染み出し特性成績（ATP;RLU）

No.	マイクロファイバークロス	綿ガーゼ	不織布
1	85	3,039	381
2	27	3,776	747
3	24	2,674	255
4	17	3,306	285
5	38	3,048	237
6	18	4,542	290
7	17	6,594	461
8	17	3,077	286
9	20	2,395	325
10	35	930	280
11	19	722	478
12	9	656	346
13	26	453	613
14	20	128	427
15	39	489	695
16	26	588	439
17	29	522	177
18	29	629	169
19	24	634	754
20	12	203	279
平均値（RLU）	27	1,920	396
標準偏差	16	1,779	180

77 ± 42RLU、同様に綿ガーゼが 1,646 ± 1,096RLU、不織布では 412 ± 139RLU であった。

三種類の清拭材料による染み出し特性確認実験成績を表 4 に示す。清拭材料が拭き取り時に保持した汚染物を、台座に染み出させる ATP 平均値±標準偏差がマイクロファイバークロスでは 27 ± 16RLU、同様に綿ガーゼが 1,920 ± 1,779RLU、不織布では 396 ± 180RLU であった。

5．考　　察

医療施設内環境と各種生体モニター装置は、多数の医療従事者や患者が高頻度に接触することから、手指に由来する汚染物が必然的に付着する。医療関連感染を予防するためには、これらの汚染物を十分に取り去るべきである。特にモニター装置に関しては医療安全確立の観点から、汚染物の除去とともに点検と整備が重要とされている。現在、これらの清拭材料には不織布や綿製品が多く採用されている。

清拭材料に求められる性能としては、汚染物の良好な拭き取り効果を有することが必須と思われる。さらに、通常は一枚の材料で広範囲を清拭することから、材料内部に保持した汚染物を他の場所への転写（再付着）を抑制できること、さらに保持した汚染物を作業者の手指に染み出すことも抑制できる性能を有することも重要と思われる。

繊維径が 2 μ m と極細繊維であるマイクロファイバーが開発され、近年この繊維を織物に加工した（情報提供：東レ株式会社、東レ・メデイカル株式会社）マイクロファイバークロスが「医療機器清拭向け」として利用可能となった。マイクロファイバークロスは極細繊維間に構成されるミクロポケットが存在し、良好な拭き取り効果とともに転写と染み出しを抑制できる可能性がある。

ミクロポケットの例として Toraysee for CE® の断面を走査電子顕微鏡（S-400N®、株式会社日立ハイテクノロジーズ）にて撮影した写真を図 3 に示す（写真提供：東レ株式会社）。

そこで、マイクロファイバークロスと汎用されている二種類の材料について ATP を指標にして性能を評価した。

医療環境や生体モニター装置に付着している汚染物には手指由来成分、体液および塵埃などが考えられる。ATP を含有する被検溶液として、実際の汚染物との類似

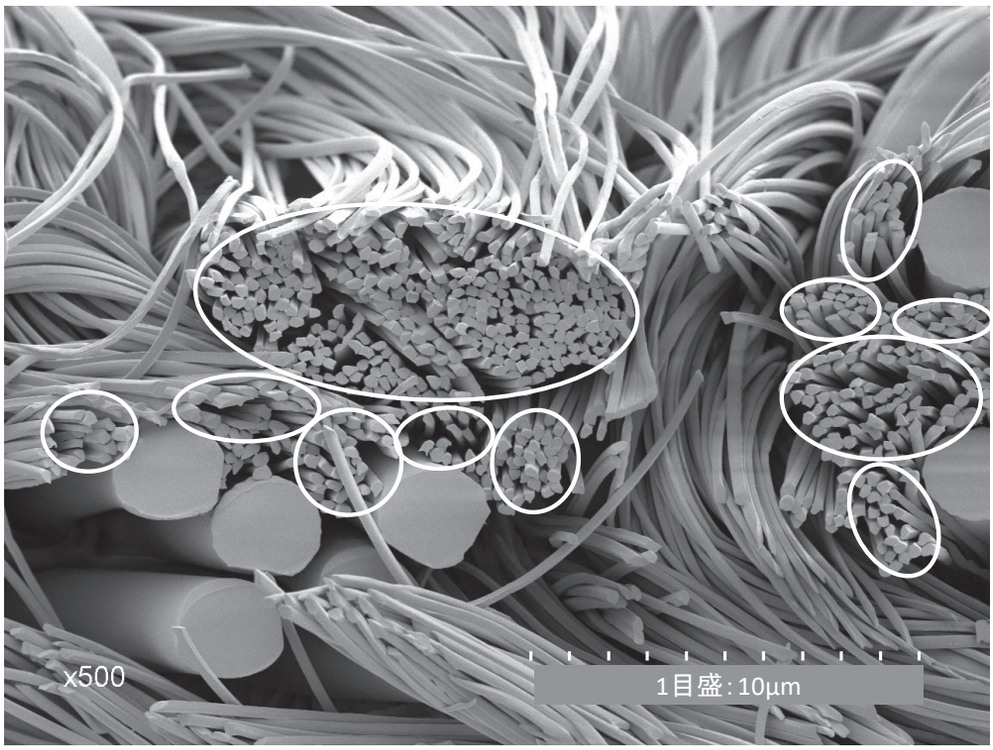

図3　マイクロファイバークロスに存在するミクロポケット（○印）
（写真提供；東レ株式会社）

性と実験の難度を上昇させる目的でミシンオイルを基剤溶液とした。一般的な植物油はATPを極めて高濃度に含有することから、詳細な構成成分は不明であるがミシンオイルを採用した。

超音波を発振させてATP結晶をミシンオイル中に分散させた被検溶液をシート表面に添加、伸展させて拭き取りでのコントロールを測定すると、ATP平均値±標準偏差が34,602 ± 6,978RLUであった（表1）。標準偏差が若干高値であるが、この理由はATP結晶がオイル中に不均一に分散したことによると思われる。

マイクロファイバークロス、綿ガーゼ、不織布をヒト手指を模した台座に巻き付けて被検溶液を拭き取り、シート表面に残留しているATPを測定するとマイクロファイバークロスが平均188RLU、綿ガーゼが4,834RLU、不織布では653RLUであった（表2）。コントロールに対する三者の拭き取り効果および三者間の効果を、Mann-Whitney U-testにて有意差を検定した成績を図4に示す。コントロールに対する三者の拭き取り効果、三者間の効果ともに有意差が認められ（$p<0.01$）、その効果はマイクロファイバークロスが最も優れていた。

三種類の清拭材料にて被検溶液を拭き取り、各材料を清浄なシートを移動させてその部分に転写したATPを測定すると、マイクロファイバークロスが平均77RLU、綿ガーゼは1,646RLU、不織布が412RLUであった（表3）。この成績の有意差を同様に検定した結果を図5に示す。三種類の清拭材の間で転写量に有意差が認められ（$p<0.01$）、材料内部に取り込んだ被検溶液を他表面に転写させる量は、マイクロファイバークロスが最も少量であった。

環境や生体モニター装置の清拭業務では、作業中および作業終了時にはグローブを交換すべきである。なぜなら、汚染物が清拭材料を染み出して（通過して）作業者の手指に付着した場合の危険性を回避するためである。したがって、交差感染防止の観点から、清拭材料には染み出しを抑制する性能が求められる。三種類の清拭材料にて被検溶液を拭き取り、台座表面に染み出した（付着した）ATPを測定するとマイクロファイバークロスが平均27RLU、綿ガーゼは1,920RLU、不織布では396RLUであり（表4）、この成績の有意差検定成績を図6に示す。三者間で有意差が認められ（$p<0.01$）、材料から台座表面に染み出す量はマイクロファイバークロスが最も少量であった。

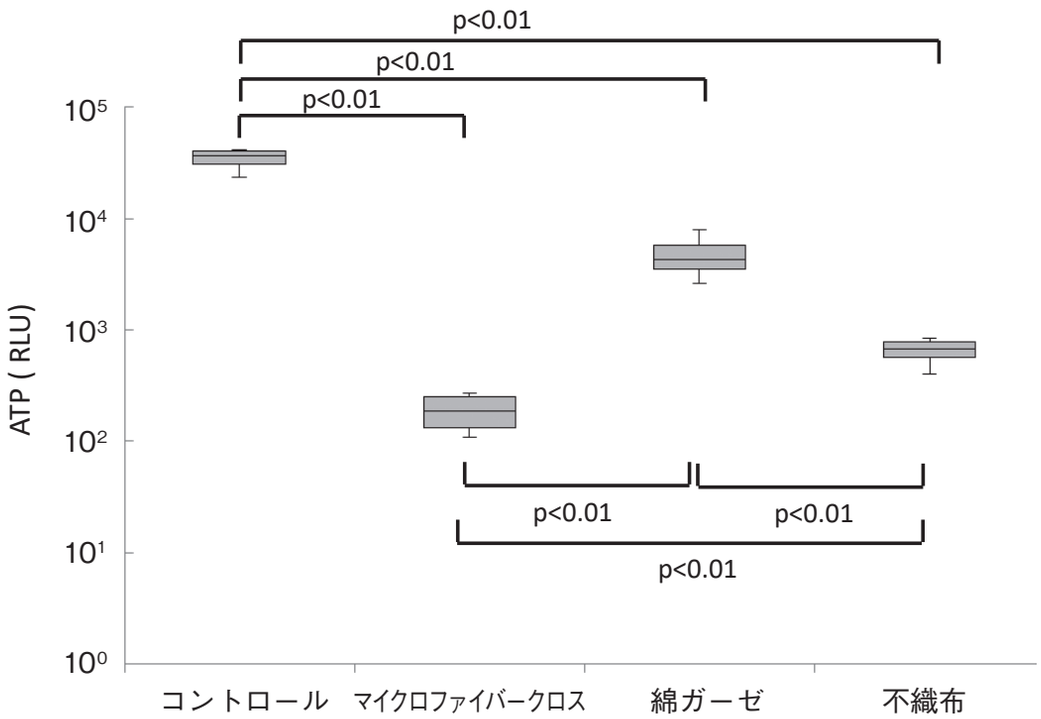

図 4　マイクロファイバークロス、綿ガーゼ、不織布における拭き取り効果の有意差検定成績

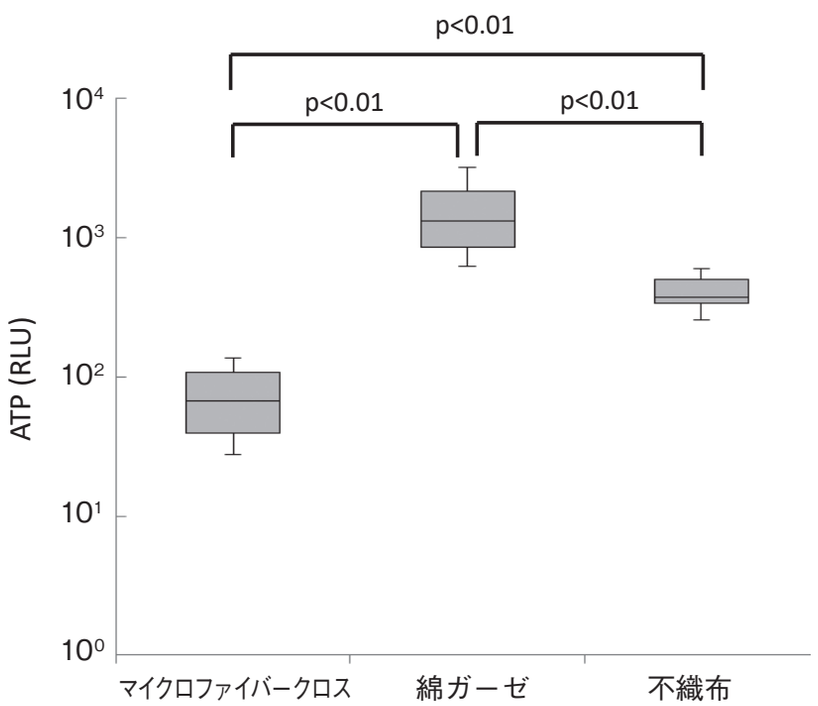

図 5　マイクロファイバークロス、綿ガーゼ、不織布における転写量の有意差検定成績

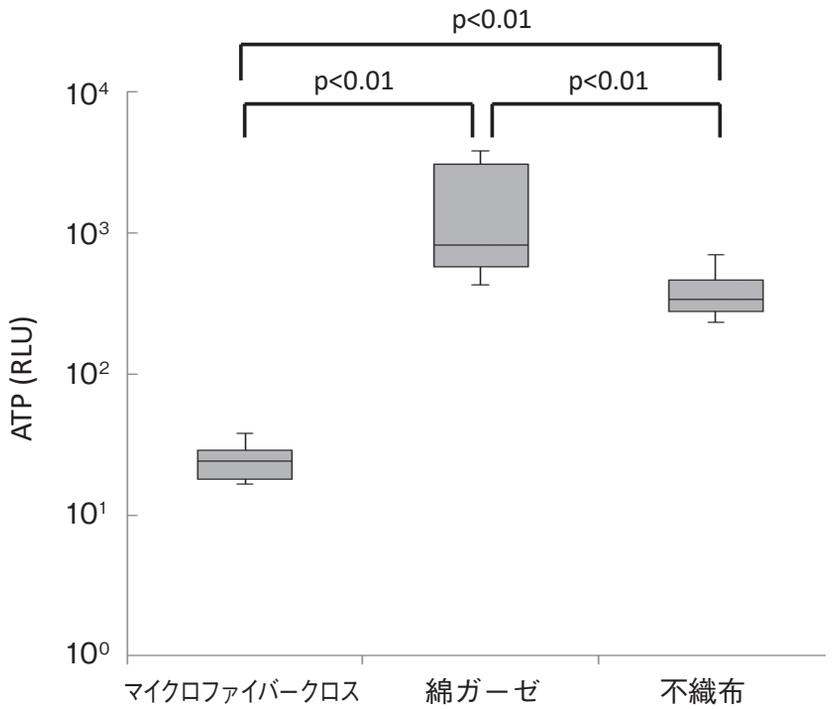

図 6　マイクロファイバークロス、綿ガーゼ、不織布における染み出し量の有意差検定成績

今回の研究は、各一種類のマイクロファイバークロス、綿ガーゼそして不織布を用いた比較ではあるが、マイクロファイバークロスの優れた能力が示された。我々は清拭材材料の性能評価に ATP を用いたが、マイクロファイバークロスについて微生物では有効[11]、細菌芽胞では有効[12]、無効[13]と言った相反する成績も報告されている。

■利益相反について；

共同著者の八木 俊彦、永淵 充、佐下橋 伸寧は性能評価の対象であるマイクロファイバークロスの製造に関連する東レ株式会社および東レ・メデイカル株式会社の所属であり、繊維に関する情報と電子顕微鏡写真の提供を受けた。

■文　　献

1） Quinn MM, Henneberger PK, Braun B, Delclos GL, Fagan K, Knaack JLS, et al. Cleaning and disinfecting environmental surfaces in health care: Toward an integrated framework for infection and occupational illness prevention. *Am J Infect Control* 2015;43:424-434

2） Jones R, Hution A, Mariyaselvam M, Hodges E, Blunt M, Young P. Keybord cleanliness: A controlled study of the residual effect of chlorhexidine gluconate. *Am J Infect Control* 2015;43:289-291

3） Nandy P, Lucas AD, Gonzalez EA, Hitchins V. Efficacy of commercially available wipes for disinfection of pulse oximeter sensors. *Am J Infect Control* 2016;44:304-310

4） 堀口 智之、渡邊 幸二．極細線維～その製法と展開 . *繊維工学* 2003;56:203-209

5） 伏見 了、野口 悟司、船越 文雄、松宮 勝、水谷 綾子、三村 美智子、他．生物学的発光法を用いたアデノシン三リン酸濃度測定による手術器械に付着した血液成分の分析．*日本手術医学会誌* 1999;20:338-343

6） Fushimi R, Takashima M, Yoshikawa H, Kobayashi H, Okubo T, Nakata S, et al. Comparison of adenosine triphosphate, microbiological load, and residual protein as indicators for assessing the cleanliness of flexible gastrointestinal endoscopes. *Am J Infect Control* 2013;41:161-164

7） 柴田 洋文、川添 和善、柴田 高洋、伏谷 秀治、渡邊 実穂、高開登茂子、他 . ATP 拭き取り調査による院内環境表面のモニタリング．*環境感染誌* 2014;29:417-423

8） 大迫 しのぶ、伏見 了、中田 精三、織田 美紀、岡本 昇、勝田 勲、他．長軸綿棒による綿球付着 ATP ＋ AMP 量を指標とした上部消化管内視鏡チャンネル内の汚染の把握と洗浄消毒後の清浄度評価．*環境感染誌* 2016;31:285-291

9） Sakakibara T, Murakami S, Eisaki N, Nakajima M, Imai K. An Enzymatic Cycling Method Using Pyruvate Orthophosphate Dikinase and Firefly Luciferase for the Simultaneous Determination of ATP and AMP(RNA). *Anal Biochem* 1999;268:94-101

10） 鈴木 繁哉、村上 成治．ルシフェラーゼと pyruvate orthophosphate dikinase (PPDK) を組み合わせた新規清浄検査法の開発．*食品工業* 2001;44:25-34

11） 松本 侑子、高橋 和宏、浦野 博水．拭き取りクロスによる付着微生物の除去挙動．*日本防菌防黴学会誌* 2015;43:3-7

12） Trajtman AN, Manickam K. Microfiber cloths the transfer of Clostridium difficile spores to environmental surfaces compared with cotton cloths. *Am J Infect Control* 2015;43:686-689

13） L.Doana, H.Forresta, A.Fakisb, J.Craigc, L.Claxtonc, M.Kharea. Clinical and cost effectiveness of eight disinfection methods for terminal disinfection of hospital isolation rooms contaminated with *Clostridium difficile* 027. *J Hosp Infect* 2012;82:114-121

Study of wiping, transferring and oozing of three kinds of wipes (materials) by evaluating ATP

Masato Amauchi[1], Kouji Soman, Satoshi Hirata[2], Ryo Fushimi[3], Noboru Okamoto[3], Ryohei Takahashi[3], Toshihiko Yagi[4], Mitsuru Nagafuchi[4], Nobuyasu Sagehashi[5]

[1] Asahikawa Medical University, Division of Clinical Engineering

[2] Asahikawa Medical University,Operation region

[3] WATAKYU SEIMOA Co., Ltd. Medical Business Management Division

[4] Toray Industries, Inc. Shiga Plant

[5] Toray Medical Co., Ltd.

Background. Instruments and doorknobs in the medical facilities are easy to be contaminated because patients tend to touch them frequently. In order to prevent infection in the medical facilities, they must be removed.

Objective. Recently, microfiber clothes which have fine fibers (2 μm) in them are developed. The microfiber clothes can absorb more dirt than ordinarily clothes. So we have evaluated three different type of clothes; microfiber cloth, non-woven fabric and cotton fabric. We have assessed the level of wiping, transferring and oozing out.

Methods. We put mineral oil which includes ATP on the surface of the plastics. Three kinds of clothes are attached on a stand base as a hand. After wiping the surface, we have evaluated the residues of the ATP on the clothes; wiping. After seeping away, we wiped another surface and measured the residues of the ATP on the surface; transferring. We have evaluated the ATP which are oozed out from the cloth after seeping away; oozing.

Results. As regards the wiping, the number of the ATP after using microfibers was 188 ± 70 RLU. 653 ± 174 RLU was evaluated after using non-woven fabric and 4,834 ± 2,046 **RLU after using cotton fabric.** The number of the ATP after using microfibers was 77 ± 42 RLU in transferring. 412 ± 139 RLU was measured after using non-woven fabric, and 1,646 ± 1,096 RLU after using cotton fabric.

Regards seeping away, the number of the ATP after using microfibers was 27 ± 16 RLU. 396 ± 180 RLU was found after using non-woven fabric, and 1,920 ± 1,779 RLU after using cotton fabric.

Conclusion. Microfiber clothes are superior to non-woven fabrics and cotton fabrics in wiping. In addition, less material can be found than non-woven fabrics and cotton fabrics in transferring and oozing by using microfiber clothes.

Key words;

microfiber cloth, adenosine triphosphate (ATP), wipe, transfer, ooze out