

強酸性電解水の化学特性および抗菌効果

山口仁孝・松本智佳・妹尾雅子・宇都宮彩乃

美作大学・美作大学短期大学部紀要（通巻第66号抜刷）

強酸性電解水の化学特性および抗菌効果

Chemical Characteristics and Antibacterial Effects of Strongly Acidic Electrolyzed Water

山口仁孝¹⁾†・松本智佳²⁾・妹尾雅子²⁾・宇都宮彩乃²⁾

キーワード：強酸性電解水、強酸性次亜塩素酸水、次亜塩素酸ナトリウム液

はじめに

強酸性電解水（強酸性次亜塩素酸水）は、水道水に微量な食塩を添加し、隔膜を介して電気分解して、陽極側から得られる次亜塩素酸を主な有効成分とするpH2.7以下の強酸性の溶液である。

大量調理衛生管理マニュアルには、調理器具や生鮮食品の消毒方法として、次亜塩素酸ナトリウム液100ppmで10分、200ppmであれば5分間浸漬させる方法が示されている。しかしながら、一般的に使用されている次亜塩素酸ナトリウム液は塩素臭が強く、金属腐食作用があり、使用後の排水も環境に与える影響が大きく、常時大量に使用する場合は注意が必要である^{1) 2) 3)}。

一方、次亜塩素酸ナトリウム液と同等の殺菌効果が期待できる強酸性電解水は、遊離次亜塩素酸の濃度が低く塩素臭はほとんどなく、短時間で水に希釈されて手荒れ等も起こりにくいため、環境や人体への安全性が高いと考えられている^{4) 5)}。

そこで、今回の研究では強酸性電解水の特性を検証するとともに、その消毒・殺菌効果について他の消毒液との比較検討を行った。

材料と方法

1. 強電解水生成装置および塩素濃度、pHの測定

株式会社アルテックス：ALTRON AL-761Nを用いて指示書に従い作成した。また、塩素濃度は、有効塩素濃度測定キットAQ-202P（食品衛生管理対策用）：柴田科学株式会社、pHはガラス電極式水素イオン濃度指示計：株式会社堀場製作所（型承SS112号）を用いて指示書に従い測定した（図1）。

2. 強酸性電解水の性状試験

性状試験については、強酸性電解水を出しっぱなしにし、0分、5分、10分後に滅菌ポリ容器に採取したものを原水として使用した。それぞれの原水について塩素濃度とpHの変化を経時的に観察した。

また、使用頻度による塩素濃度の変化を観察するために、5分間給水し、その休止後1時間たって採水したものを1時間、同様に給水休止後2時間後に採水したものを、12時間後に採水したものについて、それぞれの強酸性電解水の塩素濃度について測定した。

3. 調理器具の消毒・殺菌効果の確認

1) 消毒液および調理器具サンプル

消毒液：

強酸性電解水、次亜塩素酸ナトリウム液および対照として水道水の3種類（表1）を用いた。次亜塩素酸ナトリウム液については、市販の台所用漂白剤（キッ

†責任著者

¹⁾ 美作大学生活科学部食化学科

²⁾ 美作大学生活科学部食化学科学生

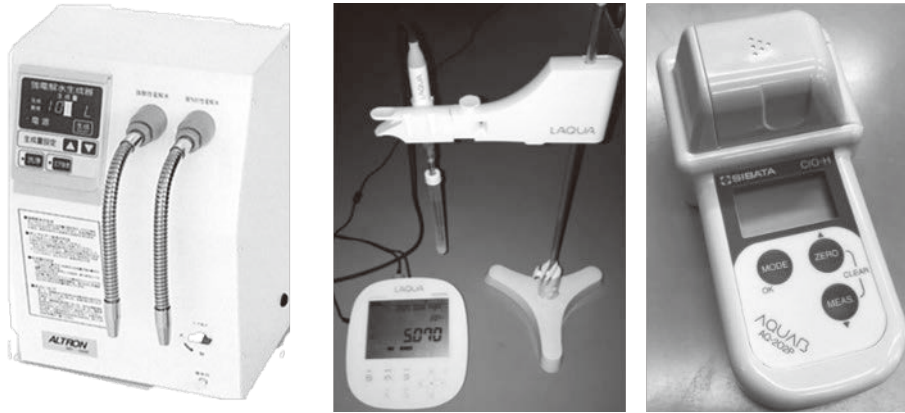


図1 強電解水生成装置、pHメーター、塩素濃度計

表1 消毒液

	強酸性電解水	次亜塩素酸ナトリウム液		水道水
塩素濃度	20~60ppm	200ppm	100ppm	1 ppm


サンプル名	スポンジ	タワシ
写真		

図2 調理器具サンプル

チンハイター：6%塩素溶液)を水道水で100ppmおよび200ppmの塩素濃度に希釈して用いた。

調理器具サンプル：

つけおき洗いを頻繁に行う、貼り合わせスポンジ(キクロンA：ナイロン不織布+ウレタンスポンジ)およびタワシ(大創産業：天然パーム素材)を調理器具サンプルとした(図2)。

2) 標準菌株、使用培地および試薬

標準菌株：

製品評価機構(nite)より、*Escherichia coli* (NBRC 100203) を購入し、 1.0×10^8 cfu/mlの菌液を以下の要領で調整し、必要に応じ供試した。

①乾燥保存された試験菌株をTrypticase Soy Broth (TSB) (BD) 10mlにて35°C18時間培養した。

②Trypticase Soy Agar (TSA) (BD) 培地に画線塗抹後、35°C18時間培養し、単離コロニーを釣菌した(純培養)。

③得られた単離コロニーから保存用としてTSAに接種し、35°C18時間培養するとともに、TSB 10mlに添加後、35°C18時間培養し、標準菌原液とした。

④標準菌原液について、以下に示す標準平板培養(Standard plate count : SPC) 法にて菌数をカウントし、菌数を確認した。

⑤標準菌原液に生理食塩水を加え、 $1.0 \times 10^7 \sim 10^8$ cfu/mlの濃度に調整した。

⑥各実験に際しては、はじめに添加する試験菌液の菌数をSPC法にてその都度確認した。

標準寒天培地（日水 #05618）：

指示書に従い121°C15分滅菌し、滅菌シャーレ（Iwaki #SH-90-15）に分注固化後使用した。

希釈液：

滅菌生理食塩水（0.85% NaCl）を作成し使用した。

3) 標準平板培養（SPC）法^{6) 7) 8)}について（図3）

①菌量を知りたい試料（菌＋消毒液の混和液）について、その試料原液1mlを希釈水（滅菌生理食塩水）9mlにより、 10^{-1} ～ 10^{-6} まで10倍段階希釈した。

②希釈液を標準寒天培地2枚に100 μ l塗布し、スプレッターで均等に広げて乾燥させたのちに35°Cで24時間培養した。

③寒天平板中のコロニー数を数え、30～300個の範囲でコロニーが得られるものを選択し、その平均値を算出した。

4) 調理器具類の漬け置き消毒試験（図4）

①調理器具サンプル（タワシ・スポンジ）は、あらかじめ1分間煮沸消毒を行い、水分をよく切ったあと、PCV Clean Bench（HITACHI）内でUV照射をしながら乾燥させ、フリーザーバッグ（大創産業 #561）に入れた。

②①に菌液（ 1.0×10^8 cfu/ml）5mlを入れよく揉み

込んだ後に各消毒液を（95ml）加え、消毒液が均等にいきわたるように再度よく揉み見込んだ後、0分・5分・10分後に菌＋消毒液の混和液をサンプルとして回収した。

③回収した混和液について、標準平板培養（SPC）法にて菌数測定を行った。

5) 低濃度次亜塩素酸ナトリウム液との消毒効果比較試験

強酸性電解水と同程度の塩素濃度が低い次亜塩素酸ナトリウム水溶液での消毒効果の比較試験を行った。

①各消毒液（強酸性電解水：塩素濃度50ppm、次亜塩素酸ナトリウム液：塩素濃度10・25・50・100ppm）9.5mlに菌液（ 1.0×10^8 cfu/ml）0.5mlを加え、ボルテックスでよく攪拌した。

②①の混和液1mlを10倍段階希釈し、標準平板培養（SPC）法により菌数測定を行った。

6) 消毒液の劣化作用の検証（図5）

①各消毒液（強酸性電解水、次亜塩素酸ナトリウム液 100ppm・200ppm、水道水）250mlにサンプル（タワシ・スポンジ）をつけ置きした。

②常温でUV照射を2週間繰り返した。

③2週間後よく乾燥させたのち、劣化作用を観察するため、色調、触感を確認後、実体顕微鏡でサンプル表面の観察を行った。

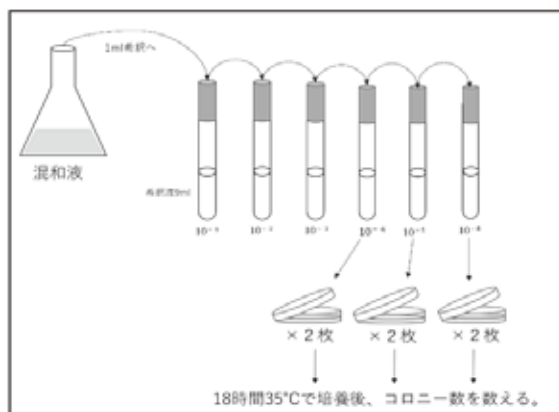


図3 標準平板培養（SPC）法

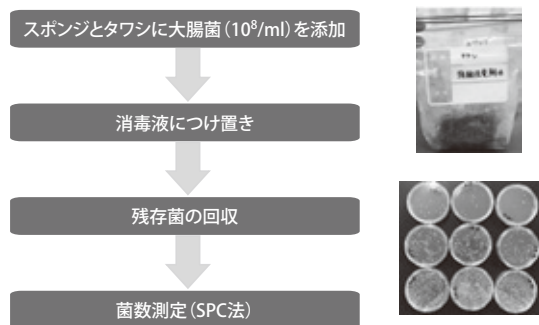


図4 調理器具の漬け置き消毒試験

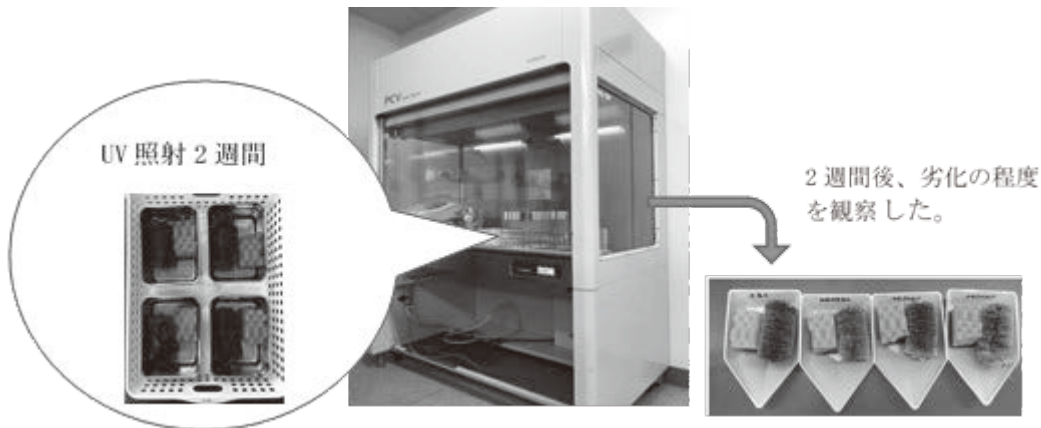


図5 消毒液の劣化作用の検証

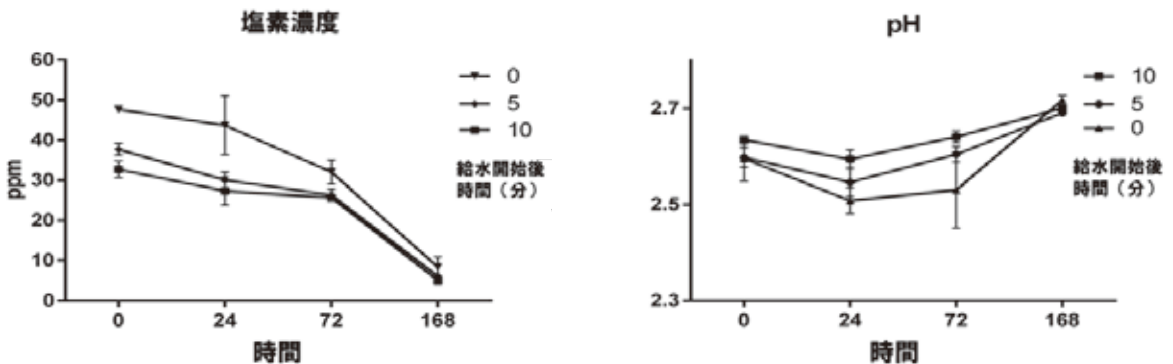


図6 強酸性電解水の塩素濃度とpHの経時的変化

7) 統計解析

必要に応じ、GraphPad Prism ver 8 (1995-2020 GraphPad Software) を用いて統計解析 (F test - unpaired t test) を行い有意差検定を行った。

結果

1) 強酸性電解水の性状試験

強酸性電解水の塩素濃度とpHの経時的変化 (図6) より、塩素濃度は採取した当日には30~50ppmあったが、7日が経過するといずれのサンプルも10ppm以下になっていた。pHに関しては、7日後には2.7にまで微増していたが、変動幅は0.2程度であったため、pHは1週間を経過しても保持されていた。

一方、使用頻度による強酸性電解水の塩素濃度の変

化については、採水後休止期間が長くなる程強酸性電解水の塩素濃度はやや高めの傾向が認められたが、すべてのサンプルでバラツキが大きく、塩素濃度は20~50ppmと幅があったものの、2時間以上給水休止期間を置くことで、30ppm以上の塩素濃度の電解水が生成できることが確認された (図7)。

2) 調理器具類の漬け置き消毒試験

スポンジでは強酸性電解水の消毒・殺菌作用により、添加菌量の約50%程度まで減少していた (図8)。一方、次亜塩素酸ナトリウム液 (塩素濃度: 100ppm) では、菌混和0分後には20%程度まで急速に減少し、5分、10分後には大腸菌は残存していなかった。

タワシについては、強酸性電解水では添加菌量の約

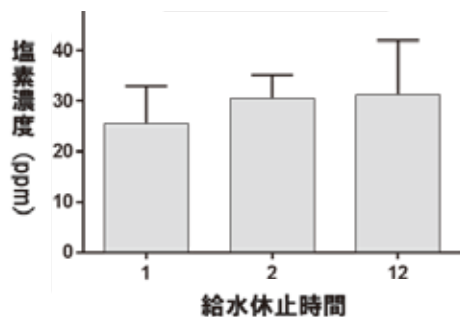


図7 使用頻度による塩素濃度の変化

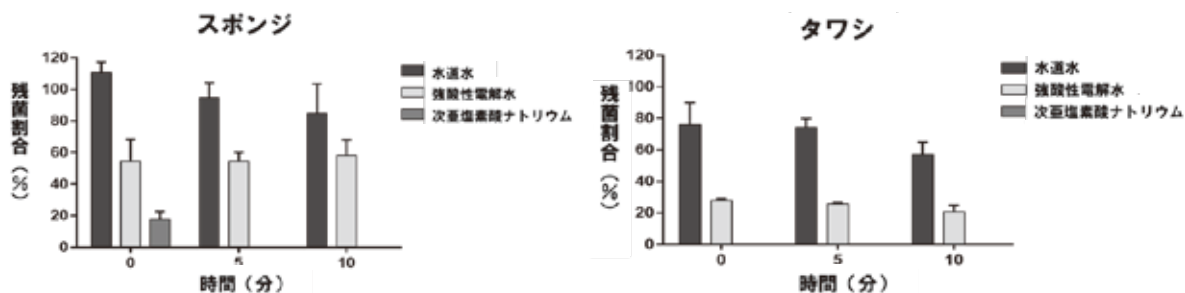


図8 漬け置き消毒の結果 (1.0×10⁸CFU/ml)

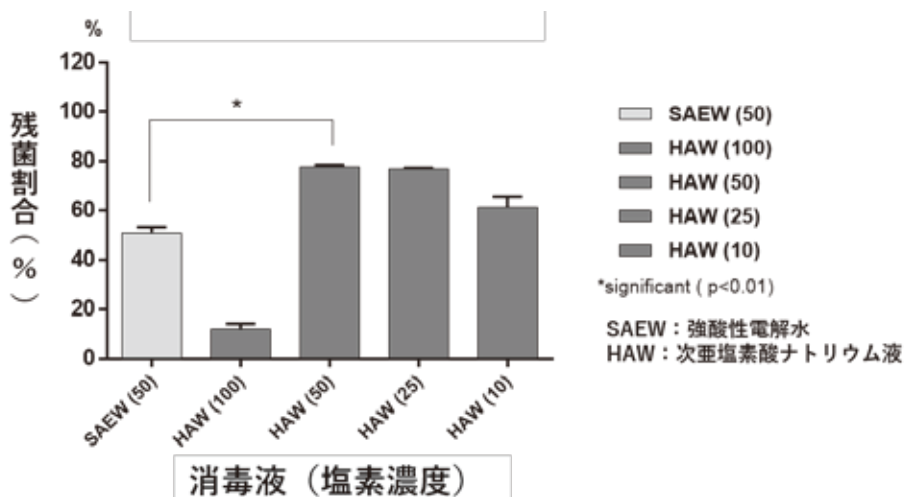


図9 低濃度次亜塩素酸ナトリウム液との消毒効果比較試験結果

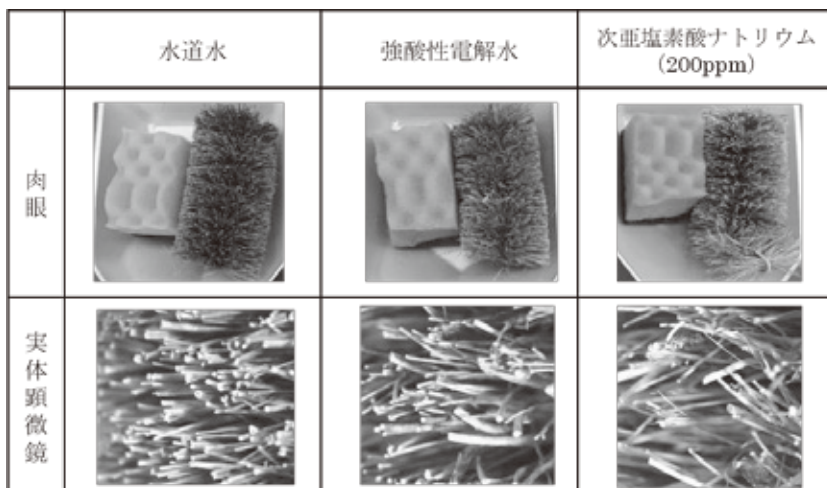


図10 消毒液の劣化作用の検証

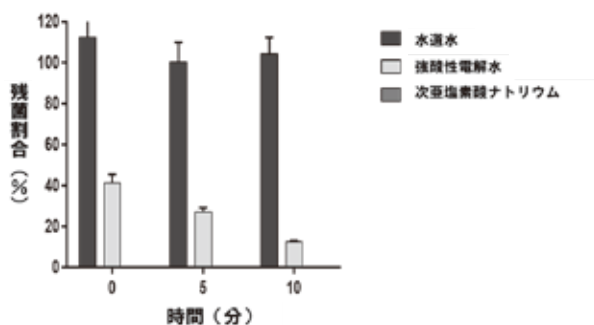


図11 漬け置き消毒の結果 (1.0×10⁷CFU/ml)

20%前後に減少した。一方、次亜塩素酸ナトリウム液では、0分、4分、10分後の全てにおいて菌が残存しなかった。

3) 低濃度次亜塩素酸ナトリウム液との消毒効果比較試験

次に強酸性電解水と塩素濃度がほぼ等しい次亜塩素酸ナトリウム液との消毒効果の比較(図9)では、強酸性電解水(50ppm)が添加菌量の約50%程度まで菌を減少させたのに対し、次亜塩素酸ナトリウム液(50ppm)では添加菌量の約80%程度しか菌を減少させなかった。

4) 消毒液の劣化作用の検証

消毒液の劣化作用の比較では、塩素濃度が高い消毒液ほど、塩素の漂白作用により、タワシが脱色され、浸漬液の色調が褐色に変化していた(図10)。一方、触感は特に違いは認められなかった。

次に実体顕微鏡で観察してみると、スポンジの劣化の程度には特に違いが見られなかったが、タワシでは次亜塩素酸ナトリウム液(200ppm)で小さな塩素の結晶のようなものが付着していた。

考 察

1) 強酸性電解水の性状試験

今回使用した装置で生成された強酸性電解水は、pHは2.7前後で安定していたものの、塩素濃度は20～

50ppmとバラツキが認められ、不安定であることが確認された。強酸性電解水は、作り置きをして数日後に使用すると塩素が徐々に抜けるに伴い消毒・殺菌効果が弱まることが考えられた。そのため、使用する場合には容器に入れて24時間以上保管するようなことは行わず、新しい流水の状態で使用することが最も有効であると考えられた。また、給水休止時間を2時間以上置くことで、30ppm以上の塩素濃度を維持できることが確認されたため、特に連続で使用する場合には、このことに留意して使用するべきと考えられた。

2) 調理器具類の漬け置き消毒試験

今回使用した強酸性電解水は100ppmの次亜塩素酸ナトリウム液よりも消毒・殺菌効果が低いことが確認された。このことから、特に菌量が多いと考えられる器具の消毒・殺菌の場合には、次亜塩素酸ナトリウム液による消毒が適すると考えられた。

また、スポンジとタワシを比較すると、いずれの消毒液でもスポンジの方が菌が残りやすく、消毒・殺菌効果が低いことが分かった。スポンジのつけおき消毒の際には、有機物・洗剤をよく洗い落としのち、消毒液を中まで完全に浸透させるため、よくもみこむことが大切であることが推察された。

さらに、強酸性電解水は0分後のものと10分後のものとの菌量の低下がほとんど認められなかったため、菌量を 1.0×10^8 個から 1.0×10^7 個に再調整し、再度スポンジで実験を行った結果(図11)、強酸性電解水は菌混和0分後に添加菌量の40%程度に減少し、経時的に菌が減少していき、10分後には添加菌量の10%程度に減少していた。添加菌量を減らして行った追加実験の結果から、強酸性電解水は菌量の少ない対象物に対してはより効果を発揮することが考えられた。

3) 低濃度次亜塩素酸ナトリウム液との消毒効果比較試験

強酸性電解水は、その低いpHにより、塩素濃度が等しい次亜塩素酸ナトリウム液よりも消毒殺菌効果が大きかったが、従来報告されている^{9) 10)}、次亜塩素

酸ナトリウム液相当(100~1000ppm)の殺菌力はなかった。

4) 消毒液の劣化作用の検証

消毒液の劣化作用の検証結果より、200ppmの次亜塩素酸ナトリウム液で認められた結晶が更なる劣化の原因になるのではないかと考えられた。

まとめ

今回の実験により、強酸性電解水の使用にあたっては、①作り置きせず、流水で使用する。②連続での使用をなるべく避け、使用休止期間を2時間以上置く。③特に使用前に塩素濃度のチェックを行う。などの注意が必要と考えられた。

また、調理器具の実験結果から、①強酸性電解水よりも次亜塩素酸ナトリウム液の方が消毒効果が高い。②特にスポンジの漬け置き洗いは、有機物の除去ならびに消毒液をよく揉みこんでから浸漬するなどの注意が必要であること。などがあげられる。

これらのことから、強酸性電解水は次亜塩素酸ナトリウム液よりも消毒・殺菌効果が低いものの、無臭かつ人や環境に対して安全性が高いものと考えられた。また、次亜塩素水程ではないが水道水よりも消毒効果は十分高いため、菌の付着・増殖が予想される生魚や野菜(とくにカット野菜)などを洗浄またはすすぐ場合、とても有効であると考えられた。

参考文献

- 1) 大量調理施設衛生管理マニュアル, 厚生労働省, 2017年6月16日付け, 生食発0616第1号
- 2) 調理場における衛生管理&調理技術マニュアル, 文部科学省スポーツ・青少年局学校健康教育課, p 8~14 (平成23年3月)
- 3) 調理場における洗浄・消毒マニュアルPart I 3-3. 調理器具、容器等の洗浄・消毒, 文部科学省スポーツ・青少年局学校健康教育課, p36~42 (平成21年3月)
- 4) 佐藤久聡, 前原信敏ら, 厨房内の消毒における電

- 解水の有用性, 日本化学療法学会雑誌, 48, 10,
p768~774 (2000)
- 5) 岩沢篤郎・中村良子, 酸性電解水と擬似的酸性水
との殺菌効果の比較検討. 感染症学雑誌, 70, 9,
p915~922 (1996)
- 6) 食品衛生検査指針 微生物編 (注解), 公益社団
法人日本食品衛生協会, p15~19 (2017)
- 7) 岡崎眞、大澤朗、川添禎浩/編, 栄養科学シリー
ズ NEXT食品安全・衛生学実験, p28~31 (2010)
- 8) 食品衛生検査指針 微生物編 改訂第2版, 公益
社団法人日本食品衛生協会, p152~158 (2018)
- 9) 機能水研究振興財団発行『次亜塩素酸水生成装置
に関する指針-第2版追補』(2013)
- 10) 大久保耕嗣, 浦上弘, 多村憲, 強酸性水と酸性次
亜塩素酸水の殺菌効果の比較, 環境感染, Vol.13,
No. 3, (1998)