

微酸性電解水の医療用ユニフォームに対する殺菌効果の検討

奥田 亮¹, 眞野 容子², 藤田 和恵³, 蛸井 浩行³, 齋藤 好信³,
弦間 昭彦³, 古谷 信彦^{1,2}

¹ 文京学院大学大学院 保健医療科学研究科

² 文京学院大学 保健医療技術学部

³ 日本医科大学 呼吸器内科

要旨

医療用ユニフォームは黄色ブドウ球菌など様々な病原細菌によって汚染されており、その洗浄方法は地域や施設間で異なる。微酸性電解水は人や環境に優しく食品洗浄への使用が可能でありながら様々な細菌に対し高い殺菌効果を有する消毒薬の一つである。本研究では、医療関連感染で問題となる各種細菌に対する微酸性電解水の電動バケツ洗濯機による洗浄と噴霧による殺菌効果の検討を行った。市販洗剤、滅菌水道水による電動バケツ洗濯機を用いた洗浄では、白衣片内に菌の残存が認められたが、微酸性電解水による洗浄では次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄同様、全ての菌が5分で完全に殺菌された。微酸性電解水噴霧投与でも70%アルコール噴霧同様、白衣片内に菌の残存は認められず、微酸性電解水は次亜塩素酸ナトリウム同様、高い殺菌効果を示した。微酸性電解水を用いた医療用ユニフォームの洗浄・噴霧は殺菌効果に優れ、有用であることが示唆された。

キーワード

微酸性電解水, 消毒薬, 医療関連感染, 医療用ユニフォーム

1. 序論

院内感染制御は世界中で公衆衛生上の重要な問題となっている。近年、多剤耐性菌の入院患者への感染が増加しており¹⁾、特に集中治療室のような院内感染リスクの高い環境で治療を受けている患者にとって大きな問題となっている²⁾。耐性菌の伝播経路として医療従事者の手指や医療器具などがあるが、医療従事者の着用する白衣などの医療用ユニフォームも感染経路となりうる。既知の報告では、医療従事者の白衣などの医療用のユニフォームは黄色ブドウ球菌やアシネトバクター属などの病原微生物に汚染されていること³⁾、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌(MRSA)保菌患者との接触による予防衣のMRSA汚染例⁴⁾などが報告されている。医療用ユニフォームの洗濯方法は国によりさまざまな方法が推奨されている。本邦において感染性

リネンは熱水(80℃で10分)による消毒や、有効塩素濃度250mg/Lの次亜塩素酸ナトリウムによる30℃5分以上の浸漬が行われている⁵⁾。国外では、アメリカ疾病予防センター(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)では雇用主による医療用ユニフォームの洗濯を勧告しているが⁶⁾、英国の国民保健サービス(National Health Service, NHS)に属する医療機関では着用した医療用ユニフォームは感染症伝播となる危険は無いとして、自身が着用したユニフォームを自宅で洗濯することが推奨されている⁷⁾。しかし、その洗濯方法については洗剤で60℃10分以上洗濯し、大量の水ですすぐ、という記載のみで詳細に関する記載はない。

近年、農業や酪農業などの食品分野や歯科領域において微酸性電解水の消毒効果が注目されている⁸⁾。微酸性電解水はpH 5.0～6.5、有効塩素濃度10～30 mg/Lのもの

が2002年に厚生労働省により殺菌料として食品添加物に指定されている⁹⁻¹¹⁾。一般的な塩素系消毒薬である次亜塩素酸ナトリウムに比べ、微生物細胞膜への浸透性が高く、低濃度、短時間で強い殺菌効果を発揮する¹²⁾。本研究では、自宅での医療用ユニフォームの洗浄を視野に入れ電動バケツ洗濯機を用いた微酸性電解水の殺菌・洗浄効果と、医療現場で簡便・迅速な消毒効果が期待出来る噴霧器を用いた微酸性電解水の殺菌効果の検討を、医療関連感染で問題となっている細菌を用いて検討を行った。

2. 方法

2.1 使用菌株

Staphylococcus aureus ATCC25923, Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* 臨床分離株(膿由来)(MRSA), *Enterococcus faecalis* 臨床分離株(膿由来), *Pseudomonas aeruginosa* PAO1, *Acinetobacter baumannii* ATCC17978, *Escherichia coli* ATCC25922の計6株を使用した。

2.2 電動バケツ洗濯機による殺菌効果の検討

試験液として微酸性電解水、市販漂白剤(組成:次亜塩素酸ナトリウム, 水酸化ナトリウム, 有効塩素濃度110mg/L)(A社, 東京), 市販洗剤(組成:界面活性剤, 安定剤, アルカリ剤, 酵素)(B社, 東京)を用いた。微酸性電解水(pH 5.0~6.0, 有効塩素濃度30mg/L)はピュアスター® Mp-240G(森永乳業株式会社, 東京)より生成した。市販漂白剤と市販洗剤はそれぞれの添付文書に記載された濃度で使用し, 陽性対象として滅菌水道水を用いた。電動バケツ洗濯機はバケツ洗濯機 KJ-950(株式会社コジマ, 新潟)を用いた。McFarland 1.0 (3.0×10^8 CFU/mL)に調整した菌液を, 滅菌済み白衣片(5×5cm²)に100 μ L接種, 35°C 10分で完全に乾燥させ, 汚染白衣片とした。各試験液5Lを加えた電動バケツ洗濯機に汚染白衣片を入れ, 5分, 10分, 30分間洗浄を行った。各時間で汚染白衣片を取り出し, 塩素系消毒薬の中和剤である0.5%チオ硫酸ナトリウム溶液10mLの入った遠沈管に回収し反応を停止させ, ボルテックス・ミキサーにて30秒間振盪を行った。得られた抽出液を普通寒天培地(日水製薬株式会社, 東京)に接種し, 生菌数の算定を行った。

2.3 噴霧による殺菌効果の検討

試験液は微酸性電解水, 70%アルコールを使用し, 陽性対照に滅菌水道水を用いた。1プッシュで約1mL噴霧する噴霧器を用い, 汚染白衣片に各試験液を1プッシュし

た。これを35°Cで乾燥させ, 2.2の実験と同様に回収, 培養を行った。乾燥時間は微酸性電解水90分, 70%アルコール30分, 滅菌水道水120分とした。

3. 結果

3.1 電動バケツ洗濯機による殺菌効果の検討

図1に電動バケツ洗濯機による汚染白衣片の残存菌数の経時的変化を示した。微酸性電解水は次亜塩素酸ナトリウムと同様, 洗浄5分で全ての菌を殺菌した。それに対し, 市販洗剤では洗浄30分で*S. aureus*, MRSAは 10^3 CFU/mL, *E. faecalis*は 10^2 CFU/mL, *P. aeruginosa*は 10^3 CFU/mL, *A. baumannii*は $10^3 \sim 10^4$ CFU/mL, *E. coli*は $10^3 \sim 10^4$ CFU/mLの菌の残存が認められた。滅菌水道水による洗浄では30分の洗浄で*A. baumannii*を除く全ての試験菌は約 10^4 CFU/mLの菌が残存した。*A. baumannii*は約 10^5 CFU/mLの菌の残存が認められた。使用した電動バケツ洗濯機の破損, 白衣片の着色, 破損などの有害事象は認めなかった。

3.2 噴霧による殺菌効果の検討

図2に噴霧による汚染白衣片の残存菌数の変化を示した。微酸性電解水, 70%アルコールの噴霧では試験菌全てにおいて残存は認められなかった。しかし, 滅菌水道水を噴霧した場合, 全ての試験菌において約 $10^5 \sim 10^6$ CFU/mLの菌の残存が認められた。

4. 考察

本研究では白衣片を用い, 医療関連感染で問題となっている細菌に対する微酸性電解水の消毒効果について検討を行った。黄色ブドウ球菌, メチシリン耐性黄色ブドウ球菌, 腸球菌, 緑膿菌, アシネトバクター, 大腸菌全てにおいて, 電動バケツ洗濯機による洗浄と噴霧ともに高い殺菌効果を示し, 微酸性電解水を用いた医療用ユニフォームの洗浄・噴霧は有用であることが示唆された。

微酸性電解水の主な殺菌成分は次亜塩素酸で, 次亜塩素酸ナトリウムに多く含まれる次亜塩素酸イオンに比べ細胞膜への透過性が高く, 微酸性電解水は細胞の内外から酸化作用を及ぼすことが可能であることから低い有効塩素濃度で高い殺菌効果を有する¹²⁾。*In vitro*の検討では, 一般細菌からウイルス, 芽胞菌に有効であることが確認されている¹³⁾。また, 守重らには有効塩素濃度30mg/Lの微酸性電解水が, コンタクトレンズより分離されたセラチア属菌を

はじめとする細菌を洗浄直後において完全に殺菌することを報告している¹⁴⁾。奥邨らはプール施設に微酸性電解水を利用するシステムと従来のシステムとの比較を行い、微酸性電解水は水質基準下限 (0.4 mg/L) に近い塩素濃度でも一般細菌を不活化することを報告している¹⁵⁾。その他、低い有効塩素濃度で高い殺菌効果を有することから、食品分野では微酸性電解水による消毒・洗浄が行われており、次亜塩素酸ナトリウムに比べ、カット野菜のビタミンCやミネラルの減少量が少ないことが示されている¹⁶⁾。本研究では、細菌に汚染した白衣片に対する微酸性電解水の殺菌効果の検討を行い、次亜塩素酸ナトリウムと同等の高い殺菌効果が得られ、環境や人体に対し毒性が低く、安全に使用できる微酸性電解水は自宅の洗濯機を用いた医療用ユニフォームの洗浄・消毒に有用であることが示唆された。

一方、市販洗剤や滅菌水道水では医療用ユニフォームに付着した細菌を取り除くことは困難であった。今回使用した菌種による洗浄効果は、黄色ブドウ球菌、腸球菌などの球菌より、緑膿菌、アシネトバクター、大腸菌などの桿菌の方が低いという結果であった。これは菌体の大きさや粘稠性による布の縫い目・折り目への付着性の違いなどが考えられ、今後の検討を要する。更に、院内感染症で問題となっているクロストリジウム・デフィシルのような芽胞菌や抗菌薬への耐性を示す細菌への殺菌、洗浄効果についての検討や、洗浄に用いる試験液の温度の違いによる検討を行っていく必要がある。また、洗浄後の洗濯槽に残存した菌が次の洗濯物に伝播する可能性が考えられ、洗濯槽の残存した菌数についても検討していく必要があると考える。医療現場では医療用ユニフォーム以外にもカーテンや敷布のようになりネンが多く使用されている。洗濯済みりネン類の汚染による院内感染の報告もあり¹⁷⁾、今後、感染制御において患者との接触の多い医療用ユニフォームやりネン類の洗浄・消毒に考慮が必要であると考えた。

5. 結語

人や環境に優しく、食品への利用も可能である微酸性電解水は、医療関連感染で問題となっている細菌に対し、次亜塩素酸ナトリウム同様、医療用ユニフォームの洗浄・噴霧は殺菌に有用であった。今後、試験液濃度や温度などの条件や、試験菌種を増やし、検討を行う必要がある。

6. 謝辞

微酸性電解水製造装置「ピュアスター®」は、森永乳業株式会社素材応用研究所より貸与頂きました。関係者各位に深謝いたします。

引用文献

- 1) Mohanasoundaram KM. Retrospective analysis of nosocomial infection in the ICU – associated risk factors and microbiological profile. *J Clin Diagn Res* 2010; 4: 3378-3382.
- 2) Dalhoff K, Ewig S, Guideline Development Group, et al. Adult patients with nosocomial pneumonia: epidemiology, diagnosis, and treatment. *Dtsch Arztebl Int* 2013; 110: 634-640.
- 3) Wiener-Well Y, Galuty M, Rudensky B, et al. Nursing and physician attire as possible source of nosocomial infections. *Am J Infect Control* 2011; 39: 555-559.
- 4) 福山由美子, 浦田秀子, 志水友加, 他. MRSA 保菌患者のケアによる予防衣の汚染と消毒効果の検討. 長崎大学医療技術短期大学紀要 1998; 11: 73-78.
- 5) 医政経発第 0330001 号, 「病院、診療所等の業務委託について」の一部改正について (通知), 2007.
- 6) Schulster L, Chinn RY. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. *MMWR Recomm Rep* 2003; 52: 1-42.
- 7) Jacob G. Uniform and workwear: An evidence base for developing local policy. Department of Health 2007; URL:<http://www.webmail.hospitalcaterers.org/press-releases/2007/uww.pdf>.
- 8) Komachiya M, Yamaguchi A, Hirai K, et al. Antiseptic effect of slightly Electrolyzed water on dental unit water systems. *Bull Tokyo Dent Coll* 2014; 55: 77-86.
- 9) 佐々木健, 平久治, 駒形安子, 他. 微酸性電解水ミストのラットに対する暴露試験. *応用薬理* 2009; 76: 117-122.
- 10) 鈴木潔, 中村悌一, 小久保貞之, 他. 塩酸を原料にした微酸性電解水の物理学的性. *防菌防黴* 2005; 33: 55-62.
- 11) 官報第 3378 号, 食品衛生施行規則の一部を改正する省令 (厚生労働第 75) . 2002.
- 12) 福崎智司, 次亜塩素酸による洗浄・殺菌機構と細菌の損傷. *日食微誌* 2009; 26: 76-80.

- 13) 太刀川貴子, 渡理英二, 染谷健二, 他. 各種病原微生物に対する弱酸性電解水の効果. 環境感染 1999; 14: 255-263.
- 14) 守重比路美, 眞野容子, 笹岡秀之, 他. 微酸性電解水によるコンタクトレンズケース及びコンタクトレンズ保存液の消毒効果. 環境感染誌 2012; 27: 13-19.
- 15) 奥邨大輔, 柳坪衛介, 三田村隆, 他. 微酸性電解水を活用したプール施設における微生物汚染対策. 空気調和・衛生工学会論文集 2009; 21: 65-68.
- 16) 泉秀実. 青果物およびカット青果物の微生物学的安全性に関する研究. 日食保蔵誌 2008; 34: 85-95.
- 17) 原田知子, 広島葉子, 本郷偉元, 他. セレウス菌菌血症のアウトブレイクを経験して. 日赤医学 2010; 61: 338-341.

Decontamination of Laundry with Slightly Acidic Electrolyzed (SAE) Water: Simple, Safe, and Effective Bactericidal Medium against Healthcare-associated Pathogens

Ryo Okuda¹, Yoko Mano², Kazue Fujita³, Hiroyuki Takoi³, Yoshinobu Saito³,
Akihiko Gemma³, Nobuhiko Furuya^{1,2}

¹Graduate School of Health Care Science, Graduate School of Bunkyo Gakuin University

²Department of Clinical Laboratory Medicine, Faculty of Health Science Technology
Bunkyo Gakuin University

³Department of Pulmonary Medicine and Oncology, Graduate School of Medicine,
Nippon Medical School

Abstract

Infection control is a priority for all hospitals to reduce the spread of healthcare-associated infections (HAIs). Textiles especially healthcare workers' uniform, are a possible route of HAIs transmission. Many healthcare workers are expected to launder their uniforms at home by using a domestic washing machine with commercial detergent. Slightly acidic electrolyzed (SAE) water, hypochlorous acid (HOCl), is an effective medium for killing bacteria and has been utilized for sanitization of the systems in food industries. The aim of this study was to evaluate SAE-water would be an efficient and effective means to reduce bacterial contamination. We examined *S. aureus*, MRSA, *E. faecalis*, *P. aeruginosa*, *A. baumannii* and *E. coli* in this study. All the test organisms were completely killed within the first 5 minutes starting from washing with SAE-water alone and sodium hypochlorite solution alone. However, all the test organisms remained by washing with sterile distilled water with or without commercial detergent over 30 minutes starting from washing. We observed similar effect on SAE-water spray. There was no evidence of adverse effects to uniforms after washing by SAE-water. This study shows highly effective laundry decontamination using SAE-water same as sodium hypochlorite solution. The findings of this study indicate that SAE-water may be a promising safe and effective disinfectant agent for healthcare-associated textiles against healthcare-associated pathogens.

Key words ——— Slightly acidic electrolyzed water, Disinfectants, Healthcare-associated infections, Healthcare workers' uniform

Bunkyo Journal of Health Science Technology vol.8: 15-21

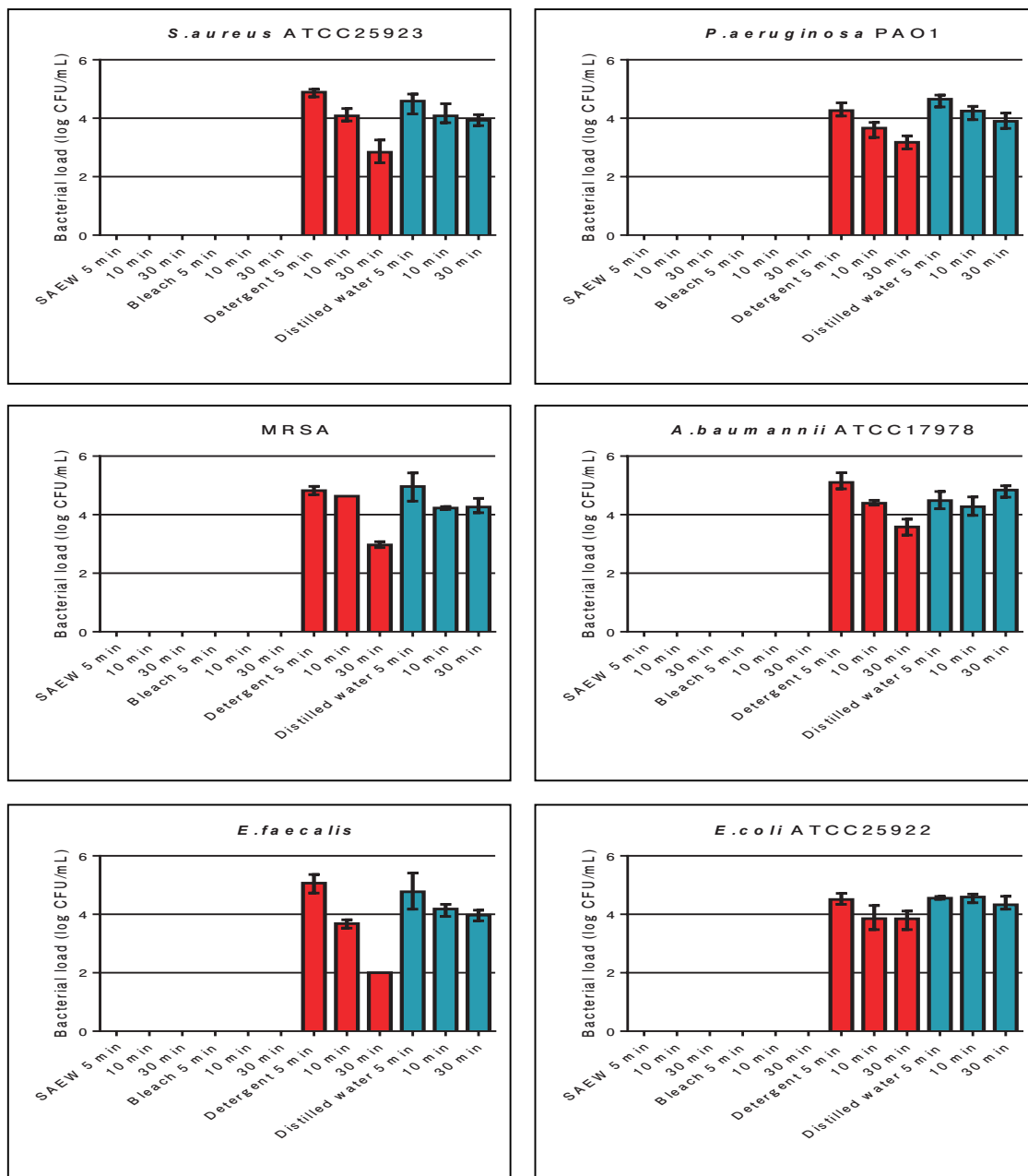


図1 電動バケツ洗濯機による汚染白衣片の残存菌数の経時的変化

SAEW；微酸性電解水による洗浄，Bleach；市販漂白剤による洗浄，Detergent；市販洗剤による洗浄，Distilled water；滅菌水道水による洗浄

微酸性電解水は次亜塩素酸ナトリウムと同様，洗浄5分で全ての菌を殺菌した．市販洗剤，滅菌水道水では全ての菌の残存が認められた．

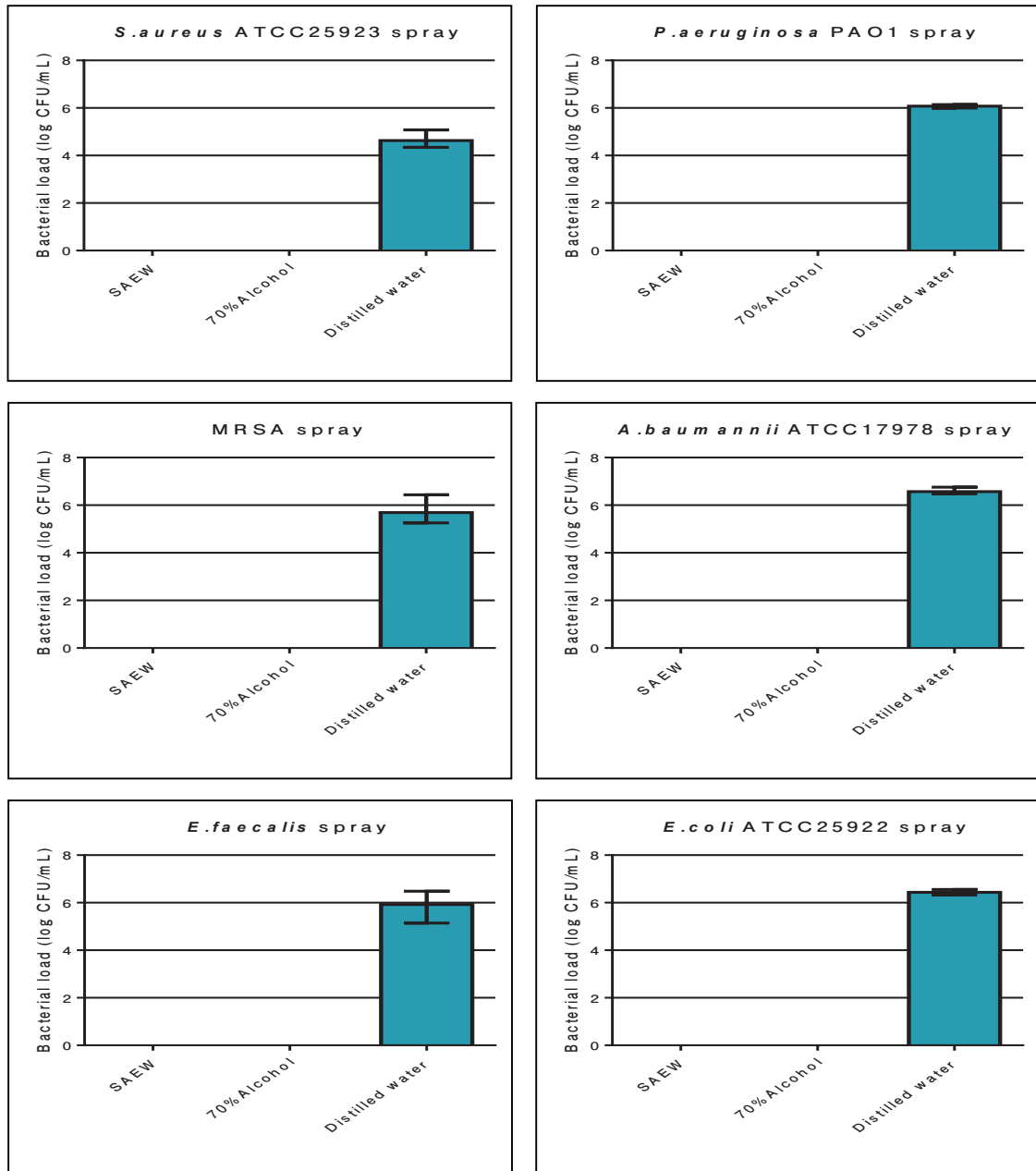


図2 噴霧による汚染白衣片の残存菌数の変化

SAEW；微酸性電解水による噴霧，70%Alcohol；70% アルコールによる噴霧，Distilled water；滅菌水道水による噴霧

微酸性電解水，70% アルコールの噴霧は全ての試験菌を殺菌した。滅菌水道水では約 $10^5 \sim 10^6$ CFU/mL 程度の菌の残存が認められた。