

拭取り除染資器材の効果の検証

下倉 剛*, 中山 隆裕*, 清水 崇一*

概 要

大規模な化学災害の現場では、多数の傷病者をいかに短時間で除染し、いかに早期に救急搬送して医療機関へ引き継ぐかが、救命率や傷病者の予後に大きな影響を与えていると言われている。しかし、多数の傷病者に対して大量除染が必要となる場面においては、拭取り除染用として配置されているタオルやウェットタオルが不足する事態に陥ることが懸念されている。一方、漏洩した油や化学物質などの液体を吸着して取り除くために配置されている油等吸着マットは、タオルやウェットタオルの代替品として使用できる可能性があり、そのような場面における有用性が期待されているが、これらの拭取り除染の効果に関する検証例は極めて少ないのが現状である。

本検証では、タオルやウェットタオル、油等吸着マット及び代替となり得る市販流通品の除染効果を、拭取り前後における汚染物質の重量を測定して評価した。その結果、油等吸着マット及び市販流通品は、タオルの代替品として使用できる可能性が示唆された。また、拭取り除染を行う上で有用な知見を得ることができた。

1 はじめに

医療機関へ引き継ぐため、化学災害現場で化学物質に汚染された傷病者の除染は不可欠である。除染には、汚染された衣服や履物を除去する乾的除染と、乾的除染では除去できない汚染を洗浄や拭取りにより除去する水的除染がある。拭取り除染は、水的除染において水洗する前に目立った汚染を除染資器材で直接拭き取って除去するもので、当庁では拭取り除染資器材として、綿製のタオル及びウェットタオルを使用している。また、拭取り除染の際、汚れた面で何度も傷病者を拭かないこと、除染資器材は使いまわしをしないこと等の注意が必要であり、傷病者の汚染量や汚染範囲の広さによっては一人の傷病者に対して複数枚の除染資器材を使用することがある。よって、除染資器材の使用枚数は傷病者の数より多くなり、大規模NBC災害時には、拭取り除染用として配置されているタオルやウェットタオルが不足する事態に陥ることが懸念される。

NBC災害対応専門部隊等には、漏洩した油や化学物質などの液体を吸着して取り除くことができる油等吸着マットが配置されており、これがタオルと同程度の除染効果をもつ有用な除染資器材となり得ると考えられ、多数傷病者の効率的な除染に有効であることが期待される。しかし、除染資器材についての検証例は極めて少なく、除染資器材の違いによる除染効果について明らかにする必要がある。

2 検証目的

本検証ではタオルやウェットタオル、油等吸着マット及び代替となり得るものの拭取り除染効果を明らかにし、除染資器材としての有効性を検討することを目的とする。

3 検証方法

本検証では、拭取り除染資器材として当庁で使用しているタオル及びウェットタオル、漏洩した油や化学物質などの液体を吸着して取り除くための油等吸着マット並びに市販されており安価に入手可能なものとして、カウンタークロス、マイクロファイバークロス、ペーパータオルの3種類を選定し、計6種類を用いた。各資器材の素材、大きさ及び厚さを表1に示す。

なお、ウェットタオルは、資器材中唯一水分を含んでおり、その表示によると、精製水の他に、アクリル系高分子、ブチルカルバミン酸ヨウ化プロピニル等を含んでいる。また、市販流通品の商品表示等に示された仕様、用途は以下のとおりである。

カウンタークロスは吸水性に優れた不織布の布巾で、食器拭きや調理時や拭き掃除等に使用される。マイクロファイバークロスの高い吸水性と速乾性をもつ化学繊維のクロスで、拭き掃除等に使用される。ペーパータオルは、厨房等において水切り、油切り、拭き掃除等に適しており、幅 22.8cm、長さ 22.5cm 毎にミシン目がつけられており 175 枚分がロール状に巻かれている。本検証で

* 危険物質検証課

は、2枚分を1回の拭取りに使用した。

表1 資器材の素材、大きさ及び厚さ

名称	素材 (商品表示)	1枚あたりの 大きさ(cm) (商品表示)	1枚あたりの 厚さ(mm) (実測)
タオル	綿 100%	30.0×74.0	2.5
油等吸着マット	ポリプロピレン 100%	38.1×50.8	3.0
ウェットタオル	綿 100%	35.0×84.0	3.5
カウンター クロス	レーヨン 100%	35.0×60.0	0.2
マイクロ ファイバー クロス	ポリエステル 80% ナイロン 20%	30.0×40.0	4.0
ペーパータオル	バルブ 100%	22.5×22.8	0.1

これらの資器材について以下の2種類の検証を行った。

3-1 資器材の観察

各資器材の間隙、繊維構造及び繊維断面を、走査型電子顕微鏡（株式会社日立ハイテクノロジーズ社製 Miniscope[®] TM3030Plus、以下「SEM」という。）を用いて観察した。

3-2 残存率の測定

実験は、化学物質で汚染された状態を想定し、汚染対象上に汚染物質を滴下した。この汚染物質を資器材で拭取り除染し、拭取り前後の汚染物質の重量を電子天秤で測定した。汚染物質の重量変化から残存率を算出し、除染効果の指標とした。実験条件を(1)から(5)までに示す。

(1) 汚染対象

拭取り除染は、人体が化学物質で汚染された状態を資器材で拭取ることにより化学物質を除去することを想定しているが、安全性及び評価の再現性を考慮し、毒劇物防護衣の生地を汚染対象とした。毒劇物防護衣の生地は、株式会社 重松製作所製で、PVC及びナイロンの単層構造である。

(2) 汚染物質

酸・塩基である塩酸（和光純薬工業株式会社）と水酸化ナトリウム（和光純薬工業株式会社）水溶液、有機物として、薬品のトルエン（和光純薬工業株式会社）、農薬のスミチオン[®]（住友化学園芸株式会社）及び油脂のサラダ油を汚染物質とした。いずれも工場や大学の研究室等では日常的に扱っている汎用性のある物質である。

塩酸及び水酸化ナトリウム水溶液は濃度によっては物性が異なると考え、塩酸は濃度 35%と 1 mol/L、水酸化ナトリウム水溶液は飽和水溶液と濃度 1 mol/L のものを用いた。汚染物質量は、各 2 mL とした。検証で使用した汚染物質の概要を表2に示す。

表2 検証で使用した汚染物質の概要

名称	分類	備考
塩酸 (35%)	強酸	塩化水素 35~37wt%水溶液
塩酸 (1 mol/L)	強酸	塩化水素 3.6wt%水溶液
水酸化ナトリウム水溶液 (飽和)	強塩基	飽和濃度まで固体の水酸化ナトリウムを室温の水に溶解したもの
水酸化ナトリウム水溶液 (1 mol/L)	強塩基	固体の水酸化ナトリウムを水に溶解し、1 mol/Lに濃度を調整したもの
トルエン	薬品系有機物	含量：99.5%
スミチオン	農薬系有機物	MEP:50%有機溶剤、界面活性剤等：50%
サラダ油	油脂系有機物	食用調合油（食用大豆油、食用なたね油）

(3) 拭取り方法

図1に示すとおり、資器材の吸着力のみによる方法（以下「吸着のみ」という。）と、資器材でつまみ取るようにして汚染物質を除去する方法（以下「つまみ取り」という。）の2種類とした。

吸着のみは、汚染物質を資器材で覆い、強い力が加わらないように資器材の上から手で5秒間押さえた。つまみ取りは、吸着のみと同様の手順で3秒間押さえた後、2秒間で汚染物質を可能な限りつまみ取った。いずれの除染方法も、資器材は新品を使用することとし、汚染対象上の汚染物質に資器材が接触している時間は計5秒間とした。

なお、水酸化ナトリウム水溶液（飽和）は、拭取り1回では除染効果が低く評価が困難のため、拭取りを2回行った。

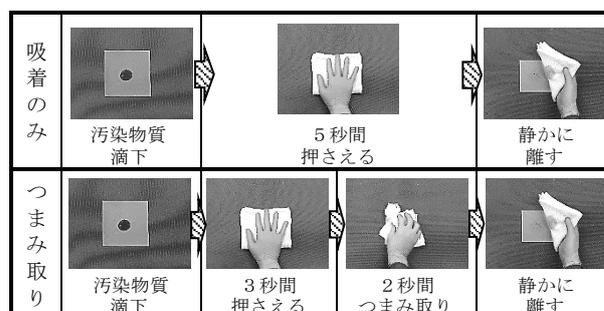


図1 拭取り方法

(4) 残存率の算定

汚染物質7種類、資器材6種類、拭取り方法2種類の組み合わせの84パターンに対して各3回、計252回の実験を実施した。

除染効果の指標として、除染前の初期汚染量を A_N 、除染後の汚染量を A_K とすると、除染効果は百分率として①式により求めることができる¹⁾。

$$\alpha_D = \frac{A_K}{A_N} \times 100(\%) \quad \dots \textcircled{1}$$

本検証では、拭取り前後における汚染対象上の汚染物

質量をそれぞれ A_N 、 A_K とし、 α_D を残存率とした。
残存率が低いほど除染効果は高く、残存率が高いほど除染効果は低いと考えられる。

4 検証結果及び考察

4-1 資器材の観察

各資器材の表面及び繊維断面のSEM画像を表3にまとめて示す。

タオルは繊維を撚って0.4mmの繊維の束としたものを隙間なく織り込み、表面は繊維の束により凹凸をつくっていた。繊維の太さは10~20 μm でそら豆のような扁平な形をしており、中空構造を有していた。

油等吸着マットは不織で、直線状の太い繊維の隙間に細い繊維が入り込み、表面は密な構造となっていた。繊維の表面は滑らかで、その太さは2~30 μm であった。

ウエットタオルは水分を含んでおり、SEMでの分析ができないため、観察は実施しなかった。

カウンタークロスは不織で、やや縮れた繊維を0.8から1mmの束にしたもので、規則正しい2mm四方の格子状となっていた。格子には直径1mmの空隙があり、表面は疎な構造となっていた。繊維の表面は繊維軸方向に凹凸が連続し、多くの筋が見られた。繊維の太さは10~20 μm であった。

マイクロファイバークロス は1mmの繊維の束としたもので織り込み、繊維の表面は滑らかで、太さは5~10 μm であった。

ペーパータオルは不織構造であり、2mm間隔で0.4×0.6mmの窪みがあった。繊維は複雑に絡み合い、表面は密な構造となっていた。

4-2 残存率の測定

(1) 汚染物質ごとの結果

汚染物質ごとの結果をアからキまでに示す。

なお、アからキまでにおいて、残存率を示す各図は、3回測定した値のばらつきの幅を帯で示したものである。帯の内部の線は中央値、×は平均である。

また、算出した残存率の最高値に応じてランクをつけた。ランクは、2%未満を◎、2%以上10%未満を○、10%以上30%未満を△、30%以上50%未満を□、50%以上を×とした。残存率に応じたランクを表4に示す。

表4 残存率に応じたランク

ランク	残存率の範囲	除染効果
◎	2%未満	十分に高い除染効果
○	2%以上10%未満	高い除染効果
△	10%以上30%未満	一定の除染効果
□	30%以上50%未満	低い除染効果
×	50%以上	非常に低い除染効果

ア 塩酸 (35%)

吸着のみによる各資器材の残存率を図2に、つまみ取りによる各資器材の残存率を図3に示す。

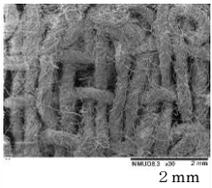
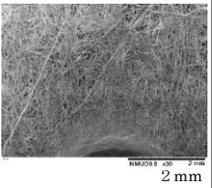
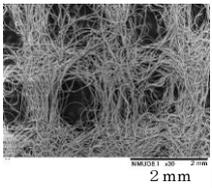
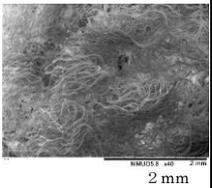
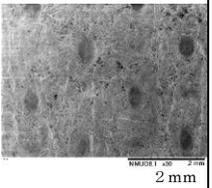
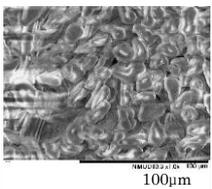
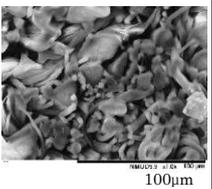
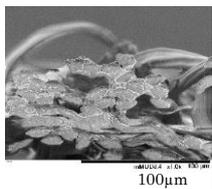
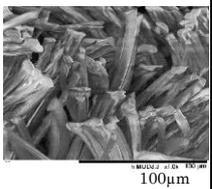
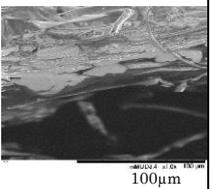
(ア) 各資器材の残存率のランク (吸着のみ)

タオル、油等吸着マット、ウエットタオル、カウンタークロス及びマイクロファイバークロスは◎ (十分に高い除染効果)、ペーパータオルは○ (高い除染効果) であった。ただし、ペーパータオルは3.3%であり、◎ (十分に高い除染効果) に近い値を示した。全ての資器材は十分に高い又は高い除染効果があると考えられる。

(イ) 各資器材の残存率のランク (つまみ取り)

各資器材は吸着のみのものと同様であった。ただし、ペーパータオルは2.1%であり、◎ (十分に高い除染効果) に近い値を示した。全ての資器材は十分に高い又は高い除染効果があると考えられる。

表3 各資器材の表面及び繊維断面のSEM画像

	タオル	油等吸着マット	ウエット タオル	カウンタークロス	マイクロファイバークロス	ペーパータオル
表面 (×30)			N/D			
繊維断面 (×1000)			N/D			

ウ) 資器材が溶解したことについて

カウンタークロスは、塩酸（35%）を吸着した部分が直ちに溶解し、ゲル状となった。カウンタークロスが溶解したのは、塩酸によりレーヨンの α -セルロースが加水分解され、繊維が脆化された²⁾ことが原因と考えられる。

繊維の鑑別の試験では、繊維の試薬に対する溶解性の試験がある。塩酸の他に、本検証では扱っていない物質ではあるが、脱水作用をもつ濃硫酸は綿、レーヨン、ポリエステル等、酸化作用をもつ濃硝酸はナイロン、ポリエステル等を「溶解する」とされている³⁾。このような組み合わせ、すなわち、汚染物質に対して溶解性を示す繊維で構成されるものを拭取り除染に使用した場合、汚染物質と反応した資器材の一部が人体の皮膚に付着、残留するすることで、除染効果が低くなる等の影響を与えることが考えられる。

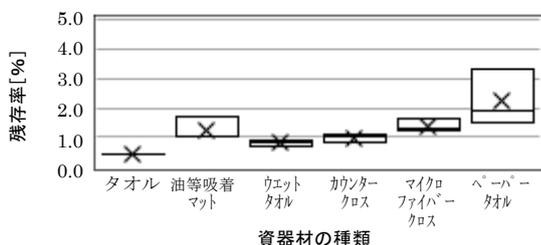


図2 塩酸（35%）の吸着のみによる各資器材の残存率

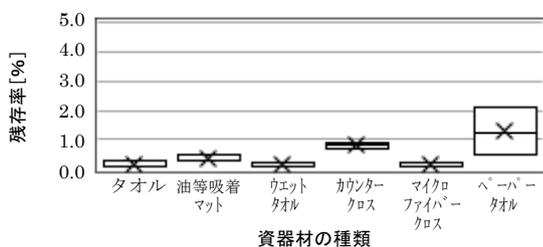


図3 塩酸（35%）のつまみ取りによる各資器材の残存率

イ 塩酸（1 mol/L）

吸着のみによる各資器材の残存率を図4に、つまみ取りによる各資器材の残存率を図5に示す。

ア) 各資器材の残存率のランク（吸着のみ）

全ての資器材は◎（十分に高い除染効果）であったことから、十分に高い除染効果があると考えられる。

イ) 各資器材の残存率のランク（つまみ取り）

全ての資器材は◎（十分に高い除染効果）であったことから、十分に高い除染効果があると考えられる。

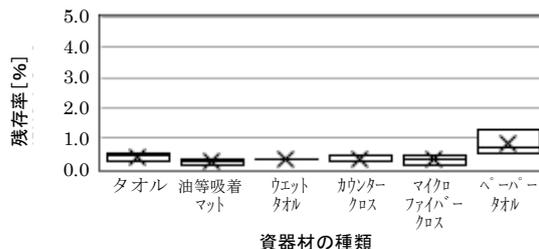


図4 塩酸（1 mol/L）の吸着のみによる各資器材の残存率

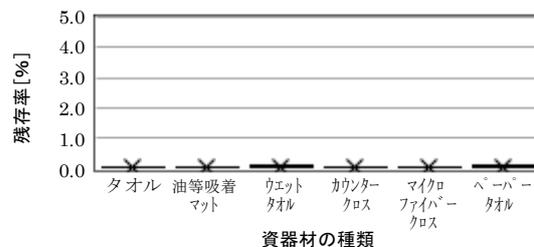


図5 塩酸（1 mol/L）のつまみ取りによる各資器材の残存率

ウ 水酸化ナトリウム水溶液（飽和）

吸着のみによる各資器材の残存率を図6に、つまみ取りによる各資器材の残存率を図7に示す。

ア) 各資器材の残存率のランク（吸着のみ）

ウエットタオルは、◎（十分に高い除染効果）、油等吸着マットは△（一定の除染効果）、タオル、カウンタークロス及びペーパータオルは□（低い除染効果）、マイクロファイバークロス×（非常に低い除染効果）であった。

ウエットタオルは十分に高い、その他の資器材は一定の、低い又は非常に低い除染効果があると考えられる。

イ) 各資器材の残存率のランク（つまみ取り）

ウエットタオルは、◎（十分に高い除染効果）、カウンタークロス及びペーパータオルは△（一定の除染効果）、タオル及び油等吸着マットは□（低い除染効果）、マイクロファイバークロス×（非常に低い除染効果）であった。カウンタークロスとペーパータオルのランクが吸着のみと異なるものの、吸着のみと同様のことがいえる。

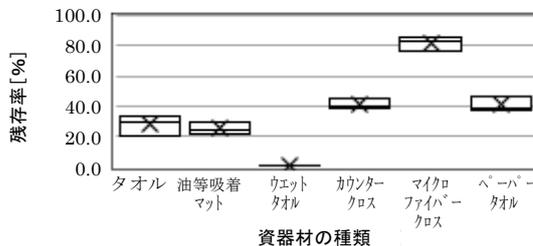


図6 水酸化ナトリウム水溶液（飽和）の吸着のみによる各資器材の残存率

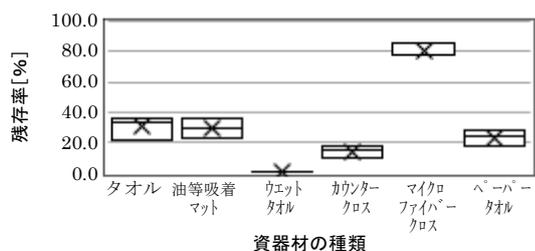


図7 水酸化ナトリウム水溶液（飽和）のつまみ取りによる各資器材の残存率

(ウ) 残存率が上がったことについて

水酸化ナトリウム水溶液（飽和）のみにおいて、残存率が4割から8割程度と高い結果が得られたことから、水酸化ナトリウム水溶液（飽和）を吸着した直後の資器材について観察を行った。

拭取り後の各資器材の表面の様子を図8に示す。吸着のみ及びつまみ取りいずれにおいても、拭取り後、ウエットタオルでは汚染物質が内部まで浸透したのに対し、その他の資器材では汚染物質が内部まで浸透することなく、汚染物質の液滴が表面に留まった。資器材の内部まで浸透しなかったため、吸着のみ及びつまみ取りいずれにおいても除染効果が低くなったことが原因と考えられる。なお、この現象はウエットタオル以外の資器材において、汚染物質が水酸化ナトリウム水溶液（飽和）の時のみにみられた。

水酸化ナトリウム水溶液（飽和）は、他の汚染物質よりも表面張力が大きく、ぬれを起こしにくい。ゆえに資器材に吸着されにくくなり⁴⁾、資器材の表面に留まった可能性がある。

既に水分を含んでいるウエットタオルは、他の資器材よりもぬれを起こしやすく、水酸化ナトリウム水溶液（飽和）を吸着しやすい可能性がある。

水酸化ナトリウム水溶液（飽和）に対しては資器材を水で湿らせると高い除染効果が期待できると考えられる。

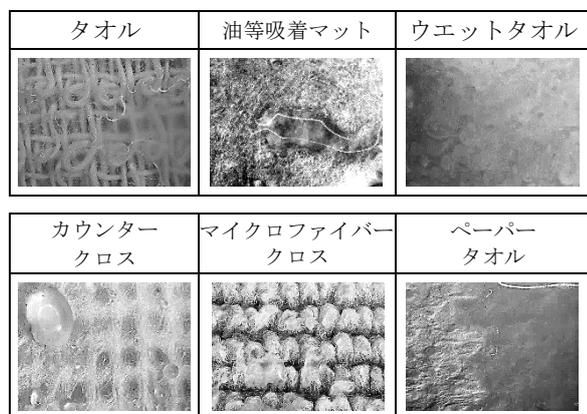


図8 水酸化ナトリウム水溶液（飽和）吸着のみにおける拭取り後の各資器材の表面の様子

エ 水酸化ナトリウム水溶液（1 mol/L）

吸着のみによる各資器材の残存率を図9に、つまみ取りによる各資器材の残存率を図10に示す。

(ア) 各資器材の残存率のランク（吸着のみ）

全ての資器材は◎（十分に高い除染効果）であったことから、十分に高い除染効果があると考えられる。

(イ) 各資器材の残存率のランク（つまみ取り）

全ての資器材は◎（十分に高い除染効果）であったことから、十分に高い除染効果があると考えられる。



図9 水酸化ナトリウム水溶液（1 mol/L）の吸着のみによる各資器材の残存率

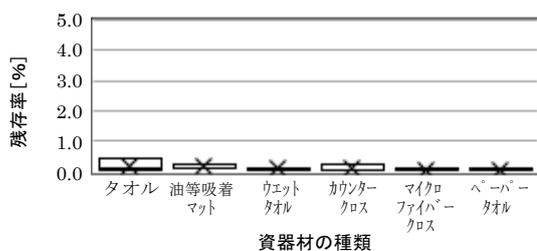


図10 水酸化ナトリウム水溶液（1 mol/L）のつまみ取りによる各資器材の残存率

オ トルエン

吸着のみによる各資器材の残存率を図11に、つまみ取りによる各資器材の残存率を図12に示す。

(ア) 各資器材の残存率のランク（吸着のみ）

全ての資器材は○（高い除染効果）であったことから、高い除染効果があると考えられる。

(イ) 各資器材の残存率のランク（つまみ取り）

全ての資器材は○（高い除染効果）であったことから、高い除染効果があると考えられる。

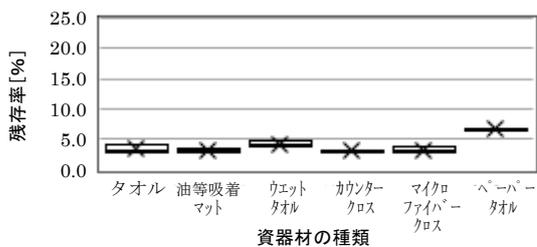


図11 トルエンの吸着のみによる各資器材の残存率

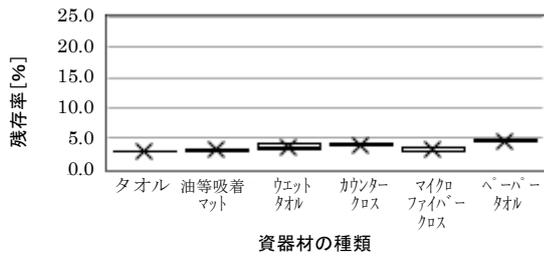


図 12 トルエンのつまみ取りによる各資器材の残存率

カ スミチオン

吸着のみによる各資器材の残存率を図 13 に、つまみ取りによる各資器材の残存率を図 14 に示す。

(ア) 各資器材の残存率のランク (吸着のみ)

タオル、油等吸着マット、ウエットタオル、カウンタークロス及びマイクロファイバークロスには○ (高い除染効果)、ペーパータオルは△ (一定の除染効果) であった。ペーパータオル以外の資器材は高い、ペーパータオルは一定の除染効果があると考えられる。

(イ) 各資器材の残存率のランク (つまみ取り)

マイクロファイバークロスには◎ (十分に高い除染効果)、タオル、油等吸着マット、ウエットタオル及びカウンタークロスは○ (高い除染効果)、ペーパータオルは△ (一定の除染効果) であった。ただし、マイクロファイバークロスは、1.9%であり、◎ (十分に高い除染効果) に近い値を示した。マイクロファイバークロスは非常に高い、ペーパータオルは一定の、それ以外の資器材は高い除染効果があると考えられる。

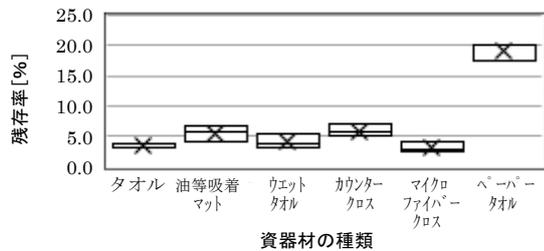


図 13 スミチオンの吸着のみによる各資器材の残存率

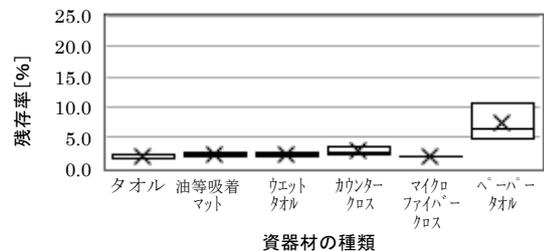


図 14 スミチオンのつまみ取りによる各資器材の残存率

キ サラダ油

吸着のみによる各資器材の残存率を図 15 に、つまみ取りによる各資器材の残存率を図 16 に示す。

(ア) 各資器材の残存率のランク (吸着のみ)

タオル、油等吸着マット、カウンタークロス及びマイクロファイバークロスには○ (高い除染効果) であった。ウエットタオル及びペーパータオルは△ (一定の除染効果) であった。タオル、油等吸着マット、カウンタークロス及びマイクロファイバークロスは高い、ウエットタオル及びペーパータオルは一定の除染効果があると考えられる。

(イ) 各資器材の残存率のランク (つまみ取り)

タオル、油等吸着マット、カウンタークロス及びマイクロファイバークロスには◎ (十分に高い除染効果)、ウエットタオルは○ (高い除染効果)、ペーパータオルは△ (一定の除染効果) であった。

タオル、油等吸着マット、カウンタークロス及びマイクロファイバークロスは非常に高い、ウエットタオルは高い、ペーパータオルは一定の除染効果があると考えられる。

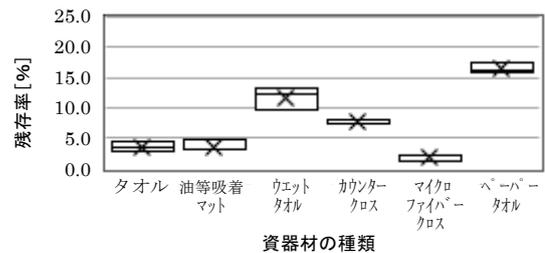


図 15 サラダ油の吸着のみによる各資器材の残存率

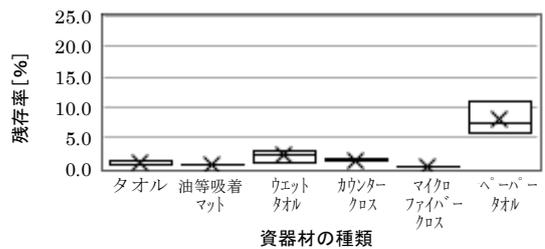


図 16 サラダ油のつまみ取りによる各資器材の残存率

(2) 資器材ごとの結果及び考察

(1)にて各汚染物質及び各資器材の残存率をランク分けしたものを表にまとめた。吸着のみを表 5、つまみ取りを表 6 に示す。

各資器材がタオルの代替品となり得るかを考察するため、ランクをタオルと比較した。資器材ごとの結果及び考察をアからカまでに示す。

ア タオル

吸着のみ及びつまみ取りいずれにおいても塩酸(35%)、塩酸(1mol/L)及び水酸化ナトリウム水溶液(1mol/L)は◎(十分に高い除染効果)、トルエン、スミチオン及びサラダ油は○(高い除染効果)、水酸化ナトリウム水溶液(飽和)は□(低い除染効果)であった。拭取り回数が水酸化ナトリウム水溶液(飽和)のみ2回であることを考えても、他の汚染物質の時よりも残存率は高かった。水酸化ナトリウム水溶液(飽和)以外の汚染物質において、高い除染効果をもつ資器材であるといえる。

イ 油等吸着マット(タオルとの比較)

吸着のみ、水酸化ナトリウム水溶液(飽和)においてランクはタオルより高かったが、残存率は4割程度で、タオルに近い。その他のランクはタオルと同様であった。つまり、全ての汚染物質においてタオルと同程度の除染効果をもつ代替品となり得る資器材といえる。

ウ ウエットタオル(タオルとの比較)

水酸化ナトリウム水溶液(飽和)においてタオルよりも除染効果は特に高い。サラダ油においてタオルよりも除染効果が低くなるが一定の除染効果がある。これらの他の汚染物質において、タオルと同程度の除染効果をもつ資器材といえる。

なお、吸着のみ、つまみ取りいずれにおいても、すべての汚染物質において一定の除染効果を持つ唯一の資器材であった。

エ カウンタークロス(タオルとの比較)

つまみ取り、水酸化ナトリウム水溶液(飽和)の組み合わせにおいて、ランクはタオルより高くなった。その他の組み合わせにおいて、ランクはタオルと同様であった。つまり、4-2アで述べた塩酸(35%)において、溶解したという点に留意した上で、タオルと同程度の除染効果をもち、代替品となり得る資器材といえる。

オ マイクロファイバークロス(タオルとの比較)

つまみ取り、スミチオンの組み合わせにおいて、ランクはタオルより高かったが、残存率に注目すると1.9%はタオルのランクに近い。吸着のみ及びつまみ取りいずれにおいても、水酸化ナトリウム水溶液(飽和)において、ランクはタオルより低く、残存率に注目すると、その差はそれぞれ大きいものであった。

また、吸着のみ及びつまみ取りいずれにおいても、非常に低い除染効果を示した水酸化ナトリウム水溶液(飽和)において、積極的に活用できるとはいえない。その他の汚染物質においてはタオルと同程度の除染効果をもち、代替品となり得る資器材といえる。

カ ペーパータオル(タオルとの比較)

吸着のみ及びつまみ取りいずれにおいても、塩酸(35%)、スミチオン及びサラダ油において、タオルのランクよりも低くなった。すなわち、ペーパータオルは、塩酸(35%)、スミチオン及びサラダ油において、タオル

よりも除染効果は低くなるが一定の除染効果がある。これらの他の汚染物質においては、タオルと同程度の除染効果をもち、代替品となり得る資器材といえる。

表5 吸着のみによる各汚染物質及び各資器材の残存率をランク分けしたもの

		資器材					
		タオル	油等吸着マット	ウエットタオル	カウンタークロス	マイクロファイバークロス	ペーパータオル
汚染物質	塩酸(35%)	◎ _{0.4}	◎ _{1.7}	◎ _{0.9}	*◎ _{1.1}	◎ _{1.6}	○ _{3.3}
	塩酸(1mol/L)	◎ _{0.5}	◎ _{0.3}	◎ _{0.3}	◎ _{0.4}	◎ _{0.4}	◎ _{1.3}
	水酸化ナトリウム水溶液(飽和)	□ _{33.1}	△ _{28.8}	◎ _{0.1}	□ _{44.7}	× _{85.2}	□ _{45.8}
	水酸化ナトリウム水溶液(1mol/L)	◎ _{1.0}	◎ _{0.8}	◎ _{0.3}	◎ _{0.1}	◎ _{0.2}	◎ _{0.3}
	トルエン	○ _{4.0}	○ _{3.4}	○ _{4.6}	○ _{3.2}	○ _{3.7}	○ _{6.7}
	スミチオン	○ _{3.8}	○ _{6.7}	○ _{5.4}	○ _{6.9}	○ _{4.2}	△ _{20.1}
	サラダ油	○ _{4.4}	○ _{4.6}	△ _{13.3}	○ _{8.1}	○ _{2.2}	△ _{17.5}

◎ : 2%未満 □ : 30%以上50%未満
 ○ : 2%以上10%未満 × : 50%以上
 △ : 10%以上30%未満
 ※吸着した部分が溶解した。
 ・右下の数字は残存率の最高値

表6 つまみ取りによる各汚染物質及び各資器材の残存率をランク分けしたもの

		資器材					
		タオル	油等吸着マット	ウエットタオル	カウンタークロス	マイクロファイバークロス	ペーパータオル
汚染物質	塩酸(35%)	◎ _{0.3}	◎ _{0.5}	◎ _{0.2}	*◎ _{0.9}	◎ _{0.2}	○ _{2.1}
	塩酸(1mol/L)	◎ _{0.0}	◎ _{0.0}	◎ _{0.1}	◎ _{0.0}	◎ _{0.0}	◎ _{0.1}
	水酸化ナトリウム水溶液(飽和)	□ _{35.7}	□ _{35.8}	◎ _{0.0}	△ _{17.0}	× _{86.1}	△ _{27.8}
	水酸化ナトリウム水溶液(1mol/L)	◎ _{0.4}	◎ _{0.2}	◎ _{0.1}	◎ _{0.2}	◎ _{0.1}	◎ _{0.1}
	トルエン	○ _{2.8}	○ _{3.2}	○ _{4.0}	○ _{3.9}	○ _{2.8}	○ _{4.7}
	スミチオン	○ _{2.0}	○ _{2.5}	○ _{2.3}	○ _{3.5}	◎ _{1.9}	△ _{10.7}
	サラダ油	◎ _{1.0}	◎ _{0.6}	○ _{2.9}	◎ _{1.3}	◎ _{0.1}	△ _{10.8}

◎ : 2%未満 □ : 30%以上50%未満
 ○ : 2%以上10%未満 × : 50%以上
 △ : 10%以上30%未満
 ※吸着した部分が溶解した。
 ・右下の数字は残存率の最高値
 ・塗りつぶし: 吸着のみの最低値の半分以下となったもの

(3) 拭取り方法の違いによる除染効果への影響

塩酸(1mol/L)及び水酸化ナトリウム水溶液(1mol/L)に対して、すべての資器材の残存率はそれぞれ低い数値を示し、吸着のみの場合とつまみ取りの場合とで、残存率のランクは変わらなかった。

(1)において、吸着のみで◎(十分に高い除染効果)以外となったもの、すなわち残存率が2%以上となったものを評価対象として、吸着のみとつまみ取りの除染効果

の差について、それぞれを区分分けすることで評価した。
 評価の区分を次に示す。

ア 評価の区分

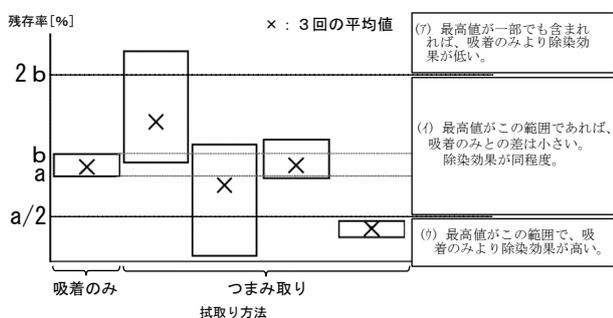
図 17 に示すとおり、以下の 3 種類の区分とした。

吸着のみの残存率の 3 回の最低値を a、最高値を b とすると、

(ア) つまみ取りの残存率の最高値が、2b を上回る場合、その資器材は吸着のみのよりもつまみ取りの方が除染効果が低い。

(イ) つまみ取りの残存率の最高値が 2b から a/2 の範囲の場合、その資器材は吸着のみとつまみ取りで、除染効果の差が小さい。除染効果が同程度。

(ウ) つまみ取りの残存率の最高値が a/2 がよりも下回る場合、その資器材は、吸着のみよりもつまみ取りの方が残存率は低く、除染効果が高い。



区分 (ア) (イ) (ウ) (エ)

図 17 拭取り方法の違いによる評価の区分

イ 評価の結果

吸着のみにおける汚染物質及び資器材 42 パターンの組み合わせのうち、評価対象は、24 パターンであった。

評価対象 24 パターンの除染効果について、吸着のみよりもつまみ取りの方が高いのは 7 パターンで、吸着のみのよりもつまみ取りの方が低いものはなかった。吸着のみとつまみ取りで、同程度のものは 17 パターンであった。

つまり、除染効果は、吸着のみよりもつまみ取りの方が高い傾向にあるといえる。

その理由として、液体は粘度が高いものは内部まで力が加わりやすい性質をもっていること、粘度が高いものほど、つまみ取りにより資器材に絡めとられる量が多いこと、さらに、つまみ取りは、資器材の汚染物質を吸着していない部分を、汚染物質に対して継続して接触させることができるがこと考えられるが、今後明らかにすべき課題といえる。

5 まとめ

(1) 拭取り除染において、油等吸着マットはタオルと同程度の除染効果をもつことが明らかとなり、タオルの代替品として使用できる可能性が示唆された。また、3種

類の市販流通品については、概ねタオルの代替品となり得るものの、汚染物質の種類によっては除染効果が低くなるものもあるので注意を要する。

(2) 吸着のみにおいて除染効果が高い汚染物質は、つまみ取りにおいても除染効果が高い。また、吸着のみにおいて残存率が 2% 以上となった汚染物質は、つまみ取りにより除染効果が高くなる傾向がみられた。

(3) 本検証のなかで唯一、水分を含む資器材であるウエットタオルは、水酸化ナトリウム水溶液（飽和）に対し、特異的に除染効果が高かった。

(4) カウンタークロスは、塩酸（35%）を吸着した部分が溶解した。汚染物質に対して溶解性を示す繊維で構成されるものを拭取り除染に使用した場合、汚染物質と反応した資器材の一部が、人体の皮膚に付着、残留することで、除染効果が低くなる可能性が考えられる。

6 おわりに

本検証ではタオルやウエットタオル、油等吸着マット及び 3 種類の市販流通品の拭取り除染効果を明らかにし、除染資器材としての有効性を明らかにした。さらに得られたこととして、吸着のみよりもつまみ取りで除染効果が高くなる傾向がみられたが、あらゆる汚染に対してつまみ取りを推奨するものではなく、汚染物質の性質、汚染範囲、薬傷による表皮の損傷等に応じて、適切な除染方法を判断することが望ましい。

本検証で得られた知見が、化学災害による多数傷病者発生現場等において、要救助者の早期除染を主眼とした、臨時的に活用する資器材選定の際、資料になると考える。

7 謝辞

本検証の実施にあたり、総務省消防庁消防大学校消防研究センター主任研究官の尾川義雄先生より多くの貴重な知見を賜りました。ここに感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) A. D. ジモン著、藤森夏樹訳、放射能汚染と除染の物理化学、現代工学社 pp. 1-4、1979
- 2) 石川欣造他：繊維、学校法人東京電機大学出版局、p. 49、1996
- 3) 石川欣造他：被服材料実験書、株式会社同文書院、pp. 85-94、1998
- 4) 佐貫治夫：繊維集合体のぬれ（その 1）、繊維機械学会誌、Vol. 24、No. 7、pp. 467-473、1971