

■ Reviews

感染制御に関わる Dry cleaning および Laundry の文献考察

小林寛伊、菅原えりさ、竹内千恵、曾川芳郎、遠藤博久、吉田理香、黒須一見

東京医療保健大学大学院

Hygienic aspect of dry cleaning and laundry for hospital linens

Hiroyoshi Kobayashi, Erisa Sugawara, Chie Takeuchi, Yoshiro Sogawa, Hirohisa Endo,
Rika Yoshida, Hitomi Kurosu

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

Key words : dry cleaning, laundry, hospital linens

はじめに

Dry cleaning ドライクリーニング後に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¹⁾。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るため、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²⁻⁵⁾を選択出来た。そこで今回、これら 29 文献²⁻³⁰⁾について考察するを試みる。

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。

文献考察

Hall ら²⁾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 2×10^8 CFU 接種して（これは 1975 年に小林らが dry cleaning の効果の検討¹⁾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℃）、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℃、10 分の熱水消毒条件を採用している。

Tinker³⁾は、アメリカ合衆国医療施設における再利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。

Maradian ら⁴⁾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 adviser⁵⁾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⁶⁾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、資本参加があつて現在は 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。

Bajpai ら⁷⁾ は、洗濯機の洗剤自動注入の発展にともなう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つたが、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。

Banik らの研究⁸⁾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℃、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℃で最も活性が高く、30℃、40℃、60℃でそれぞれ最大活性の 70%、82%、30%であつた。*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℃ 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℃、50℃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つた。*B. cereus* から得られたプロテアーゼは、40~50℃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。

Barrie ら⁹⁾ 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怪我を避ける方法についても触れている。

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性感染で、*B. cereus* に汚染されていたリネンが疑われた例がある。

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℃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℃3分間あるいは65℃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。

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、5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前に進めない。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。

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リ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ている）。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である。

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製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。

Destaining agents used in the laundering of hospital linen

(病院リネン洗濯時に使うしみ抜き製剤)

シミ抜きには、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。

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、追加や修正がおこなわれる。

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。

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。

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。

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おこな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おこなう。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。

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。

Fabrics for operation theatre wear (手術室着用繊維製品)

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 で堅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。

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 ガイドラインには、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が、HCW と同様に HB ワクチン接種が推奨される。

Bates らの報告¹⁰⁾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の評価から、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

表 1. 病院リネンの分類 (HC (87) 30)

分類	定義
使用済みリネン 感染性リネン	使用により汚染された、あるいは、排泄物および分泌物で汚染されたりネン 腸熱 (腸チフス)、または、その他のサルモネラ感染症、赤痢 (<i>Shigella</i> spp.)、A 型 /B 型肝炎およびキャリアー、肺結核排菌症例、HIV 感染、屈出感染症、その他ハ ザード・グループ 3*の病原体による感染症の症例あるいは疑いのある症例に用い たりネン
非耐熱性リネン	合成繊維製で別記する範疇の熱消毒に適用する温度に耐えられないリネン

Bates CJ, et al. *J Hosp Infect* 1993; 23: 255-262. より引用和訳改変

*ハザード・グループ 3 の病原体：ヒトに重症疾患を惹起し、検査室職員に高い危険性を示す微生物。それらは、市井に拡大する危険性はあるが、通常は効果的予防および治療が存在する。

表 2. 病院リネンの取り扱いと洗浄とに関する保健省 Department of Health ガイドラインの要約

項目	対応処置
洗濯場への搬送容器のカラー・コーディング	使用済みリネン—白または薄い灰白色 感染性リネン—赤または赤と白 非耐熱性リネン—橙色縞
感染性リネンへの要求	使用後に分別しない。2 重袋とし、うち袋は水溶性バッグあるいは水溶性膜のバッグとする。洗濯直前に分別しない。指定された洗浄脱水機を用い、大気中への排気パイプと密閉された排水管とお水槽を有すること。
リネンの消毒	使用済みリネンおよび感染性リネン—洗濯中に熱水消毒する。 非耐熱性リネン—化学的方法で消毒する、つまり、最後から 2 番目のリンスに次亜塩素酸ナトリウム、あるいは、地域の感染対策委員会が認めた代替化学物質で消毒する。
ランドリー職員の保護	リネンを分別する作業時は、防水性エプロンと手袋とを着用する。手指の損傷部位は防水性ドレッシングで被覆する。職業健康管理の助言が可能にようにする。
連続式トンネル型洗浄機への必要条件	毎作業日始業全および洗浄機停止後 3 時間以上経過時に、リンス槽の熱水消毒を行う。熱水生国は、電氣的、あるいは、コンピューターによる制御がなされること。毎作業日の最後には、総ての槽からリネンを取り出すこと (総ての槽にリネンを残さないこと)。

Bates CJ, et al. *J Hosp Infect* 1993; 23: 255-262. より引用和訳改変

表 3. 評価チーム・メンバーの責任

契約管理者または供給管理者	感染制御医/臨床細菌学者
商業的見地	異なる分類のリネンの取り扱い手順
契約用語および契約条件	感染性リネンのランドリー
商業的信頼性	リネンの熱水消毒
質管理	連続多槽式洗浄機の熱水消毒
顧客サービス	従業員の感染防止
配送	鋭利物対策
操作	
経営責任者	洗浄あるいは支援業務管理者
契約経費	技術的支援および現場技術支援
経費計算方法	作業の流れ
直近の経費	機械設置、容量、補修状況、維持計画
レンタル/病院所有リネンの経費比較	質管理と質保障
供給業者の経済的実現可能性	
人事担当者	機器と建造物の清掃手順
適切な職員配置	会社/洗浄職員の教育理念と実際
従業員教育	
良好な工業的関係の維持	
十分な訓練と苦情処理	
法律にあった雇用政策	
報酬の適正な規定	

Bates CJ, et al. *J Hosp Infect* 1993; 23: 255-262. より引用和訳改変

表 4. 手術用再使用繊維製品の性質

手術用リネンとしての性状	木綿	バリアー性 繊維製品	ラミネートした ポリエステル
73°Cのランドリーに耐える	はい	はい	はい
高圧蒸気滅菌に耐える	はい	はい	はい
細菌透過性	高い	中等度/低い	非常に低い
液体透過性	高い	中等度/低い	非常に低い
リント lint の飛散	多い/中等度	少ない	少ない
経費	安い	中等度/高い*	高い*
使い心地	良好	良好	不良**
ドレープ性(物にフィットする性質)	良好	良好	中等度

Bates CJ, et al. *J Hosp Infect* 1993; 23: 255-262. より引用和訳改変

*：バリアー性繊維製品木綿、木綿/ポリエステル混紡より高価である。例えば外科医のガウンは、木綿に比べ、2 倍からほぼ 5 倍の価格の間にある。ラミネート化ガウンは、木綿のおおよそ 5 倍高価である。

**：ラミネート化繊維製品は「呼吸」しない（空気を通さない）ので、通常、ガウンの前面および袖口に用いられ、ポリエステル/木綿混紡あるいは木綿が、着衣の残りの部分に用いられる。

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する物品について早急に議論すべきである。

Byrns¹¹⁾ 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及ぼすために、調査者（監査者）は洗濯取り扱い状況のすべての側面を理解しなければならず、クリーニング店だけで見つかる専門条件とプロセスにも精通していなければならない。環境健康の専門者は、訓練と経験、疫学、病院経営、配管と細菌学専門家のような領域で、病院ランドリーを援助する優れた立場にあるべきである。

Carr ら¹²⁾ は、塩素イオンは二酸化塩素の副産物で、一般的には最終工程でこの処理水に 0.3 から 1.0mg/L に存在する。遊離塩素と結合されるとき、これらの 2 つの反

応性イオンは二酸化塩素を形成するために反応することが示された。

この研究の主目的は、高濃度の次亜塩素酸塩イオンでの洗濯温度と pH 値に残留二酸化塩素があるとき、二酸化塩素形成を定量化すること、また、比較的高い次亜塩素酸塩イオン濃度があるときの、正確な二酸化塩素の分析法を開発することであり、洗濯工程処理時における二酸化塩素を使用したシステムの水道水中で、二酸化塩素が形成されるかどうかを測定することであった。

二酸化塩素の形成は、シュミレーションされたランドリー漂白でごくわずかであることが明らかとなった。また、二酸化塩素形成における変動要因が pH であることも明らかとなった。塩素がベース（次亜塩素酸ナトリウム）として有効なとき、結果として生じる pH は、二酸化塩素構造を抑制するのに十分であった。

CDC/HICPAC¹³⁾ は、CDC と医療感染制御諮問委員会（HICPAC）の勧告として、以下のごとく述べている。

G. 洗濯物と寝具

1) 一般の情報

医療施設における洗濯物とは、シーツ、毛布、タオル、個人衣類、患者衣類、外科的手技に使用したユニフォームやガウンとドレープを含み、これらを擦り洗いし、洗濯する。

医療施設での汚染された織物の病原微生物は相当数であるが、汚染されたファブリックにリンクされる健康管理関連疾患の報告はわずかである。

2) 疫学と一般的概念の感染管理

汚染した織物は、生体物質からの微生物、血液、皮膚、便、尿、嘔吐などや組織を多く含んでいる。織物が感染力のある生体物質で汚染されたとき、 10^6 – 10^8 CFU/100cm² の細菌量を含んでいる。医療洗濯物に起因する感染経路は、汚染されたりネン類を不適当に扱った場合である。細菌（サルモネラ菌属、セレウス菌）、B 型肝炎ウイルス、真菌や疥癬等は汚染された織物から従事者に直接接触感染または空気感染している。

汚染や病原体除去、病原体不活性化の組合せを通して、汚染された織物をクリーニング部門は、きれいに衛生的にしている。個人防護具、適切な業務実践、標識、危険連絡と人間工学を用いて、汚染された織物の捕集と取扱いを区分し、従事者を感染性物質による曝露から保護する必要がある。医療施設での洗濯部門は、患者とスタッフに衛生的できれいな織物や衣類を与え、効率よく設計

される必要があり、医療施設（介護施設を含む）のための洗濯物構造および作動のためのガイドラインが公表されている。洗濯部門は、通常2つの別々の領域—清潔区域と汚染区域に区分される。空気汚染されたリントで清浄洗濯物への再汚染を最小化するため、汚染区域は清潔区域より陰圧でなければならない。洗濯部門は、従事者が直ちに手洗いでできる設備を備えておく。汚染区域では、洗濯従事者は適切な個人保護具を着用する必要がある。湿った織物は、終夜機械に残されてはならない。

3) 汚染された織物の収集、輸送、区分

汚染が起きた場所で、汚染された洗濯物を区分けし、濯ぐことは、OSHA によって禁止されている。汚染された織物は、その場所にバッグまたは他の適切な袋に入れ、漏出を防止するために閉じる。汚染された洗濯物が施設内の洗濯部門に輸送されるか、離れた洗濯部門に輸送するかどうかにかかわらず、適切に扱う必要がある。しかしながら、いずれの場合も症例はこのソースとの関連がなかった。クリーニング店は、洗う前の仕分け時に製品の組成に基づく公式のカスタム化と遭遇される土壌の型を考慮に入れる。従事者の保護衣類は、これらの曝露量を最小化することができる。

4) 洗濯プロセスのパラメータ

医療施設で使われる織物と衣類は洗浄後、消毒され、病原体を含まなくなる。清浄後の織物や衣類は、乾燥後、必要に応じてプレスされて、施設へ配送準備を行う。きれいなリネン類は、輸送前に不注意な汚染による塵とほこりを防ぐため、包装されなければならない。

洗浄後、清浄および乾燥した織物と衣類は、プレスされ折り畳み包装され、使用まで清潔な方法で輸送、配布、保管する。清潔および汚染された織物は、清潔・汚染の分離を考慮したトラックやカートで洗濯部門から医療施設まで輸送されなければならない。清潔な織物と汚染された織物は同じ媒体の中で輸送される可能性がある。

5) 特別な洗濯物状況

外科的ドレープと再使用可能な外科用ガウンは、使用前に消毒をおこなう必要があり、高圧蒸気滅菌を実施する。熱傷治療部署の無菌リネン類の使用については未解決のままである。ドライクリーニングは、洗剤で損傷をする可能性のある繊維製品を洗浄するための手段である。いくつかの調査において、ドライクリーニング単独では汚染されたりネン類の一般細菌数とウイルスを減らす際に比較的效果がないことを示した。従って、医療施設で

は繊維製品が水と洗剤で洗浄できない状況の場合にのみ検討し、洗濯物の標準工程やオプションと考えてはならない。

6) 外科ガウン、ドレープと処理可能な繊維製品

最近の懸念の問題は、医療施設での使い捨て商品対再使用可能な外科ガウンと繊維製品についてである。これらの製品は製造材料に関係なく、液体と微生物浸透を防ぐ製品でなければならない。バリア製品を選択するとき、撥水性レベルとバリアの型は予想される曝露に関して互換性を持たなければならないが、手術部位感染予防のためにガウンまたはドレープ特徴とリスクに関して制限がある。医療施設は患者と医療従事者の最適予防を確実にしなければならない。

7) 抗菌ラベルの表示された抗菌物質を含浸させた消費者向け製品

製造業者は抗菌化学物質を医療部材に組み込んだ製品を販売している。家庭製品の「抗菌」ラベルは、表示のない製品より「よく」機能するという印象を与える。医療施設においては、小児用寝衣、マットレス、シーツと枕カバー等がある。これらの製品の使用は、患者をより健康にするか、疾患を予防することを示唆するためには利用できない。データは、感染制御戦略の一部としてこれらの部材の使用法をサポートしておらず、従って、施設の寝具等を抗菌製品に置き換える追加出費は保証されない。

8) 標準的なマットレス、枕とエアーマット

標準マットレスと枕はカバーが破損した際に患者ケア時に生体物質で汚染されることがある。マットレスカバーはベッドの全面を覆う保護生地であり、マットレスが生体物質で汚染されるのを防止する目的がある。マットレスカバーが破れたらすぐに交換されなければならない。湿ったマットレスは微生物の汚染の基となる。特に熱傷患者では、アシネトバクター属、MRSA と緑膿菌に起因する感染症やコロニー形成の報告がある。これらの報告によると湿式のマットレスの交換が有効な感染制御手段であった。熱水洗濯物サイクルでは、枕やそれらのカバーは容易に洗浄可能でなければならない。

エアーマットは疼痛や褥瘡、熱傷治療のため、長期間、患者に使用される。つめられている微小ビーズが患者の生体物質で汚染される可能性があるが、患者の相互汚染の報告はわずかである。しかし、研究によると、患者ごとにポリエステルフィルターシートを清掃と殺菌するこ

とが必要であることが示唆された。

Christian ら¹⁴⁾は、病院のランドリーで使用される水温は、病院協会及び州の要件の推薦に基づき、71°C (160°F) 以上で洗濯水温を維持することとなっている。これらの推薦と規則は主に 1938 年アーノルドによるレポートの結果に基づいている。その後の研究は、60~65°C の水温の標準的な洗濯において、病院感染に関連している細菌の除去を確実にすることが十分であることを示した。

本研究は、病院のランドリーにおいて織物の細菌学的品質が、正常な条件 (75°C の標準の洗濯) と比べて、75°C より低い洗濯温度で経済的に合理的な方式と洗濯条件で維持されるかを検討し、変更された状態の有効性を評価した。品質を確認する細菌は 3 グループで、①有機栄養細菌 (環境細菌の最も一般的な組分けとしてのモニター)、②ブドウ球菌、③全大腸菌群 (糞便汚染のインジケーター) とした。施設は、ペンシルバニア病院の医科大学、フィラデルフィア、ペンシルベニア州の洗濯設備を対象とし、3 タイプの布 (① 100% の綿の平織 (綿)、②綿-50% : 50% のポリエステル (綿との混紡)、③タオル (パイル織り)) を分析した。サンプルは 16 回集められ、温度は 47.8~77.2°C、基本的な洗濯操作は一般に 8 分であった。低温 (47.8~60.0°C) の洗濯手順は事実上、高温の手順のように少なくとも全ての細菌のグループを排除した。洗剤は、2 つのタイプ (①アルカリ性の合成洗剤、②F-101 特に低温の洗濯のために設計されたアルカリ性の合成洗剤) が使用され、初期濃度は、水分量、加えられた漂白剤の重さ、およびそれぞれの漂白剤の有効塩素について計算し決定した。漂白の持続時間は 8~11 分に及んだ。細菌の低温での有効性は、漂白剤の濃度増加によって増大した。予想されるように、従属栄養細菌は最も一般的に検出され、ブドウ球菌は 86.3% で認められ、全大腸菌群 54.2% に検出された。汚染織物に関するすべてのグループに得られた最大濃度は、 10^3 CFU/cm² を超え、全てのグループの最小限から最大濃度までの細菌の範囲も 10^4 CFU/cm² を超えていた。47.8~50.0°C、57.2~60.0、73.9~77.2°C までの群では、汚染した織物の細菌の密度における規則的な変化は見られなかった。

本研究におけるより低い温度での洗濯の省エネは 1 洗濯あたり 4 万カロリー以上となる。将来洗濯水温を下げることによって光熱費が減少することであるなら、低温の洗濯は、エネルギーと経済性の両方を病院に還元されるかもしれない。

Cody¹⁵⁾ らは、ランドリーの過程で重要なことは、潜在的に汚染された織物から病原性の細菌を取り除く能力である。織物に関連している細菌を数えるための標準方法の開発は、ランドリー手順の殺菌の有効性を算定するための必要なステップである。したがって、新しいランドリー手順の殺菌の有効性を測定することが必要である。

ここでは、大腸菌と黄色ブドウ球菌について、殺菌された病院のシーツおよびテリー織布の上に細菌を接種し、6 つの方法を評価した。6 つの内 2 つの方法は、液体培地に浸漬した後、孔径 0.45 ミクロン、直径 47mm のフィルターで濾過し、6 つの内 3 つの方法は、ペイント・シェーカーで液体培地を振盪してから濾過し、最後の 1 つは、塩化トリフェニルテトラゾリウム含有寒天培地の上に布を直接おいて培養した。

最も便利な回収方法は、90 秒シェイクした後、連続希釈しフィルターで濾過をする方法であった。この方法は、テリー織布とシーツから黄色ブドウ球菌 (58/57%)、テリー織布 (34/74%)、シーツから (133/31%) 大腸菌 (44/57%) の回収ができた。浸漬方法は、大腸菌と黄色ブドウ球菌の類似した回収結果を認めたが、実用的ではない方法であった。直接培養法は、グラム陽性菌を算定するためには効果なかった。

シェイク方法では、シェーカーはそれほど高価ではなく、すぐに、装置は再利用でき、ペイント・シェーカーは高速装置を使用して、最適の震動する時間が簡潔であることがわかった。対照的に、浸漬装置は、再利用の前に洗浄・殺菌しなくてはならない。我々は、シェイク方法あるいは浸漬方法が、ランドリーの殺菌効果を評価する指標であることに期待する。

Fijan¹⁶⁾ らは、病院感染の原因の一つとして、不適切な洗濯と消毒をした病院織物 (hospital textiles) があるとし、この調査研究の目的は、病院ランドリーのいろいろな管理ポイントにおいてロタウイルス RNA の存在を判定することであると述べている。

ロタウイルス糞便懸濁液を陽性コントロールとして、55°C の工業ドライヤーの外側の金属側、折りたたみテーブル、綿 100% の織物の表面に接種した。病院洗濯室の管理ポイントのスワブは、専門機器 (トンネル・ウォッシャーの出口、圧縮脱水機の底、圧縮脱水機のピストン、引き上げコンベアー・ベルト、分類コンベアー・ベルト)、保管備品 (トレイ・カバー、フラット・ワーク・アイロン棚、アイロン後折り畳んだ織物用保管棚、輸送媒体の

横)、織物(湿った織物、アイロン後折り畳んだ織物)、手指(区分コンベ・アーベルト、フラット・ワーク・アイロン作業従事者、織物乾燥操作従事者)を選択した。スワブ上のロタウイルス RNA の存在を決定するため、逆転写ポリメラーゼ連鎖反応 reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) と nested PCR を用いた。

陽性コントロールにおいて、ドライヤーと折りたたみテーブルは、RT-PCR と nested PCR で陽性となった。100%の織物は nested PCR のみで陽性となった。

ロタウイルス RNA は RT-PCR によって、圧縮脱水機の底、区分コンベアー・ベルト、湿った織物、フラット・ワーク・アイロン棚、アイロン後折り畳んだ織物用保管棚、輸送媒体の側面、織物乾燥の操作をおこなうヒトの手で検出された(9.7%: 72 検体中 7 検体陽性)。そして、nested PCR では、アイロン後折り畳んだ織物の 3 検体がさらに陽性となった(13.9%: 72 検体中 10 検体陽性)。

病院関連感染の予防の一つとして洗濯後の織物の適切な扱いを考慮に入れることはとても重要である。この論文は、織物と同様に、洗濯物と器材の表面でロタウイルス RNA の存在をはじめて報告した。

Holländer ら¹⁷⁾ は、トイレ洗浄、庭園灌漑、洗濯に用いられているトータル 102 の雨水貯水槽から 1,600 の水のサンプルを集め、微生物学的分析を行った。好気性従属栄養細菌は、大腸菌、大腸菌群、糞便の連鎖球菌、緑膿菌、ブドウ球菌、エルシニア、サルモネラ、シゲラ、レジオネラ、酵母の同定と同じようにそれぞれ 20℃と 37℃で培養された。平均トータル数 cell/mL は、20℃で 1,200、37℃で 230 であった。おおよそ平均 28 の大腸菌と 198 の大腸菌群が 100mL 中に検出された。プラスチックの貯水槽の場合、細菌数は一般的にコンクリートまたはレンガで作られた貯蔵タンクから集められたサンプルより低かった。遍在的に広まっている病原体、緑膿菌(サンプルの 11.8%で検出)と 1 サンプルのみのサルモネラが検出された以外、他の病原体は検出されなかった。分析したすべてのサンプルの 95%より多くのサンプルが、ヨーロッパ地域によって設けられた入浴水のための基準を満たした。回収場所とパイプ・ラインの正確な標識と同様に、雨水と飲み水との厳密な分離などの特定の予防がおこなわれるならば、トイレ洗浄、庭園灌漑、洗濯に雨水を使用することは公衆衛生上受け入れ難いリスクはない。

Jung ら¹⁸⁾ は、電氣的に銀イオンを生成する銀使用の洗濯機械を用いて、ヒトや動物で多くみられる真菌感染のうち、4 つの真菌 - *Trichophyton rubrum*、*Candida albicans*、*Microsporum canis* と *Aspergillus flavus* - に対して、再汚染するか抗真菌性有効実験を行った。

Samsung 社の従来型の洗濯機と銀使用の洗濯機を用いて実験をおこない、統計分析は t 検定を用いた。

洗剤使用に関係なく、銀の洗濯機で洗った場合は、従来の洗濯機と比較して、大部分の真菌に対して約 4 log₁₀ (CFU ml⁻¹) 減少と効果的であり、洗剤を使用すると、ほとんどすべての真菌を除去できた。4 つの真菌について、洗剤使用の銀の洗濯機の洗浄活性は、従来の洗濯洗浄後の最終的な工程後より高かった。

汚染された洗濯物は、稀ではあるが、真菌汚染を引き起こす可能性がある。銀イオンを発生する洗濯機は、洗浄および濯ぎ工程で、経済的・効果的に真菌を除去できる。銀の洗濯機は、病院や在宅で菌汚染された繊維製品に起因する皮膚刺激を防止することに役立つ可能性がある。

Mckernan ら¹⁹⁾ は、ドライクリーニング従業員のテトラクロロエチレン (PCE) 曝露の生物学的評価の実現可能性を評価する目的で、ドライクリーニング工場女性従業員 18 名 (オハイオ州) を対象とし、以下の検体を検討に供した。

- 検体 : ①被験者の周囲の吸気呼気 (顔近くに木炭チューブ装着の服を着る)
- ②被験者の血液
- ③被験者の尿
- ④被験者の呼気 (少なくとも 500ml を 1 L サンプルバックに採取)

検体として、被験者の血液、尿、呼気を、2 日間継続して従事した日 (水、木、金) の従事前後に採取した。

結果において、クリーニング従事後の呼気に含まれる PCE 濃度は、水、木、金と徐々に上昇し、被験者周囲から検出される PCE と呼気から排出される PCE には相関が認められた。2 日間 PCE に曝露しなかった月曜日の仕事前の呼気 PCE 濃度と、尿から検出されるトリクロ酢酸 (PCE の分解生成物: TCA) は金曜日の仕事後に比べて低値だった。

このような結果から、PCE 検出には血液検査が最も適切であったが、簡便な方法ではない。今回の検討で、環境要因に左右されるとはいえ、従業員の吸気呼気環境に

あるエアーは、血液検査の代用になり、かつ、従業員に浸襲を与えない簡便な検査法かもしれない。

Mcknight の報告²⁰⁾では、汚れたりネンの処理は、医療施設内 (On-site)、共同処理 (Co-op)、外部施設に委託 (Outside) の3つの方法が取られている。On-site の場合は適切な業務の遂行、保管場所の確保、大きな資本投資が必要である。Co-op の場合は、いくつかの医療施設が共通のランドリー施設を持って処理する方法である。Outside はランドリー業務の一切を外部に頼る方法である。Palace Quality Service Industries はランドリー業務を受託する Outside に分類され、1882年にスタートした。今日ではミシガン州の南西部の24施設を対象に、1日に50,000ポンドから75,000ポンドのランドリーを処理している。Outside 委託のメリットは、Co-op や On-site に比べて少なくとも10%安価ということである。一方で Outside 委託の不安点は、病院がランドリーを管理しにくくなることである。この解決のためには両者が定期的に密なコンタクトをすることである。正確な新しいリネンの在庫は Sound team approach で解決する。出荷や配送のときに正確なカウントを実施し、書類にすることがカギである。

病院が、ランドリーの Outside 委託会社を通して新しいリネンを購入することはまだ一般的ではないが、手続きは極めて簡単である。リネンの委託購入契約は以下のメリットがある。病院は現物 (linen inventory) が配送されるまで対価を支払う必要がない。Vendor が linen inventory を保管するので、病院は受け取りや保管の場所を確保しなくてよい。linen inventory がすぐに手に入る。これまで15施設が linen inventory 契約しているが大きな問題が上がったことはない。

ランドリーの Outside 委託の利点には以下があげられる。まず、リネン使用量のチェックができることである。リネン使用量をモニター、レビューしてコストの低減をはかることができる。新しいリネンのテストも請け負うことができる。また病院スタッフの教育のためのセミナーなども実施できる。さらに病院内施設の改造などのコンサルティングも請け負うことができる。

Outside を利用することは、病院を清潔にする有効な手段である。リネン、ガウン、シーツ、毛布、枕カバー、モップ、おむつ、手術用の織物などあらゆるリネンが簡単に処理できる。さらにバリアー性に優れた最新の布地製品も早く提供できる。

ランドリーコストを評価するのに3つのエレメントがある。Purchasing (購買)、Processing (処理)、Usage (使用) である。病院と外部ランドリーサービスは密に協働し、リネン管理を向上させ、使用量を調整し、廃棄物を少なくし、コストを低減化すべきである。

Mukherjee²¹⁾は、2種類の *Bacillus subtilis* の crude cyclic lipopeptide (CLP) biosurfactants における発売されたクリーニング洗浄剤の融和性と安定性を検討した結果、2種類の *Bacillus subtilis* strains の CLP biosurfactants は、pH7.0-12.0の間では安定し、80℃、60分では表面の活動は損なわれなかった。CLP biosurfactants は、野菜オイルによって乳液様になった。すべての洗浄剤に融和性と安定性を示した。

Orrら²²⁾は、腸球菌は現在、病院感染をもたらす重要な病原体とされていることに鑑み、病院内での腸球菌感染の疫学についてはいまだ多くは解明されていないが、腸球菌は比較的熱耐性であることは知られている。英国保健省推奨のリネンの汚染除去の時間、温度の組合せ (71℃、3分、または、65℃、10分) で洗浄しても、いくつかの調査において、多くの腸球菌株が生存可能であることが示されている。従って、我々は病院ランドリーで病院リネンから腸球菌の汚染除去の有効性を調査したいと考え、*Enterococcus faecalis* と *E. faecium* との40株の熱耐性について研究した。10病院のランドリーにおいて実験に挑戦し、腸球菌を人工的に汚染させた洗濯物の汚染除去に成功した。10病院のうちの6施設では、洗浄工程のみでも、増菌培養をおこなっても腸球菌は生育しなかった。腸球菌で実験的に汚染された洗濯物が洗浄工程の段階までに効果的に除染されることをも示した。我々の研究は、腸球菌の相対的な熱耐性にもかかわらず、時間と温度の組合せにより、病院ランドリーで汚染を除去できており、現在のガイドラインが腸球菌の汚染除去に適切なことを示唆した。病院ランドリーの汚染除去は、十分な熱殺菌工程に加え、清潔管理および継続的な工程管理にも依存している。

Sellami-Kamoun ら²³⁾は、さまざまな固形洗濯洗剤の汚水から分離されたバチルス RPI によって作り出された細胞外のプロテアーゼの安定性を調査した。この酵素の最適条件は、PH 10.0-11.0 と温度 65-70℃で、酵素活性は、phenylmethylsulfonyl fluoride フッ化 フェニルメチルスルホライド (PMSF: セリンプロテアーゼ阻害薬) によって阻害され、セリンプロテアーゼを含有することを

示唆した。RPI プロテアーゼは、40～50℃までの温度で優れた安定性とさまざまな市販固形洗剤との互換性を示した。酵素は 7mg/ml の洗浄剤があるとき、プレインキュベーション 60 分の後 Axion (94%)、Dixan (93.5%) が初期活性の 95% を保持した。また、ショ糖やポリエチレングリコール 4000 (PEG4000) は酵素の安定性などの添加剤の効果は、乾燥や New Det 洗剤で後続の収納時にも検討した。

Smith ら²⁴⁾ は、エネルギーの増加する費用は、低温洗濯の実現性をテストすることについて、留意を指示した。病院のランドリー使用は 66℃の高温洗濯水域で化学物質を定式化した。ひどく汚染したリネンの洗浄水流出物と繊維細菌数はアルカリ性と気温測定に関連して、高温水と低温水時の洗濯の細菌数を調査した。タオルは洗浄過程の始めに 10^7 で 100cm^2 あたりの 10^9 有機体に汚染されるのがわかった。見つけれられる中で最も一般的なグラム陰性菌は、クレブシエラ属、エンテロバクター属、セラチア種であった。漂白剤サイクルを含む冷たい水と同様に熱い水での洗濯が細菌数 3log10 reduction で、繊維物における細菌数を減少した。同様に、洗浄水は 3～4log10 reduction を示した。さらに 0.5～1.0 log10 reduction は、93.3℃の乾燥サイクルに作用した。

低温洗濯は細菌数と種類に関して、高温選択に匹敵していた。31.1℃の冷水はエネルギー消費量を減らして、細菌学と美的なリネン品質を維持するための別法として提案する。

Standaert ら²⁵⁾ は、*Salmonella* 胃腸炎による院内感染アウトブレイクが療養施設で発生することは一般的に知られており、療養施設の中での人—人伝播による感染はときどき発生する（報告される）が、汚れたリネンを取り扱ったランドリースタッフが感染した事例はほとんどない。

テネシー郡（人口 75,000）の田舎の 250 床の療養施設（収容者 222 人、スタッフ 244 人）で、*Salmonella* のアウトブレイク中にランドリー・スタッフが病院感染を起こした事例について分析した。当該療養施設のすべての収容者およびスタッフにインタビューをおこない、糞便培養を施行した。その結果、32 例の収容者および 8 例のスタッフ（調理師 1 例、看護師 4 例、ランドリー・スタッフ 3 例）から *Salmonella hadar* が分離された。テネシー郡では過去 2 年間、*S. hadar* 感染事例は報告されていなかった。一番最初の *S. hadar* 感染者は栄養剤

をチューブから投与されている収容者であり、この経腸栄養剤は *S. hadar* 陽性（アウトブレイク後の全員検査時に判明）であった調理師が調製したものであった。療養施設収容者の *S. hadar* 感染は、施設で調理された食物由来と思われた。しかし、看護師およびランドリー・スタッフについては、いずれも施設内で調理されたものを食べていなかったこと、さらにスタッフの発症は収容者の発症日より 10 日後であったことから、*S. hadar* 感染は二次感染であると思われた。*S. hadar* 感染した 3 例のランドリー・スタッフについては、施設収容者との接触はなかった。ほとんどの収容者（81%）は失禁状態であり、アウトブレイク期間中は、糞便の汚れの度合いや汚れたリネンの量が増加した。ランドリー・スタッフは通常ランドリー・ルームで食事しており、汚れたリ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、汚れたリネンが感染源であったことが示唆された。

今回の観察で、糞便で汚れたリネンがランドリー・スタッフの *S. hadar* 感染の原因に関与したものと思われた。さらにリネンを処理する際に適切な防護具を使用することの重要性が浮き彫りにされた。

Tovey らの調査²⁶⁾ の目的は、シュミレーションによる洗濯プロセスの間、ベッドの埃から、ダニアレルゲン (Der p1) と猫アレルゲン (Fel d1) の除去の動態を決定することで、3つの実験的研究がおこなわれた。

Study 1 は、4つの洗濯用薬剤（水のみ・石鹼・酵素洗剤・酵素のない洗剤）、4つの温度（15℃・25℃・45℃・60℃）、3つの抽出時間（5分・20分・60分）で比較され、ほとんどすべてのアレルゲンが5分以内、25℃で除去された。Study 2 は、一般的な洗剤 11 種類で、5分間 25℃、45℃におけるアレルゲンの除去を調べたが、11 種類が同様の除去効果を示した。Study 3 は、4つの酵素洗剤の洗浄剤含有酵素の効果を検討したが、洗剤製剤の酵素の存在はアレルゲン抽出に対する重要な効果が発生しないことが示された。

結論として、少なくとも 5 分間 25℃の洗剤を使用する洗濯で、寝具の埃からほとんどのダニと猫アレルゲンを除去するのに十分であることが明白となった。

Vandenhove ら²⁷⁾ は、毛布のダニの除去におけるドライクリーニングの効果を調査することを目的として、毛布（マルセイユのサマーハウスから）10 枚収集し、内 5 枚はドライクリーニングをおこなった。クリーニング前

後に掃除機でほこりを収集し、BBS 法（ホウ酸緩衝生理食塩水）でダニを収集して、ELISA 法でダニの allergen levels を判定した。また既知の 16 人のアレルギー陽性患者の血清でパークロロエチレン（ドライクリーニング溶剤）に曝露させた allergen とそうでない allergen の IgE 測定（RAST）をおこなった。

結果において、ドライクリーニング後の毛布の allergen levels は、前に比べ 78% 減少、1 m² 中の allergen levels も 98% 減少していた。しかし、パークロロエチレンは allergen を蛋白変性させないことがわかった。

結論として、ドライクリーニングは allergen を物理的に洗い落とすことがわかった。毛布をドライクリーニングすることは、安全、便利、安価な方法でアレルギー患者に推奨できる。

Vilve ら²⁸⁾ は、原子力発電所で着た防護服は洗濯するが、通常、洗浄水は放射性でなく、処理せずに海へ放出できているものの、これから環境の法律は厳しくなるため、洗浄水の処理を研究することが望まれるとし、原子力発電所の洗浄水の有機化合物（界面活性剤など）の分解におけるオゾン処理の効果を検討した。

オゾン処理実験は、pH、過酸化水素、紫外線放射の異なった組み合わせでおこなった。有機化合物の分解は、化学的酸素要求量（COD）、全有機炭素（TOC）、生化学的酸素要求量（BOC）、分子量分布測定によって分析した。サンプルは、特定のオゾン/COD 点でバルブによって採取し分析した。

未処理の洗浄水の分析において COD、TOC、BOD は、それぞれ 300-400mg/L、90-110mg/L、160-190mg/L であった。オゾンと過酸化水素によって洗浄水の処理を行なった場合、0.4mgO₃/mg/COD のオゾンを加えてのオゾン暴露時間約 35 分で、COD、TOC、BOD の減少は pH10 で 32%、20%、35% であり、pH7.5 で 35%、27%、57% であった。オゾンと UV 放射の場合は、0.3mgO₃/mg/COD のオゾンを加えオゾン暴露時間約 35 分で、COD、TOC、BOD の減少は pH10 で 33%、23%、29% であり、pH7 で 45%、33%、45% であった。オゾンと UV 放射と過酸化水素添加の場合は、0.5mgO₃/mg/COD のオゾンを加えオゾン暴露時間約 30 分で、COD、TOC、BOD の減少は pH10 で 35%、26%、85% であり、pH7.5 で 46%、32%、70% であった。最適分解環境は、pH7 でオゾン、紫外線放射、過酸化水素添加のときであった。オゾン処理の間、サンプル水に過酸化水素を加えた我々の実験は、オゾンの移

動と処理時間がかかなり先行オゾン処理実験より早くなった。分子量分布測定においても洗浄廃水の汚染の分解効果が検証された。

Wang ら²⁹⁾ は、現場でのランドリー廃液のリサイクルと再使用のための処理の試験的研究を、異なった膜素材であるポリアクリロニトリル（PAN）、ポリスルホン（PS）、ポリプロピレン（PP）による限外ろ過（UF）でおこなった。UF の流出水質と組みあわせた汚染膜の分析において、PAN 膜は他のものより優れていた。濁り、懸濁物、脂肪、油を効果的に取り除いた、しかし、リサイクルと再利用に有益である UF の流出水にある程度陰イオン界面活性剤（LAS）は含まれていた。相関分析によると、流出水の高い化学的酸素要求量 Chemical Oxygen Demand（COD）濃度は LAS の残留が原因であることがわかった。長期間の UF 流出水を用いて洗濯した綿布の白さ、柔らかさは水道水を用いた洗濯と違いはなかった。UF 膜を用いた大腸菌と細菌の除去は非常に高くなく、よって UF 流出水はさらに紫外線（UV）によって消毒した。UV の照射量が 3750J/m² 以上だったので、微生物レベルは飲料水の中国国家基準に達した。最適 UF 操作状況は、30 分間のろ過ごとに 2 分間の逆流をすることである。加えて、pH11~13 のアルカリ溶液で清掃を行い、膜流動は完全に回復した。

Occupational Safety and Health Administration（OSHA）のランドリーに関する Weller の報告³⁰⁾ は、新しい血液由来病原体規則に関する 3 部分のシリーズの 2 番目である。この記事は曝露制御計画、ランドリー労働者のための個人保護具、および遵守監視を含んでいる。要するに、規則は雇い主に対してより記録を保存することと従業員に対してより少ない曝露を強制します。1992 年 5 月 5 日までに、総てのランドリーが従業員に対して、リネンと接触して血液で汚染された、または、針または鋭利なものの接触について「合理的に予期可能」なのかどうか書かれた曝露制御計画を確立しなければならないとしている。

お わ り に

以上、感染制御に関わる dry cleaning および laundry の文献を検索して考察を試みたが、幅広い範囲において、いまだ幾つかの問題を残していることは、否めない現状である。

今後、安全性を追求していく為の問題点を究明しながら焦点を絞り込み、各課題に関して更なる検討をおこなっていくことが望まれる。

本文献考察は、厚生労働科学研究平成 22 年度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” 分担研究 “洗濯物の衛生管理及び洗濯物を介した感染についての文献的考察” による。

■ 文 献

- 小林寛伊, 都築正和, 清水喜八郎. ドライクリーニング後の汚染度に関する研究. クリーニングと公衆衛生に関する公募研究報告書 1975: 78-79.
- Hall TJ, Wren MWD, Jean A, et al. Decontamination of laundry at low temperature with CuWB50, a novel copper-based biocidal compound. *Am J Infect Control* 2009;37:478-83.
- Tinker K. Laundry Services for Health Care: Compiling Regulatory Mandates, Recommendations, and Best Practices for Infection Prevention. *Am J Infect Control* 2009; 37: E135. www.ajicjournal.org (2010 年 12 月 14 日アクセス)
- Moradian F, Khajeh K, Naderi-Manesh H, et al. Isolation, purification and characterization of a surfactants-, laundry detergents- and organic solvents-resistant alkaline protease from *Bacillus* sp. HR-08. *Applied Biochem Biotechnol* 2009; 159: 33-45
- Letter. Employers must provide suitable laundry facilities for uniforms. *Nursing Standard* 2010;24(47):32-33.
- Anonymous. A laundry's reincarnation. *American Laundry Digest* 1993; 58: 20-25.
- Bajpai D, Tyagi VK. Laundry detergents: an overview. *J Oleo Sci* 2007; 56: 327-340.
- Banik RM, Prakash M. Laundry detergent compatibility of the alkaline protease from *Bacillus cereus*. *Microbiological Research* 2004; 159: 135-140. doi: 10.1016/j.micres.2004.01.002
- Barrie D. How hospital linen and laundry services are provided. *J Hosp Infect* 1994; 27: 219-235.
- Bates CJ, Wilcox MH, Smith TL, Spencer, RC. The efficacy of a hospital dry cleaning cycle in disinfecting material contaminated with bacteria and viruses. *J Hosp Infect* 1993; 23: 255-262.
- Byrns GE, Bland LA. Environmental health impact in the hospital laundry. *Journal of Environmental Health* 1980; 42: 258-262.
- Carr M, Carison K, Gregory D. Formation of chlorine dioxide under laundry bleaching conditions. *J Environ Eng Sci* 2003; 2: 293-297. doi: 10.1139/S03-020
- CDC/HICPAC. G. Laundry and Bedding. In: *Guidelines for environmental infection control in health-care facilities*. Atlanta: CDC 2003; 98-104.
- Christian RR, Manchester JT, Mellor MT. Bacteriological quality of fabrics washed at lower-than-standard temperatures in a hospital laundry facility. *Appl Environ Microbiol* 1983; 45: 591-597.
- Cody HJ, Smith PF, Blaser MJ, LaForce FM, Wang WL. Comparison of methods for recovery of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* from seeded laundry fabrics. *Appl Environ Microbiol* 1984; 47: 965-970.
- Fijan S, Steyer A, Poljšak-Prijatelj M, Cencič A, Sostar-Turk S, Koren S. Rotaviral RNA found on various surfaces in a hospital laundry. *Journal of Virological Methods* 2008; 148: 66-73. doi: 10.1016/j.jviromet.2007.10.011
- Holländer R, Bullermann M, Groß C, et al. Microbiologisch-hygienische Aspekte bei der Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser für Toilettenspülung, Gartenbewässerung und Wäschewaschen. *Gesundheitswesen* 1996; 58: 288-293.
- Jung WK, Kim SH, Koo HC, et al. Antifungal activity of the silver ion against contaminated fabric. *Mycoses* 2007; 50: 265-269. doi: 10.1111/j.1439-0507.2007.01372.x
- Mckernan LT, Ruder AM, Petersen MR, et al. Biological exposure assessment to tetrachloroethylene for workers in the dry cleaning industry. *Environmental Health* 2008; 7(12). doi: 10.1186/1476-069X-7-12 <http://www.ehjournal.net/content/7/1/12>
- Mcknight D. Conservation and laundry: using outside vendors to clean reusable linens. *Hosp Materiel Manage Q* 1992; 14: 34-38.
- Mukherjee AK. Potential application of cyclic lipopeptide biosurfactants produced by *Bacillus subtilis* strains in laundry detergent formulations. *Letters in Applied Microbiology* 2007; 45: 330-335. doi: 10.1111/j.1472-765X.2007.02197.x
- Orr KE, Holliday MG, Jones AL, Robson I, Perry JD. Survival of enterococci during hospital laundry processing. *J Hosp Infect* 2002; 50: 133-139. doi: 10.1053/jhin.2001.1137
- Sellami-Kamoun A, Haddar A, Ali NE, Ghorbel-Frikha B, Kanoun S, Nasri M. Stability of thermostable alkaline protease from *Bacillus licheniformis* RP1 in commercial solid laundry detergent formulations. *Microbiological Research* 2008; 163: 299-306. doi: 10.1016/j.micres.2006.06.001
- Smith JA, Neil KR, Davidson CG, Davidson RW. Effect of water temperature on bacterial killing in laundry. *Infection Control* 1987; 8: 204-209.
- Standaert SM, Hutcheson RH, Schaffner W. Nosocomial transmission of salmonella gastroenteritis to laundry workers in a nursing home. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1994; 15: 22-26.
- Tovey ER, Taylor DJ, Mitakakis TZ, De Lucca SD. Effectiveness of laundry washing agents and conditions in the removal of cat and dust mite allergen from bedding dust. *J Allergy Clin Immunol* 2001; 108: 369-374. doi: 10.1067/mai.2001.117799
- Vandenhove T, Soler M, Birnbaum J, Charpin D, Vervloet D. Effect of dry cleaning on mite allergen levels in blankets. *Allergy* 1993; 48: 264-266.
- Vilve M, Hirvonen A, Sillanpää M. Ozone-based advanced oxidation processes in nuclear laundry water treatment. *Environmental Technology* 2007; 28: 961-968.
- Wang J, Jiang J. Pilot Study on the treatment of ultrafiltration for laundry wastewater recycling and reuse. *Environmental Science* 2007; 28: 387-391.
- Weller SC. OSHA gets into dirty laundry. *Textile Rental* 1992; 75: 60-61