

201036016A

厚生労働科学研究費補助金  
健康安全・危機管理対策総合研究事業

クリーニング所における  
洗濯物の消毒方法に関する研究

(H21-健危-一般-011)

平成22年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 大久保 憲 東京医療保健大学大学院 感染制御学

分担研究者 小林 寛 伊 東京医療保健大学/大学院 学長

尾 家 重 治 山口大学医学部附属病院 医療薬剤学

神 谷 茂 杏林大学医学部感染症学

平成23(2011)年4月

厚生労働科学研究費補助金  
健康安全・危機管理対策総合研究事業

# クリーニング所における 洗濯物の消毒方法に関する研究

(H21-健危-一般-011)

平成 22 年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 大久保 憲 東京医療保健大学大学院 感染制御学

分担研究者 小林 寛 伊 東京医療保健大学/大学院 学長

尾 家 重 治 山口大学医学部附属病院 医療薬剤学

神 谷 茂 杏林大学医学部感染症学講座

平成 23 (2011) 年 4 月

**[研究協力者] 五十音順**

遠藤 博久 東京医療保健大学大学院  
小野 雅啓 全国クリーニング生活衛生同業組合連合会クリーニング総合研究所  
門脇 武博 全国クリーニング生活衛生同業組合連合会クリーニング総合研究所  
蔵田 訓 杏林大学医学部感染症学講座  
黒須 一見 東京医療保健大学大学院  
高坂 孝一 株式会社白洋舎 洗濯科学研究所  
菅原えりさ 東京医療保健大学大学院  
曾川 芳郎 東京医療保健大学大学院  
竹内 千恵 東京医療保健大学大学院  
花輪 智子 杏林大学医学部感染症学講座  
簗島 稔 東京都福祉保健局健康安全部環境衛生課  
吉田 理香 東京医療保健大学大学院

# 目 次

## I. 総括研究報告

- クリーニング所における洗濯物の消毒方法に関する研究…………… 1  
大久保 憲  
(資料) クリーニング所における感染の実態に関するアンケート調査…………… 6

## II. 分担研究報告

1. 新規殺菌法および、洗濯方法の文献考察－感染制御に関わる  
Dry cleaning および Laundry の文献考察…………… 9  
小林 寛伊
2. 一般（ホーム）クリーニング所でのランドリーおよび  
ドライクリーニング後の衣類の清潔度…………… 27  
尾家 重治
3. クリーニングに使用される界面活性剤の病原細菌の増殖および  
バイオフィーム形成に及ぼす効果…………… 29  
神谷 茂

## III. 研究成果物

- ホームクリーニングにおける洗濯物の衛生管理と  
従事者の作業安全ガイドブック（案）…………… 37  
大久保 憲、小林 寛伊、尾家 重治、神谷 茂、小野 雅啓  
門脇 武博、蔵田 訓、高坂 孝一、花輪 智子、簗島 稔



## 1. 総括研究報告書

厚生労働科学研究費補助金  
(健康安全・危機管理対策総合研究事業)  
平成 22 年度 総括研究報告書

クリーニング所における洗濯物の消毒方法に関する研究

(H21-健危-一般-011)

研究代表者 : 大久保 憲 東京医療保健大学大学院感染制御学 教授

**研究要旨：**

本研究は、国民の健康に影響を及ぼす可能性のあるホームクリーニング所を対象として、クリーニング業界と連携して、洗濯にかかわる安全性を追求する目的で実施した研究である。

主な検討項目は、クリーニング所の従業員の労働環境の調査、ランドリーとドライクリーニングに関する文献的考察、洗濯物の微生物汚染状況を把握するために、洗濯後の培養検査の実施、洗濯に使用される界面活性剤、ドライクリーニング溶剤の微生物に対する作用の検証などである。これらの研究結果を踏まえて「ホームクリーニングにおける洗濯物の衛生管理と従事者の作業安全ガイドブック (案)」を作成した。

今回の調査では、洗濯物の微生物汚染等に起因する従事者への感染は報告されていない。特有の職業感染もみられない。洗濯後の衣類からの溶剤による化学損傷の報告はある。

海外文献検索では、クリーニングに関連する 192 文献について検討した。*Salmonella* によるスタッフの感染事例、ドライクリーニング溶剤であるテトラクロロエチレンが、従事者の呼気中に含まれている事実などの報告があり、洗濯物を介する感染の可能性および従事者の作業安全についても留意すべきである。

各種のクリーニングをおこなった後の衣類の細菌汚染状況では、主な検出菌は環境芽胞菌であった。ホームクリーニングに使用される界面活性剤には、グラム陽性菌への抗菌作用をもつことが明らかになった。また、スルホコハク酸-2-エチルヘキシルナトリウム (SS) は緑膿菌および MRSA のバイオフィルム形成を抑制するが、ポリオキシエチレンアルキルエーテル (AE) にはこのような抑制効果はなかった。

クリーニング所についての課題の明確化、衛生レベルの向上策、従事者の労働安全などを取りまとめることは、行政施策を検討する上で重要であり、希少性が高い。

以上の研究結果を踏まえて「ホームクリーニングにおける洗濯物の衛生管理と従事者の作業安全ガイドブック (案)」を作成した。これは行政施策への建設的な提言として活用できるものである。

**分担研究者**

小林 寛伊 東京医療保健大学/大学院 学長

尾家 重治 山口大学医学部附属病院薬剤部 副部長、准教授

神谷 茂 杏林大学医学部感染症学講座 教授

## A. 研究目的

本研究は、不特定多数の国民に感染源となりうるクリーニング所にかかわる安全性を追求する目的で、「全国クリーニング生活衛生同業組合連合会」と連携して実施された研究である。主な検討項目を以下に列挙する。

- 1) クリーニング所の従業員の労働安全状況について明らかにする。
- 2) ランドリーとドライクリーニングに関する文献的考察を、主として感染制御と生体への安全性の立場からおこなう。
- 3) 洗濯物の微生物汚染状況を把握するために、洗濯後の衣類の培養検査を実施して、微生物汚染の実態を明らかにする。
- 4) クリーニング所で使用される界面活性剤、ドライクリーニング溶剤の微生物に対する作用を検証する。

今回の研究を通して、ホームクリーニング業界と感染制御に関する研究者が共同で「ホームクリーニングにおける洗濯物の衛生管理と従事者の作業安全ガイドブック(案)」を作成して業界関係者に提示し、建設的な行政施策への提言として活用する。

このようにクリーニング所についての課題の明確化、衛生レベルの向上策、従事者の労働安全などを取りまとめることは、行政施策を検討・実施する上で重要である。

## B. 研究方法

- 1) 平成 21 年度に実施した調査と同一施設に対して全国クリーニング生活衛生同業組合連合会によるアンケートが実施され、従事者の勤務形態、労働時間、感染性物質（血液、糞便・嘔吐物）および洗濯衣類にかかわる感染状況、従事者への B 型肝炎ワクチン接種状況などの調査結果を得た。
- 2) 近年発表されたランドリーもしくはドライクリーニングにかかわる文献につき、Ovid により、検索用語として「dry cleaning」および「laundry」を用いて 192 の文献を検索し、それら総てからテーマに基づき 25 文献を選択して考察した。特に細菌感染事例およびドライクリーニング溶剤の生体への影響等を中心にまとめた。
- 3) 衣類の洗濯物を東京都と山口県下の計 14 か所

のホームクリーニング店に提出し、通常のクリーニングをおこなった後の衣類の細菌汚染状況を調べ、洗濯方法別にみた汚染状況について検討した。

- 4) クリーニングには洗剤として陰イオン界面活性剤（スルホコハク酸-2-エチルヘキシルナトリウム：SS）、および非イオン性界面活性剤（ポリオキシエチレンアルキルエーテル：AE）が使用されている。これらの界面活性剤の抗菌作用、バイオフィーム形成能および形成されたバイオフィームに対する作用について検討した。使用細菌株および使用培地は、大腸菌として非病原性の大腸菌 ATCC25922 株、腸管出血性大腸菌 O157:H7 株、腸管凝集接着性大腸菌（enteroaggregative *Escherichia coli* : EAggEC）TN2 を使用した。緑膿菌として PAO1 株を使用した。黄色ブドウ球菌としてメチシリン耐性黄色ブドウ球菌 methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) KY-mec2 株およびメチシリン感受性黄色ブドウ球菌 methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* (MSSA) ATCC25923 株を使用した。セレウス菌として ATCC14579 株を用いた。細菌の維持・継代には LB 培地を用いた。
- 5) 各種細菌に対する被験界面活性剤 MIC の測定には、米国臨床検査標準協会 CLSI の微量液体希釈法プロトコールに準じて MIC（最小発育阻止濃度）測定を行った。96 穴丸底マイクロプレートに被験界面活性剤を含んだ Mueller-Hinton 液体培地を 200  $\mu$ L ずつ分注した。LB 培地にて対数増殖させた細菌をマクファーランド標準濁度計 No.0.5 に合わせて希釈し、更に 10 倍希釈して各ウェルに 10  $\mu$ L 添加した。37°C、120rpm で一晩振盪培養し、被験界面活性剤を含まない陽性コントロール、細菌を含まない陰性コントロールと比較して、MIC を決定した。被験界面活性剤の濃度は、SS は 5.12mg/mL $\sim$ 0.01mg/mL の範囲で、AE は 51.2mg/mL $\sim$ 0.39mg/mL の範囲を設定し、測定を行った。
- 6) バイオフィームの形成能および形成されたバイオフィームへの被験界面活性剤の影響については、Miyazaki et al. (2010) の方法に従い、マイクロプレート内にてバイオフィーム形成を行い、

被験界面活性剤の効果を判定した。バイオフィルムの形成能への影響の測定に関しては、緑膿菌とMRSAを用いて検討した。細菌をLB培地にて対数増殖させ、 $OD_{600}=2.5$  となるよう Mueller Hinton 液体培地で調整し、さらに100倍希釈して菌液とした。24穴平底マイクロプレートに被験界面活性剤を含んだ Mueller-Hinton 液体培地を  $500\mu\text{L}$  ずつ分注した。37°C、90rpm で20時間振盪培養した後、培養液を取り除き、PBSで3回洗浄した。クリスタルバイオレットで染色を行い、エタノールで色素を抽出した後、 $OD_{594}$ を測定してバイオフィルムを定量化した。

- 7) 形成されたバイオフィルムへの影響に関してはMRSAおよび緑膿菌を用いて検討した。被験界面活性剤を含まない Mueller Hinton 液体培地を用いて上記と同様に培養液を作成した。37°C、90rpm で20時間振盪培養した後、培養液を取り除き、PBSで3回洗浄した。界面活性剤を添加した後、37°C、90rpm で20時間振盪培養した。培養液を取り除き、PBSで3回洗浄した上記と同様にバイオフィルムを定量化した。
- 8) これまでの研究に基づき、研究者と産官連携による「ホームクリーニングにおける洗濯物の衛生管理と従事者の作業安全ガイドブック(案)」の原案作成と校正をおこなった。

#### (倫理面への配慮)

調査等を通しての業界の情報流出防止に関して、最大限の配慮をおこなった。併せて、疫学研究に関する倫理指針を遵守し、殺菌などの感染制御施策が一般市民への過剰な心配材料とならないように十分配慮した。

### C. 研究結果

前年度のアンケートと同様の全国クリーニング生活衛生同業組合連合会により、同組合連合会に加盟する規模の異なるクリーニング所116か所へのアンケートがおこなわれ、68か所(58.6%)からの集計結果を得た。

個人経営44か所(64.7%)、会社経営23か所(33.8%)、企業組合経営1か所(1.5%)であり、従事者への業務上の感染はなかった。しかし、返却衣

類からの溶剤による化学損傷後の局所感染が会社経営事業所において1例認められた。

B型肝炎ワクチンを従事者に接種している事業所は68か所中3か所(4.4%)のみであった。個人経営2件/44件(4.5%)、会社経営1件/23件(4.3%)、企業組合経営0件であった。一般のクリーニング店では、医療スタッフ(HCW)に比較して鋭利器具による怪我のリスクは低いものの、B型肝炎ワクチンの接種が推奨される。

海外文献検索において、合計192件の文献検索が抽出され、その中から25文献を選択して精読調査し、洗濯物に関連した細菌感染事例およびドライクリーニング溶媒の生体への影響等についてまとめた。主な内容は以下のごとくである。

- 1) 洗濯されたリネンが医療関連感染に関与することはまれであるが、過去に脳神経外科手術後の髄膜炎や産科病棟での新生児の臍感染で、*Bacillus cereus* に汚染されていたリネンが疑われた例がある。
- 2) 感染性リネンについては、熱水消毒が必須である。そのため、定期的な微生物検査より、温度のモニターを実施し、キャリブレーションを定期的に実施していることの方が重要である。
- 3) ドライクリーニングは前より後の菌数が3-8log低減し、布1枚当たり $10^3\text{CFU}$ であった。
- 4) ウイルスに対する効果をみるために、Bacteriophage を使用して検討した。Bacteriophage の数は10-100fold減少した。しかし、単純ヘルペスウイルスは40分間の室温でのテトラクロロエチレンの曝露で生存していた。
- 5) 各種のドライクリーニングをおこなった後の衣類の細菌汚染状況では、主な検出菌は環境芽胞菌であったが、*in vitro* の検討では、テトラクロロエチレンを使用したドライクリーニングでは細菌は死滅せず、特にエンベロープを持たないウイルスは不完全な殺力であった。したがって、ドライクリーニングを病院リネンに使用することは問題である。クリーニング従事後の作業者の呼気に含まれるテトラクロロエチレン(PCE)濃度が徐々に上昇する。
- 6) 作業環境からのテトラクロロエチレン濃度と呼気中から検出される量に相関が認められた。作



業環境中のテトラクロロエチレンが気化して、作業者に吸入されている可能性がある。具体的な健康被害については不明であるが、有機溶媒の曝露を作業者が受けている実態から、今後作業環境の換気等の改善に向けて検討していかなくてはならない。

- 7) 感染者が入所する施設内のランドリースタッフ3名が *Salmonella* 胃腸炎に感染した (*S.hadar*)。このスタッフは、施設収容者との接触はなかった。スタッフは通常ランドリー・ルームで食事しており、汚れたりネンの処理時に防護具やグローブを着用していなかったことから、汚れたりネンが感染源であったことが示唆された。糞便で汚れたりネンがランドリースタッフへの感染に関与したと判断される。リネンを処理する際に適切な防護具を使用する必要がある。

東京都と山口県下のホームクリーニング所14か所に対して衣類を提出して、洗濯後に回収した衣類を切り抜いて培養した。1CFU/cm<sup>2</sup>以上の場合を汚染ありと判定した。

その結果、洗濯方法がランドリー方式の場合においては、28サンプル中6サンプル(21.4%)にて1~1,200CFU/cm<sup>2</sup>の細菌汚染が観察された。一方、ドライクリーニング方式においては、28サンプル中2サンプル(7.1%)にて7~10CFU/cm<sup>2</sup>汚染が確認された。洗濯方式別に検出菌の偏りはなかったが、主な検出菌は *Bacillus* spp.が多く、その他 *Staphylococcus warneri* も検出された。大部分は環境微生物であり、病原微生物は検出されなかった。

クリーニング所では洗剤として陰イオン界面活性剤および非イオン界面活性剤が使用されている。これらの界面活性剤の抗菌作用およびバイオフィーム形成能に及ぼす効果について大腸菌、黄色ブドウ球菌、緑膿菌、セレウス菌を対象にして検討を加えた。

陰イオン界面活性剤としてスルホコハク酸-2-エチルヘキシルナトリウム(SS)、非イオン性界面活性剤としてポリオキシエチレンアルキルエーテル(AE)を用いた。米国臨床検査標準協会の微量液体希釈法プロトコールに準じてMIC(最小発育阻止濃度)測定をおこない、マイクロプレート内にてバイオフィーム形成をおこない、被験界面活性剤の効果

を判定した結果、AEおよびSSは、大腸菌3株と緑膿菌に対しては抗菌活性を示さなかったが、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌(MRSA)、メチシリン感受性黄色ブドウ球菌(MSSA)、セレウス菌に対しては抗菌活性が認められた。AEのグラム陽性菌3株に対するMICは0.1mg/mLであった。SSのMSSA、MRSAおよびセレウス菌に対するMICはそれぞれ0.16mg/mL、0.08mg/mLおよび0.08mg/mLであった。

SS(1.28-5.12mg/mL)は緑膿菌バイオフィーム形成を抑制したが、AEにはこのような抑制効果が見られなかった。0.01mg/mLのSSはMRSAのバイオフィーム形成を増加させたが、0.04mg/mLのSSは同菌のバイオフィーム形成を抑制した。AEにはこのような作用は認められなかった。

被験界面活性剤の形成済みMRSAバイオフィームへの影響に関してはSSを添加した場合、バイオフィームが肥厚化した。一方AEを添加した場合は、バイオフィーム形成は変化なしか、やや減少した。緑膿菌バイオフィームにSSおよびAEを添加した場合は、バイオフィームは肥厚化した。

本研究結果より、クリーニングに使用される界面活性剤はグラム陽性細菌への抗菌作用をもつことが明らかにされた。また、SSは緑膿菌およびMRSAのバイオフィーム形成を抑制するが、AEにはこのような効果はなかった。加えて、SSおよびAEはMRSAおよび緑膿菌の形成済みバイオフィームを肥厚させる傾向が認められた。

#### D. 考 察

ホームクリーニング所でおこなわれる洗濯方法は、水洗いとしてのランドリーと各種溶剤としての石油系ないしパラクロロエチレンを使用したドライクリーニングがある。

事業所にて働く従事者の安全と業務上の感染例およびB型肝炎ワクチンの接種状況などについて調査した。感染性のある衣類からの直接的な感染例は認められていないが、洗濯物に付着する病原微生物が直接従事者に感染を及ぼす可能性がある。

近年発表された192件の文献を検索し、その中から25文献を選択して調査した。病院リネンに関する文献では、院内でアウトブレイクしている病原体による洗濯従事者への感染例の報告もあり、接触感

染、空気感染に対する防御も必要である。

文献的に、クリーニング従事後の呼気に含まれるテトラクロロエチレン濃度が徐々に上昇すること、作業環境からのテトラクロロエチレン濃度と呼気から排出される量に相関が認められた、などの報告から、作業環境中のテトラクロロエチレンが気化して、作業者に吸入されている状況が明らかになった。具体的な健康被害については不明であるが、有機溶剤の曝露を従事者が受けている実態から、今後作業環境の換気等の改善に向けて検討していかなくてはならない。

衣類の洗濯物を各地域の市中のホームクリーニング店に提出し、各種のクリーニングをおこなった後の衣類の細菌汚染状況を調べた結果、感染性のある病原微生物は認められていないが、環境芽胞菌が散見されている現状から、洗濯のすすぎを十分に実施することが重要であると思われる。そのためには、すすぎ水を頻繁に交換する必要がある。リネンなどの耐熱性のある素材では、熱水による殺菌を兼ねた機械洗浄が望ましい。

クリーニングには洗剤として陰イオン界面活性剤（スルホコハク酸-2-エチルヘキシルナトリウム：SS）、および非イオン界面活性剤（ポリオキシエチレンアルキルエーテル：AE）が使用されている。これらの界面活性剤の抗菌作用およびバイオフィーム形成能に及ぼす効果について検討した結果、今回用いた2種類の界面活性剤はグラム陰性菌に対する抗菌活性は見られなかったが、グラム陽性菌に対する抗菌活性が認められた。この結果から、今回使用した界面活性剤は露出した細胞壁を標的にしている可能性が示唆され、外膜構造を持つグラム陰性菌はこれらに抵抗性があると考えられた。

バイオフィーム形成能への界面活性剤の効果についてはSSが緑膿菌に対しては抑制的に、MRSAに対しては促進的に作用した。緑膿菌に対する実験では界面活性剤が抗菌活性を持たなかったことから、比較的高濃度で試験をおこなっている。一方MRSAに対する実験では界面活性剤は実際に使用する濃度より低い濃度で抗菌活性を示すことがMIC測定で明らかにされた。したがって通常使用する濃度よりも更に低濃度での実験をおこなった。バイオフィーム形成は細菌が厳しい環境におかれたときに促進さ

れるものであり、今回のバイオフィーム形成の促進は低濃度の界面活性剤がストレス物質となり、細菌のバイオフィーム形成を促進したものと考えられる。

既に形成されたバイオフィームへの効果に関しては、高濃度で実験をおこなっている。今回用いた界面活性剤ではMRSAおよび緑膿菌のバイオフィームを除去するには至らなかった。既に成熟したバイオフィームが形成された場合、構造的に界面活性剤がバイオフィーム内に浸透できず、低い濃度でしかバイオフィーム及び細菌に接触できないため、バイオフィームが更に厚くなったことが考えられる。

これまでの研究に基づき、研究者と産官連携による「ホームクリーニングにおける洗濯物の衛生管理と従事者の作業安全ガイドブック（案）」の原案作成がおこなわれた。

## E. 結 論

クリーニング所についての課題の明確化、衛生レベルの向上策、従事者の労働安全などを取りまとめることは、行政施策を検討する上で重要であり、希少性が高い。必要な留意点を抽出することにより、国民の健康維持に貢献することが可能となる。

最終的に「ホームクリーニングにおける洗濯物の衛生管理と従事者の作業安全ガイドブック（案）」を作成して業界関係者に提示し、建設的な行政施策への提言として活用できる。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Miyazaki Y, Kamiya S, Hanawa T, Fukuda M, Kawakami H, Takahashi H, Yokota H. Effect of probiotic bacterial strains of *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* and *Enterococcus* on enteroaggregative *Escherichia coli*. J Infect Chemother 2010; 16(1): 10-18.
- 2) 神谷 茂. デイフィシル菌感染症の基礎と臨床. モダンメディア 2010;56(10): 233-241.
- 3) 大久保憲. クロルヘキシジン製剤の消毒効果. CARLISLE 2010; 15(2): 1-3.
- 4) 小林寛伊、菅原えりさ、竹内千恵、曾川芳郎、遠藤博久、吉田理恵、黒須人見. 感染制御にかかわる Dry cleaning および Laundry の文献考察.

医療関連感染 2010; 3(2): 43-56.

3) 神谷 茂: ディフィシル菌感染症の基礎と臨床、第10回関東感染症懇話会、平成22年11月26日、東京

## 2. 学会発表

- 1) 神谷 茂: バイオフィルム感染症－病態発現メカニズムと新たな治療法の開発、日本整形外科学会教育研修講演 (第103回ICD講習会)、平成22年6月19日、京王プラザホテル、東京
- 2) 神谷 茂: 腸内フローラとプロバイオティクス－常在菌の疾病予防および治療への応用」、大分県北部地区小児科医会、日本医師会生涯教育講座、平成22年11月9日 (別府)

## G. 知的所有権の取得状況

### 1. 特許取得

特になし

### 2. 実用新案登録

特になし

### 3. その他

特になし

表1 アンケート結果

### 回答者年齢 (歳)

	個人経営		会社経営		その他		合計	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
年齢 (歳)	62.0	9.1	60.4	8.4	68.0	-	61.5	8.8

### 業務形態

	個人経営	会社経営	その他
度数(割合%)	44(65%)	23(34%)	1(1%)

### 従業員数 (人)

#### 個人経営 n=44

	家族等		パートタイマー		従業員	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
人数 (人)	2.2	1.1	0.9	1.4	0.4	1.0

#### 会社経営 n=23

	パートタイマー		従業員	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
人数(人)	13.8	20.9	5.3	5.6

#### その他 n=1

	従業員	
	平均	標準偏差
人数(人)	10	-

### 休業日

度数 (割合%)	日	月	火	水	木	金	土
個人経営n=44	43(98%)	0	0	2(5%)	1(2%)	0	0
会社経営n=23	20(87%)	0	0	0	0	0	2(9%)
その他n=1	1	0	0	0	0	0	0
合計n=68	64(94%)	0	0	2(3%)	1(1%)	0	2(3%)

洗浄に使用しているもの

度数 (割合%)	個人経営 n=44		会社経営 n=23		その他 n=1		合計 n=68	
	使用して いる	使用して いない	使用して いる	使用して いない	使用して いる	使用して いない	使用して いる	使用して いない
ランドリー	33(75%)	11(25%)	23 (100%)	0	1(100%)	0	57(84%)	11(16%)
石油系溶剤	43(98%)	1(2%)	23 (100%)	0	1(100%)	0	67(99%)	1(1%)
テトラクロロ エチレン	2(5%)	42(95%)	4(17%)	19(83%)	0	1(100%)	6(9%)	62(91%)

労働時間 (時間)

	個人経営 n=44		会社経営 n=23		その他 n=1		合計 n=68	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
経営者	44.5	22.0	61.2	39.2	60.0	-	50.4	29.6
パートタイマー	19.0	12.0	32.0	30.8	20.0	-	25.9	24.3
正規従業員	35.0	19.4	48.0	38.0	35.0	-	43.4	32.6

職業感染の罹患経験 (件)

	個人経営 n=44		会社経営 n=23		その他 n=1		合計 n=68	
	ある	ない	ある	ない	ある	ない	ある	ない
血液での感染	0	44	0	23	0	1	0	68
ふん便、嘔吐物感染	0	43	0	23	0	1	0	67
皮膚を介した感染	0	44	0	23	0	1	0	68
返却衣類での感染	0	44	1(4%)	22(96%)	0	1	1(1%)	67(99%)

B型肝炎ウイルス予防接種 (事業所数: 件)

	個人経営 n=44		会社経営 n=23		その他 n=1		合計 n=68	
	受けている	受けていない	受けている	受けていない	受けている	受けていない	受けている	受けていない
予防接種	2(5%)	42(95%)	1(4%)	22(96%)	0	1(100%)	3(4%)	65(96%)





## II. 分担研究報告

クリーニング所における洗濯物の消毒方法に関する研究  
(H21-健危-一般-011)

新規殺菌法および、洗濯方法の文献考察  
－感染制御に関わる Dry cleaning および Laundry の文献考察－

分担研究者 : 小林 寛伊 東京医療保健大学/大学院 学長

**研究要旨：**

Dry cleaning ドライクリーニング後の汚染度等の関する文献は、ごく僅かしか認められない。日本において古くは、1975 年の小林らによる報告がある<sup>1)</sup>。まず、感染制御に関わる dry cleaning および laundry に関する文献を求めため、Ovid により、Search term 検索用語として、Dry cleaning および laundry ランドリーを用いて 1996 年から 2009 年 6 月 22 日に至る該当文献を検索し、スター5/3 でフィルターをかけた結果、192 の文献が検索されたが、それら総てから、表題を読んで、関連するもの 25 文献を選択した。さらにこれらに追加して、2009 年 6 月から 2010 年 12 月 14 日現在にいたる文献検索を、検索用語 Dry cleaning および Laundry を title に含むという条件で検索したが、検索された 24 文献中に、関連するものとして 4 文献<sup>2-5)</sup>を選択することができた。そこで今回、これら 29 文献<sup>2-30)</sup>について考察を試みる。なお、laundry ランドリーとは、水（熱水を含む）と洗剤とで洗浄（洗濯）することで、dry cleaning ドライクリーニングとは、テトラクロロエチレン tetrachloroethylene などの有機溶剤を使って洗浄することをいう。

**研究協力者：**

菅原えりさ 東京医療保健大学大学院  
竹内 千恵 東京医療保健大学大学院  
曾川 芳郎 東京医療保健大学大学院  
遠藤 博久 東京医療保健大学大学院  
吉田 理香 東京医療保健大学大学院  
黒須 一見 東京医療保健大学大学院

## A. 研究目的

本研究は、不特定多数の国民に感染源となりうるクリーニング所にかかわる感染制御を中心とした安全性を追求する目的で実施された研究である。ここでは特にランドリーとドライクリーニングに関する文献的考察をおこなう。

## B. 研究方法

主として感染制御と生体への安全性の立場から、dry cleaning ドライクリーニングを中心として、近年発表されたランドリーもしくはドライクリーニングにかかわる文献につき、Ovid により、検索用語として「dry cleaning」および「laundry」を用いて 192 の文献を検索し、それら総てからテーマに基づき 25 文献を選択して考察した。特に細菌感染事例およびドライクリーニング溶剤の生体への影響等に注目してまとめた。

## C. 研究結果

文献考察として以下のごとくまとめた。

- ① Hall ら<sup>2)</sup> は、20×10 cm の病院ユニフォーム生地の見本（ポリエステル 67%、綿 33%）に、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌（MRSA）あるいは *Acinetobacter calcoaceticus-baumannii* complex を約  $2 \times 10^8$  CFU 接種して（これは 1975 年に小林らが dry cleaning の効果の検討<sup>1)</sup> に用いたと同様な方法）、工業用の洗濯機で低温（水道水 18-20°C）、15 分の通常洗濯をおこない、新しく開発された銅系殺菌剤を含む洗剤（CuWB50、UK）の効果を検討したが、この洗剤が優れていると結論している。病院内リネン類の laundry に用いる洗剤には、数多くの種類が見られるが、日本においては、80°C、10 分の熱水消毒条件を採用している。
- ② Tinker<sup>3)</sup> は、アメリカ合衆国医療施設における再使用リネンの処理に関する公認基準について、2005 年に組織された the Healthcare Laundry Accreditation Council (HLAC) の勧告に言及している。
- ③ Maradian ら<sup>4)</sup> は、*Bacillus* spp. HR-08（イランの土壌から分離）が、産生する酵素の有効性に

ついて、Tehrann の Tarbet Modares 大学で検討した結果を報告している。

また、1 人の senior occupational health adviser<sup>5)</sup> は、看護師が自宅でユニフォームを洗濯するケースにふれ、雇用主は適切なユニフォーム洗濯設備を提供すべきだと述べている。Letter で、詳細は分からないが、日本でも時に聞かれる、質問である。

「ランドリーの再生」というタイトルのこの記事<sup>6)</sup> は、米国コロラド州デンバー地域の 18 の病院や医療施設にサービスを提供している Hospital Cooperative Laundry (HCL) に焦点を当てている。HCL は、デンバー地域の医療施設のあらゆるリネンサービスを引き受けている。もともと、1986 年に Rose Medical Center のオフキャンパス・ランドリーとしてスタートしたが、その後、資本参加があって現在は 8 つの資本が経営参加している。主たる経営者は、ミネソタのセントポールにある Foussard Montague Associates, Inc. である。Foussard Montague は、もともと医療施設の開発ポテンシャルや施設設備の病院間シェア等のコンサルタントをしていた。HCL の経営陣は Foussard Montague などの資本から派遣されて構成されており、方向性を提示し、サポートし、長期にわたる相互協力戦略を作り、デンバーヘルスケアコミュニティを継続的に、高品質で、コストエフェクティブなものにしている。

HCL は相互協力、相互補完的に発展し、リネンサービスや、多くの商品 (Inventory) をプール（一時保管）し、必要な時に提供する (Pooled basis) の形で提供している。また過去のリネンサービス記録をコンピュータープログラムに入力・管理し、病院ごとに Patient day 当たりリネンの量やリネンの品目をモニターすることにより、リネンの購入、リネンの再使用、修繕など、管理を効率化、コスト低減化させるコンサルティングの提供や、ランドリーの配送を単純化、標準化するコンサルティングを提供している。HCL は、ランドリー業のほか、医療施設に対してランドリー関連業務の効率化や、費用対効果を改善する様々な提案をしている。



- ④ Bajpai ら<sup>7)</sup> は、洗濯機の洗剤自動注入の発展にともなって洗濯用洗剤がますます普及されるようになってきたと述べ、販売されている洗濯用洗剤には多くの異なるブランドがあり、それぞれに特徴ある品質が示されている。ランドリー洗剤の合成は、最終製品で特性と機能に基づく異なったタイプに分類できる原料の公式化された混合物である。原料の異なる種類には界面活性剤と漂白剤、柔軟剤などがある。洗濯洗剤は伝統的に粉末や顆粒状固体であったが、近年では、液体の洗浄剤が普及している。このレビュー論文では、洗濯洗剤の歴史や構成、タイプ、消費、環境効果について述べられている。
- ⑤ Banik らの研究<sup>8)</sup> では、市販の洗濯洗剤の内因性のプロテアーゼ活性を示した。そして、*Bacillus cereus* から得られるアルカリプロテアーゼの生成とその洗濯洗剤の有効な添加物としての使用の可能性を検討した。市販の洗濯洗剤におけるプロテアーゼ活性を評価するためインドのマーケットの最も一般的な洗剤7種類を用いた。プロテアーゼ活性は、試験したすべての市販洗剤で見られた。ほとんどのこれらの洗濯洗剤はカラーの顆粒を含んでいた。プロテアーゼ活性は、カラーの顆粒と顆粒なしの洗剤部分両方で見られた。
- B. cereus* のアルカリプロテアーゼの生成は、生成培地を用い 30°C、72 時間、200rpm で振盪培養した。それを遠心分離機にかけ、その遊離細胞上清を細胞外プロテアーゼ活性の決定に用いた。*B. cereus* が生成したプロテアーゼは pH10.5 で最も活性が高かった。pH7.5 では、最大活性のたった 18%であり、pH8.5 と 9.5 では 81.7~86%に上昇した。温度に関しては、50°Cで最も活性が高く、30°C、40°C、60°Cでそれぞれ最大活性の 70%、82%、30%であった。*B. cereus* から得られたアルカリプロテアーゼの市販の洗剤との適合性について検討した。市販洗剤は、*B. cereus* から得られたプロテアーゼを加える前に、洗剤溶液を 65°C 1 時間インキュベートし、内因性のプロテアーゼを不活化した。洗濯洗剤中の *B. cereus* プロテアーゼの活性は、40°C、50°C

ともに 30 分後、1 時間後、2 時間後にそれぞれ 95%、80%、60%保持されていた。市販の洗濯洗剤は、30 分後に最大活性の 80~90%が保持され、1 時間後には極わずかな活性であった。*B. cereus* から得られたプロテアーゼは、40~50°Cのような高い温度で洗浄したときの酵素安定性の比較において、試験したすべての市販の洗濯洗剤の内因性プロテアーゼより優れていた。

- ⑥ Barrie ら<sup>9)</sup> は、ランドリープロセス、ランドリーの機械、病院のリネンが他の洗濯物と異なるといかに異なるか、英国保健局 (DoH) の病院リネンの取り扱いガイダンスについて、病院リネン契約がどのようになされるか、契約評価チームの責任などについてレビューしている。ランドリー・リネンの微生物学的検査の方法や、結果の解釈の仕方、手術室で用いられる特別な布地の特性、さらにリネンを取り扱う人の感染や外傷を避ける方法についても触れている。

#### 1) Introduction

医療施設のリネンは、血液や分泌物で汚染されていたり、感染患者が使用したものであったりすること、規制当局のガイダンスを遵守しなければならないことが他の洗濯物と異なる。リネンが医療関連感染に関与することはまれであるが、過去に脳神経外科手術後の髄膜炎や産科病棟での新生児の臍感染で、*B. cereus* に汚染されていたリネンが疑われた例がある。

#### 2) The laundering process (ランドリープロセス)

ランドリープロセスは、Pre-wash、Main wash、Rinse からなる。Pre-wash では大きな汚れが除かれる。Pre-wash では 38°Cより低い温度・低アルカリ条件下で蛋白質のシミの多くが除かれる。Main wash では、機械、時間、温度、洗剤、アルカリ、シミ抜き剤を組み合わせ、吸着された汚れやシミを取り除く。Hospital linen に求められる熱水消毒、71°C 3 分間あるいは 65°C 10 分間の条件 (最低の安全性保持条件) を達成することができる。Rinse では、リネンからアルカリや洗剤を除き、脱水して乾燥させる。

### 3) Laundering machines (洗濯機械)

洗濯機械には washer extractor と continuous batch tunnel washer (CBTW)連続式トンネル型洗浄機の2つがある。washer extractor は国内の洗濯機械と同じ原理で、新鮮な水を wash 過程、rinse 過程に取り入れる。布地の種類や色に合わせてプロセスを調整でき、35～65 分間で完了する。washer extractor はシーツ、枕カバー、毛布、衣類、ユニフォーム、高温処理できない布、病原菌が含まれるリネン ('infected' linen) を処理することができる。CBTW は、たくさんのリネンを処理する場合に使用される。典型的な CBTW は、2つの Pre-wash 過程、五つの Main wash 過程、3つの Rinse 過程を持っており、50kg～36kg の洗濯物に対応する。CBTW は counter-current flow principle である。つまり、洗濯物は前から後ろへ動き、水は反対方向 (後ろから前へ) に移動する。新鮮な水は最終rinse 過程で一定の流量で注入される。すすぎ終わった水はいったんタンクに集められ、このうちの2/3がPre-wash 過程に回され、Pre-wash 過程の終了時に排水される。タンクに集められた水の残りの1/3はMain wash 過程に回される。CBTW に入れられたリネンは自動的に重量測定され、洗剤、アルカリ剤、染み抜き剤が自動的に注入される。加温できるリネン素材の場合はMain wash 過程で蒸気が注入される。通常、80℃までの温度設定ができる。もし、設定された温度に到達しない場合や、Pre-wash、Main wash、Rinse に必要な水量が得られない場合、CBTW は是正処置がなされるまでプロセスを進めない。洗濯プロセスは注水や廃水で中断されることはない。CBTW は、水、添加物、熱を washer extractor より有効に使用し、1日に7,000-10,000kg のリネンが処理できる。

### 4) Hospital linen (病院リネン)

病院リネンは必ずしも感染リスクを持つわけではないが、表1. に示す DoH ガイダンスでは、消化器系の感染症患者の嘔吐物などで汚染されたりネンや報告義務感染症 (Notifiable disease) 患者のリネンは Infected linen 感染性リネンに分類することとしている。病院リネンはホテルや他の介護施設のリネンとは異なる。スタッフを感染から守る方策が取られなければならないし、洗濯中に消毒がなされなければならない。DoH ガイダンスでは、表2.のように病院

リネンの洗濯に要求事項 (Requirements) を設けている。

90%以上の病院リネンは Used linen 使用済みリネンに分類される。これらの洗濯には CBTW が使用される。CBTW は表2. に示す DoH ガイダンスを順守しなければならない。DoH は、毎日の洗濯終了時点でリネンの細菌汚染を減らすために CBTW 空にすることを求めている (筆者は CBTW を空にすることよりも熱水消毒がより効果的であると考える)。芽胞菌の除去は、Rinse 段階の水による希釈によるところが大きい。

Infected linen は、水溶性の膜の内袋に詰められ、赤いナイロンかポリエステルの外袋に入れられる。外袋と内袋は washer extractor で洗濯される。これは作業者が直接リネンに触れない工夫である。洗浄プロセスの熱水消毒条件は Used linen と同じである。washer extractor の空気抜き用の管 (Vent pipes) は室外につながっていなければならない。廃水は機械からマンホールまで密閉されていなければならない。チェック記録やキャリブレーション記録も残さねばならない。

温度に弱い材料のリネン (Heat-labile linen) は、通常、washer extractor で 40℃処理、60℃で乾燥する。熱水消毒の代わりに化学薬品処理、すなわち Chlorine bleach (有効塩素濃度 150ppm) が最後から2番目の Rinse 時に使用される。Hypochlorite bleach 次亜塩素酸さらし粉は、汚れや、洗浄過程で使われる洗剤やアルカリ剤に影響を受けるので洗浄過程で使用できない。

### 5) Destaining agents used in the laundering of hospital linen (病院リネン洗濯時に使う漂白剤)

漂白には、過酸化水素水や次亜塩素酸ナトリウムが用いられる。過酸化水素は高温下でも使用できるがコストが高い。次亜塩素酸ナトリウムは最後から2番目の Rinse 時に 60℃以下で使用される。次亜塩素酸ナトリウムの方がコストは安い、難燃性の綿の布地を傷める。石けん洗剤と硬水での洗濯によっても難燃性布地は傷められる。

### 6) The laundry contract (洗濯の請負契約)

洗濯の請負契約は通常3年～7年間でなされている。請負契約は信用組合 (Trust) か病院経営陣 (Hospital Management Board) によって結ばれる。

病院側の契約評価チームには、Contracts/Supply 責任者、Finance/Human Resource 責任者、Laundry/Support service 責任者、Infection Control Doctor 感染制御医/Medical Microbiologist 臨床微生物学者を含めるべきである。Contracts/Supplies 責任者により、入札募集書 (invitation)、入札の条件書 (conditions of tender)、契約書案 (draft contract) が作られる。入札の条件書 (conditions of tender) には、洗濯請負業者の責任者/パートナー、組織構造、これまでの経験、査察結果などの情報提供や、洗濯機器に関する情報提供が含まれる。契約のスペックは、Laundry/Support service 責任者により書かれ、毎週の洗濯物量、Infected に分類されるリネンの量、洗濯材料の種類が含まれる。さらに品質保証、品質保証の方法、洗濯スタッフの健康・安全管理ポリシー、鋭利器具による怪我の対処や、第三者の質評価の方法も加えられる。入札仕様書 (Tender documents) は、契約評価チームに回覧され、追加や修正が行われる。

洗濯請負業者から受け取った入札希望 (Tender submission) は、表 3. のごとく、契約評価チームに回され、メンバーはそれぞれ責任部分を評価する。

#### 7) Laundry inspection (査察)

少なくとも丸1日かけて入札希望を申し出た業者を査察する。洗濯プロセスのすべてを見るには十分な時間を要する。Medical Microbiologist (微生物検査担当者)、Contracts/Supply 責任者、Laundry/Support service 責任者が査察すべきである。

#### 8) Sorting area (分別エリア)

使用済みリネンを扱うスタッフは、適切な防護ウェア (たとえば防水性エプロン、硬質のグローブ) を身に付けるべきである。CBTW が稼働している場合、洗濯物は重量測定されバッグに詰められ、頭上を輸送され、2 分ごとにバッグから機械に洗濯物が入られるが、バッグはスタッフの頭上で吊り下げられたままになったり、頭上を輸送されたりしてはいけない。Infected linen 感染性リネンを処理する十分な機器を揃えているか確認する。Infected linen を処理する Washer extractor は指定の機器であって、十分なキャパシティが必要である。Washer extractor の廃水管が室外につながっていないとしない。機器の底の排水チャンバーは目張りされ、温度が記

録されているか確認しなければならない。CBTW の洗濯物の処理キャパシティ、コンパートメントの数、サイクルの必要時間、機械の数、稼働時間などを査察する。毎日、CBTW の稼働時や CBTW が 3 時間以上停止していた場合には、最初に温水消毒が必ず実施されなくてはならない。乾燥機のキャパシティは、洗濯機のそれに応じたものでなければならない。

#### 9) Microbiological testing of laundered linen (洗濯済みリネンの微生物学的検査)

Infected linen については、DoH によって示された熱水消毒が必須である。定期的な微生物検査より、温度モニターし、キャリブレーションを定期的に行っていることが重要である。院内感染源、とくに芽胞菌によるアウトブレイクのもとになっていることが疑われた場合は微生物検査を行う。リネンからの細菌採取法には Liquid extraction 抽出法と Impression plate 接触圧迫法があるが標準的な方法はない。前者は後者より精度が高い。加えて結果をどのように解釈するか難しいことがよくある。

#### 10) Rental of linen for hospital use (レンタルリネン)

病院リネンをレンタルすることは、リネンの質、ストックコントロール、質保証の面から利点が多い。コストは 15~20% 増しになる。

#### 11) Fabrics for operation theatre wear (手術室着衣用繊維製品)

Re-usable fabric として最も使用されているのは綿/polyester 混合布地であるが、創感染の原因になる皮膚 Particle 中の空気感染 Particle を通さないし、血液や体液からも防御もできない。Barrier fabric は空気感染 Particle の通過が少なく、血液や体液に対する防御もできる。多くは Microfilament polyester で強く織り込まれている。Laminated polyester はガウン、ドレープに使用できる不浸透性の素材である。空気もバクテリアも通過できない。これらの布地素材は表 4. にまとめた。不織布の Single-use ガウンやドレープは手術室で使用可能である。汚染のリスクはない。

#### 12) Theatre's gowns for surgery (手術室用のガウン)

HIV 感染インシデンスの増加や他の血液暴露によるウイルス感染の増加で、手術室スタッフは血液や体液による感染リスクを考えるようになった。HIV や肝炎予防のためのガイドラインでは、血液感染の

リスクが高い場合、不浸透性のガウンを着用することを示唆している。もし不浸透性のガウンがない場合にはディスプレイザブルのプラスチックエプロンをガウンの下に着用することが勧められる。

Hepatitis B 感染の患者や HIV の患者、あるいは他の血液感染ウイルスに汚染されていることが疑われる患者のリネンは、"infected"に分類されなければならない。

DoH ガイダンスには、汚染されたりネンを取り扱う病院スタッフや洗濯スタッフの感染を予防する方法が記されている(表 2.)。洗濯スタッフは HCW より鋭利器具による怪我のリスクは低い、HCW と同様に HB ワクチン接種が推奨される。

- ⑦ Bates らの報告<sup>10)</sup>においては、以下のように述べられている。ウイルスのエンベロープの有無による抵抗性の比較、熱によるウイルスの殺傷力を評価から、ドライクリーニングサイクルは対象物の細菌やウイルスを死滅させるかを調査することを目的として、*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus* sp., *Clostridium perfringens* を用い、ウイルスとしては DNA bacteriophage (T96) をもちいて、ドライクリーニングのみと表示のある 70% アクリル、20% ポリエステル、10% 混合繊維を対象物とし、ドライクリーニングによる効果の実験をおこなった。

対象の布 17 枚に細菌またはウイルスを接種し、4 グループに分けた。A グループ (2 枚) はコントロール群で、10ml の塩水で 1 分かきまわした希釈液を数えた。B グループ (5 枚) はドライクリーニング後、A グループと同様の処理、C グループ (5 枚) はドライクリーニング後、栄養培地と血液培地で 37°C 48 時間培養、D グループ (5 枚) はドライクリーニングとスチームプレスをおこない C グループと同様の培養、In-vitro 実験熱とパークロロエチレンに抵抗性のある単純ヘルペスウイルスとポリオウイルスを使用した。

結果において、ドライクリーニングは、洗浄前より洗浄後の菌数が 3-8log 低減し、布 1 枚当たり  $10^3$  CFU だった。Bacteriophage の数は 10-100

倍減少した。しかし、単純ヘルペスウイルスは 40 分間の室温とパークロロエチレンの曝露で生存していた。

結論として、パークロロエチレン (テトラクロロエチレン) のドライクリーニングでは細菌は死滅せず、特にエンベロープを持たないウイルスに対しては不完全な殺滅力である。ドライクリーニングは健康保持や安全リスクにおいて問題がある。ドライクリーニングでしか洗濯できない病院で使用される物品について早急に議論すべきである。

- ⑧ Byrns<sup>11)</sup>は、病院ランドリーを監視する作業は、公衆衛生当局にとってしばしば不必要なものと避けられる。それは、通常の洗濯工程により、総ての病原体を死滅できると考えられているからである。しかし、適切に実施された洗濯物でさえ、細菌汚染が生じることはある。適切な工程を経た洗濯物が、患者に使用する前に比較的細菌が少ない製品を産出することがあり、リネンの細菌品質に影響を及ぼす変数となる。最終的に仕上がった製品が、細菌学的に患者使用が許容できるよう、リネンを加工・運搬・分類している工程について、調査者がこれらの因子を理解することは不可欠である。

米国ニューオーリンズの公衆衛生局病院では、環境健康管理部による監視を受け、その病院のランドリーでは潜在的な問題領域を特定した。ランドリーの洗浄室、裁縫室、清潔リネン梱包室、事務室、トイレ、運送部門等のエリアで調査を実施した。

きれいなリネンという品質の標準は存在しないが、洗浄工程の殺菌作用の効果は排水をサンプリングすることで測定可能である。現在のところ、安全な製品保証の最善の方法は、洗浄工程において、温度と残留塩素、pH 推移を測定することである。適切な手順が追跡されれば、微生物病原体は破壊される。しかし、最終的な予防方法として、重要な領域に供給されるリネンは無菌化 (滅菌) される必要がある。総ての洗濯工程は、汚染制御という点では、若干の固有の問題が提示される。洗濯工程に有効な影響を