

■Original article

次亜塩素酸ナトリウム含浸環境清拭クロスの 残留塩素濃度に関する検討

小林 義正^{1, 2}、小林 寛伊¹、梶浦 工¹、菅原 えりさ¹

¹ 東京医療保健大学大学院

² 獨協医科大学越谷病院 感染制御部

Effective chloride concentration in sodium-hypochlorite-impregnated cloths used for environmental cleaning

Yoshimasa Kobayashi^{1,2}, Hiroyoshi Kobayashi¹, Takumi Kajiura¹, Erisa Sugawara¹

¹ Division of Infection Prevention and Control, Department of Healthcare, Faculty of Healthcare, Tokyo Healthcare University Postgraduate School

² Division of Infection Control and Prevention, Dokkyo Medical University Koshigaya Hospital

要旨

背景: 臨床現場では、芽胞形成菌や *Norovirus* など、アルコール消毒薬に抵抗性を示す微生物に対応する環境消毒に、希釈した次亜塩素酸ナトリウム（以下、NaClO）を市販の環境清拭クロスに含浸させて清拭することがある。しかし、NaClO は有機物で不活性化することから、クロスの素材によって不活性化を受け、調製した濃度が担保されていない可能性がある。

目的: 汎用の環境清拭クロスに希釈した NaClO を含浸させ、経時的な残留塩素濃度の変化について検討する。

方法: 汎用の環境清拭クロスより素材の異なる 4 種 5 製品を選択し、NaClO の環境消毒に推奨される範囲で 1,000、3,000、5,000ppm に調製した NaClO 10mL にクロスを含浸させ、経時的に残留塩素濃度を測定した。

結果: 残留塩素濃度は、製品の素材や NaClO 濃度に関わらず経時的に低下したが、塩素残存率は製品により大きく異なり、調製時が 1,000ppm の場合、ポリプロピレンとパルプの混合素材は含浸 30 分後でも 94.6% を維持し、供試製品中では最も保たれていた。他方、100% パルプ製品では含浸後 1 分で 65.0% に低下し、製品中で最も低かった。調製時が 3,000、5,000ppm の場合も、同様の傾向にあった。

結論: 残留塩素濃度の低下は、パルプ 100% の素材が最も顕著で、ポリプロピレンとパルプの混合素材は比較的安定しており、クロスの素材によって異なることが判明した。そこで、推奨される NaClO の濃度で消毒を行なうには、クロスの素材を考慮して濃度を調製するとともに、含浸後のクロスの経過時間についても配慮する必要がある。

Key words : 次亜塩素酸ナトリウム、残留塩素濃度、塩素残存率、環境清拭クロス

1. はじめに

医療関連施設における環境管理として、床や壁など通常医療従事者や患者が直接接触することのない部分では、床や壁などの微生物が医療関連感染の原因になることは

まれである¹⁻³⁾。しかし、2003 年に発表された Centers for Disease Control and Prevention (CDC) の Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities⁴⁾では、環境表面全般について定期的に清掃すること、付着した汚物は直ちに清掃することを勧告した上で、汚染成分が不明な場合や多剤耐性菌などによる汚染の恐れがあ

る場合には United States Environmental Protection Agency, (EPA; 米国環境保護庁) 承認の消毒薬入り洗浄剤で清掃することを勧告している⁴⁾。このような背景を踏まえ、日本の多くの医療関連施設の一般的な病棟では、患者や医療従事者が殆んど接触しない床や壁などは清掃を、頻りに接触するベッド柵やベッドテーブル、床頭台、ドアノブなどは、低水準消毒薬またはアルコールを用いて清拭している。

しかし、医療関連施設の環境整備において、*C. difficile* などの芽胞形成菌、*Norovirus*、また血中ウイルスなどによる感染患者を収容している病室などは、患者の周辺環境が病原微生物により高度に汚染されている可能性があるため、1,000ppm～5,000ppm の次亜塩素酸ナトリウム (NaClO) で環境消毒することが推奨されている⁵⁻⁸⁾。その際、多くの臨床現場では、希釈した NaClO を市販のディスポーザブル環境清拭クロスに含浸させて環境清拭することが見受けられるが、NaClO には臭気や刺激性があり⁹⁾、特に 1,000ppm 以上から臭気を感じるため、推奨値の下限である 1,000ppm に希釈して使用することが多い。しかし、市販されているディスポーザブル環境清拭クロスの多くは、木材を原料としたパルプ製であり、NaClO は木質材質等の有機物により不活性化される⁹⁻¹³⁾。そのため、推奨濃度の NaClO を含浸させた環境清拭クロスで環境消毒を行なっても、実際の濃度が担保されていない可能性がある。

そこで、汎用されている各種ディスポーザブル環境清拭クロスに環境消毒に必要な推奨濃度の NaClO を含浸させ、残留塩素濃度の経時的变化を確認した上で、使用するクロスの素材、含浸する NaClO の濃度、含浸後に使用するまでの時間について検討した。

2. 方 法

2.1 環境清拭クロス 5 種を対象とした経時的残留塩素濃度の測定

2.1.1 使用材料

NaClO を含浸させるディスポーザブル環境清拭クロスとして、医療施設で汎用されている市販の環境清拭クロス製品から、素材の異なる 4 種計 5 製品を選択し、表 1 に示した。すなわち、キュプラ (ハイセガーゼ NT-4[®]、イワツキ株式会社、以下 A)、パルプ+ポリプロピレン (エリエール プロワイプ ストロングタオル

EGO ホワイト[®]、大王製紙株式会社、以下 B)、水解性パルプ (ひねって含浸ハクゾウジアパック 1000[®]、ハクゾウメディカル株式会社、以下 C)、パルプ 100% (キムタオルホワイト[®]、日本製紙クレシア株式会社、以下 D) および、(エリエール プロワイプ ソフトタオル ホワイト[®]、大王製紙株式会社、以下 E) を選択した。パルプ 100% の製品は種類が多いため、2 社の製品を選択した。また、キュプラ (ハイセガーゼ NT-4[®]) は、環境清拭用としては推奨されないが、パルプ素材との比較のため選択した。

これら 5 種の環境清拭クロスを、それぞれ 2.00g ± 0.05g となるように裁断した。各 15 枚準備し、各 3 回測定した。

表 1 環境清拭クロスの素材

| 製品記号 | 製品素材 | 会社名 |
|------|-------------|--------------|
| A | キュプラ 100% | イワツキ(株) |
| B | パルプ+ポリプロピレン | 大王製紙(株) |
| C | 水解性パルプ | ハクゾウメディカル(株) |
| D | パルプ 100% | 日本製紙クレシア(株) |
| E | パルプ 100% | 大王製紙(株) |

2.1.2 残留塩素濃度の測定方法

1^W/_V% 次亜塩素酸ナトリウム (ミルクボン[®]、丸石製薬株式会社) を精製水 (健栄製薬株式会社) で、塩素濃度 1,000ppm (NaClO: 精製水 = 1: 9)、3,000ppm (NaClO: 精製水 = 3: 7)、5,000ppm (NaClO: 精製水 = 1: 1) となるように、それぞれを調製した。各濃度に調製した NaClO の、0 分 (調製時)、10 分、60 分経過後の残留塩素濃度を測定し、コントロールとした。

調製した 1,000、3,000 および 5,000ppm の各 NaClO 液 10mL を、蓋付きのポリプロピレン製容器 (5.7cm × 7.7cm × 3.0cm) に正確に注入し、そこに裁断した各環境清拭クロスを浸して、(以下、含浸クロス) すぐに蓋をした。なお、NaClO 液のクロスへの吸収状況は、NaClO 液が万遍なくクロスに湿潤し乾燥部分がないこと、クロスから液が垂れないこと、容器にも残液がないことを目視にて確認し、10mL 全液がクロスに吸収されたとみなした。

測定時間の設定は、含浸クロスの調製直後 (1 分後) および 5 分後のほか、含浸クロスによる環境消毒の時間を考慮し、1 ベッド + 周囲環境の消毒に要する時間として 10 分後、数ベッド + 周囲環境 (大部屋を想定)

の消毒に要する時間として30分後、1フロア程度の消毒に要する時間として60分後として設定した。

濃度の測定方法は、含浸クロスの調製と同時にタイマーをスタートし、含浸後1分、5分、10分、30分、および60分の各経過後に含浸クロスをポリプロピレン製容器から取り出して、20mLのプラスチック注射器（テルモシリンジ[®]・テルモ株式会社）（以下、シリンジ）に入れて、目盛5mLに対して約1秒の速度でスピッツに用いて絞り出した（以下、圧縮方法）。絞り出したNaClOを残留塩素濃度測定に供した。

残留塩素濃度（次亜塩素酸HClO）の測定には、デジタル残留塩素系（ハンナデジタル残留塩素テスター/全塩素（UHR）Checker HC HI771[®]、ハンナインストルメンツ・ジャパン株式会社）を用いた。当測定器の原理はヨウ素試薬による吸光度法で、塩素を含む検水にヨウ素試薬を加えることで塩素に比例した色調を呈し、この色調の525nmにおける吸光度を内蔵された比色計で測定してデジタル表示するものである。測定範囲は0～500ppm（mg/L）、分解能は1ppm（mg/L）、精度は±3ppm（mg/L）±測定値の5%（25℃）である。

なお、残留塩素濃度測定に際しては、測定範囲の上限である500ppmを超えないように、NaClO 1,000ppm含浸クロスについては2.5倍（約400ppm）、3,000ppm含浸クロスについては8.0倍（約375ppm）、5,000ppm含浸クロスについては12.5倍（約400ppm）に、それぞれを精製水で正確に希釈し、全量を10mLとして測定した。得られた測定値にこれらの希釈倍率を乗じた値を、各含浸クロス中の残留塩素濃度とした。測定は各調製濃度で3回実施した。なお、実施環境は室内散光下で、温度は23.7±1.2℃であった。

2.2 塩素残存率の高かった2種のクロスの再現実験

2.2.1 使用材料

5種のうち塩素残存率の高かったBのパルプ+ポリプロピレン（エリエールプロワイプストロングタオル EGO ホワイト[®]、大王製紙株式会社）とCの水解性パルプ（ひねって含浸ハクゾウジアパック 1000[®]、ハクゾウメディカル株式会社）を用いた。

2.2.2 残留塩素濃度の測定方法

残留塩素濃度測定は2.1.2と同様の方法で実施し、1,000ppmおよび5,000ppmの調整濃度にて、同様の方

法で各10回測定した。なお、実施環境は室内散光下で、温度は20.6±1.8℃であった。

3. 結果

実験にあたり、各含浸クロスから絞り出される液量を、それぞれ精製水で5回測定し、その平均値±標準偏差（mL）を表2に示した。Aは6.2±0.2、Bは6.2±0.1、Cは6.3±0.1、Dは6.2±0.2、Eは6.2±0.1を示し、シリンジを用いた圧縮方法における液量はクロスの素材によらずほぼ同量であった。

表2 各含浸クロスから絞り出された液量（mL）

| 製品記号 | 絞り出された量 |
|------|---------|
| A | 6.2±0.2 |
| B | 6.2±0.1 |
| C | 6.3±0.1 |
| D | 6.2±0.2 |
| E | 6.2±0.1 |

N=5, 平均値±標準偏差

- ・各含浸クロスからの絞り出しは、シリンジを用いた圧縮方法で実施した。
- ・製品記号 A：キューブラ 100% B：パルプ+ポリプロピレン C：水解性パルプ D：パルプ 100% E：パルプ 100%

また、各濃度に調製したNaClOのコントロール値の平均値±標準偏差を表3および表4に示す。各濃度に調製したNaClOの、0分（調製時）、10分、60分経過後の塩素残存率は、調製濃度1,000ppmでは10分後で平均99.6%、60分後で平均98.3%、調製濃度3,000ppmでは、10分後で平均99.1%、60分後で平均98.8%、調製濃度5,000ppmでは10分後で平均99.9%、60分後で平均99.3%であり、塩素残存率の低下は約1%以内であった。

3.1 環境清拭クロス5種を対象とした残留塩素濃度の測定結果

各NaClO調製濃度における含浸クロス中の残留塩素濃度（ppm）の0分（調製時）に対する経時的変化について、各調製濃度で3回測定し、平均値±標準偏差を表3に示した。また、各濃度に調製したNaClOの塩素濃度を100%とした時の、各含浸クロス中の残留塩素濃度の残存率（%）について、各調製濃度で3回測定し、平均値±標準偏差を図1～3にそれぞれ示した。各含浸クロス中の塩素残存率は、製品の素材や調製したNaClO濃度に関わらず、調製液含浸後は経時的に低下した。

表3 環境清拭クロス5種の平均残留塩素濃度 (ppm) の経時的変化

| 目的調整濃度 | 製品記号 | 調整時(0分) | 1分経過後 | 5分経過後 | 10分経過後 | 30分経過後 | 60分経過後 |
|----------|--------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1000 ppm | コントロール | 1041±33.8 | — | — | 1035±30.0 | — | 1017±24.8 |
| | A | | 988±54.1 | 943±38.4 | 905±20.0 | 850±67.3 | 771±75.0 |
| | B | | 1023±28.0 | 1024±36.1 | 989±22.7 | 985±63.0 | 915±20.0 |
| | C | | 1010±37.4 | 1002±46.5 | 965±31.2 | 884±64.9 | 823±46.5 |
| | D | | 930±87.2 | 767±91.7 | 676±126.1 | 423±155.0 | 346±98.2 |
| | E | | 677±170.2 | 433±132.7 | 284±69.8 | 162±11.5 | 136±13.9 |
| 3000 ppm | コントロール | 3130±52.1 | — | — | 3102±65.2 | — | 3093±64.2 |
| | A | | 2996±55.6 | 2905±99.3 | 2897±51.6 | 2728±98.3 | 2498±115.4 |
| | B | | 3097±43.1 | 3087±63.0 | 3069±71.5 | 2973±130.1 | 2847±54.9 |
| | C | | 3013±61.1 | 2960±68.4 | 2939±76.0 | 2784±97.3 | 2563±74.3 |
| | D | | 3016±73.3 | 2910±149.3 | 2907±236.6 | 1674±897.3 | 1407±602.2 |
| | E | | 2646±249.4 | 2053±266.3 | 1663±301.0 | 1221±77.4 | 899±26.9 |
| 5000 ppm | コントロール | 5310±61.6 | — | — | 5323±66.3 | — | 5260±30.4 |
| | A | | 5062±24.8 | 4944±66.7 | 5018±35.5 | 4612±259.2 | 4006±549.6 |
| | B | | 5205±57.7 | 5270±78.8 | 5210±61.8 | 5116±187.6 | 4893±190.4 |
| | C | | 5204±47.5 | 5092±6.9 | 5025±21.4 | 4900±44.8 | 4559±43.7 |
| | D | | 5125±54.3 | 4767±115.0 | 4721±59.4 | 4003±244.7 | 3548±220.2 |
| | E | | 4887±73.8 | 3904±79.6 | 3559±72.4 | 2768±134.3 | 2214±217.4 |

N=3, 平均値±標準偏差
23.7±1.2 °C

- 調整時濃度は 1W/V%次亜塩素酸ナトリウム (ミルクボン®, 丸石製薬株式会社) を精製水 (健栄製薬株式会社) で、塩素濃度 1,000ppm (NaClO: 精製水=1:9)、3,000ppm (NaClO: 精製水=3:7)、5,000ppm (NaClO: 精製水=1:1) となるように、それぞれを調製した。

製品記号 A: キュプラ 100% B: パルプ+ポリプロピレン C: 水解性パルプ D: パルプ 100% E: パルプ 100%

表4 環境清拭クロス2種の平均残留塩素濃度 (ppm) の経時的変化

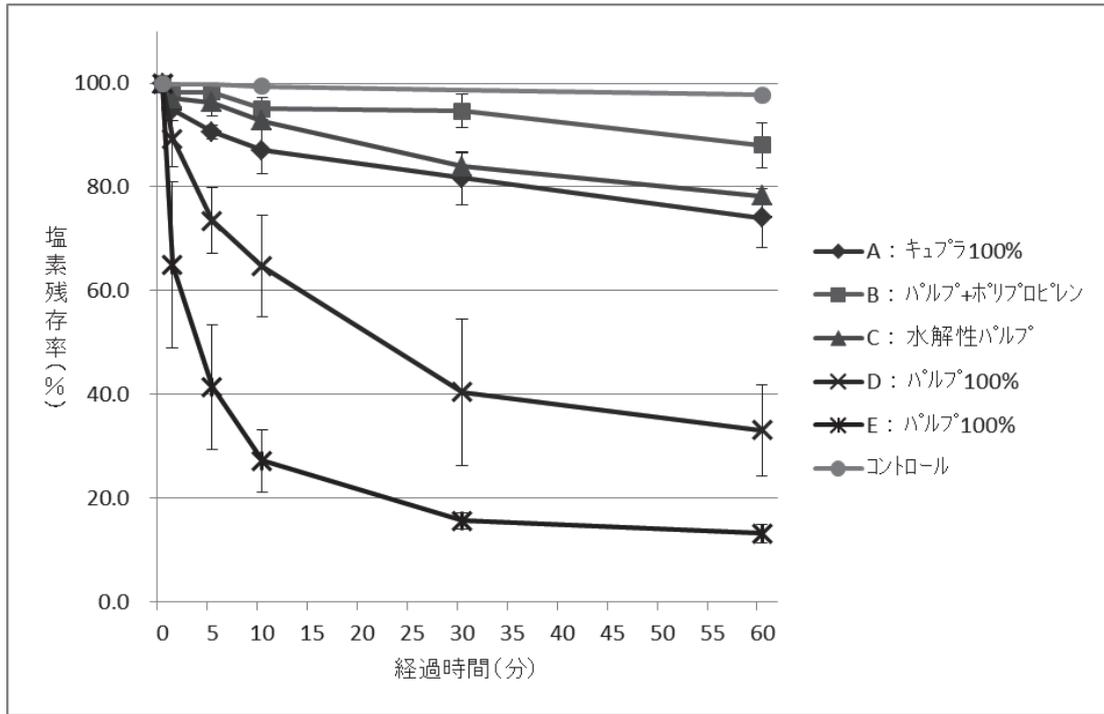
| 目的調整濃度 | 製品記号 | 調整時(0分) | 1分経過後 | 5分経過後 | 10分経過後 | 30分経過後 | 60分経過後 |
|----------|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1000 ppm | コントロール | 1017±2.1 | — | — | 1013±0.0 | — | 1004±1.4 |
| | B | | 1000±8.3 | 994±8.7 | 982±9.3 | 941±8.4 | 909±6.8 |
| | C | | 1001±14.8 | 964±13.6 | 947±10.0 | 898±19.9 | 823±27.6 |
| 5000 ppm | コントロール | 5069±8.5 | — | — | 5063±0.0 | — | 5044±8.5 |
| | B | | 5014±43.1 | 5003±40.3 | 4967±37.4 | 4846±31.2 | 4733±62.1 |
| | C | | 4990±64.2 | 4925±61.2 | 4893±60.7 | 4681±29.6 | 4331±93.6 |

N=10, 平均値±標準偏差
20.6±1.8 °C

- 調整時濃度は 1W/V%次亜塩素酸ナトリウム (ミルクボン®, 丸石製薬株式会社) を精製水 (健栄製薬株式会社) で、塩素濃度 1,000ppm (NaClO: 精製水=1:9)、5,000ppm (NaClO: 精製水=1:1) となるように、それぞれを調製した。
- 製品記号 B: パルプ+ポリプロピレン C: 水解性パルプ

調製時 NaClO が 1,000ppm の場合、キュプラ A の塩素残存率は、含浸 5 分後で 90%以上、10 分後で 86.7%、30 分後で 81.7%、60 分後には 74.1%となった。パルプにポリプロピレンを含有する B の塩素残存率は、含浸 5 分後で 98%以上、30 分後でも 94.6%を維持し、供試した 5 製品中、残留塩素濃度は最も保たれていた。NaClO とのセット製品である水解性パルプの C は A と同等以上の残存率を示し、10 分後で 92.7%、30 分後で 84.9%、60 分

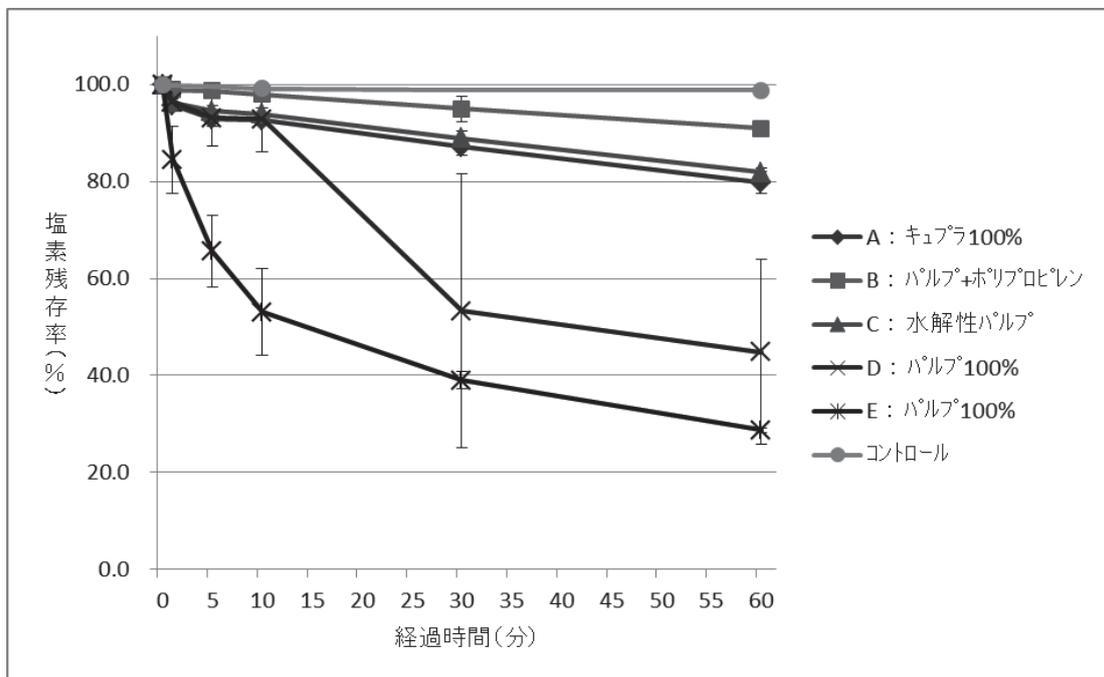
後には 79.1%であった。パルプ 100%の製品 2 種 (D,E) は他製品に比べ残存率の低下は大きかったが、その低下傾向は 2 種で異なっており、D では含浸 5 分後で 73.7%、10、30 および 60 分後では、それぞれ 64.9、40.6 および 33.2%の残存率を示した。他方、E では含浸 1 分後にすでに 65.0%、5 分後で 41.6%、以下同様に 27.3、15.6 および 13.1%の残存率を示し、供試した 5 製品中、E の塩素濃度の低下は最も著しかった。



N=3 , 平均値±標準偏差
23.7±1.2 °C

図1 調整NaClO (1,000ppm) に対する環境清拭クロス5種の平均塩素残存率

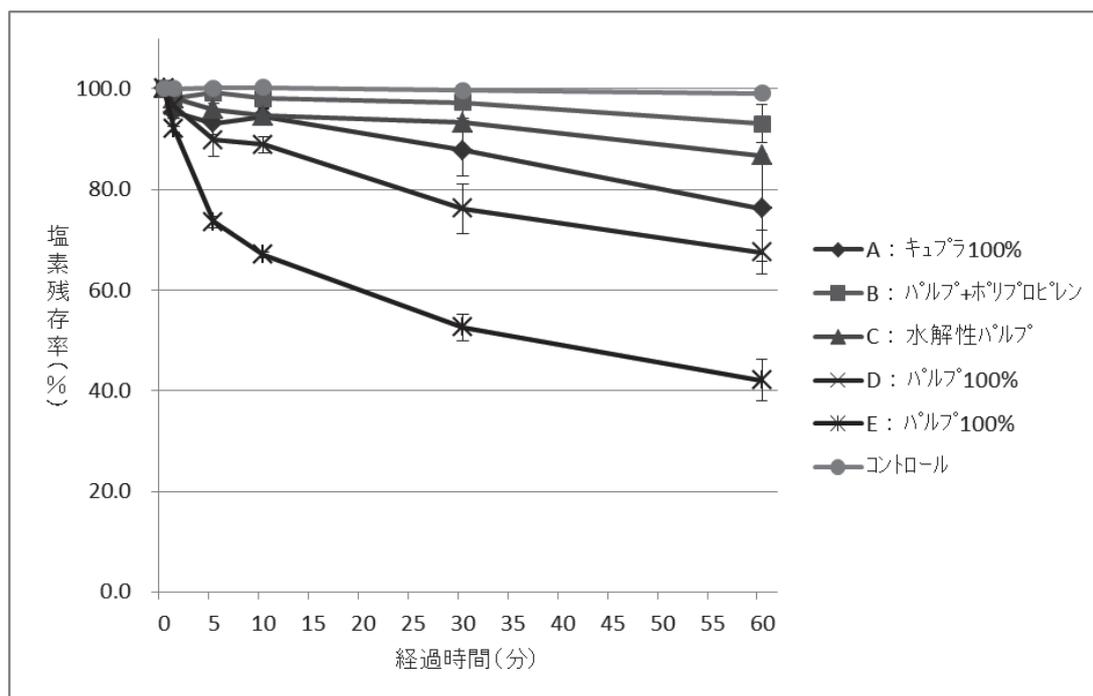
・0分(調製時)のNaClO塩素残存率を100%として、各測定時間における環境清拭クロスの塩素残存率を算出した。



N=3 , 平均値±標準偏差
23.7±1.2 °C

図2 調整NaClO (3,000ppm) に対する環境清拭クロス5種の平均塩素残存率

・0分(調製時)のNaClO塩素残存率を100%として、各測定時間における環境清拭クロスの塩素残存率を算出した。



N=3, 平均値±標準偏差
23.7±1.2 °C

図3 調整NaClO (5,000ppm) に対する環境清拭クロス5種の平均塩素残存率

・0分(調製時)のNaClO塩素残存率を100%として、各測定時間における環境清拭クロスの塩素残存率を算出した。

調製時NaClOが3,000ppm、および5,000ppmの各含浸クロスの塩素残存率は、調製時のNaClO濃度が高いほど維持される傾向にあったが、1,000ppmの場合と類似の挙動を示し、パルプとポリプロピレン混合のBの残存率は5製品の中で最も高く、両濃度調製時の含浸60分後も90%以上を維持していた。キュプラのA、および水解性パルプのCは、両濃度調製時の含浸30分までは共に約90%を示した。一方、パルプ100%製品の残存率は他の素材に比べ低く、Dの含浸10分後の残存率は両濃度調製時ともに約90%を維持していたが、30分後の残存率では調製時3,000ppmで53.5%、5,000ppmでは75.4%であった。Eの残存率はDよりもさらに低下し、両濃度調製時とも含浸1分後は約90%を示したが、調製時5,000ppmであっても含浸5分後には73.5%、60分後には41.7%であった。

3.2 塩素残存率の高かった環境清拭クロス2種の測定結果

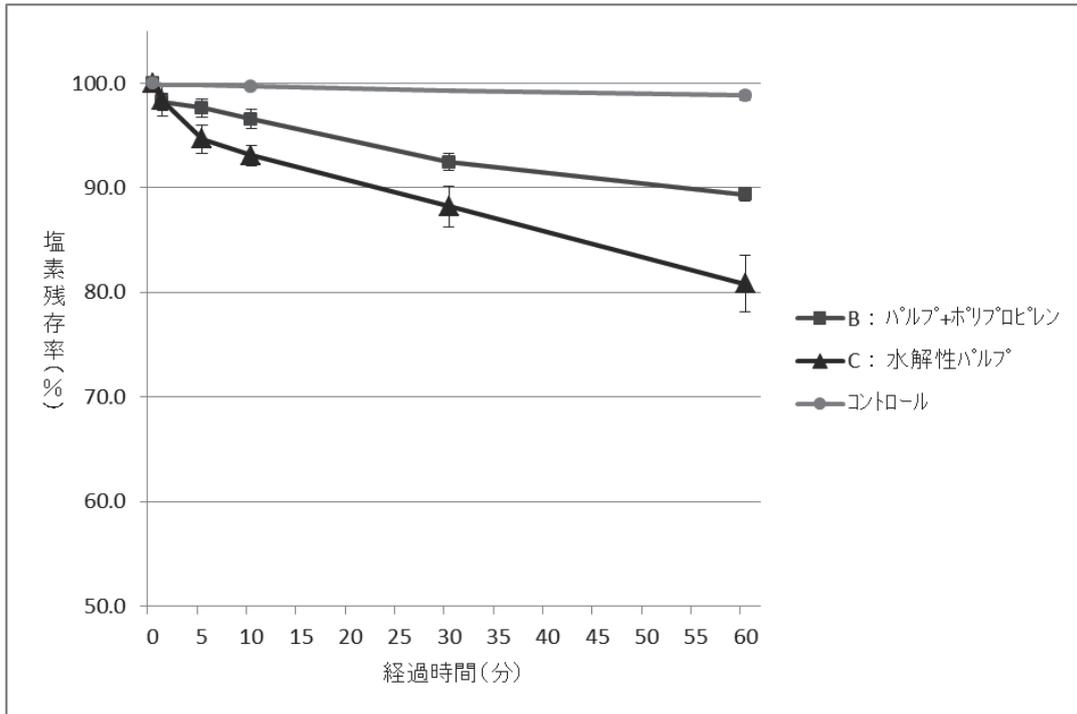
塩素残存率の高かった2種の環境清拭クロスBとCについて、1.と同様に1,000ppm、および5,000ppmのNaClO調製濃度における含浸クロス中の残留塩素濃度(ppm)の0分(調製時)に対する経時的変化について、各調製

濃度で10回測定し、平均値±標準偏差を表4に示した。また、各含浸クロス中の残留塩素濃度の残存率(%)について、測定10回の平均値±標準偏差を図4.5にそれぞれ示した。2種の含浸クロス中の経時的な塩素残存率は、調製時NaClOが1,000ppmの場合、30分経過後でクロスBは92.4%、クロスCは88.2%、60分経過後ではクロスBが89.4%、クロスCが80.8%であった。調製時NaClOが5,000ppmの場合、30分経過後でクロスBは95.5%、クロスCは92.2%、60分経過後ではクロスBが93.2%、クロスCが85.3%であり、再現性が確認された。

4. 考 察

今回、*C. difficile*などの芽胞形成菌やNorovirusなどによる環境汚染が疑われる時の環境消毒について、推奨される1,000~5,000ppmのNaClO液を含浸させた環境清拭クロス中の残留塩素濃度を経時的に測定し、含浸クロス中の残留塩素濃度の変化について検討した。

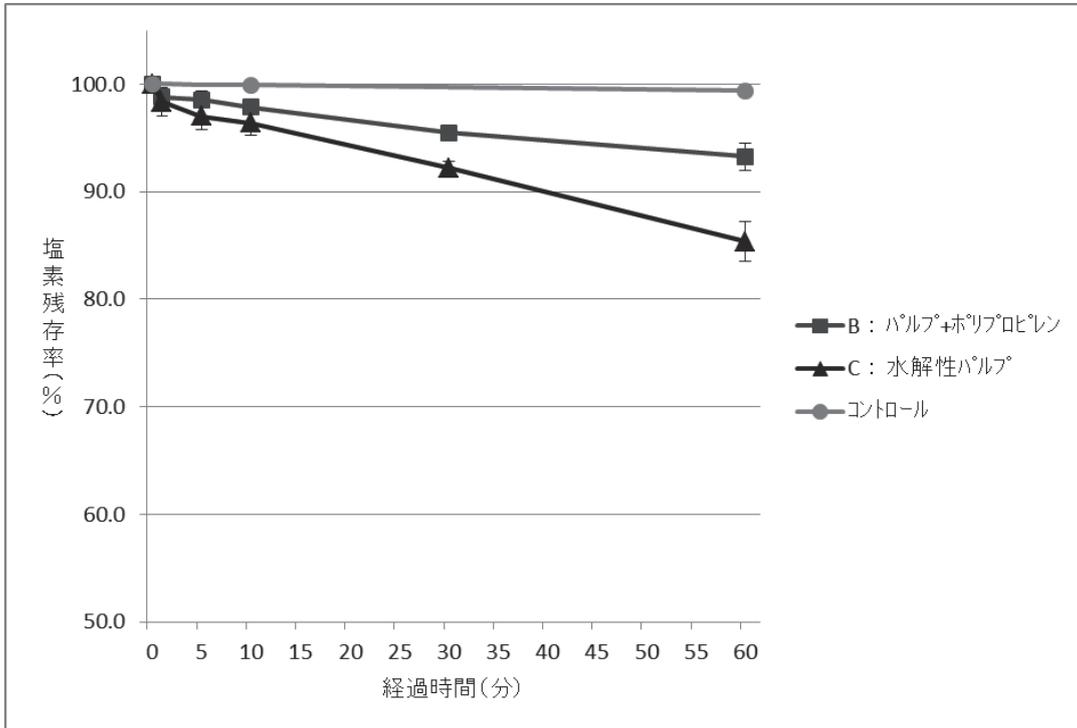
含浸クロス中の残留塩素濃度は、表3に示したように、どの素材であっても、また調製時のNaClOの濃度に関わらず経時的に低下した。しかし、その低下傾向は図1~3に示したように、クロスの素材によって異なることが判



N=10, 平均値±標準偏差
20.6±1.8 °C

図4 調整NaClO (1,000ppm) に対する環境清拭クロス2種の平均塩素残存率 (再現実験)

・ 0分 (調製時) の NaClO 塩素残存率を 100%として、各測定時間における環境清拭クロスの塩素残存率を算出した。



N=10, 平均値±標準偏差
20.6±1.8 °C

図5 調整NaClO (5,000ppm) に対する環境清拭クロス2種の平均塩素残存率 (再現実験)

・ 0分 (調製時) の NaClO 塩素残存率を 100%として、各測定時間における環境清拭クロスの塩素残存率を算出した。

明した。すなわち、キュプラ素材、ポリプロピレンを含むパルプ素材、または水解性パルプ素材に比べ、臨床現場で最も汎用されると考えられるパルプ 100%の素材は、例えば調製時が 1,000ppm の場合、D は含浸 30 分後の塩素残存率は $40.4 \pm 14.2\%$ 、E に至っては含浸 1 分後にすでに $64.9 \pm 16.1\%$ まで低下し、その残留塩素濃度の低下が最も顕著であった。

NaClO は有機物、光、温度などによって不活化されるという特徴がある⁹⁻¹³⁾。有機物と接触すると次亜塩素酸(HOCl)が食塩(NaCl)と水(H₂O)に分解され不活性化する。供試した 1,000ppmNaClO の濃度は、有機物(血清 1%)添加直後には約 80%、15 分後に約 60%、1 時間後では約 20%に低下するとされている⁹⁾。今回対象としたパルプを素材とするディスパーザブル環境清拭クロスは、原料は木材であり有機物そのものである。しかし、木材(パルプ)から紙(セルロース)を生成する過程において、有機物を排除する工程がある。すなわち、パルプは木材を破碎した木材チップからパルプ化工程を経て取り出される。木材チップの主成分は、セルロースとヘミセルロースといった多糖類と、多糖類を接着して樹木を強固にするリグニンで 90%以上を占めている¹⁴⁾。パルプから紙を生成する工程において、不純物であるリグニンを取り除くために塩素漂白や酸素漂白が行なわれ、酸や塩基に対して強い抵抗を示すセルロースが残る¹⁵⁾。つまり、最終段階では NaClO に反応する物質は除去されていると考えられる。しかし、今回検討したパルプ 100%の D と E は濃度低下が顕著であり、これは、脱リグニン処理の過程で除去しきれなかったリグニンがパルプに残存しているのではないかと考えられる。また、同じパルプ 100%の素材であっても、D と E の残留塩素濃度は異なる挙動を示したことから、パルプの漂白過程における残留リグニンの含有量は両者で異なることが考えられるが、このような相違の発生や要因の詳細な解析については、同一メーカー内の製品、または複数社の多数製品を用いた精査が必要と考える。

水解性パルプの C は、同じくパルプ 100%であるが、塩素残存率は、含浸 10 分後 92.7%、60 分後は 79.1%で比較的高値を示し、再現実験でもその挙動が確認された。水溶性の特徴として、製造工程で水に不溶性のヘミセルロースやリグニンを除去することにより、水解性パルプ全量の 80 重量%以上がセルロース繊維であるとされている¹⁴⁾。このことが残留塩素濃度の残存率に反映したも

のと考えられる。なお、キュプラ素材の A は、主原料をコットン・リスターと呼ばれる綿の実から綿花を採った後に残る短い繊維で作られたセルロースで、銅アンモニア溶液で繊維を溶かして紡糸する¹⁶⁾。セルロースの含有率は 90~95%に達しており、水解性パルプ C と同様に有機的な不純物の存在量は減少していると推測され、このことが残留塩素濃度の残存率に反映したものと考える。なお、A については、生体への使用を主目的として販売されており、通常的环境清拭用としては高価であるが、場面に応じての適用候補になるものと考えられる。なお、パルプ素材の環境清拭クロスについて述べてきたが、ベニヤ板(合板)に塗布した *Bacillus atrophaeus* を、0.1%または 0.5%次亜塩素酸ナトリウムで清拭した時、60 分間経過しても不活化されなかったと報告されているように⁸⁾、被消毒表面が木製の場合 NaClO は不適切であることも忘れてはならない。

一方、今回の検討で、ポリプロピレンを含むパルプ素材の B において塩素残存率は含浸 60 分後であっても約 90%を維持していることが再現実験でも確認され、検討したクロスの中では最も安定であることが判明した。ポリプロピレンはプロピレンを重合させた熱可塑性樹脂で、酸、アルカリ、鉱物油など多くの薬品に対し優れた耐薬品性を持っている¹⁷⁾。よって、ポリプロピレンと NaClO は反応性が低い。今回の検討で使用したポリプロピレンを含むパルプ素材 B の塩素残存率は高かったが、混合されているパルプ素材の残留リグニンの含有量によっては残留塩素濃度が低下することも推測されるため、同様の製品による今後の検証が必要である。

次に、塩素濃度と時間については、3,000ppm、5,000ppm と調製時の NaClO 濃度を高くすることで、含浸クロス中の塩素残存率の低下は軽減し、3,000ppm では全ての素材において 30 分経過後までは約 40%以上の残存率を維持、5,000ppm では 60 分経過後で 40%以上の残存率を維持することを確認した。このことから、濃度低下が懸念されるパルプ 100%の環境清拭クロスを用いて環境消毒を実施する場合には、調製時の NaClO 濃度を高めに調整し、あるいは使用するまでの時間をなるべく短くすることを配慮する必要がある。今回の検証したパルプ 100%素材の D、および E の場合、NaClO 濃度 1,000ppm を維持するには、含浸後 1 分程度の使用時間であれば調整時の NaClO 濃度は 2,000ppm 以上に、それ以降 60 分までの使用を考慮するのであれば、同 NaClO 濃度は 3,000ppm 以

上に調製する必要がある。

臨床現場では NaClO は手軽な消毒薬として汎用されており、また、血液汚染時、*C. difficile* などの芽胞形成菌、そして *Norovirus* などによる環境汚染が疑われる時は第1選択の環境消毒として一般化されている。しかし、今回の検討で、デスポーザブル環境清拭クロスに NaClO を含浸させた場合、残留塩素濃度の低下を引き起こしにくいクロスと引き起こしやすいクロスの存在が明らかになった。しかし現状において、使用者である医療従事者がその違いを見分けることはできない。その上での現実的な対応として、NaClO を環境清拭クロスに含浸させて環境消毒を実施する場合、推奨される濃度を維持するためには、初発濃度をそれより高く調製し、できる限り短時間で使用することである。また、今回供試したような簡易な残留塩素濃度測定機器を利用し、臨床現場にて残留塩素濃度を確認することも適切な環境消毒の一助になるものと考えられる。そして、昨今、臨床現場で NaClO が多用されていることを鑑み、デスポーザブル環境清拭クロスの各メーカーに対して、クロスの素材に関する情報公開および残留塩素濃度の低下を引き起こし難い製品の製造、販売を要望したい。

感染制御担当者はとかく消毒薬の推奨濃度調整に関心が向きがちだが、環境消毒を行なう場合、クロス中の有効塩素濃度は、クロスの素材、パルプに含まれるリグニンの量、含浸クロス調製後の経過時間、清拭対象物などの影響を受け、低下傾向にあることを念頭に置き、現実的かつ妥当な感染制御策を提案すべきである。

■引用文献

- 1) 一山 智, 小林寛伊, 吉倉廣, 荒川宜親. 患者環境の清潔管理 (リネン類含む) エビデンスに基づいた感染制御 - 第1集 - 基礎編. 東京: メヂカルフレンド社 2003; 71-80.
- 2) 小林寛伊 編集. 新版 消毒と滅菌のガイドライン. 東京: へるす出版 2012; 36-37.
- 3) 小林寛伊 指導, 大久保憲 監修, 吉田製薬 文献調査チーム. 消毒薬テキスト第4版: 吉田製薬株式会社 2012; 62-67.
- 4) CDC, HICPAC. Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. *MMWR* 2003; 52: (RR-10) 22-23.
- 5) 吉田俊介. 病院環境表面に用いる消毒薬. *感染制御* 2004; 1(1): 35-39.
- 6) 小林寛伊, 大久保憲, 吉田俊介. 病院感染対策のポイント 2005: 協和企画; 38-43.
- 7) 尾家重治, 小林晃子, 古川裕之. *Clostridium difficile* の芽胞に対する次亜塩素酸ナトリウム清拭の消毒効果. *日本環境感染学会誌* 2012; 27(5): 329-332.
- 8) Oie S., Obayashi A., Yamasaki H., et al.: *Disinfection methods for spores of Bacillus atrophaeus, B. anthracis, Clostridium tetani, C. botulinum and C. difficile*. *Biol. Pharm. Bull.* 2011; 34: 1325-1329.
- 9) 感染防止のための消毒剤使用マニュアル第4版 大阪: 丸石製薬株式会社 2014; 23-25.
- 10) 西野武志, 多賀康, 黒臺範子. 消毒剤次亜塩素酸ナトリウム溶液の安定性及び殺菌力に対する塩化ナトリウム濃度の影響. *化学療法領域* 1999; 15(10): 119-130.
- 11) 神谷 晃, 尾家重治. 改訂2版 消毒剤の選び方と使用上の留意点: 株式会社じほう 2006; 15-16.
- 12) 今村理佐ほか. 富山県における次亜塩素酸ナトリウム製剤の使用実態およびその安定性に関する検討. *日病薬誌* 2009; 45(1): 89-92.
- 13) 清水優子, 牛島廣治, 北島正章. ヒトノロウイルスの代替としてマウスノロウイルスを用いた消毒薬による不活化効果. *日本環境感染学会誌* 2009; 24(6): 388-394.
- 14) 原口隆英, 原田浩, 伏谷賢美. 木材の化学: 文永堂出版株式会社 2001; 2-3.
- 15) 河江綾乃, 内田洋介, 広葉樹 ECF 漂白パルプのヘキセンウロン酸と褐色との関係 (第一報), *紙パ技協誌* 2010; 64(2): 170-176.
- 16) 原口隆英, 原田浩, 伏谷賢美. 木材の化学: 文永堂出版株式会社 2001; 60-61.
- 17) 小川俊夫. *高分子材料化学*. 第1版. 東京: 共立出版株式会社 2009; 79-83.

利益相反

利益相反はない。

Effective chloride concentration in sodium-hypochlorite-impregnated cloths used for environmental cleaning

Yoshimasa Kobayashi^{1,2}, Hiroyoshi Kobayashi¹, Takumi Kajiura¹ and Erisa Sugawara¹

¹ Division of Infection Prevention and Control, Department of Healthcare, Faculty of Healthcare, Tokyo Healthcare University Postgraduate School

² Division of Infection Control and Prevention, Dokkyo Medical University Koshigaya Hospital

BACKGROUND. Sodium hypochlorite (NaClO) is recommended for use as an environmental disinfectant that handles microorganisms that exhibit resistance against alcohol-based disinfectants. Such microorganisms include spore-forming bacteria such as *clostridium difficile* and *norovirus*. However, NaClO can be inactivated by organic matter and by the NaClO-impregnated cloths used for cleaning, thereby diminishing the actual concentration of NaClO.

OBJECTIVE. Impregnate environmental cleaning cloths with NaClO of various concentrations and examine the residual available chlorine concentration of NaClO as a function of time.

METHODS. Five environmental cleaning cloths composed of different materials were selected for testing. The cloths were cut so as to be approximately the same weight. The NaClO was prepared at concentrations of 1000, 3000 and 5000 ppm, and 10 mL of each solution was impregnated into the cloths. Then, the residual chlorine concentration after impregnation was monitored as a function of time.

RESULTS. The residual chlorine ratio in each cloth, irrespective of the material, and the NaClO concentrations decreased over time. The residual chlorine ratio greatly varied depending on the product. The cloth impregnated with 1000 ppm NaClO and composed of polypropylene and mixed pulp

materials exhibited the highest residual ratio of 94.6% after 30 min. In contrast, the cloth composed of 100% pulp exhibited the lowest residual chlorine ratio. Furthermore, the cloths impregnated with 3000 and 5000 ppm NaClO solutions tended to exhibit higher residual chlorine ratios.

CONCLUSIONS. The effective chlorine concentration of each cloth decreased over time, irrespective of the concentration of NaClO at the time of preparation. The cloth composed of 100% pulp, which is the most widely used clinical material, exhibited the lowest residual chlorine ratio. Therefore, for sterilization at the appropriate chlorine concentration, a greater NaClO concentration in the impregnation solution gives better results. The residual chlorine ratio in the pulp material that contained polypropylene was relatively stable.

The residual available chlorine concentration in the cloths was observed to vary depending on the material. When the effective chlorine concentration and the cloth material are considered, cloths should be used within a short period of time when NaClO is used as an environmental disinfectant.

Keywords.

sodium hypochlorite (NaClO), residual available chlorine concentration, chlorine residual ratio, environment cleaning cloth